

2020 年度～2021 年度詳細版

人工知能（A I）技術分野における大局的な研究開発のアクション  
プラン策定及び事業抽出のための調査

2021 年 6 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 株式会社角川アスキー総合研究所

## 目次

1 研究開発の成果と達成状況	4
1.1 要約	4
(1) 和文要約	4
(2) 英文要約	5
1.2 本文	7
(1) 事業内容	7
(1)-1 事業の背景・目的	7
(1)-2 事業内容詳細	7
(1)-2-1 アクションプラン策定委員会の組成	7
(1)-2-2 アクションプラン策定のための基礎資料の収集・分析	7
(1)-2-3 将来動向についての調査の実施	8
(1)-2-4 委員会によるアクションプランの策定	8
(1)-2-5 アクションプランの発表・メディア露出	8
(2) アクションプラン策定のために実施した活動	9
(2)-1 アクションプラン策定委員会の組成	9
(2)-2 アクションプラン策定のための基礎資料の収集・分析	10
(2)-2-1 文献調査	10
(2)-2-2 海外調査	19
(2)-2-3 国内制度政策等の調査	23
(2)-3 将来動向についての調査	24
(2)-3-1 国内 AI 実装動向についての調査結果	24
(2)-3-2 有識者ヒアリングの結果	32
(2)-4 委員会によるアクションプランの策定	34
(2)-4-1 アクションプラン本体	34
(2)-4-2 委員会の概要	58
(2)-5 アクションプランの発表・メディア露出	63
(2)-5-1 シンポジウム	63
(2)-5-2 定期記事掲載	64
(3) 海外の AI 政策に関する調査	67
(4) 国内企業における AI 導入動向に関する基礎調査結果	153
(5) アクションプラン策定委員会議事録	161
(5)-1 第 1 回議事録	162
(5)-2 第 2 回議事録	169
(5)-3 第 3 回議事録	180
(5)-4 第 4 回議事録	196

(5)-5 第5回議事録	208
(5)-6 第6回議事録	216
(6) アクションプラン本文と概要	227
(7) 既存将来予測調査とAIの関わりについての文献一覧	273
(8) 国内企業におけるAI導入動向に関する基礎調査 集計表	276
(9) シンポジウム議事録	311
(10) 参考資料	316
2 研究発表・講演、文献、特許等の状況	318
(1) 研究発表・講演	318
(2) 論文	318
(3) 特許等（知財）	318
(4) 受賞実績	318
(5) 成果普及の努力（プレス発表等）	318

## 1. 研究開発の成果と達成状況

### 1.1 要約

#### (1) 和文要約

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下「NEDO」という。)が2016年に発表した「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」、「人工知能技術戦略」、政府による「科学技術・イノベーション基本計画」や文部科学省の「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」等をもとに、我が国の社会課題の解決に資する人工知能技術、人工知能に密接に関係する技術、更には人工知能を含む新技術に関する大局的な開発の方向性を示す「人工知能(AI)技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン(以下「AI アクションプラン」という。)」の策定を行った。アクションプラン策定および策定したアクションプランの対外PRの効果を最大化することを目的に、以下の(1)～(5)の項目を実施した。

- (1) アクションプラン策定委員会の組成
- (2) アクションプラン策定のための基礎資料の収集・分析
- (3) 将来動向についての調査を実施
- (4) 委員会によるアクションプランの作成
- (5) アクションプランの発表・メディア露出

上記の調査を踏まえ、「意味理解のAI」、「演繹と帰納の融合」、「全体最適化/人とAIの関係性の多様化」、「スモールデータ駆動」、「モダリティを統合した環境認識」という5つの技術開発の方向性と「ものづくり」、「生活・都市」、「モビリティ」、「教育」、「健康(ウェルビーイング)」という5つの実装分野を考慮し、取り組むべき以下の12の項目を抽出した上でアクションプランを策定した。

- (1) 記号推論と深層学習の結合による意味理解のためのAI
- (2) 深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出
- (3) シミュレーション×機械学習(演繹+帰納)の方法論の確立
- (4) 分子設計のためのAI
- (5) 製造プロセス全体を最適化するAI
- (6) 人の学習工程の解明とAIによる学習支援
- (7) 人体の個人別モデル化(ヒューマンデジタルツイン)
- (8) 脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発
- (9) 転移学習技術の確立
- (10) 多品種少量生産の効率化に向けたAI技術の開発
- (11) 無人搬送車(AGV)などのための環境認識技術の精度向上
- (12) 多様な情報から医師に選択肢を提示できるAI

## (2) 英文要約

Based on the “Vision for social implementation of next-generation artificial intelligence technology,” the “Artificial Intelligence Strategy,” published by New Energy and Industrial Technology Development Organization (hereinafter referred to as “NEDO”) in 2016, the “Science, Technology and Innovation Basic Plan,” published by Japanese Government and the “Survey on Future Projections by Science and Technology Conducted by Countries and Institutions” published by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), NEDO formulated the “A broad perspective action plan for R&D in the field of Artificial Intelligence Technology(hereinafter referred to as “AI action plan”)” that indicates the general direction of development regarding artificial intelligence technologies that contribute to solving Japan's social problems, technologies closely related to artificial intelligence, and new technologies that include artificial intelligence. The following items (1) through (5) were implemented with the aim of formulating action plan and maximizing external PR of the formulated action plan.

- (1) Organize an action plan committee
- (2) Collection and analysis of basic materials for action plan formulation
- (3) Conducting a survey on future trends
- (4) Creation of action plans by committees
- (5) Presentation of action plan and media exposure

Based on the above survey, we identified the following 12 items to be addressed and formulated an action plan, taking into account the five directions of technological development: “AI for Semantic Understanding,” “Combining Deduction and Induction,” “Overall optimization/ Optimizing the relationship between humans and AI,” “Driving Small Data,” and “Environmental awareness with integrated modalities,” and the five areas of implementation: “manufacturing,” “Life・City,” “mobility,” “education,” and “health”.

- (1) AI for semantic understanding by combining symbolic reasoning and deep learning
- (2) Creating a new architecture for deep reinforcement learning
- (3) Establishment of a methodology for simulation x machine learning (deduction + induction)
- (4) AI for molecular design
- (5) AI that optimizes the entire manufacturing process

- (6) Elucidation of human learning process and support for learning by AI
- (7) Personalized modeling of the human body (human digital twin)
- (8) Developing AI with metacognition by studying brain activity
- (9) Establishment of transfer learning technology
- (10) Development of AI technology to improve the efficiency of high-mix low-volume production
- (11) Improving the accuracy of environmental recognition technology for Automatic Guided Vehicle (AGV) , etc.
- (12) AI that can present options to doctors based on a variety of information.

## 1.2 本文

### (1) 事業内容

#### (1)-1 事業の背景・目的

政府は2017年に「人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップ」で、AIの研究開発から実装まで、取り組むべき重点分野を取りまとめて以降、2019年の「AI戦略2019」では実行すべき施策を示し、また科学技術・イノベーション基本計画や統合イノベーション戦略でもAIに多数言及しており、AIの研究・実装を積極的に推進している。アメリカ・中国等の海外諸国でもAIの技術開発に巨額の資金を投資しており、これまで以上にAIに注力している。

本調査では、NEDOが2016年に発表した「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」をより精査し、現代の流れに対応するべく、各政府機関等資料、有識者の意見、海外の事例等を調査・評価した上で、我が国の社会課題の解決に資する人工知能技術、人工知能に密接に関係する技術、更には人工知能を含む新技術に関する大局的な開発の方向性を示す「AIアクションプラン」を新たに策定する。

あらゆる産業で利用される可能性のある人工知能技術の競争力を向上させるためにも、明確なアクションプランを基に実現可能な事業を抽出し、次なる技術戦略策定の土台となることを目的とする。

#### (1)-2 事業内容詳細

##### (1)-2-1 アクションプラン策定委員会の組成

「AI白書」編集委員会、あるいは総務省「異能vation」プロジェクトのスーパーバイザー、MIT Technology Review「Innovators Under 35」アワード等各種コンテストの審査員など、これまで様々な有識者に委員会等に参加いただいた関係性、知見を活かして

- ・ 人工知能および隣接分野で代表的な研究者
- ・ 人工知能関連を主たる業務とする企業の経営者
- ・ 人工知能を実際に業務に活用している一般企業の経営者や技術責任者の5～8名程度による委員会を組成する。

##### (1)-2-2 アクションプラン策定のための基礎資料の収集・分析

以下の資料の収集分析を行い、策定委員会の議論の根底となる事務局資料を用意する。

- ・ 文献調査
  - 「人工知能技術戦略」(産業化のロードマップ)(人工知能技術戦略会議、2017)
  - AI戦略2019(内閣府、2019)

- 産業技術ビジョン 2020(経済産業省、2020)
- AI マップβ(一般社団法人人工知能学会、2019)
- 次世代人工知能技術社会実装ビジョン(NEDO、2016)
- AI 白書(独立行政法人情報処理推進機構)
- (研究開発の俯瞰報告書)主要国の研究開発戦略(国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発センター、2020)
- 統合版(2019年)～俯瞰と潮流～(国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター、2019年)
- 「AI 白書」の収録、編集に際して参考にした原資料
- ・ 海外調査
  - 海外のアクションプランあるいは類似施策の実例
- ・ 国内制度政策等の調査
  - 本事業に関連する国内の法令・規格の調査

#### (1)-2-3 将来動向についての調査の実施

企業規模および業種等を勘案して選定した、EDINETに登録している約4,000社に対して、人工知能の自社事業への実装およびその見込について郵送によるアンケート調査を実施。

また、策定委員会外で人工知能に知見のある有識者(研究者、経営者等)10名程度にヒアリングを実施する。同様委員会での各委員の所信(あるいは各委員に実施した事前ヒアリングの内容)と合わせて、国内の主要な有識者による人工知能の将来動向についてとりまとめる。以上の定量・定性情報も事務局資料として策定委員会に提示。

#### (1)-2-4 委員会によるアクションプランの策定

上記の(1)-2-2、(1)-2-3の資料等を基に、全5回の有識者委員会を実施し、有識者の意見を基にアクションプランの策定を行う。

#### (1)-2-5 アクションプランの発表・メディア露出

策定したアクションプランを広く周知するための施策を実施する。具体的には、以下の内容を実施する。

- ・ 策定委員会によるアクションプラン発表のためのオンラインシンポジウムを開催する。
- ・ 「ASCII.jp」にて以下の内容の公開可能な部分を記事として公開する。
  - アクションプランの策定過程
  - 有識者ヒアリングの内容

- 各種定量調査結果
- 各委員へのインタビュー内容
- ・ 「人工知能研究開発ネットワーク AI Japan R&D Network」にて以下の内容を記事として公開する。
  - NEDO AI アクションプラン・シンポジウム
  - 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」を公表
  - NEDO AI アクションプラン策定委員会での議論を紹介

## (2) アクションプラン策定のために実施した活動

### (2)-1 アクションプラン策定委員会の組成

アクションプラン策定委員会を組成するにあたって、以下のとおり構成員を選定した。

表1：AI アクションプラン策定委員会・委員等一覧

役職	氏名(50音順・敬称略)	所属
委員長	中島 秀之	公立大学法人札幌市立大学学長
委員	稲見 昌彦	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター教授
	牛久 祥孝	株式会社 Ridge-i 取締役 Chief Research Officer オムロンサイニックエックス株式会社 Principal Investigator
	川上 登福	株式会社経営共創基盤 共同経営者 マネージングディレクター
	松尾 豊	国立大学法人東京大学教授
	丸山 宏	花王株式会社 エグゼクティブ・フェロー 国立大学法人東京大学 人工物工学研究センター 特任教授 株式会社 Preferred Networks PFN フェロー
	村川 正宏	国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 人工知能研究センター副研究センター長 (兼務)人工知能研究戦略部研究企画室長
事務局	NEDO ロボット・AI 部 株式会社角川アスキー総合研究所	

## (2)-2 アクションプラン策定のための基礎資料の収集・分析

### (2)-2-1 文献調査

アクションプランを策定するにあたって、基礎資料を収集し、分析を行った。文献の大きな趣旨は人間にしかできない意思決定、感情面、五感、創造能力などを仕組化する調査や脳内に直接アプローチすることで言語翻訳や円滑なコミュニケーションを図る調査、生活様式や産業、再生可能エネルギーの利用率を最適化する調査など AI を用いることで従来の常識を覆すイノベーションを生み出すための調査が進んでいるということである。

文部科学省の令和元年度科学技術調査資料作成委託事業「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」で対象とされた将来予測調査文献を調査対象とする。

詳細については、以下のとおりである。

表 2：調査文献一覧(掲載された URL は 2021. 6. 30 時点で閲覧できたもの)

No. 1	第 11 回科学技術予測調査
実施機関	文部科学省 科学技術・学術政策研究所 (NISTEP)
将来の社会的事象	ヘルスケアによる健康期間の延長
最新版発表時期	2019 年 11 月
公開 URL	<a href="https://www.nistep.go.jp/research/science-and-technology-foresight-and-science-and-technology-trends">https://www.nistep.go.jp/research/science-and-technology-foresight-and-science-and-technology-trends</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	ウェアラブルセンサーなどによる健康状態のモニタリングや、脳機能の解明、遺伝子情報の解析などから得られる膨大な医療データが AI などにより分析され、また AI を活用した予防的治療のための予兆検知や運動・食生活管理による恩恵を個人および治療者や介護者などが得ることにより、自分らしい健康的な生活が実現し、入院や病死の概念がなくなる。人工臓器の実現や精密医学の提供においても AI によるデータ処理が期待される。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・健康維持や症状特定のため人体に関わる異なる種類のデータのモダリティを超えた相互変換</li> <li>・医師に変わり AI が下す診断を人間が受容するには。→フレーム問題の解消、AI 技術への正しい理解</li> <li>・物理現象解明へ深層学習応用：医薬開発</li> </ul>
No. 2	未来イノベーションワーキンググループ
実施機関	経済産業省・厚生労働省

将来の社会的事象	人間機能の拡張
最新版発表時期	2019年3月
公開 URL	<a href="https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mirai_innovation/index.html">https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/mirai_innovation/index.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	脳・脳神経に埋め込まれるチップなどインターフェースへ入力される膨大な情報を AI で瞬時に解析し、人間能力が飛躍的に向上すると共に、生来機能の良好な維持およびその超越を同時に獲得する。また既存の人間の感情面や知的活動の役割を機械(AI)が担う。異なる富や資源への考え方・社会・拡張機能を持つ中で人間は VR・AR・AI をベースとした新しい生きがいを求め、苦痛やハンディキャップさらには寿命克服にも挑戦する。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・状況判断を AI に委ねることができる←世界モデルの構築が前提</li> <li>・人間と AI の能力が混じり合った上で拡張が発生する→AI 側も人間のように“思考できる必要性</li> </ul> →深層学習から記号推論・二階建て脳

No. 3	未来をつかむ TECH 戦略
実施機関	総務省 情報通信審議会
将来の社会的事象	複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保
最新版発表時期	2018年8月
公開 URL	<a href="https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/iot/index.html">https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/iot/index.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	伝統的な職業は高度なタスクも含めほとんどが AI によって自動化され、AI と共存するための「生き方を描ける能力」を獲得するための教育・トレーニングが重要になる。抽出力や思考力を生かした明らかに創造的な能力と共感が仕事において必要とされる。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・AI 人材教育を行う AI システムの構築</li> <li>・職業ごとに求められるスキルマトリックス構築</li> <li>・教育プログラムのポートフォリオ構築（深層学習を活用したパーソナライズを含む）</li> </ul>

No. 4	国土の長期展望
実施機関	国土交通省 国土の長期展望専門委員会
将来の社会的事象	バーチャル生活空間での活動拡大
最新版発表時期	2020年10月

公開 URL	<a href="https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s104_choukitennbou01.html">https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s104_choukitennbou01.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	VR/AR 空間およびそこで過ごす生活時間は拡大し、国家や国籍、人格、所属を人間は横断的に使い分けられるようになる。AI にも人格 (AI 格) が与えられるようになるが、人間>AI の関係性は確保される。個人のパーソナルデータは AI などで解析されてバーチャル空間に再現され、高速ネットワークが五感などデータを遠くの人ともリアリティがあり共有できる状態を実現し、宇宙空間も含め物理的ボーダレスな社会となる。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	現実空間を代替するバーチャル空間を構築すると考えると、現実世界における「物理学と AI の関わり」について、物理現象解明のための深層学習応用やサイエンスする AI (物理法則を AI が発見する) 的な部分で関わりを見いだすことができる

No. 5	(研究開発の俯瞰報告書) 統合版 (2019 年) ~俯瞰と潮流~
実施機関	国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
将来の社会的事象	都市の暮らし
最新版発表時期	2019 年 7 月
公開 URL	<a href="https://www.jst.go.jp/crds/report/report02/CRDS-FY2019-FR-01.html">https://www.jst.go.jp/crds/report/report02/CRDS-FY2019-FR-01.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	老朽化されたインフラなどは住民の信頼に足るよう見直され、また各都市の持つ価値が定量的に評価できるようになる。(それらの実現に AI は用いられる想定であると思われるが具体的な言及はなし)
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	(参考: AI 白書 2019 フォローアップでは「国土強靱化」の下に、老朽化インフラの点検・診断、SNS 上の災害情報を自然言語処理でリアルタイムに分析要約、過去災害データの解析、ロボットによる自律的な消火活動などで AI 技術活用が期待されている)

No. 6	社会課題起点の技術ツリー図
実施機関	NEDO 技術戦略研究センター (TSC)
将来の社会的事象	暮らし方の多様化 (マルチトラック社会)
最新版発表時期	2019 年 5 月
公開 URL	<a href="https://www.nedo.go.jp/activities/tsc_tech_tree.html">https://www.nedo.go.jp/activities/tsc_tech_tree.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	AI を含む ICT などの技術は既存の生活様式や産業を革新し、テレワークや在宅勤務という在り方以上の多様な働き方を実現し、人々は仮想空間も含め好きな居住地を歩き来する。そうした生活をドローンや自動運転などを活用するパーソナルな物流や、AI が

	執事となる 24 時間型の行政がサポートする。一方で AI が干渉できない「リアルな場・自然環境」の価値が高まり、自然回帰や生物多様性の確保などが重要視される。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	・作業ロボットの社会実装 →与えられた作業目的を適切に作業分解して実行できる、失敗からの学習ができる

No. 7	ムーンショット型研究開発制度が目指す未来像及びその実現に向けた野心的な目標
実施機関	内閣府 ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議
将来の社会的事象	個人の価値観の追求と社会全体としての調和
最新版発表時期	2019 年 7 月
公開 URL	<a href="https://www.kantei.go.jp/jp/singi/moonshot/dai4/gijisidai.html">https://www.kantei.go.jp/jp/singi/moonshot/dai4/gijisidai.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	AI により処理されインプットした情報と生身の自分が得る情報を融合して扱うようになる中で、人間は「私の意識は今、何処にあるか」を認識することが可能となる。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	・AI が人間の認知に与える影響が社会への脅威になり得る懸念 →認知バイアスの影響下にあることを可視化する技術

No. 8	BOHEMIA (Transitions on the Horizon)
実施機関	欧州委員会 (European Commission)
将来の社会的事象	自らの意思で人生を全うする社会
最新版発表時期	2018 年 6 月
公開 URL	<a href="https://ec.europa.eu/info/publications/transitions-horizon-perspectives-european-unions-future-research-and-innovation-policies_en">https://ec.europa.eu/info/publications/transitions-horizon-perspectives-european-unions-future-research-and-innovation-policies_en</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	AI によるデータ分析を背景に生体計測や遺伝子操作が実現することで、人間は自らの自由意志で生きる・死ぬことを選ぶようになる。その中では自分で歩いたり考えたりする野性が高い価値を持つ。これら社会は人間と AI との共生が大前提にあり、人間に AI より優れた部分が残ることでそれは実現される。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	人間側の変化や適応のニュアンスが強いか。むしろ哲学とか宗教などが扱う領域か。

No. 9	100 Radical Innovation Breakthroughs for the future
-------	---

実施機関	欧州委員会 (European Commission)
将来の社会的事象	全ての人が活躍できる社会 (仕事、生活が適切に評価される)
最新版発表時期	2019年6月
公開 URL	<a href="https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/digital-transcope/document/100-radical-innovation-breakthroughs-future">https://ec.europa.eu/jrc/communities/en/community/digital-transcope/document/100-radical-innovation-breakthroughs-future</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	既存の職業が AI に代替されることで人間は創造的な仕事 (モノからコトへのシフト、サービスデザイン、地域の価値向上など) に従事する。また AI 活用による個別医療の発展・ガン克服などに高齢であっても社会活動できる社会を実現するため、超高齢化がイノベーションの起爆剤となる。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	創造的な仕事に従事する人間がその仕事においても AI の能力を活用することが想定される未来で求められる AI 技術とは

No. 10	人生 100 年時代に対応した「明るい社会保障改革」の方向性／第四次産業革命に向けた産業構造の課題と方向性
実施機関	経済産業省 2050 経済社会構造部会
将来の社会的事象	異なる特徴を持つ人々と交流・連携 (Inclusive)
最新版発表時期	2019年5月
公開 URL	<a href="https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/2050_keizai/20190524_report.html">https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/2050_keizai/20190524_report.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	AI を用いた言語翻訳や障害を持つ人とのコミュニケーションを翻訳する技術が社会で広く用いられることで、言葉の壁はなくなり、国籍は曖昧になる。結果、移民やロボットの普及が進み、労働力低下や人口減の解消に寄与する。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>文脈や比喩の理解→シンボルグラウンディング問題</li> <li>非言語コミュニケーションや“間(沈黙)”など言葉以外のニュアンスを翻訳できるか→マルチモーダルな AI</li> </ul>

No. 11	まち・ひと・しごと創生長期ビジョン
実施機関	内閣官房 まち・ひと・しごと創生本部
将来の社会的事象	ロボットに助けられる社会
最新版発表時期	2019年12月
公開 URL	<a href="https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/mahishi_index.html">https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/mahishi_index.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	高度な AI を備えたロボットは職場では重労働を担い、医療ではデジタルヘルパーが一般化、家庭ではスマートホームのハブとして

	人間のパーソナルデータや外部環境データを分析して環境を最適化することで生活を支える。それらロボットは外見内面どちらにおいても人間との区別が不可能となり人格が与えられる。ロボットやAI技術の利便性とリスクはもはや意識することないほど社会に溶け込み、ロボットは人間の内面や主観を考慮して我々に寄り添う存在となる。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・思考や推論を行うための物理デバイスとしてのロボットはAI技術を構成する重要なハードウェア</li> <li>・身体性を持つ知性の研究を支えるハードウェアとしてのロボット</li> <li>・人間と区別がつかないAIロボット→世界モデル、データと知識の融合（動物OSと言語アプリ）</li> </ul>

No. 12	不安な個人、立ちすくむ国家
実施機関	経済産業省 次官・若手プロジェクト
将来の社会的事象	持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容
最新版発表時期	2018年5月
公開URL	<a href="https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sokai/pdf/020_02_00.pdf">https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sokai/pdf/020_02_00.pdf</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	AIを含む高度に発展したIoT/ICT技術はモノの耐久性を著しく向上させ、また再生可能エネルギーの利用効率の全体最適化をもたらし、脱炭素化と高い資源効率性を持つ循環型社会を実現する。また環境発電技術の向上により自律型センサーが都市や田舎に殺到し、環境情報データや公衆安全の理由から人々のパーソナルログデータまで常時スキャンし続ける。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	—

No. 13	日本を進化させる生存戦略～都市も、地方も、個人も、組織も課題を直視し、挑戦を続け、失敗から学び進化・適用する社会へ～
実施機関	国土交通省 政策ベンチャー2030
将来の社会的事象	サーキュラーエコノミー（循環社会）／シェア
最新版発表時期	2019年7月
公開URL	<a href="https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000024.html">https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000024.html</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	（AIとの関わりについて特に言及なし）資源の循環を実現するリサイクル産業とものづくり産業が一体化し、循環経済の原則は農

	業から電子部品まで生産と消費のすべてに適用される。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	—

No. 14	この国の食と私たちの仕事の未来地図
実施機関	農林水産省 若手有志チーム
将来の社会的事象	スマートモビリティ社会（需要地までの移動の確保）
最新版発表時期	2018年4月
公開URL	<a href="https://www.maff.go.jp/j/p_gal/min/attach/pdf/180403-4.pdf">https://www.maff.go.jp/j/p_gal/min/attach/pdf/180403-4.pdf</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	AIを活用した自動運転技術を持つモビリティは公共交通機関の安全性・信頼性を高め、モビリティが個人や社会に合わせる時代となる。また自動運転は過疎地や需要減少した既存の交通手段や施設を代替する役割を担う。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	完全自動運転において事故の責任を取るのは誰か。問題は、AIが医師に変わって診断を下せるか、という問いに似ているか。ならばフレーム問題の解消やAIの信頼性といった話題が長期的には重要な技術課題か。

No. 15	Sky Scenario
実施機関	Shell（シェル）
将来の社会的事象	災害・犯罪・混乱への備え
最新版発表時期	2018年3月
公開URL	<a href="https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenario-sky.html">https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenario-sky.html</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	あらゆる産業においてデジタル技術への依存が不可欠である以上、通信データ・AI・ロボット工学の保護を軸とするサイバーセキュリティは主要な政策的関心分野となる。生物多様性の体系的なスキャンおよびその分析から発見された物質により新たな抗生物質が派生し、伝染病などへの新たな治療法が開発される。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>人工知能技術の信頼性確保（人間が信じられるAI技術の根拠）</li> <li>マルチスケールを組み入れた深層学習（深層学習そのものの数理的な解明）</li> </ul>

No. 16	Logistics Trend Radar
実施機関	DHL

将来の社会的事象	市民主導型の社会課題の解決社会
最新版発表時期	2020年5月
公開URL	<a href="https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html">https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	AI およびビッグデータ分析は量子コンピューティングなどの技術革新により複雑な事態への予測と管理をシミュレーションし、それらの支援を受けて市民自らが社会の方向性を考えられるようになる。AI は社会のあらゆるレイヤーにおける意思決定を助ける存在であり、想定外は起こり得る前提で長期的視点で対策を考えられる社会を支援する。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・あらゆるレイヤーのあらゆるデータを用いてシミュレーションするAI：モダリティとデータ構造を超えた相互変換</li> <li>・人間の主観を排した評価のほうの説明可能性を担保できる：物理現象をネットワークモデルで表現</li> <li>・データの特性や量の大小などに応じて適切な手法でシミュレーションを実現する：RNN、リザーバー</li> </ul>

No. 17	Global Trends to 2030
実施機関	欧州安全保障研究所 欧州戦略・政策分析システム (ESPAS)
将来の社会的事象	開発互助による新たな国家関係 (国際協調)
最新版発表時期	2018年4月
公開URL	<a href="https://ec.europa.eu/assets/epsc/pages/espas/index.html">https://ec.europa.eu/assets/epsc/pages/espas/index.html</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	(AI との関わりについて特に言及なし)
関連性の高いAI的要素・キーワード例	—

No. 18	ビジョンデザイン (Crisis 5.0 2050年の社会課題の探索)
実施機関	日立製作所・京都大学
将来の社会的事象	新産業基盤の発展 (データ、新産業)
最新版発表時期	2017年
公開URL	<a href="https://www.hitachi.co.jp/rd/research/design/vision_design/dialog/2050/index.html">https://www.hitachi.co.jp/rd/research/design/vision_design/dialog/2050/index.html</a>
想定される社会的事象	人体や思考、時間、空間といった人間を取り巻くあらゆるデータが

象と AI の関わり	スキャンされ、進歩した AI の処理能力がそれらデータの可用性を高め、そうした膨大なデータがインターネットへと接続することで、仮想空間は現在とは比較にならないほど豊富な情報から成立する。金融においては完全キャッシュレス化により購買履歴や信用情報などデータ形成が AI によって自動化することで、金融サービスの利便性が格段に向上する。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	・新たな AI 技術のパラダイム (System1・System2、二階建て脳) や実世界に基づく数理モデルを実問題へ適用し、機械学習手法を応用したデータ駆動科学、高次元科学を創設 →科学及び工学の進展さらにパラダイムシフトが期待できる

No. 19	未来社会構想 2050
実施機関	三菱総合研究所
将来の社会的事象	モノ・サービスづくりの一体化
最新版発表時期	2019 年 10 月
公開 URL	<a href="https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/ecovision/20191011.html">https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/ecovision/20191011.html</a>
想定される社会的事象と AI の関わり	完成品を作り出す成熟した 3D 印刷技術や、製造データの販売・流通が、個人～企業まで製造業のビジネスモデルを変革する。ナノマテリアルの根本的な進歩により、かつて用いられなかった産業分野においても 3D 印刷など技術が拡大する。また農村で人間が自ら手を動かすことはなく、プログラミング等スキルを身につけた人間が AI と共にロボットやドローンを遠隔で操作・管理することで、一次産業としての農業が急成長する。
関連性の高い AI 的要素・キーワード例	AI 依存度の低い産業にもパラダイムシフトを発生させるという意味では上記 18 と類似性があるか。

No. 20	2050年のニッポン～課題を乗り越え、輝き続けるために～
実施機関	みずほフィナンシャルグループ
将来の社会的事象	社会の質・価値観の変化（成熟社会）
最新版発表時期	2017年12月
公開URL	<a href="https://www.mizuho-fg.co.jp/company/activity/onethinktank/index.html">https://www.mizuho-fg.co.jp/company/activity/onethinktank/index.html</a>
想定される社会的事象とAIの関わり	AIなど技術が生活や産業の在り方を革新し、社会の姿・仕組みと人の行動様式が大きく変わる。単純重労働からの開放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大が起こる中、GDPを豊かさの指標とする考え方の転換が図られる。多様な幸福感の形成を支援するデジタル経由の価値の流通システムが登場する。
関連性の高いAI的要素・キーワード例	（価値観や行動様式のシフトという意味ではコロナ禍で浮き彫りになった話題はここに含められる？2020年6月発表のNEDO資料「コロナ禍後の社会変化と期待されるイノベーション像」には、コロナ禍後のイノベーション像に共通するキーワードとして「リモート、オンライン、分散化、自動化、省人化」が挙げられている）

上記の文部科学省の調査以降に発行された将来予測調査文献

No. 1	産業技術ビジョン2020
実施機関	経済産業省
最新版発表時期	2020年5月
公開URL	<a href="https://www.mizuho-fg.co.jp/company/activity/onethinktank/index.html">https://www.mizuho-fg.co.jp/company/activity/onethinktank/index.html</a>

No. 2	2050年を見据えた地域の特性を生かした地域循環共生圏のあり方に関する検討委託業務（ボストンコンサルティンググループ）
実施機関	環境省 地球環境局
最新版発表時期	2020年3月
公開URL	<a href="https://www.env.go.jp/earth/ondanka/datsutanso_innovation/report/network_report_2019_2.pdf">https://www.env.go.jp/earth/ondanka/datsutanso_innovation/report/network_report_2019_2.pdf</a>

## （2）-2-2 海外調査

### 【海外調査サマリー】

アクションプランを策定するにあたって、海外のアクションプランを中心に、調査及び検討を行った。日本を除いたG7（アメリカ、イギリス、カナダ、ドイツ、

フランス、イタリア) と中国に加えて、近年の AI をめぐる世界情勢において注目すべきシンガポール、オーストラリア、イスラエルを調査対象国とした。

調査の結果、対象国は日本と比較した際に、AI 技術の事業化において先進していることが分かった。またその理由として、日本と比較した際に法制度の柔軟性が高いことなどが挙げられる。また各対象国はそれぞれの AI 技術における差別化戦略に注力しており、各国独自の AI 技術の事業化を計画していることが考察される。

【各国の AI 政策対応表】

表 3 : 各国の AI 政策対応表

	マスターラン	予算規模	重点分野	AI 研究拠点	国立研究機関	AI 倫理関連法
アメリカ	NSCAI 最終報告書 (2021 年)	2026 年までに 320 億ドル	マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、量子コンピューティング、5G、ロボット・自律システム、積層造形、エネルギー貯蔵技術	2020 年 8 月、オクラホマ大学など 5 つの大学に国立 AI 研究所を設立	NITRD、NSF	説明可能な人工知能の 4 つの原則、人工知能アプリケーションの規制に関するガイドダンス
イギリス	AI ロードマップ (2021 年)	予算の明記なし	説明可能な AI、デジタルツインプログラム、炭素排出ゼロ、スマートマテリアル	アラン・チューリング研究所	UKRI	デジタル規制協力フォーラムの作業計画 2021/22
中国	第 14 次五カ年計画 (2021 年)	2020 年 5 月、中国科学技術部が	新世代 AI、量子情報、集積回路、	2018 年 6 月、清華大学に設立	中国科学技術部が主導	2019 年末より顔認識に関する国家

		10 億元の投資を発表	脳科学、スマート介護			標準の策定に着手
カナダ	汎カナダ人工知能戦略(2017年)	1 億 2,500 万加ドル	フォトニックコンポーネント、生物学的療法、新素材開発、説明可能な AI モデル	エドモントン、モントリオール、トロントに研究拠点あり	カナダ国立研究評議会	自動化された意思決定に関する法令
ドイツ	AI 国家戦略 (2020 年更新)	2025 年までに 50 億ユーロ	国家的ハイパフォーマンス・コンピューティング環境、計算生命科学、介護のための AI システム、CO2 削減、資源効率の高い AI	ドイツ人工知能研究センター (DFKI)	ドイツにおける人工知能のためのプラットフォーム	ドイツにおける人工知能に関する標準化ロードマップ
フランス	Intelligence artificielle: "faire de la France un leader" (2018 年)	15 億ユーロ	故障に強いロボット、パーソナライズ化された学習、オープンソースの音声認識プラットフォーム、横断的検索システム	グルノーブル、ニース、パリ、そしてトゥールーズにある 3IA	INRIA	「どのようにして男が手を離さないようにするか？」(仏語レポート)
イタリア	AI に関するイタリアの戦略への提言(2019)	2025 年までに 10 億ユーロ	製造業、食品、エネルギー、ヘル	国立研究センター、コンピテンス	経済開発省が主導	市民サービスのための人工知能に

	年)		スケア、輸送、スマートシティ、文化・観光、行政	センター		関する白書
シンガポール	国家人工知能戦略 (2019 年)	予算の明記なし	協調的意思決定のための AI、説明可能で信頼できる AI、設計と発見のための AI	AI Research	AI SINGAPORE	人工知能の倫理とガバナンスに関する知識体系
オーストラリア	人工知能ロードマップ (2019 年)	予算の明記なし	ヘルスケア、インフラ、天然資源、環境	共同研究センター	CSIRO	「人工知能に関するオーストラリアの倫理フレームワーク
イスラエル	「2018-2019 イノベーションレポート」の『人工知能の強化』 (2019 年)	AI 開発助成に 4 億 1,500 万新シケル、AI 人材育成に 1,600 万新シケル	バイオインフォマティクス、計算生物学、軽量経済学、量子計算	データサイエンス研究センター	イスラエル・イノベーション局	検討中

【各国の AI 政策対応表】

表 4：各国の AI 政策対応表

アメリカ	従来は政府からの民生部門への投資が少なかったが (特にトランプ政権時代)、NSCAI 最終報告書の提言により <b>政府主導に方向転換</b> 。 <b>軍事部門には巨費</b> を投じており、その成果は DARPA の研究にうかがえる。
イギリス	グローバル・タレントビザによって、 <b>欧州出身の優秀な AI 人材を優遇</b> 。AI によって、 <b>炭素排出ゼロの実現</b> を目指す。
中国	第 14 次五カ年計画によって中央集権的に技術政策を推進。 <b>顔認識技術の公共サービスへの応用が進んでいる</b> 一方、AI 倫理の整備は検討段階。
カナダ	汎カナダ人工知能戦略が成果を上げる。公共部門への AI の実装では、 <b>アンケート形</b>

	式のアルゴリズムの影響評価体制を確立。
ドイツ	AI 国家戦略によって <b>女性の AI 研究開発への進出を支援</b> 。AI による環境問題の解決にも積極的。
フランス	AI によるデジタルトランスフォーメーションを中小企業に普及させる支援策「 <b>IA Booster</b> 」の実施と、AI と量子技術に関するファンド「 <b>French Tech Sovereignty</b> 」の設立
イタリア	「回復と再生のプラン」で巻き返しを図る。 <b>文化・観光分野における AI の活用</b> を推進するが、目立った成果はなし。
シンガポール	国費で AI 人材を育成するプログラム「AIAP」と AI 人材認定制度を展開。 <b>AI 倫理に関する手引書「5A + 1D」</b> を発表。
オーストラリア	ヘルスケア、インフラ、 <b>天然資源と環境</b> を重点分野にする。重点分野における成果は、海外に輸出することを計画。
イスラエル	早くから <b>軍事部門における AI 活用を推進</b> している。イスラエル国防軍における AI 人材は、 <b>除隊後に民間企業で活躍</b> している。

### (2)-2-3 国内制度政策等の調査

国内制度政策調査をするにあたり、独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター イノベーション推進部「IT 関連先進技術の制度政策動向調査レポート 2020(国内編)」をもとに実施した。

日本国内では、総合イノベーション戦略推進会議 (CSTI: Council for Science, Technology and Innovation) が、2019 年 6 月に、CSTI 下部の会議体が策定した「人工知能技術戦略」や「人工知能戦略実行計画」に代わる政府全体の AI 政策として「AI 戦略 2019」を制定し、米国や中国に後塵を拝している日本の現状を変えるべく、焦点を当てるべき施策に焦点を当てた戦略の取りまとめを行っている。その後、日本の AI の研究開発に関する情報を統合的に発信し、AI 研究者間の意見交換の推進を行い、日本の AI の研究開発などの連携の機会を提供することを通じて、日本の英知を糾合し、AI 研究開発の活性化を図ることを目的に、2019 年 12 月に人工知能研究開発ネットワークが設立された。さらに、2020 年 6 月には、進捗と課題、及び今後の取り組みを整理した「AI 戦略 2019 フォローアップ」が公表されている。

さらに、AI が社会実装された際には、AI と知的財産の関係が問題となってくる。日本の知的財産に関する政策は、内閣の知的財産戦略本部が司令塔的役割を担っており、分野横断型の議論が行われている。AI と知的財産をめぐる論点については、2017 年 3 月に知的財産戦略本部が公表した「新たな情報検討委員会報告書」にて、データと知的財産をめぐる論点が合わせて整理されており、各行政機

関が法制度やガイドラインの整備を進めてきた。また、2018年5月には、著作権法及び不正競争防止法が改正され、AIやデータに関する知的財産権の保護が強化された。また、実務での契約のガイドラインとして、2018年6月には経済産業省が「AI/データの利用に関する契約ガイドライン」、同年12月には農林水産省が「農業分野におけるデータ契約ガイドライン」を公表した。また、国内だけでなく、2019年には、米国との間で「デジタル貿易に関する日本国とアメリカ合衆国との間の協定(日米デジタル貿易協定)」が締結され、自国で事業を行うための条件としてソースコードやアルゴリズムの移転を要求することが相互に禁じられた。このように、AIと知的財産の法整備は近年、急速に進んでいる。

## (2)-3 将来動向についての調査の実施

### (2)-3-1 国内 AI 実装動向についての調査結果

# 国内企業における AI 導入動向に関する 基礎調査

2021 年 6 月 15 日

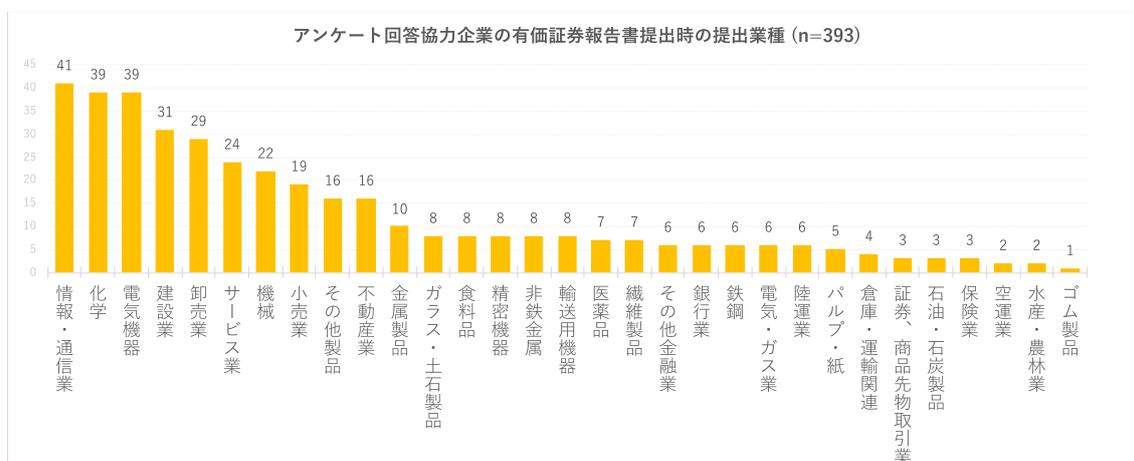
株式会社角川アスキー総合研究所

### 【調査概要】

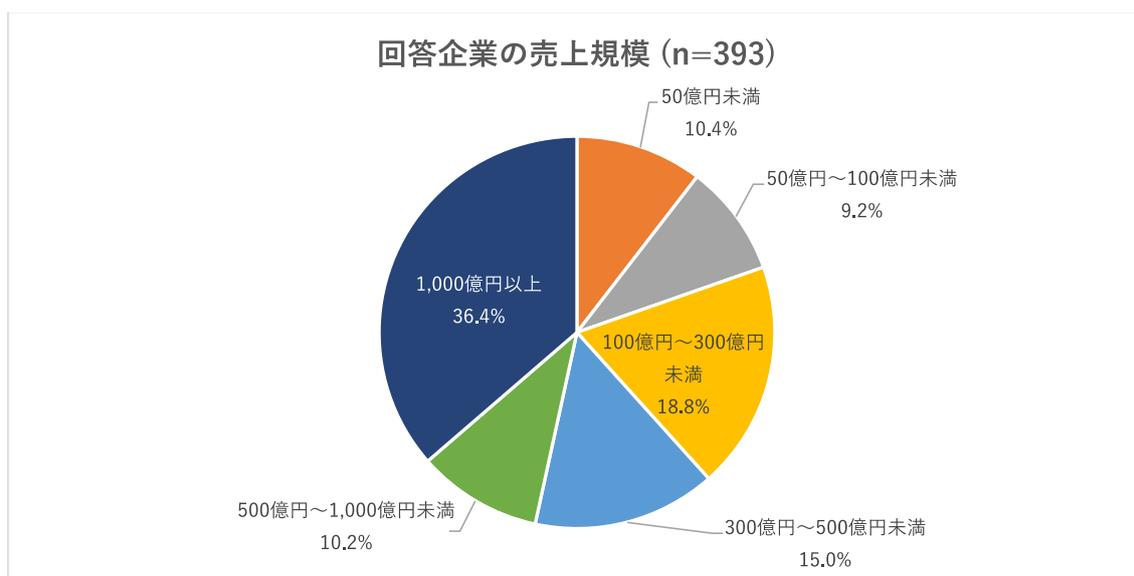
国内企業各社においてAI技術の導入がどの程度進んでいるか、また導入した・していない理由やAI技術へ期待を寄せている内容などを把握すべく、令和3年5月6日～同年6月9日の期間において郵送アンケート調査を実施した。実施方法としては、EDINET（金融商品取引法に基づく有価証券報告書等の開示書類に関する電子開示システム）から以下の条件に該当する4,000社を抽出してアンケート調査の案内状を送付し、インターネット回答により計393件の回答を得た。

- 有価証券報告書の開示企業として業種の届出をしている上場企業
- 非上場ではあるが業種の届出をしている資本金の大きい企業および内国法人

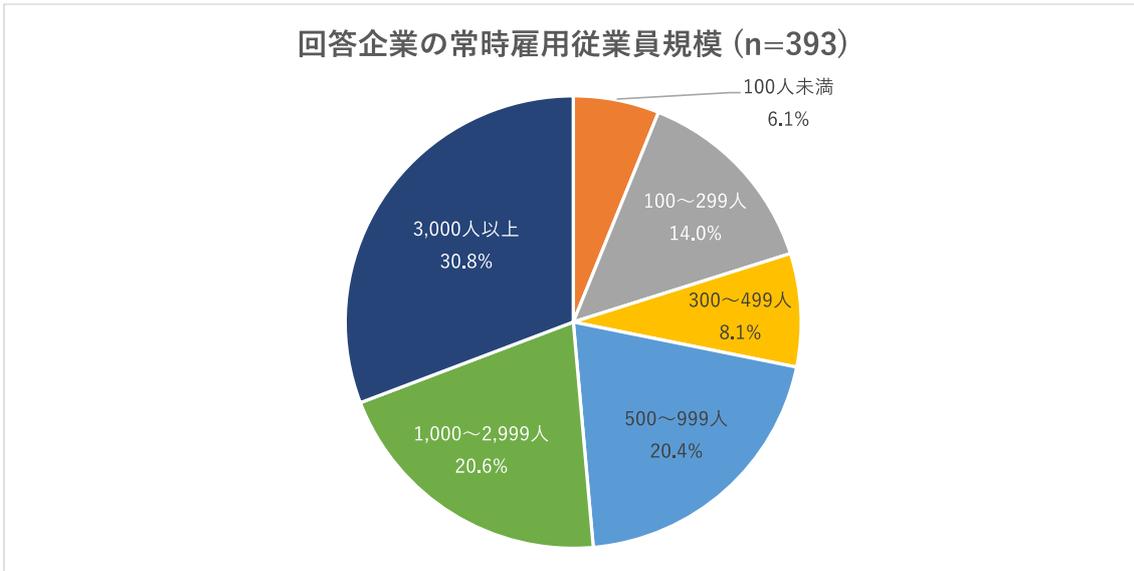
### 【回答企業の業種 (n=393)】



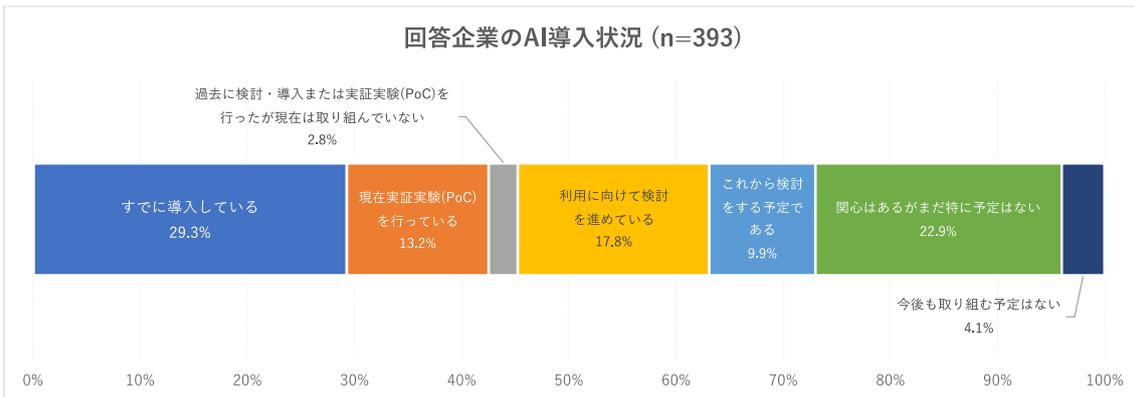
### 【売上規模 (n=393)】



### 【常時雇用従業員数規模 (n=393)】



#### 【調査結果サマリ】

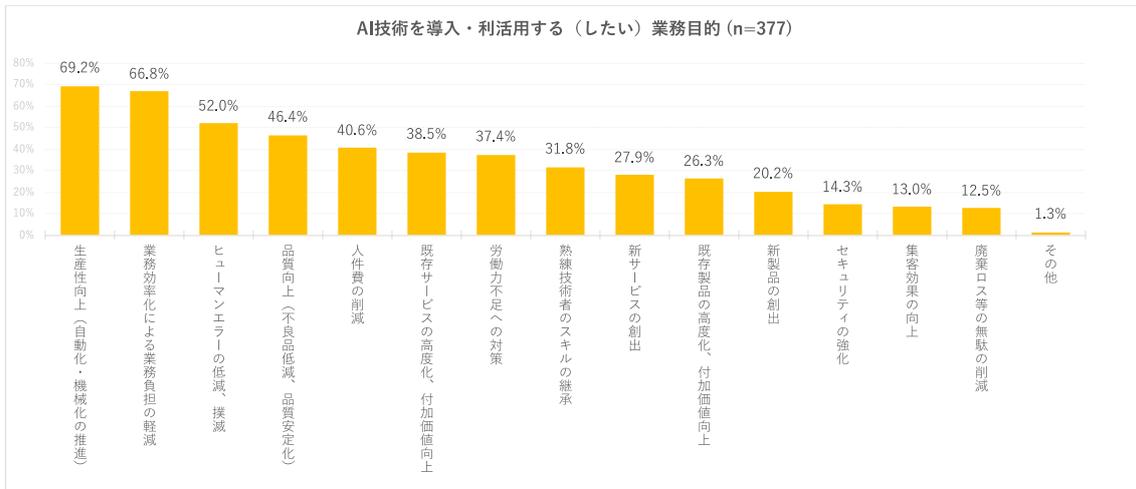


【設問】 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的で、AI（人工知能）技術を導入または活用されていますか。

上記グラフで示すように、回答を得た393社のうち95%以上の企業がAI技術について興味を持っており、実証実験（PoC :Proof of Concept）以上のアクションを取った経験があるという割合が45.3%、実際に業務へ導入済の企業が回答企業全体のうち29.3%（115社）という回答結果になった。

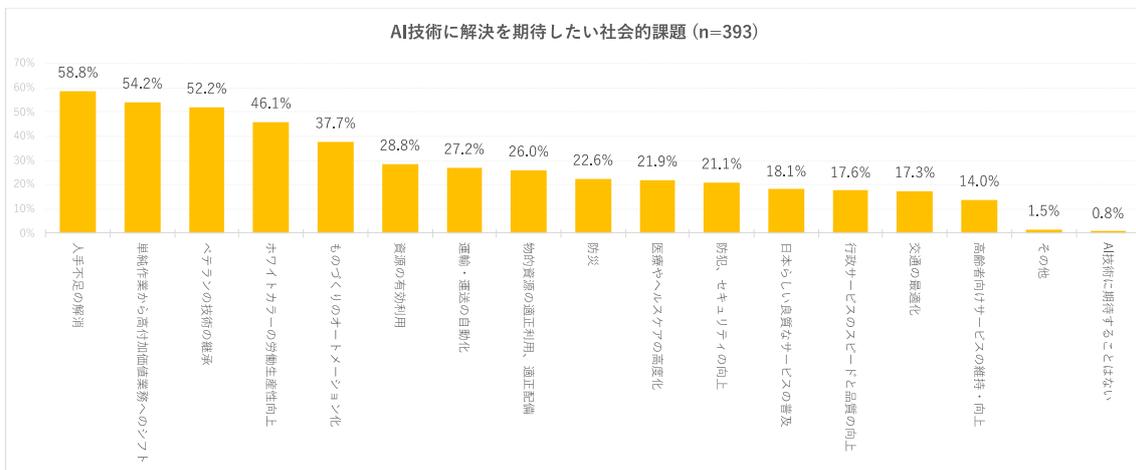
参考として、2019年7月～9月に独立行政法人情報処理推進機構（IPA）が『AI白書2020』刊行時に同様の目的・設間で企業向け調査を実施した結果と比較すると、当時はAI導入済と回答した割合が回答全体の4.8%であり、今回の結果（前回調査から約2年後）においてはその約6倍まで導入率が高くなっているという結果が得られた。

AI技術導入へ関心を持っている企業にAIの利活用を検討する目的を尋ねると、生産性向上・業務効率化・ヒューマンエラーの低減といった「既存業務をより効率よく実施するため」の目的意識が強く、AIを活用した製品やサービスの新規開発といった事業創出を目的とするAI技術の利用については30%を切る回答率となった。



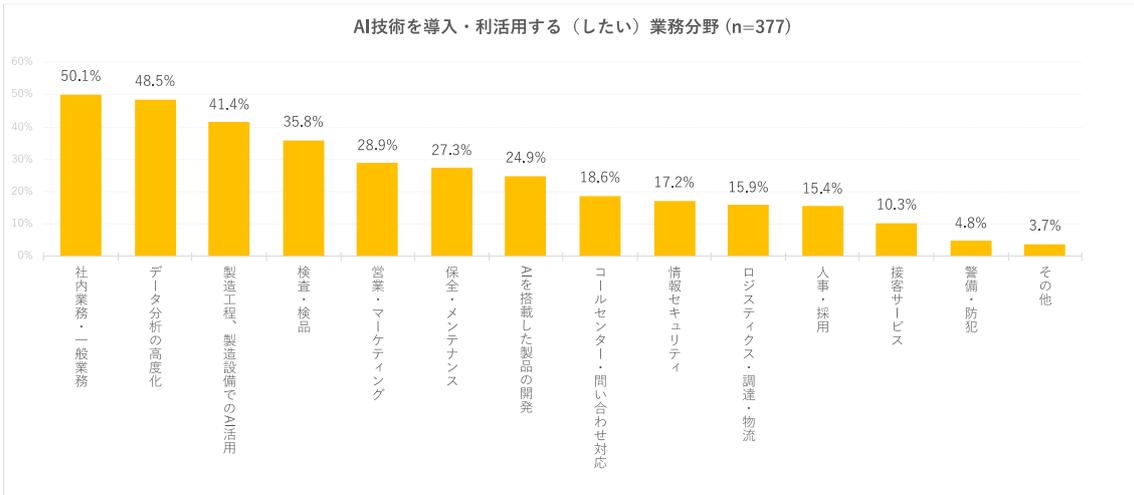
【設問】 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。

回答企業全社へ尋ねた「AI技術に解決を期待したい社会的課題」という設問においては「人手不足の解消（58.8%）」がトップ回答であるのに続き、「単純作業から高付加価値業務へのシフト（54.2%）」や「ベテランの技術の継承（52.2%）」が挙げられた。こうしたAI技術を用いて高い価値を生む事業を創出したり、熟練スキルの継承へ具体的に取組んだりする必要性を感じる企業は多いものの、現実としては既存業務の効率化という目的にAI技術の利活用想定は留まっている傾向が伺える回答結果となった。

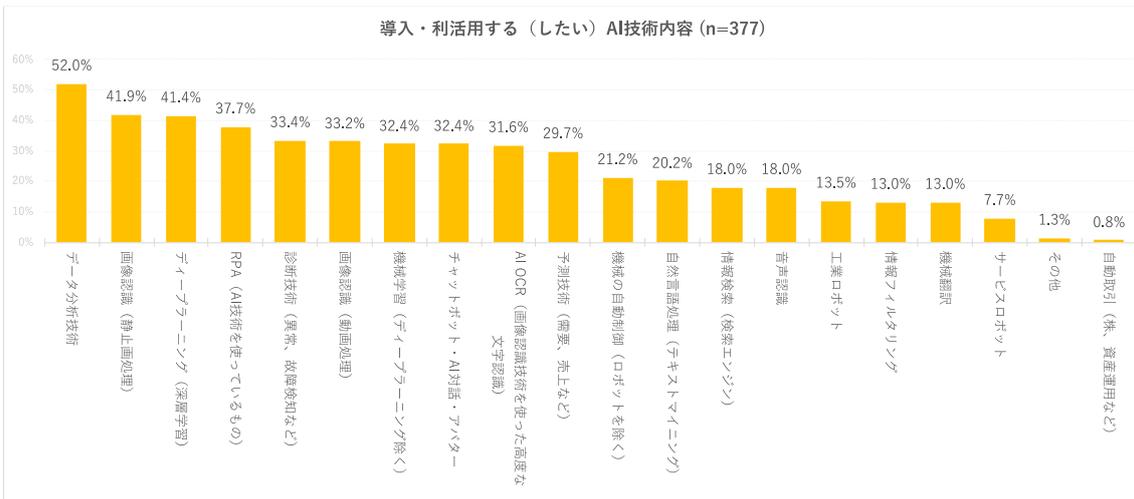


【設問】 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）技術に解決を期待したい社会的課題として、あてはまるものをすべてお選びください。

AIの利活用を検討する業務分野としては、検討企業のほぼ半数が「社内業務・一般業務（50.1%）」や「データ分析の高度化（48.5%）」といった用途を回答。利用を検討するAI技術としても「データ分析技術（52.0%）」がトップで、次いで「画像認識（静止画処理）（41.9%）」や「ディープラーニング（41.4%）」が挙げられる結果となった。



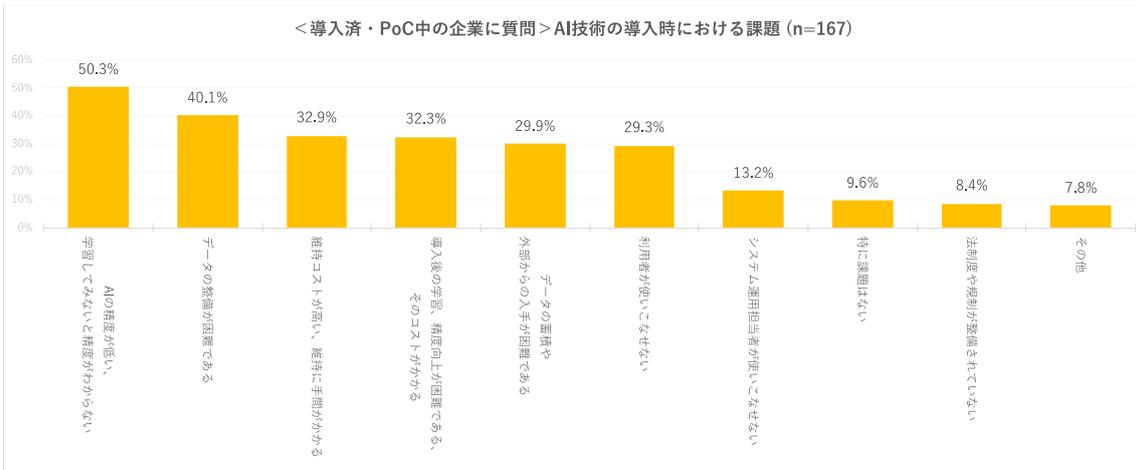
【設問】 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。



【設問】 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術導入および利活用を検討されている業務分野として、あてはまるものをすべてお選びください。

### 【AI導入済・PoC実施中企業の回答結果について】

「AIを導入済または実証実験（PoC）を実施中」と回答した企業（n=167）へ「AI導入時における課題」を尋ねたところ「AIの精度が低い、学習してみないと精度がわからない（50.3%）」という回答が最も多い結果であった。次いで「データの整備が困難である（40.1%）」、「維持コストが高い、維持に手間がかかる（32.9%）」、「導入後の学習、精度向上が困難である、そのコストがかかる（32.3%）」という点も課題として多く挙げられた。

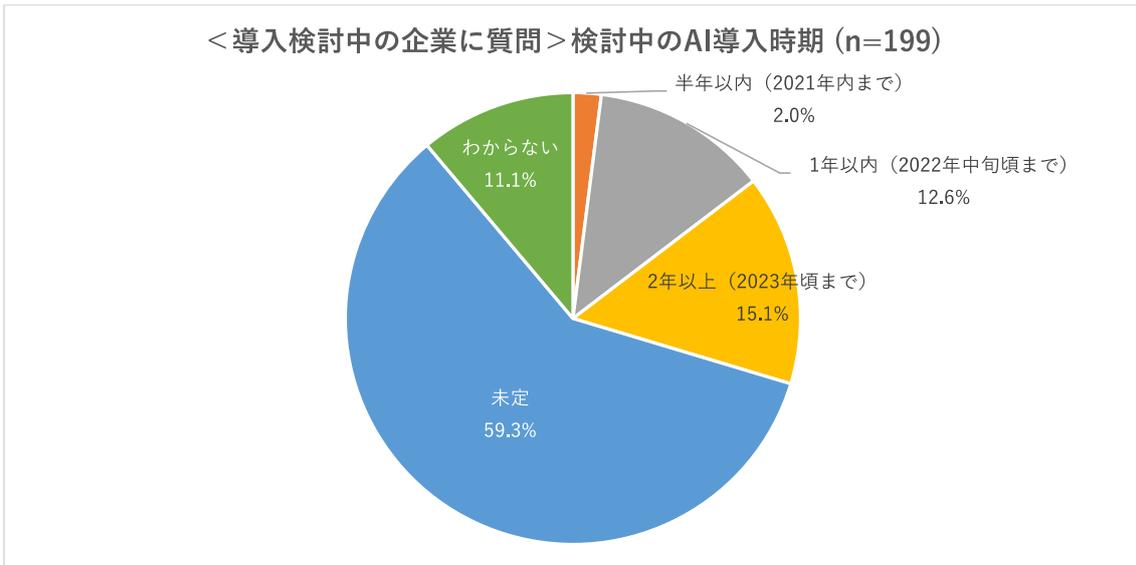


【設問】 自社業務に「AI技術を導入済み」または「実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入について、導入時における課題としてあてはまるものをすべてお選びください。

AIの精度担保と学習データ（外部データの入手も含め）の整備はまさに両輪の関係と言うことができるため、本アクションプラン策定委員会でも度々触れられた「産業界がエコシステムとして学習データを蓄積し、企業をまたいで必要なデータを連携していく仕組みや文化づくり」が調査においても課題であることが示唆される結果となった。

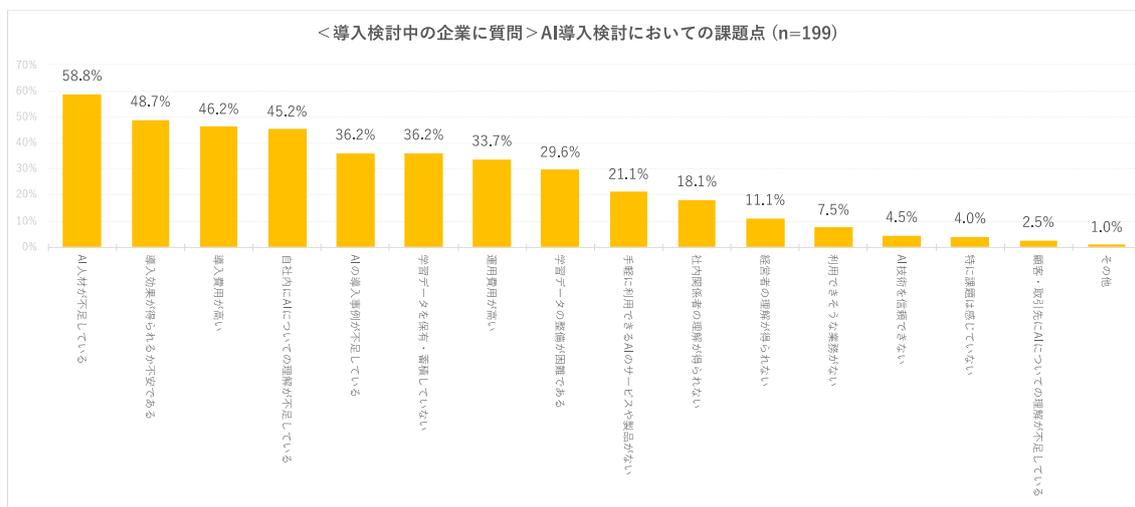
【AI導入を検討中・導入へ関心がある企業の回答結果について】

「AI導入を検討している、関心がある」と回答した企業（n=199）へ業務導入時期を尋ねると「未定（59.3%）」が最も多く、次いで「2年以上：2023年頃まで（15.1%）」、「1年以内：2022年中旬頃まで（12.6%）」という結果が得られた。具体的な時期まで設定して検討している企業は検討中企業のうち約30%に限られており、AI導入への現実感が低い検討企業が多数を占めている様子が伺える結果となった。



【設問】 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術を将来的に業務導入したい時期として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

更に「AI導入における課題となりそうな点」を尋ねた結果としては「AI人材が不足している (58.8%)」、「導入効果が得られるか不安である (48.7%)」、「導入費用が高い (46.2%)」、「自社内にAIについての理解が不足している (45.2%)」といった選択肢に回答が集まった。

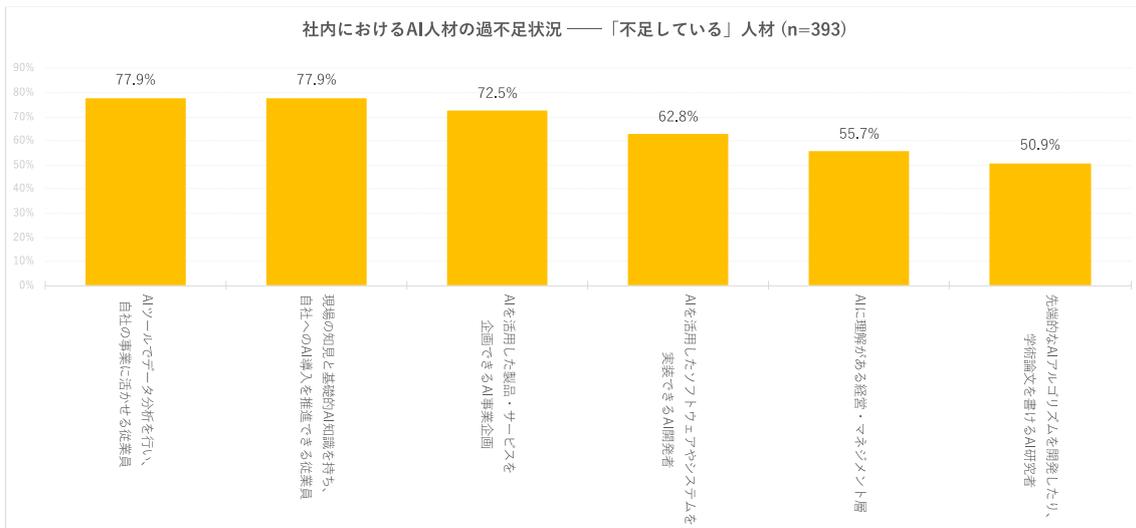


【設問】御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討される際に、導入における課題となりそうな点としてあてはまるものをすべてお選びください。

学習データの整備・蓄積に関する課題意識については約30～35%の回答率であり、そもそもAI導入の意義を説明できる・導入への道筋を立てられるような人材が社内にはないことが課題となっている様子が伺える（学習データが何故重要なのかも、そうした人材がいてこそ意識が向く）。本アクションプラン策定委員会においても委員や外部有識者から「自身の専門研究領域とAIの研究をつなげて考えられるような人材は少ない」という声が多く挙げられており、専門分野とAI技術を同時に扱える人材の不足は研究領域だけでなく産業界においても対策を講じるべき課題と言える。

#### 【AI人材の不足について】

AI人材について「不足している」という回答が多かった人材について回答を見てみると、前述した項目と関連する結果として「現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員」と「AIツールでデータ分析を行い、自社の事業に活かせる従業員」が77.9%の同率でトップ。また「AIを活用した製品・サービスを企画できるAI事業企画 (72.5%)」という人材への不足感も強いと回答されており、AI技術を活用した事業創出が進まないのは、人材がそもそも足りていないことと裏返しの関係にあることも考えられる。



【設問】現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。（上記グラフは回答のうち「不足している」という選択肢の結果のみ抜粋）

#### 【企業向けアンケート調査：総括】

今回の企業向け調査において、AI導入自体については企業において進捗が出ている様子が伺えるものの、導入している企業においては「精度の担保と学習データの整備」において課題意識が強く、また非導入の段階にある企業においては「自社の業務領域とAI技術をつないでアクションを取れる人材の不足」が導入を阻む壁として存在していることが明らかとなった。

これらの課題は本アクションプラン策定委員会においても議論が繰り返されていた点であり、実践的な学習データを産学官で連携して蓄積していくためにも、実際の企業現場においてAI導入を牽引できるような人材確保や教育を推し進めていけるように、より具体的な取り組みが求められる必要性を強く感じさせる調査となった。

『AI戦略2019』において戦略目標として掲げられている「AI時代に対応した人材の育成」はまさに現在の企業各社において具体的に必要とされているAI導入におけるキーファクターであり、我が国のAI技術進展の勘所であることが今回調査でも改めて確認された。

### (2)-3-2 有識者ヒアリングの結果

以下の表のとおり人工知能に知見のある有識者に対してヒアリングを実施した。

表 5：外部有識者一覧

外部有識者(順不同・敬称略)	所属・役職
中林 紀彦	ヤマト運輸株式会社執行役員
松丸 隆文	学校法人早稲田大学 大学院情報生産システム研究科
石川 正俊	国立大学法人東京大学 情報基盤センター データ科学研究部門
石黒 浩	国立大学法人大阪大学 大学院基礎工学研究科
川人 光男	株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 脳情報通信総合研究所 所長
アウレリオ・コルテーゼ	株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR) 脳情報通信総合研究所 主任研究員
尾形 哲也	学校法人早稲田大学 理工学部術院基幹理工学部 表現工学科
奥田 遼介	株式会社 Preferred Networks 取締役 CTO
江上 周作	国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター
片岡 裕雄	国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター
坂東 宜昭	国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター
齋藤 裕	国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター
椿 真史	国立研究開発法人産業技術総合研究所 人工知能研究センター

ヒアリング結果のサマリーは以下のとおりである。

- 今回の有識者ヒアリングで、複数の有識者から意見があった内容として、まずは学習のためのデータについて。新たな AI の研究・開発に際して、そもそもデータが不足しているということは、多く指摘があった。またフィジカルなデータをどうデジタルなリソースとしていくかという観点での課題も提示された。
- データの不足については、SNS から集める、シミュレーションで作る、クラウドファンディングで集めると、さまざまな手法でデータを集めている

が、公的なデータの整備の必要性、またデータを共有するためにそのフォーマットの整理の必要性も指摘があった。

- そのうえで、少ないサンプル数のデータでも学習できる AI、あるデータで学習した AI を類似した用途に展開できる転移学習の基盤の開発も重要とされた。
- そういった、少数サンプルから学習できる AI については、そもそも人間は数億次元の大規模な問題を、200 回程度の学習で解ける。そういった、人間と同様の少数サンプルから学習できる次世代の AI をどう作るか。画像・音声・テキストなど、ネット上に大量にあるデータからの AI 学習は、海外の巨大プラットフォーム企業が先行している。一方で数千万・数億の学習回数などがなく、といった大量の学習サンプルが得られない領域こそが、日本の勝負するところという主張が強くなされた。
- ほかに、現在の大量生産工程で活用されているロボットと同様のレベルのリアルタイム性についても言及があった。これは生産現場だけでなく自動運転などでも必要となる。また省人化の観点だけでなく、人と AI、人とロボットが協働するのに必要な要素の開発。これにはコミュニケーションや価値観の共有なども含まれる。
- そして、今後は入力に出力を返すだけでなく、世界と関わり合いながら成長していく AI。そういうものを議論し、開発していくことが求められている。いまの AI はまだ意味構造を持つことはできていないので「意識は何か」、「記憶は何か」という研究がこれから重要となってくる。それには、たとえば開発したロボット・AI で人間を移す鏡のように使いながら、より複雑な AI の仕組みを研究していくことが必要とされた。
- もっとも、ビジネスへの実装としては、まだシステム化すら進んでいない分野も少なくないこと。また搬送ロボットがエレベーターのボタンを押せない場合はどうするか（通信環境を用意する、地面の近くにもボタンを設置するなど）など、人間だけでなく AI やロボットのバリアフリーも考慮すべきという指摘もあった。

## (2)-4 委員会によるアクションプランの策定

### (2)-4-1 アクションプラン本体



# 人工知能（AI）技術分野における 大局的な研究開発のアクションプラン （AI アクションプラン）

2021年6月14日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

# 目次

目次.....	36
1. エグゼクティブサマリー.....	37
2. AIアクションプラン策定に向けた調査の概要.....	38
3. AIアクションプラン.....	40
記号推論と深層学習の結合による意味理解のためのAI.....	41
深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出.....	42
シミュレーション×機械学習（演繹＋帰納）の方法論の確立.....	43
脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発.....	44
転移学習技術の確立.....	45
製造プロセス全体を最適化するAI.....	46
多品種少量生産の効率化に向けたAI技術の開発.....	47
分子設計のためのAI.....	48
無人搬送車(AGV)などのための環境認識技術の精度向上.....	49
人の学習工程の解明とAIによる学習支援.....	50
多様な情報から医師に選択肢を提示できるAI.....	51
人体の個人別モデル化（ヒューマンデジタルツイン）.....	52
今後議論を深めていくべき課題.....	53
用語集.....	55

# 1. エグゼクティブサマリー

## 人とAIの共進化に向けた今後10年間のAIアクションプラン



図5: AIアクションプランサマリー

- NEDO (国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) は、新たなAI技術戦略の策定およびプロジェクトの早期開始に向けて、日本がAI分野で世界をリードしていくためのアクションが必要であると考え、AI技術やAIに密接に関係する技術、さらにAIを含む新技術に関する開発の方向性などを大局的に検討・整理した「人工知能 (AI) 技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」(以下、AIアクションプラン) を策定・公表した。
- AI技術は深層学習の隆盛によって大きく発展した。これ自体は変わらず重要であり、一層の発展が期待されるが、今後はより高度な意味理解のAIの開発が求められる。同様に、これまでの部分最適化ではない全体最適化、あるいは個人への最適化にとどまらない人とAIの関係性の多様化も求められている。
- AIアクションプランでは、それらAIの技術開発の方向性 (上の図の灰色と青色の部分) を踏まえつつ、ものづくり (生産) やモビリティといった5つの分野 (同 オレンジ色の部分) への実装を見据えて、今後10年の人とAIの共進化に向けた、取り組むべきAI技術開発として12の項目 (上の図の水色の部分) を抽出した。

## 2. AIアクションプラン策定に向けた調査の概要

### 我が国の社会課題の解決に資する人工知能技術開発の方向性を提起

政府は2017年に「人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップ」で、AIの研究開発から実装まで、取り組むべき重点分野を取りまとめて以降、2019年の「AI戦略2019」では実行すべき施策を示し、また科学技術・イノベーション基本計画や統合イノベーション戦略でもAIについて多数言及しており、AIの研究・実装を積極的に推進している。自動運転や企業におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）に関わる分野などにおいては、すでにAIの実装が進んでおり、デジタル庁の創設で、それらの動きは加速されるだろう。

その一方で、海外では、アメリカは2026年までに320億ドル（約3兆5,000億円）を各分野のAI技術開発に投じ、中国も最新の5カ年計画に向けて新世代のAI開発を標榜。GAF（Google、Amazon、Facebook、Apple）は画像認識や自然言語処理などに持てる膨大なデータと巨費を投じており、各国政府や巨大企業もこれまで以上にAIに注力している。加えて、中国はAI関連技術に輸出制限を課し、EUはAIの利用についての包括的な規制案を発表するなど、規制・管理面の取り組みも活発化している。

そこでNEDOは、新たなAI技術戦略の策定およびプロジェクトの早期開始に向けて、日本がAI分野で世界をリードしていくためのアクションが必要であると考え、AI技術やAIに密接に関係する技術、さらにAIを含む新技術に関する開発の方向性などを大局的に検討・整理した「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」（以下、AIアクションプラン）を策定・公表した。

### 委員会での議論を重ねて、AIアクションプランを策定

AIアクションプラン策定委員会（委員会）では、「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」、「人工知能技術戦略」、「科学技術・イノベーション基本計画」や文部科学省による「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」をはじめとする各省庁の将来予測調査から、20の分野における、将来期待される社会像とそれにむけた取り組み、またAI技術の関わりを整理し、議論を行った。

各分野における取り組みについて、委員会では今後10年程度の期間を見据えて、我が国における社会的意義や経済的なインパクトを加味して分野・取り組みを絞り込んだ。またすでに民間企業が十分な実績を上げていたり、基礎研究としてさらなる時間を要したりするものではなく、社会実装に向けた施策が必要な課題を重視し、その詳細を検討する議論を重ねて、AIアクションプランを策定した。

## AIアクションプラン策定委員会・委員などの一覧

委員長：中島 秀之	公立大学法人札幌市立大学 学長
委員： 稲見 昌彦	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授
牛久 祥孝	株式会社Ridge-i 取締役 Chief Research Officer オムロンサイニックエックス株式会社 Principal Investigator
川上 登福	株式会社経営共創基盤 共同経営者（パートナー） マネージングディレクター
松尾 豊	国立大学法人東京大学 教授
丸山 宏	花王株式会社 エグゼクティブ・フェロー 国立大学法人東京大学 人工物工学研究センター特任教授 株式会社Preferred Networks PFNフェロー
村川 正宏	国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 人工知能研究センター 副研究センター長 (兼務) 人工知能研究戦略部研究企画室長

(委員は五十音順、敬称略)

**事務局：**国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） ロボット・AI部  
株式会社角川アスキー総合研究所

## 委員会開催日程

第1回：2021年2月9日 第2回：同年2月26日 第3回：同年3月30日  
第4回：同年4月27日 第5回：同年5月18日 第6回：同年6月1日

(上記委員会以外にも各委員との個別会合を複数回実施、感染予防対策のため会合はすべてオンライン開催)

## 3. AIアクションプラン

### AIアクションプランとして、12の取り組むべきAI技術開発を抽出

以下のAIアクションプランでは、農業などの第一次産業も含めた「ものづくり（生産）」、「生活・都市」、「モビリティ」、「教育」、「健康（ウェルビーイング）」といったAIを積極的に活用すべき分野（複数の分野に共通する課題も含む）における、12の「取り組むべきAI技術開発」と、その社会実装例としての「期待される社会像」、「社会像に向けた取り組み」を解説する。

委員からも、AIアクションプラン策定後、これらがどのように実行されていくかが最も重要という指摘があったように、NEDOでは、AIアクションプランで抽出されたAI技術開発を中心に、他の分野への展開も含めて、今後取り組むべき事業を検討していく。今後のプロジェクト化や実装においては、多様な分野への発展が期待できる。

複数の分野に共通する課題

## 記号推論と深層学習の結合による意味理解のためのAI



**期待される社会像** 社会実装例

**人間とAIが、言語でより高度なコミュニケーションを取れる**  
 AIによる環境認識（身体性を含む）と言語理解の向上によって、より高度で自然なコミュニケーションがとれるようになる。

**社会像に向けた取り組み**

**日本の強みを活かしたAI技術の開発**  
 ロボット技術や、人工知能を目指した第五世代コンピュータ（1982年～1992年）プロジェクトの記号推論に関する技術蓄積を活用するなど、他国とは異なるアプローチで、我が国の強みを活かしたAI技術を創出する。

**取り組むべきAI技術開発**

**意味理解のためのAI（2階建て脳）**

1階部分の深層学習と2階部分の記号推論システムの結合。あるいは従来型システムで、深層ニューラルネットワーク（DNN：Deep Neural Network）上に記号推論システムを実現。記号処理で人間の意図や価値を理解して、深層学習を方向付ける手法を開発する。

知能の階層性

記号推論	}	弱いAI (与えられた目的をそのまま実行)
深層学習		
<p>1階の深層学習と2階の記号推論を組み合わせた「強いAI」で、与えられた目的を理解して実行できるようにする</p>		

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

図6：記号推論と深層学習の結合による意味理解のためのAI

自然言語処理は日本でも研究は盛んであり、以前から戦略的に重要だとされていたが、Googleの優れた日本語翻訳や、深層学習による大規模言語モデル、また言語間の転移を可能にする技術の登場によって「日本語が日本のものではなくなる」可能性すらある状況となっている。継続的に研究開発を続けるべき分野であり、現在の技術を超える大きなブレイクスルーとして「意味理解のAI」が議論となった。

もともと「2階建て脳」として委員会で話されていたが、ディープラーニングの研究分野ではダニエル・カーネマンによる「System1」「System2」という形で議論されている。人間の脳の思考が、直感的で処理が速いSystem1と、意識的・論理的で処理の遅いSystem2の、2つに分けられるという考え方だ。

意味理解のAIを実現するためには、現在のディープラーニングが得意なSystem1と、従来からのAIで記号推論として研究されてきたSystem2をつながなければならない。その方法としては「深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出」や、「脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発」も該当すると言える。記号推論と深層学習を組み合わせることができれば、意味を理解できるAIの実現につながる。また、幅広い目的に用いることのできる汎用AI（AGI）、あるいは心の活動をもつような「強いAI」につながる技術に発展していく可能性がある。

期待される社会像

社会実装例

既存のAIが抱える課題を解決して社会の利便性を向上

新たなAIアーキテクチャによって自然言語処理を高精度化することで、名前を置き換えたり、辞書を引いて回答するといったような、既存のAIが得意な言語処理が可能になるなど、さまざまな利便性を向上させる。

社会像に向けた取り組み

画像あるいは世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出すAIの開発

言語から画像あるいは実世界に紐づく世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出力するAI技術の開発。

取り組むべきAI技術開発

時間方向に広がりをもった時空間の情報に関して適切な特徴量を抽出する深層強化学習

時空間の特徴量を自己教師あり学習で適切に取得することができ、フィードバックループを仮定した行動の学習ができる深層強化学習を開発する。

世界モデルで他視点の画像の予測が可能

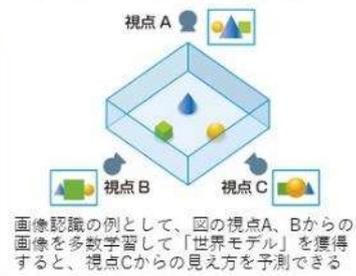


図 7：深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出

ここ数年のAI技術に関する進歩は、そのほとんどがディープラーニングの進化と同義とも言える。しかしAIのこれからを考察していくにあたっては、既存のAI技術が抱えている課題と向き合い、知能そのものの解明へと学術研究を進めていくことが必要となる。

その中で将来のAI技術開発に大きなインパクトを与える領域として、現在大きな成果を上げている大規模言語モデルではうまく処理できていない課題、AIで名前を置き換えたり、辞書を引いて回答したりといった課題を解決すること、いわゆる「シンボルグラウンディング問題」に関わる部分が議論された。これは意味理解のためのAIにも関連する。

そういった課題を本質的に解決するためには、AIが言語の指す概念を獲得している必要がある。画像や映像における高次の特徴を獲得する技術は大きく進展したが、より複雑な特徴、すなわちセンサとアクチュエータを複合した時空間的な特徴を獲得する技術は未成熟である。これは身体性として知られている概念とも関連する。

実世界における時間方向に広がりをもった特徴量を、自己教師あり学習で適切に抽出することができれば、深層強化学習などの技術に大きな進展がある可能性がある。そのためには、環境との相互作用において不可欠である、フィードバックループを自然に仮定した行動の学習ができる技術も重要である。こうした技術が、意味理解のAIの開発にも結びつき、同時にロボットなどへの応用にもインパクトを与える、今後の有効なAI技術開発として提起された。

複数の分野に共通する課題

# シミュレーション×機械学習（演繹+帰納）の方法論の確立

NEDO

---

**期待される社会像** **社会実装例**

**効率的なシミュレーションによる材料探索・創薬、自動運転などの推進**  
 機械学習を組み合わせたシミュレーションの分野・手法を整理・開発して多分野に展開し、上記分野などの技術開発を加速する。

**社会像に向けた取り組み**

**分野と方法論の組み合わせを整理し、他分野への適用を図る**

人間の知識に基づく演繹（前向き推論）と、データに基づく帰納（後ろ向き推論）を組み合わせ、双方のメリットを持つ予測・推論手法を開発。気象予測におけるデータ同化など、現状はいくつかの分野において個別に試みられているシミュレータ×機械学習の手法を整理し、総合的に開発。まだ着手されていない分野・手法を同定し、開発した手法をそこに適用していく。

**取り組むべきAI技術開発**

**演繹と帰納、双方向の推論による手法を開発**

演繹的手法としては、シミュレータを用いて機械学習の訓練データを生成。データが得られにくい事象をカバー。帰納的手法としては、機械学習を用いてシミュレータのパラメータを調整（データ同化）、高速化する。

**様々なシミュレーション手法**

マルチエージェント



有限要素法



多数の要素を実際に動かしてみるマルチエージェント、メッシュに分解して個々の状態を見る有限要素法など、様々な手法がある

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

図 8：シミュレーション×機械学習(演繹+帰納)の方法論の確立

AIによるシミュレーション技術の効率向上については、委員会の初期から、多分野にまたがる課題としてその重要性が議論されてきた。

現状は各分野において、例えば個々のエージェントの動きをシミュレートしつつ、それが膨大な数となった場合にどういった挙動になるのかを推測する「マルチエージェント」、あるいは空間をメッシュ（網の目）に分割して、それぞれの時間軸の変化をみていく「有限要素法」など、さまざまな手法のシミュレーション技術の開発が行われている。

そういったある分野における特定の手法のシミュレータが、必ずしも他分野でそのまま活用できるわけではないものの、

- ・核となるシミュレーション×AI技術の開発
- ・AIによるシミュレーションが活用されていない分野の同定と、その分野への展開

の重要性が提案された。

また、シミュレーションの速度・精度について、AIの活用でシミュレーションの速度は圧倒的に速くなるが、それでも計算機の性能によっては時間がかかる場合は、近似値でも結果を出力できる手法・技術の開発の重要性も議論となった。

いずれにしても、現状はまずどういった分野で、どういう手法のシミュレータが活用されているのかを調査し、その全体像を把握することが重要とされた。

産学分野に共通する課題

## 脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発

NEDO

**期待される社会像**

**社会実装例**

**熟練工や伝統的な匠の職人技を、AIによって他者に短時間で学習させることによるものづくりの継承**

継承が困難なスキルを、AIを介して短時間で学習することで次代に残す。

**社会像に向けた取り組み**

**熟達者の脳の活動パターンやスキルに関わる神経活動を効率的に学習できるAIの開発**

熟達者の脳の活動パターンを、AIで効率的に学習。学ぶ初心者の神経活動を熟達者のそれを再現するよう同調させることで、より短時間での習熟につなげる。

**取り組むべきAI技術開発**

**メタ認知機能による少数サンプルでの学習**

人間の脳では大脳基底核が強化学習を、背外側前頭前野がメタ認知を司っており、そのメタ認知によって複雑な問題を単純化して効率的な学習を行っている。この構造に習い、メタ認知機能を備えて少数サンプルでの効率的な学習が可能なAIアーキテクチャを開発する。

**脳の活動を模したAI技術の開発**

背外側前頭前野（メタ認知）

大脳基底核（強化学習）

脳は背外側前頭前野（メタ認知）と大脳基底核（強化学習）のやり取りで効率的に学習しており、これを模したAIで少数サンプルでの学習を可能にする

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

図9：脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発

委員会において繰り返し議論が行われた点として、GAFA (Google、Amazon、Facebook、Apple)などの巨大プラットフォーム企業、中国におけるAI研究の飛躍を踏まえ、日本がその強みを活かせるAI開発分野がどこにあるのかという話題がある。

その上で、日本がこれから他国に対して競争力を発揮できる注力分野を提示するにあたっては、人間の脳の活動を参考とした新しいAIの開発が提起された。そして、人間の脳を模した「メタ認知（自分自身の能力や認知過程を、客観的に見る能力）」をAIへつなげることで、多次元の複雑な問題を大幅に圧縮し、大量のデータによる学習を前提とする現在のAI技術とは異なる、少数のサンプルでも効率的に学習できるAIの研究について、注力すべき価値があることが議論された。

委員会においてはその技術研究分野において、人間がある動作やスキルを習得する工程を脳活動パターンの動きや変化から解明し、人間が複雑な問題を短時間に・少数の試行回数で学習できる機能や理論をアルゴリズムに変換しAIへ応用させることで熟達スキルの継承や獲得につなげるというアプローチが、産業面においても大きな貢献を成し得る可能性が考えられることが提起された。

現状では、脳が情報次元を圧縮する活動についての研究がされているが、今後は脳が意識をブライア（事前知識）として学習する機能そのものを解明した上でアルゴリズムを開発するなど、意味理解のAIにもつながる技術の開発が期待される。



図 10：転移学習技術の確立

脱炭素社会や持続可能な社会の実現という観点において、委員会における議論や有識者へのヒアリングを進める中、高効率な発電を実現するための材料開発におけるAI技術の確立が、それらに貢献できる可能性を持つという提案がなされた。

環境に優しい発電材料の開発など、これらの材料開発は持続可能性に直結する。なかでも、金属などの重い原子では、有機化学やバイオとは異なる手法での材料探索技術が求められており、さらには多くの実験データを得ることが困難な領域であるため、少数のサンプル、スモールデータでの効率的な学習が望まれる。

このため、他の類似する物質に関する学習により得られた知識を活用することで、ターゲットとなる物質について、少数のデータであっても高精度な学習を可能とする「転移学習」の手法の確立について、議論がなされた。

転移学習については、文化的な多様性を持つAIという観点でも議論がなされた。例えば地域ごとの食文化や風習を、限られたサンプルからのみに学習することを考えると、同様に転移学習が有効な手法となる。文化については、全体最適ではなくそれぞれの多様性の尊重が求められるため、個別に最適化していくにあたってのスモールデータの転移学習は、今後重要となることが提起された。

ものづくり (生産)

**製造プロセス全体を最適化するAI**

NEDO

期待される社会像

**AIを活用したプロセス最適化による産業競争力の向上**

材料・設計探索から製造プロセス全体をデータ駆動型として最適化。製品開発の効率化と産業競争力向上を図る。

社会像に向けた取り組み

**無機化学の領域で活用できる共通基盤としてのAI技術開発**

有機化学や創薬ではAIはすでにかなり活用されているが、無機化学などでも同様に材料探索に活用できるAIを開発。材料探索の際、最終製品を踏まえた評価が必要となるため、材料探索だけでなくプロセス全体をAIによって最適化する。

取り組むべきAI技術開発

**材料探索に加えて製造プロセス全体を最適化するAI**

材料探索へのAI活用に加えて、需要の変化が生産、ひいては設計や材料探索に反映されるまでのリードタイムを最小化するとともに、プロセス全体をコスト・品質・環境負荷・レジリエンス（復元力）など、多目的に最適化するAI共通基盤を開発する。

材料探索とプロセス全体をAIで最適化

データベース 材料 製品 消費者

材料データベースを学習したシミュレーションによる材料探索に加えて製造プロセス全体をAIで最適化することで、競争力の向上を図る

77

図 11 : 製造プロセス全体を最適化する AI

「ものづくり」という表現の定義が非常に広いという前提は持ちながらも、「未だにデジタル化やAI導入が遅れているのが日本のものづくりが持っている課題」であるという共通の意識の基で様々な議論がなされた。そのなかで、有機化学・無機化学、創薬、バイオなどそれぞれの分野において研究や開発のプロセス最適化を進めるためのAI技術開発は盛んに実施されるべきであり、日本の産業競争力向上に重要であるという提案があった。

とりわけ無機化学におけるAI導入について、材料探索・開発の高効率化と、そこから製品の複雑で多岐に渡る開発・製造プロセス全体を自律的に最適化できるようなAI開発が、産業力向上へ大きな貢献をもたらすという提起がなされた。

さらには、無機化学に限定せず、プロセス全体のAIによる自律的な最適化は、第一次産業も含めたものづくり全般に有効な技術となる可能性が議論された。現状では材料探索面がAI活用の主眼だが、今後プロセス全体の最適化を目指すにあたっては、人間（ここでは消費者）の主観的な認知や物事への感じ方などをモデル化しておく必要が考えられるといった、付随する技術開発についても議論が交わされた。

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 機械化・AI化されていない生産現場へのAI導入による生産性向上

高速・高信頼なロボットによる大規模で効率的なライン生産の維持・発展と並行して、人手によるセル生産が主体の多品種少量生産においても、AI・ロボットの導入によって生産性を向上させる。

## 社会像に向けた取り組み

## AI・ロボットによるデータ駆動型の生産工程の確立

画像データを蓄積していくことで作業工程のミスを減らし、歩留まりの向上を図る、またデータに基づいて故障する部品を予測するといった、データ駆動型の生産工程手法の確立。

## 取り組むべきAI技術開発

## 複数のモダリティを統合した環境認識による多品種少量生産工程のチェック

組み立て手順の確認や検品に際して、画像だけでなく音波などの多様なモダリティを統合して認識し、生産工程を適切にチェックできるAI技術を開発する。

## セル生産においてもAIで生産性向上

## 補助ロボット

## 画像認識 AI



多品種少量生産に適した工程チェックや検品用の画像認識ほかの環境認識技術、多様な生産物に対応可能なロボットを制御するAI技術の開発で、セル生産も省力化できる

図 12：多品種少量生産の効率化に向けた AI 技術の開発

委員の間において「データ駆動型のものづくりの力を推進し、日本の製造業における産業力を向上させる」という目標が共有された上で、具体的な取り組みとしてAI技術やそのために必要な学習データ取得の導入に取り組むべき分野として、多品種少量生産のものづくり工程が議論された。

現状、製造現場における実情として「100%の精度を担保できないAI技術は活用しづらい」という声が、有識者のヒアリングなどから挙げられていた。このため、AI導入が重要であると認識されながらも、実際には導入を進めづらいという状況がある。

こうした状況下でデータ駆動型の製造・生産、AI導入に取り組んでいくには、従事者の手が行き届きやすい生産方式から着手していくことが有効だとして、まずは多品種少量生産に向けたセル生産方式において、例えば人間の目による異常検知などとAIによるそれを併用しながら学習データの蓄積を進め、精度向上を進めることでデータ駆動型の生産方式の推進を図ることが有効だと提起された。

これに際して、多品種少量生産の現場で使いやすいAI技術として、組み込む前の部品の検査や正しい手順で製造されているかの確認などに活用できる画像・動画認識が有望という議論がなされた。さらに、例えば検品に際しては音波を使う、あるいは温度や振動の負荷をかけるテストなど、画像に限らない多様なモダリティを統合できると、より有効なAIの活用が可能となることから、マルチモーダルなAIの開発が議論された。

ものづくり（生産）

分子設計のためのAI

NEDO

期待される社会像

新たな感染症に対応できるバイオ医薬品の迅速な開発プラットフォーム

生体分子設計などの分野において、開発プラットフォームの整備によって新規の感染症に対するワクチンやバイオ医薬品開発の迅速化。

社会像に向けた取り組み

多ノイズでデータが少ないなど、機械学習や高精度なシミュレーションが難しい分野での開発基盤整備

ノイズが多い場合の機械学習手法や、量子計算シミュレーションが活用できない場合のシミュレーション技術の開発。

取り組むべきAI技術開発

分子などの設計のためのAI

生体分子を扱う領域の設計に際しては、現状は分子構造を「Transformer」などの大規模言語モデルを活用して、文字列として扱っている。分子構造自体を扱えるなど、データ駆動型の研究開発の基盤となるAI技術を開発する。

社会実装例

ウイルス遺伝子を学習してワクチン開発

ウイルスの遺伝子データベース

ワクチン

ウイルスの遺伝子を学習してワクチンを作成、治験結果からさらに品質の高いワクチンをといた開発基盤の平時からの整備

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

13

図 13：分子設計のための AI

パンデミックという今、人類が共通して抱えている社会課題について、AI技術がどのように応えていくかという点については、委員会の初期の段階から議論として取り上げられた。今後我々が未知の感染症とどのように対峙していくか、日本がいち早く治療薬（抗体医薬）を開発できるかどうかという議論の中で、バイオ医薬品の開発に求められるAI技術の研究について提案がなされた。

創薬分野におけるAI活用は進んでいるが、バイオ医薬品開発における実用的なAI導入はまだ大きくは進んでおらず、AIを用いた開発手法の確立や開発体制の実現が、新興感染症に遅れを取らない日本という次なる目標を達成するには重要であることが議論された。

具体的にはバイオ分野のデータ特有の問題として挙げられる、ノイズの多さやデータ数の少なさに起因し、高精度なシミュレーションが実施できないという点へ、機械学習の技術を組み合わせることで対策していくための手法確立が研究対象として挙げられた。現状、生体分子を文字列として扱い、高精度な機械学習モデルとして知られる「Transformer」をベースにしたAI導入が研究レベルで盛んに行われているが、その上でバイオ分野の開発に特化したAI技術の開発やプラットフォーム化などの議論がなされた。

さらには、バイオに限定せず、インフォマティクス化したものづくりに汎用的な貢献ができるAIの開発も重要であるとされた。

生活・都市／モビリティ

# 無人搬送車(AGV)などのための環境認識技術の精度向上

NEDO

期待される社会像

## 宅配、拠点内の物流の自動化

物流拠点から配送先への荷物の配送、あるいは商業施設や病院といった建物内の物資の輸送を自動化。

社会実装例

社会像に向けた取り組み

## 自律駆動する配送ロボットなど、AGVの実用化

歩道やビルの廊下、エレベータなど、複雑な環境に対応できるAGV (Automatic Guided Vehicle) の開発。

取り組むべきAI技術開発

## 多様な環境認識技術の開発と精度の向上

画像だけでなく、音や路面状況(車輪の振動)など、多様なモダリティを統合した環境認識技術の開発。それと同時に、例えば静止画の集合ではなく動画を動画として認識する手法の確立など、個々のモダリティも、より効率的・高精度に解析できる技術を開発する。

多様な認識技術の開発と個々の精度向上

静止画の集合として認識

動画として認識

認識技術の精度向上に伴って、例えば動画認識の場合、静止画のかたまりとしてではなく、動画そのものとして認識するなど、新たな手法を開発する

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

図 14：無人搬送車(AGV)などのための環境認識技術の精度向上

“Society 5.0”において、フィジカル空間における交通や物流の担い手として期待されている自律駆動する配送ロボットや無人搬送車 (AGV : Automatic Guided Vehicle) は、実用化へ向けて様々な研究が進んでいる。実用化に向けては環境側の整備についても多くの問題を持っているが、移動主体側における動画センサを活用した空間や対象物の認識、およびそれを踏まえた行動制御についても課題が挙げられた。

何がどう行き交うか予測が難しい屋外環境に比べ、環境が整備しやすい屋内での配送ロボットやAGVの実用化を想定するとしても、動画像の画像認識技術の一層の精度向上、また未知の対象物をどのように認知し、行動制御につなげるかといった実用化へ向けたAI技術開発が必要であることが議論された。

具体的には、動画データという非常に量の大きなデータの取り扱いについて、限られたエッジ側の性能内でそれらをより効率的に扱い解析できる技術、あるいは精度の向上という観点では、動画を静止画の集合ではなく動画そのものとして(背景と、動く対象とを個別に)認識する技術の開発などが提案された。

さらには、現状の実証実験においては、突然あらわれた対象物(屋外であれば自転車や動物など)への対処には課題が多い。このため、動画以外のモダリティ、例えば音や路面状況(車輪の振動)など、多様なモダリティを統合した環境認識技術を開発することで、より安全に活動できるAGVの開発につながるのではないかという議論がなされた。

## 期待される社会像

**従来とは異なる個人により最適化されたカリキュラムでの効率的な学習**  
 個々人に、より最適なカリキュラムや学習方法を提示することで、これまで以上に最短での学習を可能にする。

## 社会実装例

## 社会像に向けた取り組み

**人が生み出せなかった学習プロセスを解明・提案できるAIの開発**

人の学習状況を把握するだけでなく、学習する工程をAIによって解明。これによって人間には気づけなかった効率的な学習法を探索する。それに加えて、正解と試行とのずれを判定し、フィードバックできるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

**人の学習工程のモデル化、AIによる学習支援**

個人が学習する（あるいは失敗する）工程そのものをAIで把握してモデル化。学習の過程を解明するとともに、そのモデルでより効率的に学習できるであろう工程を探索して、提示できる技術を開発する。

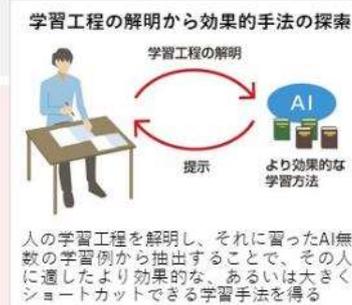


図 15：人の学習工程の解明と AI による学習支援

「AIと共生し、一人ひとりがより良く生きる社会」というテーマにおいて、主に教育や人間の学習といった分野では、新しいスキルの習得に貢献できるAIという議論がなされた。そのなかで「人間はどのような過程でスキルを習得するのか」という工程そのものをAIが追体験するように学習し、学習工程自体のモデル化が必要であろうと提案があった。

現状、「正解が明確である問題」に対してAIが解答を示すことはできているが、「AIが人間のスキル獲得を支援する」や「AIと人間が共に学習する」といった将来像を実現するために、今後は“正解か不正解か”を超えて問題解決を考えられる機能を持つAIについての研究は必要であろうという見通しが、委員からは語られた。

まずは人間が行っている低次な行動スキルの習得過程自体をAIが学習できるようにモデル化する研究をして、そこからより高次なスキル習得についても扱い、特定のスキルに対して「習得した人間の学習過程」を、これから新たに学習する別の人間に最適化したかたちでの提示を目指す。さらには、人間には気づけなかった、生み出せなかったより効率的な学習プロセスをAIが探索し、発見することへの期待が議論された。その結果、AIと人が相互に教え合い、学習を深めていくような未来像が語られた。

これらの分野については、個々人の学習の進捗状況を把握して、次に学習すべき項目を提示するようなAIはすでに研究されているが、学習工程自体を変えるようなAI技術開発は今後の大きな技術課題となる。

## 期待される社会像

## 社会実装例

### “小さな主治医”としてAIが人間を常時診断し、異変時には人間の医師が“大きな主治医”として診断する医療

対象者個人に最適化された学習モデルを持つAIが医師との介在役となり、健康の維持に貢献する。

## 社会像に向けた取り組み

### 病歴その他の背景情報を学習して、医師に選択肢を提示できるAIの開発

医師と合議するための、医療向け語彙を含む高度な自然言語処理技術の開発を背景に、医師に選択肢を提示でき、患者の診断や治療順位を医師に助言、あるいは判定できるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### 多様なセンサ情報などから患者を診断し、医師に選択肢を提示できるAI技術

脈拍や体温、血糖値などといった各種のセンサ情報と、病歴などのカルテ情報、症例といった多様なモダリティを統合して学習・分析して診断し、症状を判定する技術を開発する。

## 多数のモダリティから症例を判定

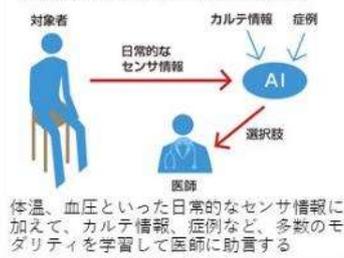


図 16：多様な情報から医師に選択肢を提示できる AI

人命に関わるような判断について「人間はAIが下したそれを受容できるのか」という問い掛けに対し、委員会では「最終的な判断は人間が下す」という前提に立って、医療への貢献や健康寿命延伸に必要なAI技術について議論がなされた。

そのなかで「人間の医師と合議でき、治療の選択肢を提示できる」、「人間に負担の少ない方法でセンサ情報を常時取得し、小さな主治医として振る舞う」といったAI技術の必要性が提案された。社会・経済活動の根幹にある健康の維持やウェルビーイング、QOL（Quality of Life）の向上において、人間と役割を分担して活動できるAIが期待される。

開発が必要となる技術としては、医療分野で利用される専門用語などの語彙を含めた文脈を理解し、医師と合議できる高度な自然言語理解の開発が、まず求められる（医師への提案は言語でなくてもよいが、とくに緊急時は医師の言語による指示の理解は必須）。

さらには、人間の状態や行動を把握するための、脈拍や体温、血圧、血糖値、さらには顔色や言葉への反応といったさまざまなモダリティのセンサ情報を統合し、カルテ情報や症例とまとめて、状態を診断・判定できるAI技術の開発が議論された。

現状は特に学習データとなる医療情報について、その取扱いにおける倫理的な課題や、データ蓄積の分散（医療機関、企業、地方自治体などごと）により、AI学習のための基盤整備等も求められる。

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 個人に最適化された医療やリハビリテーション

投薬やリハビリの最適な計画を策定し、より短期での回復や社会復帰を実現。

## 社会像に向けた取り組み

## 個々人に応じた投薬による治療計画や、リハビリテーション計画に向けた学習を可能にするヒューマンデジタルツイン

治療・投薬や、個人差が大きいリハビリテーションに際して、一人一人の特徴や症状を「ヒューマンデジタルツイン」として組み込んで作り、それを基に学習を行なう。さらには、得られた知見をハプティクスなどでの確にフィードバックする技術の開発も踏まえ、人間の側もAIとの共進化に向けた行動様式を模索する。

## 取り組むべきAI技術開発

## 人体の個人別モデル化（ヒューマンデジタルツイン）

多様なセンサ情報、カルテなどの医療情報から、人間には知覚不能なモダリティのデータも扱って、症状や回復に向けた方策を学習・シミュレーションするための、高精度なデジタルツインの作成技術を開発する。

## ヒューマンデジタルツインでの試行

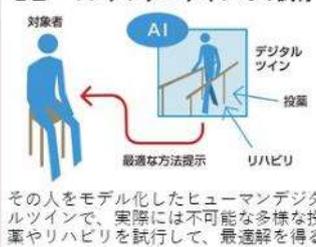


図 17：人体の個人別モデル化(ヒューマンデジタルツイン)

病気や怪我などからの社会復帰の最短化は、QOLの向上にとっては重要であり、そのためには個人に最適化した治療やリハビリテーション計画を作成することが必要となる。これには、人体に関するデータや、生活、行動、習慣などを把握できる各種データを用いた個人のデジタルツイン（ヒューマンデジタルツイン）を作成しておくことが、一人ひとりに合った治療やリハビリの進め方を検討する上での大きな手助けとなる。

デジタルツインについては、都市設計や教育（スキル習得）などの分野でも議論の対象となる話題だった。人間のウェルビーイングという目的においては「投薬による治療のシミュレーション」といった例や、リハビリテーションの計画作成および完治までのロードマップを作成することによって、高いモチベーションを保ちながらリハビリへ取り組めるようになることなどが議論された。

またデジタルツインによって、学習工程のモデル化と同様、治療やリハビリにおいて人間の力では発見できなかった「ショートカット方法」が見つけれられるかもしれないということも議論がなされた。リハビリを通じて身体機能を回復させる、ある訓練を継続することで特定のスキルを習得するといった目的に対して、デジタルツインで試行を繰り返すことができれば、個人に最適化した最短ルートを提示できる可能性がある。さらには、人間機能の拡張につながる、まったく新しい方法論がAIによって提案される可能性も議論となった。

## 今後より議論を深めていくべき課題



### ヒューマン・AIインタラクション

- 人間の五感以外のモダリティによる人間環境の測定とフィードバック
- 人間の運転手と自動運転車など、人とAIとの言語・非言語によるコミュニケーション手法の確立

### データセット、データベース

- 不整合、不完全なデータを扱えるエビデンスベースのデータベース技術
- 都市を構成する人・組織・物流その他のデジタルツイン化に必要な物理データ
- 収集自体が困難なデータの生成（シミュレーション技術活用も含む）に関する研究

### 連合学習関連

- 個人情報など、公開が困難で複数箇所にまたがるデータを学習し、知能側で統合する（連合・分断学習）技術確立
- データフォーマットの統一、相互運用性の確保

### 自動運転関連

- マシンリーダブルな標識など環境側の対応
- スマート標識への劣化状況などをAIの目でメンテナンスできる仕組みづくり

### 人の知性の限界や価値共有

- 人間の知性の限界・認知バイアスを明らかにする研究
- 人間も含めたAI間の認識や価値共有に関する研究

### 安全・安心

- GAN的発想でAIセキュリティを考える技術・構想の発展
- AI技術を用いるシステムの認証機関

### 実験環境の整備

- 誰でもアクセス・実験できる中央実験設備など高スループットな実験がしやすい設備の検討

図 18：今後より議論を深めていくべき課題

AI技術の社会実装について議論が重ねられた中で、今後より議論を深めて行くべき課題として、ここまで列挙したAI技術開発以外にも、多様な分野の取り組みについて、活発な議論が行われた。

ヒューマン・AIインタラクション、または人とAIの間のコミュニケーションという観点では、まず人間の五感以外のモダリティによる人間環境の測定。これによって、人間に意識させずにAIは環境を把握でき、また人間には知覚できないものを知ることでもある。また、自動運転車の実現した際の、人間の運転手とのコミュニケーション手法、これは言語や単にハザードランプをつけるというものではなく、あ・うんの呼吸での車線変更など、互いの挙動を理解しあって安全な交通を成立させる必要がある。そういった人とAIのコミュニケーションには、議論・研究がさらに必要だとされた。

すべてのAI技術開発において、共通の課題として挙げられる学習データの不足について、それを自動で生成するような取り組みの必要性も委員会において議論がされた。必要な動画像や環境データなどを自動で取得しラベリングしてくれるロボットの開発や、災害避難時のシミュレーション、大規模な交通事故の影響予測、または宇宙開発など、必要となる学習データが「そもそも取得が極めて困難」である内容について、しかしそれが社会的に重要な研究分野である場合に、どのようにデータを生成するかを扱う研究の必要性なども提起された。

AIが多方面に実装された社会を想起すると、単一のAIが個別に学習をするだけでなく、AI同士がそれぞれの学習モデルを持ち合い、連合した学習により価値が提供されることは委員会にお

いて複数回議論がなされた。この「連合学習」や「分断学習」の技術活用が考えられる適用分野としては、医療データやカルテ情報など、個人情報を含むことで学習のために共有することが困難なデータを、学習モデルレベルで医療機関や自治体を超えて連携し連合学習することで、症状や治療のためのAI学習をデータの秘匿を確保しながら推進できる可能性などが提起された。

自動運転については、状況に応じて人間の判断を仰ぐ半自動運転システムのためのAIや、自動運転車に必要な環境情報をスマート標識などで整備することの重要性、またそれら環境側のメンテナンスを行なうAI技術開発なども議論された。

そして、将来的に人間とロボットが協働できる関係性を構築するために、現状は人間と価値を共有し合うようなタスクをAIが遂行できるわけではないが、処理できるタスクが高度化・複雑化していけば「人間は何を求めるのか」の価値理解がAIに求められる見通しについては、委員の間でも共通の認識とされた。AIと人間、あるいはAI間の価値観の共有も、さまざまな粒度で必要とされた。

また、AIの社会実装を考える上では、その基となるデータの取得や、組織・団体をまたいだデータの連携が不可欠であり、またそのデータから学習したAIをいかに安心・安全に活用していくかにおいては、セキュリティ面への対応も必須である。AIが人間の知性の弱さにつけ込むようなことが生じないよう、人間側の限界を明らかにする研究も必要であることが提起された。

AI技術開発そのものの議論に付随して提案されたのは、各種シミュレーションを実施するための「元データ」を生むための実験活動を高スループット（ハイスループット）に実施できるような実験環境の整備について。高精度なデータモデルを作成するうえでも、その大元となる実験データを短い時間で効率よく収集する必要がある、汎用的に対応できる環境で高効率に実験できることが、様々な化学研究の下支えとして大きな意味を持つことが、委員からは国家の取り組みとしても重要であると重ねて指摘があった。

# 用語集

## インフォマティクス(P48)

情報学のことだが、AIに関連して言及される場合は「マテリアルズ・インフォマティクス」や「バイオ・インフォマティクス」など、新たな材料などの探索を、膨大なデータを基にした機械学習、それを踏まえた実験と結果のフィードバックといった形で、より高効率で行なうことを指す。

## 演繹（えんえき）と帰納（きのう）(P43)

演繹とは、普遍的な原則から個別の事象を推論する手法。帰納はその逆で、さまざまな事象から結論を導き出す手法。

## GAN(P199)

GAN (Generative Adversarial Networks) とは、敵対的生成ネットワークとも呼ばれるが、生成と識別の2つのネットワークで構成され、生成側が出力した内容を識別側が判定。識別側は実際のデータと比較して判定するので、生成側は識別側が判定できないくらい実際のデータに近いものを出力しようと学習していく。

## 機械学習(P48)

コンピュータプログラムが訓練データもしくは学習データから学習して、実施するタスクの性能が改善されるものを、機械学習と呼ぶ。例題をもとに学ぶ「教師あり学習」と、例題のない「教師なし学習」、そして強化学習の大きく3つに分類される。

## 強化学習(P42)

機械学習の課題設定の一種で、環境中で報酬（罰も含む）を得ながら試行錯誤を繰り返すことを通じて、未来にわたる報酬の期待値を最大化するような行動戦略を学習する課題。例えば、掃除などの作業が素早く終わるように、試行錯誤しながら適切な動き方を学ぶこと。

## 高スループット（ハイスループット）(P54)

ロボットを用いて自動的に実験を行なうなど、人の手による職人技ではなく、AIやロボットを活用して多数の材料の探索を効率よく行なうことを、ハイスループットスクリーニングという。

## System1、System2(P41)

→2階建て脳を参照。

### シミュレーション(P43)

対象となる何かの動きを真似て試行すること。実際の何かの動きにどれくらい似せられるかによってその精度は異なるが、数学的なモデルに置き換えて試行することで、よりリアルな結果を出すことができたり、あるいは実現不可能なシチュエーション（大規模災害を発生させてみるなど）でも試行してみるができる。シミュレーションには、例えば避難する人など、1つ1つのエージェントが自律的に動作し、それら全体での最適な避難経路を試行するマルチエージェント、あるいは対象物をメッシュ（網の目）状の単純な領域に分割して、それぞれの領域ごとに計算する有限要素法など、さまざまな手法がある。

### スモールデータでの学習(P45)

少ない量のデータ（スモールデータ）から複雑な課題を学習すること。課題についての事前知識や、類似した課題の学習結果を利用する。

### 世界モデル(P172)

周辺の環境（すなわち世界）のモデルを、限られた学習データからの学習によって構築すること。世界モデルを獲得すると、例えば観測できない／していない視点からの画像を予測できるなど、フレーム問題の解決につながると期待されている。

### セル生産方式(P47)

限られた工程を行なう多くの人やロボットをベルトコンベヤに並べ、流れ作業で大規模かつ大量に生産するライン生産方式とは異なり、1人か少数のチームで、ほぼすべての生産工程を担当する生産方式。多様な製品の生産への対応が可能。

### DX（デジタルトランスフォーメーション）(P38)

企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。

### DNN（Deep Neural Network）(P256)

ディープ（深層）ニューラルネットワークとも呼ばれるが、4層以上の多くの層で構成されるニューラルネットワーク（神経系を模したネットワーク構造で情報を処理するモデル）。ディープラーニングの基礎となる技術。

### ディープラーニング（深層学習）(P41)

層の数が多（深い）ニューラルネットワークを用いた機械学習手法。層の間のニューロンの結合の強さなどのパラメータの値を学習用のデータを使って調整し、望ましい振る舞い（入出力関係や情報の確率分布）を獲得させる。隠れ層に階層的な特徴表現を獲得することによって、一般物体認識などの課題で従来手法を大きく上回る性能を達成したため、研究や応用が進められて

いる。

### **デジタルツイン(P52)**

デジタルの双子（ツイン）のように、コンピュータの内部やサイバー空間の中に、実際の人やモノなどを再現する取り組み。データだけでなく、その振る舞いも実際と同様にシミュレートすることで、仮想的にいろいろな検証や実験などを試すことができる。

### **データ駆動型(P47)**

データドリブンとも呼ばれるが、経験や勘、人間の感性ではなく、データとアルゴリズムに従って物事を進める考え方。

### **データセット(P81)**

AIが学習するための、サンプルの集合。データセットの内容や規模がAIの学習精度を大きく左右する。

### **2階建て脳(P41)**

人間の脳を、直感のように素早く動物的な思考をする1階部分と、理性的にじっくり考える言語的な思考をする2階部分の、2階建てとして捉える考え方。各階をSystem1、System2と呼んだり、動物OSと言語アプリに分類したりと分類の仕方にもいくつかの種類があって、それぞれ定義も異なるが、AIの高度化に向けて概ね2つの階層で考えることでは一致している。

### **ハプティクス(P267)**

触覚提示技術のことで、ゲーム機のコントローラが、レースゲームで障害物にぶつくと振動するように、振動や力を加えることによる触覚で、利用者に情報を伝える技術。

### **フィードバック(P42)**

機械の制御などにおいて、出力された結果を入力側に戻すこと。これによって、例えば入力としてモータを駆動した結果、出力として歯車が何回転したかによって、モータをあとどのくらい駆動すればいいのかが制御できる。

### **マシンリーダブル(P268)**

この場合のマシンはコンピュータを意味しており、コンピュータが読み取れる、理解できるような形でデータやコンテンツを記述すること。

### **マルチモーダル(P47)**

画像（視覚）、音声（聴覚）、テキスト（言語）などの異なる種類（モダリティ）の情報を含んでいること。例えば、映画はマルチモーダルな情報である。

## メタ認知(P41)

自分の認知やその過程を客観視する能力。対象物がどういうものかを判断した際、それがどれくらい確からしいかを客観的に評価することで、AIのより効率的な学習へつながることが期待されている。

## レジリエンス(P224)

復元力や弾性を表す言葉で、個人では挫折や失望からの回復といった意味でも使われるが、ここでは災害に対する都市や企業の強靭さ・ねばり強さ、人的・経済的被害を最小限に抑える仕組みなどを指す。

### (2)-4-2 委員会の概要

アクションプラン策定のために、全6回の委員会を開催した。各委員会の開催日時・議題については、以下表のとおりである。

表6：各委員会の開催日時・議題

回数	開催日	議題
第1回	2021年2月9日(火)	2016年版の「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」を振り返りながら自由討議
第2回	2021年2月26日(金)	アクションプラン各領域に関する議論
第3回	2021年3月30日(火)	各委員から第2回および稲見委員のヒアリングを踏まえた意見交流
第4回	2021年4月27日(火)	アクションプラン素案の細部について議論
第5回	2021年5月18日(火)	アクションプラン素案検討
第6回	2021年6月1日(火)	アクションプラン承認に向けての議論

※感染予防対策のため会合はすべてオンライン開催

各委員会の議事次第は以下のとおりである。詳細は「【添付資料3～8】AIアクションプラン策定委員会議事録」参照。

#### 【第1回議事次第】

- ・ 冒頭挨拶
- ・ 本委員会趣旨説明
- ・ 実施についてご説明
  - 今後の日程について
  - 提供資料の予定
    - ◇ 国内の制度政策状況→第2回
    - ◇ 海外の事例→第3回

- ほかに外部有識者の意見聴取について
- ・ 各委員からの所信
- ・ ご挨拶
- ・ 本委員会内容の情報発信についての説明
- ・ 2016年版の「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」を基に自由討議

#### 【第1回議事内容サマリー】

第1回委員会では、各委員の紹介や委員会の進め方の説明および、2016年版の「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」に基づいた自由討議を行った。主に2016年版のビジョンに設定されていたAI社会実装の出口分野である「ものづくり/モビリティ/医療・健康・介護/流通・小売り・物流」にその他分野から何を追加するべきかについての議論を実施した。

#### 【第2回議事次第】

- ・ 冒頭挨拶
- ・ 本委員会の趣旨説明
- ・ 第2回以降の進め方について
  - 「【資料1】既存将来予測調査とAIの関わりについて」のご説明
- ・ 具体的なキーワードについて、議事進行

#### 【第2回議事内容サマリー】

国や機関が実施している調査をベースに抽出したキーワードについて、各委員会からの意見を頂き、そのキーワードで良いのか、もっと新たなキーワードがあるのではないかとといった議論を実施した。議論を行ったキーワードについては、以下の通りである。

- ① ヘルスケアによる健康期間の延長について
- ② 人間機能の拡張について
- ③ 複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保(教育)について
- ④ バーチャル空間について
- ⑤ 都市の暮らしについて
- ⑥ 暮らし方の多様化について
- ⑦ 個人の価値観の追求と社会全体としての調和について
- ⑧ 自らの意思で人生を全うする社会について
- ⑨ 全ての人活躍できる社会(仕事、生活が適切に評価される)
- ⑩ 異なる特徴を持つ人々と交流・連携
- ⑪ 災害・犯罪・混乱への備えについて
- ⑫ 社会の質・価値観の変化(コロナ前後で必要とされる技術・イノベーション)

### 【第3回議事次第】

- ・ 前回議事録の確認
- ・ 資料のご説明
  - 【資料1】 AI アクションプラン委員会 02 キーワードリスト 0325update  
→第2回で出たキーワードを追加したリストに、稲見委員コメント追記
  - 【資料2】 稲見委員ヒアリング要旨→稲見委員ヒアリング内容
  - 【資料3】 世界の AI 政策に関する調査  
→海外 10 カ国の AI に関連した政策等についての調査
  - 【資料 3.1】 世界の AI 政策に関する調査\_要旨  
→資料3のキーワード等の要点とりまとめ
- ・ 冒頭のご挨拶
- ・ 各委員から、第2回および稲見委員のヒアリングを踏まえたご意見
- ・ 具体的なキーワードについて議事進行

### 【第3回議事内容サマリー】

第2回および稲見委員のヒアリングを踏まえた意見を各委員から頂いた。ポイントとしては、2点あり、「今の技術をどのように社会実装していくか」という点と「人とAIとの関わりについて考える必要がある」という点が主な論題とされた。また前回に引き続き以下のキーワードについての議論も実施した。

- ① ヘルスケアによる健康期間の延長について
- ② 人間機能の拡張について
- ③ 教育×AIについて
- ④ 都市設計について
- ⑤ 身体拡張について
- ⑥ 自動運転について
- ⑦ ものづくりについて
- ⑧ コロナウイルスによる社会の質・価値観の変化
- ⑨ AIとサイエンス

これらの議論を経て、アクションプランに記載する項目について検討した。

### 【第4回議事次第】

- ・ 冒頭挨拶
- ・ 前回議事録の確認
- ・ 資料のご説明
  - 【資料1】 AI アクションプラン素案 0427  
→第3回まで出たキーワード等を整理
  - 【資料2】 海外の AI 政策に関する報告書(案)  
→海外 10 カ国の AI に関連した政策等についての調査報告案

➤ **【資料3】スマートシティーおよびプロセスインダストリーにおける AI 活用事例**

→第3回でお話のあった、スマートシティーや化学分野における AI 活用についての事例収集

- ・ 資料1に基づいて、実装すべき AI 要素技術や技術的な目標について、これらを具体化する議事を進行

**【第4回議事内容サマリー】**

第4回委員会では、「健康・医療」「生活・都市」「AIサイエンス」「安心・安全」「モビリティ」「ものづくり」「共通課題」という7つの分野についての議論を実施した。それぞれについては、以下のとおりである。

◆ 「健康・医療」

「人間機能の拡張」について、健康医療という意味ではそれは手段でしかなく、できないことを減らすのではなくできる部分を増やすというのが社会ビジョンになるだろう。

◆ 「生活・都市」

都市から人(社会)へ、生活から人へのフィードバック処方的高度化も加えると良いかもしれない。

◆ 「AIサイエンス」

人間機能の拡張が重要であると考え。五感と3次元空間という人間の認知様式によらない発見もなされている。

◆ 「安心・安全」

防災については、常に災害を忘れさせないような頻度で訓練をする、リアリティのある訓練をするなど、人間の行動原理モデル化に基づいて盲点を指摘するような取り組みを行うと良いのではないかと。

◆ 「モビリティ」

人の移動のみならず、物流や情報の観点も含めたモビリティという視点での議論を行う必要があるだろう。

◆ 「ものづくり」

材料探索についてだが、今コンピューテーショナルデザインの研究が建築などで進んでいる。そのような観点や、今まで発見されていないトレードオフをうまく利用した設計図などが考えられる。また、社会トレンドの発見が可能なのであれば、待ち時間ゼロのオーダーなど、投機的なものづくりができるようになる可能性がある。

◆ 「共通課題」

人とAIの界面で言うと、ヒューマンインタラクション、エッジAIだけでなく、「阿吽の呼吸」のようなものが重要となる。内閣官房のトラステッドウェブの推進協議間の議論が非常に興味深いと考えている。

### 【第5回議事次第】

- ・ 前回議事録の確認
- ・ 資料のご説明
  - 【資料1】 AI アクションプラン素案 0518  
→第4回まで出たキーワード等を整理し、横ぐしの共通課題についても整理
  - 【資料2】 国内企業 AI 実装動向についての調査、速報のご報告  
→主要企業(有機証券報告書を EDINET で開示している企業 4,000 社)への AI 実装動向の調査、集計速報のご報告
  - 【資料3】 海外の AI 政策に関する報告サマリー  
→海外 10 カ国の AI に関連した政策等についての調査報告から各国の重点課題
  - 【資料4】 外部有識者報告サマリー  
→現時点までヒアリングした外部有識者 7 名へのヒアリング用紙
  - 【資料5】 NEDO\_Proposal\_0514  
→ATR 川人所長からの AI アクションプランに向けたご提案
- ・ 第6回委員会、アクションプラン発表、シンポジウムについての内容とスケジュールのご説明
- ・ 優先順位の高い項目から、具体的に実装すべき AI 要素技術やその実装時期を設定する議事を進行

### 【第5回議事内容サマリー】

アクションプラン作成にあたって、事務局の作成した素案をもとにドメイン是正を実施し、深堀を行った。「目標」「具体的な取り組み内容」「開発される AI 技術」「具体的な AI 技術」「現在の開発状況」「今後の目標」「優先度」までの深堀を行った。

### 【第6回議事次第】

- ・ 前回議事録の確認
- ・ 資料のご説明
  - 【資料1】 AI アクションプラン(案)概要版
  - 【資料2】 AI アクションプラン(案)本文
  - 【資料3】 AI アクションプラン ニュースリリース
- ・ AI アクションプラン(案)について、承認に向けた議論
- ・ シンポジウムについてご説明、ご議論

### 【第6回議事内容サマリー】

前回の委員会を踏まえて修正したアクションプラン全体の共有を実施するとともに、「文言」「まとめ方」等について各委員から意見を頂いた。また、アクションプランの発表の場としての「シンポジウム」についての概要説明を実施した。

各委員からの意見をもとに再度修正を行い、最終版のアクションプランを作成する。

(2)-5 アクションプランの発表・メディア露出

(2)-5-1 シンポジウム

【シンポジウム開催概要】



図 19 : シンポジウム開催概要

表 7 : シンポジウム開催概要

開催日時	6月15日(火)9:30~12:00
参加者(敬称略)	<p>公立大学法人札幌市立大学学長：中島秀之</p> <p>国立大学法人東京大学先端科学技術研究センター教授：稲見昌彦</p> <p>株式会社 Ridge-i 取締役 Chief Research Officer</p> <p>オムロンサイニクエックス株式会社 Principal Investigator：牛久祥孝</p> <p>株式会社経営共創基盤 共同経営者 マネージングディレクター：川上登福</p> <p>国立大学法人東京大学教授：松尾豊</p> <p>花王株式会社 エグゼクティブ・フェロー</p> <p>国立大学法人東京大学 人工物工学研究センター特任教授</p> <p>株式会社 Preferred Networks PFN フェロー：丸山宏</p> <p>国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 人工知能研究センター副研究センター長</p> <p>(兼務)人工知能研究戦略部研究企画室長：村川正宏</p>
議事次第	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 開催にあたっての挨拶</li> <li>2. 来賓挨拶</li> <li>3. アクションプランの紹介</li> </ol>

	<p>4. AI 実装動向調査結果の共有</p> <p>5. トークセッション1-AI 技術の社会実装はどれほど進んだか</p> <p>6. トークセッション2-深層学習で日本はイニシアチブを取れるか</p>
トークセッションサマリー	<p>トークセッション1-AI 技術の社会実装はどれほど進んだか</p> <p>国内調査の結果をもとに、AI 技術の社会実装がどれほど進んだのかに関し、有識者による議論、聴講者による質疑応答を行った。日本における AI 技術の社会実装を推進するために、これからの AI 技術に求められる価値の再定義、それを可能にするための技術の確立に向けた提言を行った。</p> <p>トークセッション2-深層学習で日本はイニシアチブを取れるか</p> <p>AI 技術開発で注目すべき対象国と日本との現状の比較をもとに、日本が AI 技術で世界をリードしていくためにはどのような施策が必要かについての議論を行った。社会実装に伴う事業化の仕組み、法制度など様々な観点から、単に技術面で秀でるだけでなく、事業化においてどのような問題点とその解決策があるかについての議論を行った。</p>

(2)-5-2 定期記事掲載(掲載された URL は 2021. 6. 30 時点で閲覧できたもの)

以下の内容の記事を「ASCII.jp(<https://ascii.jp/>)」に掲載した。

表 8 : 定期記事一覧

回数	記事名称	記載内容	参考 URL
第 1 回	第 2 回策定委員会レポート 「ヘルスケア/人間機能の拡張/XR…AI 技術開発が変える将来像を識者が議論」	本記事では、第一に、NEDO が主導する AI アクションプラン策定委員会発足の背景・目的やその構成メンバーについて記載されている。その後、第 2 回の AI アクションプラン策定委員会の中で、特に議論となった、4 つの項目についての紹介を行っている。4 つの項目とは、「ヘルスケア」、「人間機能の拡張」、「バーチャル空間」、「社会の質・価値観の変化」である。ヘルスケアの項目では、診断を AI に完全に任せるのかについての議論が紹介された。人間機能の拡張についての項目では、AI が人と同様に思考できるのかについての議論が紹介された。バーチャル空間の項目では、そのメリットや活用法について紹介している。社会の質・価値観の変化の項目では、「社会の価値観ニューラルネット」の構想などについて紹介されている。本記事では、このような委員会の議論	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/053/4053805/">https://ascii.jp/elem/000/004/053/4053805/</a>

		の対象となったそれぞれの項目において、議論での焦点や実現における課題などを、例示などを用いて解説している。	
第2回	第3回策定委員会レポート 「教育やスマートシティー、ものづくりなどに技術を如何に実装していくのか」	本記事では、第3回のアクションプラン策定委員会において、特に議論となった5つの項目について紹介している。5つの項目とは、「教育」、「暮らし」、「自動運転」、「ものづくり」、「AI×サイエンス」についてである。具体的には、教育項目ではVRの活用、暮らしの項目ではスマートシティー構想が、自動運転の項目ではその社会実装が、ものづくりの項目では Process Industry について、AI×サイエンスの項目では、AIが行う高度な学習の、人間への伝達法に関する議論が紹介されている。本記事は、このような各項目における議論を、基礎知識や例示を交えて紹介し、それが実際に社会実装されたらどうなるかや今後の議論の展望についても解説している。	<a href="https://ascii.jp/elem/00/004/054/4054692/">https://ascii.jp/elem/00/004/054/4054692/</a>
第3回	第4回策定委員会レポート 「AIと人間のインターフェースが抱える問題」	本記事では、第4回のAIアクションプラン策定委員会において、特に議論となった3つの項目について紹介されている。3つの項目とは、「健康・医療」、「生活・都市」、「AIサイエンス」である。健康・医療に関する議論では、AIと人間のインターフェースに関する話や倫理的問題などが取り上げられている。生活・都市の項目では、人間の知覚にないモダリティを扱う研究についての議論を紹介している。そして、AIサイエンスの項目ではその可能性についての議論を紹介している。そのそれぞれの項目において、議論の焦点と、委員会で出た意見について例示を交えて説明し、実装された際の予測なども含めて解説をしている。	<a href="https://ascii.jp/elem/00/004/056/4056040/">https://ascii.jp/elem/00/004/056/4056040/</a>
第4回	第5回AIアクションプラン策定委員会	本記事では、第4回アクションプラン策定委員会において、議論されたなかでも	<a href="https://ascii.jp/elem/00/004/058/4058664/">https://ascii.jp/elem/00/004/058/4058664/</a>

	「自然言語理解・ものづくり・シミュレーション 各領域でのAIによる問題解決の現在とは」	特に論点となった3つの話題についての紹介を行っている。具体的には「自然言語理解」・「ものづくり(AI×サイエンス)」・「シミュレーション」それぞれについて、どのようにアクションプランに落とし込んでいくかについて紹介されている。	
第5回	「AIの未来はどうなる？日本が目指すべきAI研究・開発シンポジウムレポート」	本記事では、2021年6月15日に開催された「人工知能(AI)技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン・シンポジウム」でのディスカッション内容について記載されている。本シンポジウムでは学术界・産業界の有識者によって構成された「AIアクションプラン策定委員会」によるパネルディスカッション形式での議論が行われた。第一部では「AIの社会実装はどこまで進んだか」というテーマのもと「AIはいつまでAIと呼ばれるか」などの議論が行われた。第二部では「深層強化学習で日本はイニシアチブをとれるか」というテーマのもと「日本のAI開発の障壁」や「タスクの意味と価値を理解できるAI」についての議論を行った。第一部、第二部通して、今後のAI開発に関する方向性を定める有益な機会となった。	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/059/4059968/">https://ascii.jp/elem/000/004/059/4059968/</a>

# 海外の AI 政策に関する調査

2021 年 4 月 13 日

株式会社角川アスキー総合研究所

## 海外の AI 政策に関する調査 サマリー

各国の AI 政策対応表

	マスタープラン	予算規模	重点分野	AI 研究拠点	国立研究機関	AI 倫理関連法
アメリカ	NSCAI 最終報告書 (2021 年)	2026 年までに 320 億ドル	マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、量子コンピューティング、5G、ロボット・自律システム、積層造形、エネルギー貯蔵技術	2020 年 8 月、オクラホマ大学など 5 つの大学に国立 AI 研究所を設立 <sup>1</sup>	NITRD、NSF	説明可能な人工知能の 4 つの原則、人工知能アプリケーションの規制に関するガイダンス
イギリス	AI ロードマップ (2021 年)	予算の明記なし	説明可能な AI、デジタルツインプログラム、炭素排出ゼロ、スマートマテリアル	アラン・チューリング研究所	UKRI	デジタル規制協力フォーラムの作業計画 2021/22
中国	第 14 次五年計画 (2021 年)	2020 年 5 月、中国科学技術部が 10 億元の投資を発表	新世代 AI、量子情報、集積回路、脳科学、スマート介護	2018 年 6 月、清華大学に	中国科学技術部が主導	2019 年末より顔認識に関する国家標準の策定に着手
カナダ	汎カナダ人工知能戦略 (2017 年)	1 億 2,500 万加ドル	フォトニックコンポーネント、生物学的療法、新素材開発、説明可能な AI モデル	エドモントン、モントリオール、トロントに研究拠点あり	カナダ国立研究評議会	自動化された意思決定に関する法令
ドイツ	AI 国家戦略	2025 年まで	国家的ハイ	ドイツ人工	ドイツにお	ドイツにお

	(2020年更新)	に50億ユーロ	パフォーマンス・コンピューティング環境、計算生命科学、介護のためのAIシステム、CO2削減、資源効率の高いAI	知能研究センター (DFKI)	人工知能のためのプラットフォーム	ける人工知能に関する標準化ロードマップ
フランス	Intelligence artificielle: "faire de la France un leader" (2018年)	15億ユーロ	故障に強いロボット、パーソナライズ化された学習、オープンソースの音声認識プラットフォーム、横断的検索システム	グルノーブル、ニース、パリ、そしてトゥールーズにある3IA	INRIA	「どのようにして男が手を離さないようにするか？」(仏語レポート)
イタリア	AIに関するイタリアの戦略への提言 (2019年)	2025年までに10億ユーロ	製造業、食品、エネルギー、ヘルスケア、輸送、スマートシティ、文化・観光、行政	国立研究センター、コンピテンスセンター	経済開発省が主導	市民サービスのための人工知能に関する白書
シンガポール	国家人工知能戦略 (2019年)	予算の明記なし	協調的意思決定のためのAI、説明可能で信頼できるAI、設計と発見のためのAI	AI Research	AI SINGAPORE	人工知能の倫理とガバナンスに関する知識体系
オーストラリア	人工知能ロードマップ (2019年)	予算の明記なし	ヘルスケア、インフラ、天然資源、環境	共同研究センター	CSIRO	「人工知能に関するオーストラリアの倫理フレームワーク

イスラエル	「 2018-2019 イノベーションレポート」の『人工知能の強化』(2019年)	AI 開発助成に4億1,500万新シェケル、AI 人材育成に1,600万新シェケル	バイオインフォマティクス、計算生物学、軽量経済学、量子計算	データサイエンス研究センター	イスラエル・イノベーション局	検討中
-------	---	---	-------------------------------	----------------	----------------	-----

## EU の AI 規制について

欧州委員会は 4 月 21 日、人工知能（AI）に関する政策パッケージを発表。

AI システムは利用目的に応じて以下の 3 段階のリスクに分類され、リスクごとに規制を設ける。

- ・ 容認できないリスク：サブリミナル（潜在意識に作用する）技術の利用、政府が個人の信用力を格付けする社会信用システムの運用、法執行目的を含めた顔認証などの遠隔生体認証技術の公共の場でのリアルタイム利用といった、基本的人権に反する AI システムの活用は原則禁止する。
- ・ 高リスク：雇用、教育、医療、法執行などの分野で個人の重大な利益に係る意思決定、重要なインフラ、生体認証などで用いられる安全性や基本的人権に悪影響を及ぼす AI システムは規制対象となる。こうした AI システムの提供事業者には、当該 AI システムの提供開始前に、同規則案の規定要件の適合性評価手続きをとることが義務化され、提供開始後もリスクや品質の管理を実施することが求められる。
- ・ 低・最低限のリスク：上記規制の対象外の AI システムに対しては、新たな義務は課さない。ただし、自動応答（チャットボット）プログラムのように人と関わることを前提に開発されたシステムなどを提供する場合には、AI システムが利用されていることを開示する義務を課す。

出典：JETRO 4 月 23 日 欧州委、AI 規制枠組み法案や開発促進策などの政策パッケージ発表 より

## 各国の特徴と差別化戦略

アメリカ	従来は政府からの民生部門への投資が少なかったが（特にトランプ政権時代）、NSCAI 最終報告書の提言により <b>政府主導に方向転換</b> 。 <b>軍事部門には巨費</b> を投じており、その成果は DARPA(国防高等研究計画局)の研究にうかがえる。
イギリス	グローバル・タレントビザによって、 <b>欧州出身の優秀な AI 人材を優遇</b> 。AI によって、 <b>炭素排出ゼロの実現</b> を目指す。
中国	第 14 次五カ年計画によって中央集権的に技術政策を推進。 <b>顔認識技術の公共サービスへの応用が進んでいる</b> 一方、AI 倫理の整備は検討段階。
カナダ	汎カナダ人工知能戦略が成果を上げる。公共部門への AI の実装では、 <b>アンケート形式のアルゴリズムの影響評価体制</b> を確立。
ドイツ	AI 国家戦略によって <b>女性の AI 研究開発への進出を支援</b> 。AI による環境問題の解決にも積極的。
フランス	AI によるデジタルトランスフォーメーションを中小企業に普及させる支援策「 <b>IA Booster</b> 」の実施と、AI と量子技術に関するファンド「 <b>French Tech Sovereignty</b> 」の設立
イタリア	「回復と再生のプラン」で巻き返しを図る。 <b>文化・観光分野における AI の活用</b> を推進するが、目立った成果はなし。
シンガポール	<b>国費で AI 人材を育成</b> するプログラム「AIAP」と AI 人材認定制度を展開。 <b>AI 倫理に関する手引書「5A+1D」</b> を発表。
オーストラリア	ヘルスケア、インフラ、 <b>天然資源と環境</b> を重点分野にする。重点分野における成果は、海外に輸出することを計画。
イスラエル	早くから <b>軍事部門における AI 活用を推進</b> している。イスラエル国防軍における AI 人材は、除隊後に民間企業で活躍している。

## 内容

海外の AI 政策に関する調査 サマリー	2
1. はじめに	10
2. 各国の最新動向	11
2.1. アメリカ	11
2.1.1. NSCAI 最終報告書とアメリカ雇用計画	11
2.1.2. NITRD の研究成果	13
2.1.3. NIST 発表の「説明可能な人工知能の 4 つの原則（草案）」	15
2.1.4. ホワイトハウス発表の「人工知能アプリケーションの規制に関するガイダンス」	15
2.1.5. 2020 年までのアメリカ政府の AI 投資事情	16
2.2. イギリス	17
2.2.1. AI ロードマップ	17
2.2.2. 貴族院作成の AI レポートに対するイギリス政府の対応	19
2.2.3. DRCF 発表の「デジタル規制協力フォーラムの作業計画 2021/22」	20
2.3. 中国	20
2.3.1. 第 14 次五カ年計画における AI 政策	21
2.3.2. 近年の AI 人材育成政策の動向	22
2.3.3. 新世代 AI 研究への投資	23
2.3.4. 顔認識技術の普及と倫理的課題	24
2.4. カナダ	24
2.4.1. 汎カナダ人工知能戦略とその成果	24
2.4.2. 人工知能に関する諮問委員会の活動	26
2.4.3. カナダ国立研究評議会のチャレンジプログラム	27
2.4.4. 公共サービスにおける人工知能活用に関する法令	27
2.5. ドイツ	28
2.5.1. AI 国家戦略の経過報告	28
2.5.2. ドイツにおける人工知能に関する標準化ロードマップ	31
2.5.3. ドイツにおける人工知能のためのプラットフォームの活動	31
2.6. フランス	32
2.6.1. INRIA における人工知能プロジェクト	32
2.6.2. 産学協働と企業支援	35
2.6.3. AI 倫理に関する取り組み	36
2.7. イタリア	37
2.7.1. 国家戦略における 6 つの目標	37

2.7.2.	人材育成政策	38
2.7.3.	研究支援と企業支援	38
2.7.4.	環境整備	39
2.7.5.	「回復と再生のプラン」における先端技術研究支援策	40
2.8.	シンガポール	40
2.8.1.	国家人工知能戦略	40
2.8.2.	3つの重点研究課題	42
2.8.3.	AIAP と AI 認定	42
2.8.4.	AI の倫理とガバナンスの体系化	44
2.9.	オーストラリア	45
2.9.1.	人工知能ロードマップ	45
2.9.2.	共同研究センタープロジェクトによる助成	46
2.9.3.	奨学金プログラムと AI 教材	47
2.9.4.	8つの AI 倫理原則	48
2.10.	イスラエル	48
2.10.1.	2018-2019 イノベーションレポートによる現状分析	49
2.10.2.	イスラエル・イノベーション局が提言する AI 戦略	50
2.10.3.	データサイエンス・イニシアチブの活動	50
2.10.4.	イスラエル国防軍における AI 活用	52
3.	各国の AI 政策に関する数値とグラフ	54
3.1.	アメリカ	54
3.2.	イギリス	55
3.3.	中国	56
3.4.	カナダ	57
3.5.	ドイツ	58
3.6.	フランス	59
3.7.	イタリア	60
3.8.	シンガポール	61
3.9.	オーストラリア	62
3.10.	イスラエル	63
3.11.	各国の比較	64
4.	国際協力の動向	66
4.1.	国際的パートナーシップの現状	66
4.1.1.	多国間パートナーシップ	66
4.1.2.	二国間パートナーシップ	68
4.2.	マスタープランに見る各国の国際協力方針	69

4.2.1. アメリカ.....	69
4.2.2. イギリス.....	70
4.2.3. ドイツ.....	70
4.2.4. イタリア.....	70
5. Appendix.....	72
5.1. OECD.AI における投資分野.....	72
5.2.スマートシティにおける AI 活用に関する事例.....	72
5.2.1. 「Mobility For All」をかかげた「TOYOTA WOVEN City」.....	73
5.2.2. IoT で福祉における AI 活用を試みた「スマートシティたかまつ」.....	73
5.2.3. 画像認識技術で都市をスマート化する ET City Brain.....	75
5.2.4. テクノロジーを活用した生活の改善を目指す「Connecting Bristol」.....	77
5.2.5. 自動運転教育を提供する「Smart Columbus」.....	78
5.3.化学研究における AI 活用に関する事例.....	78
5.3.1. AI によるマテリアルズ・インフォマティクスを実現する「Chemicals Informatics」.....	78
5.3.2. 細胞の代謝経路を予測する AI.....	79
5.3.3. スマート石油・化学プラントのためのガイドラインと事例集.....	80
5.3.4. 日本学術会議による化学と情報科学の融合に関する提言.....	81
5.3.5. タンパク質構造問題を解決する「AlphaFold」.....	83
5.3.6. グラフニューラルネットワークでガラスの粒子をシミュレート.....	84
5.3.7. 化学研究を加速する AI プラットフォームを提供する海外企業.....	85
5.3.8. 化学研究開発 AI を研究開発するプリンストン大学研究チーム.....	86

(掲載された URL は 2021.6.30 時点で閲覧できたもの)

## 1. はじめに

「海外の AI 政策に関する調査」報告書（以下、本報告書）は、「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン策定及び事業抽出のための調査」に資する資料として作成した。

本報告書では、日本を除いた G7（アメリカ、イギリス、カナダ、ドイツ、フランス、イタリア）と中国に加えて、近年の AI をめぐる世界情勢において注目すべきシンガポール、オーストラリア、イスラエルの動向を調査対象国とした。

本報告書は、「1. はじめに」「2. 各国の最新動向」「3. 各国の AI 政策に関する数値とグラフ」「4. 国際協力の動向」から構成されている。「1. はじめに」（本章）では、本報告書が作成された背景と構成について述べる。「2. 各国の最新動向」では、調査対象国において最近発表された AI に関する報告書とガイドラインもしくは制度に内容がまとめられている。「3. 各国の AI 政策に関する数値とグラフ」では、OECD が加盟国の AI 政策についてまとめたウェブサイト「OECD.AI」で公開されている情報にもとづいて、調査対象国の AI 政策にまつわる数値とグラフを掲載する。「4. 国際協力の動向」では、調査対象国における他国との AI 研究開発に関するパートナーシップの現状がまとめられている。

本報告書を作成するにあたっては、独立行政法人情報処理推進機構・社会基盤センター・イノベーション推進部が 2021 年 1 月に発表した「IT 関連先進技術の制度政策動向調査レポート 2020（欧米編）」<sup>1</sup>と「AI 白書 2020～広がる AI 化格差（ギャップ）と 5 年先を見据えた企業戦略～」を大いに参考にした。これらの先行調査で言及された内容については本報告書では必要最小限の記述にとどめ、先行調査にはなかった新規の内容に関する記述を厚くした。そのため、2019 年以前における調査対象国の AI 政策に関しては、先行調査を参照されたい。なお、先行調査では取り上げられていないイタリア、シンガポール、オーストラリア、イスラエルに関しては、2019 年に発表された報告書とガイドラインもしくは制度にも言及している。

世界の AI 政策に関する動向は現在進行形で推移しているものであり、本報告書で完結するものではない。本報告書が、今後の世界の AI 政策を展望する一助となることを祈念するものである。

---

<sup>1</sup> <https://www.ipa.go.jp/files/000087796.pdf>

## 2. 各国の最新動向

### 2.1. アメリカ

#### 2.1.1. NSCAI 最終報告書とアメリカ雇用計画

キーワード：非国防資金の倍増、クラウドコンピューティングリソース、テストベッド、大規模なオープントレーニングデータ、オープンナレッジネットワーク、マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、量子コンピューティング、5G、ロボット・自律システム、積層造形、エネルギー貯蔵技術

2020年6月24日、アメリカの国家安全保障と防衛のニーズに包括的に対処するための人工知能、機械学習、および関連技術の開発を討議する諮問委員会 NSCAI (The National Security Commission on Artificial Intelligence: AIに関する国家安全保障委員会) が設立され、委員長に Google 元 CEO のエリック・シュミットが就任した。

NSCAI は 2021 年 3 月 1 日、最終報告書 (Final Report) <sup>2</sup> をアメリカ大統領とアメリカ議会に対して提出した。同報告書は、2025 年までにアメリカ政府が実行すべき AI 戦略を提言している。

同報告書をまとめたエグゼクティブサマリー<sup>3</sup>によると、AI は典型的な「デュアルユース (軍民共用)」技術であり、民間や軍事のあらゆる分野で競争力を高める。こうした中、中国は今後 10 年間でアメリカを凌いで AI の世界的リーダーになるだけの力と才能を持っているため、アメリカは中国に対する技術的優位性を脅かされている。

以上のような現状においてアメリカが中国に対抗するために講じるべき戦略が、同報告書第 1 部「AI 時代におけるアメリカの防衛」と第 2 部「技術競争に勝つために」で示されている。第 2 部では、同国政府が行うべき投資と研究開発すべき技術が解説されている。

アメリカ政府が行うべき投資として、以下のような 3 項目が提言されている。

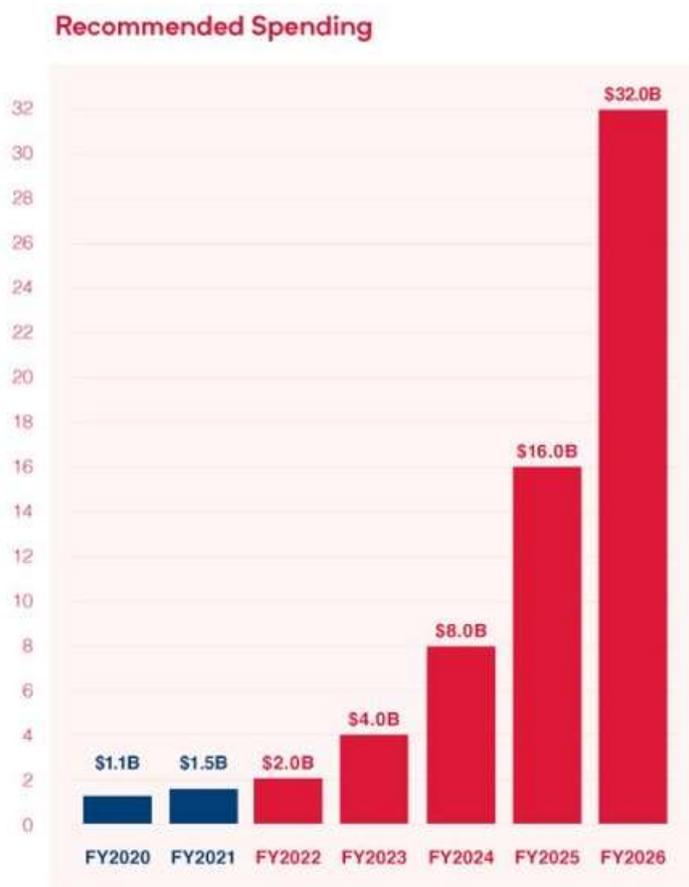
1. AI 研究開発のための非国防資金を 2026 年までに年間 320 億ドルに達するよう倍増さ

---

<sup>2</sup> <https://reports.nscai.gov/final-report/table-of-contents/>

<sup>3</sup> [https://assets.foleon.com/eu-west-2/uploads-7e3kk3/48187/nscai\\_executivesummary\\_digital\\_02-26-21.00a4dd7b303a.pdf](https://assets.foleon.com/eu-west-2/uploads-7e3kk3/48187/nscai_executivesummary_digital_02-26-21.00a4dd7b303a.pdf)

- せ、国家技術財団を設立し、国立 AI 研究機関の数を 3 倍に増やす（画像 2.1.1<sup>4</sup>）。
2. クラウドコンピューティングリソース、テストベッド、大規模なオープントレーニングデータ、オープンナレッジネットワークで構成される国家 AI 研究インフラを構築し、AI へのアクセスを拡大し、新しい科学技術分野での実験を支援する。
  3. AI 市場を創出し、地域のイノベーションクラスターのネットワークを形成することで、商業的競争力を強化する。

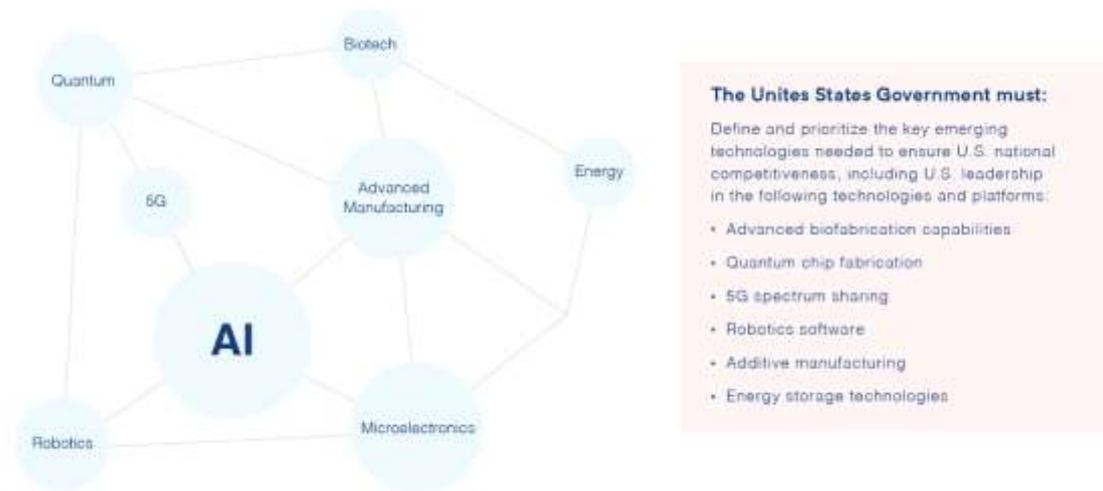


画像 2.1.1(出典：NSCAL Final Report)

また、AI は他の新興技術の潜在能力を発揮させ増強する「星座の中心」に位置しているの  
で、マイクロエレクトロニクス、バイオテクノロジー、量子コンピューティング、5G、ロ  
ボット・自律システム、積層造形、エネルギー貯蔵技術と同時に研究開発すべきとも言わ  
れている（画像 2.1.2<sup>5</sup>）。

<sup>4</sup> <https://reports.nsc.ai.gov/final-report/chapter-11/>

<sup>5</sup> <https://reports.nsc.ai.gov/final-report/chapter-16/>



画像 2.1.2(出典：NSCAI Final Report)

NSCAI 最終報告書発表から1ヶ月足らずの2021年3月31日、ホワイトハウスはコロナ禍で傷ついたアメリカ経済を再構築するための計画「アメリカ雇用計画」<sup>6</sup>を発表した。

同計画の見出し「研究開発と未来の技術への投資」には、「人工知能からバイオテクノロジー、コンピューティングにいたる新しいテクノロジーにおけるアメリカのリーダーシップは、将来の経済競争力と国家安全保障の両方にとって重要」と位置づけたうえで、全米科学財団（National Science Foundation：NSF）に500億ドル投資するとしている。さらに研究インフラストラクチャのアップグレードのために400億ドルの投資を計画している。

以上のアメリカ雇用計画の発表によって、NSCAI 最終報告書の内容がほぼ承認されたと見なせる。

### 2.1.2. NITRD の研究成果

NITRD（Networking and Information Technology Research and Development：ネットワーキング及び情報技術研究開発プログラム）が2020年に発表したAIに関連した刊行物を表にまとめると、以下のようになる。

<sup>6</sup> <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/03/31/fact-sheet-the-american-jobs-plan/>

刊行物名称	発表年	キーワード	概要
ビデオおよび画像分析における研究開発の好機 <sup>7</sup>	2020/3/10	自律攻撃;意思決定;防衛;ドメインの脆弱性;ゲーム理論;人間-AI チェーミング;ヒューマンマシンチェーミング;固有の回復力;ML;モデル中毒;マルチエージェントモデリング;パブリックアウトリーチ;偵察;リスク分析;センサー;脅威モデリング;トレーニング;信頼できるシステム;	画像認識 AI の安全性に関する 30 の行政機関の研究者による研究成果
人工知能とサイバーセキュリティ: 詳細なテクニカルワークショップレポート <sup>8</sup>	2020/6/2	敵対的; AI; 攻撃; 自律攻撃; 信頼; サイバーセキュリティ; 意思決定; ドメインの脆弱性; ゲーム理論; 人間-AI チェーミング; ID 管理; 機械学習; ミッション固有の回復力; ML; モデル中毒; マルチエージェントモデリング; パブリックアウトリーチ; 偵察; 脅威モデリング; 信頼できるシステム;	サイバーセキュリティと AI が交差する領域について調査
連邦政府が資金提供する人工知能の研究開発にクラウドコンピューティングリソースを活用するための推奨事項 <sup>9</sup>	2020/11/17	クラウド; コンピューティング; 調整済みの; データ; 教育; 有効化; 情報; ML; MLAI; セキュリティ;	アメリカ政府が資金提供する人工知能の研究開発にクラウドコンピューティングリソースを活用するための 4 つの重要な推奨事項について詳しく説明。
人工知能とワイヤレススペクトル: 好機と課	2020/11/23	AI 対応; 割り当て; コミュニケーション; デー	ワイヤレススペクトルの使用と管理を改善す

<sup>7</sup> <https://www.nitrd.gov/pubs/RD-Opportunities-in-Video-Image-Analytics-2020.pdf>

<sup>8</sup> <https://www.nitrd.gov/pubs/AI-CS-Detailed-Technical-Workshop-Report-2020.pdf>

<sup>9</sup> <https://www.nitrd.gov/pubs/Recommendations-Cloud-AI-RD-Nov2020.pdf>

題 <sup>10</sup>		タ; データセット; 動的; 学習 管理;	るための AI 技術の可能 性を討議。
-----------------	--	--------------------------	------------------------

### 2.1.3. NIST 発表の「説明可能な人工知能の 4 つの原則（草案）」

キーワード：説明可能な AI、有意味性、正確性、知識の限界

NIST（National Institute of Standards and Technology：国立標準技術研究所）は 2020 年 8 月 18 日、「説明可能な人工知能の 4 つの原則（草案）」<sup>11</sup>を発表した。同文書では、説明可能な AI が満たすべき要件として、以下のような 4 つの原則を提案している。

説明性 (Explanation)	システムは、すべての出力に対して、付随する証拠や理由を提供すべき
有意味性 (Meaningful)	個々のユーザが理解できるような説明すべき
説明の正確性 (Explanation Accuracy)	説明は、出力を生成するためのシステムのプロセスを正しく反映すべき
知識の限界 (Knowledge Limits)	システムは設計された条件でのみ動作すること、その出力に対して十分な信頼性に達したときにのみ動作すべき

### 2.1.4. ホワイトハウス発表の「人工知能アプリケーションの規制に関するガイダンス」

キーワード：AI アプリケーション、イノベーションを妨げない規制

ホワイトハウスは 2020 年 9 月 17 日、大統領覚書「M-21-06 人工知能アプリケーションの規制に関するガイダンス」<sup>12</sup>を発表した。同覚書は、アメリカ政府の各省庁が AI アプリケーション開発に関する規制を制定する際の指針がまとめられている。その指針の基本姿勢は、AI によるイノベーションを妨げることなく、AI 技術から得られる利益を享受できるような規制が望ましい、というものである。

覚書では、「AI に対する社会的信頼」「市民参加」「科学的整合性と情報の質」といった 10 の指針が挙げられている。

<sup>10</sup> <https://www.nitrd.gov/pubs/AI-WirelessSpectrum-2019WorkshopReport.pdf>

<sup>11</sup> <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2020/NIST.IR.8312-draft.pdf>

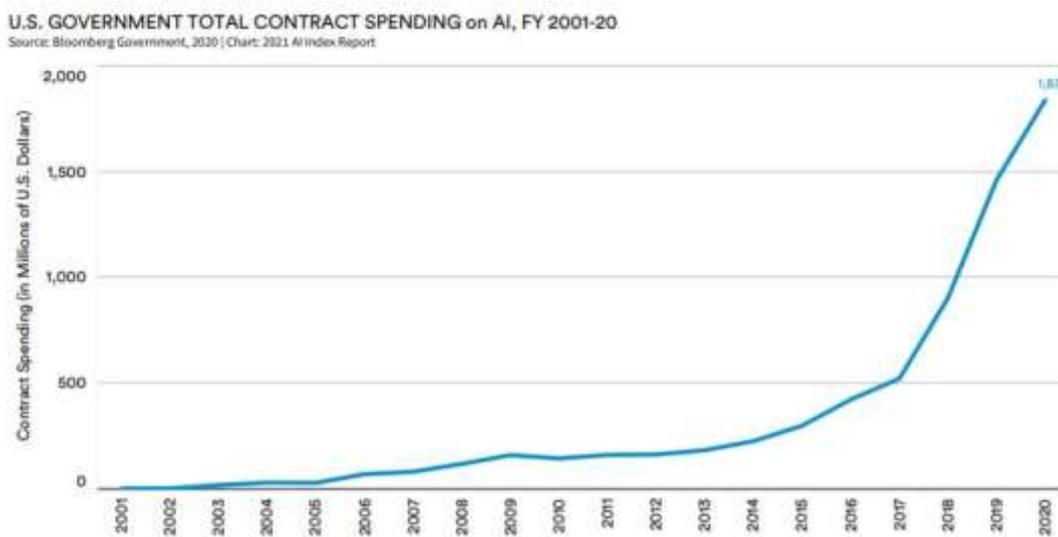
<sup>12</sup> <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/11/M-21-06.pdf>

## 2.1.5. 2020 年までのアメリカ政府の AI 投資事情

キーワード：HAI、5年前の6倍、国防総省、NASA

アメリカ・スタンフォード大学の HAI (Human-Centered Artificial Intelligence：人間中心な人工知能研究所) が 2020 年 3 月 3 日に発表した「AI インデックスレポート 2021」<sup>13</sup> では、2020 年までのアメリカ政府における AI 政策の支出傾向を分析している箇所がある。

アメリカ政府が 2020 年度に交わした AI に関連した未分類の契約の総額は 18 億ドルであり、2019 年度に比べて 25%増加している。2020 年度の契約総額は、5 年前に比べて 6 倍以上となっている (画像 2.1.3<sup>14</sup>)。



画像 2.1.3(出典：THE AI INDEX REPORT)

2020 年度の AI に関連した契約総額を省庁別に見ると、もっとも多いのが国防総省の 14 億ドルであり、他の省庁を圧倒している。2 位は NASA の 1 億 3,910 万ドルで、3 位は国土安全保障省の 1 億 1,230 万ドルである (画像 2.1.4<sup>15</sup>)。過去 10 年間の支出総額を見ても、国防総省の 39 億ドルが 1 位となり、残りの 44 の省庁の支出合計である 29 億ドルを上回っている (画像 2.1.5<sup>16</sup>)。

<sup>13</sup> <https://aiindex.stanford.edu/report/>

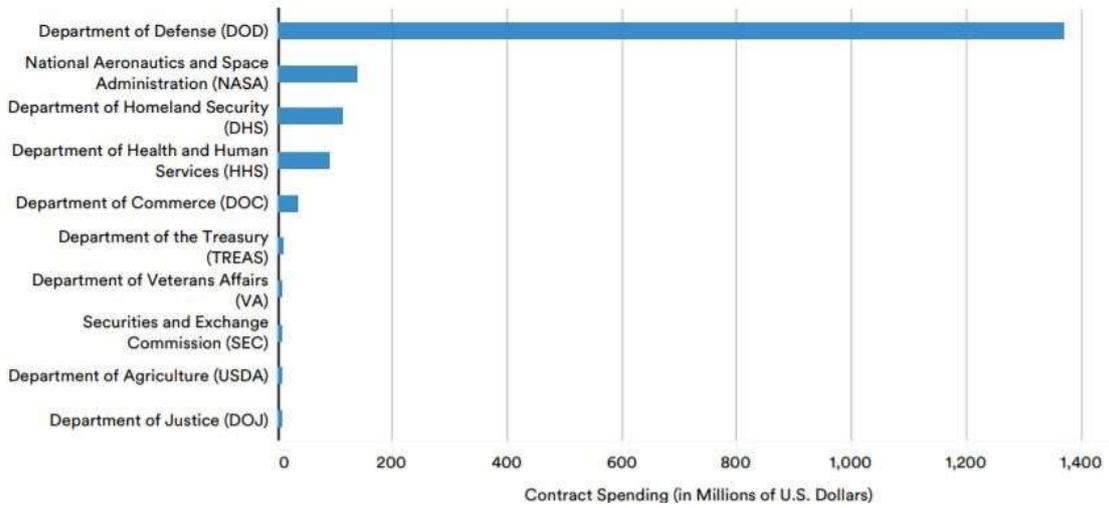
<sup>14</sup> [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-\\_Chapter-7.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-_Chapter-7.pdf)

<sup>15</sup> [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-\\_Chapter-7.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-_Chapter-7.pdf)

<sup>16</sup> [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-\\_Chapter-7.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-_Chapter-7.pdf)

**TOP 10 CONTRACT SPENDING on AI by U.S. GOVERNMENT DEPARTMENT and AGENCY, 2020**

Source: Bloomberg Government, 2020 | Chart: 2021 AI Index Report



画像 2.1.4(出典：THE AI INDEX REPORT)

**TOP 10 CONTRACT SPENDING on AI by U.S. GOVERNMENT DEPARTMENT and AGENCY, 2001-20 (SUM)**

Source: Bloomberg Government, 2020 | Chart: 2021 AI Index Report

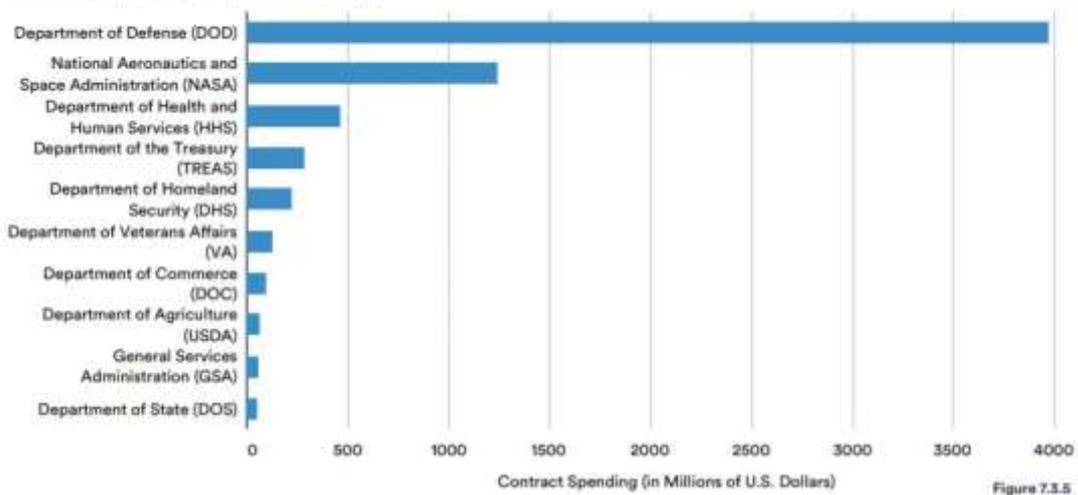


Figure 7.3.5

画像 2.1.5(出典：THE AI INDEX REPORT)

なお、アメリカ雇用計画が発表されたことにより、今後は民生部門への AI 投資が増大することが確実視される。

## 2.2. イギリス

### 2.2.1. AI ロードマップ

キーワード：アラン・チューリング研究所、説明可能な AI、デジタルツインプログラム、炭素排出量ゼロ、スマートマテリアル、10年プログラム

AI エコシステムに関するアドバイスを提供するために設立されたイギリスの AI 評議会 (AI Council) は、2021 年 1 月 6 日、AI に関する同国政府の戦略策定に資する推奨事項をまとめた「AI ロードマップ」を発表<sup>17</sup>した。

同ロードマップのエグゼクティブサマリー<sup>18</sup>によると、イギリス政府に対する推奨事項は以下のような 4 つのテーマから構成され、各テーマにはさらにいくつかの項目が挙げられている。

● 研究開発とイノベーション

1. AI に関する公共投資の持続とスケールアップ。世界中の優秀な人材への一貫したアクセスを確保。
2. アラン・チューリング研究所 (The Alan Turing Institute) を AI 研究開発における中心と定め、資金を提供する。
3. 「説明可能な AI」、デジタルツインプログラム、炭素排出量ゼロに向けたエネルギー貯蔵用のスマートマテリアルの開発など、ムーンショットプロジェクトに取り組む。

● スキルと多様性

1. ハイレベルな AI スキル構築のための 10 年プログラムの推進とスケールアップ。
2. 多様性のレベルをベンチマークし、過小評価グループに均等に機会を与える。
3. 全国民を対象とした AI とデータリテラシーに関する教育の実施。

● データ、インフラストラクチャ、および公衆からの信頼

1. AI に活用するデータへのアクセスを増強するために、インフラストラクチャ統合の高速化。
2. データガバナンスオプションとその使用法の開発を推進する。
3. 自動化された意思決定に対するイギリス国民の監視と入力を可能にし、同国民が AI を信頼できるようにする方法を見つける。
4. イギリスを AI 強国として位置づける。自国の強みに基づいて、AI の優れたガバナンス、標準、フレームワークで世界をリードする。

● 全国的でセクター横断的な AI の採用

---

<sup>17</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/ai-roadmap>

<sup>18</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/ai-roadmap/executive-summary>

1. AI イノベーションを推進するローカルイニシアチブへの投資のサポート。
2. AI スタートアップベンダーコミュニティをサポート。
3. 公益プロジェクトの一部として、AI 機能の調達を確保。
4. AI を活用した炭素排出量ゼロの達成。
5. AI を活用した安全保障。
6. AI を活用したヘルスケア部門での価値創出。

## 2.2.2. 貴族院作成の AI レポートに対するイギリス政府の対応

キーワード：グローバル・タレントビザ

イギリス貴族院は、2020年12月18日、イギリス政府のAI政策を評価したレポート「イギリスのAI：自己満足の余地なし」<sup>19</sup>を公表した。同レポートは、そのタイトルが示している通り、同政府の取り組みを評価しながらも、さらなるAI政策の推進を提言するものであった。

以上のレポートをうけてイギリス政府は、2021年2月22日、「貴族院の人工知能に関する特別委員会に対する政府の対応」と題されたポリシーペーパーを発表<sup>20</sup>した。同ペーパーには、前述の貴族院作成レポートで指摘された改善点に対する回答がまとめられている。

同ペーパーで注目すべきは、イギリスは世界トップレベルのAI研究者にとって魅力的な国とは言い難い、という指摘に対する回答である。同国政府は、優秀な人材を自国に招くために、新たな移民制度としてグローバル・タレントビザ（Global Talent visa）<sup>21</sup>を開始する。この制度は、自然科学や工学、あるいは人文科学においてその分野のリーダーあるいはリーダーになり得る人材で、EU、スイス、ノルウェー、アイスランド、またはリヒテンシュタインの出身である場合に適用される。

グローバル・タレントビザが承認された人材には、以下のような優遇措置が適用される。

- ビザの有効期間として、最大5年間が選択可能。
- イギリス企業の従業員、自営業者、さらには会社の取締役になれる。
- 内務省に通知せずに仕事を変更または停止できる。

---

<sup>19</sup> <https://publications.parliament.uk/pa/ld5801/ldselect/ldliaison/196/196.pdf>

<sup>20</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/government-response-to-the-house-of-lords-select-committee-on-artificial-intelligence>

<sup>21</sup> <https://www.gov.uk/global-talent-researcher-academic>

- パートナーと子供を「扶養家族」として生活できる。
- イギリス国外に旅行後、同国に帰国できる。

### 2.2.3. DRCF 発表の「デジタル規制協力フォーラムの作業計画 2021/22」

キーワード：DRCF、アルゴリズム処理、不透明な悪影響、規制ツール、ダークパターン

複雑化するオンラインコンテンツ規制問題に対処するために2020年7月に設立されたデジタル規制協力フォーラム（The Digital Regulation Cooperation Forum、以下、略称の「DRCF」と表記）は、2021年3月10日、2021年と2022年の作業計画をまとめた「デジタル規制協力フォーラムの作業計画 2021/22」<sup>22</sup>を発表した。

同計画では、既存のオンラインサービスに影響を与える新たな技術として、デザインフレームワーク、アルゴリズム処理、デジタル広告技術、エンドツーエンド暗号化を挙げたうえで、人工知能によって実行されるアルゴリズムから生じる影響とその影響に対する規制の策定を目標に掲げている。

同計画が指摘するところによると、アルゴリズムは、ユーザ個人に提供される製品の範囲を狭めると同時に、表示されるコンテンツを変更または制限する場合がある。また、有害なコンテンツや中毒性のある行動の表示を助長する場合もある。アルゴリズムシステムが洗練されるにつれてそれらの影響に関する透明性が低下し、検出されない方法でデジタルデバイスからスマートホームにいたる複数のドメインでシームレスに動作する可能性がある。

洗練されるにつれてその影響を評価するのが困難になるアルゴリズムに対処するため、DRCF は作業目標として「目的と課題の特定」「利害関係者からの意見募集」「規制ツールに関するレポートの作成」を挙げている。アルゴリズムのほかにダークパターンによって生じる問題にも取り組む、と明記されている。

## 2.3. 中国

---

<sup>22</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/digital-regulation-cooperation-forum-workplan-202122/digital-regulation-cooperation-forum-plan-of-work-for-2021-to-2022>

### 2.3.1. 第14次五カ年計画におけるAI政策

キーワード：新世代AI、量子情報、集積回路、脳科学、スマート介護、応用数学センター

中国政府は、2020年10月26～29日にかけて2021～2025年までの諸政策の方向性を定める「第14次五カ年計画」を策定し、2021年3月5日に開催された同国の国会にあたる第13期全国人民代表大会の第4回会議で公表した。同計画は、6つの主要目標（画像2.3.1<sup>23</sup>）と、それを実現するための12の重点政策方針（画像2.3.2<sup>24</sup>）から構成されている（アメリカ・ジョージタウン大学所属のCSET（CENTER for SECURITY and EMERGING TECHNOLOGY：安全保障と新興技術に関するセンター）が、新華社通信が公開している同計画の中国語原文<sup>25</sup>を翻訳した英語版<sup>26</sup>を公開している）。

① 経済発展の新たな成果獲得
経済の質・効率面での向上に基づいた持続的・健全な成長、国内市場の強大化、経済構造の最適化、イノベーション能力向上、等
② 改革開放における新たな一歩を踏み出す
社会主義市場経済体制の完備、高レベルの市場システムの基本的完成、財産権制度改革・生産要素配置の市場化の進展、より高レベルの対外開放、等
③ 社会の文明水準の新たな向上
社会主義の核心的価値観の浸透、公共文化サービス・文化産業体系の整備、中華文化の影響力向上、等
④ エコ文明建設における新たな進歩の実現
国土の開発・保護の最適化、生産・生活方式のグリーン（環境配慮）化、エネルギー資源の配分合理化・利用効率向上、主要汚染物質の排出量減少、等
⑤ 民生・福祉の新たなレベルへの到達
十分で質の高い雇用の実現、経済成長と同速度での家計所得増加、分配構造の改善、教育水準の向上、多層な社会保障体系の整備、等
⑥ 国家ガバナンスの効率の新たな向上
社会主義民主政治の健全化、行政効率・信頼性の向上、社会統治の改善、安全保障の発展、国防・軍隊の現代化推進

（出所）「中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议」（2020年11月3日）より、みずほ総合研究所作成

画像 2.3.1(出典：みずほ総合研究所 中国五か年計画と長期目標の概要)

<sup>23</sup> <https://www.mizuho-ir.co.jp/publication/mhri/research/pdf/insight/as201113.pdf>

<sup>24</sup> <https://www.mizuho-ir.co.jp/publication/mhri/research/pdf/insight/as201113.pdf>

<sup>25</sup> [https://web.archive.org/web/20201104114039/http://www.xinhuanet.com/politics/zywj/2020-11/03/c\\_1126693293.htm](https://web.archive.org/web/20201104114039/http://www.xinhuanet.com/politics/zywj/2020-11/03/c_1126693293.htm)

<sup>26</sup> [https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/t0237\\_5th\\_Plenum\\_Proposal\\_EN-1.pdf](https://cset.georgetown.edu/wp-content/uploads/t0237_5th_Plenum_Proposal_EN-1.pdf)

①イノベーション推進	②産業高度化	③内需拡大
・国家戦略による科学技術力の強化 ・企業の技術イノベーション能力の向上 ・人材のイノベーション活力の活性化 ・科学技術イノベーションメカニズムの改善	・産業クラスター・サプライチェーンの現代化水準の向上 ・戦略的新興産業の発展 ・現代サービス業の発展の加速 ・インフラ建設の統制・推進 ・デジタル化の発展の加速	・国内大循環の円滑化 ・国内・国際双循環の促進 ・消費の全面的な促進 ・投資空間の開拓
④改革深化、高レベルの社会主義市場体制の構築	⑤農業・農村の発展	⑥地域間の協力的発展、新型都市化の推進
・各市場主体の活力の活性化 ・マクロ経済ガバナンスの改善 ・現代的財政・租税・金融体制の構築 ・高基準の市場システムの構築 ・政府機能の転換の加速	・農業の品質、効果・利益、競争力の向上 ・農村建設行動の実施 ・農村改革の深化 ・貧困脱却を確実に拡大させ、その成果と農村振興との効果的な連結の実現	・国土空間開発・保護の新局面の構築 ・地域間の協力的発展の推進 ・人を中心とする新型都市化の推進
⑦文化産業の発展、ソフトパワーの向上	⑧グリーンな発展、人と自然の共生推進	⑨高レベルの対外開放の推進
・社会文明度の向上 ・公共文化サービス水準の向上 ・現代文化産業システムの健全化	・グリーン(環境配慮型)、低炭素型発展の推進を加速 ・環境品質の改善の継続 ・生態システムの品質・安定性の向上 ・資源利用効率の全面的向上	・より高いレベルの開放型経済新体制の構築 ・「一帯一路」共同建設の高品質発展の推進 ・世界経済ガバナンスシステム改革への積極的参加
⑩生活の質改善	⑪国家の安全と発展との統一	⑫国防・軍隊の現代化の加速、富国と強軍の統一を実現
・国民の収入水準の向上 ・雇用優先政策の強化 ・高品質教育システムの構築 ・多層的社会保障システムの健全化 ・「健康中国」建設の全面的推進 ・高齢化に対応する国家戦略の積極的実施 ・社会ガバナンスの強化、刷新	・国家安全システム・能力の建設の強化 ・国家経済安全の確保 ・国民生命の安全の保障 ・社会の安定・安全の維持	・国防、軍隊現代化の品質、効果の向上 ・国防力と経済力の同時向上の促進

(出所)「中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标建议」(2020年11月3日)より、みずほ総合研究所作成

画像 2.3.2(出典：みずほ総合研究所 中国五か年計画と長期目標の概要)

同計画における科学技術政策を定めた第3章では、「基礎研究を強化し、独創的なイノベーションを重視し、学問分野と研究開発拠点の配置を最適化し、学問分野の交差と融合を促進し、共通技術と基礎技術の供給システムを改善する」としたうえで、「人工知能(AI)、量子情報、集積回路、生命・健康、脳科学、生物工学的繁殖、航空宇宙技術、深海・海洋などの最先端分野」の狙いを定める、と述べている。

同計画について報じた新華社通信の2021年3月10日付の記事<sup>27</sup>によると、同計画で言及されているAIは新世代AIである。また、同計画が公表された第13期全国人民代表大会で副委員長を務めるLiu Qingfeng氏は、今後はAIアイスタントやAIドクターに支えられた「よりスマートな」高齢者介護サービスの台頭を予想している。

同計画で掲げられている基礎研究の強化に関しては、今後5年間で研究開発支出の8%以上が基礎研究に投資されると予想されている。具体的には、13の応用数学センターをはじめとした基礎分野に関する研究センターとプラットフォームの構築が計画されている。

### 2.3.2. 近年のAI人材育成政策の動向

<sup>27</sup> [http://english.www.gov.cn/news/videos/202103/10/content\\_WS60485f2bc6d0719374afa849.html](http://english.www.gov.cn/news/videos/202103/10/content_WS60485f2bc6d0719374afa849.html)

キーワード：グローバルな AI イノベーションの中核、博士課程学生の増員、人気の学部

中国教育部は、2018 年 4 月、同国の大学において AI 教育を推進する行動計画を発表<sup>28</sup>した。その計画では、2020 年までに AI 分野を増強し、2030 年には同国の大学がグローバルな AI イノベーションの中核となるとされている。こうした計画をうけて、天津大学をはじめとした名門大学に AI 学部が設立され、2018 年 6 月には清華大学に人工知能研究所が設立された。

2020 年 3 月には国家発展革命委員会、教育部、そして財政部が共同で策定した AI 教育に関するガイドラインにしたがい、AI 分野における大学院生の教育促進と博士課程学生の増員が行われた<sup>29</sup>。

以上のような AI 人材育成政策を実施した結果、2021 年 3 月時点で AI 分野が 2 年続けて中国でもっとも人気のある新興の専攻となった。同年 3 月 1 日に教育部が発表したところによると、2019 年には 180 の大学で AI 専攻学部、2020 年には 130 の大学で 4 年制の AI 関連学部が設立された<sup>30</sup>。

### 2.3.3. 新世代 AI 研究への投資

キーワード：データ・インテリジェンス、群知能、クロスメディア・インテリジェンス、マンマシン・ハイブリッド・インテリジェンス、パイロットゾーン、スマートファーマーミング

中国科学技術部は、2020 年 5 月 19 日、新世代 AI 開発のために 10 億元を投資すると発表<sup>31</sup>した。この投資によって支援される研究分野は、データ・インテリジェンス、群知能、クロスメディア・インテリジェンス、マンマシン・ハイブリッド・インテリジェンス、そしてインテリジェント・システムの 5 分野。

2020 年 5 月 9 日には、科学技術部の Li Meng 副大臣が中国各地に AI 研究開発の拠点となるパイロットゾーンを建設したことを発表<sup>32</sup>した。パイロットゾーンは北京と上海のほか、県レベルとしては初となる浙江省徳清県にも建設された。同県では自動運転やスマートフ

---

<sup>28</sup> [http://www.xinhuanet.com/english/2018-07/02/c\\_137294106.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2018-07/02/c_137294106.htm)

<sup>29</sup> [http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202003/03/content\\_WS5e5e55f0c6d0c201c2cbd754.html](http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202003/03/content_WS5e5e55f0c6d0c201c2cbd754.html)

<sup>30</sup> [http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202103/03/content\\_WS603ee03bc6d0719374af9d87.html](http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202103/03/content_WS603ee03bc6d0719374af9d87.html)

<sup>31</sup> [http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202005/20/content\\_WS5ec466dcc6d0b3f0e9497fcb.html](http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202005/20/content_WS5ec466dcc6d0b3f0e9497fcb.html)

<sup>32</sup> [http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202005/09/content\\_WS5eb66f29c6d0b3f0e9497457.html](http://english.www.gov.cn/statecouncil/ministries/202005/09/content_WS5eb66f29c6d0b3f0e9497457.html)

アーミングが研究される。

### 2.3.4. 顔認識技術の普及と倫理的課題

キーワード：顔認識、100 億元市場、公共サービスへの応用、個人情報保護法

人民日報は、2020 年 12 月 10 日、中国における顔認識技術の現状を報じた<sup>33</sup>。その報道によると、同国には 2020 年 12 月時点で 10,000 以上の顔認識関連の企業があり、2020 年の第 1～3 四半期には 1,161 の顔認識関連企業が登記された。こうした顔認識市場は、同国内だけで 2024 年までに 100 億元規模に達すると予想されている。

顔認識技術は体温計に組み込まれることによって、新型コロナウイルスの感染拡大を防止したほか、中国の地方自治体においては交通安全カメラに組み込まれて交通違反の摘発に貢献しており、同技術の公共サービスへの応用が進んでいる。その一方で、この技術の悪用が懸念されている。例えば、中国の消費者権利監視機関である中国消費者協会は、レビューした 100 個のモバイルアプリのうち 10 個がユーザに関する過剰な個人データを収集している疑いがある、と報告している。

こうした中、中国政府は、2019 年末より顔認識に関する国家標準の策定に着手している。同国は顔や指紋のような個人の生体認証機能を機密性の高い個人情報として定義し、「インフォームドコンセント」を中核とする一連の個人情報処理ルールを定めた個人情報保護法の草案を作成中であり、関係各所に意見を求めているのが現状である。

## 2.4. カナダ

### 2.4.1. 汎カナダ人工知能戦略とその成果

キーワード：相互接続ノード、グローバル・ソートリーダーシップ、*AI skills migration index*、社会的・福祉的なトピック

カナダの AI 政策におけるマスタープランは、2017 年から実施されている「汎カナダ人工知能戦略」<sup>34</sup>である。同戦略を主導しているのは、1982 年創設の CIFAR（Canadian

---

<sup>33</sup> [http://english.www.gov.cn/news/topnews/202012/10/content\\_WS5fd173e8c6d0f72576941a1d.html](http://english.www.gov.cn/news/topnews/202012/10/content_WS5fd173e8c6d0f72576941a1d.html)

<sup>34</sup> <https://cifar.ca/ai/>

Institute for Advanced Research：カナダ先端研究所）であり、1 億 2,500 万カナダドルを投じて、以下のような 4 つの目標の実現を目指した。

- 優秀な AI 研究者を多数輩出することによって、ワールドクラスの AI 研究者を引き付けて維持する。
- エドモントン、モントリオール、トロントに科学的に卓越した相互接続ノードを確立することによって、協調的な AI エコシステムを促進する。
- トレーニングプログラム、ワークショップ、その他の共同作業を通じた全国的な AI イニシアチブを推進する。
- AI の進歩に関する経済的、倫理的、政策的、および法的意味を理解するグローバル・ソートリーダーシップ（global thought leadership）を育成する。

2020 年 10 月、同戦略の成果をまとめた「汎カナダ人工知能戦略インパクトアセスメントレポート」<sup>35</sup>が公開された。同レポートで報告された主な成果は以下の通り（画像 2-4-1<sup>36</sup>も参照）。

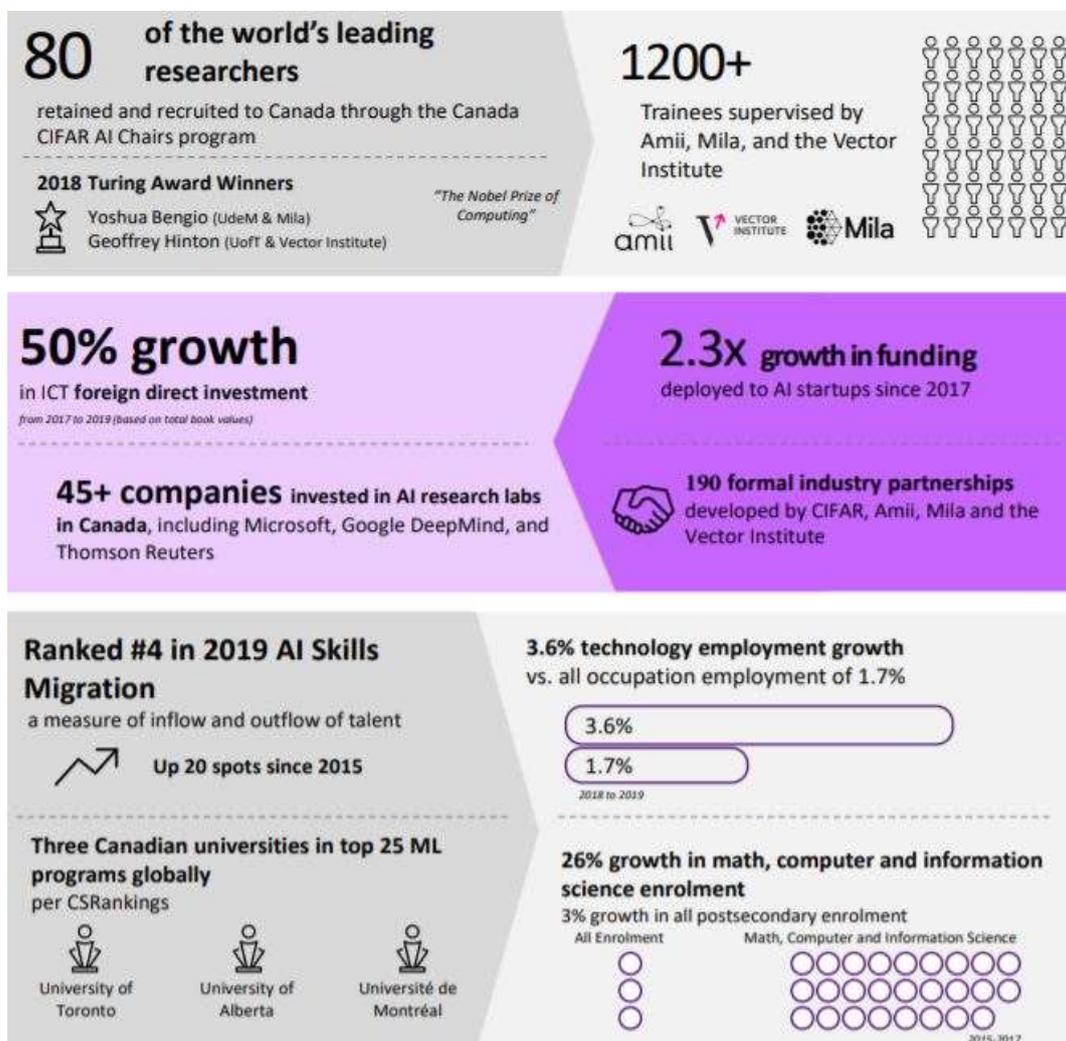
- 80 人の世界レベルの AI 研究者の登用と定着
- エドモントン、モントリオール、トロントに 1 ヶ所ずつある国立 AI 研究所の研修生が 1,200 人増加
- 2018 年にカナダ出身の AI 研究者であるジェフリー・ヒントンとヨシュア・ベンジオがヤン・ルカンとともにチューリング賞を受賞
- ICT（情報通信技術）における海外直接投資が 50%増加
- 2019 年に AI スタートアップが獲得した資金調達額は 6 億カナダドル以上であり、2017 年と比べて 2.3 倍になった。
- 45 ヶ国の企業がカナダにおける AI 研究に投資。そうした企業には Microsoft、Google、DeepMind が含まれる。
- OECD が作成した AI 人材の流入率を示す AI skills migration index に関して、2015 年の 24 位から 2019 年には 4 位にランクイン（1 位はルクセンブルク）
- トロント大学、アルバータ大学、モントリオール大学は、コンピュータサイエンスの研究能力を評価する CSRanking の「機械学習&データマイニング」ランキングで上位にランクイン
- テクノロジー職種の雇用が 3.6%増加（全職種は 1.7%増加）

---

<sup>35</sup> <https://cifar.ca/wp-content/uploads/2020/11/Pan-Canadian-AI-Strategy-Impact-Assessment-Report.pdf>

<sup>36</sup> <https://cifar.ca/wp-content/uploads/2020/11/Pan-Canadian-AI-Strategy-Impact-Assessment-Report.pdf>

- 数学、コンピュータ、情報科学の大学入学者数が 26%増加
- 社会的・福祉的なトピックに関して、2017 年以降毎年 500 以上の AI 関連出版物を刊行しており、このトピックにおけるトップ 5 に常にランクイン



画像 2-4-1(出典：汎カナダ人工知能戦略インパクトアセスメントレポート)

## 2.4.2. 人工知能に関する諮問委員会の活動

キーワード：アジャイル志向の規制、注釈付きデータへのアクセスの民主化、成功事例の共有、クラウドコンピューティングへの投資

AI におけるカナダの強みとグローバルなリーダーシップの構築について助言することを目的として、2019 年 5 月、人工知能に関する諮問委員会が発足した。同委員会は、2019 年 8 月、同国の人工知能資産を経済成長に転化する方法を調査するために、商業化ワーキング

グループを立ち上げた。

同ワーキンググループは、2020年2月、最終報告書<sup>37</sup>を発表した。同報告書では、カナダが強化すべき5つの分野と強化方針が以下のように提案されている。

人材育成	実務に統合された学習と問題解決スキルの育成、企業の AI プロジェクトが遂行できる人材を生む進路の創設、汎カナダ人工知能戦略における人材戦略の拡大
法整備	IP 保護に関する調査の実施、アジャイル志向の規制の促進、注釈付きデータへのアクセスの民主化
研究開発促進	産学協働による AI アプリケーション開発、政府基金を活用した開発プログラムの促進
広報	成功事例、データ、ユースケースの共有促進
プラットフォーム整備	競争力のあるクラウドコンピューティングのプロバイダを含むエコシステムを構築するための投資奨励策の実施

#### 2.4.3. カナダ国立研究評議会のチャレンジプログラム

キーワード：フォトニックコンポーネント、生物学的療法、新素材開発、説明可能な AI モデル

カナダの国立研究開発機関であるカナダ国立研究評議会は、2019年より「デザインチャレンジのための AI プログラム」<sup>38</sup>を立ち上げ、AIに関する研究開発を推進している。同プログラムには、以下のような4つの重点分野が設定されている。

- フォトニックコンポーネントの AI 支援設計：フォトニックデバイスの設計を支援する AI 技術の開発
- 生物システムの設計のための AI：AI ベースの生物学的療法の開発
- ディープマテリアルサイエンス：AI を活用した新素材の開発
- 設計のためのコア AI：説明可能な AI モデルを生成するための AI シミュレーションの研究

#### 2.4.4. 公共サービスにおける人工知能活用に関する法令

キーワード：アルゴリズムの影響評価、アンケート

<sup>37</sup> <http://www.ic.gc.ca/eic/site/132.nsf/eng/00011.html>

<sup>38</sup> <https://nrc.canada.ca/en/research-development/research-collaboration/programs/artificial-intelligence-design-challenge-program>

2019年4月、公共サービスにAIによる支援あるいは意思決定を組み込む際の規範と手続きを定めた「自動化された意思決定に関する法令」<sup>39</sup>が発効した。同法令では、自動決定システムを公共サービスに組み込む際には透明性、説明責任、合法性、手続き的公正などが満たされるべきと定義されている。

同法令では、自動決定システムを使用したプログラムを担当する副大臣補佐、または副長官が指名したその他の人物は、アルゴリズムによる影響を評価することを義務づけている。アルゴリズムの影響を評価するツールとして、約60の質問に答えるアンケート形式のウェブサイトが公開<sup>40</sup>されている。同アンケートは現在v0.9（2021年4月13日時点）であり、GitHubでも公開されているので開発に参加できる。

## 2.5. ドイツ

### 2.5.1. AI 国家戦略の経過報告

キーワード：パンデミックとの戦い、若い女性のためのAI教育プログラム、国家的ハイパフォーマンス・コンピューティング環境、計算生命科学、介護のためのAIシステム、CO2削減、資源効率の高いAI、航空宇宙分野、AIをきっかけとした労働法や社会法の変化

ドイツ政府は、2020年12月、2018年11月に発表されたAI国家戦略に関する経過をまとめた報告書を公開<sup>41</sup>した。同報告書では、AIをめぐる新たな動向としてパンデミックにおけるAIの活用を強調している。AIは「パンデミックの管理、例えば、パンデミックの予測、流行の経過やさまざまな対策の有効性に関する監視とモデル化、そして研究、特にワクチンの開発」に役立つことが期待される。こうしたパンデミックとの戦いを含むAI技術への追加投資として、ドイツ政府は2025年までに30億ユーロから50億ユーロに増額する予定だ。

同報告書は、以下のような最近の成果にも言及している。

- 2019年9月、競争法4.0に関する専門家委員会が2019年に「デジタル経済のための

---

<sup>39</sup> <https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-eng.aspx?id=32592>

<sup>40</sup> <https://open.canada.ca/aia-eia-js/?lang=en>

<sup>41</sup> <https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html> からダウンロード可能

新しい競争の枠組み」<sup>42</sup>に関する報告書を発表した。

- 2019年10月23日、データ倫理委員会はデータと（AIシステムを含む）アルゴリズムシステムの利用に関する行動のための75の提言を含む意見書<sup>43</sup>を提出した。
- 2019年11月22日、ドイツの地球環境変化に関する諮問委員会は「共通のデジタルの未来に向けて」と題されたレポートとそのサマリーを公開<sup>44</sup>した。
- 2020年9月、データへのアクセスの改善に言及している競争とデジタル化に関する法律<sup>45</sup>が閣議決定された。
- 2020年10月、人工知能の社会的責任と経済・社会・エコロジーの可能性に関する研究委員会は推奨行動を含んだ最終報告書<sup>46</sup>をドイツ連邦議会に提出した。

さらに、同報告書の最後の章「付録 (Annex)」では、「AI戦略の実施における次のステップ」としてドイツ政府が今後数年以内に実施する施策を箇条書きでまとめられている。

実施予定の施策として挙げられているのは、人材育成と教育投資を定めた「マインド」が9項目、研究テーマをまとめた「研究」が28項目、AI技術の社会実装方法をまとめた「転用と応用」が37項目、AI技術に関する規制をまとめた「規制の枠組み」が9項目、そしてAI技術による社会貢献をまとめた「社会」が4項目である。以下に注目すべき一部の項目を抜粋する。

#### マインド（4項目を抜粋）

- AIチャレンジの開催と「ドイツ製AI」を対象としたドイツの賞の創設
- AIを活用した継続的な職業訓練のための新しいオンラインポータルの開発
- AI教授の給与体系の改善
- 若い女性のためのAI教育プログラム

#### 研究（8項目を抜粋）

- 大学生・教職員が全国的に利用できる国家的ハイパフォーマンス・コンピューティング環境の整備
- 医療や疫学予測のためのAIベースの支援システムを研究開発するための資金調達イニシ

---

<sup>42</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/bericht-der-kommission-wettbewerbsrecht-4-0.pdf>

<sup>43</sup> [https://datenethikkommission.de/wp-content/uploads/DEK\\_Gutachten\\_engl\\_bf\\_200121.pdf](https://datenethikkommission.de/wp-content/uploads/DEK_Gutachten_engl_bf_200121.pdf)

<sup>44</sup> <https://www.wbgu.de/en/publications/publication/towards-our-common-digital-future>

<sup>45</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/gwb-digitalisierungsgesetz.html>

<sup>46</sup> <https://www.bundestag.de/resource/blob/804184/f31eb697deef36fc271c0587e85e5b19/Kurzfassung-des-Gesamtberichts-englische-Uebersetzung-data.pdf>

#### アチブの開始

- 介護のための AI システムの研究開発
- 「デジタル感染症学のための AI」を中心とした「計算生命科学」の助成策の拡充
- AI による税制度の影響に関連する規制上の影響評価に関する行政と研究の協力関係の強化
- 連邦外務省の定量的早期危機検知・情報管理（PREVIEW）プロジェクトの範囲内での AI 利用の強化
- AI の CO2 削減の可能性の体系的な分析を含む、AI の環境への影響に関する研究の強化
- AI システムの資源とエネルギーの効率化のためのターゲットシステムとしての「資源効率の高い AI」イニシアチブの実施

#### 転用と応用（7 項目を抜粋）

- 都市部の移動、農村部の接続、公共の受け入れに焦点を当てた、AI に基づく革新的なモビリティコンセプトの促進と資金提供
- 連邦政府の IT プロジェクトにおいて、例えば IT 施策のチャットボットやサービス統合分析の範囲における AI 技術の評価とテスト
- 物理学、地球システム研究、システムバイオロジーなどのデータ集約型システム研究における AI 手法の学際的な応用
- 航空宇宙分野における AI の推進と、自動車製造や現代のモビリティ、造船、農業、介護分野など他の分野への AI の転用
- 連邦行政のニーズに合わせたリモートセンシング情報の AI による処理・分析
- 「医療分野における患者中心のケアの改善のためのデジタルイノベーション」への資金提供
- 警察分野における AI 戦略の実施

#### 規制の枠組み（3 項目を抜粋）

- AI の開発、設計、応用のための国際的な法的枠組みに関する調査の実施
- 標準化ロードマップ（2.5.2 で詳述）にもとづいた AI 品質保証基準の開発
- AI をきっかけとした労働法や社会法の変化に関する調査

#### 社会（3 項目を抜粋）

- 消費者の日常生活を支援する AI アプリケーションへの資金提供
- 文化プログラムの保存、開発、アクセス、ネットワーク化、コミュニケーションのための AI プロジェクトへの資金提供と拡大
- 意見の多様性を確保するために、メディアコンテンツを分類・検証する AI スキルの開発

## 2.5.2. ドイツにおける人工知能に関する標準化ロードマップ

キーワード：データ参照モデル、基本セキュリティ基準、初期臨界テスト、信頼される AI

2020 年 11 月、DIN（Deutsches Institut für Normung：ドイツ工業規格）と DKE（Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE：ドイツ電気技術委員会）は、産業界、科学界、公共部門、そして市民を代表する約 300 名の専門家と共同して策定した「ドイツにおける人工知能に関する標準化ロードマップ」<sup>47</sup>を発表した。

同ロードマップは、AI 製品／サービスの標準化を推進するにあたって取り組むべき以下のような 5 項目を提言している。

1. AI システムの相互運用性のためのデータ参照モデルの導入
2. 水平的な AI 基本セキュリティ基準の作成
3. 倫理的問題の有無を検出する初期臨界テストの設計
4. AI に関する品質保証規格「Trusted AI（信頼される AI）」の策定と運用
5. AI 製品／サービスにおけるユースケースの分析と評価

## 2.5.3. ドイツにおける人工知能のためのプラットフォームの活動

キーワード：AI 情報の集約、国際比較

ドイツ連邦教育・研究省は、2017 年 9 月、人工知能の研究開発支援を目的とした機関「ドイツにおける人工知能のためのプラットフォーム」を立ち上げた<sup>48</sup>。活動期間を 2022 年 8 月までとする同機関の公式サイト<sup>49</sup>には、ドイツ各地の AI 研究拠点やスタートアップの情報が集約されている。

同機関は、AI を重視する主要国の政策もまとめており、以下のような AI 主要国の政策を比較した表を公開している（画像 2-5-1<sup>50</sup>）。

---

<sup>47</sup> <https://www.din.de/resource/blob/772610/e96c34dd6b12900ea75b460538805349/normungsroadmap-en-data.pdf>

<sup>48</sup> <https://en.acatech.de/project/learning-systems-the-platform-for-artificial-intelligence/#:~:text=Germany%20is%20a%20pioneer%20in,and%20society%20as%20a%20whole.>

<sup>49</sup> <https://www.plattform-lernende-systeme.de/home-en.html>

<sup>50</sup> <https://www.plattform-lernende-systeme.de/ai-strategies.html>



画像 2.5.1(出典：Political Strategies for Artificial Intelligence)

## 2.6. フランス

### 2.6.1. INRIA における人工知能プロジェクト

キーワード：故障に強いロボット、パーソナライズ化された学習、オープンソースの音声認識プラットフォーム、ファクトチェック、データジャーナリズム

フランス政府研究省と経済・財務省が共同管理する INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique：フランス国立情報学自動制御研究所) は、同国の AI

研究を主導している。同研究所は、2019年4月に人工知能の研究を目的として、グルノーブル、ニース、パリ、そしてトゥールーズの4ヶ所に設立された学際的人工知能研究所 (Instituts Interdisciplinaires d'Intelligence Artificielle : 3IA) <sup>51</sup>を主導している。

INRIA で取り組まれている主な AI 研究には、以下のような4つのプロジェクトがある<sup>52</sup>。

- Resibots<sup>53</sup>

数分で予期しない損傷から自律的に回復できる低コストのロボットのアルゴリズム基盤を開発することを目的とした、2015年から2020年まで取り組まれたプロジェクト。現在のロボット工学における不具合への対処はフォールトトレランスを起源にしているが、このアプローチでは低コストの自律型ロボット開発は難しい。

Resibots プロジェクトでは試行錯誤にもとづいた学習アルゴリズムを実装することで、診断や事前定義された緊急時対応計画を必要としないアプローチを提案する。具体的には自律型ロボットが故障に見舞われたとしても、試行錯誤を通して迅速に代償行為を発見できるようにする。

- KIDLEARN プロジェクト<sup>54</sup>

個々の生徒の特殊性に合わせて学習活動のシーケンスを適応的にパーソナライズする方法論とソフトウェアを開発することを目的としたプロジェクト。生徒に適切なタイミングで適切な活動を提案すると同時に学習の進捗とその動機を最大化することによって、学習の効率化を目指す。

以上の目的を実現するために、心理学にもとづいて人工的な好奇心と内発的な動機付けに関する計算モデルを開発した。そのモデルによれば、簡単すぎず難しすぎない現在の学習レベルよりも少し難しいだけの中程度の複雑さをもった活動が、より良い教育体験を提供することがわかった。

好奇心に関する計算モデルの実装に際しては、強化学習の技法である多腕バンディット問

---

<sup>51</sup> <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid141320/lancement-de-4-instituts-interdisciplinaires-d-ia-3ia-et-ouverture-de-deux-appels-a-projets-complementaires.html>

<sup>52</sup> <https://www.inria.fr/en/artificial-intelligence>

<sup>53</sup> <https://www.resibots.eu/>

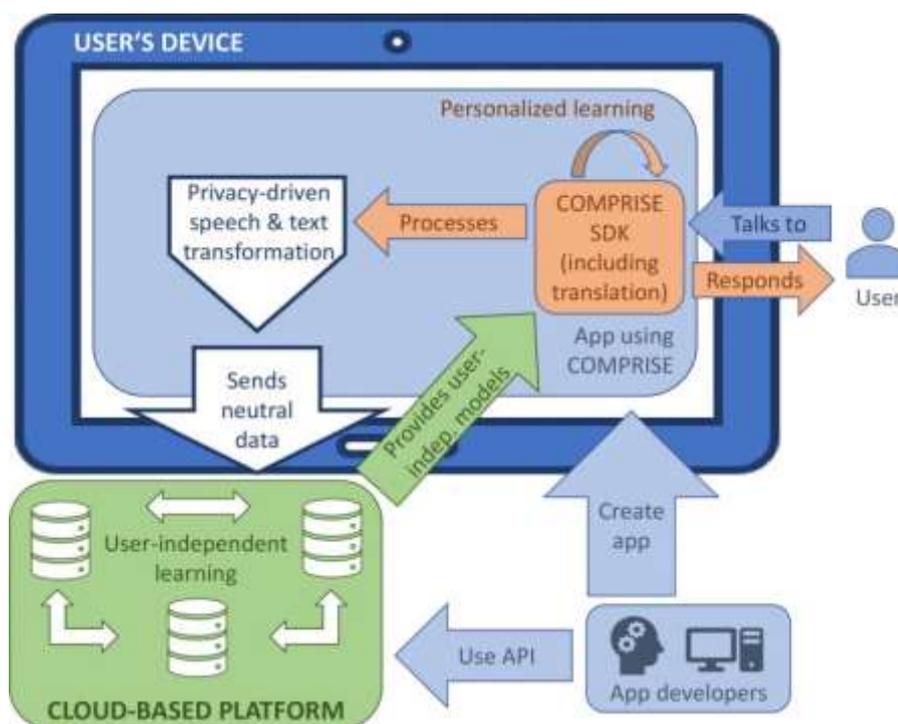
<sup>54</sup> <https://flowers.inria.fr/research/kidlearn/>

題に関する探索と搾取を応用した。

- COMPRISE<sup>55</sup>

オープンソースのクラウドベース音声認識プラットフォームを開発・提供するプロジェクト。既存の音声認識システムにおいては、開発する企業が大量の音声データをクラウドに保存してから、手動でラベル付けを行うことで実現している。こうした開発手法は、プライバシーに関する懸念を引き起こす。

COMPRISE プラットフォームにおいては、ユーザが自身の音声やテキストデータをアップロードした後、自動ラベル付けが実行されるので、プライバシー保護を徹底できる。また、音声認識 SDK が公開されているので、開発者は自由に音声認識アプリを開発できる（画像 2-6-1<sup>56</sup>参照）。



画像 2-6-1(出典：COMPRISE ホームページ)

COMPRISE の開発には EU が資金提供しており、INRIA のほかにドイツのザールラント大学や機械翻訳サービスを開発・提供する企業 Tilde が関わっている<sup>57</sup>。

<sup>55</sup> <https://www.compriseh2020.eu/>

<sup>56</sup> <https://www.compriseh2020.eu/about/>

<sup>57</sup> <https://www.compriseh2020.eu/partners/>

- Ioana Manolescu によるデータベース研究<sup>58</sup>

ルーマニア出身の INRIA シニア・リサーチャーIoana Manolescu は、2019 年の春、複数のデータベースを自動的に相互参照する検索システム「ConnectionLens」を発表した。同システムは、ファクトチェックとデータジャーナリズムに応用されることを目的として開発された。同システムには高度な自然言語処理と検索技術、そしてデータベース構築技術が使われている。

## 2.6.2. 産学協働と企業支援

キーワード：富士通、DeepMind、IBM、量子技術、中小企業支援

近年、フランス政府は AI 研究開発に関する産学協働と企業支援を活発に行っている。主な産学協働プロジェクトと企業支援は以下の通り。

---

<sup>58</sup> <https://www.inria.fr/en/ioana-manolescu-giving-voice-complex-databases>

発表日	発表内容
2018/3/29	国際会議「AI for Humanity」の一環として、富士通 <sup>59</sup> と DeepMind <sup>60</sup> がパリに人工知能に関する研究センターを設立。
2020/6/5	国家の安全保障と経済発展に大きく関わる技術である人工知能および量子技術に関わるスタートアップを対象としたファンド「FrenchTechSovereignty」を設立 <sup>61</sup> 。ファンドの規模は1億5,000万ユーロ。
2020/9/22	IBMとパリ第11大学が官民共同プロジェクト「AIDA（Artificial Intelligence for digital automation：デジタルオートメーションのための人工知能）」 <sup>62</sup> を立ち上げた。
2020/10/20	人工知能技術を使用したデジタルトランスフォーメーションを中小企業に普及させる支援策「IA Booster」を発表 <sup>63</sup> 。

### 2.6.3. AI倫理に関する取り組み

キーワード：顔認証に関する規制、ブラックボックス化の阻止、アルゴリズムの影響

CNIL（Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés：情報と自由に関する国立委員会）は、2017年12月26日、アルゴリズムが及ぼす倫理影響を論じた報告書「どのようにして人間の手を離さないようにするのか」を発表<sup>64</sup>した。同報告書では、アルゴリズムシステムの理解と責任の所在に関する以下のような6つの原則が提唱された。

1. アルゴリズムシステムに関与するすべてのプレーヤー（設計者、専門家、市民）の教育を促進する。
2. 既存の人権を強化し、ユーザとの調停を再考することにより、アルゴリズムシステムを理解可能にする。
3. 「ブラックボックス」効果を防ぐようなアルゴリズムシステムを設計する。
4. アルゴリズムを監査するための全国的なプラットフォームの構築。

<sup>59</sup> <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid128587/le-centre-d-excellence-d-intelligence-artificielle-de-fujitsu-a-paris-saclay-etend-ses-activites-a-l-europe.html>

<sup>60</sup> <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid128598/implantation-du-centre-d-intelligence-artificielle-de-deepmind-a-paris.html>

<sup>61</sup> <https://www.economie.gouv.fr/covid19-soutien-entreprises/plan-soutien-entreprises-technologiques>

<sup>62</sup> <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/intelligence-artificielle-ibm-lance-en-france-un-projet-de-ramp-d-mondial-20200922>

<sup>63</sup> <https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance/profils/entreprises/aide-maitrise-diffusion-numerique-ia-booster>

<sup>64</sup> <https://www.cnil.fr/en/how-can-humans-keep-upper-hand-report-ethical-matters-raised-algorithms-and-artificial-intelligence>

5. 倫理的 AI の研究に対するインセンティブを高め、国民参加型の AI 倫理プロジェクトを開始する。
6. アルゴリズムに関する企業倫理を強化する。

また、CNNum（Conseil National du numérique：国立デジタル評議会）は、2019年6月26日、顔認識に必要な規制に関するガイドラインを世界経済フォーラムと共同で作成することを発表<sup>65</sup>した。同ガイドラインでは、顔認証技術の公共サービスへの応用を含む社会実装に際するフレームワークが提言されている。そのフレームワークは、以下のような4つのステップから構成されている<sup>66</sup>。

1. 顔認識の責任ある使用を構成するものを定義する。
2. 製品チームをサポートするためにベストプラクティスを設計する。
3. 設計されたシステムに関して、ユースケースごとに生じる責任を評価する。
4. 信頼できるサードパーティによる監査を受ける。

## 2.7. イタリア

### 2.7.1. 国家戦略における6つの目標

キーワード：持続可能で信頼できる AI、10億ユーロの公共投資

イタリアの AI 戦略については、欧州委員会が加盟国の AI 戦略をまとめたウェブサイト『AI Watch』の「イタリア AI 戦略レポート」<sup>67</sup>にまとめられている。そのレポートによればイタリア経済開発省は、2019年8月、人工知能に関する国家戦略の草案<sup>68</sup>と「AIに関するイタリアの戦略への提言」と題された提案書<sup>69</sup>を発表した。これらの文書では、以下のような6つの目標が掲げられた。

- すべての教育レベルで AI 関連のスキルとコンピテンシーを向上させ、労働力のための生涯学習と再教育の機会も創出する。

---

<sup>65</sup> [https://cnnumerique.fr/regulation\\_reconnaissance\\_faciale](https://cnnumerique.fr/regulation_reconnaissance_faciale)

<sup>66</sup> <https://www.weforum.org/projects/responsible-limits-on-facial-recognition-technology>

<sup>67</sup> [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/ai-watch/italy-ai-strategy-report\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/ai-watch/italy-ai-strategy-report_en)

<sup>68</sup> <https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Strategia-Nazionale-Intelligenza-Artificiale-Bozza-Consultazione.pdf>

<sup>69</sup> <https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Proposte-per-una-strategia-italiana-2019.pdf>

- 起業家のエコシステムの競争力を高めるために、AIの研究とイノベーションを促進する。
- 持続可能で信頼できるAIを確保するための規制および倫理的枠組みの確立。
- (国際的な) ネットワークとパートナーシップの支援。
- AIの開発を促進するためのデータインフラの開発。
- AIアプリケーションの広範な導入と使用による公共サービスの向上。

以上の目標を達成するために、イタリア政府は2025年までに10億ユーロの公共投資を計上している。この公共投資が同額の民間投資へのレバレッジ効果を生み、結果として総投資額が20億ユーロになると見込まれている。

### 2.7.2. 人材育成政策

キーワード：EUブルーカード、イタリア・スタートアップ・ビザ

イタリア政府はすべての教育レベルでAI能力の提供を強化することを目指しており、各教育レベルに以下のような施策を実行している。

初等教育	「デジタルスクールのための国家計画」 <sup>70</sup> を策定し、デジタル教育やAI関連のコースにおける教師のスキルを更新し、これらのコースを生徒のカリキュラムに組み込む。
高等教育	学士、修士、博士課程にAI関連テーマのコースを組み込むことを奨励
生涯教育	AIに関する専門的なオンラインコース、および労働者のためにAIに関するアップスキリングおよびリスキリングのトレーニングプログラムを提供

また、イタリア国外からのAI人材を呼び込むために、優れた国外労働者の居住を優遇する「EUブルーカード」<sup>71</sup>や国外スタートアップのイタリア進出を支援する「イタリア・スタートアップ・ビザ」<sup>72</sup>といった施策を打ち出している。

国民全体を対象とした放送やマルチメディアを利用したプロモーションキャンペーンにより、AIに関する啓発活動も推進している。

### 2.7.3. 研究支援と企業支援

<sup>70</sup> [https://www.istruzione.it/scuola\\_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf](https://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf)

<sup>71</sup> <https://www.apply.eu/BlueCard/Italy/>

<sup>72</sup> <http://italiastartupvisa.mise.gov.it/>

キーワード：市民サービスのための人工知能に関する白書、スマート&スタート・イタリア、国家イノベーション基金

イタリアにおける人工知能研究体制は、人工知能・知能システム研究所、イタリア工科大学、計算・高機能サービスネットワーク研究所といった国立研究センターを中心に、経済開発省が設立した 8 ヶ所のコンピテンスセンター、そして教育・大学・研究省が設立した 12 の欧州技術クラスターから構成されている。

奨励されている研究分野は、製造業、食品、エネルギー、ヘルスケア、輸送、スマートシティ、文化・観光、行政である。行政に関しては、デジタル庁の人工知能に関するタスクフォースチームが、2018 年 3 月、「市民サービスのための人工知能に関する白書」<sup>73</sup>を発表した。

企業支援策としては、政府がテック系スタートアップに出資する「スマート&スタート・イタリア」<sup>74</sup>がある。同政策では、ブロックチェーン、人工知能、モノのインターネットにおける実験・テスト活動を行うスタートアップに対して資金を提供するとされている。2019 年にはスタートアップ全般を支援する国営ファンド「国家イノベーション基金」<sup>75</sup>が設立され、同ファンドの予算として 10 億ユーロが計上された。

#### 2.7.4. 環境整備

キーワード：共通の欧州データ空間、EuroHPC

イタリア政府は、行政データの相互運用性とアクセス性を向上させることで、データ経済圏を活性化させることを目指している。こうした取り組みの一環として、EU 全域にわたるデータ経済圏を構築する構想「共通の欧州データ空間に向けて」<sup>76</sup>の推進を支援している。また、EU 圏内における演算能力の向上を目指す構想「EuroHPC」<sup>77</sup>にも協力している。

---

<sup>73</sup> <https://ia.italia.it/assets/whitepaper.pdf>

<sup>74</sup> <https://www.mise.gov.it/index.php/it/incantivi/impresa/smart-start>

<sup>75</sup> <https://www.mise.gov.it/index.php/it/incantivi/impresa/fondo-nazionale-innovazione>

<sup>76</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-towards-common-european-data-space>

<sup>77</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/eurohpc-joint-undertaking>

## 2.7.5. 「回復と再生のプラン」における先端技術研究支援策

キーワード：イノベーションエコシステム、量子技術、先端材料、高度な数学的分析方法、国立研究センター

イタリア政府は、2021年1月12日、新型コロナウイルスの流行により疲弊したイタリア経済を再興することを目的とした計画書「回復と再生のプラン」<sup>78</sup>を発表した。

同計画書では、最先端技術研究の奨励策としてイノベーションエコシステムの構築が挙げられている。そうしたエコシステムを構築するうえで重要となる研究分野は、人工知能、量子技術、先端材料、高度な数学的分析方法である。

さらに、新たに以下のような7つの研究センターの設立も計画されている。

- 国立人工知能センター（トリノに建設予定）
- 環境とエネルギーに関する国立ハイテクセンター
- 量子コンピューティングに関する国立ハイテクセンター
- 水素に関する国立ハイテクセンター
- バイオ医薬品に関する国立ハイテクセンター
- アグリテック（農業に関する最先端技術）に関する国立センター（ナポリに建設予定）
- フィンテックに関する国立センター（ミラノに建設予定）

## 2.8. シンガポール

### 2.8.1. 国家人工知能戦略

キーワード：インテリジェント・フレイト・プランニング、パーソナライズされた教育システム、スマート国境審査

シンガポール政府は、2019年11月、同国のAI開発に関するマスタープラン「国家人工知能戦略」<sup>79</sup>を発表した。同戦略では、同国をAI先進国たらしめるために以下のような4つ

---

<sup>78</sup> [https://www.mef.gov.it/en/focus/documents/PNRR-NEXT-GENERATION-ITALIA\\_ENG\\_09022021.pdf](https://www.mef.gov.it/en/focus/documents/PNRR-NEXT-GENERATION-ITALIA_ENG_09022021.pdf)

<sup>79</sup> [https://www.smartnation.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/national-ai-strategy.pdf?sfvrsn=2c3bd8e9\\_4](https://www.smartnation.gov.sg/docs/default-source/default-document-library/national-ai-strategy.pdf?sfvrsn=2c3bd8e9_4)

のビジョンが掲げられている。

1. シンガポールを AI ソリューションの開発、テストベッド、実装、スケーリングのグローバルハブにする。
2. 政府と企業は AI を活用して国民の生活を改善する。予測能力を備えた個人向け公共サービスを提供する。
3. 国民に AI 教育を提供して、AI 経済に適応した労働力とする。
4. 以上のビジョンを実現するために、国家的 AI プロジェクトの実施と AI エコシステムの構築に注力する。

以上のビジョンを実現するために実施される国家的 AI プロジェクトには、以下のような 5 つのプロジェクトの実行が計画されている。

1. 交通を最適化して企業の生産性を高めるインテリジェント・フレイト・プランニング
2. AI を活用して応答性、信頼性、即応性を向上させるシームレスで効率的な自治体サービス
3. 慢性疾患の予防と管理の改善を支援する医療サービス
4. 教師がすべての生徒の学習経験をカスタマイズし、向上させることを支援するパーソナライズされた教育システム
5. AI を活用して国境警備を強化し、旅行者の体験を向上させるスマート国境審査

さらに AI エコシステムを構築するために、以下のような 5 つの施策の実行が掲げられている。

1. 政府・学界・産業界のコラボレーション
2. AI 人材の育成
3. 高品質で分野横断的なデータセットへの迅速かつ安全なアクセスを可能とするデータ

アーキテクチャの整備

4. 信頼できる AI ソリューションのテストベッド、開発、実装を可能とする技術的環境の整備
5. AI に関する国際的なパートナーシップ

### 2.8.2. 3つの重点研究課題

キーワード：協調的意思決定のための AI、説明可能で信頼できる AI、設計と発見のための AI

シンガポールでは 2018 年より同国政府が AI に関する研究プログラムを推進しており、2020 年には以下のような 3 つのテーマを研究する機関を募集<sup>80</sup>していた。

- テーマ 1：協調的意思決定のための AI 研究。このテーマは、さらに i) 意図・目標・行動モデルにもとづいたヒューマンライクなコラボレーションのモデリング、ii) 不確実性の下での複雑な意思決定、iii) 少ない情報あるいはコミュニケーションにおけるコラボレーション、または集約された意見にもとづいたグループ意思決定、という 3 つの分野に細分化される。
- テーマ 2：説明可能で信頼できる AI についての研究。このテーマは、さらに i) 安全、公正、堅牢な AI システム開発、ii) 透明または説明可能な AI システム開発、iii) 説明性と信頼性に関する評価、の 3 つの分野に細分化される。
- テーマ 3：設計と発見のための AI についての研究。このテーマは、さらに i) 設計と作成に関する AI の理解、ii) 人間と AI の共同設計、iii) 複雑な事前設定または測定による知識表現、iv) 科学に触発された、または物理学にもとづいた AI モデルの 4 つの分野に細分化される。

### 2.8.3. AIAP と AI 認定

キーワード：政府からの奨学金、AI 認定ハンドブック

---

<sup>80</sup> <https://www.aisingapore.org/research/>

シンガポールでは 2017 年より同国民を対象とした AI 教育プログラム「AIAP (AI Apprenticeship Programme : AI 徒弟プログラム)」<sup>81</sup>を運営している。同プログラムは、2 ヶ月のトレーニングフェーズと 7 ヶ月のプロジェクトフェーズから構成されており、プロジェクトフェーズでは実際に AI モデルの開発と実装を体験する (画像 2.8.1<sup>82</sup>)。なお、同プログラムの実習生には、同国政府より毎月 3,500~5,500 シンガポールドルの奨学金が支給される (奨学金の支給額は、実務経験年数によって異なる)。



画像 2.8.1(出典 : AIAP(AI Apprenticeship Programme):AI 徒弟プログラム)

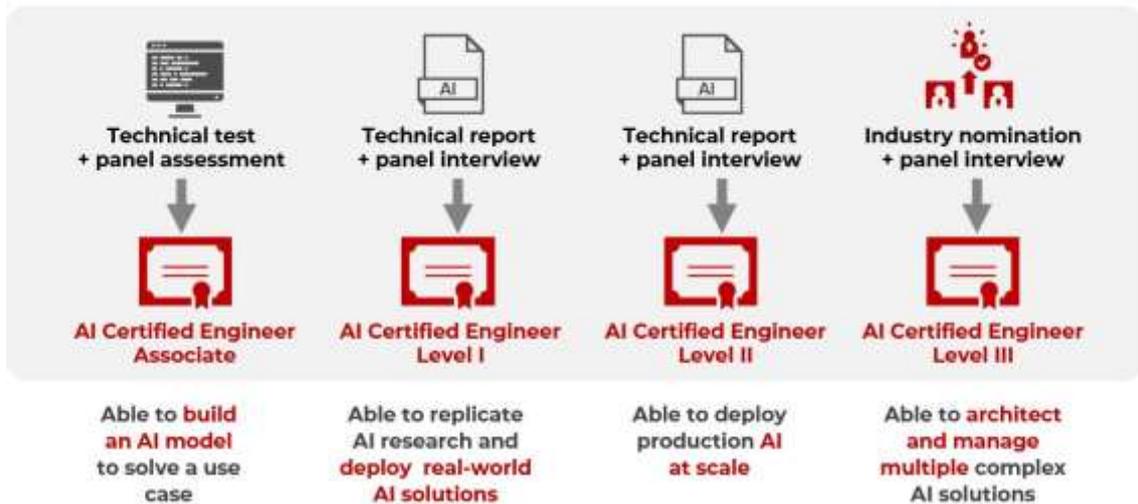
2020 年には AI に関する知識と実装能力が備わっていることを認定する「AI 認定」<sup>83</sup>制度が始まった。同制度は、シンガポール政府が作成した AI 認定ハンドブックにもとづいて、AI に関する知識と実装能力に応じて「AI 認定エンジニアアソシエイト」および「AI 認定エンジニア」のレベル I~III の 4 段階で認定する (画像 2.8.2<sup>84</sup>)。

<sup>81</sup> <https://www.aisingapore.org/industryinnovation/aiap/>

<sup>82</sup> <https://www.aisingapore.org/industryinnovation/aiap/>

<sup>83</sup> <https://www.aisingapore.org/ai-certification/>

<sup>84</sup> <https://www.aisingapore.org/ai-certification/>



画像 2.8.2(出典：AI 認定ハンドブック)

認定に際しては認定申し込み後に受け取る技術テストを受験し、合格者はAIモデルのプレゼンテーション等を評価する面接テストを受ける。技術テストでは、売上高の予測モデルの開発のような実践的な課題を解決することになる。

なお、シンガポール国民でなくても AI 認定を受けられるが、認定に際しては認定料を支払うことになり、認定レベルごとに料金が異なる。

#### 2.8.4. AI の倫理とガバナンスの体系化

キーワード：5A + 1D

シンガポール政府は、2018 年 6 月、AI とデータの倫理的使用を検討することを目的として AI とデータの倫理的使用に関する諮問委員会を設立した。同委員会の設立と同時に、AI とデータの倫理的使用に関するケーススタディとユースケースを整理するワーキンググループが結成された。同ワーキンググループは、2020 年 10 月 16 日、「人工知能の倫理とガバナンスに関する知識体系」<sup>85</sup>をまとめた。

同体系には、AI システムを開発・実装する際に AI 倫理について考える手順「5A + 1D」<sup>86</sup>が提言されている。この手順は、ジャーナリズムにおける記事執筆で使われる「5W + 1H」に着想を得ており、以下のような6つの問いかけを通して AI 倫理を考えるように促してい

<sup>85</sup> <https://ai-ethics-bok.scs.org.sg/>

<sup>86</sup> <https://ai-ethics-bok.scs.org.sg/document/91>

る。

1. 自動化 (Automation) : 自動化システムにおいて、人間が相互作用する余地があるのか？
2. 応用 (Applications) : 人間中心に設計されているか？
3. アルゴリズム (Algorithms) : アルゴリズムによる害やバイアスは生じないか？
4. 監査可能性 (Auditability) : AI モデルの動作を説明するドキュメントはあるか？予測は説明可能か？
5. AI 運用 (AI operations) : 稼働した AI モデルを監視するプロセスは導入されているか？
6. データ (Data) : 学習データはプライバシーを侵害していないか？

## 2.9. オーストラリア

### 2.9.1. 人工知能ロードマップ

キーワード：技術的特化、農業ロボット、鉱山現場の自動化

オーストラリア政府は、2019年11月、同国のAI政策におけるマスタープラン「人工知能ロードマップ」を発表<sup>87</sup>した。同プランによると、近年14の先進国が860億オーストラリアドル以上のAIプログラムへの投資を発表している状況を鑑み、同国もAIに関する取り組みを整備・拡充する必要がある。具体的には、以下のような3つの戦略を掲げた。

- 技術的特化：グローバル市場での比較優位を得るために、特定の分野に絞り込んでAI研究開発を推進する。
- ミッション指向の研究：国家的に重要な問題の解決に関連する研究に優先的に取り組む。
- ビジネスと知識のエコシステム：専門知識やリソースのネットワークの管轄区域を超えて活用できるようにする。

以上の戦略をふまえて、以下のような3つの重点分野に絞り込んでAI研究開発を推進する。

---

<sup>87</sup> <https://data61.csiro.au/en/Our-Research/Our-Work/AI-Roadmap>

- 健康・高齢化・障がい：AI を使って国民の健康を改善（予防または治療）し、健康的な高齢化を実現し、障害を持つ人々をサポートする。高齢化問題の AI による解決は、オーストラリアに大きな経済的利益をもたらす。また、AI が実現する障害者支援は、推定 430 万人のオーストラリア人の障害者に恩恵をもたらす。
- 都市・町・インフラ：自動化とセンサーシステムを活用すれば、インフラを改善できる。インフラ改善のソリューションは、海外輸出も可能である。
- 天然資源と環境：オーストラリアは、農業ロボットや農場での高度なデータサイエンスあるいは機械学習の利用において、すでに世界をリードしている。また、鉱山現場の自動化や環境監視・管理への AI の応用でも世界をリードしている。こうした技術は海外に輸出できる。

## 2.9.2. 共同研究センタープロジェクトによる助成

キーワード：スマート太陽光発電、テレリハビリテーション、農作物管理ツール

オーストラリア政府は社会的な問題を解決するプロジェクトに助成金を支給する「共同研究センタープロジェクト」<sup>88</sup>を展開しており、2019 年には 2,500 万オーストラリアドルを AI プロジェクトに支給<sup>89</sup>した。助成を受けた最近の AI プロジェクトは、以下の表の通り。

---

<sup>88</sup> <https://www.business.gov.au/grants-and-programs/cooperative-research-centres-projects-crcp-grants/crc-projects-selection-round-outcomes>

<sup>89</sup> <https://www.industry.gov.au/policies-and-initiatives/artificial-intelligence>

プロジェクト名	概要	プロジェクト期間	助成金額
検眼精度を向上させる AI 診断ツール開発	専門医の診断に匹敵する AI 検眼ツールの開発。眼球のスキャンデータと病歴を学習データとする。	2020年1月1日～2022年12月30日	2,982,766AUD
AI による予測を活用した太陽光発電配電システム	AI によって発電量と需要を予測することで、費用対効果の高い太陽光発電を実現する。	2019年1月9日～2022年8月31日	3,000,000AUD
AI を活用したテレリハビリテーション	動画から患者の関節可動域を認識する AI を活用して、遠隔リハビリテーションを改善する。	2019年1月21日～2021年7月19日	1,187,534AUD
機械学習を活用した農作物管理ツール	目視に頼っていた農作物に関する意思決定プロセスに機械学習による支援を導入する。	2019年1月30日～2022年1月1日	2,984,912AUD

### 2.9.3. 奨学金プログラムと AI 教材

キーワード：博士号取得の奨学金、デジタル・テクノロジー・ハブ、インタラクティブな教材

CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation：オーストラリア連邦科学産業研究機構) は、機械学習を含むデータ駆動型研究プロジェクトに取り組む博士号取得希望者に対して、奨学金を支給するプログラム<sup>90</sup>を実施している。このプログラムは、オーストラリア国民でなくても申請できる。申請前には、同プログラム提携大学の博士課程に入学する必要がある。

同プログラムの申請が受理された場合、オーストラリア教育・技術・雇用省が運用する研究研修プログラムで定められた奨学金と同等の金額が支給される。奨学金額は毎年更新され、2021 年は 28,597～44,674 オーストラリアドルである<sup>91</sup>。

<sup>90</sup> <https://data61.csiro.au/en/Our-Network/Students/Scholarship-Program>

<sup>91</sup> <https://www.dese.gov.au/research-block-grants/research-training-program>

また、オーストラリア教育・技術・雇用省は技術教育に関する教材を集めたウェブサイト「デジタル・テクノロジー・ハブ」<sup>92</sup>を公開している。公開された教材の中には AI に関するインタラクティブコンテンツも含まれており、例えば「海洋のための AI」<sup>93</sup>では海洋ごみ問題を物体識別 AI によって解決するアイデアを学べる。

#### 2.9.4. 8つの AI 倫理原則

キーワード：プライバシー保護、説明可能な AI、説明責任

オーストラリア産業・科学・エネルギー資源省は、2019 年 4 月、「人工知能に関するオーストラリアの倫理フレームワーク」<sup>94</sup>と題されたディスカッション・ペーパーを発表した。同ペーパーには、AI の倫理原則として以下のような 8 項目が提言されている。

1. AI システムは、コストを上回る利益を生み出さなければならない。
2. AI システムは、人間に危害を加えたり騙したりしてはならない。
3. AI システムは、オーストラリア国内および国際的な法律と規則を遵守しなければならない。
4. AI システムは、私的なデータを確実に保護し、データを漏えいしてはならない。
5. AI システムは、不当な差別を行ってはならず、そのアルゴリズムにバイアスが含まれてはならない。
6. AI システムは、そのアルゴリズムの影響を受ける人間に使用していることを知らせなければならない。またアルゴリズムは説明可能でなければならない。
7. AI システムのアルゴリズムが使用されている場合、使用されている人間はその使用や出力に異を唱えることができなければならない。
8. AI システムの開発者および組織は、そのアルゴリズムの影響が意図しないものであっても、アルゴリズムに関する説明責任を負わなければならない。

#### 2.10. イスラエル

---

<sup>92</sup> <https://www.digitaltechnologieshub.edu.au/>

<sup>93</sup> <https://www.digitaltechnologieshub.edu.au/resourcedetail?id=a2ac4b98-09f9-6792-a599-ff0000f327dd#/>

<sup>94</sup> [https://consult.industry.gov.au/strategic-policy/artificial-intelligence-ethics-framework/supporting\\_documents/ArtificialIntelligenceethicsframeworkdiscussionpaper.pdf](https://consult.industry.gov.au/strategic-policy/artificial-intelligence-ethics-framework/supporting_documents/ArtificialIntelligenceethicsframeworkdiscussionpaper.pdf)

## 2.10.1. 2018-2019 イノベーションレポートによる現状分析

キーワード：スーパーコンピューティングセンター、AI インフラストラクチャ、イスラエルセンター

イスラエル国内のテック系スタートアップの支援を目的として設立された政府機関であるイスラエル・イノベーション局は、2019年1月、同国における先端テクノロジーの動向とその戦略をまとめたレポート「2018-2019 イノベーションレポート」<sup>95</sup>を公表した。同レポートには「人工知能の強化」<sup>96</sup>と題された章があり、その章では同国におけるAIの動向と将来に向けた戦略がまとめられている。

同レポートによると、ドイツのAI専門ベンチャーキャピタルであるASGARTが2018年に発表した国別のAIスタートアップ数において、イスラエルはアメリカと中国に次いで3位であった<sup>97</sup>（画像2.10.1<sup>98</sup>）。こうした中、イスラエルにおけるAI市場の成長を阻害する以下のような4つの障害を指摘している。



画像 2.10.1(出典：ASGARD)

<sup>95</sup> <https://innovationisrael.org.il/en/news/israel-innovation-authority-2018-19-report>

<sup>96</sup> <https://innovationisrael.org.il/en/reportchapter/bolstering-artificial-intelligence-0>

<sup>97</sup> <https://www.linkedin.com/pulse/global-artificial-intelligence-landscape-including-3465-westerheide/>

<sup>98</sup> <https://www.linkedin.com/pulse/global-artificial-intelligence-landscape-including-3465-westerheide/>

- AI分野における優秀な人材の不足：イスラエルは、1人当たりのAI論文発表数で上位の国であるものも、論文数増加率は低い。
- 政府データベースへのアクセス制限：イスラエル政府は数千のデータベースを保有しているものも、企業が活用できるものは約700程度に限られている。
- ハイパフォーマンス・コンピューティングの欠如：イスラエルにはスーパーコンピューティングセンターがない。
- 規制と倫理的ガイドラインの欠如：AI倫理および規制が整備されていない。

### 2.10.2. イスラエル・イノベーション局が提言するAI戦略

キーワード：*AIプロジェクト支援、ワークショップ、世界経済フォーラム*

以上の4つの障害をふまえてイスラエル・イノベーション局は、イスラエルがAIで世界的リーダーシップを発揮するために実行すべき以下のような4つの戦略を提言した。

- AIプロジェクトの支援：2019年にはAI関連企業219社に対して、4億1,500万新シエケルの助成金を支給した。この助成金は、主にAIインフラストラクチャプロジェクトに提供された。
- AI人材育成への投資：AIに焦点を当てた高度なテクノロジー訓練に関するワークショップを開催と推進。イスラエル政府はワークショップに1,600万新シエケルを投資して、各ワークショップでは少なくとも200人を訓練する。
- AIインフラストラクチャへの投資：AIシステムに活用する専用データベースと技術ツールを開発する産学共同体に3億2,000万シエケルを投資する。
- AI規制の整備：世界経済フォーラムと協力して、AI規制を制定・運用するイスラエルセンターを設立した。同センターは、ドローンシステムの民間使用やIoTに関する規制を制定・運用する。

### 2.10.3. データサイエンス・イニシアチブの活動

キーワード：*データサイエンス、ディープラーニング、強化学習、バイオインフォマティクス、計算生物学、軽量経済学、量子計算*

イスラエルでは 2019 年にデータサイエンス研究センターが設立され、2020 年には同国の学界と産業界にデータサイエンスを普及させることを目的とした機関であるデータサイエンス・イニシアチブ<sup>99</sup>が結成された。同イニシアチブは、同国が取り組むべきデータサイエンスのコア分野と関連分野を以下の表のように定めている<sup>100</sup>。

---

<sup>99</sup> <https://idsi.net.technion.ac.il/>

<sup>100</sup> <https://idsi.net.technion.ac.il/research/core-fields/>

データサイエンスのコア分野	データサイエンスの関連分野
<p>実験、サンプリング、検索エンジンによるデータ収集の方法</p> <p>データベースシステムとビッグデータにもとづく（分散）計算を含む、データを保存して分析に利用できるようにする方法</p> <p>ニューラルネットワークやディープラーニング、強化学習と適応制御、統計的学習と推論などのデータ分析手法の開発</p> <p>アクセス可能な知識を作成するための検証と使用を含む、分類と予測のためのモデルとアルゴリズムの開発</p> <p>画像処理やコンピュータービジョン、自然言語処理、話し言葉（speech）や音声（audio）などの特殊なデータタイプの処理</p> <p>ネットワーク、縦断的、空間的および時間的データの分析、および生存分析</p>	<p>人工知能、最適化、オペレーションズリサーチ、ロボット工学、ゲーム理論、確率過程、情報、制御、信号処理、バイオインフォマティクス、計算生物学、デジタル医学、疫学、計量経済学、心理測定学、サイバー、量子計算、データベースの管理と構築</p>

#### 2.10.4. イスラエル国防軍における AI 活用

キーワード：警備用自律自動車、ヒューマンマシンチーム、データサイエンスドメインエキスパート

イスラエルは AI の軍事利用に積極的な国として知られており、2016 年 7 月にはパレスチナが統治するガザ地区との国境を警備するために、警備用自律自動車が配備された<sup>101</sup>。

2021 年、イスラエル国防軍の諜報活動を担当するデータ分析センターは、同センターにおける AI 実装の実情を報告したレポート「トラフィック分析から人工知能へ」<sup>102</sup>を発表した。同レポートによると、諜報活動における AI 実装の基本方針は優秀な人材を AI によって代替するのではなく、AI によって人材の能力を増強することにある。こうした人間と AI か

<sup>101</sup> <https://mainichi.jp/english/articles/20160824/p2a/00m/0na/020000c>

<sup>102</sup> <https://www.idf.il/en/minisites/dado-center/research-1/from-traffic-analysis-to-artificial-intelligence/>

ら構成される組織は、ヒューマンマシンチームと呼ばれる。

同センターがヒューマンマシンチームを結成するにあたっては、以下のような 3 つの施策を実行した。

- 自然言語処理の積極導入：音声認識や翻訳に自然言語処理を導入した。ただし、Google 翻訳のような民間のツールは使わずに、自前でラベル付けした学習データを作成してカスタマイズしたツールを使うようにした。また、自然言語処理の活用には各業務の専門家が担当するようにした。
- 高度な分析手法の活用：調査対象の人物間の関係を分析するにはソーシャルネットワーク分析、特定の事象に関する異常事態を検知するためには異常検出ツール、テキスト文書の分析には自然言語処理を活用するようにした。
- 機械学習の活用：テロリストの情報収集に、従来はルールベースの技法を活用していた。ルールベースでは、問題ごとにルールを人間が設定する必要があった。しかし、機械学習を導入したことによって、ルールの設定が不要となった。機械学習システムを運用するために、データサイエンスドメインエキスパートという新職種が設けられた。

以上のようなヒューマンマシンチーム体制下でデータ分析センターに勤務した兵士は、除隊後にイスラエル国内のデータサイエンス関連企業に就職することによって、同国の AI 産業の振興に貢献している。

### 3. 各国の AI 政策に関する数値とグラフ

2019 年 9 月から 2020 年 2 月にかけて、OECD は加盟国から AI 政策に関する情報を提供してもらい、それらをウェブサイト「OECD.AI」<sup>103</sup>に集約した。以下に示す各国の数値とグラフは、同サイトの情報にもとづいて算出した。掲載する数値とグラフは、以下の通り。

<b>政策総数</b>	OECD.AI に登録されている各国の政策本数。2020 年 2 月以降のものはない。最新の AI 政策については、「各国の最新動向」の記述を参照。
<b>推定最低予算規模</b>	OECD.AI に登録された各政策の推定最低予算規模の合計。
<b>投資分野別の政策本数グラフ</b>	20 の投資分野別に割り振られた政策本数。なお、割り振りに際しては重複を許しているため、投資分野別の政策数を合計すると上記の政策総数を上回る。このグラフから、各国が注力している投資分野がわかる。投資分野の定義については、「5. Appendix」を参照。
<b>政策予算規模内訳グラフ</b>	予算規模ごとに集計した政策本数の内訳。単位は M（100 万ドル）。

なお、シンガポールの投資分野別の政策本数グラフについては、OECD.AI に該当する情報がないので割愛する。

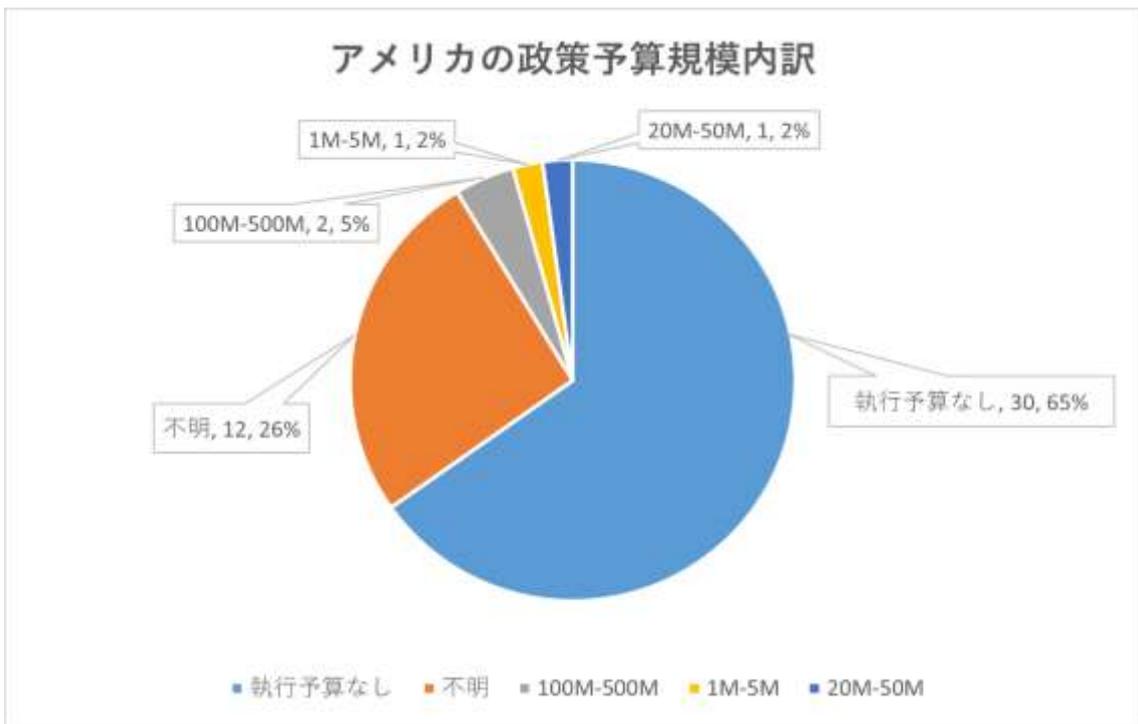
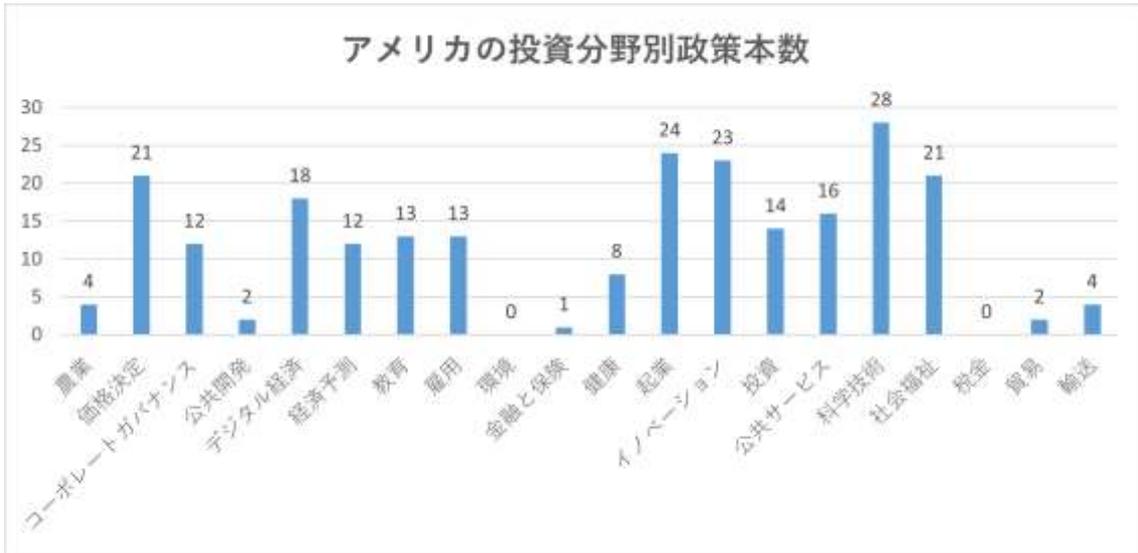
#### 3.1. アメリカ

政策総数：47 本

推定最低予算規模：2 億 2,100 万ドル

アメリカは政策本数が 47 と調査国で最多となるが、執行予算なしと予算不明の政策が多くを占めているため、推定最低予算規模が少ない。しかし、アメリカは OECD.AI に計上されていない軍事部門への AI 投資が巨額となる。アメリカの軍事部門への AI 投資については、「2.1.5. 2020 年までのアメリカ政府の AI 投資事情」を参照。

<sup>103</sup> <https://www.oecd.ai/>

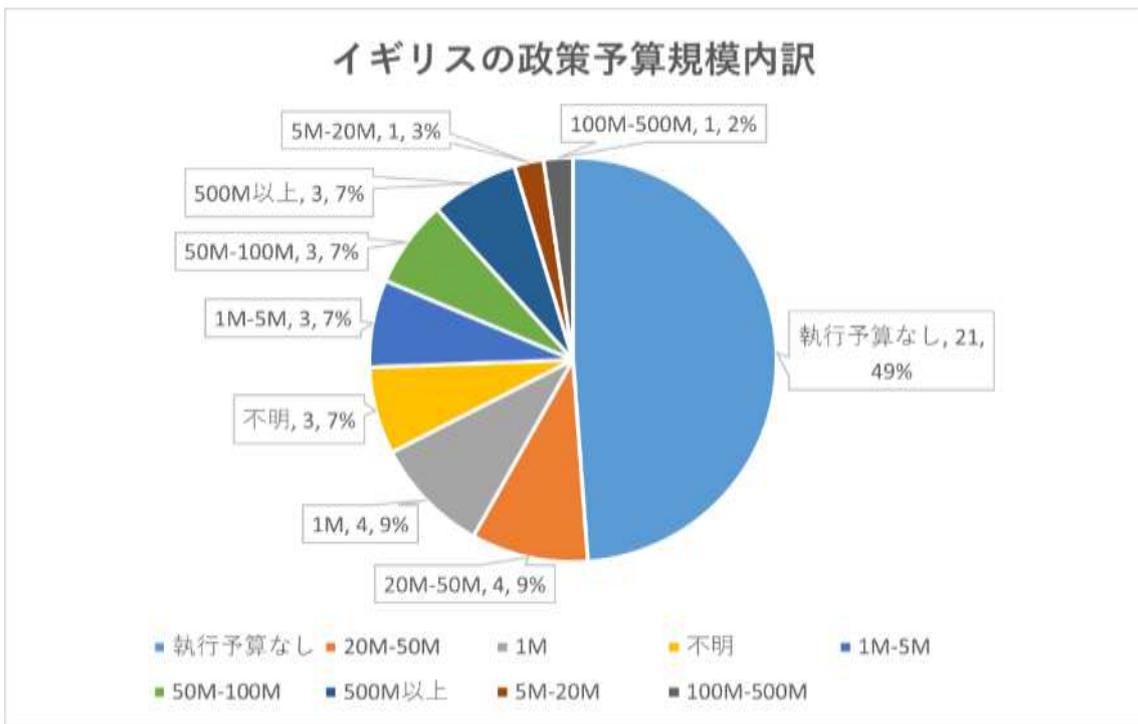
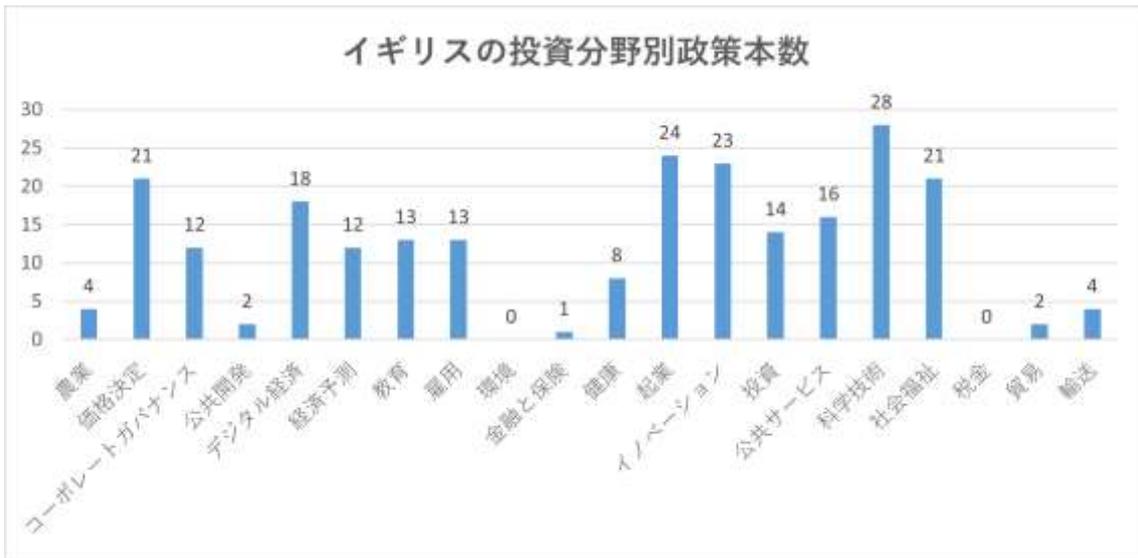


出典：OECD.AI

### 3.2. イギリス

政策総数：46 本

推定最低予算規模：18 億 4,200 万ドル

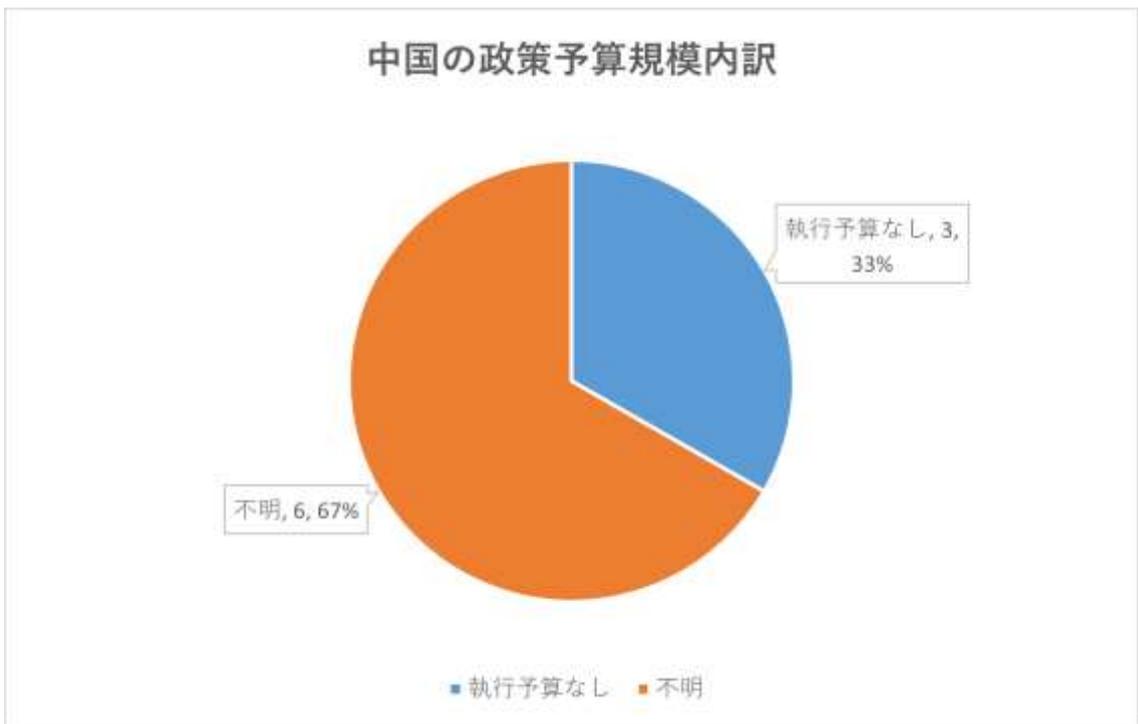
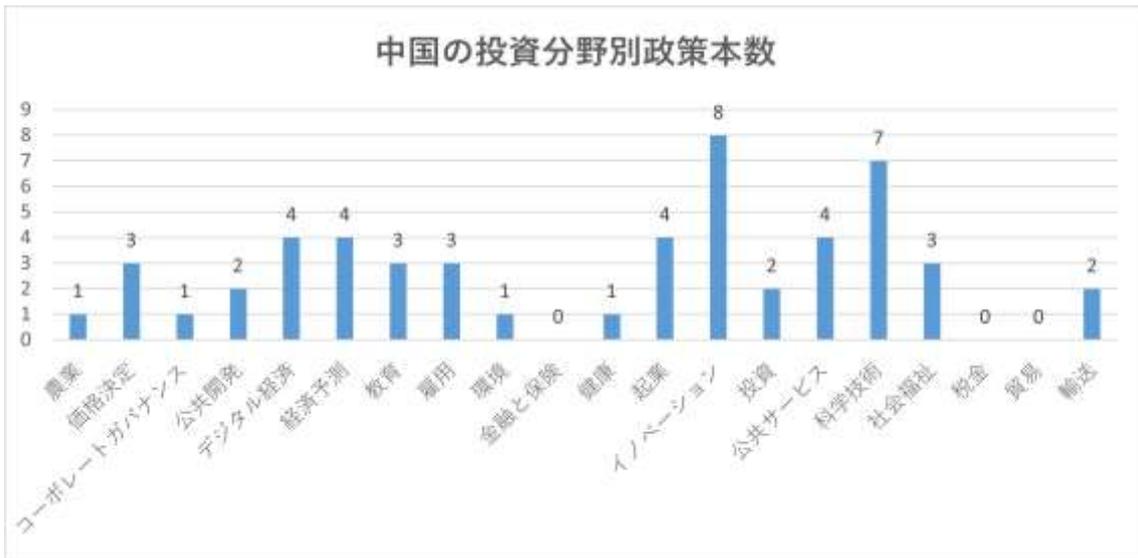


出典：OECD.AI

### 3.3. 中国

政策総数：9本

推定最低予算規模：執行予算なしと不明の政策しか登録されていないため不明。

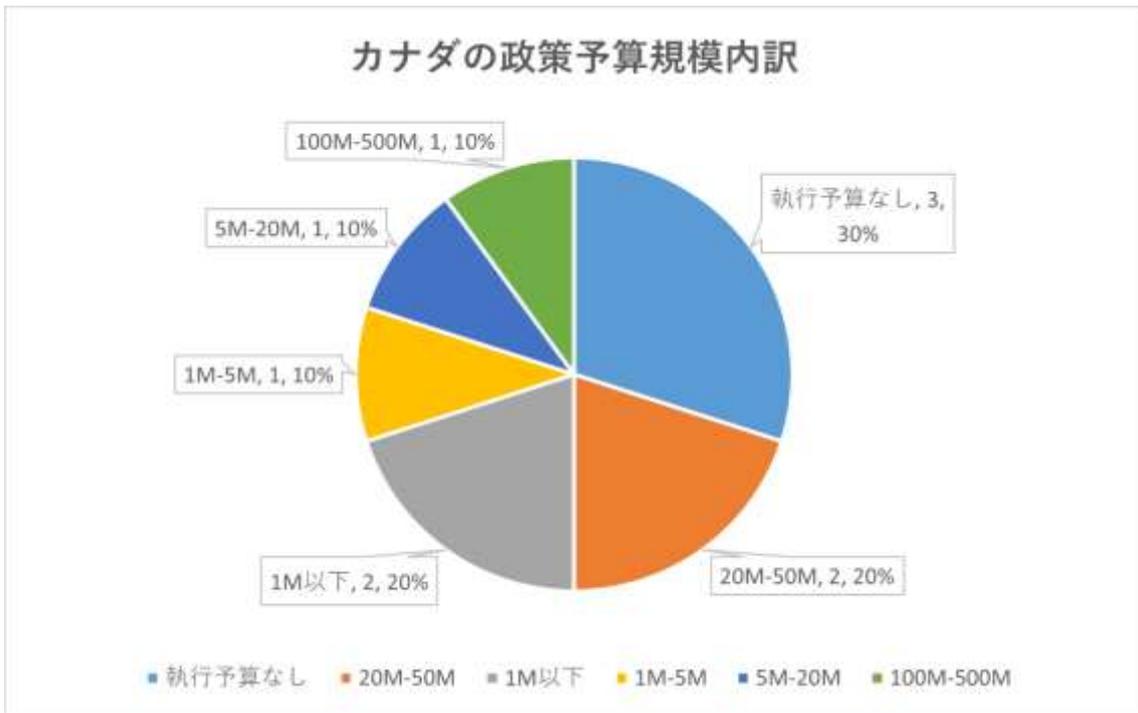
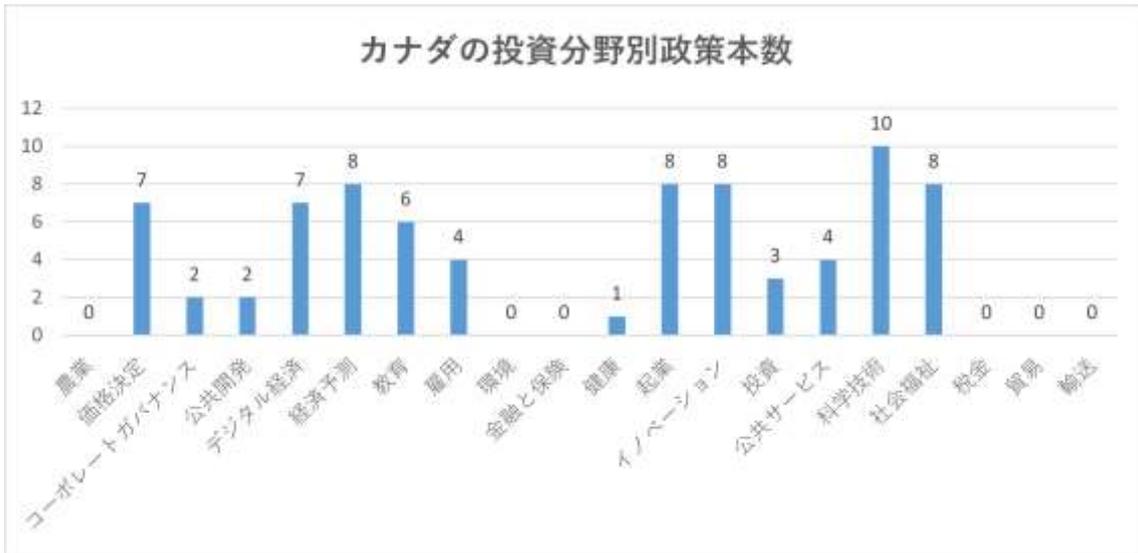


出典：OECD.AI

### 3.4. カナダ

政策総数：13 本

推定最低予算規模：1 億 4,600 万ドル



出典：OECD.AI

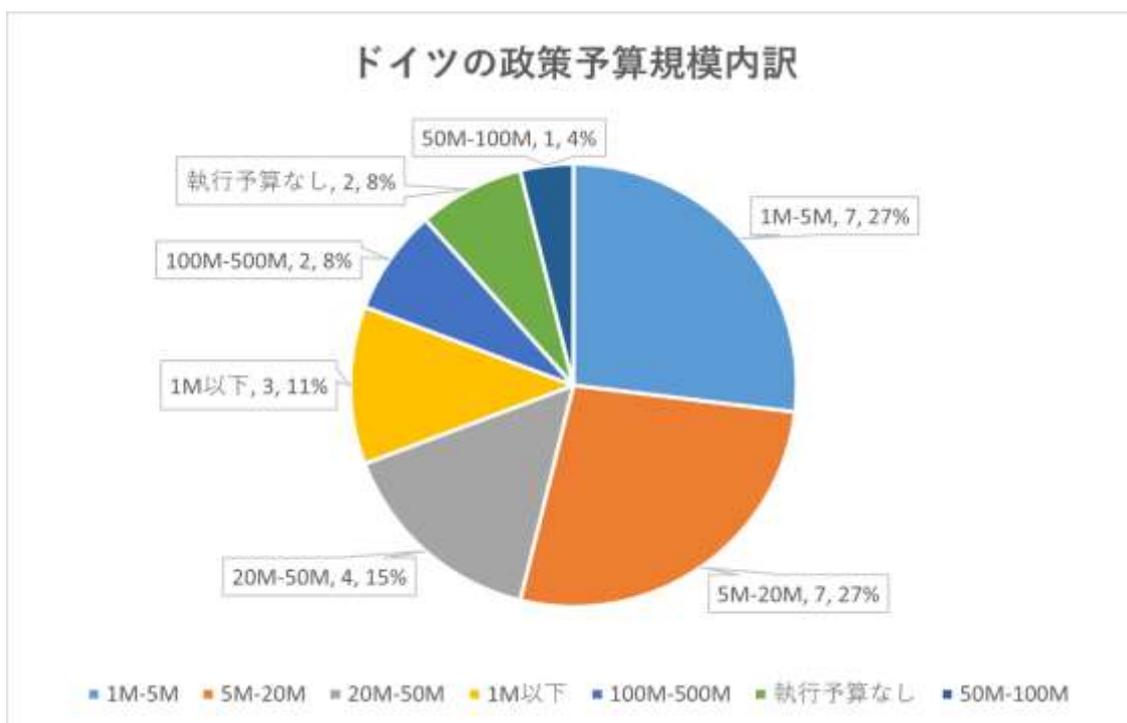
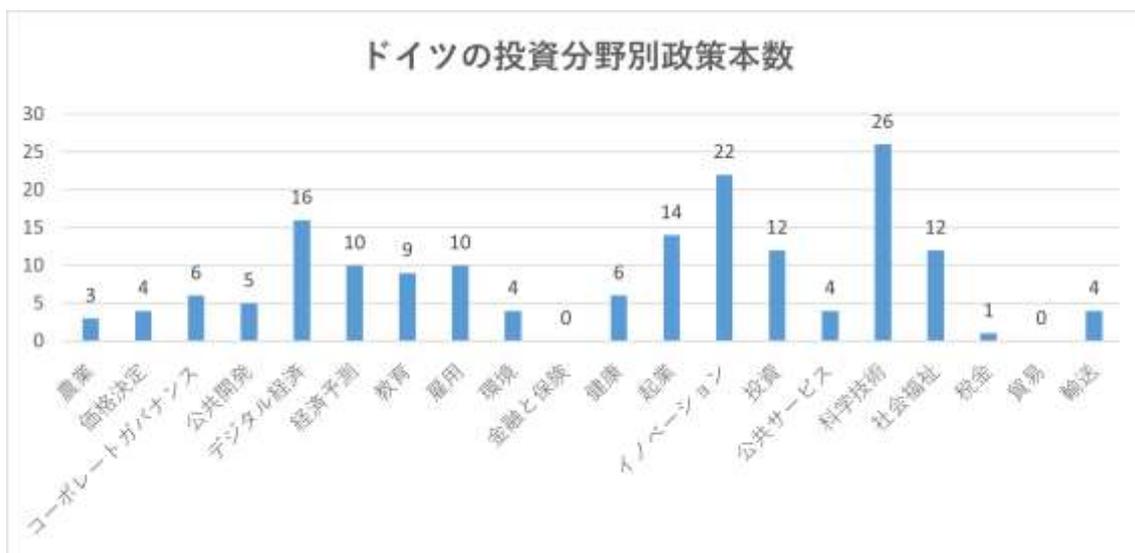
### 3.5. ドイツ

政策総数：34本

推定最低予算規模：3億7,200万ドル

ドイツは「環境」分野に4本の政策を立案しており、ほかの調査国がこの分野を重視して

いない中、特筆すべきものがある。

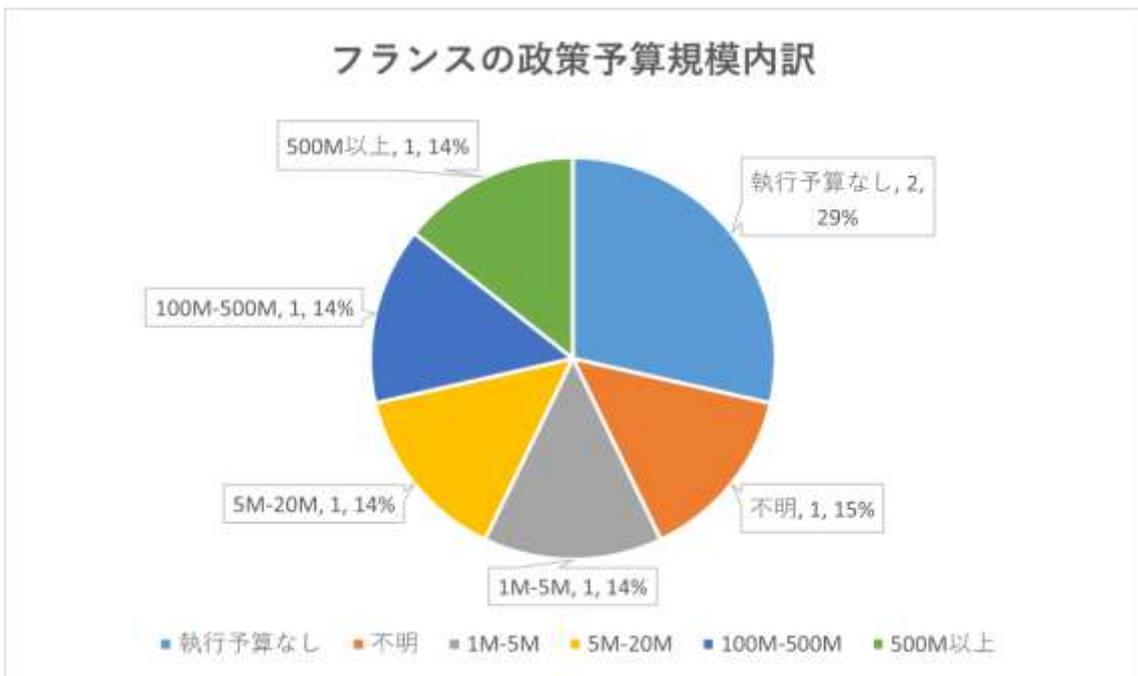
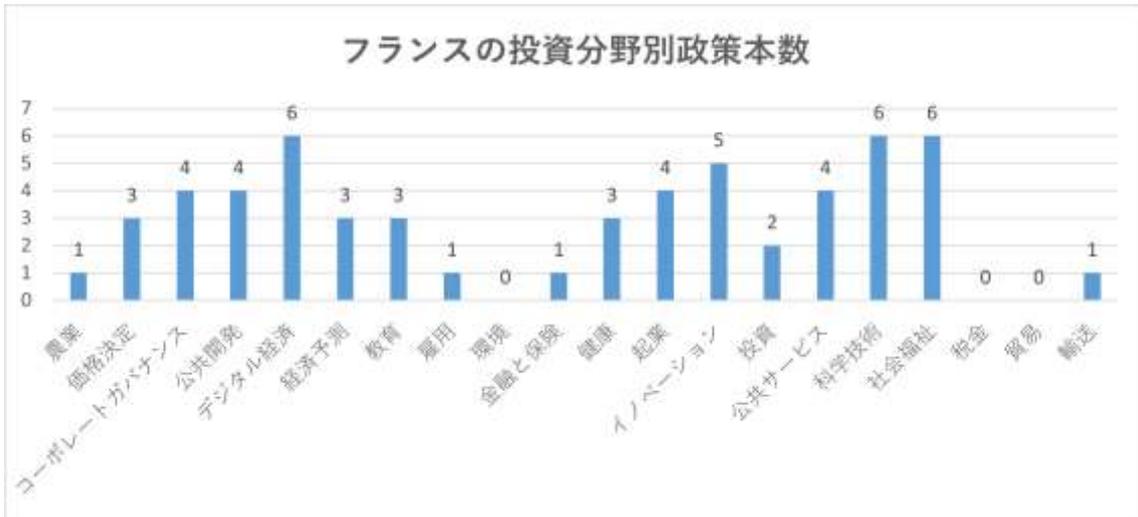


出典：OECD.AI

### 3.6. フランス

政策総数：9本

推定最低予算規模：6億600万ドル

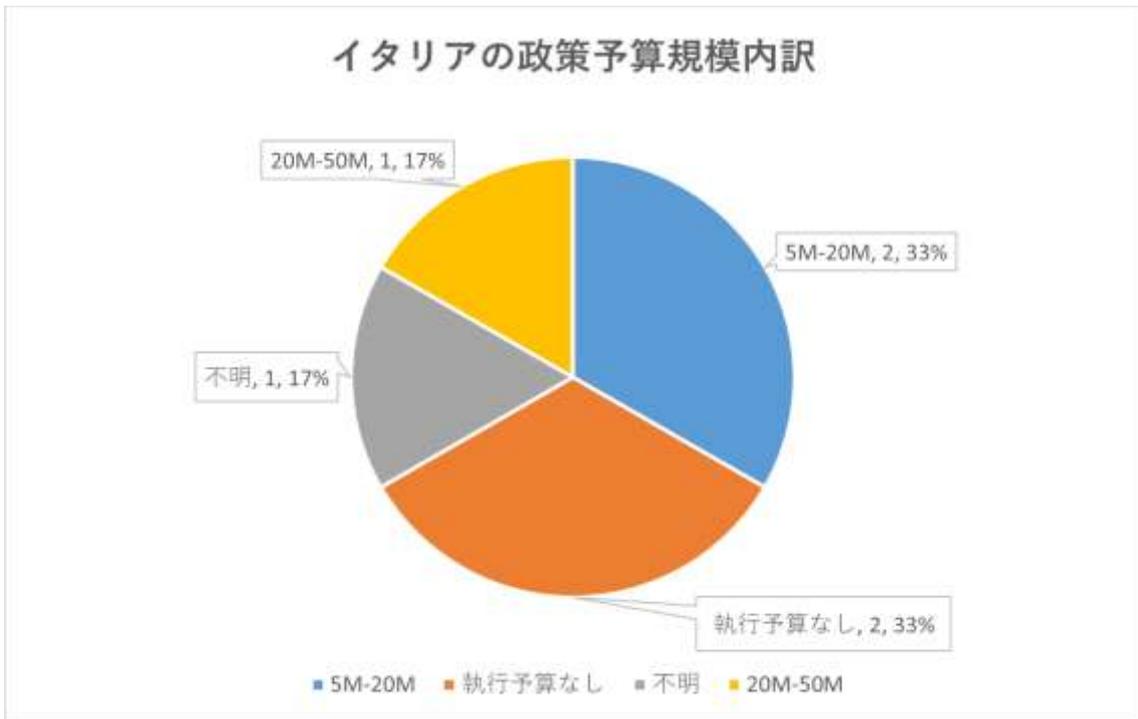
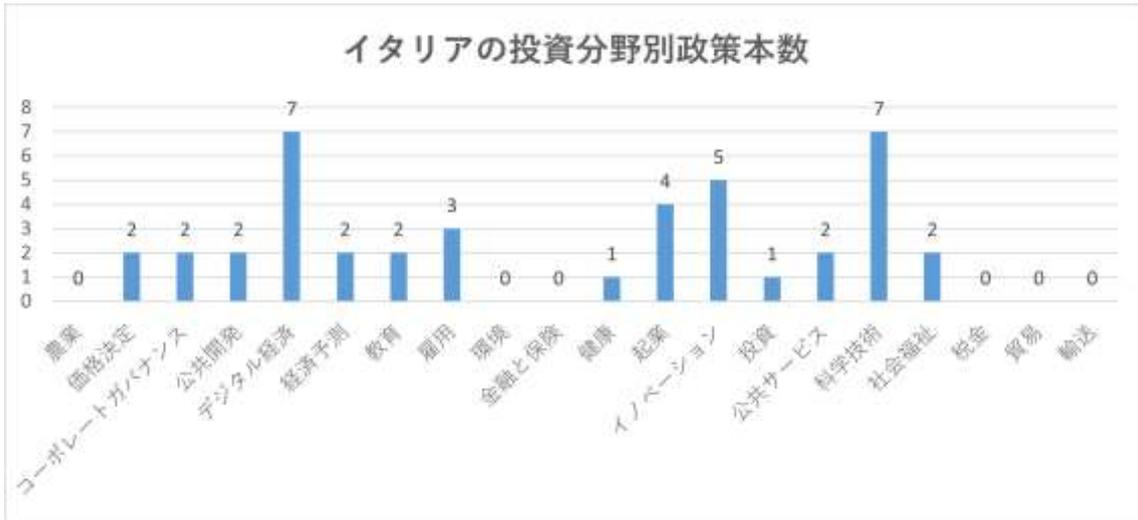


出典：OECD.AI

### 3.7. イタリア

政策総数：7本

推定最低予算規模：3,000万ドル

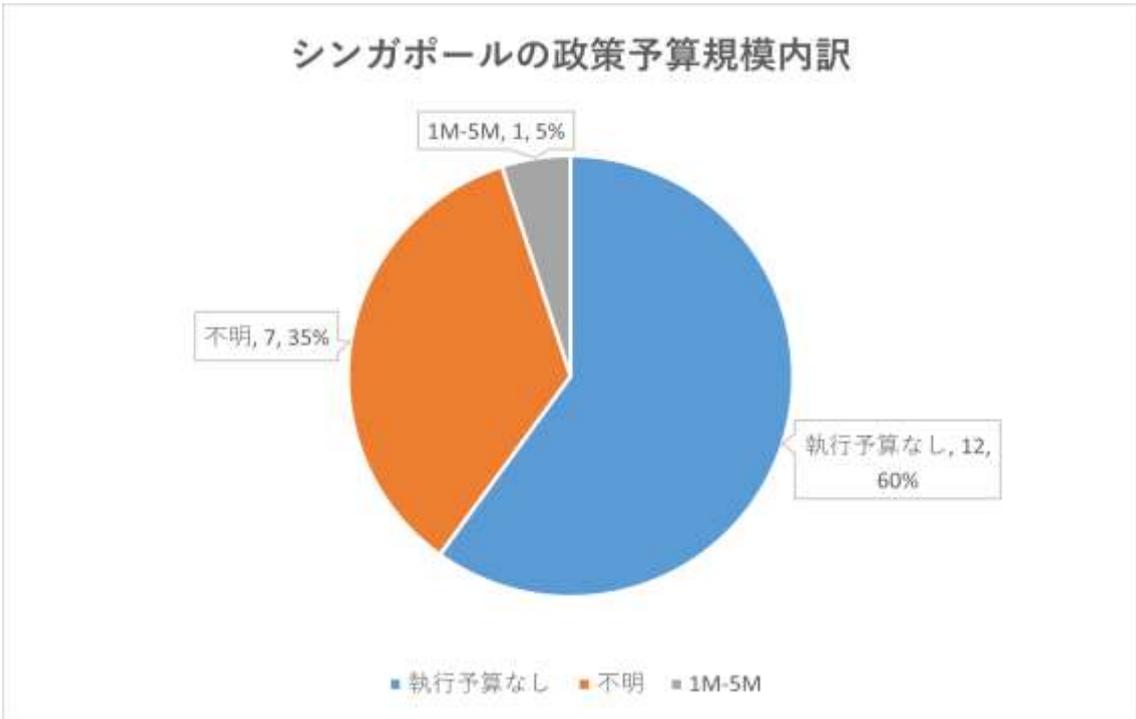


出典：OECD.AI

### 3.8. シンガポール

政策総数：20 本

推定最低予算規模：100 万ドル

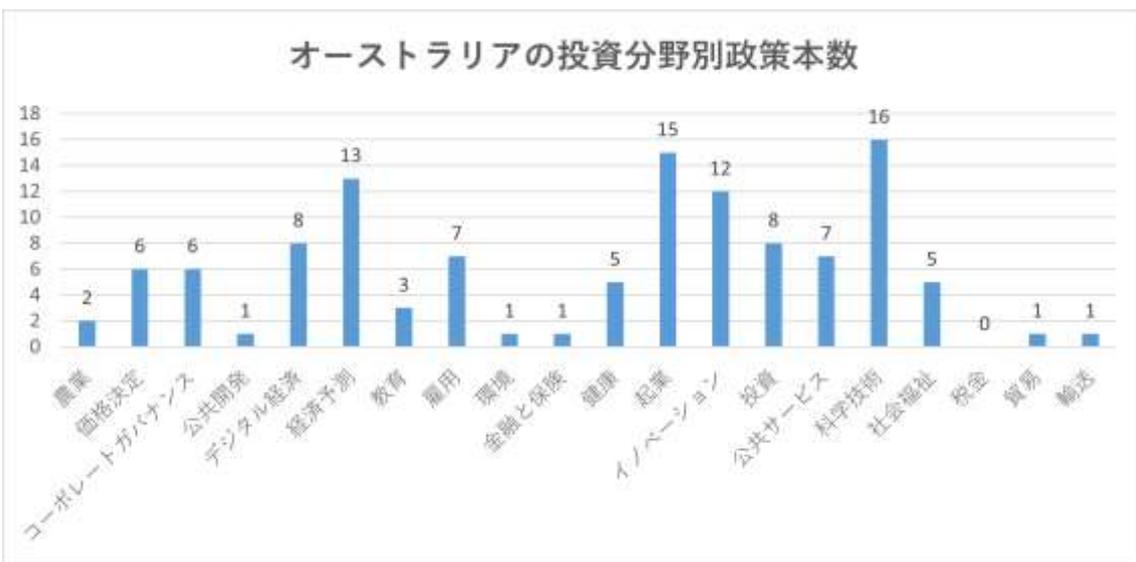


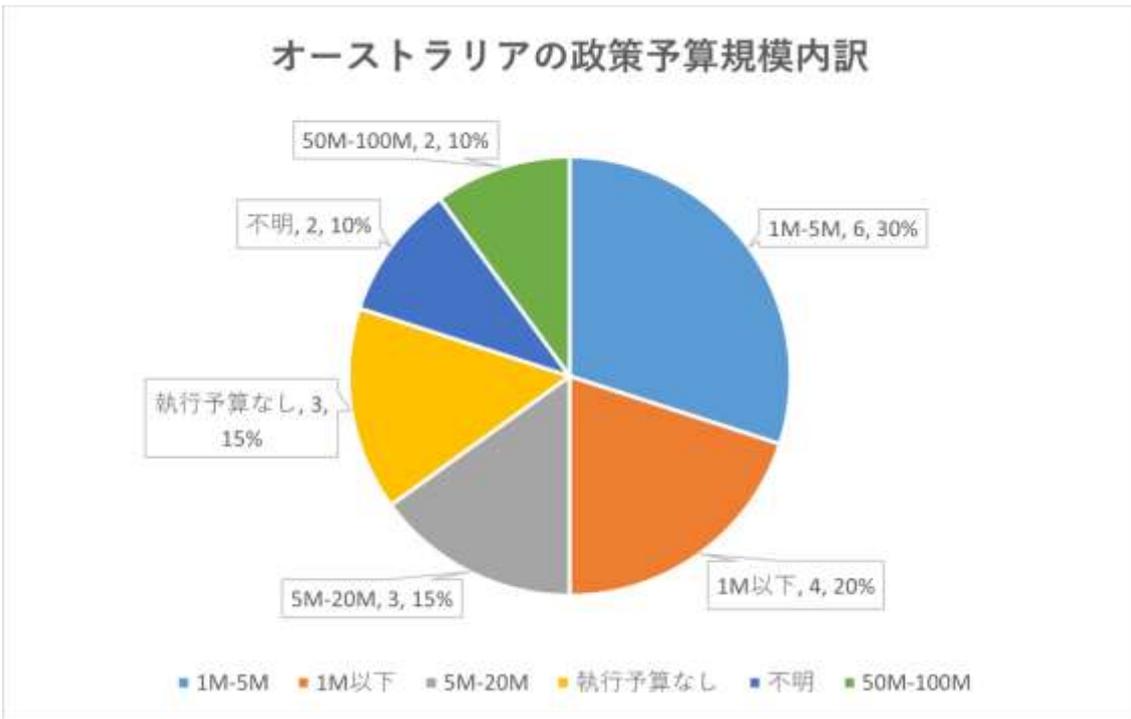
出典：OECD.AI

### 3.9. オーストラリア

政策総数：22 本

推定最低予算規模：1 億 2,100 万ドル



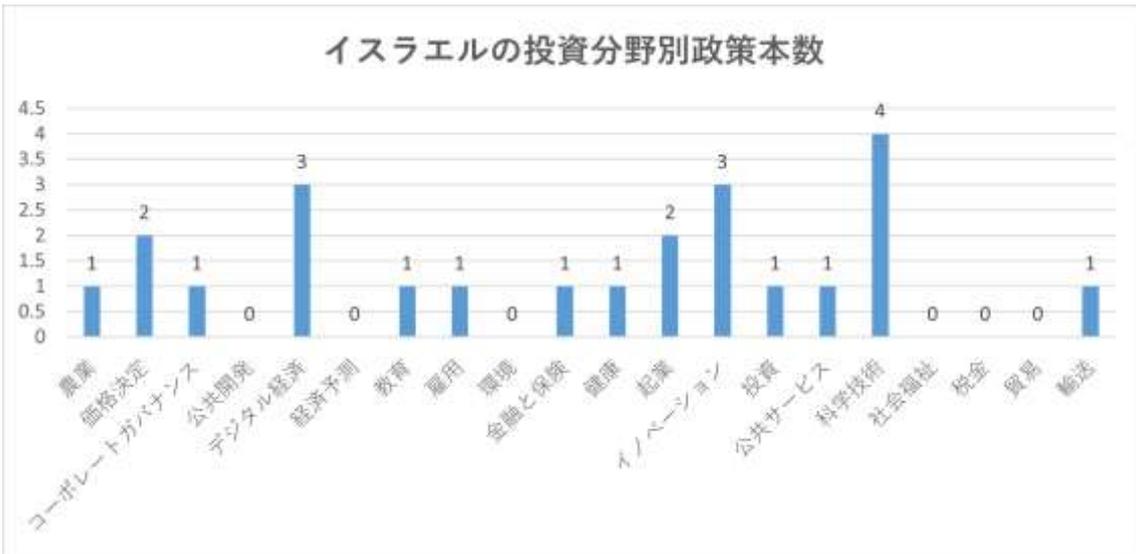


出典：OECD.AI

### 3.10. イスラエル

政策総数：5 本

推定最低予算規模：1 億 2,100 万ドル

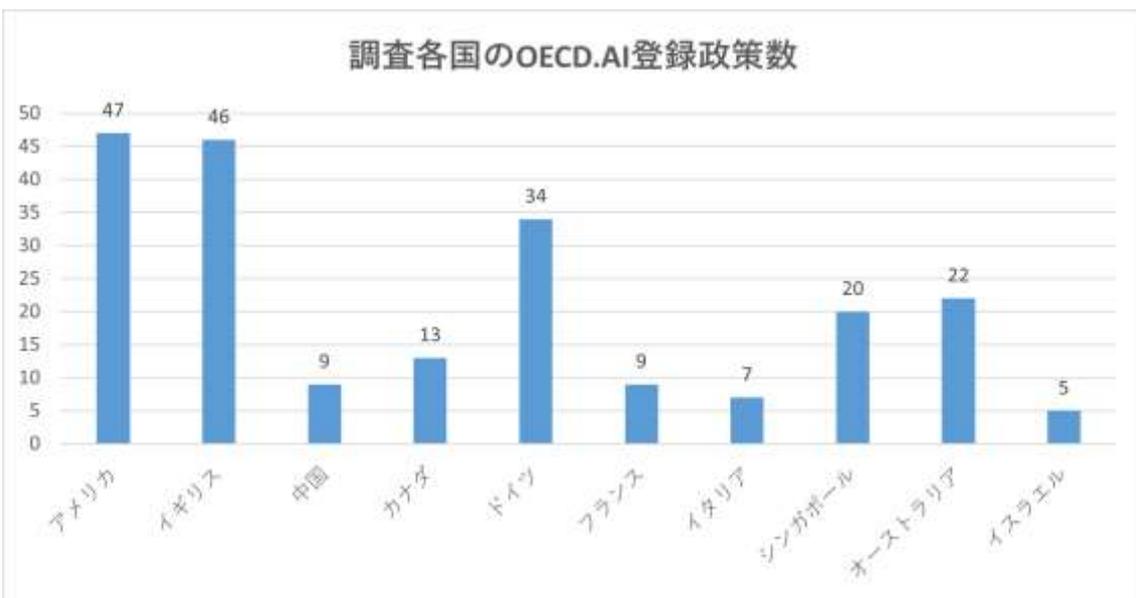


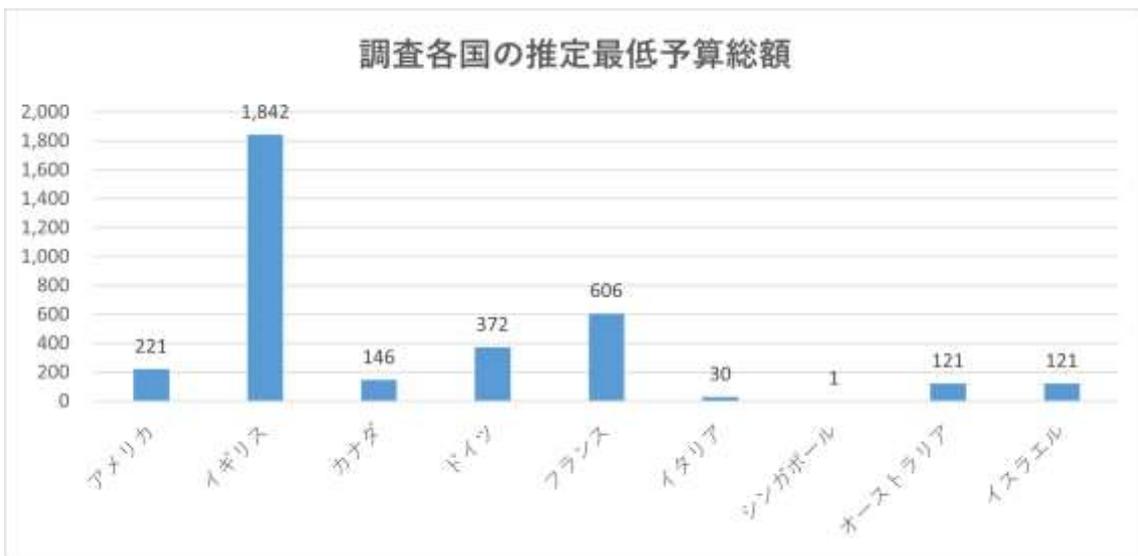
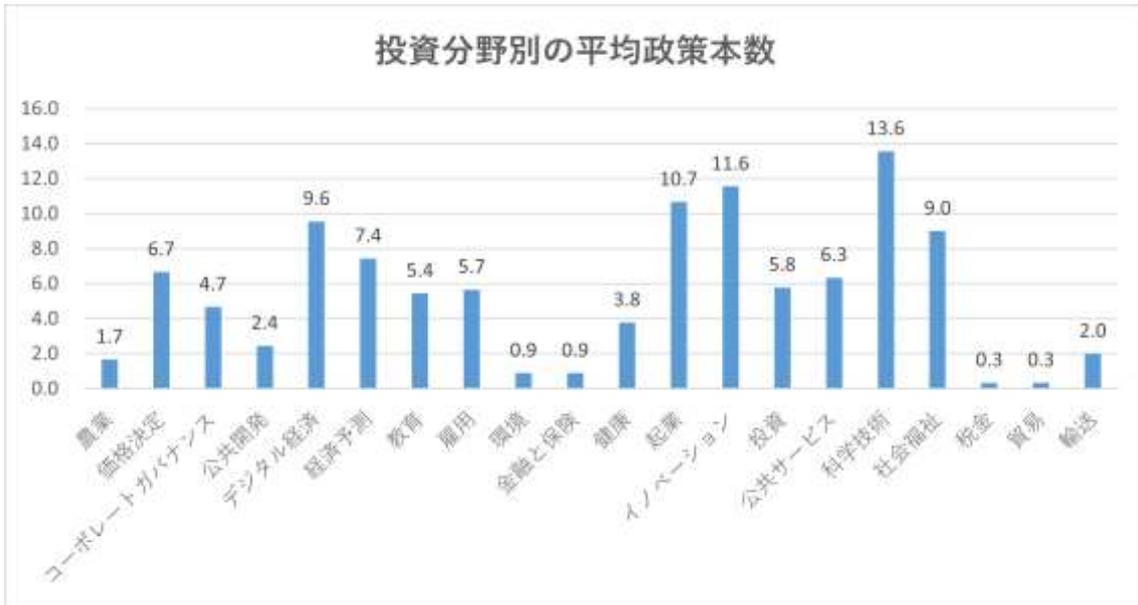


出典：OECD.AI

### 3.11. 各国の比較

以下では、以上に示した各国の AI 政策に関する数値を比較するグラフを掲載する。





※縦軸の単位は M (100 万ドル)

出典：OECD.AI

## 4. 国際協力の動向

### 4.1. 国際的パートナーシップの現状

前出の AI インデックスレポート 2021 の「7.2 AI に関する国際協力」<sup>104</sup>によれば、諸国の AI に関するパートナーシップには、以下のような多国間と二国間のものがある。

#### 4.1.1. 多国間パートナーシップ

キーワード：*OECD*、*EU*、*防衛協定*、*ASEAN*

AI に関するグローバルパートナーシップ(Global Partnership on AI : GPAI)<sup>105</sup>

- 参加国：オーストラリア、ブラジル、カナダ、フランス、ドイツ、インド、イタリア、日本、メキシコ、オランダ、ニュージーランド、韓国、ポーランド、シンガポール、スロベニア、スペイン、イギリス、アメリカ、EU 諸国（2020 年 12 月現在）。
- ホスト：OECD
- 重点分野：責任ある AI、データガバナンス、仕事の未来、イノベーションと商業
- 最近の活動：モントリオールにある人工知能推進国際専門家センターとパリにある INRIA に所属する国際専門家センターが 2020 年 12 月に「モントリオールサミット 2020」を開催した。また、データガバナンスワーキンググループは、2020 年 11 月、グループのフレームワークに関するベータ版を公開<sup>106</sup>した。

OECD AI に関する専門家のネットワーク (ONE AI)<sup>107</sup>

- 参加国：OECD 加盟国
- ホスト：OECD
- 重点分野 AI の分類、信頼できる AI の実装、AI のための政策、AI 演算
- 最近の活動：ONE AI は 2020 年 2 月に最初の会合を開催し、その際に OECD AI Policy Observatory (OECD.AI) を立ち上げた。2020 年 11 月、AI の分類に関するワーキンググループは、OECD の AI の定義を 4 つの次元（コンテキスト、データとインプット、AI モデル、タスクとアウトプット）に分けた AI 分類フレームワークを初公開<sup>108</sup>し、政策立案者

---

<sup>104</sup> [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-\\_Chapter-7.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report-_Chapter-7.pdf)

<sup>105</sup> <https://www.gpai.ai/>

<sup>106</sup> <https://oecd.ai/wonk/open-call-input-gpai-data-governance-working-group>

<sup>107</sup> <https://www.oecd.ai/network-of-experts>

<sup>108</sup> <https://www.oecd.ai/wonk/a-first-look-at-the-oecd-framework-for-the-classification-of-ai-systems-for->

が AI システムの種類ごとに適切な政策を設計する際の指針とすることを目指した。

人工知能に関するハイレベル専門家グループ (High-Level Expert Group on Artificial Intelligence : HLEG)<sup>109</sup>

- 参加国：EU 加盟国
- ホスト：欧州委員会
- 重点分野：信頼できる AI のための倫理ガイドライン
- 最近の活動：2018 年の EU AI 戦略の勧告で発足して以来、HLEG は「信頼できる人工知能のための EU 倫理ガイドライン」と一連の政策と投資の提言、およびガイドラインに関連する評価チェックリストを提示してきた。

人工知能の倫理に関する勧告のためのアドホック専門家グループ (Ad Hoc Expert Group (AHEG) for the Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence)<sup>110</sup>

- 参加国：ユネスコ加盟国
- ホスト：ユネスコ
- 重点分野：AI の開発と利用によって生じる倫理的問題
- 最近の活動：アドホック専門家グループは「人工知能の倫理に関する勧告」の改訂第 1 草案を作成後、2020 年 9 月にユネスコ加盟国に送信し、2020 年 12 月 31 日までにコメントを求めた。

防衛のための AI パートナーシップ<sup>111</sup>

- 参加国オーストラリア、カナダ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、イスラエル、日本、ノルウェー、韓国、スウェーデン、イギリス、アメリカ
- ホスト：アメリカ国防総省の統合人工知能センター (Joint Artificial Intelligence Center)
- 重点分野：防衛のための AI 倫理原則

中国-東南アジア諸国連合 (ASEAN) AI サミット<sup>112</sup>

- 参加国：ブルネイ、カンボジア、中国、インドネシア、ラオス、マレーシア、ミャンマー、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム

---

[policymakers](#)

<sup>109</sup> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>

<sup>110</sup> <https://en.unesco.org/artificial-intelligence/ethics>

<sup>111</sup> [https://www.ai.mil/news\\_09\\_16\\_20-jaic\\_facilitates\\_first-ever\\_international\\_ai\\_dialogue\\_for\\_defense\\_.html](https://www.ai.mil/news_09_16_20-jaic_facilitates_first-ever_international_ai_dialogue_for_defense_.html)

<sup>112</sup> <https://www.prnewswire.com/news-releases/xinhua-silk-road-ai-empowers-china-asean-cooperation-helping-tap-into-market-opportunities-301174146.html>

- ホスト：中国科学技術協会、中国・広西チワン族自治区
- 重点分野：インフラ建設、デジタル経済、イノベーション主導の開発

#### 4.1.2. 二国間パートナーシップ

キーワード：民主主義の価値観の共有、倫理的なガイドライン

##### インドとアラブ首長国連邦

- インベスト・インディアと UAE 人工知能省は 2018 年 7 月、革新的な AI エコシステムの育成や AI に関連するその他の政策的関心事について協力する覚書を締結<sup>113</sup>した。両国は民間企業と連携して、AI スタートアップや研究活動への投資を増やすことを目的とした作業委員会を招集した。

##### インドとドイツ

- インドとドイツは、2019 年 11 月、人工知能の利用に関するパートナーシップを含む協定を締結<sup>114</sup>した。

##### アメリカとイギリス

- アメリカとイギリスは、2020 年 9 月に特別関係経済作業部会を通じて、民主主義の価値観を共有したうえでの AI の推進や AI の研究開発の取り組みにおける更なる協力について、二国間対話に入ることを宣言<sup>115</sup>した。

##### 日本とインド

- 日本とインドは、2018 年 10 月、AI などのデジタル技術での協力を中心とした協定「日印デジタル・パートナーシップ」を締結<sup>116</sup>した。

##### フランスとドイツ

- フランスとドイツは、2019 年 10 月、トゥールーズ宣言<sup>117</sup>の一環として倫理的なガイドラ

<sup>113</sup> <https://pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1540480>

<sup>114</sup> <https://www.reuters.com/article/us-india-germany/india-and-germany-likely-to-sign-agreement-on-artificial-intelligence-idUSKBN1X91JW>

<sup>115</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/declaration-of-the-united-states-of-america-and-the-united-kingdom-of-great-britain-and-northern-ireland-on-cooperation-in-ai-research-and-development/declaration-of-the-united-states-of-america-and-the-united-kingdom-of-great-britain-and-northern-ireland-on-cooperation-in-artificial-intelligence-re>

<sup>116</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2018/10/20181029004/20181029004.html>

<sup>117</sup> <https://www.diplomatie.gouv.fr/en/country-files/germany/events/article/french-german-declaration->

インに配慮しつつ、AI の開発と応用における欧州の取り組みを進めるために、人工知能に関する独仏研究革新ネットワークのロードマップに署名した。

#### シンガポールとアラブ首長国連邦

- シンガポールとアラブ首長国連邦は、2019年11月、デジタルエコノミー、人工知能（AI）、宇宙技術、エネルギーセクターなどの相互に関心のある分野での協力を深めるパートナーシップを締結<sup>118</sup>した。

## 4.2. マスタープランに見る各国の国際協力方針

キーワード：イデオロギー上の戦い、ETC、IDDI、多国間 AI 研究所、南半球政府、ホライゾン・ヨーロッパ

以下の国のマスタープランには、今後の AI 外交に関する方針が示されている。

### 4.2.1. アメリカ

近未来におけるアメリカの AI 外交方針は、前出の NSCAI 最終報告書の第 15 章「好ましい国際技術秩序」<sup>119</sup>で提言されている。同章では、AI 外交を技術政策のひとつではなく、AI 技術を輸出することで権威主義的な価値観を世界に広げようとする中国に対抗し、自由主義的な価値観を守るイデオロギー上の戦いと位置づけている。

以上のようなイデオロギー上の戦いに勝利するために、アメリカは自由主義的価値観を共有する同盟国と AI 研究開発において協調しなければならない。こうした AI を介した国際協調戦略は、国際科学技術戦略（International Science and Technology Strategy：ISTS）と呼ばれる。

ISTS を遂行するために、アメリカは以下のような 4 つの政策を実行しなければならない。

1. 価値観を共有する同盟国との新興技術連合（Emerging Technology Coalition：ETC）の構築。同連合を通じて、同盟国と AI およびデジタルインフラストラクチャを共同開発し、データ共有体制の確立を模索する。

---

[of-toulouse-16-oct-19](#)

<sup>118</sup> <https://www.mti.gov.sg/Newsroom/Press-Releases/2019/11/Singapore-and-the-United-Arab-Emirates-agree-to-deepen-collaboration>

<sup>119</sup> <https://reports.nscai.gov/final-report/chapter-15/>

2. 自由主義的な価値観にもとづいた AI 倫理とデータプライバシー保護の整備を目的とする国際デジタル民主主義イニシアチブ (International Digital Democracy Initiative : IDDI) の立ち上げ。同イニシアチブは、中国が世界に広げようとする非自由主義的なデジタルインフラストラクチャプロジェクトに対する代替手段を提供する。
3. ETC と IDDI を推進するための包括的な外交計画の立案。同計画の立案には国務省、国際開発庁などの関係省庁が協調する。対象を絞った輸出管理も実施する。
4. 国際的な新興技術研究ハブとしてのアメリカの地位の強化。強化策として、前述の GPAI のような既存パートナーシップの活用、同盟国との多国間 AI 研究所 (Multilateral AI Research Institute : MAIRI) の設立、外国人研究者の積極的な受け入れを行う。

#### 4.2.2. イギリス

イギリス政府が作成した前出の「AI ロードマップ」では、「フランスやカナダなど志を同じくする他国との既存パートナーシップを強化するとともに、AI の研究開発における協力関係を強化するためにアメリカと締結した最近の宣言などを通じて、アメリカや中国などの国との二国間協力を強化する方法を慎重に検討する必要がある」と述べられている。

#### 4.2.3. ドイツ

ドイツ政府が作成した前出の「AI 国家戦略」の 2020 年 12 月付の経過報告書における付録には、「南半球のパートナー政府とともに、AI の分野でグローバルな公共財と実施能力を創出する」という AI 外交に関する実施予定項目が挙げられている。

#### 4.2.4. イタリア

イタリア政府が作成した前出の「回復と再生のプラン」には、ホライゾン・ヨーロッパ (Horizon Europe) に参加するイタリア企業を支援することが明記されている。

ホライゾン・ヨーロッパとは、2021 年から 2027 年にかけて実行される EU 諸国が参加するイノベーションフレームワークプログラム<sup>120</sup>である。2020 年 12 月 10 日には、同プログ

---

<sup>120</sup> [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe\\_en#missions-in-horizon-europe](https://ec.europa.eu/info/horizon-europe_en#missions-in-horizon-europe)

ラムの予算として 955 億ユーロが設定された<sup>121</sup>。

同プログラムの実施計画を定めた「ホライズン・ヨーロッパ戦略計画」<sup>122</sup>には、同プログラムで取り組まれる 8 つのトピックが定められており、その中、に「カギとなる実現技術 (Key Enabling Technologies)」がある。この実現技術には、先進材料、ナノテクノロジー、フォトニックおよびマイクロ／ナノ電子技術、生命科学テクノロジー、先進マニュファクチャリングとプロセッシング、そして人工知能が含まれている。

イタリア政府の同プログラム支援は、EU 圏内の人工知能に関するパートナーシップへの参画を意味する。

---

<sup>121</sup> [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP\\_20\\_2345](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_2345)

<sup>122</sup> <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/3c6ffd74-8ac3-11eb-b85c-01aa75ed71a1>

## 5. Appendix

### 5.1. OECD.AI における投資分野

以下の表では、OECD.AI における投資分野の簡単な定義を示す。

投資分野名	定義
農業	スマートトレーサビリティ、衛星画像の大量分析を活用した農業
価格決定	ビックデータと AI を活用した価格設定アルゴリズム
コーポレートガバナンス	AI システムに関する信頼性・透明性・説明責任
公共開発	AI による経済発展の機会の創出
デジタル経済	AI に関するデータガバナンス、プライバシー、セキュリティ
経済予測	価格予測、レコメンデーションなど
教育	AI を活用した教育
雇用	AI による仕事の自動化あるいは労働者の補完
環境	気候分析と気候変動への対応
金融と保険	パーソナライズされたクレジットスコアの算出、スマートインベストメント
健康	疾病の診断、症状のモニタリング
起業	AI を活用した新規事業によるソリューション
イノベーション	AI による科学的発見の促進
投資	AI への投資の最適化
公共サービス	AI による公共サービスの効率化と品質向上
科学技術	AI を活用したビックデータにもとづいた仮説の生成
社会福祉	AI による SDGs 促進と人権保護
税金	AI による税務処理の自動化あるいは効率化
貿易	AI システムの多国間活用
輸送	交通ルートの最適化、自律自動車の研究開発

### 5.2. スマートシティにおける AI 活用に関する事例

AIoT (AI+IoT) によって都市生活の改善を目指す「スマートシティ」プロジェクトは、世界各地で取り組まれている。こうしたプロジェクトで使われている技術は似ているものも、技術によって解決しようとしている課題、さらには都市生活改善の方向性が異なっている。以下では、基本コンセプトや取り組んでいる課題に着目して、世界各地で建設中のスマートシティの特徴を明らかにしていく。

### 5.2.1. 「Mobility For All」 をかかげた 「TOYOTA WOVEN City」

2021年2月23日から着工されたトヨタ自動車が建設するスマートシティ「TOYOTA WOVEN City」は、**同社が培ってきた（ハードウェアとしての）モビリティ技術とその技術を制御するソフトウェア技術を融合**させることによって、都市住民の生活体験を向上させる実証実験プロジェクトである。同プロジェクトのねらいは、東京都日本橋にある統括本部 Woven Planet にかかげられた「Mobility For All」という標語で表現されている<sup>123</sup>。

同プロジェクトを推進するにあたっての基礎的概念が「デジタルツイン」である。この概念は、スマートシティを建設するにあたり都市全体をソフトウェア的にシミュレーションしてから、ハードウェアとしての都市を建設するアプローチを指している。この概念が採用されたのは、都市は自動車のように簡単にプロトタイプを製作できないからである。

Woven Planet には、デジタルツインのハードウェア部分を体験できる実験用のオフィスや家が再現されている。現在実験進んでいるのは、ロボットを活用した物流の改善である。具体的には、「S-Palette」という自動運転の配送ロボットを活用して宅配や郵便といった生活物資の輸送を自動化する計画を進めている。このロボットに載せる荷物の積み下ろしは、都市の地下に建設予定の物流センターで人手によって行われる。こうした人間とロボットのハイブリット体制を採用するのは、**ニーズに柔軟に対応できる「トヨタ生産方式」を継承**しているためである。

各家庭に到着した生活物資は、家庭内ロボットによってポストから所定の棚に運搬される。このロボットは、重い荷物を運ぶのが難しい高齢者の生活に役立つことが期待されている。さらに、天井を移動するロボットの実験も進められている。移動ルートに天井を選んだのは、天井は常に散らかってないのでスムーズに移動できるからだ。天井ロボットには、将来的には風呂やトイレの掃除、片付けを担当させる予定だ。

### 5.2.2. IoT で福祉における AI 活用を試みた 「スマートシティたかまつ」

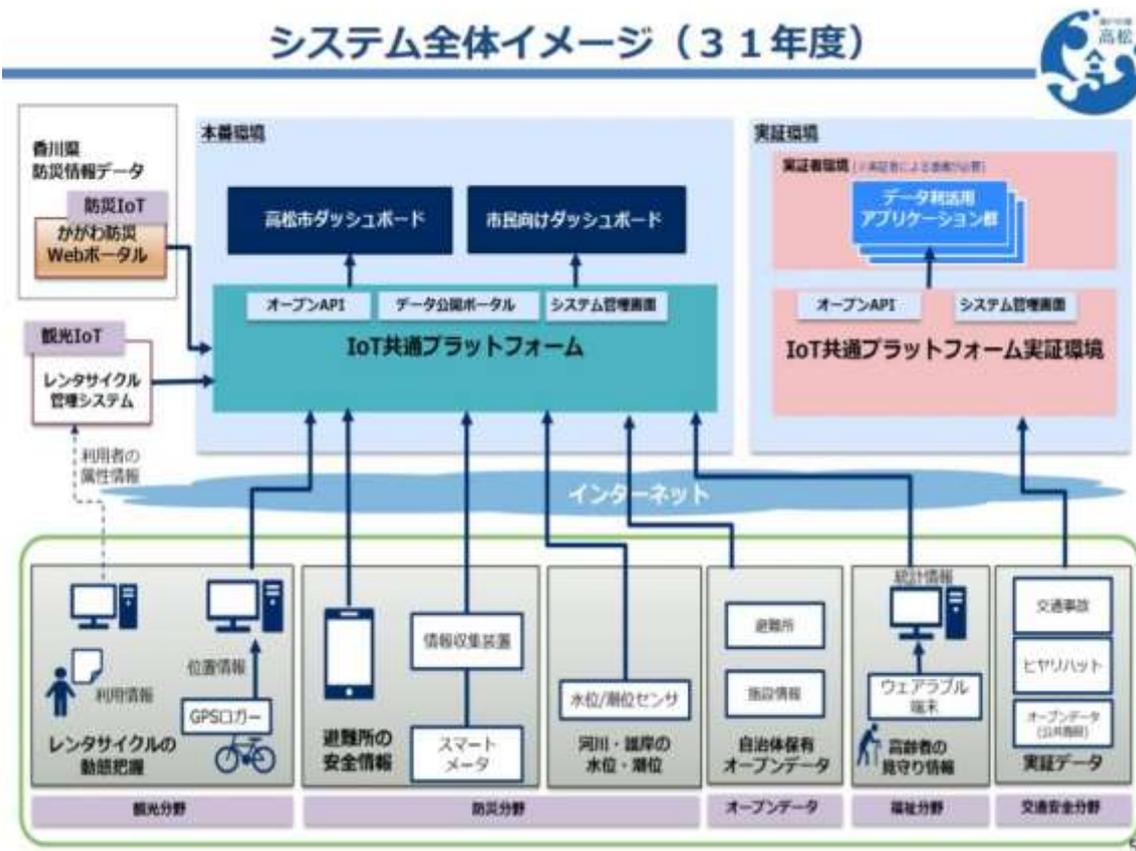
香川県高松市は、2018年よりIoTを活用した「スマートシティたかまつ」プロジェクトを推進している<sup>124</sup>。同プロジェクトは、IoT 機器から収集した各種データを共通プラットフォーム

<sup>124</sup>

<http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotorikumi/machidukuri/smartcity/index.files/jigyougaiyou20190410.pdf>

フォームで処理することによって、4つの行政分野で以下のようなスマート化を実証した（画像 5.2.1<sup>125</sup>も参照）

- 防災：観測地点に水位センサー等を設置し、リアルタイムに市内でデータを把握
- 観光：レンタサイクルに GPS ロガーを設置し、外国人観光客の訪問先を把握
- 福祉：ウェアラブル端末による認知症高齢者等の見守り、事故予防を行う
- 交通：ドライブレコーダの記録を分析し、ヒヤリハット発生地点の特定を行う



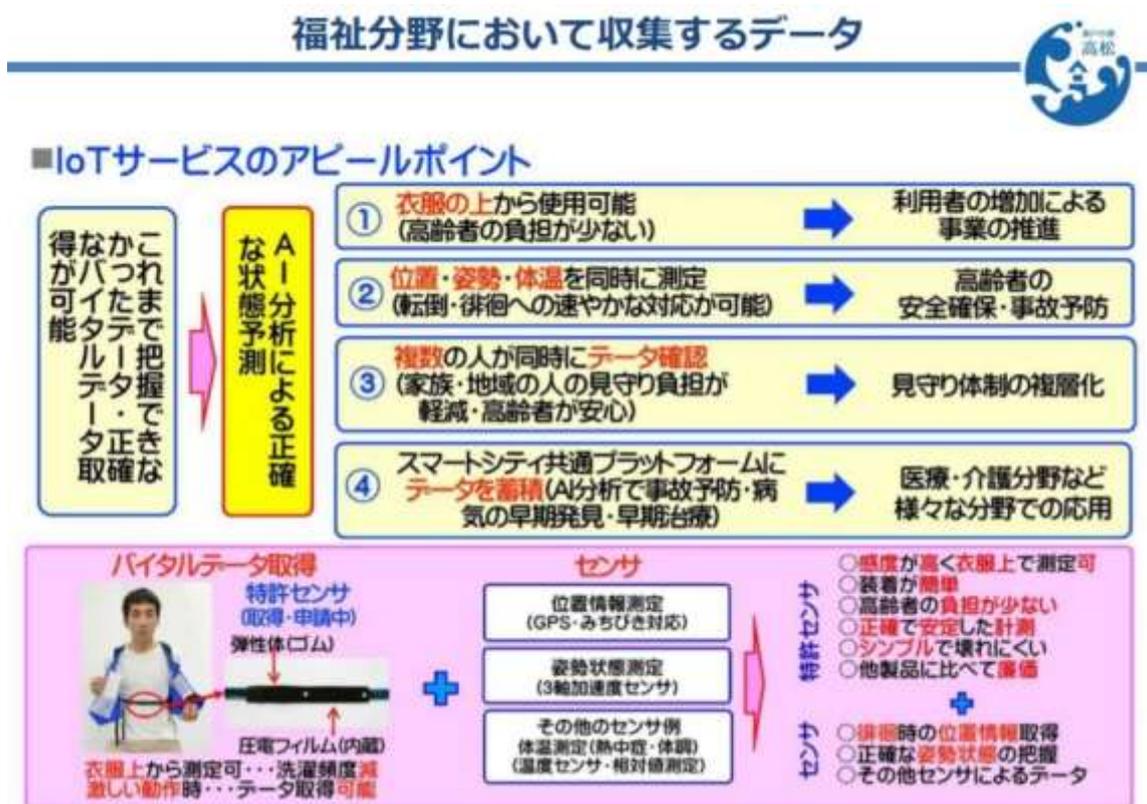
画像 5.2.1 (出典：スマートシティたかまつ)

IoT と AI の連携が顕著なのは、福祉分野である。具体的には、高齢者に位置・姿勢・体温を測定する IoT センサーを装着してもらい、そのセンサーから収集したデータを学習データとして活用して高齢者の状態を予測する。こうした予測は、転倒の予防や病気の早期発見に役立てられる。また、IoT センサーは衣服の上から装着できるので高齢者にも装着が

125

<http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotorikumi/machidukuri/smartycity/index.files/jigyougaiyou20190410.pdf>

容易であり、汗などによる汚れも付かないので洗濯の頻度が少なく済む（画像 5.2.2<sup>126</sup>参照）。



画像 5.2.2 (出典：スマートシティたかまつ)

### 5.2.3. 画像認識技術で都市をスマート化する ET City Brain

Alibaba は、さまざまなリアルタイムの都市データを活用して都市のオペレーション上の欠陥を即座に修正し、都市の公共リソースを最適化するスマートシティシステム「ET City Brain」<sup>127</sup>を開発している。同システムは、都市内に大量に設置した画像認識カメラから収集したデータを処理することによって、都市のインフラ機能をアップデートする。具体的には、以下のような都市機能が実現する。

- **交通事故へのスマートな対応**：画像認識カメラによって交通事故を即座に把握後、速やかに警察や消防等の配車を行う。緊急車両の配車に際しては、これらの車両が速や

126

<http://www.city.takamatsu.kagawa.jp/kurashi/shinotorikumi/machidukuri/smartcity/index.files/jigyougaiyou20190410.pdf>

<sup>127</sup> <https://jp.alibabacloud.com/solutions/et/city>





画像 5.2.4 (出典：Alibaba Cloud Intelligence Brain)

同システムは、杭州市中心街と蘇州市に実装された結果、以下のような成果が得られた。

- 杭州市において発生した事故報告が増加。事故特定の**精度は 92%**を超え、移動時間が短縮した。
- 杭州市蕭山区の自動信号制御により、道路上の**平均移動速度が 15%**アップし、平均移動時間が**3分短縮**。緊急車両の対応時間は、**50%短縮**した。
- 蘇州市のパイロットのバス経路の乗客数が**17%増大**した。

#### 5.2.4. テクノロジーを活用した生活の改善を目指す「Connecting Bristol」

イギリス・ブリストルは、テクノロジーを活用して住民の生活を改善するプロジェクト「Connecting Bristol」<sup>130</sup>を推進している。同プロジェクトにおいて AI が活用されているのは、以下のような2つのシーンである。

- 「Eco-Routes」<sup>131</sup>：自動車から排出される大気汚染物質を削減するために開発されたナビゲーション Android アプリ。通常のナビアプリはドライバーに目的地までの最適経路を通知するが、同アプリは最適経路の代わりに大気汚染物質排出量が最小限になる経路を提示する。同アプリを開発するにあたっては、信号機や交差点に関する情報を説明変数とした**大気汚染物質排出量に関する機械学習モデルを構築**した。同モデル

<sup>130</sup> <https://www.connectingbristol.org/>

<sup>131</sup> <https://www.connectingbristol.org/eco-routes-nudging-drivers-to-produce-fewer-emissions/>

の構築過程で大気汚染物質排出量の正確な予測には道路に関する地理的情報より、自動車の位置や速度のようなテレメトリー情報が重要なことが判明した。

- 音声アシスタント/スマートスピーカープロジェクト<sup>132</sup>：2021年春から開始されるスマートスピーカーに実装された音声アシスタントが健康に与える影響を測定するプロジェクト。スマートスピーカーには Amazon Alexa とイギリスのヘルスケア系 AI スタートアップ MiiCare の Monica Platform が採用された。同プロジェクトでは、**音声アシスタントによる孤独感の軽減と幸福の増進**といったメンタルヘルス的な側面に焦点が当てられている。

### 5.2.5. 自動運転教育を提供する「Smart Columbus」

アメリカ・コロンバスはアメリカ運輸省が開催したコンペ「スマートシティチャレンジ」で優勝したことで、5,000万ドルの助成金を受けて都市における移動のスマート化を実現するプロジェクト「Smart Columbus」<sup>133</sup>を推進している。

同プロジェクトにおける AI 活用は、コロンバス内に自動運転のシャトルバスを導入する「自動運転シャトル」<sup>134</sup>に見られる。4つの経路で毎日午前6時から午後10時まで運行している同シャトルバスの利用に際して、**住民は自動運転に関する教育を受けられる**。また、4つの経路は住民の要望を聴きながら民主的に選定された。

## 5.3. 化学研究における AI 活用に関する事例

AI は、化学研究における反応経路の予測のような基礎科学の現場においても利用が進んでいる。この記事では、国内外の化学研究における AI 活用の事例を紹介していく。

### 5.3.1. AI によるマテリアルズ・インフォマティクスを実現する「Chemicals Informatics」

「Chemicals Informatics」とは、日立ハイテックソリューションズが開発・販売する化学研究と情報科学が融合した分野「マテリアルズ・インフォマティクス」での使用に特化した AI システム<sup>135</sup>である。既存化合物や新規デザイン化合物、特徴などを入力すると、独自の

---

<sup>132</sup> <https://www.connectingbristol.org/themes/public-service-innovation/voiceassistants/>

<sup>133</sup> <https://smart.columbus.gov/>

<sup>134</sup> <https://smart.columbus.gov/projects/self-driving-shuttles>

<sup>135</sup> <https://www.hitachi-hightech.com/hsl/products/ict/cloud/ci/>

AI プログラムが1億を超える化合物データの中から有望な化合物を探索し、特性の予測結果や新規構造の提案、関連特許、論文情報などが出力される（画像 5.3.1<sup>136</sup>参照）。化合物データは公開済みのデータベースから構築しているので、ユーザがデータを用意する必要がない。同システムを利用すると、**有用な化合物が見つかる確率は利用しない場合の1,000倍**になると試算されている。



画像 5.3.1（出典：日立ハイテックソリューションズ）

セキュリティ対策として、SSL-VAN 通信を採用。クラウド環境は、日立ハイテックソリューションズが運用するクラウドサービス「ayamo」を使用している。このクラウド環境に実装された自然言語処理 AI、新規化合物生成 AI、探索 AI が連携して有望な新規化合物を絞り込んでいく。

### 5.3.2. 細胞の代謝経路を予測する AI

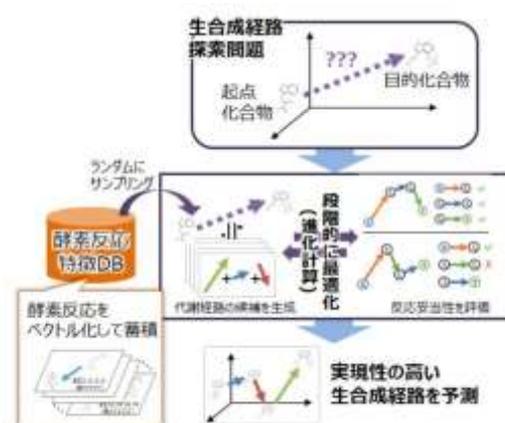
日立製作所は 2020 年 10 月、目的とした細胞の代謝経路を予測する AI の開発に成功したことを発表<sup>137</sup>した。近年、物質生産能力を人工的に引き出した細胞を創製し、原材料生産などへ応用することで持続可能な産業を実現する試みが注目を集めている。特定の物質を生成する細胞を創製するためには、細胞の代謝経路を目的の物質を生成するように設計する必要がある。こうした代謝経路に関わる酵素反応は既知のものだけでも数万通り以上あ

<sup>136</sup> <https://www.hitachi-hightech.com/hsl/products/ict/cloud/ci/function.html>

<sup>137</sup> <https://www.hitachi.co.jp/rd/news/topics/2020/1008.html>

り、設計した代謝経路を得るためには専門家による手作業と試行錯誤が不可欠であった。

日立製作所の研究チームは、酵素反応がベクトル演算で表現可能なことに着目して、酵素反応前の化合物構造を入力、酵素反応後のそれを出力とする予測 AI を構築した。この予測 AI に酵素反応の組み合わせをランダムに入力して、目的物質の生成が可能かどうか妥当性を評価する。妥当性が低い酵素反応の組み合わせは除外し、妥当性が高いそれを残して、妥当性が高い組み合わせをさらに組み替えて目的物質を生成する代謝経路を特定する(画像 5.3.2<sup>138</sup>参照)。



画像 5.3.2 (出典：日立製作所)

### 5.3.3. スマート石油・化学プラントのためのガイドラインと事例集

経済産業省は 2020 年 11 月、石油・化学プラント内での AI の信頼性を適切に確保するための「ガイドライン」と、先進 AI 事例の成果と成功の秘訣を示した「導入事例集」を公表<sup>139</sup>した。

「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」<sup>140</sup>は、プラント保安分野に特化して AI の信頼性を適切に管理する方法をまとめたものである。同ガイドラインが作成された背景には、安全性が重要視されるプラント保安分野において、保安 AI の品質を評価する体系がなかったために AI の導入が遅れていたことがある。

同ガイドラインでは、プラント分野での AI 品質を以下のような 3 項目に分節化して管理す

<sup>138</sup> <https://www.hitachi.co.jp/rd/news/topics/2020/1008.html>

<sup>139</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201117001/20201117001.html>

<sup>140</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201117001/20201117001-2.pdf>

ることを推奨している。

- **利用時品質**：機械学習要素を含むシステム全体が実現したいこと
- **外部品質**：利用時品質を満たすために機械学習要素を満たすべきこと
- **内部品質**：外部品質を満たすために機械学習要素の設計・開発・運用等で満たすべきこと

同ガイドラインでは、「配管の肉厚予測」「配管の画像診断」「設備劣化診断」「異常予兆検知・診断」「運転最適化」といった典型的な5つのユースケースも紹介している。

「プラントにおける先進的 AI 事例集」<sup>141</sup>では、「8つの効果」と「7つの典型的課題と解決策」を抽出している。こうした効果と解決策は、12の事例を挙げながら具体的に紹介されている（画像 5.3.3<sup>142</sup>参照）。

● 12の事例について、「効果」に関する具体例を紹介している。

No.	企業	AI導入・検討事例
1	横河電機株式会社	配管の腐食による減肉量の推定と腐食の主要因特定
2	三菱ケミカル株式会社	深層学習による液面制御の異常検知
3	日揮グローバル株式会社	プラント設備の間塞要因の抽出・可視化
4	日本電気株式会社	インバリアント分析技術を用いたオンラインによる異常予兆検知
5	旭化成株式会社	動力プラントにおける異常予兆検知
6	アズビル株式会社	ベテランのノウハウをしのぐ早期の設備・品質異常予兆検知
7	千代田化工建設株式会社	製油所における原料原油切り替え運転最適化AI
8	出光興産株式会社	画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出・腐食のレベル分類
9	JSR株式会社	画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出
10	株式会社イクシス	画像の自動判別によるひび割れ検出および腐食検出
11	株式会社ベストマテリア	リスクベースメンテナンスにおける損傷機構選定のAIによる自動化
12	高取大学・日本電気株式会社・筑波大学	確率推論を用いた事故の予兆分析とリスクセグメントシステムの構築

**効果の具体例**

**早期発見** 設備の異常を予兆段階で検知できるため、必要な措置を早期に実施できる。また、早期に対処することで設備の緊急停止を未然に防ぐことができるため、プラントを安定的に稼働させることができる。

**ノウハウの継承** 各運転員による切り替え運転操作に対して、AIによる評価を提示できる。ベテランと新人の運転を差を定量的に比較でき、高度な操作ノウハウの伝承の助けとなっている。また、運転員のシミュレータ上での操作訓練においてもAIによる評価を活用することで、訓練の質が大幅に向上している。

**計画高度化** これまでは、日常の巡視の中で発見した配管外面の腐食箇所を運転員が撮影し、画像に緊急度のコメントを付していた。また、その画像に対して専門担当者が腐食のレベルを分類していた。しかし、運転員・専門担当者ともに判断に手間がかかっていたため、撮影枚数が限られていた。AIは大量の画像を高速に処理できるため、撮影枚数を増やすことができる。これにより、配管の腐食状態を網羅的に把握でき、点検・補修の計画の精度を上げられる。

凡例： 保安水準の維持・向上 効率性の向上

画像 5.3.3（出典：経済産業省 石油・化学プラントにおける先進的 AI 事例集）

### 5.3.4. 日本学術会議による化学と情報科学の融合に関する提言

<sup>141</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201117001/20201117001-4.pdf>

<sup>142</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2020/11/20201117001/20201117001-1.pdf>

日本学術会議の化学委員会化学企画分科会は2020年7月、化学と情報科学が融合した新興研究分野の振興と人材育成を提言した「化学・情報科学の融合による新化学創成に向けて」を公表<sup>143</sup>した。この提言は、以下のような4つの項目を柱としている。

1. **AI 利用を意識した化学データの戦略的収集と戦略的創出**：化学に特化したデータベースの構築と新化学創成センターの創設
2. **情報科学を活用した化学教育の変革**：データ駆動型統合的科学を学習できる環境づくり
3. **情報科学活用による化学産業の高度化**：営利企業が協力し合う AI 融合型高度生産システムの構築
4. **化学と情報科学の融合による新化学の創成**：以上の 3 項目の実現と推進を支援する「新化学創成協議会」の設置

---

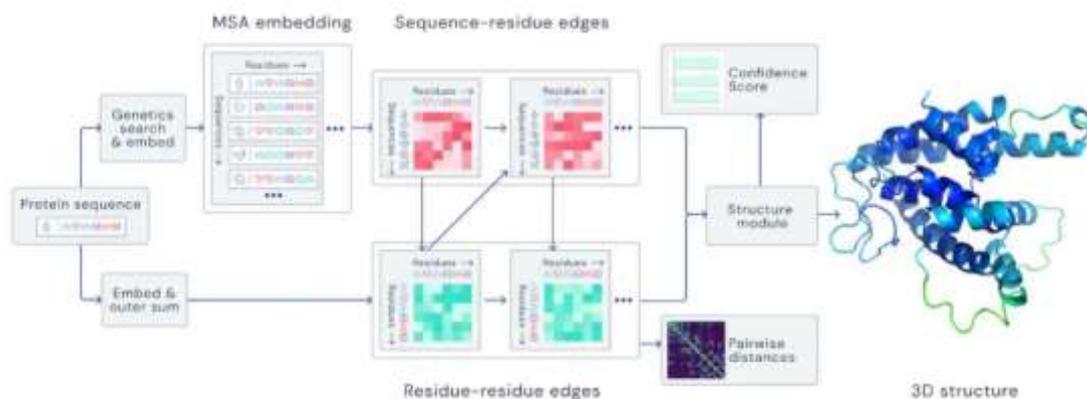
<sup>143</sup> <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t292-1-abstract.html>

### 5.3.5. タンパク質構造問題を解決する「AlphaFold」

Google 傘下の AI 研究機関 DeepMind は 2020 年 11 月、タンパク質構造問題を解決する AI 「AlphaFold」の最新バージョンを発表<sup>144</sup>した。

タンパク質構造問題とは、タンパク質のアミノ酸配列からタンパク質の 3 次元構造を予測することを意味する。タンパク質の構造はアミノ酸配列にもとづいて一義的に決定されるのだが、可能な構造の候補は天文的な数になる。それゆえ、タンパク質構造の予測は化学における難問のひとつであった。

DeepMind は、タンパク質の 3 次元構造を「空間グラフ」と解釈して、グラフ理論を利用した予測 AI の開発を試みた。学習データには公開されているタンパク質のデータベースと構造が未知のタンパク質のデータベースを活用した（画像 5.3.4<sup>145</sup>参照）。



画像 5.3.4（出典：AlphaFold: a solution to a 50-year-old grand challenge in biology）

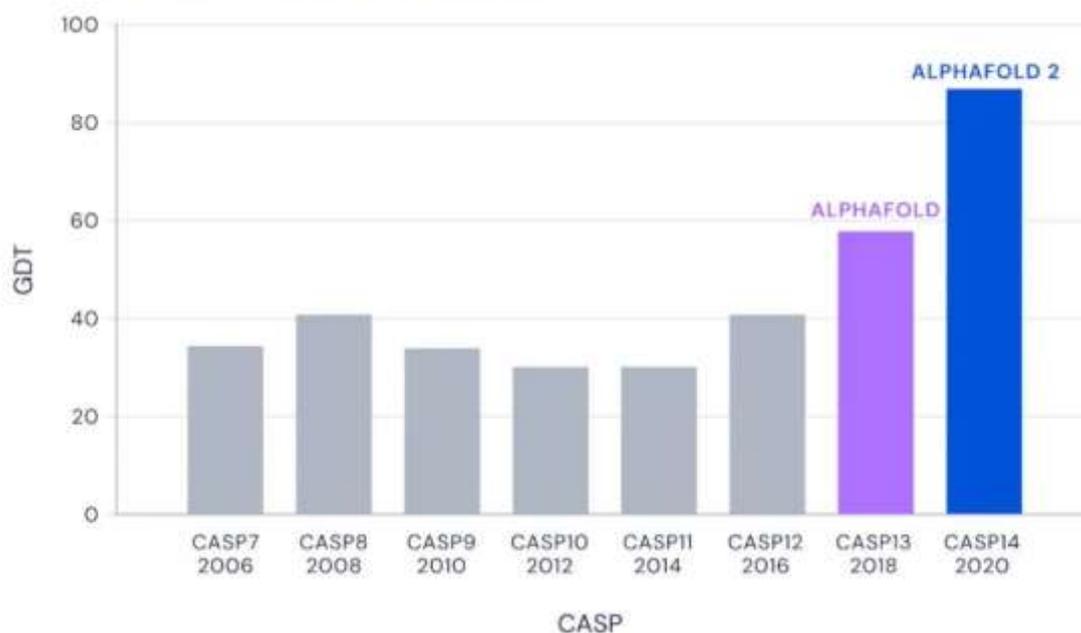
以上のようにして開発された AlphaFold 2 は、隔年で開催されるタンパク質構造予測を競うコンペ「CASP」で優勝した。ちなみに、Alpha Fold の最初のバージョンも 2018 年に優勝していたので、2 大会連続の優勝となった（画像 5.3.5<sup>146</sup>参照）。

<sup>144</sup> <https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology>

<sup>145</sup> <https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology>

<sup>146</sup> <https://deepmind.com/blog/article/alphafold-a-solution-to-a-50-year-old-grand-challenge-in-biology>

## Median Free-Modelling Accuracy



画像 5.3.5 (出典 : AlphaFold: a solution to a 50-year-old grand challenge in biology)

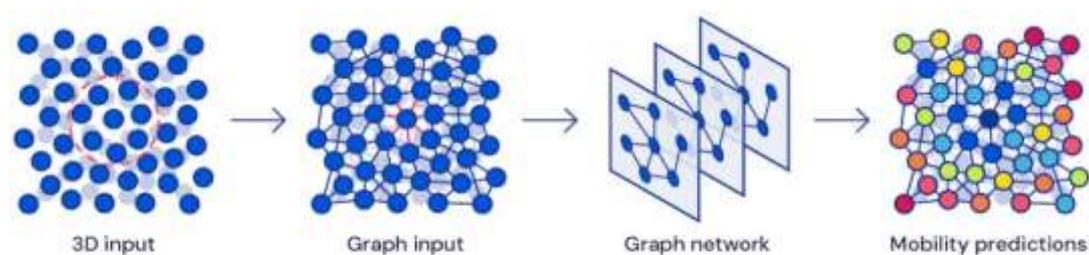
### 5.3.6. グラフニューラルネットワークでガラスの粒子をシミュレート

DeepMind は 2020 年 4 月、ガラス粒子の挙動をシミュレートする AI モデルを発表<sup>147</sup>した。身近な物質であるガラスは高温で溶けて冷却すると個体になるが、個体状態でも特有の結晶構造をもたず分子が不規則に並んでいる。こうしたガラスの性質は、不明な点が多いことで知られている。

DeepMind の研究チームは、ガラスの粒子をノード、粒子間の相互作用をエッジと解釈してグラフニューラルネットワークでシミュレーションすることを試みた (画像 5.3.6<sup>148</sup>参照)。このネットワークの訓練に際しては、さまざまな時間幅で観察されたガラス粒子の (粒子の動く量を表す) 移動度に関するデータセットを使用した。

<sup>147</sup> <https://deepmind.com/blog/article/Towards-understanding-glasses-with-graph-neural-networks>

<sup>148</sup> <https://deepmind.com/blog/article/Towards-understanding-glasses-with-graph-neural-networks>



画像 5.3.6 (出典：Towards understanding glasses with graph neural networks)

以上のようにして開発したガラス粒子シミュレート AI モデルは、**非常に短い時間範囲であれば 96%の精度**でガラス粒子の挙動を予測できた。予測する時間範囲を（ガラス粒子が流動化してから安定するまでの時間を意味する）緩和時間まで広げた場合の予測精度は 64% であり、従来の研究における 40%を大きく改善した。

### 5.3.7. 化学研究を加速する AI プラットフォームを提供する海外企業

以上に紹介した事例のような化学的知見を予測する AI 機能群をパッケージングして、化学研究プラットフォームとして提供する海外企業が多数存在する。

ChemIntelligence<sup>149</sup>が提供するプラットフォームは、以下のような 2 つの機能を実装している。

- 分子、材料、製剤の特性の予測
- 仕様を満たす分子、材料、または製剤を得るために実行すべき最も関連性の高い実験の提案

同プラットフォームを利用することによって、化学研究開発における実験数を **25%から 80%削減**できるという。

Chemical.AI<sup>150</sup>が提供するプラットフォームでは、以下のような機能が使える。

- 報告済みの化学反応経路の検索と新規反応経路の予測
- ワンクリックで多様な合成反応経路を生成
- ELN (Electronic Laboratory Notebook：電子実験ノート) の統合

<sup>149</sup> <https://chemintelligence.com/>

<sup>150</sup> <https://www.chemical.ai/>

Chemical.AI 提供のプラットフォームは、5 つ以上の大手製薬企業および CRO（Contract Research Organization：医薬品開発業務受託機関）と 8,000 社以上の顧客企業で採用されている。

### 5.3.8. 化学研究開発 AI を研究開発するプリンストン大学研究チーム

アメリカ・プリンストン大学所属の研究チーム The Doyle lab<sup>151</sup>は、化学研究開発に利用できる機械学習モデルの開発を研究対象としている。同チームがこれまでに開発した AI には以下のようなものがある<sup>152</sup>。

- 反応成分のパラメーター化を自動化する AI
- フッ化スルホニルの挙動を予測するデシジョンツリーアルゴリズム

また、ニッケル触媒クロスカップリングにおける配位子効果を理解および予測するための教師あり学習の開発にも取り組んでいる。

---

<sup>151</sup> <https://doyle.princeton.edu/>

<sup>152</sup> <https://doyle.princeton.edu/machine-learning/>

# 国内企業における AI 導入動向に関する 基礎調査

2021 年 6 月 15 日

株式会社角川アスキー総合研究所

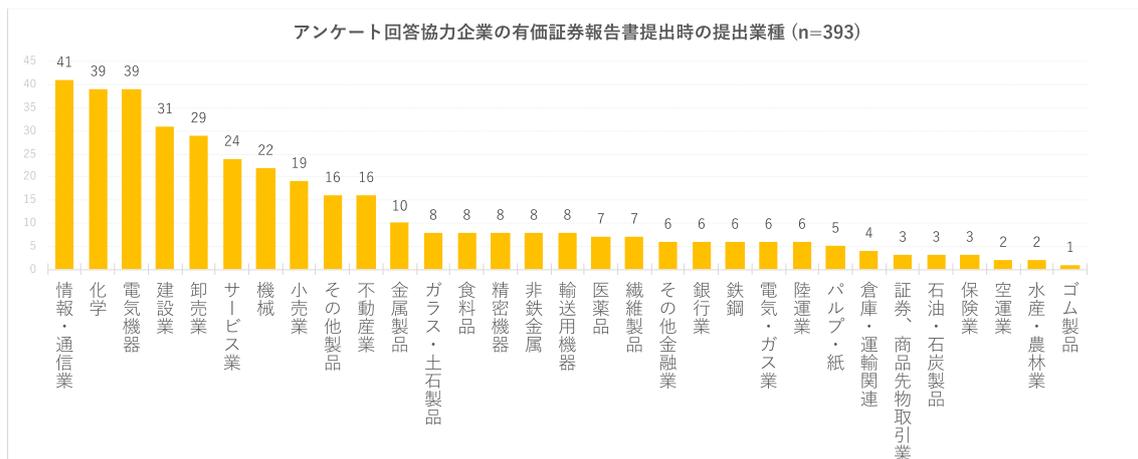
## 国内企業におけるAI導入動向に関する基礎調査：実施結果について

### 【調査概要】

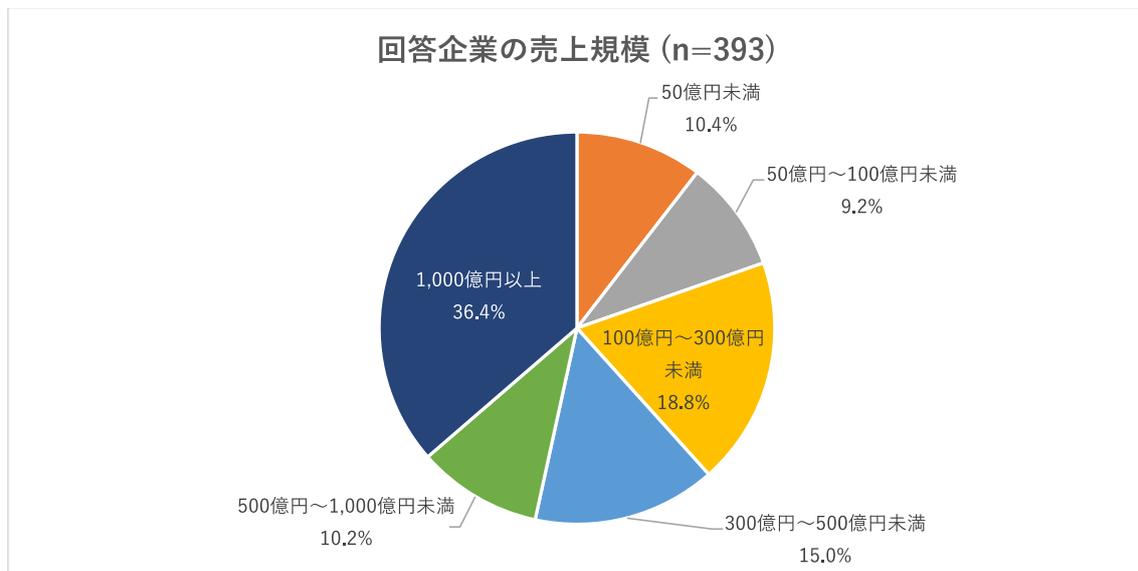
国内企業各社においてAI技術の導入がどの程度進んでいるか、また導入した・していない理由やAI技術へ期待を寄せている内容などを把握すべく、令和3年5月6日～同年6月9日の期間において郵送アンケート調査を実施した。実施方法としては、EDINET（金融商品取引法に基づく有価証券報告書等の開示書類に関する電子開示システム）から以下の条件に該当する4,000社を抽出してアンケート調査の案内状を送付し、インターネット回答により計393件の回答を得た。

- 有価証券報告書の開示企業として業種の届出をしている上場企業
- 非上場ではあるが業種の届出をしている資本金の大きい企業および内国法人

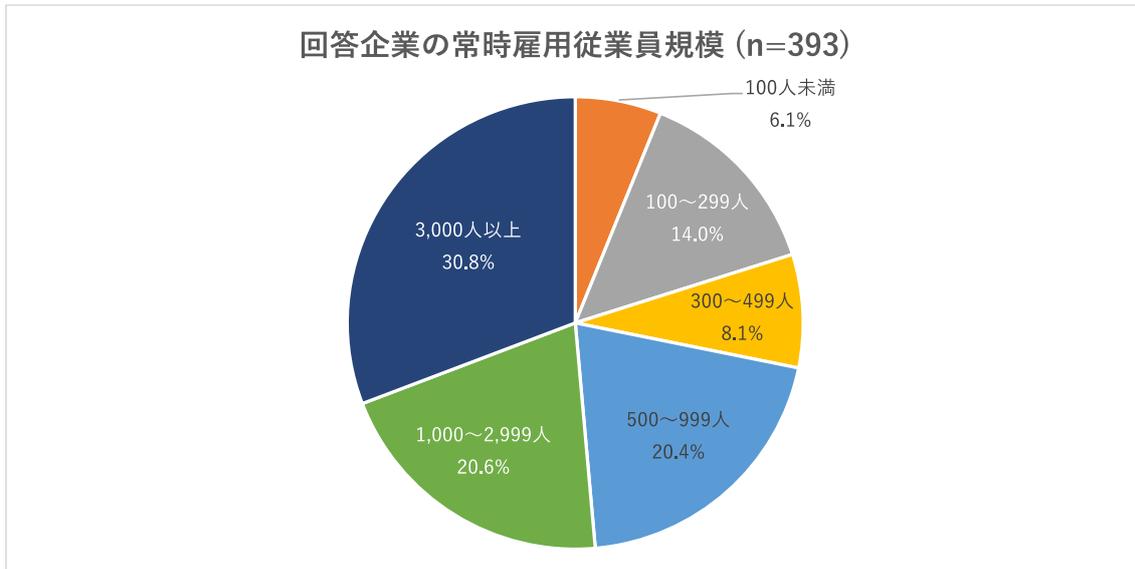
### 【回答企業の業種 (n=393)】



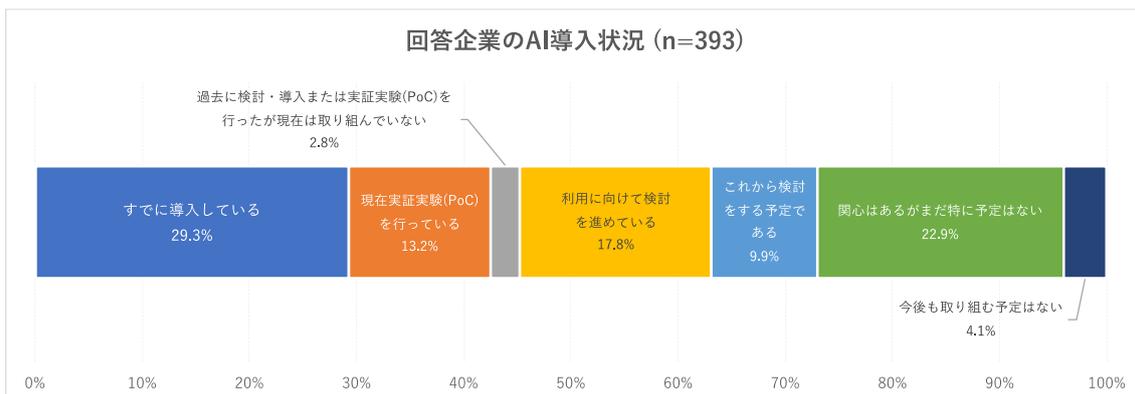
### 【売上規模 (n=393)】



【常時雇用従業員数規模 (n=393)】



【調査結果サマリ】



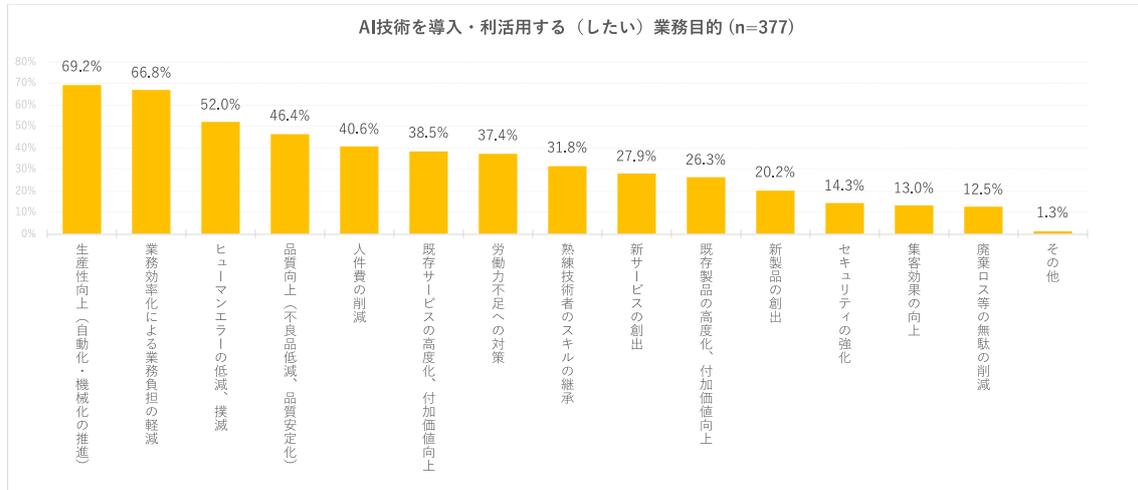
【設問】 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的で、AI（人工知能）技術を導入または活用されていますか。

上記グラフで示すように、回答を得た393社のうち95%以上の企業がAI技術について興味を持っており、実証実験（PoC :Proof of Concept）以上のアクションを取った経験があるという割合が45.3%、実際に業務へ導入済の企業が回答企業全体のうち29.3%（115社）という回答結果になった。

参考として、2019年7月～9月に独立行政法人情報処理推進機構（IPA）が『AI白書2020』刊行時に同様の目的・設問で企業向け調査を実施した結果と比較すると、当時はAI導入済と回答した割合が回答全体の4.8%であり、今回の結果（前回調査から約2年後）においてはその約6倍まで導入率が高くなっているという結果が得られた。

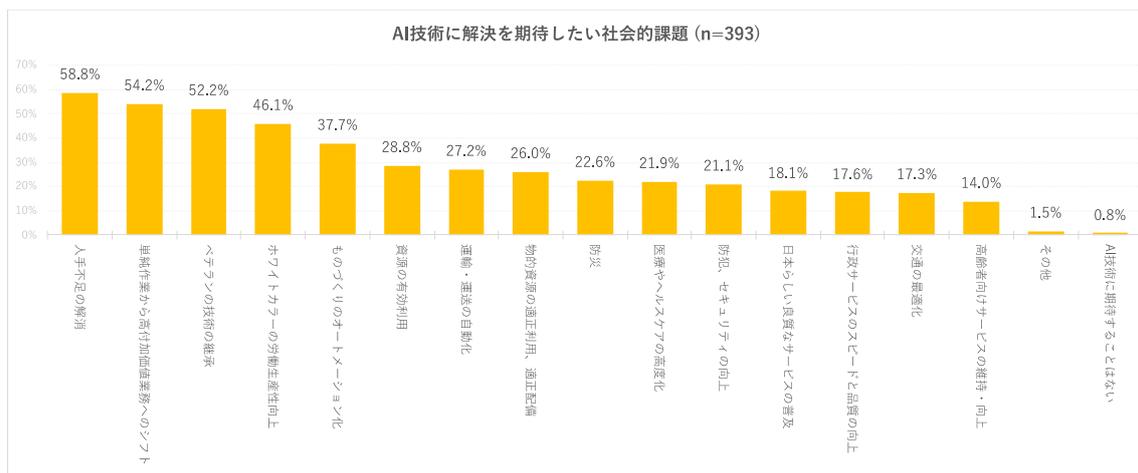
AI技術導入へ関心を持っている企業にAIの利活用を検討する目的を尋ねると、生産性向上・業務効率化・ヒューマンエラーの低減といった「既存業務をより効率よく実施するた

め」の目的意識が強く、AIを活用した製品やサービスの新規開発といった事業創出を目的とするAI技術の利用については30%を切る回答率となった。



【設問】 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。

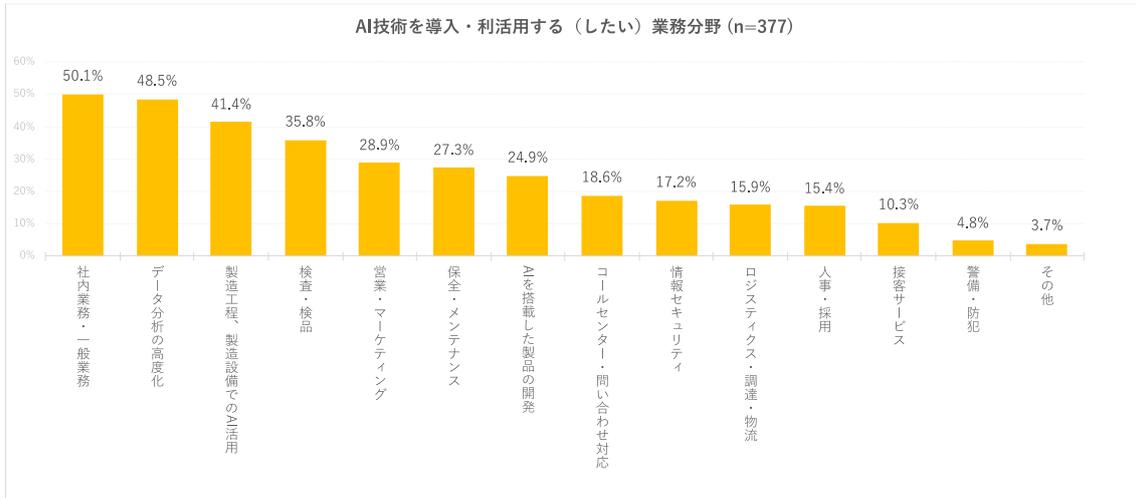
回答企業全社へ尋ねた「AI技術に解決を期待したい社会的課題」という設問においては「人手不足の解消（58.8%）」がトップ回答であるのに続き、「単純作業から高付加価値業務へのシフト（54.2%）」や「ベテランの技術の継承（52.2%）」が挙げられた。こうしたAI技術を用いて高い価値を生む事業を創出したり、熟練スキルの継承へ具体的に取り組んだりする必要性を感じる企業は多いものの、現実としては既存業務の効率化という目的にAI技術の利活用想定は留まっている傾向が伺える回答結果となった。



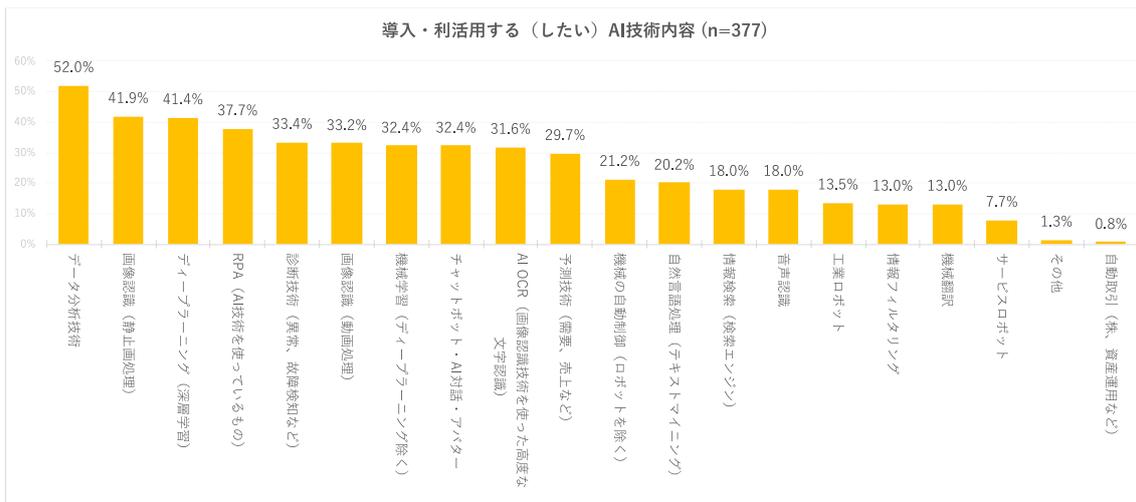
【設問】 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）技術に解決を期待したい社会的課題として、あてはまるものをすべてお選びください。

AIの利活用を検討する業務分野としては、検討企業のほぼ半数が「社内業務・一般業務（50.1%）」や「データ分析の高度化（48.5%）」といった用途を回答。利用を検討するAI技

術としても「データ分析技術（52.0%）」がトップで、次いで「画像認識（静止画処理）（41.9%）」や「ディープラーニング（41.4%）」が挙げられる結果となった。



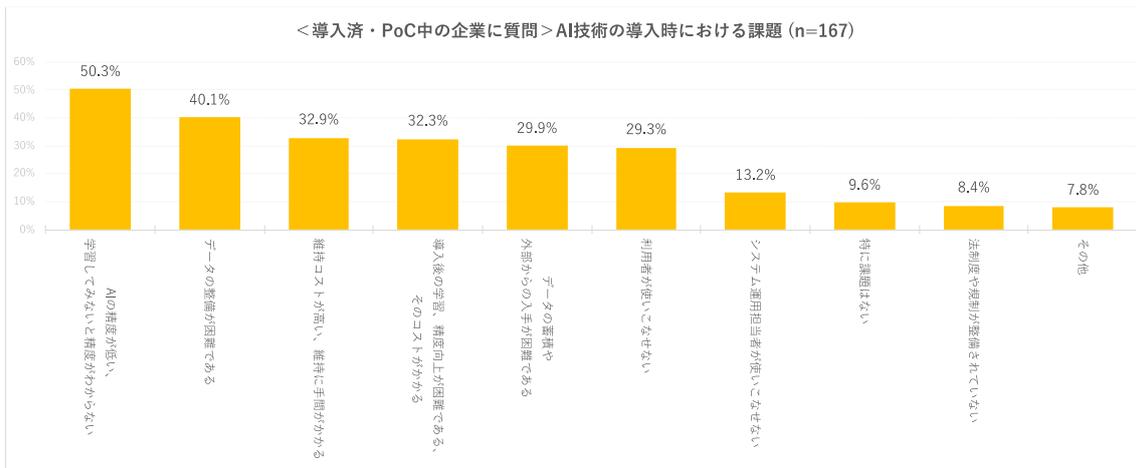
【設問】 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。



【設問】 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術導入および利活用を検討されている業務分野として、あてはまるものをすべてお選びください。

### 【AI導入済・PoC実施中企業の回答結果について】

「AIを導入済または実証実験（PoC）を実施中」と回答した企業（n=167）へ「AI導入時における課題」を尋ねたところ「AIの精度が低い、学習してみないと精度がわからない（50.3%）」という回答が最も多い結果であった。次いで「データの整備が困難である（40.1%）」、「維持コストが高い、維持に手間がかかる（32.9%）」、「導入後の学習、精度向上が困難である、そのコストがかかる（32.3%）」という点も課題として多く挙げられた。

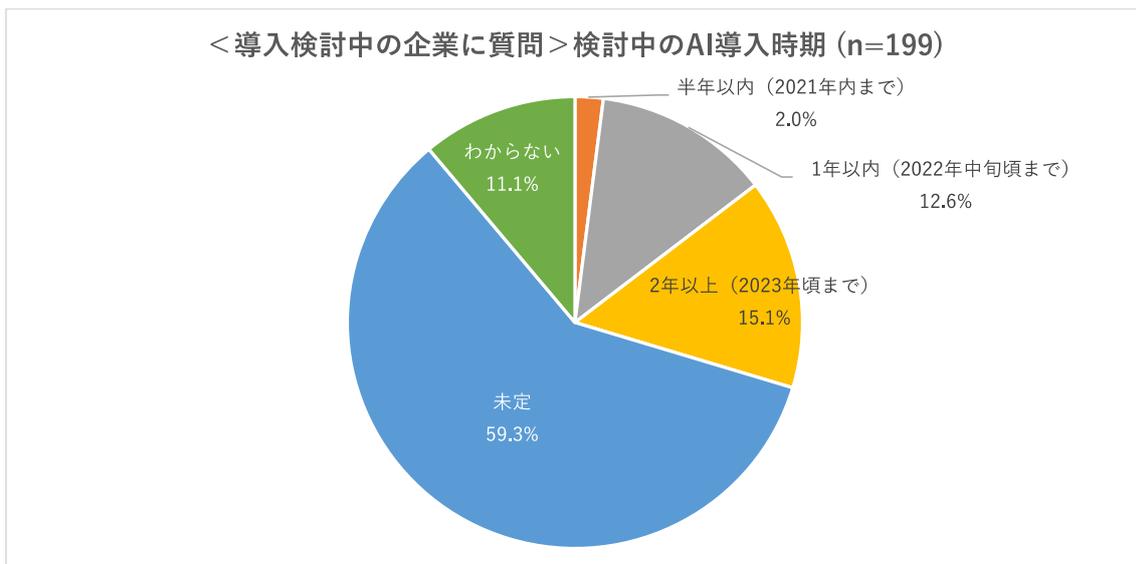


【設問】 自社業務に「AI技術を導入済み」または「実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入について、導入時における課題としてあてはまるものをすべてお選びください。

AIの精度担保と学習データ（外部データの入手も含め）の整備はまさに両輪の関係と言うことができるため、本アクションプラン策定委員会でも度々触れられた「産業界がエコシステムとして学習データを蓄積し、企業をまたいで必要なデータを連携していく仕組みや文化づくり」が調査においても課題であることが示唆される結果となった。

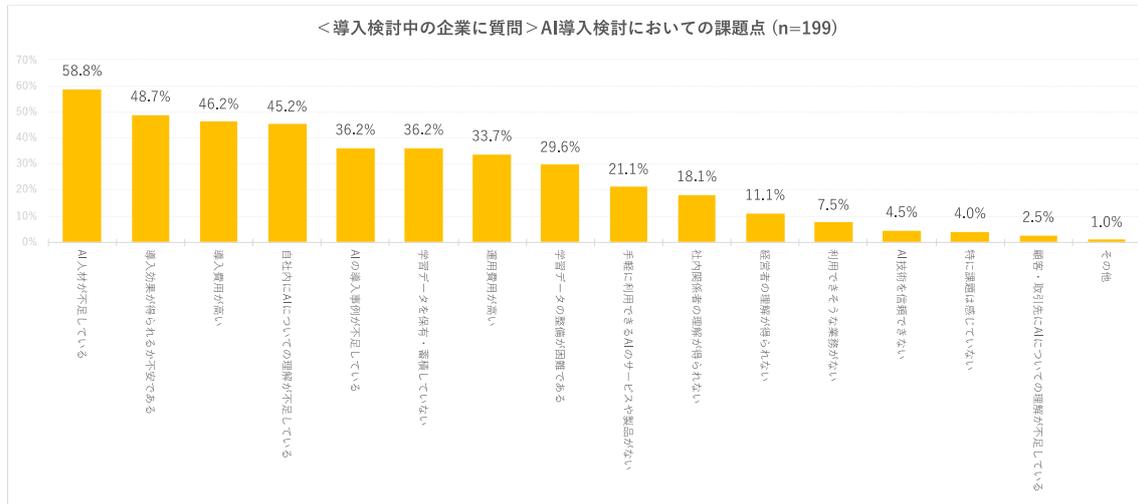
【AI導入を検討中・導入へ関心がある企業の回答結果について】

「AI導入を検討している、関心がある」と回答した企業（n=199）へ業務導入時期を尋ねると「未定（59.3%）」が最も多く、次いで「2年以上：2023年頃まで（15.1%）」、「1年以内：2022年中旬頃まで（12.6%）」という結果が得られた。具体的な時期まで設定して検討している企業は検討中企業のうち約30%に限られており、AI導入への現実感が低い検討企業が多数を占めている様子が伺える結果となった。



【設問】 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術を将来的に業務導入したい時期として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

更に「AI導入における課題となりそうな点」を尋ねた結果としては「AI人材が不足している（58.8%）」、「導入効果が得られるか不安である（48.7%）」、「導入費用が高い（46.2%）」、「自社内にAIについての理解が不足している（45.2%）」といった選択肢に回答が集まった。

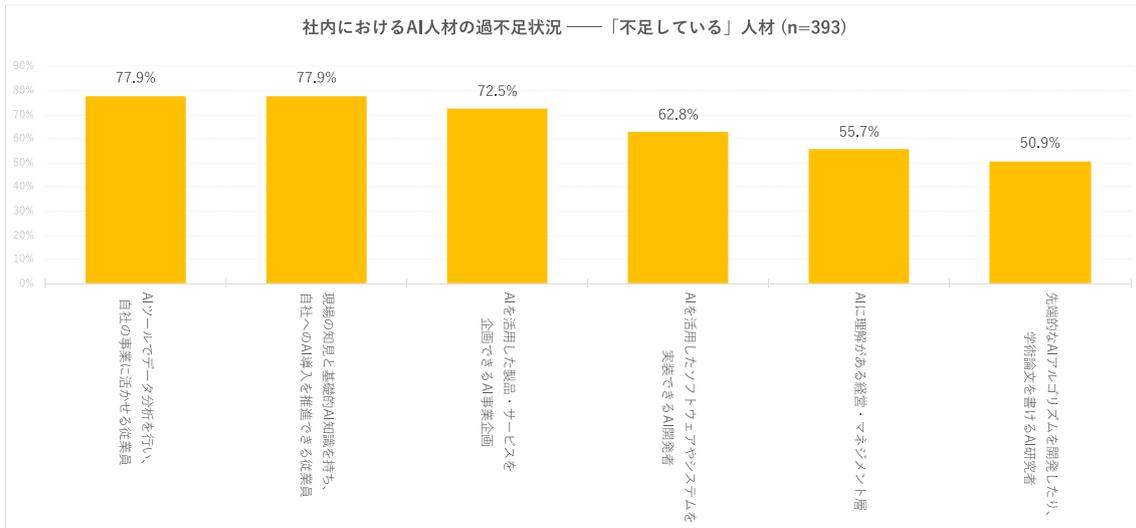


【設問】御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討される際に、導入における課題となりそうな点としてあてはまるものをすべてお選びください。

学習データの整備・蓄積に関する課題意識については約30～35%の回答率であり、そもそもAI導入の意義を説明できる・導入への道筋を立てられるような人材が社内にはいないことが課題となっている様子が伺える（学習データが何故重要なのかも、そうした人材がいてこそ意識が向く）。本アクションプラン策定委員会においても委員や外部有識者から「自身の専門研究領域とAIの研究をつなげて考えられるような人材は少ない」という声が多く挙げられており、専門分野とAI技術を同時に扱える人材の不足は研究領域だけでなく産業界においても対策を講じるべき課題と言える。

#### 【AI人材の不足について】

AI人材について「不足している」という回答が多かった人材について回答を見てみると、前述した項目と関連する結果として「現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員」と「AIツールでデータ分析を行い、自社の事業に活かせる従業員」が77.9%の同率でトップ。また「AIを活用した製品・サービスを企画できるAI事業企画（72.5%）」という人材への不足感も強いと回答されており、AI技術を活用した事業創出が進まないのは、人材がそもそも足りていないことと裏返しの関係にあることも考えられる。



【設問】現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。（上記グラフは回答のうち「不足している」という選択肢の結果のみ抜粋）

### 【企業向けアンケート調査：総括】

今回の企業向け調査において、AI導入自体については企業において進捗が出ている様子が伺えるものの、導入している企業においては「精度の担保と学習データの整備」において課題意識が強く、また非導入の段階にある企業においては「自社の業務領域とAI技術をつないでアクションを取れる人材の不足」が導入を阻む壁として存在していることが明らかとなった。

これらの課題は本アクションプラン策定委員会においても議論が繰り返されていた点であり、実践的な学習データを産学官で連携して蓄積していくためにも、実際の企業現場においてAI導入を牽引できるような人材確保や教育を推し進めていけるように、より具体的な取り組みが求められる必要性を強く感じさせる調査となった。

『AI戦略2019』において戦略目標として掲げられている「AI時代に対応した人材の育成」はまさに現在の企業各社において具体的に必要とされているAI導入におけるキーファクターであり、我が国のAI技術進展の勘所であることが今回調査でも改めて確認された。

アクションプラン策定委員会  
議事録

株式会社角川アスキー総合研究所

「人工知能（A I）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン策定及び事業抽出のための調査」  
アクションプラン策定委員会 第1回 議事録

日時： 2021年2月9日（火）15:00～16:00

会場： オンラインで実施

出席者（敬称略）：

【アクションプラン策定委員会】

委員長 中島 秀之

委員 牛久 祥孝

委員 稲見 昌彦

委員 川上 登福

委員 松尾 豊

委員 丸山 宏

委員 村川 正宏

【オブザーバー】

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課産業技術プロジェクト推進室

室長 鷺見 昭英

室長補佐（総括） 富樫 達也

研究開発専門職（ロボット・AI 担当） 松井 淳

研究開発専門職（ロボット・AI 担当） 石川 恵

経済産業省調査員（総括・AI・先導研究） 川上 信

【NEDO ロボット・AI 部】

部長 弓取 修二

主幹 関澤 和広

主幹 金山 恒二

主幹 吉田 准一

主任研究員 御代川 知加大

主任 波多野 淳一

※他に NEDO ロボット・AI 部員が聴講

【NEDO 技術戦略研究センター】

統括研究員 多田 達也

**【事務局（角川アスキー総合研究所）】**

北島 幹雄、杉本 敏則、中西 祥智、富士川 裕紀

**【冒頭の挨拶】**

NEDO・弓取部長：AIは何のためにある？ロボットのため？というところから研究を始め、それから多分野にどんどん実装していこうとし、アジャイル型の進化・人間のため・AIの保証といったところで動いている。その時々に応じて接ぎ木しながら展開をしてきたが、NEDOとして「AIを社会実装する、それが国のやることか？」と指摘を受けたりもしている。次に接ぎ木をしていくものはどんなものがあるのか、時代に合ったもの・生きの良いもの、この先に実をつけてくれるものを委員の方々と考えていきたい。

中島委員長：かつてNEDOのAI開発センターにいたこともある、今回また関われるという事で委員長として引き受けることにした。新しいメンバーもいて楽しみ。

**【本委員会の趣旨説明】**

NEDO・関澤主幹：AI研究開発が今後どのように社会実装でき、国際的な競争力を取っていけるのか、先手で攻めていくことが重要だと思っている。その中で今回戦略を策定する、さらにNEDOとしてどのように事業化していくかについて本委員会で議論していただきたい。議論の先のアウトカム、ここで話が出た技術を将来的に産学官交えたイノベーション創出へとつなげられるよう最終的には経産省に提案し、国として議論してもらえるようにしたい。

**【各委員から所信】**

牛久委員：このような委員会に参加するのは初めての事。私はオムロンの子会社やAIコンサルティングのスタートアップを通じて研究を続ける中で、材料を開発する研究者、バイオ系、有機および無機マテリアル系などを研究している人との協業に今興味が高い。言語化されていない情報を言語に結びつけて開発していくことが、創薬などにもつながっていくのではないかと仮説を持っている。そういう境界の外部識者もお呼びしてみたい。

稲見委員：私自身はAIそのものを専攻していないが、VR・人間拡張をやっている。かつてのコンピュータやインターネットのように、どのような分野の研究でも機械学習を使うのが当たり前になってきている。そういう意味でAIのアプリケーション（社会実装）の方向性として、私は特に人に対してサービスを与える部分について助言できると思っている。

川上委員：私は他委員と異なり研究者ではない。AI技術の事業化（スタートアップ支援や企業内における利活用促進）や、AI時代へ入るにおいて企業がどのように変革していくべきか、といった領域を扱っている。前回（2016年）次世代人工知能技術社会実装ビジョン（以下、2016年版ビジョン）策定から随分変化が起きたなど感じている。記憶を呼び覚ますと、「技術的にできる（のかどうか）」という問題と「産業的に広がっている」という状態

は、企業側の問題もあり時間軸的に必ずしも一致してこないなということ（2016年）当時思っていた。また AI 以外の技術が発展することによって AI 適用領域が広がるという部分もあるし、このあたり結構難しいなと思っていた。今回どういうことを議論していけばいいか理解できていない部分もあるが貢献したいと思っている。

松尾委員：以前から関わってきたが、AI・ディープラーニング分野も進んできている。私自身は時代の流れが変わりつつあるタイミングだと思っている。世の中における AI が持つ意味合いもこれまでの数年間とは変わっていくと思っており、どう舵を切っていくかが重要なタイミングだと思っている。

丸山委員：本籍はプリファードネットワークスにあるが、2020年11月から花王株式会社の DX を担うため出向している。機械学習にはとても興味があり、それを社会実装していくにあたっては技術だけでなく社会の受容性も大切だと思いき、機械学習工学研究会を立ち上げるなどの活動もしている。この NEDO 事業を通して、AI の社会実装がより広がっていくことを期待している。

村川委員：私自身は産総研人工知能研究センターの副センター長を務めており、NEDO「人と共に進化する次世代人工知能に関する技術開発事業」にも関わらせてもらっている。研究者として興味があるのは、AI がデータから学ぶ機能的の話と、AI が人間の持っている知識から演繹する話が、これからどのように交わっていくかについて。まだ明確な答えはないが現場の研究者とは意見を交わしており、本委員会においても意見交換をして、日頃もやややと考えていることを少しでもクリア（明確）にしていければと思っている。

#### **【経済産業省・鷺見室長ご挨拶】**

鷺見室長：AI は多くの分野に広がり始めているところだが、社会への普及という意味ではまだ黎明期と言える部分も多く、我々としても現場へ導入していく取り組みにますます力を入れていきたいと考えている。AI 研究領域の最先端では常に新しい技術革新が進んでいく中で、もちろん長期的な計画で進んでいくものもあるが、ロードマップには乗らないようなところから新しいものが生まれることもあると思う。本委員会でもまとめていただいたものを参考にさせていただき、新しい研究開発に活かしていきたいと思っている。

#### **【本委員会内容の情報発信（議事内容の公開）について説明】**

事務局・中西：本委員会でも策定したアクションプラン自体を 2021年6月に公開するが、議論の過程についてもある程度公開することで、シンポジウム開催と合わせて世の中にアクションプランについて知っていただく機会を増やせるのではないかと考えており、第2回委員会から議事内容を ASCII.jp および AINOW にて公開させていただかないかと考えている。委員のどなたがどのような発言をされたかまでは触れないが、委員会内でどのような話

題が議論になったか、その議論のベースにある技術トレンドについてなどを記事としてまとめ、委員の皆さまにご確認いただいた上で公開していきたい。また公開した記事へ読者から寄せられた反応なども本委員会へフィードバックできればと思っている。

(本説明に対して各委員から特に異論は出なかった)

### 【2016年版の「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」を振り返りながら自由討議】

事務局・中西：AI 社会実装の出口分野として 2016 年版ビジョンでは「ものづくり／モビリティ／医療・健康、介護／流通・小売、物流」と設定されていたが、その他の分野についても今回は追加すべきかなど委員の皆さまに議論いただきたい。例えば「デジタルトランスフォーメーション (DX)」や「サステナビリティな世の中」といった観点における人工知能の活用などもあるのではないか。

中島委員長：まず我々は COVID-19 による社会変化を経験しているわけで、そこからの視点も入れたい。ひとつは働き方が随分変わったこと。大学では講義の仕方も変わっているが、いわゆる遠隔勤務のような話など、そういうことも NEDO の管轄範囲に入るなら是非議論してみたい。

NEDO・弓取部長：遠隔勤務についてはまさにこれから NEDO において「リモートプロジェクト」として公募に掛けようとしている段階にある。遠隔技術と AI をからめていかに「使えるもの」にしていくか、そういった観点で進めていこうとしている。

中島委員長：次に教育の話もしたい。AI 戦略 2019 において「データサイエンス・AI を理解し、各専門分野で応用できる人材を年間 25 万人育成する」という目標が記載されているものの未だに実行されていない。我々大学側から見ても「それを誰が教えるのか」という疑問がある。一昨年くらいから NEDO で教育についてのプロジェクトを立ち上げないかと議論はしているが、教育におけるテクノロジー活用というのも分野としてあり得ると思う。あと「デジタル庁の新設と DX」という話題については「今更デジタル(という表現)なのか」と思う部分もある。AI の下にデジタル化があるのは確かで、IoT などがなければ今のディープラーニングは動かないわけだが、一番下(のレイヤーについての表現)を言葉としてスローガンのように出すことに違和感があるので、何か違う表現を考えたいと思っている。

稲見委員：2016 年版ビジョンにたとえばコンテンツ産業などが入っていないのは、敢えて扱わないと決めて議論したからなのか知りたい。最近だと外食店などにおいてサービスをするロボット導入なども増えている。もしも積極的に省くというわけでないなら、こうした話題も検討して良いのではないか。

松尾委員：市場規模(の大きさ)で 2016 年版ビジョンでは含めていなかったと思うが、話題性が強いので入れても良い対象だと思う。

中島委員長：食品に関して言うと、NEDO で生産から消費まで一貫したループを作るためのプロジェクトをやろうとしていたが、農林水産省から「生産には口を出すな」との意見が

あり、プロジェクトが止まっている気がする。IT化やAIを使うという面から言うと、産業全体のループを考えることが大事だし、本当は触れたいところ。

稲見委員：先ほど述べたがデジタルコンテンツ系についても、ゲームAIが大きな分野になっている。

中島委員長：そもそもGPUのおかげでディープラーニングできているわけだし、ゲームAIも稲見委員が言うように考えてみたい。

事務局・中西：本委員会の議論は当初は「発散」する方向で進められればと考えているので、結果的に「市場規模が小さい」や「有益な議論にならなかった」という理由でそれを成果物から外すとしても、最初はいま話題に出た内容を含めても良いかと思う。

丸山委員：2016年版ビジョンを見ると「今の産業構造」の縦割りで出口分野がカテゴライズされている。今後ITや人工知能技術で産業界のエコシステムに大きな変革があるとするれば、従来の分け方ではない観点があっても良いかと思う。例えばSDGsなどは横串の観点であるし、そもそも、ものづくりとモビリティや医療の境界がなくなってきている。新しい技術(AI)によって産業構造も新しくなっていくというシナリオを議論しても良いのでは。

中島委員長：(2016年版ビジョンで)縦軸と横軸で表現している内容が入り混じった図が作れると良いのかもしれない。

牛久委員：「ものづくり」というのが概念として「広い」と感じる。どこまでがものづくりという言葉で代表できるのかと考えていた。たとえばオムロンはものづくりの企業だが「モノだけ作っていてもだめ、コト(サービス)まで合わせて事業展開していかないと」と社内で議論している。モノだけを切り出すのはどうか?と思う。また、ものを作るというときに「コンテンツを作ること」をものづくりとも言うが、一方で「ものづくり」と言われるとメインは製造業のような領域を指している気もする。モビリティや流通といった表現はよっぽど具体的。例えば製薬や材料、建築などを「デザインする」といった領域にもAI技術活用について議論が入ってくる中で、どこまでを「ものづくり」と言って良いのかふわふわしている。ものづくりという枠組みを分解して考えた方が、他の直交する概念との議論も深まるのではないかと思う。

NEDO・吉田主幹：様々な意見が出ているが、本委員会においては省庁の守備範囲にとらわれず、広い視野で議論していただきたい。ただ本委員会の出口にはNEDOおよび経済産業省のプロジェクト予算要求へつなげていきたいということがある。そういう意味で問題提起として申し上げるならば、重点政策である「経済安全保障としての半導体製造」や「ポスト5Gの情報通信」あるいは「カーボンニュートラル」はNEDOおよび経済産業省が力を入れている分野。また新型コロナウイルスとの関わりで言うと「キャッシュレス決済」なども重要な政策になっている。こういった論点とAI技術との関わりについての議論もあり得ると思っている。

川上委員：この6回の委員会で何をアウトプットするのかまだイメージできていない。2016年版ビジョンのアップデートを目的としているのか、手触り感が持っていない。例えば委員会タイトルに「大局的な」という表現を付けたのは何か課題意識があつてのことではないのか。この委員会の議論を終えたものがどのオーディエンスに対してどう使われていくのか。何を成し遂げたいのか、もう少しイメージがほしい。それによってどういう発言をすべきかについても考えたい。

NEDO・関澤主幹：端的に言う、「30年後にはこうしたものが必要で、そこから今を見る（逆算する）とどういうプロジェクトが必要で、そのプロジェクトを実行するにはどういったAI技術が必要か？」といったピンポイントな指摘をいただけるようなアウトプットがあると、我々としてもそれをもとに事業化しやすく、経済産業省へも提言でき、予算の獲得にもつながる。「このAI技術が必要だ」や「このプロジェクトをやるべきだ」というアウトプットがあると助かる。

川上委員：前回の2016年版ビジョンは「30年経ったらこれくらい（技術革新が）進んでいるのでは」と作った記憶がある。今回は「30年後の社会はこう在るべきだ」ということをなるべく荒唐無稽でない姿でイメージしたとき、何がミッシングパーツかを考えるというのがあると思う。また（将来的に）AIが活用されている・社会実装されている状態を考えたときに、現実的なコストの問題など色々出てくるはず。そういったところを本委員会では2016年版ビジョンをアップデートしながらあぶり出していくアプローチを取ると、本委員会の目的について理解した。

中島委員長：「未来はどうなっているか」という点における技術予測は文部科学省が担当している。しかしNEDOがやる場合、それは研究開発予算へダイレクトにつながる。国に「こういったことが大切」という報告書をまとめ、国がその重要性を理解してくれれば、NEDOに予算が付くのが目的ではある。

NEDO・金山主幹：川上委員の質問へ我々の事情も交えて返答したい。現在、提案公募型のプロジェクトがNEDOは多くなってきたが、本来あるべき「この技術を開発することで世の中が良くなるんだ」というナショナル型の研究開発の方向性をダイレクトに追求するための議論を本委員会ではしていただきたいと考えている。

牛久委員：川上委員の質問に関連して私も確認したい。例えば第6次産業的な、農林水産省などに関わりが深そうな話題について、他省庁とのコンフリクトもあるので（避けた方が良い）という話もあったが、ここで策定する提言はNEDOや経産省のためのものであることを了解しておくべきか。産業別に考えるのも有効ではあるが、AI技術そのものにおいてバックグラウンドにあるのはどの分野でも一緒であり、我々として「技術としてのAI」をどう開発していくかということを見ると、その出先（省庁）がどこかという付度を挟まない方が議論しやすいのではと思う。

経済産業省・鷲見室長：最終的な産業分野は政府全体で考えることであり、他省庁と連携を

していけば良いので、議論の出先が経済産業省の所掌であるかどうかについては考えていただかなくとも良い。特に技術シーズについて検討をするのであれば、その基盤部分はあらゆる分野に関わっていくことなので、牛久委員が懸念されているような付度は不要だと考えている。

松尾委員：2015年くらいからの5年間は、ディープラーニングが使われるようになり、人工知能の研究とディープラーニングがほぼ「ニアリーイコール」で社会へインパクトを持つという状況だった。ディープラーニングだけを研究していれば、知能の研究と産業的インパクトの両方を満たせていた。だが今ここまで来ると、例えば自然言語処理はディープラーニングベースになり、従来のものとは全く変わった形で確立してきている。画像認識においても同様で、インタフェースの研究でディープラーニングを使うというのは当たり前のことで、従来の技術にディープラーニングが取り込まれて新しいものとして成立している状況が当然になっている。こういった状況において「知能の研究」と「実用化」の話に距離が出てきており、その距離はますます広がっていくと思っている。今ではDXと呼ばれる話題だが、社会にとって役に立つIT・AI技術の使い方という話題は重要になってきているものの、それはデータベース技術や言語処理・インタフェース・AI・IoTなどを含め、且つ業務フローを考えながらビジネスインパクトを生むという総合格闘技的な議論になっている。そういった話が各分野で重要になってきている。一方で「知能の研究」はまた独自の発展をしていくはずで、短期的には結果を産まずとも少し先に非常に大きなインパクトになってくる。本委員会で扱う話題が現実的な意図と研究的な意図のどちらをより大切に扱うか、混ぜて話すという状況ではなくなりつつあると思うので、議論の立ち位置は明確にした方が良いと思った。とはいえ本委員会の趣旨やメンバー構成からするとDXという、社会に近づいた文脈で各技術を広く捉え、総合格闘技的な話をより扱うと思っている。

稲見委員：これまでの話題とは違うコメントかもしれないが「30年後」という表現について意識合わせをしたい。つまり2050年からバックキャスト型でプロジェクトを考えるとということか。というのも、私は内閣府のムーンショット型研究開発制度の目標1におけるバックキャスト型の部分に携わったが、発表した目標は相当な議論をしてまとめたものだった。今回、本委員会でどこまでまとめられるか不安も感じる。NEDOや経済産業省として「2050年に社会がこうなってほしい」などを過去に検討した基礎資料はあったりするの。またもし数年前にそうした検討や議論をしていた場合でも、COVID-19からの視点は含まれていないはずなので、もう一度内容を見直さなければならないのは確か。過去の議論の何を生かして、何は見直すかを議論するにおいても、基礎資料は重要かと思う。

事務局・中西：2050年などについての基礎資料と呼べるものがあるかどうか、NEDOとも相談して準備を進め、次回委員会までに用意させていただきたいと思う。最後に中島委員長、何かあれば。

中島委員長：今回も活発な意見が出たので次回以降を楽しみにしている。

「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発の  
アクションプラン策定及び事業抽出のための調査」  
アクションプラン策定委員会 第2回 議事録

日時：2021年2月26日（金）9:30～11:30

会場：オンラインで実施

出席者（敬称略）：

【アクションプラン策定委員会】

委員長 中島 秀之

委員 牛久 祥孝

委員 川上 登福（前半30分のみ出席）

委員 松尾 豊

委員 丸山 宏

委員 村川 正宏

※稲見 昌彦委員は欠席

【オブザーバー】経済産業省 産業技術環境局 研究開発課産業技術プロジェクト推進室  
室長 鷺見 昭英

室長補佐（総括） 富樫 達也

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 松井 淳

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 石川 恵

経済産業省調査員（総括・AI・先導研究） 川上 信

【NEDO ロボット・AI部】

部長 弓取 修二

主幹 関澤 和広

主幹 金山 恒二

主幹 吉田 准一

主任研究員 御代川 知加大

主任 波多野 淳一

※他にNEDOロボット・AI部員が聴講

【NEDO 技術戦略研究センター】

統括研究員 多田 達也

【事務局（角川アスキー総合研究所）】

北島 幹雄、杉本 敏則、中西 祥智、富士川 裕紀

## 【冒頭の挨拶】

### ◇中島委員長

さまざまなキーワードがあるが、最終的には「バックキャスト的な記述を作る」といった感じだと認識している。

「10年後20年後どうなっているか」という部分から始めると難しい。そのため、フォアキャスト的に『今の技術からは何が足りないか、どういうことができるか』という話をして、話が出揃ったところで綺麗にバックキャスト風書き直し形を取りたいと思っている。

そういう意味では、資料「既存将来予測調査とAIの関わりについて」の関連性の高いAI的技術要素・キーワード例を順番に拾いながら、どんな感じなのかを見ていけばいいと思う。

## 【本委員会の趣旨説明】

### ◇事務局

用意した資料は、国や機関が実施している調査をベースに約20個の社会的事象の将来予測を並べている。

資料では「想定される社会的事象とAIの関わり」として、それぞれの社会的事象に対して「AIがどう関わるか」をいくつか抽出している。

その上で、以前NEDOの未来の人工知能技術検討会で並べられた技術シーズを合わせて、具体的なキーワードを並べたのがL列だ。

今回は、そのL列を見て「そもそもこのキーワードでいいのか」「もっとこんなものもあるのではないか」「こういうAI技術が必要ではないか」ということを議論していただきたい。

## 【中島委員長が考える議論の進め方】

### ◇中島委員長

基本的なスタンスとして、「技術は可能性を作り出すもの」だと思っている。AIでもITでもさまざまなことが実現できるが、社会的にそれを実現していいのかということを考えなければならぬ。

今回は、技術ではない社会を見ている方々は、そのような部分で議論してほしいと思っている。

## 【1. ヘルスケアによる健康期間の延長について】

#### ◇中島委員長

状況判断という話が出ているが、世の中でひとつ問題になっているのは「AIが完全に判断して人間がそれを受容するというモデルで良いのか」ということ。

基本的に技術と社会学の関係と同じでAIは可能性を提示はできるが、最終的な判断は人間がやるべきだと思っている。

#### ◇川上委員

ヘルスケアに関して言うと、「小さい主治医常に見てくれていて、困ったら大きい主治医に相談する」といった形が実現したら嬉しい。

小さい主治医はAIだけでは実現しないかもしれないが、勉強でも病気でも毎日チェックしてくれるものがあれば良いと考える。問題は、そこに対するコストや時間、ずっとモニタリングされることの苦痛はどうかというところ。

また、最終的に難しいところは「どこまで勝手にAIが判断するのか」ということ。専門分野に応じて、「どこから専門家にエスカレーションするのか」という議論もある。

#### ◇中島委員長

例えば、病人になにかしらの異常が出たとき（アラートがなったとき）、人間に持っていくのか、システムがそのままやっていくのかというあたりは議論すべき。

#### ◇川上委員

かかりつけ医と専門医がどんどんエッジになっていくという感じ。エッジ側で取れる情報の進化と、AIの技術力と一般生活の中に入り込む技術の進化が重要になるだろう。

#### ◇村川委員

エスカレーションしていった際には、病院でよくやっているカンファレンスのような形で、複数の人が合議制で決める形が良いのではないか。

ただ、この合議に人間の医者だけでなく、AI（かかりつけ医）がその中の一意見として入ってくるイメージ。AIが患者の異常を医者に教え、それを踏まえて患者をどう処置するか決める形が良いのではないか。この場合、AIは医者に患者の状態を説明しなければならない。

#### ◇中島委員長

AIが合議に入る場合、言語AIが人間と話せるような技術・意見の根拠を説明する技術（自然言語理解の技術開発）が必要になる。

また、AIにこちらの要求を伝えるときに必ず出てくる「フレーム問題」も解決しなければならないができるかどうか。

◇松尾委員

フレーム問題に関しては、「世界のデータをどれだけ取れているか」が重要。現在、世界モデルという研究が進んでいるが、適切にモデル化できると、どういう意味で言っているかをAIはある程度把握できる気がする。

◇中島委員長

人間のモデルはできるかどうか？

人間の欲求を理解する＝人間の体がどうなっていて、どういった欲求があるかを理解しなければならない。世界モデルの中に人間は入っているのか？

◇松尾委員

世界モデルの中に人間も入らなければならないが、今はできていない。どういうモデルならばできるのかというのは重要な研究になる。

## 【2. 人間機能の拡張について】

◇中島委員長

AIも人間のように思考できるかどうか？

原理的な話をすると人間の脳もニューラルネットワークだ。今、AIはニューラルネットワークのうちの一層だけ、一機能だけをやっているような気がする。仮に脳がモジュールでできているとしたら、さまざまなモジュールを作ってくっつけばAIが人間のように思考できるかもしれない。

二階建て脳と書いてあるが、昔からやっている記号推論を合わせるということ、今は考えている。

◇松尾委員

人間は学習ベースのチューリングマシンなので、言語のところと身体性のところは違っている。

身体性のところはセンサー入力とデータの出力をつないで、世界モデルで予測しながらという感じだと思う。

一方、言語のところは任意のアルゴリズムが入り、学習ベースでインストールされるため、基本的にさまざまな能力を持ちうるという感じになっている。

身体性と言語の両方で話がだいぶ違うことが、混乱の原因であると最近分かってきた。

大規模なニューラルネットワークで学習すると、さまざまなアルゴリズムが内包されているようだ。これは言語の二階建て脳の部分に近づいている印象を受ける。

#### ◇中島委員長

system1は直感的な判断であるため、基本的に言語や記号処理はあまり関与しない。一方でsystem2は、統計学や確率論が分かっているということを含めて、記号的な推論という風になっている。

そうだとすると、system2の方は記号処理あるいは推論的なことをやっていかなければならないと思っている。

#### ◇丸山委員

機能の拡張という観点から言えば、拡張したいところは人間が苦手なところである。苦手なところとは、system2思考を要求するところだ。

つまり、脳にチップ埋め込んで「長期的に安定した記憶ができる」「検索ができる」「計算ができる」「論理推論ができる」「統計的予測ができる」などをやってくれると嬉しいと思う。

#### ◇中島委員長

「チップを埋め込むか、外に付けるかはどっちでもいい」という前提で言うと、結局system1とsystem2をどうつなぐかという話になる。その技術は、今のところない。

また、それはXAIとも少し関係する可能性がある。それこそsystem1が下した判断をなんとか言語化しましょう、といったことなのかもしれない。

#### ◇村川委員

system1とsystem2をつなぐのは重要な技術課題だと思う。抽象化するなどの話がフレーム問題とも関係してくる。

どのようにやっていくのかが今後の課題。

### 【3. 複数の経済・社会活動をこなすことができるスキルの担保（教育）について】

#### ◇中島委員長

学校教育でいうと、専門教育を教えるのはAIがやって、リベラルアーツ関係を人間が教えるようになるのではないか。

AI戦略2019で毎年25万人AIが分かる人材を排出すると言っているが、それを教えるプログラムを作るのはどうだろうか。

#### ◇川上委員

上で拡張してくれると、学ぶことがある。英語や中国語でもカードリッジ的につながれるならどうでもいいという気がする。学ぶ領域が大事になり、リベラルアーツがそのポイントになる。

#### ◇中島委員長

言葉と思考はすごく結びついている。松尾委員の話と絡めると、思考モジュールというところは、言語がかなり関与してくるのではないか。旅行会話くらいならいけるが、ディープな会話までは埋め込めないと思っている。

### 【4. バーチャル空間について】

#### ◇丸山委員

バーチャル空間の話と物理学とAIの関わりは結びつかないのではないか。

サイエンスのあり方が機械学習によって大きく変わりつつある。またその結果新しいサイエンスの地平線が広がると思っている。

21個将来の社会的事象の中に「機械学習と科学・AIと科学」も入れるべき。（バーチャルとは別）

シミュレーションは大事なポイントだと思うが、バーチャル空間のためだけにあるわけではない。シミュレーションはテクノロジーなので、各応用分野に関わってくるので横ぐしのような位置づけになる。

もう1つの横ぐしとして注目しているのは「3Dモデリング」だ。

今後、スマホで普通に写真を撮るのと同じように、3Dモデルを撮る時代が来るのではないかとと思っている。

#### ◇牛久委員

現在、個人の思考が含まれたようなチャットボットを開発がされている。「バーチャル空間で勝手にAIがつながってくれて、気が合えば実際につながる」ということが実現するかも。

「障害で五感の何か備わってない方」「人と直接会うには支障のある方」でもコミュニケーションを取りやすくなるのが、バーチャルのメリットだろう。

また、バーチャル上に昔の人のデータ（振る舞いなど）を残すこともできるのではないか。

個人の振る舞いのようなものがデータとして残っていると、それをトレースすることはできるようになっていくのかもしれない。

#### ◇村川委員

バーチャルの開発は、若者にとってポジティブなもの。私は古い考え方で、仮想空間で引きこもってしまうようなイメージを持っているが、若者の中には「バーチャルで究極の引きこもり状態になりたい」と考える人もいる。

もし、ポジティブに引きこもりを考えるのであれば、完全にバーチャル空間でなるべく閉じて生活できればエネルギー消費も少ない。エネルギーが無くなった未来や、今後感染症が続いていった場合、バーチャル空間で引きこもらざるをえない状況になるかもしれない。

そうなった場合、仮想空間上でさまざまなことができる技術が必要だ。例えば、クリエイティブな活動を仮想空間でできるようにサポートするAI技術など。人間の想像したいという欲求をサポートするような技術が、将来必要になってくるかもしれない。

#### ◇牛久委員

今の生活や自分をバーチャルに持っていくだけでなく、自分が望む理想の自分をバーチャル空間に作るということも需要はある。

例えば、見た目や声などを自分好みにできたり、「足が速い」「絵が書ける」などの能力もつけられると良い。バーチャルだと努力せずに理想的な自分の姿やスキル、生活空間などを体感できる。

また、「子供もバーチャル空間で作るのか」というのは深遠な議論になるだろう。

### 【5. 都市の暮らしについて】

#### ◇村川委員

今AIでコンクリートのひび割れを画像で検知したり打音で異常音を検知したりして、ミクロの部分で活用されている。

しかし、本当に必要なのは「一体この橋後何年持つのか」「この橋がなくなったらこの地域社会はどう設計していけばいいのか」ということだ。

究極には「農村部に人がどのくらい置いておけるのか（理想の数）」「バーチャル空間の話」などの議論になる。今、AIはローカルな部分で入ってきているが、今後はより上の層に上がっていくのではないか。

#### ◇中島委員長

この話は「理想の都市」と言った途端に、「人間の欲望とはなにか」の部分を考える必要が出てくる。つまり技術論だけでは済まない。「人生とは」という規模まで議論が移っていく。

#### ◇事務局

「都市の暮らし」は「12. 持続可能な社会の構築／多種多様な環境問題を認識した行動変容」「13. サーキュラーエコノミー（循環社会）／シェア」の部分にもつながってくる。

#### 【6. 暮らし方の多様化について】

「5. 都市の暮らし」と「6. 暮らし方の多様化」は、くっつける。

ちなみに、5は家の外（インフラなど）のこと。6は家の中（テレワークなど）を指すが、家の中と外は同時に設計しなければならないため合わせて議論する。

#### 【7. 個人の価値観の追求と社会全体としての調和について】

「5. 都市の暮らし」であった「人生とは？」の部分につながるため次へ。

#### 【8. 自らの意思で人生を全うする社会について】

「5. 都市の暮らし」であった「人生とは？」の部分につながるため次へ。

#### 【9. 全ての人活躍できる社会（仕事、生活が適切に評価される）】

#### 【10. 異なる特徴を持つ人々と交流・連携（Inclusive）】

#### 【11. ロボットに助けられる社会】

すべて生活の話なのでまとめる

#### 【それぞれが気になる点を議論】

#### ◇牛久委員

人間拡張的な意味だとセンサーとアクチュエーターの拡張は議論としてあって良い。

健常者に対して、障害者の何らかの入出力から健常者と同等の入出力を達成するといった話は、「全ての人活躍できる社会」と「人間機能の拡張」にも関連する。

#### ◇中島委員長

人間のサイボーグ化について。

健常者が拡張機能を使えばもっと能力が増すということも含めて考えなければならないように思う。ロボットスーツがまさにそう。

人体のサポートというのでハードウェア面はロボットだが、ソフト面は、脳との接続やAIの話が頻繁に出てくる。

#### ◇牛久委員

「人間機能の拡張」のところで二階建て脳の話もあったが、全部そうやって人間が判断するのではなく、それぞれの運動にあるいは知覚に密接に絡んでいる部分は自動で行ってほしい。

ロボットスーツの制御は、もうロボットスーツで勝手にやっておいて欲しくて人間は単純にそれで重いものを持ち上げるという部分だけに集中して取り組めるということになると思う。

#### ◇事務局

より具体的に、実装技術としてこういうのがあるというのはあるかどうか。

#### ◇中島委員長

体に関して言うと、「ロボットスーツ」「センサーの増強・補完」「言語チップを埋め込む」というものがある。

カーツワイルの本でこういった実装技術的な話がよく出てくる。「体内にナノロボットをいれる」「取りすぎた栄養を排出する」「壊れた細胞を直す」

この辺は稲見委員の領域かも。

#### ◇牛久委員

「物理現象を組み合わせた機械学習・人工知能の研究」は、人間の拡張機能に入ってくる。

いろいろなスケールのシミュレーターがあり、その結果を瞬時に再現できるような機械学習の話が出てきており、今後も広がっていくと思う。

馴染みのシミュレーションは、スパコンを使って何日待つという話になっている。そこで、少し構造を変えてまだ数日待つことをやっていると時間がかかりすぎる。

多少荒くてもいいからすぐに結果返せるようになると良い。

実際、車のデザインなどでそういったことをやられている先生が東大にいるが、そのような話がいろんなスケールで、車のデザインだけでなく都市のデザイン・材料的なマイクロスケールでの薬をデザインするときに登場するのと思っている。

最近だとナビエ-ストークス方程式など、それぞれのシミュレーションでそれぞれのスケールでの物理現象を記述するような式を機械学習の中に組み込むような話も始まっている。

◇村川委員

量子力学の式を上手くディープラーニングの構造の中に持ち込むような研究をしている人もいる。

そういうことをすると、データから内装ができるのではなく、データの外側の区域の外装もうまくできるようになる。新しいサイエンスのやり方が今来つつあると思う。その現象は今後色々な領域で出てくると思う。

#### 【14. スマートモビリティ社会について】

◇中島委員長

観光はバーチャルリアリティで済むようになるかどうか？

◇中島委員長・牛久委員・村川委員

観光はバーチャルでは再現されない。

なんとか視覚と聴覚でリアリティを出せたとしても、匂いや温度、食べ物、雰囲気など、再現しづらいものがある。バーチャルでもまかなえるものはあるが、「それでもそこに行きたい」というのが残るのではないか。

◇事務局

自動運転はどうなるか？

◇中島委員長

技術的にはほとんどできている。足りないのは法整備と環境整備。

◇事務局

ものづくりはどうなる？

◇中島委員長・牛久委員

シミュレーション技術が発達すれば、いちいちサンプルを作らずに商品開発の試行錯誤をループさせられるようになる。最終的には電気自動車もシミュレーションで作れるかもしれない。

#### 【15. 災害・犯罪・混乱への備えについて】

◇中島委員長

サイバーセキュリティにAIが使われているが、それが犯罪に使われたらどうする？

#### ◇丸山委員・村川委員

多対多のいたちごっこになる可能性が高い。つまり、法的取締りは難しい。  
また、攻撃が自動化されると攻撃したものに罰を与えるといったデタラシ的な防御が成り立たなくなる。

今後は機械学習的な意味でも、セキュリティを考えている方々が攻撃と防御を同時に考えていくような研究が進んでいくだろう。

自動車や飛行機の安全性能に関する認証と同じように、AI技術を使ったシステムの認証をつくらなければならない。（早めに入っておいた方が良さそう）

### 【20. 社会の質・価値観の変化（コロナ前後で必要とされる技術・イノベーション）】

#### ◇中島委員長

技術的には、テレワーク・オンライン○○などは昔からできた。技術が変わったのではなく、社会の価値観やニーズが変化しただけ。コロナにより社会変化は加速している。

#### ◇丸山委員

重要なのは、「社会の価値観の変化をどうやって定量化して、どのように可視化するか」という技術（価値観ネットワーク）だと考える。

もし、「社会の価値観ニューラルネット」があれば、そこに自分の価値観を照らし合わせるだけで、自分の価値観が社会と合っているか分かるようになるかもしれない。

現在は投票などやマーケットリサーチなどの間接的な方法しか、価値観（社会の意見？）を知る場面がない。しかもこの方法は急な変化やリアルタイムに弱い。

「ここだけは譲れない」という価値観ネットワークを作れば、認証なども作りやすくなる。

ただ、単なる思考実験であり作れるかどうかは分からない。

#### ◇村川委員

これだけAIがエッジ側に入ってくると、AI間の通信（分散学習）が行われる？通信ができれば、学習結果を共有できるかもしれない。抽象化すると二階建て脳にもつながっていく。

「AI間のネットワーク」も横ぐしにいれる。

# 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発の アクションプラン策定及び事業抽出のための調査」

## アクションプラン策定委員会 第3回議事録

日時：3月30日（火）9:30～11:30

会場：オンラインで実施

### ■出席者（敬称略）

アクションプラン策定委員会

委員長 中島 秀之

委員 牛久 祥孝

委員 川上 登福

委員 松尾 豊

委員 丸山 宏

委員 村川 正宏

※稲見 昌彦委員は欠席

### オブザーバー

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課産業技術プロジェクト推進室

室長 鷺見 昭英

室長補佐（総括） 富樫 達也

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 松井 淳

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 石川 恵

経済産業省調査員（総括・AI・先導研究） 川上 信

### NEDOロボット・AI部

部長 弓取 修二

主幹 関澤 和広

主幹 金山 恒二

主幹 吉田 准一

主任研究員 御代川 知加大

主任 波多野 淳一

### NEDO技術戦略研究センター

統括研究員 多田 達也

※他に NEDO ロボット・AI部員が聴講

事務局（角川アスキー総合研究所） 北島 幹雄

事務局（角川アスキー総合研究所） 杉本 敏則

事務局（角川アスキー総合研究所） 中西 祥智

事務局（角川アスキー総合研究所） 富士川 裕紀

## ■議事次第

- ・ 前回議事録の確認（事務局）
- ・ 冒頭のごあいさつ（中島委員長）
- ・ 各委員から、第2回および稲見委員のヒアリングを踏まえたご意見（順に3～5分程度）
- ・ 具体的なキーワードについて、議事進行

### 【各委員から第2回および稲美委員のヒアリングを踏まえた意見】

#### ◇牛久委員

稲見委員の指摘で思ったが、材料科学のところではAIを使うような話がある。それとは少し違うが、JSTの予算が来年度から始まりそんな中で、色々な研究者の人と「データ駆動型（DX的な）の研究を進めていきましょう」といった話が出ている。

そうすると、色々に関連が出てくるところがあると思っている。例えば「AIが信用できる AIかどうか」といった話や「AIと科学」のところ。

その中で一つ気になっているポイントが、「AIと人間の界面」だ。

特に「機械学習・AIと科学（サイエンス）」の部分で、やはり人間が中にいて、人間が最終的には何か科学を加速していくのだが、それをAIや一部ではロボットのようなものが手伝う話が出ている。

そのときに「どれぐらい人間が判断をしたのか」「その中で出てきている学理のようなものが受け入れられるのか」が重要になる。AIが自動で全部やるならば、また別の話になるが、最終的にいい材料が出てくるようになれば十分だと思う。ただ人間が入るといった瞬間に、そのやりとりが難しくなると思った。

例えば、高次元科学のような話で、高次元のベクトル空間の中での振る舞いとしてそれが説明できるという話と、一方でどうやってそれを人間に伝えていけば良いかという話だ。

また最近、建築情報学会という学会を立ち上げようとしているが、「新しく色々な所にAIを適用していこう」という話がまだ形としてうまく見えていない印象を受ける。

「アジャイル的のどういうところが出てきそうだから、こういう風なものを展開できると良い」といったことがNEDOでできるようになったら、すごいことになるのではないかな。

#### ◇川上委員

前回途中で抜けてしまった。将来の社会事象、「こんな世界が実現したらいいな」ということで、序盤のヘルスケアを議論したところまでは参加していた。その中で議論してから落とし込んでいくやり方になっているが、私はそれでいいと思う。

ただ、AIだけでできないものが結構ある。例えば、「センサーがもっと良くなるといい」「通信はこうだ」「ハードはこうだ」など色々あると思うが、それは一旦できてくるだろうという前提のもとに、そういう社会実装ビジョンというのを書いていく形で良いのではないかと思う。

その社会実装ビジョンを考える時に共通しているのが「便利な世の中になる」ということだと思っている。

人間は便利を突き詰めてきたと思う。「便利とは何か」を切り開くと、『単位時間あたりでできることが多くなること（自分でやらなくても自動でやらせているから自分は他のことができるなど）』ではないだろうか。

そのため、ビジョンを実現していくと「（便利になる、時間が増えるため）人間のできることが増える」といった方向に動くと思っている。

ただ、一番の懸念点は「出てきたキーワードに向けて国・社会・企業がどう動いていくか」ということだ。

◇中島委員長（川上委員の意見に対するコメント）

今センサーの話が出たが、これは大事なことだ。「このようなものがあると良い」、稲見委員の「インフラをもう少し研究しよう」という意見があったが、AIそのものでなくとも、周りへの要求は書いておくべき。

それから、「便利＝単位時間にできることが増える」というのは本当に良いのかどうかを考えなければならない。昔に比べると、私たちはどんどん忙しくなっている気がするからだ。例えば、Eメールがあればどこでも仕事できるのは良いが、夜中でも働かされるという悪い側面もある。そういうことをAIで何とかできないかという議論をしてみたい。

◇松尾委員

皆さんが述べたことと近い。コンセプト的には全然間違っていてなくて、寧ろ先を行っているが「どうやって実現するか」という部分においてアメリカや中国などに負けている。

ビジョンがあって、技術的な端緒もあるが「どうやって実現していくか」ということで、ビジネス的な側面を踏まえて世の中動かすことが一番大事なところ。それを言ってしまうと、ここの議論があまり意味ないということにもなるが、実際本当に大事なところはその部分ではないかというのは常々感じている。

また、今でいうと「DX」というキーワードになっているが、やはり企業の活動がどんどん変化している。AIだけでなく、さまざまなIT技術を使っていることで顧客と企業の関係が変わりつつあり、製造やマーケティングなどのサプライサイド・デマンドサイドが一気に繋がっている。

その中で自動化される部分だったり、人と機械の仕事のバランスが変わる部分だったりが出てくるのは、そういうことだと思うし「その辺りに対して何かできることがあるのか」という部分が一つの論点になるだろう。

一方、純粹に技術的なところで、研究すべき部分が3つある。「ロボット」「脳との関係」「高次元科学や科学技術全般（物理・科学・医学含め）」だ。その3つが大きく、いずれも技術的なブレークスルーが必要だが、その先に大きな世界が広がっているはずだ。

#### ◇丸山委員

今までの議論は、未来の世界像をベースにしているが、前回も述べたようにクロスカッティング（横ぐし）もあるような気がして、そのうちの2つについて話をしていきたい。

1つ目は、松尾委員が述べた「今の技術をどのように社会に実装していくか」ということ。テクノロジーはあるが、方法論がない気がする。機械学習工学は、その一つのそういう試みだが、とにかく技術を方法論として確立しなければならない。今持っている技術がなかなか広く使えないところに大きな課題がある。

2つ目は、「人間の知性の限界・弱さを明らかにする研究」が必要なのではないかとということ。人間のどこに彼の思考のどこに弱さがあるかを明らかにしなければ、機械をうまく使えないからだ。

機械の複雑さが上がったとき（より知的になってきたとき）、機械のやっていることが人間に理解できないなど、人間の知性とのパリティが崩れてしまう。

自分の思考が足りないところを補ってくれるような仕組みが必要。うまくいけば、オレオレ詐欺にかかったときに、認知バイアスを利用して「オレオレ詐欺にかかっていますが、大丈夫ですか」というようなことを教える仕組みができる。

そういうことをするためには、やはり人間の弱さがどこにあるか、認知バイアスがどこにあるか、ということの研究を明らかにしなければならない。

#### ◇村川委員

今まで述べられてきたことと近いが、やはり「AIと人間の関係性」がより重要になってくると思う。人間を中に入れた形での全体最適化やシミュレーションなどが必須になってくるのではないか。

その中に、丸山委員が述べたように「人間をモデル化する」というか、人間の中には弱さなども入ってくると思う。それを分かった上で全体を設計しなければならない。

そして10年後には、単一のAIではなく、複数のAIが出てくることが予想されている。そうしたとき、人間も含めたAI間で「何を共通の認識にするか」「どんな中間表現を持ってお互い意思疎通をするのか」「だとしたらそれは言語なのか」といった問題もある。

AIは、なんらかの中間表現を持って情報を共有し、あとは個別にローカライズして学習していくようになると思う。

◇中島委員長

基本的には、前回の資料「既存将来予測調査とAIの関わりについて」をもう少し精緻化してくのが今回のタスクだと思う。今言われてきた方向性の中で大事だと思うのは、「実装をどうしていくか」ということだ。私自身、昔から社会学をやっている人と一緒に研究したいと言っていた。実装の方法論や方向性を彼らに考えて欲しいというのがあったが、なかなかうまくいっていないのが現状。

特にアメリカや中国に負けているのは、お金の面もあるが、組織を作った時の動きの悪さもある。

例えば、昨年に感染症のAIシミュレーションのチームができた。8月～1月までということまで動いていたが、まず各組織との契約提携に1ヶ月半もかかった。そこからデータが手に入り始めたのが10月。しかもデータは、NTTドコモの携帯の移動データ（普通に手に入る500mメッシュ）しか貰えなかった。

政府や大臣が関与しているにもかかわらず、そういう状態ではどうしようもない。またチームは、やはり1月で終わった。知ってのとおり感染症は全く収束していない。

本来ならこういうチームは常に立ち上げておくべきで、感染症がない時でも動いていなければならない。日本は、何かあった時にすぐ動け出せるような体制を整えていない。「何も無い時にお金を出すのは無駄だ」という理屈がまかり通っているが、それはおかしい。例えば、研究の95%は最終的にはあまり生きてこない。しかし、そこを排除すると生きる5%だけが残るかという、そういうわけではない。学問の世界で無駄を排除したら全てなくなってしまうのだ。

それからもう一つ、後半出てきた人間の弱さと認知バイアスの話だが、最近行動経済学が非常に面白くなっている。「人間の経済行為の際、どういったバイアスがあるか」が色んなところで明らかになっていて、昔の経済学がほとんど全部否定されている状況だ。この会議で入れる必要ないと思うが、そちらの知見を入れるといいかもしれない。今後そういう人たちと一緒にやれるようにすることも必要だと思った。

#### 【1. ヘルスケアについて】

◇中島委員長

先程もAIのサイエンスという話が出てきたが、「(AIに)説明ができるか」という話になる。ヘルスケアだけではなく、最終的には人間が判断しなければならないと思う。

## 【2, 人間機能の拡張】

◇中島委員長

ここは社会実装ビジョンにも出ている。

◇事務局：

これは、2016年の「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」で言及があったものと、稲見委員が人間拡張と呼ぶのがいいという話をされていた。よくあるのが身体拡張だが、人間拡張という意味でいうと、環境を変えることも考えていく必要がある。

◇中島委員長

人間拡張は主に環境側でないか。また、脳の中にチップを埋め込むのはまだ早い気がする。

これはある意味自動運転も同じかもしれない。今の自動運転は劣っているが、すぐに人間より運転がうまくなると言われているし、自動運転の方がさまざまな支援を受けやすい。

◇事務局：

自動運転に関しては稲見委員も同じ話をされていて、道路標識をスマート化する方向性もあるとのこと。

## 【3, 教育×AI】

◇中島委員長

Ed-AI (educationとAI) のような、シンポジウムのものが立ち上がりつつあると思っている。今のAIで教育するシステム (AIかどうかは抜きにして) は、予備校などが受験生向けのものを作っている。

受験生向けは、入試問題というターゲットがあるから作りやすい。しかし、一般的な教育システム、特に大学などでやるというオープンなものはたぶん無理だと思う。そのため、AIを使うならプログラムで教えさせるか、AI自身に教えさせる形だと、機械にも理解できるコンテンツが作れて良いと思っている。

◇事務局：

ちなみに、稲美委員はVRで学習の機会が広がるかもしれないという話をしていた。つまり今までは「できた」「できなかった」だけであったが、VRを使うとその間の段階を設定できる。例えば、ラケットをふってボールが当たらなかったとき、「どれくらいラケットとボールが離れていたのか」を計測し、触覚として表示できるようになれば、さらに効率よく学習できる。

◇牛久委員（稲見委員のコメントに対する意見）

今のAIは、人間がどう考えているかというのを一旦置いて独自に発展している認識だが、その中でアナロジーを感じる。

VRの話で出た「ラケットとボールの距離の話」などは、実際にはありえない誤差を与えてあげると、もう少し学習しやすくなる。

よくある話だが、深層学習のモデルを訓練させるときに、簡単なものから学習させて段々難しくする「Curriculum Learning」という考えがあるが、これは完全に人間のアナロジーから名前が付いている。「深層学習でも学習する順番は大事なのか」という議論もある。

「こういう風に学習するとうまくいく」というメタなレベルの機械学習の話と、「人間でも実は同じような事があるのではないか」という話には、ある程度相似性がある気がする。

そういった話でいうと「どれぐらい外してるのか」というのを、人間ではやはり提示できるのに限度があると思っている。

例えば、テストの採点で数学の証明問題を採点してもらったとき、どれぐらい外しているかが重要なのだが、採点する人にも当然限りがある。そのため、少しだけコメントする感じになり、さらに大規模なテストだと合っているか合っていないか 1点 or 0点 ぐらいしか返ってこない。

しかし機械やAIシステムなら、「どれぐらい外しているのか」をそれぞれ丁寧にフィードバックして返すシステムができるのではないか。

◇中島委員長

今の牛久委員の話聞いていて少し思ったことがある。人間の学習はスランプがあるが、機械学習にもスランプはあるのだろうか。ちなみにスランプは、今までやっていた方式を一旦崩して、次の新しい、より高度な方式に変えるときに起こると思っている。

◇牛久委員

機械学習は、最適化中に暗転するときがある。要するに何か最小化・最大化しようとしているときに途中で平らな踊り場に出て、また別の方向の勾配を見つけるまでしばらくそこに止まるといったことがあるが、それとアナロジーを感じる。

◇中島委員長

それは機械学習的にいうと、局所最適値に落ち込んでしまったものをどう崩すかといった話なのか。

◇牛久委員

それもあつ。局所最適化のようにポケットに入り込んでしまう場合と、ポケットに陥ってはいないが、平らな踊り場のようなどころに入ってしまうと、しばらくどっちに行けば良いか

分からなくなる。もう少しマイルドな状況もあるが、そういったところは多分機械学習もスランプを迎えているといえるだろう。

◇中島委員長

ならば、もしかすると人間の学習は機械学習でモデル化できるかもしれない。

## 【5, 都市設計】

◇中島委員長

スマートシティは日本で全く実現できていないが、ここはちゃんとやりたい。稲見委員がコメントしているように物理的な都市とは限らないというのは、今後ますますそうなると思う。

都市、要するにコンパクトシティの考え方は、物理的インフラがそこに集中しているということだが、そうでない情報インフラなどはどこにあってもいい。だから、少し形態が変わってくるのかと思う。そういうのをデザインしてみても面白いかもしれない。

◇事務局：

資料に出ているのはAIというよりはテレワークというか、「今の状況下においてこういうのがありますよ」といった話で、ここにどれくらいAIが活用できるかという観点から見てどんな考えがあるか聞いてみたい。

◇中島委員長

企業がテレワークを嫌っている一つの理由は、労働管理ができないからである。つまり信頼している社員は家にいてもいいが、アルバイトは認めないといったことをよく聞く。そういった労働管理に関してはAIの方がうまいかもしれない。要するに「何時間働いているか」でなく「どれくらい成果をあげているか」を測ればいいのか、その達成度を見るAIはできると思う。

今は、離れた場所にも仕事ができる。また、一社に限る必要はなくて何社も仕事を掛け持ちできる。そうしたときの労働管理、それから収入、税金をどうするか、という話をまとめてシステム化したい。新しい働き方をどう支援できるかというところ。

だから、「都市」にこだわる必要はないのではないかと。資料の5番の社会的事象は「暮らし（生活・働き方）」にした方がいい。

◇川上委員

スマートシティにおいて、レガシーな都市をスマート化しようというのは、大体限界があってスマートに考えられない。「ゼロから都市を作るとどうなるか」ということだと思う。例えば、広大な土地に全部同じ設計で住宅を作ると、日本では監視都市のように捉えられる。

監視都市でいうと、モナコは非常に多くのカメラが付いていて安全な都市だ。また、ベネチアは車が入れない。こういった公共モビリティしかない都市は、それをベースに生活が設計されている。世界を見ると結構そのような都市はあるが、中国などがその方向に進むのではないか。

ある都市空間内の移動が、空間におけるモビリティで制御されている形であるならば、自動運転はもう少し簡単になると思う。各状況における都市全体としての監視というのはあり得る。

もっと言うと、3温度帯の宅配ボックスがあると時間にとらわれず配達できる。

今あるテクノロジーをベースに「こういうものがここで自動的に届いたらいい」という感じにして、家と都市の作り方をどうするべきかと考えると、色々なものが成り立ってくる。そういうものは、レガシーでない都市（まだ住所のない埋立地など）で新たに立ち上げるといいのではないかと思う。

◇中島委員長

トヨタが富士の裾野に作ろうとしている。

◇川上委員

ウーブンシティはお金がなくなって、e-Paletteだけが動くような形になったという話も聞く。本来なら、ゼロベースで「こうゆう家だったら良いな」というコンセプトがあって、それをベースに作っていけば良いということだと思う。

人間空間の中に無理やり色々なものをいれようとする、ロボット的な進化がかなり必要になる。ロボット的なものがもともとある空間ならば、色々なことが成り立つと思う。

◇中島委員長

ここでそういったデザインを考えてみるのはあるかもしれない。

◇丸山委員

都市についてだが、都市と人工知能の関係でいえば、「都市全体を一つの知性としてみなす」という考え方が、どこかアナロジーがあるのではないかという気がする。都市を知能の一つのケーススタディとして捉えれば、中のコンポーネントはよく分かっているため、研究が進むような気がした。

◇中島委員長

私もスマートシティというのは、「都市に神経系を張ることだ」と言ってきたし、その方向で良いと思う。ただ都市という境界で区切って良いのだろうか。「日本全土、地球全土にしなくていいのか」というところはどうか。

◇丸山委員

たしかに、色々なレイヤーのグラニュラリティがあると思う。

◇事務局：

今のところは、最終段階のまとめのところで詰めて良さそうなところかと思う。

#### 【9, 身体拡張】

◇中島委員長

身体拡張の部分は我々やるかどうか。

◇事務局：

社会実装ビジョンには、この原始的シンボルグラウンディング問題の解決を背景に、という言葉が何度か出てきていた。

◇中島委員長

それは解決できるのか？先程丸山委員が述べたように、都市全体を知能だと思うと、その都市の中でのグラウンディングはできる。

サイボーグ化まで踏み込むかどうか。

◇事務局：

ここは、NEDOとしてどうするか。

◇NEDO

検討課題には入れていただいて良い。

◇丸山委員

先程出た「AIと人間の界面」という大きな括りのテーマの中では、やはりあってもいいのではないか。

◇中島委員長

そういう切り口なら良いが、身体拡張まで踏み込むのかという疑問はある。脳内にチップを埋め込む、義足義手をより知的なものにするというのは、ここでは外してもいいのではないか。

◇事務局：

BMI・サイボーグ化まではいかない非侵襲的な前提とすると、今後どういった議論になるか。

◇中島委員長

そうすると、やはり「人間とAIの界面」というところになってくる。シンボルグラウンディング問題は議論してもいいと思う。

そのあたりについてどう議論するかということだが、ロボットやBMIに関する知見はどうか。

◇事務局：

そのあたりは、主に稲見委員の分野になる。

◇中島委員長

NEDOの方向性として、このテーマだけで一つ立ち上げることは可能だと思う。BMIだとATR脳情報研究所の川人所長や大阪大学の石黒教授などに聞くのはどうか。

◇事務局：

そのあたりのヒアリングは検討する。

#### 【14, 自動運転】

◇中島委員長

「社会実装が日本でできるのか」というのは、しっかり考えなければならない。先程あったゼロから立ち上げるスマートシティをフル装備・フル実装したらどうなるか、といった絵は描けるかもしれない。

◇事務局：

自動運転レベル3の車が出てきた後、その後は社会的にどういう形で進んでいくのか。

◇中島委員長

まずは、自動運転専用道のようなものを作る方が早いと思う。人間の運転が混ざるから難しいであって、自動運転車だけなら事故なくスムーズになる。さらに制限速度も時速200kmぐらいにしてもいいかもしれない。そうすると、特に物流などはすごく助かると思う。

◇事務局：

ここで、稲見委員が述べていた「ゾーニング」の話や、川上委員が述べた「都市の設計」のような話になると思う。

◇丸山委員

自動運転に関してはしばらく前に、完全な自動運転ではなくて人間のオペレーターがリモートで10台～20台の車をコントロールするというシナリオがあった。

事故や崖崩れで渋滞して身動きが取れないなどの事態に対しては、人間のオペレーターがリモートで介入する形の自動運転（半自動運転）はありそうな気がする。

◇中島委員長

北海道などで、トラクターでそれをやっている。

◇丸山委員

過疎地で山奥に住んでいるお年寄りが、買い物や病院に行けないという状況での自動運転は結構難しいと思う。山道が崩れることがあるから。ただ、大概のことはできて時々人が介入すればいいというシナリオは、社会的ニーズもあるし、技術的な可能性もある。

【19, ものづくり】

◇事務局：

ここは前回それほど話が出なかったが、もともと社会実装ビジョンで結構分厚くやっていたところ。ただ、最初に牛久委員が「ものづくりという言葉の意味が広すぎる」と述べていた。

◇牛久委員

例えばコンテンツ作成や製造業も当然ものづくりであって、その中でも、材料・無機化学・有機化学、製薬なども含めると、それぞれレベルが違うところがあると思う。もう少し深堀りできるといい。

◇中島委員長

材料開発や創薬、その辺にAIが使われ始めている。そのもう少し先を考えるのは良いと思う。それから新しいサイエンスを考えても良い。

◇丸山委員

牛久委員が述べたところは、実はこの国の産業にとってとても大事なことだと思う。私も今ケミカルの会社に勤めているが、やはり今は非常に多くの人々がノウハウを持っていて競争力がある。ここにコンピューターを使った創薬や触媒の探索、材料探索などが入ってくると、非常に危機感がある。

戦力的にもものづくりといっても、いわゆる「Process Industry」のところを強化するというのは良い方向性だと思っている。

◇事務局：

例えばどんなものがあるのか。

◇丸山委員

例えば、東レのカーボンや、花王の油脂、創薬などもその領域。

◇牛久委員

おっしゃるとおりで、特に創薬は分子を構造規定できるとそのまま素材が作れて、素材が作れるとパッケージングすれば薬になる。そういったような、自動で設計したい、そこに機械学習を使ったりということが進んでいる分野の一つだと見ている。

私が直接手伝っているのは無機化学の分野で、鉄や非鉄を含めた金属などが含まれる材料を扱うのだが、少し構造の様子が違ってくるのと、最終的に電池を作ったり半導体を作ったりというように工程が複雑になる。そのため、未開拓の部分が相対的に広いような気がしているが、全体的にはほとんどまだこれから進んでいく分野だと思っている。

◇事務局：

そのあたりは、企業主導でどんどん進んでいくものなのか。例えば、製薬は創薬会社にとっては基本的な行動である。民間企業が積極的にお金を使ってやっているところであれば、国はそれほど関わらなくてもいいかもしれない。

一方で、他の業界では国がもう少しサポートするべきというところはあるのか。

◇牛久委員

もちろん製薬などは、それぞれの企業が天文学的な予算でやっているため、それでいいと思う。実は共通の方法論のようなものがありえそうだが、それぞれの対象領域で結構タコソボ化している様子を感ずる。機械学習やロボティクスで自動化するといった話も含めて、今の話で無機だろうが有機だろうが、それが薬だろうが、他の高分子の何かだろうが共通してそうになっている。

一方で、やはり創薬の分野は、創薬だけで完結している。歴史的に同じ化学といっても、有機と無機でやはり別々になっていて、無機の研究者は応用物理学会などで活動していたりするが、その中でもそれぞれバラバラにやってきた経緯があり、横ぐしの話が今来ている。ただ、各分野の知見を共有できるような形には今のところなっていないと思っている。

先程言ったように、創薬のような個々の企業で完結してリソースもあるなら良いのだが、そうでないところも結構多い。無機など、もう少しAIの立場から横ぐしで通せるような活動が増えれば良いと思って見ている。

◇事務局：

今述べられた無機化学を横ぐしで通せるような活動は、NEDOがサポートすべきところかもしれない。何かそういったプラットフォームが作れるかどうかも含めて考える余地がある。

◇中島委員長

日本の企業は、自動車もそうだが囲みたがる。だから横ぐしを作っても使われなかったりしないか。

◇牛久委員

今の議論は、かなりクリティカルな話がある。今、無機化学の研究者たちと、プラットフォームを作りたいという話をしている。うまくいっている事例が海外（ヨーロッパ）にはあって、それをアメリカや日本で真似しようとしているのだが、今のところはヨーロッパでの先行事例に比肩するような成功体験は集めていない。

一つの課題は、中島委員長が述べた通り、それぞれの企業で秘匿したい部分を「どうやって共通させるか」という話。端的に言うと「機械学習モデルにのせられるのか」など、そういう話になる。

ヨーロッパの先行しているところは、色々な機材やデータを集めた結果の解析を行うのに、プラットフォーム自身に研究者が付いていて実施してくれる。そこのトレードオフで、企業からも情報が来る。情報が秘匿される代わりに、より高いお金を払うといった制度設計と、そこにどんどん入り込んでいくやり方がうまくいった。それを追随しようとする日米の動きは、今のところ完全に模倣できていない。

◇川上委員

創薬だと多額の資金を使っている。成り立つ分野と成り立たない分野があると思う。いわゆるプロセスインダストリーで材料科学のところだと成り立たないのではないか。構造（科学式）は簡単に吐き出すのだが、それを安定的に作れるかどうかは別である。

◇事務局：

このあたり何か整理できること、あるいは何かやるべきことはあるか。

◇川上委員

生命科学（医療）の分野と、プロセスインダストリーの分野と、アッセンブリーの話で、ニーズやビジネスモデルが大きく異なる。そこは分けて考える必要がある。

## 【20, コロナウイルスによる社会の質・価値観の変化】

◇中島委員長

シミュレーションに関してはまだやることがたくさんある。我々は、政策決定に提供するのでパラメータを大きな範囲で振り、「これだったらこうなる」というような見せ方をしていた。

しかし、実際にもっとAI的なことが進んでいけば、パラメータを振らないで、「このパラメータが良い」という情報さえ入れれば良い。どんなシミュレーションでもパラメータの設定が最も重要で、それさえ決めていけば、どんな結果でも出てくる。その妥当性をきちんと担保するというのは、まだ解決できてない難しい問題である。

◇事務局：

このあたりのアクションとして何かやることはあるか。

◇丸山委員

前回も少し述べたが、やはり社会の価値観をモニタリングする技術はどこかになければならないと思う。人々の価値観はかなり変わってきている。実は機械学習に逆強化学習という技

術があって、人々の行動からその人のポリシー・価値観を逆推定できる。もしかしたら、今後そういった技術が必要になるかもしれない。

◇中島委員長

価値観のネットワークはかなり難しい話。「価値はAIとシェアできるのか」という部分は私にとっての非常に疑問だ。感情をモデル化するのと同じような意味で、人間の価値をモデル化するぐらいならできるのかもしれないが。

#### 【21, AIとサイエンス】

◇中島委員長

新しいサイエンスでも、人間に理解できないぐらい高次元のものは学習できるが、それを人間にどう説明するかが問題だろう。要するにAIが作った新たなサイエンスを人間がどう理解するかという話。

◇松尾委員

宇宙際タイヒミュラー理論のように、今までの体系と違うものとなると分からないかもしれないが、パーツごとにつながっていてそこが追えるのであれば、誰かが分かればよいという印象だ。

◇中島委員長

AI囲碁や将棋は新しい定石を多く生み出しているが、解説者もそこに打つ理由が分かっていない。対戦している棋士たちは、その手を自分でもう一度研究し直して理解する。サイエンスも結果だけ出てきて、後から人間が考え直すことになるかもしれない。

このあたりの話は、先程あったプロセスインダストリーの部分にもつながると思う。プロセスインダストリーとつないで、良い材料ができればいいのであれば説明はいらないが。

◇丸山委員

今の機械学習は、蒸気機関が発明された頃と同じことが言える。役立つことは分かっているが、なぜ上手くいくか・動くかが分からず、その後熱力学は出てきた。機械学習もそれと同じで、今は理解できなくても、そのうちみんなが理解できるようになるかもしれない。ただ、説明するための努力はしていかなければならないと思う。

◇事務局：

AIとサイエンスの部分は難しい話が多いが、どうやってアクションに落とし込んでいくか議論していきたい。

◇丸山委員

NEDOのような機関が行う施策の一つとして、「高スループットの実験がやりやすいような産業エコシステム育成する」というのがあると思う。

材料探索をやる時には、やはりネタのデータを作る必要がある（シミュレーションでなく実際に実験装置を作ってデータを集める方法がある）。

ただ、そういった実験操作は、たいていワンオフで作るので非常に大変である。そのため、エコシステムが揃っていることが、科学（特に高次元科学）を推進する母体になるだろうという考えがある。

実験施設は「この分野でまず機械学習を作りたいから、こういう実験装置を作りたい」と思っても、簡単には作れない。

そのため、機械（実験装置）を作ってくれる中小企業を探すことになるのだが、その企業の技術だけだと難しい場合がある。だからこそ、上記のようなエコシステムが国内に揃っていると、実は国内での研究がやりやすくなる。

◇中島委員長

その話はワクチン開発にも当てはまるのか。

◇丸山委員

それは私も分からないが、ありそうな話だと思う。

◇中島委員長

もしあるとすれば、今後いつワクチンが必要になるか分からないため、国としてそういった体制を維持しておくのは良いと思う。

# 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発の アクションプラン策定及び事業抽出のための調査」

## アクションプラン策定委員会 第4回議事録

日時：4月27日（火）09:00～11:00

会場：オンラインで実施

### ■出席者（敬称略）

アクションプラン策定委員会

委員長 中島 秀之

委員 稲見 昌彦

委員 牛久 祥孝

委員 川上 登福

委員 松尾 豊

委員 丸山 宏

委員 村川 正宏

### オブザーバー

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課産業技術プロジェクト推進室

室長 高田 和幸

室長補佐（総括） 富樫 達也

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 松井 淳

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 石川 恵

経済産業省調査員（総括・AI・先導研究） 川上 信

### NEDOロボット・AI部

部長 林 成和

主幹 関澤 和広

主幹 金山 恒二

主幹 吉田 准一

主任研究員 御代川 知加大

主任 波多野 淳一

専門調査員 杉村 正史

### NEDO技術戦略研究センター

統括研究員 多田 達也

※他に NEDO ロボット・AI部員が聴講

事務局（角川アスキー総合研究所） 北島 幹雄

事務局（角川アスキー総合研究所） 杉本 敏則

事務局（角川アスキー総合研究所） 中西 祥智

事務局（角川アスキー総合研究所） 富士川 裕紀

## ■議事次第

### ・ご挨拶：

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 産業技術プロジェクト推進室 室長 高田 和幸  
NEDO ロボット・AI部 部長 林 成和

### ・前回議事録の確認（事務局）

### ・資料のご説明（事務局）

#### 【資料1】AIアクションプラン素案0427

—第3回まで出たキーワード等を整理

#### 【資料2】海外のAI政策に関する報告書（案）

—海外10カ国のAIに関連した政策等についての調査報告案

#### 【資料3】スマートシティおよびプロセスインダストリーにおけるAI活用事例

—第3回で話題となった、スマートシティや化学分野におけるAI活用についての事例収集

・資料1に基づいて、実装すべきAI要素技術や技術的な目標について、これらを具体化する議事を進行

## ■議事メモ

経済産業省・高田室長あいさつ：

産業技術プロジェクト室に4月から着任した。NEDOからの出向、前職は技術開発センターの企画課にいた。2019年にはAI戦略が策定され、社会実装が進む中でAIにおけるアプリケーション開発における課題も定められ、それから2年経ち、欧州においてAIにおける規制が増えた。研究開発という中で民間主体が進むもの、公的セクターが関わるべきもの、その中で日本が得意とする分野を見定めて活動していくのが大切だと思っている。将来像の検討、NEDOとして取り組むべきものの抽出のため活発な議論を期待する。

ロボット・AI部 林部長あいさつ：

内閣府SIPを見るところから部全体を見ることになった。AIアクションプラン、今後の日本の戦略の核になるものを議論いただく、大変重要な場だと認識している。素案も拝見し感じたのは、一体日本はどこまでできていて、世界はどう進んでいて、それらをブレイクダウンして考えるステージに来ていると認識している。欧州や中国などの動きについてベンチマークを作り、日本が何をすべきか設定できるようにしたい。

### 【アクションプラン素案の細部について議論】

中島委員長：たとえばフレーム問題は解決できるのか？、AIと人間のコミュニケーションについて、稲見委員にまずコメントいただきたい。

稲見委員：フレーム問題は私にとっても極めて難しい問題だが、人間と同じように「分からない・解けない」問題があるということなら許容できるのではと思っている。

A（健康・医療）：「人間機能の拡張」について、健康医療という意味ではそれは手段でしかなく、できないことを減らすのではなくできる部分を増やすというのが社会ビジョンになると思う。それを実現するには、AIの身体性、人間側の認識・行動システムの推定も重要、それができればリハビリの高速化・ショートカットが見つかるかもしれない。

B（生活・都市）：動画の画像解析技術の向上について、カメラ以外のさまざまなセンシングの解析も追加した方が良いと思う。また、都市から人（社会）へ、生活から人へのフィードバック処方的高度化も加えると良いかもしれない。

C（AIサイエンス）：Aの部分にもあった、人間機能の拡張が大切だと思う。ロバート・フックが顕微鏡を発明したのは人間機能を拡張したかったからだ。それは、五感と3次元空間という人間の認知様式によらない発見である。

D（安心・安全）：防災について言うと、寺田寅彦のエッセイ「忘れたときにやってくるから災害になんだ」という表現ある。それで言うと、災害を忘れさせないような頻度で訓練をする、リアリティのある訓練をするなど、人間の行動原理モデル化にもとづいて盲点を指摘するような取り組みを行うといいのではないか。

E（モビリティ）：モビリティの議論は、人の移動がメインになっているが、物流や情報の観点も含めたモビリティという視点で議論した方が良いのではないだろうか。

F（ものづくり）：材料探索についてだが、今コンピューテーショナルデザインの研究が建築などでは進んでいる。そういった観点や、今まで発見されていないトレードオフをうまく利用した設計図のという部分も入ってくると思う。また、社会トレンドの発見が可能なのであれば、待ち時間ゼロのオーダーなど、投機的なものづくりができるようになるかもしれない。今でも予測のようなものはあるが、その精度を上げる感じだ。

G（共通課題）：人とAIの界面で言うと、ヒューマンインタラクション、エッジAIだけでなく、「阿吽の呼吸」のようなものが大切になってくると思う。内閣官房の信頼できるAIの議論が面白いと思っている。事実関係を検証しなくても予測できるということ自体が阿吽の呼吸のようになるのではないか。そういう観点を入れると良いかもしれない。

中島委員長：阿吽の呼吸はフレーム問題が解決できていると成り立つと思うがどうか？

稲見委員：何をもって解決とするのが難しいが、人間の認知限界の中なら解決というふうに捉えても良いかと思う。

中島委員長：超多次元の科学、深層学習にはできるがこれを人間に分からせるためのインターフェイスについては何かアイデアがあるか？

稲見委員：それ自体が新しいサイエンスだと思っているため、分からないけど動くというものを上手く使いこなすところが第一歩だと思う。それを後から追って、なぜ動いたのかという理由を調べていくと良い。

丸山委員：人の認知限界や盲点について、こういうものは既に分かっているものなのか、それとも今から広げていくのか？

稲見委員：今それを機械学習でできないか研究しているところだ。それが分かればオレオレ詐欺も撃退できるかもしれない。例えば、東京大学の猿渡・小山研究室がGANを使ってオレオレ詐欺撃退マシンを作っていた。機械で人の声を作るのと、それを機械かどうか見破ることの2つを作っていて、2時間学習させたらオレオレ詐欺マシンができた。

牛久：Bの生活・都市についてだが、動画の画像解析技術だけでなく、他の画像以外のセンサーも考えた方が良いという意見は、そのとおりだと思う。その場合、いろいろなモダリティのデータを取得するとき、どういうセンシングを考えればいいのか。例えば、人間五感に近いようなところで、聴覚や触覚に近いセンシングを考えるのか、人間にとらわれず、人間には知覚できないようなもの（赤外線など）もセンシングを考えるのだろうか？

稲見委員：可視光を捉えるカメラというセンシングが文化として大きいのは、人と同じモダリティのものに価値を感じやすいという、人間ならではのバイアスだと思う。逆に言うと、人が近くできないような情報を使うのは、プライバシーの侵害とは感じにくいという可能性もある。五感とは違うモダリティで取っておくというのは、プライバシーという面で有効だと思う。

牛久委員：カメラは人間の視覚に近く、遠隔からでも観測できるものだが、それが視覚なのか、それ以外の波長の電磁波なのか、代替手段もあるのかという議論だと思う。そういった意味で、近接することで初めて知覚できる場所だと触覚や味覚のようなものは、生活や都市という場面ではデータとして登場しないか？

稲見委員：おそらく生活という中では触覚だ。オフィスと生活の空間で一番違うのは柔らかいものの存在の多さだ。家庭・生活空間の方がソフトなものが多い。物理的な触覚も大切だが視覚的にふわっとしていたりそれが触覚にもつながっていたりすることを学習させられれば、生活空間の心地よさにアプローチできるのではないかと思う。そういった意味ではマルチモーダルは重要だ。

#### 【A：健康・医療】

中島委員長：いろいろ入っているので、健康・医療の議論は半分くらい時間を使っても良いと思っている。AIと人間のインタラクションという話がここに集中している。また、AIが患者の治療を判断して良いのかという倫理の話も入ってくるので重要。

村川委員：この間の議論の感じだと、医師がAIに代わって診断するというより、医師とAIが協働で診断するイメージがあり、代わってという表現は違うのではないかと思う。説明・根拠をAIが示すという部分は、重要な技術要素だと思う。そこで大事になるAIと人間のインターフェイスは、言語だけではないと思う。例えば、図やグラフで示すなど、自然言語でなくてもできる部分はある。逆に自然言語になっていればそれだけ抽象化されているということなので、それももちろん重要。

中島委員長：宇宙兄弟に出てくるロボットは顔がディスプレイになっていて、そこに色々な情報を投影できるが、そんな感じかもしれない。

村川委員：主治医の先生がいて嬉しい理由は、主治医が自分の背景知識を知っているからだ。つまり、病気を治すときの選択肢をいろいろ出してくれると期待できる。そのため、過去の経緯を持っておくというのは大切だ（データ取得の問題だが）。

中島委員長：今の主治医の話は、その人の全生活を知っているということが結構大事なのかと思う。

稲見委員：人間機能の拡張について、例えばパワーアシスト的なものを付けたとき、力の与え方によって、センスオブエージェンシーを感じながらやっているか、機械にさせられているだけの感じ方なのかが変わる。センスオブエージェンシーを感じられると、自分が頑張ったというところでモチベーションが上がる。そのため、機械にやらされていると感じない程度に上手くアシストしてあげる（自分がやっているという自己効力感を与えるような感じ方を与える）ことが重要。

中島委員長：私の大学の看護学部では、人間が模擬患者（病気のフリ）をやっている。こういったものは、ロボットができるのではないか。特に赤ちゃんの模擬患者は人間ではできないため、その辺はロボットかと思う。

牛久委員：健康医療の議論では、人間が病気になったときの話がメインになっている（メディテック的）。それだけでなく、健康な状態を維持する話も入れた方が良いのではないか（ヘルステック的）。健康を維持するためには食生活と運動が重要だ。つまり、フードテック／スポーツテック的なことも入れておいた方が良いのではないか。一体的なサービスとして安心安全で美味しいものを食べたい人に届けるために、情報技術を使う新興企業も出てきている。スポーツについては言わずもがなだが、そういった健康状態を維持する議論が必要になる。

中島委員長：例えば、身体検査の結果をすべてのデータでAIに学習させれば、「この数値の人が何年後に病気にかかる確率が〇%ある」といったことが分かるかもしれない。これは、データさえ揃えば実現できるが、個人情報保護法がネックになる。身体検査のようなデータは自治体から外に出せないため、全国からデータを取るのは困難だ。

牛久委員：データの分断を解決することも重要な課題である。例えば、色々なデータが一緒になれない、地域なデータが一緒になれないということがある。今は、AIを統合するフェデレーテッドラーニング（連合学習）というものが出てきている。データが共有できなくても、人工知能の知能側を共有するといった技術をより進めていく必要がある。

中島委員長：各都道府県にそれ用のAIが別にあり、裏では知能同士がつながっているという手はある。自治体の中で統計データにしてしまい、それを外部へ共有することは多分できると思う。

事務局：これはちょっと医療というか政治とAIのようなところもある。

稲見委員：それで言うと、政治とAIの項目は入れなくていいのか？

中島委員長：入れておこう。ただ、政治というよりは「意思決定」という感じにした方がいい。そうすると企業やリーガルチェックも入れられる。

事務局：話を戻すが、フレーム問題の具体的な事象や、事象によっては解決が見えているものはあるか？

中島委員長：フレーム問題は身体性とすごく関わっていると思っている。人間の場合は身体性が共有されているが、AIは身体性がないため、そこを伝えないといけないのが一番の問題だ。

事務局：シンボルグラウンディング問題についてはどうか？

松尾委員：画像の特徴量と言語を結びつけるのは可能だが、センサー・アクチュエーター複合体の特徴量を取り出せていないことが問題だ。やり方が分からないわけではないが、まだ解決されていない。センサー・アクチュエーター複合体の特徴量は、ロボット研究においても重要なので国プロ（政府研究開発プロジェクト）としてやった方が良くと思う。例えば、スキップするロボットは今作れない。アクチュエーターの出力問題はさておき、そういった単純というか基本的な動作すら未だにできていない。それは、センサー・アクチュエーター複合体の特徴量を取り出せていないからだ。

中島委員長：強化学習でスキップできるロボットは作れないか？

松尾委員：強化学習の場合、報酬関数を設定する必要がある。つまりスキップの状態と近いかどうかの判定が必要だ。そもそもスキップの状態の概念が獲得されていないと、それと近いかどうか学習できない。そのため、結局センサー・アクチュエーターの特徴量を使うことになる。それによって報酬関数も定義され、それに近寄るようにアクションが階層化していく感じになると思う。

事務局：先日、有識者の話を聞いたところだと、強化学習で何でもできるのではないかという部分に関しては、センサー・アクチュエーターの特徴量というか、スピードが足りていないという指摘が合った。1000分の1秒の間でいろいろなデータが取れるようにならないといけない。その速度になってくるとディープラーニングじゃ追いつけないと言っていたがその辺はどうか？

松尾委員：それは色々間違っている感じがする。まずそういう研究をしている研究者がその主張をするのは分かる。ただ、アルゴリズム的には圧倒的に足りていないと思うし、ディープラーニングはむしろ計算を軽くする手法だと思っている。例えば、人間の反射神経も素早い判断のために簡素化しているが、それに近い。一番のアルゴリズム的問題は、産業界で最も使われている手法は未だにPID制御であること。それに対して強化学習は、状態空間があって状態が遷移していくということなのだが、そこにフィードバックループがない。そのため、一言でいうとフィードバックループをプレイヤーとした学習手法を作るべき。そういったことが全然できていない。スキップの話に戻ると、直立する、片足を上げる、ジャンプする、スキップする、コップを持って歩く、といったフィードバックループが重なって成立している。そういった考え方に立った学習をしなければならぬことからすると、今の強化学習は最初から相当間違っている。その辺は研究したら良いと思っているというか、松尾研でやらなければならないと感じている。

中島委員長：そういった意味でいうと、AIの身体性とセンサー入力とデータの出力を繋いで世界モデルで予測という表現ではない方が良い

事務局：その松尾委員がおっしゃった課題はプロジェクトになりそうな話なのか？

松尾委員：もちろん。そもそもリチャード・サットン（強化学習の大家）の定式化が、当時は良かったが、今の深層強化学習界隈で活発な研究者含め、私から見るとみんな間違えた方向に進んでいる感じがする。みんな間違っているからこそチャンスがあるとも言える。画像、自然言語、すごく進んでいる割に、深層強化学習はあまり進んでいない。CNNが空間的隣接性をpriorとしているのと同じように、フィードバックループを基本とした（本当はこっちが合っている）強化学習の手法を確立するべき。

中島委員長：新しい方式を松尾委員が考えてプロジェクト化するのがよい。

事務局：委員会の前半でよく話された二階建て脳と記号推論はどういうふうに解きほぐしていくべきか？

中島委員長：これもプロジェクトになるくらい話題だと思っている。今はディープラーニングが設計しているが、おそらく昔ながらの記号推論と何らかの形で組み合わせなければならないと思っている。機能としてパターンを見て学習する話と言葉で伝える話は両方くっつかないといけない。AIモダンアプローチ第4版の「将来」にそういうことをやった方が良いと書いてあった（やり方は不明だが）。ディープラーニングは今データだけからやるが、人間が横でデータを教えながら学ぶような感じだろう。

【B：生活・都市】

事務局：ロボットとAIの協業という部分でいうと、AIにしか理解できない高次元の内容をどう人間に説明するかというところは、AIサイエンスに繋がる部分がある。

中島委員長：逆に、人間にしか理解できないことをAI・ロボットに教えるということもあるが。プラスα生活という部分でいうと、人間の価値観も教えなければならない。

丸山委員：この辺は政治学の方など文系の方と一緒に考えなければならない。

中島委員長：文系と理系のコミュニケーションの助けはいるかもしれない。

丸山委員：人間の知覚にないモダリティを扱う研究はすごく良い視点かと思っている。

村川委員：私も同じ意見。画像に頼らないマルチモーダルな解析対象を統合するのは重要な視点だと思う。

事務局：ここはAIから見るとセンサーが何であれ取れるというものなのか、それともそんな簡単ではないのか？

丸山委員：全然そんなに簡単ではない。例えば、電磁波には波長についても情報量は莫大、そこで人間が知覚できるのはごく一部。

事務局：そういったもので他に研究されているのはあるか？

中島委員長：都市に溢れている電磁波を解析しようという話は聞いたこと無い。グーグルマップが全部画像で撮っているが、その電磁波版などはあるかも。よく分からないが。

村川委員：高い周波数という話でいうと、構造物の破壊や亀裂の予兆を分析するのに、周波数の高い電磁波が用いられている。周波数が高いとその分扱いが難しくなるが、エッジ側の処理が高くなれば処理もできるようになっていく。しかし、これもごく一部の話。

中島委員長：他にも、過去の地震計の数値をデータ化すれば、地殻内の情報が分かり、地震の予知などにも活用できる可能性がある。

村川委員：たしかに、今は扱いが難しいからということで、データを捨てているという見方もできる。それを捨てずにそこから重要なデータを取得する研究があれば良いと思う。

中島委員長：例えば、人間はひとつのモダリティで情報を取得しているが、クロスモダリティを学習するネットワークで層化を見るという話はある。

村川委員：高い周波数に関して以前聞いたのは、医療機器やMRIなどといったものは、最終的に人間が見やすいように立体化している。きっと、それ以上のデータをセンシングして取っているはず。それを落とさずにやればもっと多くの情報が出てくるかもしれない、という話は聞いた。人間の五感に沿ってやるのが自然な方向ではあるが、解析手段が進歩するとこの限定を取り外すと、違うものが見えてくるかもしれない。

中島委員長：触覚に関して言うと、人間の指の方がマシンよりはるかに上だ。人間の指と同じくらいの精度のセンサーを作るとするのは課題かもしれない。

事務局；人間の五感とはレンジが違うのは想像できるが、五感以外でなにかあるか？

丸山委員：素粒子や宇宙線、放射線などがある。その中でも電磁波は特にスペクトラムが大きい。それをすべて解析することで都市において何が起きているのか分かるかもしれない。

中島委員長：AGVの動画解析力が低い話でいうと、道路の話は車から見ると大変だが、上空から見た方がいろいろ分かりやすい。例えば信号にセンサーつけるなどが将来あり得ると思う。スマート標識なども含めてAGV的なインフラはかなり色々なことを考えられる。

丸山委員：見たことがない状態において、今の機械学習ではうまくいかない。記号推論など別のものを組み合わせる必要がある。

中島委員長：演繹に近い話かもしれない。予期知能（予測とは異なる）、別のモダリティに上がってから出てくるというのが必要かと思っている。

#### 【C：AIサイエンス】

中島委員長：サイエンスはある意味色々なもののセンシングや理解のようなものだから、横串に入る気がする。そもそも新しいサイエンス自体がまだ実用化されていないと思う。要するに人間のモダリティを外したときにどういうサイエンスができるかというのが始めの議論。そして分かったことを人間にどう見せるのか、というこの2つは大きな議論になる。あるいは、人間に見せないで勝手にやってしまうということもあるが。

丸山委員：我々が認知・知覚できていないものがどれくらいあるか数え上げられるようなものがあれば素晴らしいと思う。それは、ある種のフレーム問題でもある。

村川委員：人間に見せずAIが学習するのにプランニングという言葉（キーワード）がいいかは分からない。

中島委員長：また、『何のためのサイエンスか』ということで言うと、ガンを治したい、感染症や地震を予知したいなど、一段高いゴールを持っていないとAIもプランニングできない。

村川委員：つまり一段上の階層は、結果的にサイエンスを何に使いたいかという人間の意志が反映される。

事務局：人間は説明されて理解できるAIでないと信頼しない可能性もあるか？

中島委員長：いや、そうでもないと思う。例えば、人間は仕組みを理解せず自動車を信頼している。今は初期段階だからAIに説明されないと嫌だとなるが、AIも自動車と同じように、将来は説明なし・仕組みの理解なしで案外浸透していくかもしれない。

丸山委員：今は、説明の定義がされていない。説明は受け取る人が納得するかに依存するため、受け取る側に対しても説明を変えることもある。まずは、その研究から始めるべきではないだろうか。例えば医者には説明を求められると説明するが、それを利用して「医者の説明」のデータを集めたら、「説明とは何か」が見えてくるかもしれない。

川上委員：今の話は非常におもしろいと思う。その一方で、医者から言われたら納得するという話もある。例えば37.5度で熱があるのはなぜだったか？など、なんとなく社会的通念が獲得されるとそれ以上は説明不要になってくるのではないか。通貨は以前、金をバックにしていた。しかし、今は信用創造であって金を前提にしてない。獲得の背景に元は何があり、ある瞬間を越えるとその信用背景が必要にならない。インターネットが出たときは、みな匿名でやっていたが、今はFacebookなどSNSで普通に顔出ししている、これも社会側の変化によるのではないか？

#### 【F：ものづくり】

中島委員長：先ほど稲見委員が言っていたように、データのモビリティを含んでやっていると議論としておもしろい。

丸山委員：東大トヨタ連携講座で話を聞いてみると、人工知能の問題ではないかもしれないが、ものづくりにおけるDevOps的概念が今後の議論で重要になる気がする。典型的な製品は、出荷してしまうと手が離れるが、テスラのような製品の場合は、手を離れても（出荷した後）機能が向上していく。そういう新しいものづくりが起こればあって、そういう世界で、ものづくりがどうあるべきかということを考えなければならない。

中島委員長：サーキュラーエコノミーという方向性もある。

川上委員：サーキュラーエコノミーとはまたちょっと違った概念だが、今の話は非常に面白い。自動車は売っているが移動を売ってはない。

事務局：DevOpsにおけるAIの絡み方はどんなものがある？

丸山委員：道具としてはいくらでも使えると思っているが、それ特有のAI的技術チャレンジがあるかと言われると分からない。

川上委員：産業的な話であるなら色々ネタがある。例えば、出荷検品するAIが連携していたら入荷検品の工程が不要になる。石油コンビナートはそう。

中島委員長：それであれば全体的ネットワークができて、その最適化をAIがやるような感じになるのだろう。

川上委員：出荷と入荷をしている企業同士が合意してAI技術を使えば良い。この部分は本来は協調領域。

牛久委員：川上委員の意見に賛成。化学×AIとあるが、有機化学・創薬はAI相当やられている。無機化学・流通との大きな違いはプロセス全体のステップ数・複雑さだ。前者は特定の目的を見つけ特定の用途を達成すれば済むが、無機化学はその用途が幅広い。無機化学は作りたいものと材料の乖離が大きい分野だ。さらに流通も入ってくると消費者に届くまでのプロセス全体をデータ駆動にしようとする、どこでコントロールすべき情報をセンシングし、どこでアクチュエーションするかのプロセス設計自体がかなり高度になる。

事務局：これは有機でも少し違うのか？

牛久委員：有機でも複雑性はもちろん上がる。程度感の違い。総当りはまず無理、かつ何を最適化するか、どうやって客観的な指標にするかという部分を考えるべき。例えば、クルマなら燃費は指標にしやすいが乗り心地は難しい。そしてどこからコントロールする変数にとらえ、材料を組み合わせるときに最適化するかなど。プロセスインフォマティクスという概念の提唱者はいるが、人間ベースでデザインしている状態。より自律的に進めるには、一定の基準でセンシングするポイントなどを自分で勝手に考えてくれるAIがいるといいのと思う。JST予算で無機化学の研究は始めるが最初の方のステップで閉じている。自動車にするまではいけない。より遠いところ（商品の出荷まで）の話はこれからのAIに当てはまるのだろう。

村川委員：全体を最適化しようと思うと主観的な話をどう組み込むかが入ってくる。そうすると人間をモデル化しておくというのがここでも大切になってくるのではないか。特定の製品を作る際に重要となってくる人間の感じ方をモデル化して経営の最適化に盛り込んでいくようなこともここに関係すると思う。

丸山委員：人工知能の中に最適化が入るか分からないが、もともと数理最適化というのは効用関数の形をよく分かっている線形計画法などの世界で一通り終わっている。そこで終わったなと思っていたらブラックボックス最適化が出てきて、効用関数の形は事前には分からないが、一点一点打ってみるとその値が分かる。その先に形は変わらないが一点一点打てば分かる、その形が変わらないというのが大切。しかし製品投入するごとに製品の形が変わってしまう。効用関数が変わってくるというようなことで、そういう問題設定のもとで最適化問

題をもっと研究しなければならないと思う。一部ゲーム理論で話されているが、それを全体最適化のランドスケープの中では研究の余地あるかもしれない。

#### 【E：モビリティ】

丸山委員：物流の世界でSIPが走っていると思うが、その世界でデータ共有している。最適化のため。物流の世界でデータ集めるのが難しい理由は、データを作る主体が非常に多様だから。倉庫にものが入っているか倉庫業者は知っているが、トラックが運び始めると倉庫会社は、そのデータが分からない。そうするとそれぞれの主体が持っているデータの相互性が取れなくなる。全体のデータベースには、たくさんデータあるが整合性が取れてない、不整合をリコンサイルするための仕組みが必要だと思うが、今のところそういうサービスはない。不確かな証拠があちこちから現れたとき、今持っている証拠の集合から一番ありそうなデータを推測するという仕組みが必要だろう。データは必ず取りこぼす、配達先を間違えるなどのミスも起きる。そこを踏まえてエビデンスから確率論的に整合性を見ることが重要。巨大なベイズ推計を「効率よくやる」のは非常に難しい。

#### 【G：共通課題】

牛久委員：近似値でも結果をすぐに返せるAIシミュレーターについて、例えば、自動車デザインを考える際に開発者は空気抵抗を見たい。スパコンでシミュレーションして有限要素法的に計算しているが、それでも時間がかかる。その結果を機械学習しておくことで、デザイナーがいつでもすぐ抵抗値を確認できる、これが近い事例。シミュレーション結果を高速で出してあげるということを想定して話した。

事務局：それに関して確立した手法はすでにあるか？

牛久委員：ものにもよるが、別の何かをシミュレーションしたいと思ったときに同じように解けるかと言われるとそういうわけではない。共通というよりは、各ドメインで使えるシミュレーションの開発ということでやった方が良いかもしれない。マテリアルインフォマティクスには、また違ったシミュレーションをしているが、それを機械学習していて、同じようなことをしてはいる。ただドメインが少し違う。

丸山委員：牛久委員の言う通りドメイン依存だ。しかし、我々にとって重要なドメインがどこにあるかのランドスケープで考えるのは大切ではないか。大勢なシミュレーターがある中で絵にマップしてみたら、比較的似た手法が使われている領域があり、そこは同様のテクニックが利用できるかもしれない。パンデミックではエージェントシミュレーションをやっていた。これが適用できそうな類似領域が他にあるか探した方が良い。

# 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発の アクションプラン策定及び事業抽出のための調査」

## アクションプラン策定委員会 第5回議事録

日時：5月18日（火）10:00～12:00

会場：オンラインで実施

### ■出席者（敬称略）

アクションプラン策定委員会

委員長 中島 秀之

委員 牛久 祥孝

委員 川上 登福

委員 松尾 豊

委員 丸山 宏

委員 村川 正宏

※稲見委員には後日報告

### オブザーバー

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 産業技術プロジェクト推進室

室長 高田 和幸

室長補佐（総括） 富樫 達也

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 松井 淳

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 西原 大翔

経済産業省調査員（総括・AI・先導研究） 川上 信

### NEDO ロボット・AI部

部長 林 成和

主幹 関澤 和広

主幹 金山 恒二

主幹 吉田 准一

主任研究員 御代川 知加大

主任 波多野 淳一

専門調査員 杉村 正史

### NEDO 技術戦略研究センター

統括研究員 多田 達也

※他にNEDOロボット・AI部員が聴講

事務局（角川アスキー総合研究所） 北島 幹雄

事務局（角川アスキー総合研究所） 杉本 敏則

事務局（角川アスキー総合研究所） 中西 祥智

事務局（角川アスキー総合研究所） 富士川 裕紀

※他に角川アスキー総研スタッフが聴講

## ■議事次第

- ・ 前回議事録の確認（事務局）
- ・ 資料の説明（事務局）

### 【資料 1】 AIアクションプラン素案 0518

第4回までに出たキーワード等を整理し、横ぐしの共通課題についても整理

### 【資料 2】 国内企業AI実装動向についての調査、速報の報告

主要企業（有価証券報告書をEDINETで開示している企業4,000社）へのAI実装動向の調査、集計速報の報告

### 【資料 3】 海外AI制作に関する報告サマリー

海外10カ国のAIに関連した政策等についての調査報告から各国の重要課題

### 【資料 4】 外部有識者報告サマリー

現時点までヒアリングした外部有識者7名へのヒアリング要旨

### 【資料 5】 NEDO\_Proposal\_0514

ATR川人所長からのAIアクションプランに向けた提案

- ・ 第6回委員会、アクションプラン発表、シンポジウムについての内容とスケジュールの説明（事務局）

- ・ 資料1およびその他の資料に基づいて、各項目の優先順位を3段階で設定。NEDOとして、まずはこの領域で、この取り組みをやるべきというところを決定。

- ・ その上で、優先順位の高い項目から、具体的に実装すべきAI要素技術やその実装時期を設定する議事を進行。

## 【アクションプラン素案検討】

事務局：今まで議論の内容から、優先順位を決めて、個々を深掘りしていく方向でいきたい。カテゴリごとに事務局側で優先度ごとに分けてみた結果、アクションプランとして、「目標」「具体的な取り組み内容」「開発されるAI技術」「具体的なAI技術」「現在の開発状況」「今後の目標」「優先度」くらいまで深掘りできればベスト。その手前として、ドメインの是正を行ってほしい。例えば、健康医療で自然言語理解の話が出てきたが、ものづくりや安心安全などでも、その技術は必要になる。どの項目にそのドメインを入れるべきか、市場規模や企業の可能性なども含めて議論していただきたい。

中島委員長：自然言語理解でいうと、昔から日本の戦略として大切だと思っていた。Googleの日本語翻訳やアレクサが出てくる前に、日本で日本語理解の技術を出しておかないと、日本語の自然言語データが取れないと言っていたが、実際そうになっている。少なくとも今からでもそういうことをやっていかなければ、今後日本語が日本のものでなくなるというひどい状況になるため、「手遅れでもなんでもいいからとにかくやる」という姿勢が必要かと思う。そういう意味でウェルビーイングだけでなくものづくりや生活、安心安全などの部分にもそれぞれ違う形で出てくると思うのだが、あちこちにばらまいておけばいい気がする。

事務局：二階建て脳の話もそこは絡んでくる？

中島委員長：二階建て脳にはさまざまな二階建てがあって、大きな枠として分けておいて、その下に具体的なテーマが入る形が良いと思う。ニューラルネットと記号の組み合わせという言い方でも良いかと思うが、それだと限定的なので、もう少しこれが一般化したようなカテゴリがほしい。

松尾委員：ディープラーニングの文脈だと、システムというものが割と一般的になっている。system1・system2など、記号の話は違う。

中島委員長：ただ、ディープラーニングとの絡みで言うと、system1はいっぱいできているがsystem2はあまりできていないということか？

松尾委員：そうだが、厳密に言うと違う。system1にはディープラーニング的な要素もあるし、別のものというと小脳的な働きの部分もある。1ができているとも言えない。できているものは多いが。

事務局：二階建て脳の話の中で記号推論とディープラーニング組み合わせるような話とディープラーニングだけで行う話など手法もいくつかある。松尾委員が言っていたのは、割とディープラーニングだけで解決できるということか？

松尾委員：いや、さまざまなものが入り混じっている。

中島委員長：記号とってしまえば少し限定的になりすぎる。ディープニューラルネットでこの辺を目指すものもある。正確な概念としてはsystem1とsystem2をどうつなぐかという話がある。system1、2という言い方だと、世の中に理解されないような気がするから表現を考えたい。最も単純なのは、画像認識やセンサーモーター系の身体性の処理と言語がどう関わるかという部分から見るのが最も素直で筋がいい。そのうえに言語の処理もある種の身体性なので、そこにも学習は発生するが一番プリミティブなところからいくのが良いのではないかと思う。言語を聞いて理解するところまでは、実はsystem1である。その後色々考えるのがsystem2。つまり身体と言語という分け方でもないような気がする。

事務局：それらの実際の技術開発としては二階建て脳を研究しよう、system1とsystem2をつなごうという感じなのか？

中島委員長：具体的な技術は、例えば、ATR川人所長の提案はそこに入る。深層学習の先にあるものがsystem1とsystem2をつなぐことになると思う。

松尾委員：二階建て脳というよりは、意味理解のAIという表現の方が適切だと思う。また、レイヤー1に世界モデルが重要なのと、レイヤー2ではアルゴリズムを高速化するメカニズムが必要だと思う。

中島委員長：このあたりの精緻化は、事務局に検討してほしい。

事務局：動画の画像認識技術の向上が生活・都市とモビリティの両方に出てきているが、そこに関してはやる方向でという感じだと思う。

教育に関しては、川人所長の話しにもあったところ（機械学習のモデル化）だが、AI×教育の現状はどんな感じなのか？

中島委員長：ed-techのページをみれば色々分かると思う。今のところ、教材を作るということと、教えたときに学習のデータを取るという話と、そのデータをもとに学習者のモデルを作って教え方を最適化するというものを大きな目標として掲げているが、現在はそこまで高度なものがないというのが現状。知っているものでいうと、大学入試に受かることを目標としているシステムのようなものはできている。ed-techもNEDOと一緒にやっていけばいいと思っている。

事務局：ただ、ラケットとボールの位置関係の話は具体的すぎるからもう少し抽象化する必要があるそう。ものづくり（AIサイエンス）の部分で追加・削除する部分はあるか？

丸山委員：やはりマテリアルインフォマティクス（創薬）は注力すべき分野。

事務局：研究者に話を聞いた結果、今はものづくりの部分を化学・物理学・創薬の3つに分けている。それぞれの研究領域をそもそも分けるべきかは分からない。

中島委員長：対象分野によって具体的なプロセスが随分違うのだろうと思うが、基本的に大きな空間を自動で探索することにAIを使うという部分においては共通している。NEDOのプロジェクトに落とすならそれぞれ領域を分けるべき。

牛久委員：ものづくりの部分は、有機・無機・創薬で分けられていると思う。広いものづくりの中で個別にこんな風に出たDXの形でそれぞれのプロセスのパラメータを最適化しようという話だとしたら、他のドメインのものづくりも同じようなことをやっているが、そこはどうすべきなのか？

例えば、その他のところだと、農業の中でプロセスを最適化するような話や、製造業でも、その中のプロセスを最適化する話をしている先生達がいる。その辺をどうするのか、どう深掘りするのかということ。また、以前話したシミュレーションどうこうという話の中でも、例えば設計できるといったような、別の「ものづくり」の切り口がある。この切り口が本当に適切か、個人的には何かの選択と集中をここでしたいのか、というメッセージに感じる。それぞれの先生が、それぞれの分野を売り込まれた結果だと思う。そこは委員会あるいは事務局の方がある程度まとめてもらっても良いのではないかな。また、これからのことかというと、真ん中の有機化学のところはかなり進んできているため、今これからの部分で敢えてそこを切り出して、NEDOのプロジェクトにだからこそしてもいいのかもしれないが、他のところと比べると結構出来ている度合いが違うというのはある。色々なところに汎用的な機械学

習技術としてやるのであればそのままやってもいいが、有機化学に絞ってやるのであれば、NEDOが先導しなくても色々なところで進んでいくというのはある。

中島委員長：項目としては上げておいて、「ここはNEDOが出なくていいかもしれない」くらいのコメントがあればいいと思う。

事務局：違うドメインに入れるべきか？

牛久委員：いま一旦優先度が低いものも含めて、まとめて一個に出せるとしたらその中で本当に革新的なことを思いついた有機化学の先生がいればそれで進めればいいし、他のより開拓的なところでこういったDX的な扱い方を考えていく先生が現れれば、それはそれでという選択肢が取れるかもしれない。

事務局：そのバランスの調整は一旦事務局の方でやっておく。

次は連合学習の話に移る。ヒアリングしてみると病院の臨床機関のデータによる連合学習の事例はいくつかある。ただ、臨床機関だけではなく自治体間のようなことまではできていない。それをやるべしという意見もあるが、これは色々な問題がありそこまで簡単な問題でない。個々のデータ粒度が変わっても連合学習の結果を保てるAIの開発が必要。また、ドメインの路線も変更した方が良い可能性や、やらない可能性もあるが、どうか。

中島委員長：連合学習において今の日本がどれくらいの位置にいるか分かっていない。おそらくその方式自身は今後ますます使われていくと思うが、その技術開発自身を日本がやるかというのはあまり見えていない。ユーザーでいいのではないか、という感じ。

丸山委員：この難しさって、アルゴリズムというよりはポリシーなどの部分だと思う。どういうルールづくりをしたら人々がのってくれるかという研究は意味がありそう。

中島委員長：研究というより政策に近いか？基本的に日本はデータ活用という面ですごく遅れている。そのあたりはNEDOというより国のポリシーとしてやってもらった方が早いと思う。

事務局：だとしたら優先度を下げたままの状態でもいいかもしれない。

次にものづくりの「部品、工具や工作機械の摩耗、故障予測」の部分は細かすぎるため修正が必要。

丸山委員：この分野で生産だけで体系化しているのはおかしくて、物流なども含んだ形で展開する必要があるという意見があった。そういったものは悪くないと思う。

中島委員長：サーキュラエコノミーという話はでてているが、NEDOがやるかというのは微妙？いずれにせよ、NEDOの開発項目に落とし込むべきではある。

事務局：だとすれば、そこを見据えつつその書き方も考えていく必要がありますので、今のままでは細かすぎるため一般化した形の文言での修正を試みる。

丸山委員：ドメインに関してはNEDOの方の考えが良いと思うが、ここにいる先生が大事だと思う共通課題を見つけるべき。

事務局：AIと人の界面やマルチモーダルなどの話はずっと出てくるところではあるが、それを実際アクションプランに落とし込むとなれば具体的な案が出てこない。うまく入れ込める方法があるならば、優先度を上げていいと思う。

丸山委員：先程の二階建て脳の話も共通課題に入ると思う。もう一つの軸でこだわりたいのはシミュレーション（演繹と帰納）の部分。

中島委員長：その演繹と帰納は何か具体的な技術に落ちている話なのか？

丸山委員：素材探索の場合にシミュレーターで訓練データを作り、それを高速化するという話や、PFNの話であったと思うが、工場での画像認識の訓練データを作るためにシミュレーターで作るなど、その手の話は多くある。シミュレーターは今後の機械学習の発展に欠かせないと思う。

中島委員長：シミュレーターがつくれるのであれば、そこにあるルールを学習できているのではないか？

丸山委員：シミュレーターは、前向き計算はできるが後ろ向き計算ができないときに機械学習でやらないといけないのが一つ。もう一つは前向き計算できるが時間がかかってどうしようもないというパターン。また、計算できても想定するパラメーターが分かっていないなど。そういった、大きめの戦略は分かっているが、それを角度メインでどう組み合わせたらいいのかという部分においてシミュレーターが役立つ。NEDOや経産省的には絶対やるべきだと思う。

村川委員：先程サイエンスのところでは3つ出てきて、粒度が細かすぎるということだったが、横ぐしとしてAIとシミュレーションの絡みが出てきて優先度が高いと思う。個別に見れば進んでいる分野とそうでない分野があるが、AIとしてみると横ぐしとしてしっかりやらないといけないと思う。

事務局：アクションプランとしてはどんな表記になるのか？

丸山委員：「シミュレーターと機械学習」や「演繹+帰納」、「シミュレーターのランドスケープを使ってホワイトスケープを探す」というような感じだと思う。

村川委員：AIとシミュレーションの最適化なのかプランニングなのか分からないが、なるべく少ない回数で予測しつつそれをもとに設計してそれをもとに未知の空間を少ない空間でやってみて、演繹と帰納と最適化がぐるぐる回るような感じだと思う。

中島委員長：名前は丸山委員が言った「シミュレーターと機械学習」でもいいが、その解説に村川委員の今言ったものが入ると感じる。

事務局：大きな共通項目としてこれを入れる。

話を戻してしまうが、先程のデータセットの話で何かしら課題はあるか？

丸山委員：データを自分で持っていて外に出さない人が多い。データは他と組み合わせてなんぼ、外に出さないと価値を生まない。

中島委員長：この話題ではないが、データを外に出さない文化が蔓延っているのは改善しないといけないと思う。

NEDO 林部長：自動運転、SIPのプロジェクト以前にやっているのだが、その中で先程テレメトリーと言われた、自動車からこれをプローブという表現をするのだが、センサーのプローブとしてさまざまな情報があってくるといったものについて、少なくとも自動運転に役立つ世界は共有すべきではないのかという議論があり、まだ完全に方向性は決まっていないものの、目指すべきはそういう方向なので、データの共有する機関なり技術なりを作ろうというのは今オンゴーイングで進んでいる。テレメトリーの中でも先ほど先生のご指摘の点であるところ、人との関係と意味ではまだまだ、自動車ユーザーとメーカーとの関係、それから乗っている車との関係までは全部共有するものではないようだが、そのような動きもあることはご周知いただければ。

経産省 高田室長：今話を聞いてみて、AIがさまざまな分野に適応されていく中で、企業が自分でどんどんやっていく世界、研究コミュニティの中で広がっていく世界、その中で集まったデータが重要でたくさん持っているが、それが大きくなるほど外に持ち出さないジレンマがある。それを共有させる仕組みを上手く作るのが大事だと思う。

NEDO 林部長：先程の発言に関連するが、彼ら（データを持つ側）が気にしていることは、国情報の管理、ユーザーに関する個人情報の管理の2つ。いただいた情報を共有しますよと書いているもの（誓約書があるもの）でないと共有できない。AIだから自動運転だからデータを取っていいのかということかというと、そうではない。今はなんとかできることをギリギリ模索しながらやっているという感じ。そういった側面があることも配慮していただければと思う。

中島委員長：日本の法体系で最近気になっているのが「ホワイトリスト方式」だ。つまり、「何をしたいか」というのが法律に書いてある。個人情報に関しても何なら使っている、という誓約書ももらっている。しかし、アメリカだとブラックリスト方式を取っている。つまり「これをしたらダメ」というのがあり、それを守れば大丈夫という法体系である。情報

（個人情報）に関して、例えば健康診断の情報などデータを集めた後に使える道はたくさんある。しかし、個人情報保護法の制約は大きい。そこは逆の方向に持っていかないと新しい技術に全く対応できない、日本はそういう状況。そのあたりも含めて今後なんか考えていただくと良いかと思う。

# 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発の アクションプラン策定及び事業抽出のための調査」

## アクションプラン策定委員会 第6回議事録

日時：6月1日（火）10:00～12:00

会場：オンラインで実施

### ■出席者（敬称略）

アクションプラン策定委員会

委員長 中島 秀之

委員 稲見 昌彦

委員 牛久 祥孝

委員 川上 登福

委員 松尾 豊

委員 丸山 宏

委員 村川 正宏

### オブザーバー

経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 産業技術プロジェクト推進室

室長 高田 和幸

室長補佐（総括） 富樫 達也

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 松井 淳

研究開発専門職（ロボット・AI担当） 西原 大翔

経済産業省調査員（総括・AI・先導研究） 川上 信

### NEDO ロボット・AI部

部長 林 成和

主幹 関澤 和広

主幹 金山 恒二

主幹 吉田 准一

主任研究員 御代川 知加大

主任 波多野 淳一

専門調査員 杉村 正史

### NEDO 技術戦略研究センター

統括研究員 多田 達也

※他にNEDOロボット・AI部員が聴講

事務局（角川アスキー総合研究所） 北島 幹雄

事務局（角川アスキー総合研究所） 杉本 敏則

事務局（角川アスキー総合研究所） 中西 祥智

事務局（角川アスキー総合研究所） 富士川 裕紀

※他に角川アスキー総研スタッフが聴講

## ■議事次第

- 前回議事録の確認（事務局）
- 資料の説明（事務局）
  - 【資料1】AIアクションプラン（案）概要版
  - 【資料2】AIアクションプラン（案）本文
    - 前回までの議論から、事務局側で取りまとめたアクションプラン
  - 【資料3】AIアクションプラン ニュースリリース
- AIアクションプラン（案）について、承認に向けた議論
  - 14日にプレスリリースとして発表予定で、NEDO内の承認などを考えると、仮に修正あれば4日までに反映してFIX
- シンポジウムについて説明、議論
  - 第1部トークセッション「AIの社会実装はどこまで進んだのか」
  - 第2部トークセッション「深層強化学習で日本はイニシアチブをとれるか」として提案

## 【アクションプラン 現状説明】

### 概要の説明

事務局：まず、なぜアクションプランを策定したのかという意図を紹介し、それを踏まえて、どんな議論がなされてアクションプランが策定されていくのかという部分を紹介していく。

冒頭に全体図を、その後にアクションプランの具体的な内容をまとめている。基本的にはAI技術を分野ごとに紹介するが、それらを説明するにあたって社会事象などが入っているため、分野を跨いだ形で出しているものがある。また、今後10年とこれまでの対比もまとめている。

今回の議論では、「このまとめ方で良いのか」「この文言で良いのか」という部分も議論していただければと思う。

先に少し説明させてもらおうと、最初に複数の分野に共通する話題ということで4つ「記号推論と深層学習の結合によるAI」「深層強化学習の新たなアーキテクチャ創出」「脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発」「シミュレーション×機械学習（演繹と帰納）の方法論の確立」挙げている。その後に個別のAI技術が並んでいる。

### 本文の説明

事務局：内容はそこまで概要と大きく変わらないが、それぞれのアクションプランについて本文が付いている。複数の分野に共通する12のアクションプランの部分の絵は概要と一緒にだが、本文が追加されている。ここの中身についても議論していただければと思う。

中島委員長：個別に議論したところも入っているし、良いと思う。

## アクションプランの修正

事務局：まずは、「今後10年に向けたAIアクションプランの」位置づけについてのまとめ方や文言について改善できる部分はないか議論していただきたい。

中島委員長：この概観した図が一番大事だと思う。皆さんここを詳細に並べてもらって、これがOKなら後は何とでもなるという感じだが、いかがだろうか？

牛久委員：ものづくりのところが気になっていて、個別の領域としてNEDOは作らないといけないということで、それぞれ例えば「無機化学のプロセスを最適化する」や「バイオのDX推進をする」というのは分かる。ただ、ここの部分は今後のAIのアクションプランというところで、もう少し全体の構造を見せるところだと思う。

そういうところに、このままバイオや無機化学のプロセスや粒度の高いものを入れてしまうのは、メッセージとして「こういうことを構造化して委員会ではアクションプランとして考えた」というメッセージになりそうで、ちょっと絞りすぎだと思われなかと、一番最初に思ってしまった。

例えば、無機化学の全体のプロセスのところを製造や設計などといったプロセスの話であれば無機化学に寄らずに多分メインが無機化学になろうとてという話はもちろん今まで出ている通りなのだが、他の所にも一般化できるような文言に出来るのではないかと思う。また、上下のバイオニクス金属との材料開発も似たようなことができないというふうに考えていた。

中島委員長：具体的な文言の提案があれば提示していただければ。

牛久委員：真ん中の無機化学の「プロセス全体を最適化するAI」というのは設計や製造のプロセスということになると思う。上のところは単純に概要を取っていいのではないかと思う。DX推進と設計のためのAIのようにしてもいいかと。そうすると、先程の無機化学のプロセス全体を最適化するAIのところは、製造や設計というふうに申し上げたが、設計は一旦シミュレーションの方に全部渡しても良いと思う。そうすると、真ん中の製造のプロセス全体を最適化するAIになると思う。一番下は、転移学習技術の確立ということになるのでそれはそれで良い。もう少し絞った方がいいとことであれば、またもう少し考える。

事務局：まさにそこは議論していただきたいところ。後ろの方のものに関しては、元々議論の経緯が、このまま社会事象・取り組みがあってAI技術開発になった。技術開発から見ると実装されるものはここに限った話でないし、「もっと一般化できるのではないか」という話でもあるので、その書きぶりを例としてここを挙げているが、そこに限定されるわけではない。見出しからそういうふうにした方が良いのか、というのは議論としてある。冒頭でそこはちょっとしつこく結構書いている部分ではある。「多様な分野での発展が期待できる」などは最初に書いてはいる。各スライドにそれを入れていくかは、今ちょっと判断しきれないところ。ただ、今牛久委員がおっしゃったようにまとめていくと、他を含めて全体的に綺

麗に収まるということかもしれないと考えている。それでいくと、動画の画像認識向上はNE D0との話の中でも議論になったのだが、ここだけ微妙に色を薄くしているのは「他の問題に比べて粒度が違う」というところがあると思ったから。本当はどこかに含められると良いが、どこにも入らない。とはいえ大事なことでもある。ここを外すというのも一つの案かもしれない。

中島委員長：動画に限定しないで環境認識や世界の認識にしてしまうのはどうだろうか。これまでの左側の方が画像認識向上という形にして右側は周りのこと何でもあるようにするよな感じ。

丸山委員：稲見委員がおっしゃっていたようなマルチモーダルなキーワードを入れるのはどうだろうか。

中島委員長：マルチモーダルは一つ下の技術に入る。でもそれを入れる柱がこのスライドの中に入らない。

事務局：今、マルチモーダルがうまく形として入れられていない。どちらかというとなら今後より議論を深めていくべき課題の中に、マルチモーダルというワードが入っている。この一個一個の所にマルチモーダルという書き方はされていない。今のところAGVなどに向けた動画の画像認識技術の向上のところ動画の画像認識技術だけになっている。ただ、ここにも書いているが予期することも考えないといけないという指摘もあった。また環境側のアップデートもそうだし五感以外の人間じゃない、人間では知覚できないモダリティを使ってやることも重要という話もあった。ただそこを拡張すると、ここは寧ろマルチモーダルという話になってくるかもしれない。

中島委員長：そうするとマルチモーダルな環境認識という感じ？

事務局：そうなってくると「多品種少量生産の効率化に向けたAI技術」がちょっとずれてくるかもしれない。

丸山委員：どこかに「統合」という言葉があってモダリティを統合するという概念の言葉が入るのがいいのではないか。今だと、画像も音声も色々やっても個別になっている。今、画像とテキストを統合するという取り組みが一生懸命行われている。そのうち各モダリティを統合するような技術が出てくると思う。

川上委員：基本的にこの表の見方を確認したいのだが、例えばスモールデータ駆動に対して、前のものがビッグデータ依存でスモールデータ駆動の中身が転移学習技術の確立で、それはモノづくりに効くだろうというところなのでそこに置かれている。そのような認識であっているか？

事務局：説明不足で申し訳なかったが、その認識で合っている。

川上委員：その時になんとか左から右に向けた矢印と下から上に向けた矢印が見えるのだが、これは何か時間軸を表現しているのか？それとも左右の時間軸は関係ないのか？

事務局：時間軸が関係しているのは、左と右だけ。デザインとして矢印にしているが、そういう風な見方になっているとあまり良くない。また、時間の流れはあるが左から右の部分も矢印を表しているわけではない。時間軸を表しているように見えるのであれば、改善しないといけない。上は単なる四角にした方がいいかもしれない。

川上委員：そうすると、モダリティを統合した環境認識に対比するのが画像認識精度の向上か？ということになる。すると、今度は逆側が左右の比較でいうと若干おかしくなるため、左側も直した方が良いように思う。

中島委員長：ただ現状は画像認識だけが飛び出ているのではないか？

川上委員：二つのことを言っているような気がして、画像認識の話と複数ソースをマルチな情報を使うという話と、人間がなんとなく理解している五感ではない情報を含めた物を使っていく、そういうことも入っていくような気はする。それは、画像だけの認識が進んでいるというのはおっしゃるとおりだとは思う。

中島委員長：左がいろんなモダリティの中でも特に画像認識の性能が高いという意味。右はそれら以外のもの全部使いましょうという対比だと思っている。

川上委員：じゃあ左が画像特化のようなこと言っているということなのか。

牛久委員：画像認識の研究者としては画像がメインでやるのは別に何も嫌ではないのだが、一方で音声認識もいってもいいかという気はした。

稲見委員：色々と議論があった上かもしれないが、人にどうやってサービスを戻すかという視点が無くなっている。人のフィードバックがエキスパートシステム止まりになっているのではないかと。それがないためモデル化の話はたくさんあるが、人とAIがどう一体になってより良いサービスを高めていくかという観点が抜けてしまったのではないかと。

中島委員長：縦のところがそのように書いているのだが、都市と生活では少し偏っているかと。個人のところを何か入れるか。

稲見委員：手法にしてもあくまでもモデル化と、あとはそれを文字か何かで人に提示するのと、分類結果を表示するという形になっているかと。あと個別の話だと転移学習も今の人のスキルの話でいうと実は大切なのではないかというふうに思う。それはもしかすると後ろに出てきた、人の学習工程のモデル化や学習支援につながる話だと思う。また、個別の話だと、人間のデジタルツインは「ヒューマンデジタルツイン」という言い方を使い始めたため、そのような文言にしておくのと、工場のデジタルツインに勘違いされなくていいのではないかと思う。

中島委員長：今の話を入れようとするこの右側に5つある柱の一つはものづくりで、残りは全部人間の支援である。

稲見委員：もしかすると左側の灰色のところは旧来の人とAIとの関わりで、右側が今後のAIと人との関わりとも思うのだが、そうなる項目が一つ増えてしまうため大工事になってしまう。何か文言でうまく書ければいい。例えばシミュレーションのところをシミュレーションするだけでなく、もっとサービスに特化してみるなど。柱は立っており、項目の書き方でなんとかなるという気はしている。

丸山委員：この最適化の帯を、人を含めた機械系に置き換えたかどうか。最適化はそれだけで立てるにはちょっと狭いような気もする。

稲見委員：確かに人とAIの組み合わせたシステムを最適化ということならば、非常に分かりやすいと思う。

事務局：人とAIの組み合わさったシステムの最適化というのは全体最適の方か？

丸山委員：個人の最適化が書いてあるが、実は人間機械系全体での最適化ということだ。

稲見委員：その中には当然人の個性の部分、個人差の部分も考慮するのが当然だという感じになる。

丸山委員：本当は最適化というよりも共進化というのを使いたい。

中島委員長：ただその共進化は、全体に入ることかもしれない。左上に書いておくべきこと。それか表紙の大きいところに書いていいという感じ。

丸山委員：ちなみにこのスライド以外には共進化という言葉はどこにも出てこないようだが。

事務局：1ページ目や個別のページの見出しに入れられたら入れる。

多分その意味理解が何のためというところがベースとしてある。共進化という言葉はどれぐらい一般的なのか分からないが、そういうところを見据えていくと見え方が変わっていくと思う。

稲見委員：共進化という言葉の良いところは「全てAIに任せてしまうと人間が弱くなってしまわないか」と言う議論に対して、人は人でちゃんとやるべきことをやって進化していくということを言えるところ。

もう一つ追求したいのだが、全体最適のAIという方向性もすごく大切だと思うのだが、何か改めて「意図的にローカリティを持つAI」といった議論はないのか。

中島委員長：ローカリティとは？

稲見委員：例えば、それこそ人間の文化自体もどちらかというと人文社会的なAIの考え方のかもしれないが、文化的多様性を持つAIという言い方かもしれない。

牛久委員：たぶん一番近いのはスモールデータ駆動のあたりだと思っていて、個別のデータにフィットできるということとその量が少ないということは表裏一体だと思っていたため、入れられるとしたらその部分だと思う。

そのため、例えば転移学習技術の確立のところに、そういったニュアンスを持たせるか？そういう項目を新設するか？そういったような検討になると思うのだが、今は金属と入っているということで多少の考慮をしないといけないと思う。ただ、いずれにしろ「転移学習の例としての金属」だということは言わないといけないため、工事は小なり入る。その議論になるのが一個のアプローチだと思う。

稲見委員：化学などいわゆる物理の世界は、全体最適こそが正義だと思うが、生活や文化の話は一つの全体最適ではないと思う。

牛久委員：その全体の複雑系を捉えようとするとなかなか複雑になってしまう。そのため、「この領域だけはこういう法則が成り立つ」といったようなものが見つかるならそれはそれでいいというふうな話がある。それは、特に無機化学全体でいるかというよりは、例えばモノづくりの生産工学を研究している先生が、そういうことを言っていたりもする。だから必ずしも全体最適だけが至上でもないため、そこも含めても良いような気がする。もちろん人文的なことの方がそういうローカリティが尊重される気はする。ものづくりに入っても駄目ではないという感じ。

「人文的な話として話をするのか」「転移学習のところをより一般化する方向に動かすのか」の二つがあると思っている。転移学習そのものについて思っていたのは、別に今のように転移学習技術の確立と言ってしまいうレベル感だと、ものづくりの柱だけに限定する必要がない。「スモールデータでもうまく行って欲しい」というのは他の柱でも共通する話なわけで、そこをグイッと広げて他の上の方に四つぐらいあるような共通の軸として書いていただいて、そしてその中にそれぞれローカリティというか全体最適ではなくて、ある限られた部分で動くということができる、という感じ。

そのためには、「限られた部分だけでしか集まらないデータはもちろん少量になるので、スモールデータ駆動が重要になる」というような書きぶりにはできる。例えば、人文系を例として挙げたければ、また継続議論になるが、金属のような話でも「金属のこのこの反応はこの条件からこういうふうな単純な式になる」というようなものが出てくるなら、それはそれですごく嬉しいという話は聞いている。

あともう一つ、今どこに納めようか迷っている「多品種少量生産の効率化に向けたAI」の議事は、まさにスモールデータ駆動のところに入れて良いと思う。

中島委員長：スモールデータ駆動のこのページで良いが、人間の学習でこれで人間はビッグデータなどなしに学習できる。昔、Googleの猫が出た時に「人間の子供なら三匹の猫の画像から学習できる」と言っていたのだが、そういう話も入れた方が良かったと思った。

事務局：ここはNEDOとも話あったところ。特にこれは、「意味理解のAI」ということに寄せているが、実際は「小サンプルで学習できる」というのがもともとATR脳情報研究所の論文であったところ。

中島委員長：ここへのつながりとして、スモールデータ駆動から今はここ見えない。だからどこかにそのつながりを入れておいた方が良いのではないかと思う。

先ほどから我々が色々議論している話は、この図を見た人にはそこまで読み取れないのではないかと。なので、個別のところにはそれはちょっと書いてあげないといけないのかと思っている。ここに全部入れ込むのは不可能でもあるし。

丸山委員：そういう意味では、メタ認知の帯もスモールデータ駆動のところに入れるという考えもある

牛久委員：確かに、転移学習の一つの細分の中にメタラーニングというがあるので、メタ認知もそこに入れるというのは綺麗な気がする。

事務局：寧ろ、ここに入れるっていうことにする。メタ認知に備えて意味理解とよりは「結果として小サンプルで出てくる」という形にしてみる。個別のところもそういう書きぶりにする。

丸山委員：少し別のことを話させてもらおうと、シミュレーションの帯のところの右側でAIを活用した「シミュレーションの最適化」というのが、機械学習を最適化するだけでなく、シミュレーションを使って機械学習の訓練データを作る、めったに起こらないデータを作る、そういう話があるので最適化というだけでは少し違うと思う。

事務局：広く言ってしまうと、AIを活用したシミュレーションのようなことになる？

丸山委員：いや、寧ろ「帰納推論と演繹推論の融合」というのが広く括ったテーマだと思う。あるいはシミュレーション×マシンラーニング。

事務局：昨日そのあたりも中島委員長と話し合っ、シミュレーションと機械学習だけでは分かりにくいということで演繹と帰納を足した。

丸山委員：私だったら演繹と帰納の融合のような表現にしよう。

必ずしもシミュレーションだけではないかもしれないから、演繹と帰納くらいの広い言葉で良いのではないかと思う。例えばアルファ碁がやっているのは演繹のプログラミングに、「どのデータを優先する」という機能を組み合わせたプログラミングだ。それはシミュレーションをやっているといえばやっているようなものだが、それをすぐシミュレーションだとは思わない。

事務局：大きな括りになっている方が、その方が下に色々書けるので良いと思う。

丸山委員：生活・都市のところにレジリエンスという言葉が入っていると良いと思う。

稲見委員：生活・都市のところに深掘りする項目が無くなっている。何か同じものがあってもいいので、何か四角が一個あった方がいい。

事務局：動画の画像認識は二個に跨ることになる。

稲見委員：せっかく過去の部分が音声・画像等になっていたのが、もう一回ここで動画の画像認識になっているのは、モダリティ統合の話が抜けているのではないかと思う。そこうまく表現は書き換えた方が良くと思う。「環境認識技術」にするのが良い。

事務局：先ほど丸山委員が述べていたレジリエンスは？

丸山委員：一つの入れ方は、全体最適化というところに全体をきちぎちに最適化するシステムは、遊びがないとレジリエントにならない。

事務局：そこに良い表現はないのか？レジリエンスの最適化は？

中島委員長：レジリエンスの最適化は、ある意味形容矛盾している。

稲見委員：人とAIのところでそこは最適化じゃない別の言葉にすればいい。両方を目指すという感じ。人とAIの関係性の多様化でところをもう少し書けばいいのではないか。とりあえずこんな形で仮置きして、もっと良い表現があればそれに書き換える。

事務局：さっき述べられていたように、個別のところで表現を改善してみて、それを連絡する。もし何か修正があれば指示を送っていただきたい。

稲見委員：今すぐ伝えたいこととしては、例えば脳の活動メタ認知のAIはすごく大切だと思うが、やることとして熟練工や伝統的な匠の職人技となるならば、それは脳だけではなくて本当は脳と身体の両方をやらなくてはならない。例えば、歩行にしても脳だけではなくて、きっとセントラルパターンジェネレーター相当の話になってくる。そうしたら、200回転んだけど歩けるようになるなどがある。どこかに身体の話も入った方がいいのではないかと思う。

ちなみに、少数のサンプルとメタ認知というのは直接関連がある話なのか？

中島委員長：直接は関係しなくて、重なっているところとそうでないところがあると思う。ただ、少なくとも少数のサンプルからの学習のためには、メタ認知が入るかという方向ではある。人間とマシンのコミュニケーションのようなものがどこかにあったらどうか。AIシステムでもいいしロボットでもいいが。

事務局：そこに関して個別の項目には落ちていない。例えば自動運転で、これは稲見委員が「そもそも人とモビリティのコミュニケーションを確立しなければならない」という話をされていたが、それは今後のところに入っている。

稲見委員：マルチモーダルが前の方に入って一段階上に行ったので、今後の課題のマルチモーダルをヒューマンAIインタラクションにしておく方が良い。その中で中身は身体性の話と人の五感など、可能性の話も入れる。

中島委員長：多分、自動運転でもユーザーの好みを伝えなければならない。「今日はゆっくり運転してくれ」など、そういうコミュニケーションも多分入ってくると思う。

事務局：タイトルに合う形に文言整理しておく。

村川委員：小さなことだが、この左側の柱にシミュレーションとあるが、右側が「演繹と帰納の融合」になった今となつては、そこはシミュレーションなのかという気がする。

中島委員長：右の下の方に「シミュレーション×機械学習」って書いてあるからいいのではないか。

丸山委員：深層学習とシミュレーションの、その二段のところが融合して右のようになっている。

中島委員長：深層学習のところをもう少し下ろせばそう見えるようになってくる。「意味理解のAIは今ない」というぐらいでどうだろうか。意味理解と演劇の間ぐらいにあると良い。

事務局：もちろん、この後も随時メール等で何かあれば、個別のものに関してもご指摘いただきたい。

経済産業省 高田氏：この議論を今後一回公開して世の中に出して、ブラッシュアップしていくというステージがあることを想定した時に、我々も今内閣府といろいろ話をしている中で、今政府全体でのAI戦略というのを2021に焼き直したり、さらにそのデジタル庁ができたりしている。

社会実装面でどんなことを政府としてやって行くのかという議論が中心だが、そういうところで議論されているアプリケーションの切り方としてスマートシティや農業というところも言ったりしている。スマートシティは生活・都市に入れると思うが、農業がものづくりのところの生産行為と、あと食品流通のモビリティや小売の販売、生活都市など多岐に渡ると思う。また、ものづくりの生産行為っていうのは必ずしも工業に限らないとも思う。NEDO・経産省という範囲で議論してきたということは重々理解しているが、今後議論を広げて意見していただく機会を作っていこうと思った時に、そのあたりの言葉のニュアンスも何かあると良い。例えば、ものづくりという表現を残しつつ、その他の生産行為が読める「ものづくりと生産」などそういうふうに見えるとも思う。

事務局：どこかに農業を含むという文言を書く。

NEDO 林氏：今指摘があったように農業関係の取り組みは既にやっているところや、これから新たに開拓していこうというところがあるので、ぜひ農業というのも生かしてもらえると、私共も将来役に立つと思っている。

## シンポジウムに関する説明

事務局：14日にアクションプラン発表した上で、15日にシンポジウムを開催する予定を組んでいる。シンポジウムは二部構成を考えている。時間は今仮で入れているので、最終的にはまた相談させていただこうと思っている。

第一部は、トークセッションとして「AIの社会実装はどこまで進んだか」ということを、アクションプランを受けて委員のみなさま各3分で所感をお話いただきたい（稲見委員は動画で登壇）。

その後はAIのどんな分野に注力していくか、どんな技術で開発するべきか、どんなことを実装するべきかということをお話いただきたい。ここは割と自由にお話しただいて日本はこの先どこに向かうのか、ということも含めて話をいただけないかと今考えている。

それが第一部の大体冒頭の1時間弱ぐらい。

第二部はトークセッションで「深層強化学習で日本はイニシアチブをとれるか」をタイトルにしている。ここは松尾委員のお話を10分程度でやっていただけないかと思っている。それを受けて委員の皆さんにディスカッション、今後のAIについて自由に話していただきたい。その後質疑を挟んで最後は委員長のまとめで終わるような形を考えている。

アクションプラン自体については、冒頭にNEDOの方から5分程度でさっと説明していただく予定。

一旦フレームとしてはこのように考えている。

松尾委員：登壇者は誰が出るのか？

事務局：出席できない稲見委員以外全員が一部も二部も出ていただきたい。シンポジウムに関しては全部で一般公開する予定。すでに募集が500近く、この後1000くらいは伸びていく予定。

事務局：シンポジウムの後はASCIIとAINOWのメディアなどで記事にしていくことを考えている。全体を通してこのような形でよければ、私の方で個別に時間配分とアジェンダを設定してご連絡させていただく。事前の連絡チェックはまた後ほどさせていただく。

ファシリテーションは事務局と中島委員長で行う。



# 人工知能（AI）技術分野における 大局的な研究開発のアクションプラン （AI アクションプラン）

2021年6月14日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

# 目次

目次.....	2
1. エグゼクティブサマリー .....	3
2. AIアクションプラン策定に向けた調査の概要.....	4
3. AIアクションプラン .....	6
記号推論と深層学習の結合による意味理解のためのAI.....	7
深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出 .....	8
シミュレーション×機械学習（演繹+帰納）の方法論の確立.....	9
脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発.....	10
転移学習技術の確立 .....	11
製造プロセス全体を最適化するAI .....	12
多品種少量生産の効率化に向けたAI技術の開発.....	13
分子設計のためのAI .....	14
無人搬送車(AGV)などのための環境認識技術の精度向上.....	15
人の学習工程の解明とAIによる学習支援 .....	16
多様な情報から医師に選択肢を提示できるAI.....	17
人体の個人別モデル化（ヒューマンデジタルツイン） .....	18
今後議論を深めていくべき課題 .....	19
用語集.....	21

# 1. エグゼクティブサマリー

## 人とAIの共進化に向けた今後10年間のAIアクションプラン



- NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、新たなAI技術戦略の策定およびプロジェクトの早期開始に向けて、日本がAI分野で世界をリードしていくためのアクションが必要であると考え、AI技術やAIに密接に関係する技術、さらにAIを含む新技術に関する開発の方向性などを大局的に検討・整理した「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」（以下、AIアクションプラン）を策定・公表した。
- AI技術は深層学習の隆盛によって大きく発展した。これ自体は変わらず重要であり、一層の発展が期待されるが、今後はより高度な意味理解のAIの開発が求められる。同様に、これまでの部分最適化ではない全体最適化、あるいは個人への最適化にとどまらない人とAIの関係性の多様化も求められている。
- AIアクションプランでは、それらAIの技術開発の方向性（上の図の灰色と青色の部分）を踏まえつつ、ものづくり（生産）やモビリティといった5つの分野（同 オレンジ色の部分）への実装を見据えて、今後10年の人とAIの共進化に向けた、取り組むべきAI技術開発として12の項目（上の図の水色の部分）を抽出した。

## 2. AIアクションプラン策定に向けた調査の概要

### 我が国の社会課題の解決に資する人工知能技術開発の方向性を提起

政府は2017年に「人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップ」で、AIの研究開発から実装まで、取り組むべき重点分野を取りまとめて以降、2019年の「AI戦略2019」では実行すべき施策を示し、また科学技術・イノベーション基本計画や統合イノベーション戦略でもAIについて多数言及しており、AIの研究・実装を積極的に推進している。自動運転や企業におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）に関わる分野などにおいては、すでにAIの実装が進んでおり、デジタル庁の創設で、それらの動きは加速されるだろう。

その一方で、海外では、アメリカは2026年までに320億ドル（約3兆5,000億円）を各分野のAI技術開発に投じ、中国も最新の5カ年計画に向けて新世代のAI開発を標榜。GAFA（Google、Amazon、Facebook、Apple）は画像認識や自然言語処理などに持てる膨大なデータと巨費を投じており、各国政府や巨大企業もこれまで以上にAIに注力している。加えて、中国はAI関連技術に輸出制限を課し、EUはAIの利用についての包括的な規制案を発表するなど、規制・管理面の取り組みも活発化している。

そこでNEDOは、新たなAI技術戦略の策定およびプロジェクトの早期開始に向けて、日本がAI分野で世界をリードしていくためのアクションが必要であると考え、AI技術やAIに密接に関係する技術、さらにAIを含む新技術に関する開発の方向性などを大局的に検討・整理した「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」（以下、AIアクションプラン）を策定・公表した。

### 委員会での議論を重ねて、AIアクションプランを策定

AIアクションプラン策定委員会（委員会）では、「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」、「人工知能技術戦略」、「科学技術・イノベーション基本計画」や文部科学省による「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」をはじめとする各省庁の将来予測調査から、20の分野における、将来期待される社会像とそれにむけた取り組み、またAI技術の関わりを整理し、議論を行った。

各分野における取り組みについて、委員会では今後10年程度の期間を見据えて、我が国における社会的意義や経済的なインパクトを加味して分野・取り組みを絞り込んだ。またすでに民間企業が十分な実績を上げていたり、基礎研究としてさらなる時間を要したりするものではなく、社会実装に向けた施策が必要な課題を重視し、その詳細を検討する議論を重ねて、AIアクションプランを策定した。

## AIアクションプラン策定委員会・委員などの一覧

委員長：中島 秀之	公立大学法人札幌市立大学 学長
委員： 稲見 昌彦	国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授
牛久 祥孝	株式会社Ridge-i 取締役 Chief Research Officer
	オムロンサイニックエックス株式会社 Principal Investigator
川上 登福	株式会社経営共創基盤 共同経営者（パートナー） マネージングディレクター
松尾 豊	国立大学法人東京大学 教授
丸山 宏	花王株式会社 エグゼクティブ・フェロー
	国立大学法人東京大学 人工物工学研究センター特任教授
	株式会社Preferred Networks PFNフェロー
村川 正宏	国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域
	人工知能研究センター 副研究センター長
	（兼務）人工知能研究戦略部研究企画室長

（委員は五十音順、敬称略）

**事務局：**国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO） ロボット・AI部  
株式会社角川アスキー総合研究所

## 委員会開催日程

第1回：2021年2月9日 第2回：同年2月26日 第3回：同年3月30日  
第4回：同年4月27日 第5回：同年5月18日 第6回：同年6月1日

（上記委員会以外にも各委員との個別会合を複数回実施、感染予防対策のため会合はすべてオンライン開催）

### 3. AIアクションプラン

#### AIアクションプランとして、12の取り組むべきAI技術開発を抽出

以下のAIアクションプランでは、農業などの第一次産業も含めた「ものづくり（生産）」、「生活・都市」、「モビリティ」、「教育」、「健康（ウェルビーイング）」といったAIを積極的に活用すべき分野（複数の分野に共通する課題も含む）における、12の「取り組むべきAI技術開発」と、その社会実装例としての「期待される社会像」、「社会像に向けた取り組み」を解説する。

委員からも、AIアクションプラン策定後、これらがどのように実行されていくかが最も重要という指摘があったように、NEDOでは、AIアクションプランで抽出されたAI技術開発を中心に、他の分野への展開も含めて、今後取り組むべき事業を検討していく。今後のプロジェクト化や実装においては、多様な分野への発展が期待できる。

期待される社会像

社会実装例

人間とAIが、言語でより高度なコミュニケーションを取れる

AIによる環境認識（身体性を含む）と言語理解の向上によって、より高度で自然なコミュニケーションがとれるようになる。

社会像に向けた取り組み

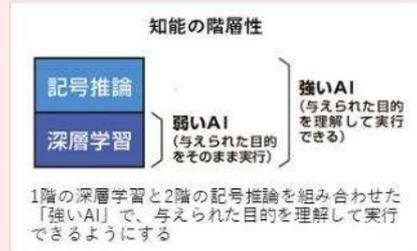
日本の強みを活かしたAI技術の開発

ロボット技術や、人工知能を目指した第五世代コンピュータ（1982年～1992年）プロジェクトの記号推論に関する技術蓄積を活用するなど、他国とは異なるアプローチで、我が国の強みを活かしたAI技術を創出する。

取り組むべきAI技術開発

意味理解のためのAI（2階建て脳）

1階部分の深層学習と2階部分の記号推論システムの結合。あるいは従来型システムで、深層ニューラルネットワーク（DNN：Deep Neural Network）上に記号推論システムを実現。記号処理で人間の意図や価値を理解して、深層学習を方向付ける手法を開発する。



自然言語処理は日本でも研究は盛んであり、以前から戦略的に重要だとされていたが、Googleの優れた日本語翻訳や、深層学習による大規模言語モデル、また言語間の転移を可能にする技術の登場によって「日本語が日本のものではなくなる」可能性すらある状況となっている。継続的に研究開発を続けるべき分野であり、現在の技術を超える大きなブレークスルーとして「意味理解のAI」が議論となった。

もともと「2階建て脳」として委員会で話されていたが、ディープラーニングの研究分野ではダニエル・カーネマンによる「System1」「System2」という形で議論されている。人間の脳の思考が、直感的で処理が速いSystem1と、意識的・論理的で処理の遅いSystem2の、2つに分けられるという考え方だ。

意味理解のAIを実現するためには、現在のディープラーニングが得意なSystem1と、従来からのAIで記号推論として研究されてきたSystem2をつながなければならない。その方法としては「深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出」や、「脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発」も該当すると言える。記号推論と深層学習を組み合わせることができれば、意味を理解できるAIの実現につながる。また、幅広い目的に用いることのできる汎用AI（AGI）、あるいは心の活動をもつような「強いAI」につながる技術に発展していく可能性がある。

期待される社会像

社会実装例

既存のAIが抱える課題を解決して社会の利便性を向上

新たなAIアーキテクチャによって自然言語処理を高精度化することで、名前を置き換えたり、辞書を引いて回答するといったような、既存のAIが不得意な言語処理が可能になるなど、さまざまな利便性を向上させる。

社会像に向けた取り組み

画像あるいは世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出すAIの開発

言語から画像あるいは実世界に紐づく世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出力するAI技術の開発。

取り組むべきAI技術開発

時間方向に広がりをもった時空間の情報に関して適切な特徴量を抽出する深層強化学習

時空間の特徴量を自己教師あり学習で適切に取得することができ、フィードバックループを仮定した行動の学習ができる深層強化学習を開発する。

世界モデルで他視点の画像の予測が可能



画像認識の例として、図の視点A、Bからの画像を多数学習して「世界モデル」を獲得すると、視点Cからの見え方を予測できる

ここ数年のAI技術に関する進歩は、そのほとんどがディープラーニングの進化と同義とも言える。しかしAIのこれからを考察していくにあたっては、既存のAI技術が抱えている課題と向き合い、知能そのものの解明へと学術研究を進めていくことが必要となる。

その中で将来のAI技術開発に大きなインパクトを与える領域として、現在大きな成果を上げている大規模言語モデルではうまく処理できていない課題、AIで名前を置き換えたり、辞書を引いて回答したりといった課題を解決すること、いわゆる「シンボルグラウンディング問題」に関わる部分が議論された。これは意味理解のためのAIにも関連する。

そういった課題を本質的に解決するためには、AIが言語の指す概念を獲得している必要がある。画像や映像における高次の特徴を獲得する技術は大きく進展したが、より複雑な特徴、すなわちセンサとアクチュエータを複合した時空間的な特徴を獲得する技術は未成熟である。これは身体性として知られている概念とも関連する。

実世界における時間方向に広がりをもった特徴量を、自己教師あり学習で適切に抽出することができれば、深層強化学習などの技術に大きな進展がある可能性がある。そのためには、環境との相互作用において不可欠である、フィードバックループを自然に仮定した行動の学習ができる技術も重要である。こうした技術が、意味理解のAIの開発にも結びつき、同時にロボットなどへの応用にもインパクトを与える、今後の有効なAI技術開発として提起された。

期待される社会像

社会実装例

**効率的なシミュレーションによる材料探索・創薬、自動運転などの推進**  
 機械学習を組み合わせたシミュレーションの分野・手法を整理・開発して多分野に展開し、上記分野などの技術開発を加速する。

社会像に向けた取り組み

**分野と方法論の組み合わせを整理し、他分野への適用を図る**

人間の知識に基づく演繹（前向き推論）と、データに基づく帰納（後ろ向き推論）を組み合わせて、双方のメリットを持つ予測・推論手法を開発。気象予測におけるデータ同化など、現状はいくつかの分野において個別に試みられているシミュレータ×機械学習の手法を整理し、総合的に開発。まだ着手されていない分野・手法を同定し、開発した手法をそこに適用していく。

様々なシミュレーション手法



有限要素法



多数の要素を実際に動かしてみるマルチエージェント、メッシュに分解して個々の状態を見る有限要素法など、様々な手法がある

取り組むべきAI技術開発

**演繹と帰納、双方向の推論による手法を開発**

演繹的手法としては、シミュレータを用いて機械学習の訓練データを生成。データが得られにくい事象をカバー。帰納的手法としては、機械学習を用いてシミュレータのパラメータを調整（データ同化）、高速化する。

AIによるシミュレーション技術の効率向上については、委員会の初期から、多分野にまたがる課題としてその重要性が議論されてきた。

現状は各分野において、例えば個々のエージェントの動きをシミュレートしつつ、それが膨大な数となった場合にどういった挙動になるのかを推測する「マルチエージェント」、あるいは空間をメッシュ（網の目）に分割して、それぞれの時間軸の変化をみていく「有限要素法」など、さまざまな手法のシミュレーション技術の開発が行われている。

そういったある分野における特定の手法のシミュレータが、必ずしも他分野でそのまま活用できるわけではないものの、

- ・核となるシミュレーション×AI技術の開発
- ・AIによるシミュレーションが活用されていない分野の同定と、その分野への展開の重要性が提案された。

また、シミュレーションの速度・精度について、AIの活用でシミュレーションの速度は圧倒的に速くなるが、それでも計算機の性能によっては時間がかかる場合は、近似値でも結果を出力できる手法・技術の開発の重要性も議論となった。

いずれにしても、現状はまずどういった分野で、どういう手法のシミュレータが活用されているのかを調査し、その全体像を把握することが重要とされた。

期待される社会像

社会実装例

**熟練工や伝統的な匠の職人技を、AIによって他者に短時間で学習させることによるものづくりの継承**

継承が困難なスキルを、AIを介して短期間で学習することで次代に残す。

社会像に向けた取り組み

**熟達者の脳の活動パターンやスキルに関わる神経活動を効率的に学習できるAIの開発**

熟達者の脳の活動パターンを、AIで効率的に学習。学ぶ初心者の神経活動を熟達者のそれを再現するよう同調させることで、より短時間での習熟につなげる。

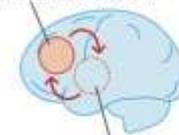
取り組むべきAI技術開発

**メタ認知機能による少数サンプルでの学習**

人間の脳では大脳基底核が強化学習を、背外側前頭前野がメタ認知を司っており、そのメタ認知によって複雑な問題を単純化して効率的な学習を行っている。この構造に習い、メタ認知機能を備えて少数サンプルでの効率的な学習が可能なAIアーキテクチャを開発する。

脳の活動を模したAI技術の開発

背外側前頭前野（メタ認知）



大脳基底核（強化学習）

脳は背外側前頭前野（メタ認知）と大脳基底核（強化学習）のやり取りで効率的に学習しており、これを模したAIで少数サンプルでの学習を可能にする

委員会において繰り返し議論が行われた点として、GAFA (Google、Amazon、Facebook、Apple)などの巨大プラットフォーム企業、中国におけるAI研究の飛躍を踏まえ、日本がその強みを活かせるAI開発分野がどこにあるのかという話題がある。

その上で、日本がこれから他国に対して競争力を発揮できる注力分野を提示するにあたっては、人間の脳の活動を参考とした新しいAIの開発が提起された。そして、人間の脳を模した「メタ認知（自分自身の能力や認知過程を、客観的に見る能力）」をAIへつなげることで、多次元の複雑な問題を大幅に圧縮し、大量のデータによる学習を前提とする現在のAI技術とは異なる、少数のサンプルでも効率的に学習できるAIの研究について、注力すべき価値があることが議論された。

委員会においてはその技術研究分野において、人間がある動作やスキルを習得する工程を脳活動パターンの動きや変化から解明し、人間が複雑な問題を短時間に・少数の試行回数で学習できる機能や理論をアルゴリズムに変換しAIへ応用させることで熟達スキルの継承や獲得につなげるというアプローチが、産業面においても大きな貢献を成し得る可能性が考えられることが提起された。

現状では、脳が情報次元を圧縮する活動についての研究がされているが、今後は脳が意識をプライア（事前知識）として学習する機能そのものを解明した上でアルゴリズムを開発するなど、意味理解のAIにもつながる技術の開発が期待される。

期待される社会像

新たな材料開発によるカーボンニュートラルへの貢献

AIによる材料探索によって、低コスト高効率な新たな材料を開発し、クリーンエネルギーの普及を図る。

社会実装例

社会像に向けた取り組み

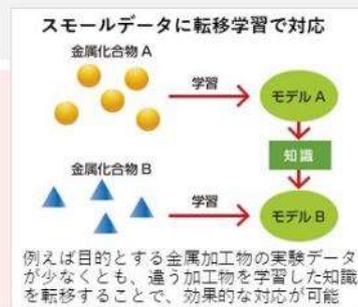
より高効率な太陽光発電やバッテリーなどの開発に向けたAIによる材料探索技術の開発

有機化学やバイオの材料開発の手法ではうまくいかない重い原子を扱える、相対論的な効果も踏まえたAIによる材料探索技術の開発。

取り組むべきAI技術開発

スモールデータを的確に扱える転移学習技術

少ない試行回数しか得られない実験データ、あるいは人口の少ない地域の風習など、スモールデータからの学習に際して、類似する他のデータの学習で得られた知識を転用することで、精度良く学習できる転移学習技術を開発する。



脱炭素社会や持続可能な社会の実現という観点において、委員会における議論や有識者へのヒアリングを進める中、高効率な発電を実現するための材料開発におけるAI技術の確立が、それらに貢献できる可能性を持つという提案がなされた。

環境に優しい発電材料の開発など、これらの材料開発は持続可能性に直結する。なかでも、金属などの重い原子では、有機化学やバイオとは異なる手法での材料探索技術が求められており、さらには多くの実験データを得ることが困難な領域であるため、少数のサンプル、スモールデータでの効率的な学習が望まれる。

このため、他の類似する物質に関する学習により得られた知識を活用することで、ターゲットとなる物質について、少数のデータであっても高精度な学習を可能とする「転移学習」の手法の確立について、議論がなされた。

転移学習については、文化的な多様性を持つAIという観点でも議論がなされた。例えば地域ごとの食文化や風習を、限られたサンプルからの確に学習することを考えると、同様に転移学習が有効な手法となる。文化については、全体最適ではなくそれぞれの多様性の尊重が求められるため、個別に最適化していくにあたってのスモールデータの転移学習は、今後重要となることが提起された。

## 期待される社会像

## 社会実装例

## AIを活用したプロセス最適化による産業競争力の向上

材料・設計探索から製造プロセス全体をデータ駆動型として最適化。製品開発の効率化と産業競争力向上を図る。

## 社会像に向けた取り組み

## 無機化学の領域で活用できる共通基盤としてのAI技術開発

有機化学や創薬ではAIはすでにかなり活用されているが、無機化学などでも同様に材料探索に活用できるAIを開発。材料探索の際、最終製品を踏まえた評価が必要となるため、材料探索だけでなくプロセス全体をAIによって最適化する。

## 取り組むべきAI技術開発

## 材料探索に加えて製造プロセス全体を最適化するAI

材料探索へのAI活用に加えて、需要の変化が生産、ひいては設計や材料探索に反映されるまでのリードタイムを最小化するとともに、プロセス全体をコスト・品質・環境負荷・レジリエンス（復元力）など、多目的に最適化するAI共通基盤を開発する。

## 材料探索とプロセス全体をAIで最適化



「ものづくり」という表現の定義が非常に広いという前提は持ちながらも、「未だにデジタル化やAI導入が遅れているのが日本のものづくりが持っている課題」という共通の意識の基で様々な議論がなされた。そのなかで、有機化学・無機化学、創薬、バイオなどそれぞれの分野において研究や開発のプロセス最適化を進めるためのAI技術開発は盛んに実施されるべきであり、日本の産業競争力向上に重要であるという提案があった。

とりわけ無機化学におけるAI導入について、材料探索・開発の高効率化と、そこから製品の複雑で多岐に渡る開発・製造プロセス全体を自律的に最適化できるようなAI開発が、産業力向上へ大きな貢献をもたらすという提起がなされた。

さらには、無機化学に限定せず、プロセス全体のAIによる自律的な最適化は、第一次産業も含めたものづくり全般に有効な技術となる可能性が議論された。現状では材料探索面がAI活用の主眼だが、今後プロセス全体の最適化を目指すにあたっては、人間（ここでは消費者）の主観的な認知や物事への感じ方などをモデル化しておく必要が考えられるといった、付随する技術開発についても議論が交わされた。

## 期待される社会像

## 機械化・AI化されていない生産現場へのAI導入による生産性向上

高速・高信頼なロボットによる大規模で効率的なライン生産の維持・発展と並行して、人手によるセル生産が主体の多品種少量生産においても、AI・ロボットの導入によって生産性を向上させる。

## 社会実装例

## 社会像に向けた取り組み

## AI・ロボットによるデータ駆動型の生産工程の確立

画像データを蓄積していくことで作業工程のミス減らし、歩留まりの向上を図る、またデータに基づいて故障する部品を予測するといった、データ駆動型の生産工程手法の確立。

## 取り組むべきAI技術開発

## 複数のモダリティを統合した環境認識による多品種少量生産工程のチェック

組み立て手順の確認や検品に際して、画像だけでなく音波などの多様なモダリティを統合して認識し、生産工程を適切にチェックできるAI技術を開発する。

## セル生産においてもAIで生産性向上

## 補助ロボット

## 画像認識AI



多品種少量生産に適した工程チェックや検品用の画像認識ほかの環境認識技術、多様な生産物に対応可能なロボットを制御するAI技術の開発で、セル生産も省力化できる

委員の間において「データ駆動型のものづくりの力を推進し、日本の製造業における産業力を向上させる」という目標が共有された上で、具体的な取り組みとしてAI技術やそのために必要な学習データ取得の導入を取り組むべき分野として、多品種少量生産のものづくり工程が議論された。

現状、製造現場における実情として「100%の精度を担保できないAI技術は活用しづらい」という声が、有識者のヒアリングなどから挙げられていた。このため、AI導入が重要であると認識されながらも、実際には導入を進めづらいという状況がある。

こうした状況下でデータ駆動型の製造・生産、AI導入を取り組んでいくには、従事者の手が行き届きやすい生産方式から着手していくことが有効だとして、まずは多品種少量生産に向けたセル生産方式において、例えば人間の目による異常検知などとAIによるそれを併用しながら学習データの蓄積を進め、精度向上を進めることでデータ駆動型の生産方式の推進を図ることが有効だと提起された。

これに際して、多品種少量生産の現場で使いやすいAI技術として、組み込む前の部品の検査や正しい手順で製造されているかの確認などに活用できる画像・動画認識が有望という議論がなされた。さらに、例えば検品に際しては音波を使う、あるいは温度や振動の負荷をかけるテストなど、画像に限らない多様なモダリティを統合できると、より有効なAIの活用が可能となることから、マルチモーダルなAIの開発が議論された。

## 期待される社会像

**新たな感染症に対応できるバイオ医薬品の迅速な開発プラットフォーム**

生体分子設計などの分野において、開発プラットフォームの整備によって新規の感染症に対するワクチンやバイオ医薬品開発の迅速化。

## 社会実装例

## 社会像に向けた取り組み

**多ノイズでデータが少ないなど、機械学習や高精度なシミュレーションが難しい分野での開発基盤整備**

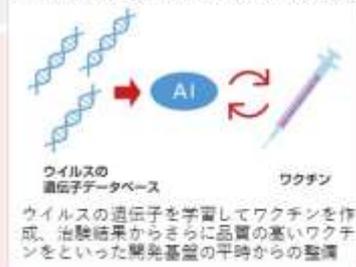
ノイズが多い場合の機械学習手法や、量子計算シミュレーションが活用できない場合のシミュレーション技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

**分子などの設計のためのAI**

生体分子を扱う領域の設計に際しては、現状は分子構造を「Transformer」などの大規模言語モデルを活用して、文字列として扱っている。分子構造自体を扱えるなど、データ駆動型の研究開発の基盤となるAI技術を開発する。

## ウイルス遺伝子を学習してワクチン開発



パンデミックという今、人類が共通して抱えている社会課題について、AI技術がどのように応えていくかという点については、委員会の初期の段階から議論として取り上げられた。今後我々が未知の感染症とどのように対峙していくか、日本がいち早く治療薬（抗体医薬）を開発できるかどうかという議論の中で、バイオ医薬品の開発に求められるAI技術の研究について提案がなされた。

創薬分野におけるAI活用は進んでいるが、バイオ医薬品開発における実用的なAI導入はまだ大きくは進んでおらず、AIを用いた開発手法の確立や開発体制の実現が、新興感染症に遅れを取らない日本という次なる目標を達成するには重要であることが議論された。

具体的にはバイオ分野のデータ特有の問題として挙げられる、ノイズの多さやデータ数の少なさに起因し、高精度なシミュレーションが実施できないという点へ、機械学習の技術を組み合わせて対策していくための手法確立が研究対象として挙げられた。現状、生体分子を文字列として扱い、高精度な機械学習モデルとして知られる「Transformer」をベースにしたAI導入が研究レベルで盛んに行われているが、その上でバイオ分野の開発に特化したAI技術の開発やプラットフォーム化などの議論がなされた。

さらには、バイオに限定せず、インフォマティクス化したものづくりに汎用的な貢献ができるAIの開発も重要であるとされた。

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 宅配、拠点内の物流の自動化

物流拠点から配送先への荷物の配送、あるいは商業施設や病院といった建物内の物資の輸送を自動化。

## 社会像に向けた取り組み

## 自律駆動する配送ロボットなど、AGVの実用化

歩道やビルの廊下、エレベータなど、複雑な環境に対応できるAGV (Automatic Guided Vehicle) の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

## 多様な環境認識技術の開発と精度の向上

画像だけでなく、音や路面状況（車輪の振動）など、多様なモダリティを統合した環境認識技術の開発。それと同時に、例えば静止画の集合ではなく動画を動画として認識する手法の確立など、個々のモダリティも、より効率的・高精度に解析できる技術を開発する。

多様な認識技術の開発と個々の精度向上  
静止画の集合として認識

動画として認識

認識技術の精度向上に際して、例えば動画認識の場合、静止画のかたまりとしてではなく、動画そのものとして認識するなど、新たな手法を開発する

“Society 5.0”において、フィジカル空間における交通や物流の担い手として期待されている自律駆動する配送ロボットや無人搬送車（AGV：Automatic Guided Vehicle）は、実用化へ向けて様々な研究が進んでいる。実用化に向けては環境側の整備についても多くの問題を持っているが、移動主体側における動画センサを活用した空間や対象物の認識、およびそれを踏まえた行動制御についても課題が挙げられた。

何がどう行き交うか予測が難しい屋外環境に比べ、環境が整備しやすい屋内での配送ロボットやAGVの実用化を想定するとしても、動画像の画像認識技術の一層の精度向上、また未知の対象物をどのように認知し、行動制御につなげるかといった実用化へ向けたAI技術開発が必要であることが議論された。

具体的には、動画データという非常に量の大きなデータの取り扱いについて、限られたエッジ側の性能内でそれらをより効率的に扱い解析できる技術、あるいは精度の向上という観点では、動画を静止画の集合ではなく動画そのものとして（背景と、動く対象とを個別に）認識する技術の開発などが提案された。

さらには、現状の実証実験においては、突然あらわれた対象物（屋外であれば自転車や動物など）への対処には課題が多い。このため、動画以外のモダリティ、例えば音や路面状況（車輪の振動）など、多様なモダリティを統合した環境認識技術を開発することで、より安全に活動できるAGVの開発につながるのではないかという議論がなされた。

## 期待される社会像

## 社会実装例

**従来とは異なる個人により最適化されたカリキュラムでの効率的な学習**  
 個々人に、より最適なカリキュラムや学習方法を提示することで、これまで以上に最短での学習を可能にする。

## 社会像に向けた取り組み

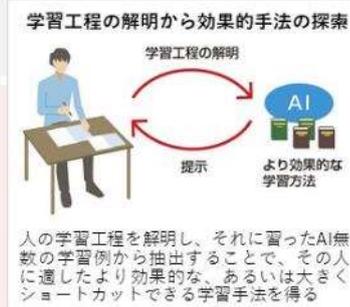
**人が生み出せなかった学習プロセスを解明・提案できるAIの開発**

人の学習状況を把握するだけでなく、学習する工程をAIによって解明。これによって人間には気づけなかった効率的な学習法を探索する。それに加えて、正解と試行とのずれを判定し、フィードバックできるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

**人の学習工程のモデル化、AIによる学習支援**

個人が学習する（あるいは失敗する）工程そのものをAIで把握してモデル化。学習の過程を解明するとともに、そのモデルでより効率的に学習できるであろう工程を探索して、提示できる技術を開発する。



「AIと共生し、一人ひとりがより良く生きる社会」というテーマにおいて、主に教育や人間の学習といった分野では、新しいスキルの習得に貢献できるAIという議論がなされた。そのなかで「人間はどのような過程でスキルを習得するのか」という工程そのものをAIが追体験するように学習し、学習工程自体のモデル化が必要であろうと提案があった。

現状、「正解が明確である問題」に対してAIが解答を示すことはできているが、「AIが人間のスキル獲得を支援する」や「AIと人間が共に学習する」といった将来像を実現するために、今後は“正解か不正解か”を超えて問題解決を考えられる機能を持つAIについての研究は必要であろうという見通しが、委員からは語られた。

まずは人間が行っている低次元な行動スキルの習得過程自体をAIが学習できるようにモデル化する研究をして、そこからより高次元なスキル習得についても扱い、特定のスキルに対して「習得した人間の学習過程」を、これから新たに学習する別の人間に最適化したかたちでの提示を目指す。さらには、人間には気づけなかった、生み出せなかったより効率的な学習プロセスをAIが探索し、発見することへの期待が議論された。その結果、AIと人が相互に教え合い、学習を深めていくような未来像が語られた。

これらの分野については、個々人の学習の進捗状況を把握して、次に学習すべき項目を提示するようなAIはすでに研究されているが、学習工程自体を変えるようなAI技術開発は今後の大きな技術課題となる。

## 期待される社会像

## 社会実装例

### “小さな主治医”としてAIが人間を常時診断し、異変時には人間の医師が“大きな主治医”として診断する医療

対象者個人に最適化された学習モデルを持つAIが医師との介在役となり、健康の維持に貢献する。

## 社会像に向けた取り組み

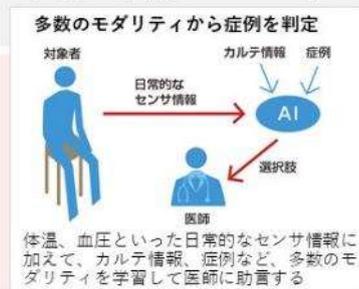
### 病歴その他の背景情報を学習して、医師に選択肢を提示できるAIの開発

医師と合議するための、医療向け語彙を含む高度な自然言語処理技術の開発を背景に、医師に選択肢を提示でき、患者の診断や治療順位を医師に助言、あるいは判定できるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### 多様なセンサ情報などから患者を診断し、医師に選択肢を提示できるAI技術

脈拍や体温、血糖値などといった各種のセンサ情報と、病歴などのカルテ情報、症例といった多様なモダリティを統合して学習・分析して診断し、症状を判定する技術を開発する。



人命に関わるような判断について「人間はAIが下したそれを受容できるのか」という問い掛けに対し、委員会では「最終的な判断は人間が下す」という前提に立って、医療への貢献や健康寿命延伸に必要なAI技術について議論がなされた。

そのなかで「人間の医師と合議でき、治療の選択肢を提示できる」、「人間に負担の少ない方法でセンサ情報を常時取得し、小さな主治医として振る舞う」といったAI技術の必要性が提案された。社会・経済活動の根幹にある健康の維持やウェルビーイング、QOL (Quality of Life) の向上において、人間と役割を分担して活動できるAIが期待される。

開発が必要となる技術としては、医療分野で利用される専門用語などの語彙を含めた文脈を理解し、医師と合議できる高度な自然言語理解の開発が、まず求められる（医師への提案は言語でなくてもよいが、とくに緊急時は医師の言語による指示の理解は必須）。

さらには、人間の状態や行動を把握するための、脈拍や体温、血圧、血糖値、さらには顔色や言葉への反応といったさまざまなモダリティのセンサ情報を統合し、カルテ情報や症例とまとめて、状態を診断・判定できるAI技術の開発が議論された。

現状は特に学習データとなる医療情報について、その取扱いにおける倫理的な課題や、データ蓄積の分散（医療機関、企業、地方自治体などごと）により、AI学習のための基盤整備等も求められる。

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 個人に最適化された医療やリハビリテーション

投薬やリハビリの最適な計画を策定し、より短期での回復や社会復帰を実現。

## 社会像に向けた取り組み

## 個々人に応じた投薬による治療計画や、リハビリテーション計画に向けた学習を可能にするヒューマンデジタルツイン

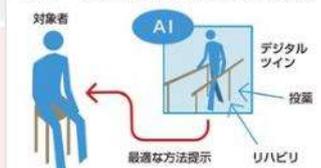
治療・投薬や、個人差が大きいリハビリテーションに際して、一人一人の特徴や症状を「ヒューマンデジタルツイン」として組み込んで作り、それを基に学習を行なう。さらには、得られた知見をハプティクスなどでの確にフィードバックする技術の開発も踏まえ、人間の側もAIとの共進化に向けた行動様式を模索する。

## 取り組むべきAI技術開発

## 人体の個人別モデル化（ヒューマンデジタルツイン）

多様なセンサ情報、カルテなどの医療情報から、人間には知覚不能なモダリティのデータも扱って、症状や回復に向けた方策を学習・シミュレーションするための、高精度なデジタルツインの作成技術を開発する。

## ヒューマンデジタルツインでの試行



その人をモデル化したヒューマンデジタルツインで、実際には不可能な多様な投薬やリハビリを試行して、最適解を得る

病気や怪我などからの社会復帰の最短化は、QOLの向上にとっては重要であり、そのためには個人に最適化した治療やリハビリテーション計画を作成することが必要となる。これには、人体に関するデータや、生活、行動、習慣などを把握できる各種データを用いた個人のデジタルツイン（ヒューマンデジタルツイン）を作成しておくことが、一人ひとりに合った治療やリハビリの進め方を検討する上での大きな手助けとなる。

デジタルツインについては、都市設計や教育（スキル習得）などの分野でも議論の対象となる話題だった。人間のウェルビーイングという目的においては「投薬による治療のシミュレーション」といった例や、リハビリテーションの計画作成および完治までのロードマップを作成することによって、高いモチベーションを保ちながらリハビリへ取り組めるようになることなどが議論された。

またデジタルツインによって、学習工程のモデル化と同様、治療やリハビリにおいて人間の力では発見できなかった「ショートカット方法」が見つけれられるかもしれないということも議論がなされた。リハビリを通じて身体機能を回復させる、ある訓練を継続することで特定のスキルを習得するといった目的に対して、デジタルツインで試行を繰り返すことができれば、個人に最適化した最短ルートを提示できる可能性がある。さらには、人間機能の拡張につながる、まったく新しい方法論がAIによって提案される可能性も議論となった。

### ヒューマン・AIインタラクション

- 人間の五感以外のモダリティによる人間環境の測定とフィードバック
- 人間の運転手と自動運転車など、人とAIとの言語・非言語によるコミュニケーション手法の確立

### データセット、データベース

- 不整合、不完全なデータを扱えるエビデンスベースのデータベース技術
- 都市を構成する人・組織・物流その他のデジタルツイン化に必要な物理データ
- 収集自体が困難なデータの生成（シミュレーション技術活用も含む）に関する研究

### 連合学習関連

- 個人情報など、公開が困難で複数箇所にもたがるデータを学習し、知能側で統合する（連合・分断学習）技術確立
- データフォーマットの統一、相互運用性の確保

### 自動運転関連

- マシンリーダブルな標識など環境側の対応
- スマート標識への劣化状況などをAIの目でメンテナンスできる仕組みづくり

### 人の知性の限界や価値共有

- 人間の知性の限界・認知バイアスを明らかにする研究
- 人間も含めたAI間の認識や価値共有に関する研究

### 安全・安心

- GAN的発想でAIセキュリティを考える技術・構想の発展
- AI技術を用いるシステムの認証機関

### 実験環境の整備

- 誰でもアクセス・実験できる中央実験設備など高スループットな実験がやりやすい設備の検討

AI技術の社会実装について議論が重ねられた中で、今後より議論を深めて行くべき課題として、ここまで列挙したAI技術開発以外にも、多様な分野の取り組みについて、活発な議論が行われた。

ヒューマン・AIインタラクション、または人とAIの間のコミュニケーションという観点では、まず人間の五感以外のモダリティによる人間環境の測定。これによって、人間に意識させずにAIは環境を把握でき、また人間には知覚できないものを知ることもしできる。また、自動運転車が実現した際の、人間の運転手とのコミュニケーション手法、これは言語や単にハザードランプをつけるというものではなく、あ・うんの呼吸での車線変更など、互いの挙動を理解しあって安全な交通を成立させる必要がある。そういった人とAIのコミュニケーションには、議論・研究がさらに必要だとされた。

すべてのAI技術開発において、共通の課題として挙げられる学習データの不足について、それを自動で生成するような取り組みの必要性も委員会において議論がされた。必要な動画や環境データなどを自動で取得しラベリングしてくれるロボットの開発や、災害避難時のシミュレーション、大規模な交通事故の影響予測、または宇宙開発など、必要となる学習データが「そもそも取得が極めて困難」である内容について、しかしそれが社会的に重要な研究分野である場合に、どのようにデータを生成するかを扱う研究の必要性なども提起された。

AIが多方面に実装された社会を想起すると、単一のAIが個別に学習をするだけでなく、AI同士がそれぞれの学習モデルを持ち合い、連合した学習により価値が提供されることは委員会において複数回議論がなされた。この「連合学習」や「分断学習」の技術活用が考えられる適用分野としては、医療データやカルテ情報など、個人情報を含むことで学習のために共有することが困難なデータを、学習モデルレベルで医療機関や自治体を超えて連携し連合学習することで、症状や治療のためのAI学習をデータの秘匿を確保しながら推進できる可能性などが提起された。

自動運転については、状況に応じて人間の判断を仰ぐ半自動運転システムのためのAIや、自動運転車に必要な環境情報をスマート標識などで整備することの重要性、またそれら環境側のメンテナンスを行なうAI技術開発なども議論された。

そして、将来的に人間とロボットが協働できる関係性を構築するために、現状は人間と価値を共有し合うようなタスクをAIが遂行できるわけではないが、処理できるタスクが高度化・複雑化していけば「人間は何を求めるのか」の価値理解がAIに求められる見通しについては、委員の間でも共通の認識とされた。AIと人間、あるいはAI間の価値観の共有も、さまざまな粒度で必要とされた。

また、AIの社会実装を考える上では、その基となるデータの取得や、組織・団体をまたいだデータの連携が不可欠であり、またそのデータから学習したAIをいかに安心・安全に活用していくかにおいては、セキュリティ面への対応も必須である。AIが人間の知性の弱さにつけ込むようなことが生じないように、人間側の限界を明らかにする研究も必要であることが提起された。

AI技術開発そのものの議論に付随して提案されたのは、各種シミュレーションを実施するための「元データ」を生むための実験活動を高スループット（ハイスループット）に実施できるような実験環境の整備について。高精度なデータモデルを作成するうえでも、その大元となる実験データを短い時間で効率よく収集する必要がある、汎用的に対応できる環境で高効率に実験できることが、様々な化学研究の下支えとして大きな意味を持つことが、委員からは国家の取り組みとしても重要であると重ねて指摘があった。

# 用語集

## インフォマティクス

情報学のことだが、AIに関連して言及される場合は「マテリアルズ・インフォマティクス」や「バイオ・インフォマティクス」など、新たな材料などの探索を、膨大なデータを基にした機械学習、それを踏まえた実験と結果のフィードバックといった形で、より高効率で行なうことを指す。

## 演繹（えんえき）と帰納（きのう）

演繹とは、普遍的な原則から個別の事象を推論する手法。帰納はその逆で、さまざまな事象から結論を導き出す手法。

## GAN

GAN（Generative Adversarial Networks）とは、敵対的生成ネットワークとも呼ばれるが、生成と識別の2つのネットワークで構成され、生成側が出力した内容を識別側が判定。識別側は実際のデータと比較して判定するので、生成側は識別側が判定できないくらい実際のデータに近いものを出力しようと学習していく。

## 機械学習

コンピュータプログラムが訓練データもしくは学習データから学習して、実施するタスクの性能が改善されるものを、機械学習と呼ぶ。例題をもとに学ぶ「教師あり学習」と、例題のない「教師なし学習」、そして強化学習の大きく3つに分類される。

## 強化学習

機械学習の課題設定の一種で、環境中で報酬（罰も含む）を得ながら試行錯誤を繰り返すことを通じて、未来にわたる報酬の期待値を最大化するような行動戦略を学習する課題。例えば、掃除などの作業が素早く終わるように、試行錯誤しながら適切な動き方を学ぶこと。

## 高スループット（ハイスループット）

ロボットを用いて自動的に実験を行なうなど、人の手による職人技ではなく、AIやロボットを活用して多数の材料の探索を効率よく行なうことを、ハイスループットスクリーニングという。

## System1、System2

→2階建て脳を参照。

### シミュレーション

対象となる何かの動きを真似て試行すること。実際の何かの動きにどれくらい似せられるかによってその精度は異なるが、数学的なモデルに置き換えて試行することで、よりリアルな結果を出せたり、あるいは実現不可能なシチュエーション（大規模災害を発生させてみるなど）でも試行してみることができる。シミュレーションには、例えば避難する人など、1つ1つのエージェントが自律的に動作し、それら全体での最適な避難経路を試行するマルチエージェント、あるいは対象物をメッシュ（網の目）状の単純な領域に分割し、それぞれの領域ごとに計算する有限要素法など、さまざまな手法がある。

### スモールデータでの学習

少ない量のデータ（スモールデータ）から複雑な課題を学習すること。課題についての事前知識や、類似した課題の学習結果を利用する。

### 世界モデル

周辺の環境（すなわち世界）のモデルを、限られた学習データからの学習によって構築すること。世界モデルを獲得すると、例えば観測できない／していない視点からの画像を予測できるなど、フレーム問題の解決につながると期待されている。

### セル生産方式

限られた工程を行なう多くの人やロボットをベルトコンベヤに並べ、流れ作業で大規模かつ大量に生産するライン生産方式とは異なり、1人か少数のチームで、ほぼすべての生産工程を担当する生産方式。多様な製品の生産への対応が可能。

### DX（デジタルトランスフォーメーション）

企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。

### DNN（Deep Neural Network）

ディープ（深層）ニューラルネットワークとも呼ばれるが、4層以上の多くの層で構成されるニューラルネットワーク（神経系を模したネットワーク構造で情報を処理するモデル）。ディープラーニングの基礎となる技術。

## ディープラーニング（深層学習）

層の数が多（深い）ニューラルネットワークを用いた機械学習手法。層の間のニューロンの結合の強さなどのパラメータの値を学習用のデータを使って調整し、望ましい振る舞い（入出力関係や情報の確率分布）を獲得させる。隠れ層に階層的な特徴表現を獲得することによって、一般物体認識などの課題で従来手法を大きく上回る性能を達成したため、研究や応用が進められている。

## デジタルツイン

デジタルの双子（ツイン）のように、コンピュータの内部やサイバー空間の中に、実際の人やモノなどを再現する取り組み。データだけでなく、その振る舞いも実際と同様にシミュレートすることで、仮想的にいろいろな検証や実験などを試すことができる。

## データ駆動型

データドリブンとも呼ばれるが、経験や勘、人間の感性ではなく、データとアルゴリズムに従って物事を進める考え方。

## データセット

AIが学習するための、サンプルの集合。データセットの内容や規模がAIの学習精度を大きく左右する。

## 2階建て脳

人間の脳を、直感のように素早く動物的な思考をする1階部分と、理性的にじっくり考える言語的な思考をする2階部分の、2階建てとして捉える考え方。各階をSystem1、System2と呼んだり、動物OSと言語アプリに分類したりと分類の仕方にもいくつかの種類があって、それぞれ定義も異なるが、AIの高度化に向けて概ね2つの階層で考えることでは一致している。

## ハプティクス

触覚提示技術のことで、ゲーム機のコントローラが、レースゲームで障害物にぶつかるように振動するように、振動や力を加えることによる触覚で、利用者に情報を伝える技術。

## フィードバック

機械の制御などにおいて、出力された結果を入力側に戻すこと。これによって、例えば入力としてモータを駆動した結果、出力として歯車が何回転したかによって、モータをあとどのくらい駆動すればいいのかが制御できる。

### マシンリーダーブル

この場合のマシンはコンピュータを意味しており、コンピュータが読み取れる、理解できるような形でデータやコンテンツを記述すること。

### マルチモーダル

画像（視覚）、音声（聴覚）、テキスト（言語）などの異なる種類（モダリティ）の情報を含んでいること。例えば、映画はマルチモーダルな情報である。

### メタ認知

自分の認知やその過程を客観視する能力。対象物がどういうものかを判断した際、それがどれくらい確からしいかを客観的に評価することで、AIのより効率的な学習へつながることが期待されている。

### レジリエンス

復元力や弾性を表す言葉で、個人では挫折や失望からの回復といった意味でも使われるが、ここでは災害に対する都市や企業の強靭さ・ねばり強さ、人的・経済的被害を最小限に抑える仕組みなどを指す。

# 人工知能（AI）技術分野における 大局的な研究開発のアクションプラン （AIアクションプラン）

2021年6月14日

# 「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」について



## 我が国の社会課題の解決に資する人工知能技術開発の方向性を提起

- 政府は2017年に「人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップ」で、AIの研究開発から実装まで、取り組むべき重点分野を取りまとめて以降、2019年の「AI戦略2019」では実行すべき施策を示し、また科学技術・イノベーション基本計画や統合イノベーション戦略でもAIに多数言及しており、AIの研究・実装を積極的に推進している。
- その一方で、海外では、アメリカは2026年までに320億ドル（約3兆5,000億円）を各分野のAI技術開発に投じ、中国も最新の5カ年計画に向けて新世代のAI開発を標榜。GAFA（Google、Amazon、Facebook、Apple）は画像認識や自然言語処理などに持てる膨大なデータと巨費を投じており、各国政府や巨大企業がこれまで以上にAIに注力している。加えて、中国はAI関連技術に輸出制限を課し、EUはAIの利用についての包括的な規制案を発表するなど、規制・管理面の取り組みも活発化している。
- 我が国においては、デジタル庁の創設をはじめ、自動運転や企業におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）に関わる分野などにおいてAIの実装が進んでいる。
- こうした情勢を踏まえ、NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、新たなAI技術戦略の策定およびプロジェクトの早期開始に向けて、日本がAI分野で世界をリードしていくためのアクションが必要であると考え、AI技術やAIに密接に関係する技術、さらにAIを含む新技術に関する開発の方向性などを大局的に検討・整理した「人工知能（AI）技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」（以下、AIアクションプラン）を策定・公表した。

## AIアクションプランとして、12の取り組むべきAI技術開発を抽出

- AIアクションプラン策定委員会（委員会）では、「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」、「人工知能技術戦略」、「科学技術・イノベーション基本計画」や文部科学省による「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」をはじめとする各省庁の将来予測調査に加えて、20の分野における、将来期待される社会像とそれにむけた取り組み、またAI技術の関わりを整理し、議論した。
- 各分野における取り組みについて、委員会では今後10年程度の期間を見据えて、我が国における社会的意義や経済的なインパクトを加味し、またすでに民間企業が十分な実績を上げていたり、基礎研究としてさらなる時間を要したりするものではなく、社会実装に向けた施策が必要な課題を重視し、その詳細を検討する議論を重ねた。
- その結果、AIを積極的に活用すべき分野として、農業などの第一次産業も含めた「ものづくり（生産）」、「生活・都市」、「モビリティ」、「教育」、「健康（ウェルビーイング）」などを掲げ、「期待される社会像」を描いた上で「社会像に向けた取り組み」を整理し、期待される社会像に向けて12の「取り組むべきAI技術開発」を抽出したのが、AIアクションプランである。
- 委員からも、AIアクションプラン策定後、これらがどのように実行されていくかが最も重要という指摘があったように、NEDOは、今後、ここから他分野への展開も含めて取り組む事業を選定し、事業化に向けた検討を進めていく。今後のプロジェクト化や実装においては、多様な分野への発展が期待できる。

## AI技術および関連分野における有識者が委員に就任

- 委員長：** 中島 秀之 公立大学法人札幌市立大学 学長
- 委員：** 稲見 昌彦 国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授
- 牛久 祥孝 株式会社Ridge-i 取締役 Chief Research Officer  
オムロンサイニックエックス株式会社 Principal Investigator
- 川上 登福 株式会社経営共創基盤 共同経営者（パートナー） マネージングディレクター
- 松尾 豊 国立大学法人東京大学 教授
- 丸山 宏 花王株式会社 エグゼクティブ・フェロー  
国立大学法人東京大学 人工物工学研究センター特任教授  
株式会社Preferred Networks PFNフェロー
- 村川 正宏 国立研究開発法人産業技術総合研究所 情報・人間工学領域  
人工知能研究センター 副研究センター長  
（兼務）人工知能研究戦略部研究企画室長
- （委員は五十音順、敬称略）

**事務局：** 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）ロボット・AI部  
株式会社角川アスキー総合研究所

**開催実績：** 第1回 2月9日      第2回 2月26日      第3回 3月30日  
第4回 4月27日      第5回 5月18日      第6回 6月1日

※計6回の委員会以外にも、委員長および各委員との個別会合を複数回実施

# 人とAIの共進化に向けた今後10年間のAIアクションプラン



AIの技術開発の方向性

深層学習

シミュレーション

部分最適化

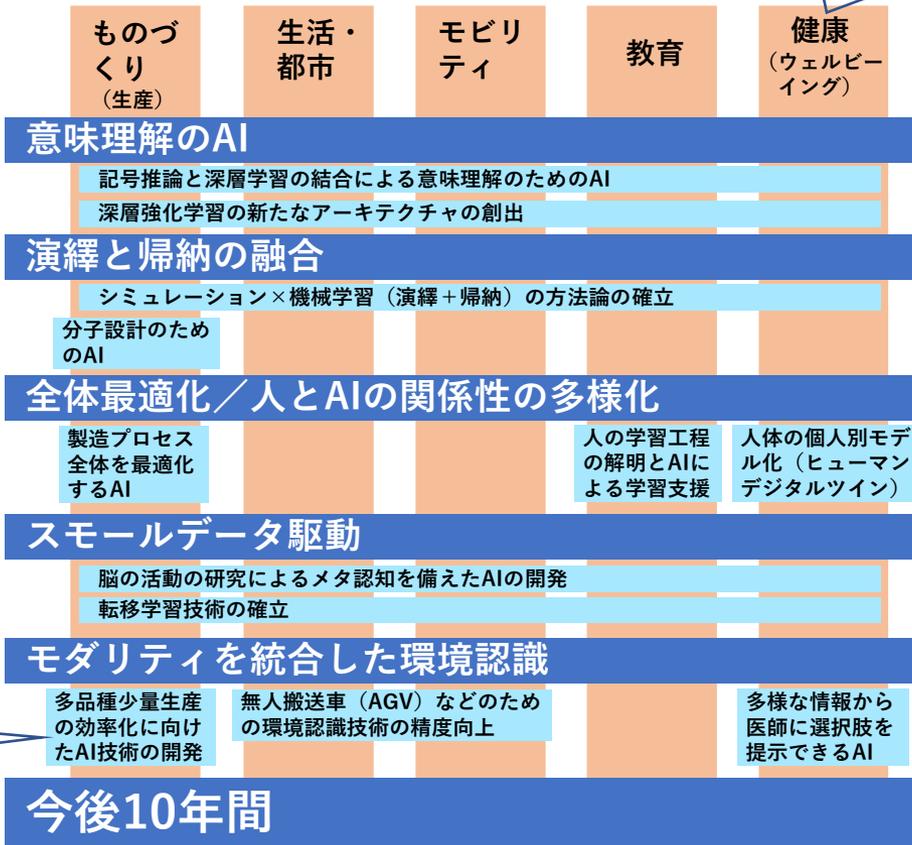
ビッグデータ依存

画像・音声など、個別の認識精度の向上

これまで

取り組むべきAI技術開発

AIを積極的に活用すべき分野



AIを使うだけでなく、人とAIの共進化に向けて、取り組むべきAI技術の課題をAIアクションプランとして選定した。次ページ以降、個々の「取り組むべきAI技術開発」と、その社会実装例としての「期待される社会像」、「社会像に向けた取り組み」を解説する。

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 人間とAIが、言語でより高度なコミュニケーションを取れる

AIによる環境認識（身体性を含む）と言語理解の向上によって、より高度で自然なコミュニケーションがとれるようになる。

## 社会像に向けた取り組み

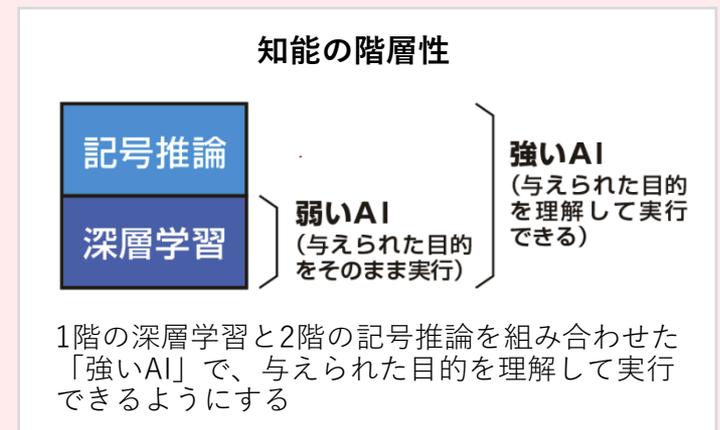
### 日本の強みを活かしたAI技術の開発

ロボット技術や、人工知能を目指した第五世代コンピュータ（1982年～1992年）プロジェクトの記号推論に関する技術蓄積を活用するなど、他国とは異なるアプローチで、我が国の強みを活かしたAI技術を創出する。

## 取り組むべきAI技術開発

### 意味理解のためのAI（2階建て脳）

1階部分の深層学習と2階部分の記号推論システムの結合。あるいは従来型システムで、深層ニューラルネットワーク（DNN：Deep Neural Network）上に記号推論システムを実現。記号処理で人間の意図や価値を理解して、深層学習を方向付ける手法を開発する。



# 深層強化学習の新たなアーキテクチャの創出

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 既存のAIが抱える課題を解決して社会の利便性を向上

新たなAIアーキテクチャによって自然言語処理を高精度化することで、名前を置き換えたり、辞書を引いて回答するといったような、既存のAIが不得意な言語処理が可能になるなど、さまざまな利便性を向上させる。

## 社会像に向けた取り組み

### 画像あるいは世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出すAIの開発

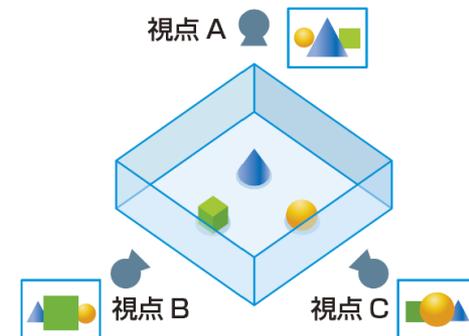
言語から画像あるいは実世界に紐づく世界モデルを生成し、それに基づいて答えを出力するAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### 時間方向に広がりをもった時空間の情報に関して適切な特徴量を抽出する深層強化学習

時空間の特徴量を自己教師あり学習で適切に取得することができ、フィードバックループを仮定した行動の学習ができる深層強化学習を開発する。

#### 世界モデルで他視点の画像の予測が可能



画像認識の例として、図の視点A、Bからの画像を多数学習して「世界モデル」を獲得すると、視点Cからの見え方を予測できる

# シミュレーション×機械学習（演繹+帰納）の方法論の確立



## 期待される社会像

## 社会実装例

### 効率的なシミュレーションによる材料探索・創薬、自動運転などの推進

機械学習を組み合わせたシミュレーションの分野・手法を整理・開発して多分野に展開し、上記分野などの技術開発を加速する。

## 社会像に向けた取り組み

### 分野と方法論の組み合わせを整理し、他分野への適用を図る

人間の知識に基づく演繹（前向き推論）と、データに基づく帰納（後ろ向き推論）を組み合わせ、双方のメリットを持つ予測・推論手法を開発。気象予測におけるデータ同化など、現状はいくつかの分野において個別に試みられているシミュレータ×機械学習の手法を整理し、総合的に開発。まだ着手されていない分野・手法を同定し、開発した手法をそこに適用していく。

## 取り組むべきAI技術開発

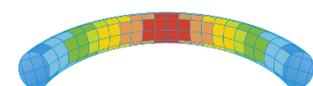
### 演繹と帰納、双方向の推論による手法を開発

演繹的手法としては、シミュレータを用いて機械学習の訓練データを生成。データが得られにくい事象をカバー。帰納的手法としては、機械学習を用いてシミュレータのパラメータを調整（データ同化）、高速化する。

様々なシミュレーション手法  
マルチエージェント



有限要素法



多数の要素を実際に動かしてみるマルチエージェント、メッシュに分解して個々の状態を見る有限要素法など、様々な手法がある

# 脳の活動の研究によるメタ認知を備えたAIの開発

## 期待される社会像

## 社会実装例

**熟練工や伝統的な匠の職人技を、AIによって他者に短時間で学習させることによるものづくりの継承**

継承が困難なスキルを、AIを介して短期間で学習することで次代に残す。

## 社会像に向けた取り組み

**熟達者の脳の活動パターンやスキルに関わる神経活動を効率的に学習できるAIの開発**

熟達者の脳の活動パターンを、AIで効率的に学習。学ぶ初心者の神経活動を熟達者のそれを再現するよう同調させることで、より短時間での習熟につなげる。

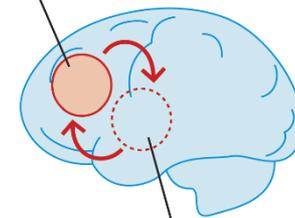
## 取り組むべきAI技術開発

**メタ認知機能による少数サンプルでの学習**

人間の脳では大脳基底核が強化学習を、背外側前頭前野がメタ認知を司っており、そのメタ認知によって複雑な問題を単純化して効率的な学習を行っている。この構造に習い、メタ認知機能を備えて少数サンプルでの効率的な学習が可能なAIアーキテクチャを開発する。

### 脳の活動を模したAI技術の開発

背外側前頭前野（メタ認知）



大脳基底核（強化学習）

脳は背外側前頭前野（メタ認知）と大脳基底核（強化学習）のやり取りで効率的に学習しており、これを模したAIで少数サンプルでの学習を可能にする

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 新たな材料開発によるカーボンニュートラルへの貢献

AIによる材料探索によって、低コスト高効率な新たな材料を開発し、クリーンエネルギーの普及を図る。

## 社会像に向けた取り組み

### より高効率な太陽光発電やバッテリーなどの開発に向けたAIによる材料探索技術の開発

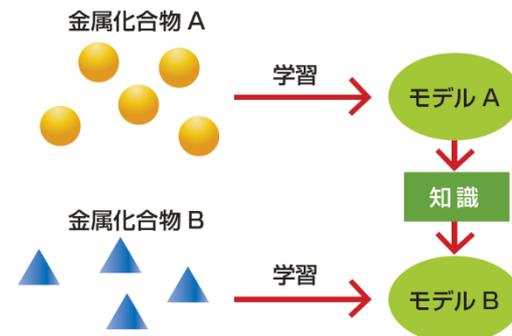
有機化学やバイオの材料開発の手法ではうまくいかない重い原子を扱える、相対論的な効果も踏まえたAIによる材料探索技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### スモールデータを的確に扱える転移学習技術

少ない試行回数しか得られない実験データ、あるいは人口の少ない地域の風習など、スモールデータからの学習に際して、類似する他のデータの学習で得られた知識を転用することで、精度良く学習できる転移学習技術を開発する。

#### スモールデータに転移学習で対応



例えば目的とする金属加工物の実験データが少なくとも、違う加工物を学習した知識を転移することで、効果的な対応が可能

# 製造プロセス全体を最適化するAI

## 期待される社会像

## 社会実装例

### AIを活用したプロセス最適化による産業競争力の向上

材料・設計探索から製造プロセス全体をデータ駆動型として最適化。製品開発の効率化と産業競争力向上を図る。

## 社会像に向けた取り組み

### 無機化学の領域で活用できる共通基盤としてのAI技術開発

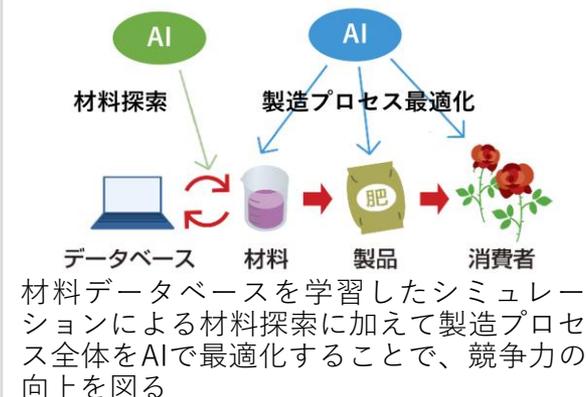
有機化学や創薬ではAIはすでにより活用されているが、無機化学などでも同様に材料探索に活用できるAIを開発。材料探索の際、最終製品を踏まえた評価が必要となるため、材料探索だけでなくプロセス全体をAIによって最適化する。

## 取り組むべきAI技術開発

### 材料探索に加えて製造プロセス全体を最適化するAI

材料探索へのAI活用に加えて、需要の変化が生産、ひいては設計や材料探索に反映されるまでのリードタイムを最小化するとともに、プロセス全体をコスト・品質・環境負荷・レジリエンス（復元力）など、多目的に最適化するAI共通基盤を開発する。

#### 材料探索とプロセス全体をAIで最適化



# 多品種少量生産の効率化に向けたAI技術の開発

## 期待される社会像

## 社会実装例

### 機械化・AI化されていない生産現場へのAI導入による生産性向上

高速・高信頼なロボットによる大規模で効率的なライン生産の維持・発展と並行して、人手によるセル生産が主体の多品種少量生産においても、AI・ロボットの導入によって生産性を向上させる。

## 社会像に向けた取り組み

### AI・ロボットによるデータ駆動型の生産工程の確立

画像データを蓄積していくことで作業工程のミスを減らし、歩留まりの向上を図る、またデータに基づいて故障する部品を予測するといった、データ駆動型の生産工程手法の確立。

## 取り組むべきAI技術開発

### 複数のモダリティを統合した環境認識による多品種少量生産工程のチェック

組み立て手順の確認や検品に際して、画像だけでなく音波などの多様なモダリティを統合して認識し、生産工程を適切にチェックできるAI技術を開発する。

#### セル生産においてもAIで生産性向上

補助ロボット

画像認識 AI



多品種少量生産に適した工程チェックや検品用の画像認識ほかの環境認識技術、多様な生産物に対応可能なロボットを制御するAI技術の開発で、セル生産も省力化できる

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 新たな感染症に対応できるバイオ医薬品の迅速な開発プラットフォーム

生体分子設計などの分野において、開発プラットフォームの整備によって新規の感染症に対するワクチンやバイオ医薬品開発の迅速化。

## 社会像に向けた取り組み

## 多ノイズでデータが少ないなど、機械学習や高精度なシミュレーションが難しい分野での開発基盤整備

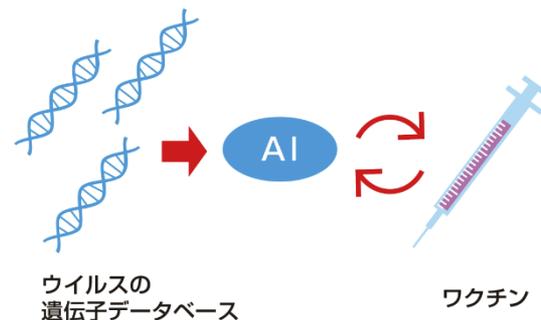
ノイズが多い場合の機械学習手法や、量子計算シミュレーションが活用できない場合のシミュレーション技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

## 分子などの設計のためのAI

生体分子を扱う領域の設計に際しては、現状は分子構造を「Transformer」などの大規模言語モデルを活用して、文字列として扱っている。分子構造自体を扱えるなど、データ駆動型の研究開発の基盤となるAI技術を開発する。

## ウイルス遺伝子を学習してワクチン開発



ウイルスの遺伝子を学習してワクチンを作成、治験結果からさらに品質の高いワクチンをとった開発基盤の平時からの整備

# 無人搬送車 (AGV) などのための環境認識技術の精度向上

期待される社会像

社会実装例

## 宅配、拠点内の物流の自動化

物流拠点から配送先への荷物の配送、あるいは商業施設や病院といった建物内の物資の輸送を自動化。

社会像に向けた取り組み

## 自律駆動する配送ロボットなど、AGVの実用化

歩道やビルの廊下、エレベータなど、複雑な環境に対応できるAGV (Automatic Guided Vehicle) の開発。

取り組むべきAI技術開発

## 多様な環境認識技術の開発と精度の向上

画像だけでなく、音や路面状況（車輪の振動）など、多様なモダリティを統合した環境認識技術の開発。それと同時に、例えば静止画の集合ではなく動画を動画として認識する手法の確立など、個々のモダリティも、より効率的・高精度に解析できる技術を開発する。

多様な認識技術の開発と個々の精度向上

静止画の集合として認識



動画として認識

認識技術の精度向上に際して、例えば動画認識の場合、静止画のかたまりとしてではなく、動画そのものとして認識するなど、新たな手法を開発する

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 従来とは異なる個人により最適化されたカリキュラムでの効率的な学習

個々人に、より最適なカリキュラムや学習方法を提示することで、これまで以上に最短での学習を可能にする。

## 社会像に向けた取り組み

## 人が生み出せなかった学習プロセスを解明・提案できるAIの開発

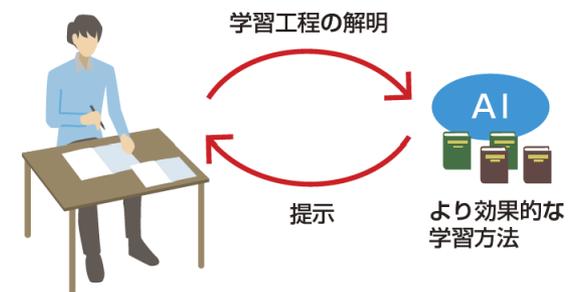
人の学習状況を把握するだけでなく、学習する工程をAIによって解明。これによって人間には気づけなかった効率的な学習法を探索する。それに加えて、正解と試行とのずれを判定し、フィードバックできるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

## 人の学習工程のモデル化、AIによる学習支援

個人が学習する（あるいは失敗する）工程そのものをAIで把握してモデル化。学習の過程を解明するとともに、そのモデルでより効率的に学習できるであろう工程を探索して、提示できる技術を開発する。

## 学習工程の解明から効果的手法の探索



人の学習工程を解明し、それに習ったAI無数の学習例から抽出することで、その人に適したより効果的な、あるいは大きくショートカットできる学習手法を得る

# 多様な情報から医師に選択肢を提示できるAI

## 期待される社会像

## 社会実装例

“小さな主治医”としてAIが人間を常時診断し、異変時には人間の医師が“大きな主治医”として診断する医療

対象者個人に最適化された学習モデルを持つAIが医師との介在役となり、健康の維持に貢献する。

## 社会像に向けた取り組み

### 病歴その他の背景情報を学習して、医師に選択肢を提示できるAIの開発

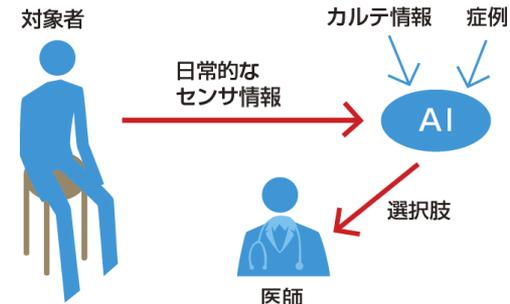
医師と合議するための、医療向け語彙を含む高度な自然言語処理技術の開発を背景に、医師に選択肢を提示でき、患者の診断や治療順位を医師に助言、あるいは判定できるAI技術の開発。

## 取り組むべきAI技術開発

### 多様なセンサ情報などから患者を診断し、医師に選択肢を提示できるAI技術

脈拍や体温、血糖値などといった各種のセンサ情報と、病歴などのカルテ情報、症例といった多様なモダリティを統合して学習・分析して診断し、症状を判定する技術を開発する。

#### 多数のモダリティから症例を判定



体温、血圧といった日常的なセンサ情報に加えて、カルテ情報、症例など、多数のモダリティを学習して医師に助言する

## 期待される社会像

## 社会実装例

## 個人に最適化された医療やリハビリテーション

投薬やリハビリの最適な計画を策定し、より短期での回復や社会復帰を実現。

## 社会像に向けた取り組み

## 個々人に応じた投薬による治療計画や、リハビリテーション計画に向けた学習を可能にするヒューマンデジタルツイン

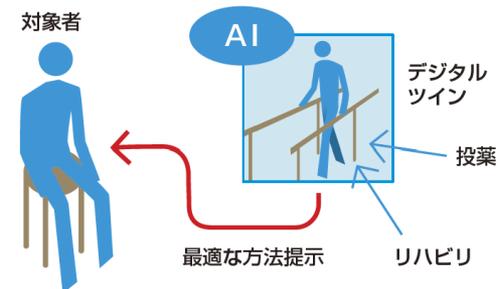
治療・投薬や、個人差が大きいリハビリテーションに際して、一人一人の特徴や症状を「ヒューマンデジタルツイン」として組み込んで作り、それを基に学習を行なう。さらには、得られた知見をハプティクスなどでの確にフィードバックする技術の開発も踏まえ、人間の側もAIとの共進化に向けた行動様式を模索する。

## 取り組むべきAI技術開発

## 人体の個人別モデル化（ヒューマンデジタルツイン）

多様なセンサ情報、カルテなどの医療情報から、人間には知覚不能なモダリティのデータも扱って、症状や回復に向けた方策を学習・シミュレーションするための、高精度なデジタルツインの作成技術を開発する。

## ヒューマンデジタルツインでの試行



その人をモデル化したヒューマンデジタルツインで、実際には不可能な多様な投薬やリハビリを試行して、最適解を得る

## ヒューマン・AIインタラクション

- 人間の五感以外のモダリティによる人間環境の測定とフィードバック
- 人間の運転手と自動運転車など、人とAIとの言語・非言語によるコミュニケーション手法の確立

## データセット、データベース

- 不整合、不完全なデータを扱えるエビデンスベースのデータベース技術
- 都市を構成する人・組織・物流その他のデジタルツイン化に必要な物理データ
- 収集自体が困難なデータの生成（シミュレーション技術活用も含む）に関する研究

## 連合学習関連

- 個人情報など、公開が困難で複数箇所にまたがるデータを学習し、知能側で統合する（連合・分断学習）技術確立
- データフォーマットの統一、相互運用性の確保

## 自動運転関連

- マシンリーダブルな標識など環境側の対応
- スマート標識への劣化状況などをAIの目でメンテナンスできる仕組みづくり

## 人の知性の限界や価値共有

- 人間の知性の限界・認知バイアスを明らかにする研究
- 人間も含めたAI間の認識や価値共有に関する研究

## 安全・安心

- GAN的発想でAIセキュリティを考える技術・構想の発展
- AI技術を用いるシステムの認証機関

## 実験環境の整備

- 誰でもアクセス・実験できる中央実験設備など高スループットな実験がしやすい設備の検討

## インフォマティクス

情報学のことだが、AIに関連して言及される場合は「マテリアルズ・インフォマティクス」や「バイオ・インフォマティクス」など、新たな材料などの探索を、膨大なデータを基にした機械学習、それを踏まえた実験と結果のフィードバックといった形で、より高効率で行なうことを指す。

## 演繹（えんえき）と帰納（きのう）

演繹とは、普遍的な原則から個別の事象を推論する手法。帰納はその逆で、さまざまな事象から結論を導き出す手法。

## GAN

GAN (Generative Adversarial Networks) とは、敵対的生成ネットワークとも呼ばれるが、生成と識別の2つのネットワークで構成され、生成側が出力した内容を識別側が判定。識別側は実際のデータと比較して判定するので、生成側は識別側が判定できないくらい実際のデータに近いものを出力しようと学習していく。

## 機械学習

コンピュータプログラムが訓練データもしくは学習データから学習して、実施するタスクの性能が改善されるものを、機械学習と呼ぶ。例題をもとに学ぶ「教師あり学習」と、例題のない「教師なし学習」、そして強化学習の大きく3つに分類される。

## 強化学習

機械学習の課題設定の一種で、環境中で報酬（罰も含む）を得ながら試行錯誤を繰り返すことを通じて、未来にわたる報酬の期待値を最大化するような行動戦略を学習する課題。例えば、掃除などの作業が素早く終わるように、試行錯誤しながら適切な動き方を学ぶこと。

## 高スループット（ハイスループット）

ロボットを用いて自動的に実験を行なうなど、人の手による職人技ではなく、AIやロボットを活用して多数の材料の探索を効率よく行なうことを、ハイスループットスクリーニングという。

## シミュレーション

対象となる何かの動きを真似て試行すること。実際の何かの動きにどれくらい似せられるかによってその精度は異なるが、数学的なモデルに置き換えて試行することで、よりリアルな結果を出せたり、あるいは実現不可能なシチュエーション（大規模災害を発生させてみるなど）でも試行してみることができる。シミュレーションには、例えば避難する人など、1つ1つのエージェントが自律的に動作し、それら全体での最適な避難経路を試行するマルチエージェント、あるいは対象物をメッシュ（網の目）状の単純な領域に分割して、それぞれの領域ごとに計算する有限要素法など、さまざまな手法がある。

## スモールデータでの学習

少ない量のデータ（スモールデータ）から複雑な課題を学習すること。課題についての事前知識や、類似した課題の学習結果を利用する。

## 世界モデル

周辺環境（すなわち世界）のモデルを、限られた学習データからの学習によって構築すること。世界モデルを獲得すると、例えば観測できない／していない視点からの画像を予測できるなど、フレーム問題の解決につながると期待されている。

## セル生産方式

限られた工程を行なう多くの人やロボットをベルトコンベヤに並べ、流れ作業で大規模かつ大量に生産するライン生産方式とは異なり、1人が少数のチームで、ほぼすべての生産工程を担当する生産方式。多様な製品の生産への対応が可能。

## DX（デジタルトランスフォーメーション）

企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること。

## DNN（Deep Neural Network）

ディープ（深層）ニューラルネットワークとも呼ばれるが、4層以上の多くの層で構成されるニューラルネットワーク（神経系を模したネットワーク構造で情報を処理するモデル）。ディープラーニングの基礎となる技術。

## ディープラーニング（深層学習）

層の数が多い（深い）ニューラルネットワークを用いた機械学習手法。層の間のニューロンの結合の強さなどのパラメータの値を学習用のデータを使って調整し、望ましい振る舞い（入出力関係や情報の確率分布）を獲得させる。隠れ層に階層的な特徴表現を獲得することによって、一般物体認識などの課題で従来手法を大きく上回る性能を達成したため、研究や応用が進められている。

## デジタルツイン

デジタルの双子（ツイン）のように、コンピュータの内部やサイバー空間の中に、実際の人やモノなどを再現する取り組み。データだけでなく、その振る舞いも実際と同様にシミュレートすることで、仮想的にいろいろな検証や実験などを試すことができる。

## データ駆動型

データドリブンとも呼ばれるが、経験や勘、人間の感性ではなく、データとアルゴリズムに従って物事を進める考え方。

## データセット

AIが学習するための、サンプルの集合。データセットの内容や規模がAIの学習精度を大きく左右する。

## 2階建て脳

人間の脳を、直感のように素早く動物的な思考をする1階部分と、理性的にじっくり考える言語的な思考をする2階部分の、2階建てとして捉える考え方。各階をSystem1、System2と呼んだり、動物OSと言語アプリに分類したりと分類の仕方にもいくつかの種類があって、それぞれ定義も異なるが、AIの高度化に向けて概ね2つの階層で考えることでは一致している。

## ハプティクス

触覚提示技術のことで、ゲーム機のコントローラが、レースゲームで障害物にぶつくと振動するように、振動や力を加えることによる触覚で、利用者に情報を伝える技術。

## フィードバック

機械の制御などにおいて、出力された結果を入力側に戻すこと。これによって、例えば入力としてモータを駆動した結果、出力として歯車が何回転したかによって、モータをあとどのくらい駆動すればいいのかが制御できる。

## マシンリーダブル

この場合のマシンはコンピュータを意味しており、コンピュータが読み取れる、理解できるような形でデータやコンテンツを記述すること。

## マルチモーダル

画像（視覚）、音声（聴覚）、テキスト（言語）などの異なる種類（モダリティ）の情報を含んでいること。例えば、映画はマルチモーダルな情報である。

## メタ認知

自分の認知やその過程を客観視する能力。対象物がどういうものを判断した際、それがどれくらい確からしいかを客観的に評価することで、AIのより効率的な学習へつながることが期待されている。

## レジリエンス

復元力や弾性を表す言葉で、個人では挫折や失望からの回復といった意味でも使われるが、ここでは災害に対する都市や企業の強靭さ・ねばり強さ、人的・経済的被害を最小限に抑える仕組みなどを指す。

既存将来予測調査と AI の関わりについて  
の文献一覧

株式会社角川アスキー総合研究所



13	国土交通省 政策ベンチャー2030	日本を進化させる生存戦略～都市も、地方も、個人も、組織も課題を直視し、挑戦を続け、失敗から学び進化・適用する社会へ～	2019年7月	<a href="https://www.mlit.go.jp/sogotetsu/point/5case/point_14_000024.html">https://www.mlit.go.jp/sogotetsu/point/5case/point_14_000024.html</a>	有
14	農林水産省 若手有志チーム	この国の食と私たちの仕事の未来地図	2018年4月	<a href="https://www.maff.go.jp/2/p_gai/mbr/attach/pdf/180403-4.pdf">https://www.maff.go.jp/2/p_gai/mbr/attach/pdf/180403-4.pdf</a>	
15	Shell (シェル)	Sky Scenario	2018年3月	<a href="https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenarios-sky.html">https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenarios-sky.html</a>	
16	DHL	Logistics Trend Radar	2020年5月	<a href="https://www.dhl.com/global-en/2020/the-future-of-logistics-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html">https://www.dhl.com/global-en/2020/the-future-of-logistics-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html</a>	
17	欧州安全保障研究所 欧州戦略・政策分析システム (ESPAS)	Global Trends to 2030	2018年4月	<a href="https://ec.europa.eu/assets/aps/pages/apsas/index.html">https://ec.europa.eu/assets/aps/pages/apsas/index.html</a>	
18	日立製作所・京都大学	ビジョンデザイン (Crises 5.0 2050年の社会課題の探求)	2017年	<a href="https://www.hitachi.co.jp/rd/strategy/design/vision_design/4tabar/2050/index.html">https://www.hitachi.co.jp/rd/strategy/design/vision_design/4tabar/2050/index.html</a>	
19	三菱総合研究所	未来社会構想2050	2019年10月	<a href="https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/ocul/20191011.html">https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/ocul/20191011.html</a>	
20	みずほフィナンシャルグループ	2050年のニッポン～課題を乗り越え、輝き続けるために～	2017年12月	<a href="https://www.mizuho.co.jp/Company/act/in/by/ometh/mtank/index.html">https://www.mizuho.co.jp/Company/act/in/by/ometh/mtank/index.html</a>	有

【上記の文科省調査1以降に発表された得未予測調査文献】

No.	実施機関	タイトル	最新発表時期	公開URL	得未社会像の設定
1	経済産業省	産業技術ビジョン2020	2020年5月	<a href="https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200520/19/20200520019.html">https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200520/19/20200520019.html</a>	有
2	環境省 地球環境局	2050年を見据えた地域の特性を生かした地域循環共生圏のあり方に関する検討委託業務 (ポストコンサルティンググループ)	2020年3月	<a href="https://www.env.go.jp/air/16/odm/ha/kyosei/04a_innovation/04a1/network_report_2019_2.pdf">https://www.env.go.jp/air/16/odm/ha/kyosei/04a_innovation/04a1/network_report_2019_2.pdf</a>	有

(掲載されたURLは2021.6.30時点で閲覧できたもの)

13	サーキュラーエコノミー (循環社会) / シェア	(AIとの関わりについて特に言及なし) 資源の循環を実現するリサイクル産業とものづくり産業が一体化し、循環経済の原則は農業から電子部品まで生産と消費のすべてに適用される。	
14	スマートモビリティ社会 (需要地までの移動の確保)	AIを活用した自動運転技術を持つモビリティは公共交通機関の安全性・信頼性を高め、モビリティが個人や社会に合わせる時代となる。また自動運転は過疎地や需要減少した既存の交通手段や施設を代替する役割を担う。	(完全自動運転において事故の責任を取る者は誰か? 問題は、AIが医師に変わって診断を下せるか、という問いに似ているか? ならばフレーム問題の解消やAIの信頼性といった話題が長期的には重要な技術課題?)
15	災害・犯罪・混乱への備え	あらゆる産業においてデジタル技術への依存が不可欠である以上、通信データ・AI・ロボット工学の保護を軸とするサイバーセキュリティは主要な政策的関心事となる。生物多様性の体系的なスキャンおよびその分析から発見された物質より新たな抗生物質が誕生し、伝染病などへの新たな治療法が開発される。	人工知能技術の信頼性確保 (人間が信じられるAI技術の根拠) ・マルチスケールを組み入れた深層学習 (深層学習そのものの数理的な解明)
16	市民主導型の社会課題の解決社会	AIおよびビッグデータ分析は量子コンピューティングなどの技術革新により複雑な事態への予測と管理をシミュレーションし、それらの支援を受けて市民自らが社会の方向性を考えられるようになる。AIは社会のあらゆるレイヤーにおける意思決定を助ける存在であり、想定外は起こり得る前提で長期的視点で対策を考えられる社会を支援する。	・あらゆるレイヤーのあらゆるデータを用いてシミュレーションするAI: モダリティとデータ構造を超えた相互変換 ・人間の主観を排した評価のほうの説明可能性が担保できる: 物理現象をネットワークモデルで表現 ・データの特性や量の大小などに応じて適切な手法でシミュレーションを実現する: RNN、リザバー
17	開発互助による新たな国家関係 (国際協調)	(AIとの関わりについて特に言及なし)	-
18	新産業基盤の発展 (データ、新産業)	人体や思考、時間、空間といった人間を取り巻くあらゆるデータがスキャンされ、進歩したAIの処理能力がそれらデータの可用性を高め、そうした膨大なデータがインターネットへと接続することで、仮想空間は現在とは比較にならないほど豊富な情報から成立する。金融においては完全キャッシュレス化により購買履歴や信用情報などデータ形成がAIによって自動化することで、金融サービスの利便性が格段に向上する。	・新たなAI技術のパラダイム (System 1 & System 2, 二階建て版) や実世界に基づく数理モデルを実問題へ適用し、機械学習手法を応用したデータ駆動科学、高次元科学を創設 ・科学及び工学の進展さらにパラダイムシフトが期待できる
19	モノ・サービスづくりの一体化	完成品を作り出す成熟した3D印刷技術や、製造データの販売・流通が、個人〜企業まで製造業のビジネスモデルを革新する。ナノマテリアルの根本的な進歩により、かつて用いられなかった産業分野においても3D印刷など技術が拡大する。また農村で人間が自ら手を動かすことはなく、プログラミング等スキルを身につけた人間がAIと共にロボットやドローンを遠隔で操作・管理することで、一次産業としての農業が急成長する。	(AI依存度の低い産業にもパラダイムシフトを発生させるという意味では上記18と類似性があるか?)
20	社会の質・価値観の変化 (成熟社会)	AIなど技術が生活や産業の在り方を革新し、社会の姿・仕組みと人の行動様式が大きく変わる。単純労働からの開放、健康寿命の延伸、自由時間の拡大が起こる中、GDPを豊かさの指標とする考え方の転換が図られる。多様な幸福観の形成を支援するデジタル経由の価値の流通システムが登場する。	(価値観や行動様式のシフトという意味ではコロナ禍で浮き彫りになった話題はここに含められる? 2020年6月発表のNEDO資料「コロナ禍後の社会変化と期待されるイノベーション像」には、コロナ禍後のイノベーション像に共通するキーワードとして「リモート、オンライン、分散化、自動化、省人化」が挙げられている)
21	その他	(AIとの関わりについて特に言及なし)	

国内企業における AI 導入動向に関する  
基礎調査 集計表

株式会社角川アスキー総合研究所

[PTable0001]

Q2 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「売上規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

単一回答	%
全体	(393)
1 50億円未満	10.4
2 50億円～100億円未満	9.2
3 100億円～300億円未満	18.8
4 300億円～500億円未満	15.0
5 500億円～1,000億円未満	10.2
6 1,000億円以上	36.4

[PTable0002]

Q3 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「常時従業員数規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

※パート・アルバイトなども含めた人数でお答えください。

単一回答	%
全体	(393)
1 100人未満	6.1
2 100～299人	14.0
3 300～499人	8.1
4 500～999人	20.4
5 1,000～2,999人	20.6
6 3,000人以上	30.8

[PTable0003]

Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的で、AI（人工知能）技術を導入または利活用されていますか。最もあてはまるものをひとつだけお選びください。

単一回答	%
全体	(393)
1 すでに導入している	29.3
2 現在実証実験(PoC)を行っている	13.2
3 過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	2.8
4 利用に向けて検討を進めている	17.8
5 これから検討をする予定である	9.9
6 関心はあるがまだ特に予定はない	22.9
7 今後も取り組む予定はない	4.1

[PTable0004]

Q5 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。

※既に導入済み・利活用中の目的についても、併せてお選びください※

複数回答	%
全体	(377)
1 新サービスの創出	27.9
2 新製品の創出	20.2
3 既存サービスの高度化、付加価値向上	38.5
4 既存製品の高度化、付加価値向上	26.3
5 集客効果の向上	13.0
6 熟練技術者のスキルの継承	31.8
7 業務効率化による業務負担の軽減	66.8
8 品質向上（不良品低減、品質安定化）	46.4
9 ヒューマンエラーの低減、撲滅	52.0
10 人件費の削減	40.6
11 労働力不足への対策	37.4
12 生産性向上（自動化・機械化の推進）	69.2
13 セキュリティの強化	14.3
14 廃棄ロス等の無駄の削減	12.5
15 その他【       】	1.3

[PTable0005]

Q6 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術導入および利活用を検討されている業務分野として、あてはまるものをすべてお選びください。

※既に導入済み・利活用中の業務分野についても、併せてお選びください※

複数回答	%
全体	(377)
1 接客サービス	10.3
2 営業・マーケティング	28.9
3 コールセンター・問い合わせ対応	18.6
4 社内業務・一般業務	50.1
5 AIを搭載した製品の開発	24.9
6 製造工程、製造設備でのAI活用	41.4
7 ロジスティクス・調達・物流	15.9
8 保全・メンテナンス	27.3
9 検査・検品	35.8
10 情報セキュリティ	17.2
11 警備・防犯	4.8
12 人事・採用	15.4
13 データ分析の高度化	48.5
14 その他【       】	3.7

[PTable0006]

Q7 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用において、検討している（もしくは利活用している）AI技術内容として、あてはまるものをすべてお選びください。

複数回答	%
全体	(377)
1 機械学習（ディープラーニングではないもの）	32.4
2 ディープラーニング（深層学習）	41.4
3 データ分析技術	52.0
4 自然言語処理（テキストマイニング）	20.2
5 情報フィルタリング	13.0
6 機械翻訳	13.0
7 情報検索（検索エンジン）	18.0
8 音声認識	18.0
9 画像認識（静止画処理）	41.9
10 画像認識（動画処理）	33.2
11 診断技術（異常、故障検知など）	33.4
12 予測技術（需要、売上など）	29.7
13 機械の自動制御（ロボットを除く）	21.2
14 工業ロボット	13.5
15 サービスロボット	7.7
16 チャットボット・AI対話・アバター	32.4
17 自動取引（株、資産運用など）	0.8
18 RPA（AI技術を使っているもの）	37.7
19 AI OCR（画像認識技術を使った高度な文字認識）	31.6
20 その他【       】	1.3

[PTable0007]

Q8 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用において、検討している（もしくは実際に費やした）AI技術導入予算として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

単一回答		%
	全体	(377)
1	100万円未満	4.0
2	100万円～500万円未満	9.3
3	500万円～1,000万円未満	8.0
4	1,000万円～5,000万円未満	11.9
5	5,000万円～1億円未満	4.2
6	1億円～5億円未満	3.7
7	5億円以上	3.4
8	未定、分からない	44.8
9	回答しない	10.6

[PTable0008]

Q9 自社業務に「AI技術を導入済み」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入の効果を現状どのように評価されていますか。あてはまるものをひとつだけお選びください。

単一回答		%
	全体	(115)
1	期待通りの効果が出た	42.6
2	どちらともいえない	27.0
3	期待外れ	0.0
4	導入したばかりのためまだ効果がわからない	27.0
5	効果を測定していない	3.5

[PTable0009]

Q10 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術を将来的に業務導入したい時期として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

単一回答		%
	全体	(199)
1	半年以内（2021年内まで）	2.0
2	1年以内（2022年中旬頃まで）	12.6
3	2年以上（2023年頃まで）	15.1
4	未定	59.3
5	わからない	11.1

[PTable0010]

Q11 自社業務に「AI技術を導入済み」または「実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入について、導入時における課題としてあてはまるものをすべてお選びください。

複数回答		%
	全体	(167)
1	導入後の学習、精度向上が困難である、そのコストがかかる	32.3
2	AIの精度が低い、学習してみないと精度がわからない	50.3
3	利用者が使いこなせない	29.3
4	維持コストが高い、維持に手間がかかる	32.9
5	データの蓄積や外部からの入手が困難である	29.9
6	データの整備が困難である	40.1
7	システム運用担当者が使いこなせない	13.2
8	法制度や規制が整備されていない	8.4
9	その他【 】	7.8
10	特に課題はない	9.6

[PTable0011]

Q12 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

単一回答マトリクス

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
全体		AIの精度、性能	導入費用	コスト削減への貢献	システム維持運用の費用	売上拡大への貢献	利用者（ユーザー）の反応が良い	導入後の精度向上が可能	システム維持運用の容易さ	その他
1位/番目	(52)	34.6	21.2	13.5	1.9	7.7	7.7	13.5	0.0	0.0
2位/番目	(52)	19.2	11.5	26.9	11.5	7.7	9.6	9.6	3.8	0.0
3位/番目	(52)	5.8	9.6	26.9	9.6	7.7	15.4	13.5	9.6	1.9

[PTable0012]

Q13 自社業務に「AI技術の実証実験をしたが現在は取り組んでいない」とお答えの方にお尋ねします。御社がAI（人工知能）技術を業務へ実導入されなかった理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

複数回答		%
	全体	(11)
1	導入後の学習、精度向上が困難であった、そのコストに見合わなかった	45.5
2	AIの精度が低かった、学習してみないと精度がわからなかった	27.3
3	利用者が使いこなせなかった	9.1
4	維持コストが高かった、維持に手間がかかった	27.3
5	データの蓄積や外部からの入手が困難であった	0.0
6	データの整備が困難であった	36.4
7	システム運用担当者が使いこなせなかった	0.0
8	法制度や規制が整備されていなかった	0.0
9	その他【 】	18.2

[PTable0013]

Q14 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討される際に、導入における課題となりそうな点としてあてはまるものをすべてお選びください。

複数回答		%
	全体	(199)
1	自社内にAIについての理解が不足している	45.2
2	導入効果が得られるか不安である	48.7
3	導入費用が高い	46.2
4	AI人材が不足している	58.8
5	手軽に利用できるAIのサービスや製品がない	21.1
6	運用費用が高い	33.7
7	AIの導入事例が不足している	36.2
8	学習データを保有・蓄積していない	36.2
9	学習データの整備が困難である	29.6
10	経営者の理解が得られない	11.1
11	社内関係者の理解が得られない	18.1
12	利用できそうな業務がない	7.5
13	AI技術を信頼できない	4.5
14	顧客・取引先にAIについての理解が不足している	2.5
15	その他【 】	1.0
16	あてはまるものはない／特に課題は感じていない	4.0

[PTable0014]

Q15 自社業務に「AI技術導入を今後も取り組む予定はない」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討されない理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

複数回答	%
全体	(16)
1 利用できそうな業務がない	43.8
2 自社内にAIについての理解が不足している	43.8
3 時期尚早である	25.0
4 AI人材が不足している	18.8
5 導入効果が得られるか不安である	25.0
6 既存のシステムや仕組みを変える必要がない	6.3
7 導入費用が高い	37.5
8 運用費用が高い	25.0
9 手軽に利用できるAIのサービスや製品がない	6.3
10 AIの導入事例が不足している	12.5
11 経営者の理解が得られない	6.3
12 学習データを保有・蓄積していない	0.0
13 社内関係者の理解が得られない	18.8
14 顧客・取引先にAIについての理解が不足している	0.0
15 AI技術を信頼できない	0.0
16 その他【 】	6.3

[PTable0015]

Q16 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

単一回答マトリクス		1	2	3	4	
		全体	充分にいる	ある程度いる	不足している	自社には必要ない
1	AIに理解がある経営・マネジメント層	(393)	6.6	32.8	55.7	4.8
2	AIを活用した製品・サービスを企画できるAI事業企画	(393)	0.8	15.0	72.5	11.7
3	先端的なAIアルゴリズムを開発したり、学術論文を書けるAI研究者	(393)	1.3	8.1	50.9	39.7
4	AIを活用したソフトウェアやシステムを実装できるAI開発者	(393)	1.0	13.7	62.8	22.4
5	AIツールでデータ分析を行い、自社の事業に活かせる従業員	(393)	0.5	15.0	77.9	6.6
6	現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員	(393)	0.8	16.5	77.9	4.8

[PTable0016]

Q17 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）技術に解決を期待したい社会的課題として、あてはまるものをすべてお選びください。

複数回答	%
全体	(393)
1 人手不足の解消	58.8
2 ホワイトカラーの労働生産性向上	46.1
3 単純作業から高付加価値業務へのシフト	54.2
4 ベテランの技術の継承	52.2
5 ものづくりのオートメーション化	37.7
6 防犯、セキュリティの向上	21.1
7 運輸・運送の自動化	27.2
8 医療やヘルスケアの高度化	21.9
9 交通の最適化	17.3
10 物的資源の適正利用、適正配備	26.0
11 行政サービスのスピードと品質の向上	17.6
12 資源の有効利用	28.8
13 防災	22.6
14 高齢者向けサービスの維持・向上	14.0
15 日本らしい良質なサービスの普及	18.1
16 その他【           】	1.5
17 あてはまるものはない／AI技術に期待することはない	0.8

[PTable0017]

Q18 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）に対して現在感じていらっしゃる懸念として、あてはまるものをすべてお選びください。

複数回答	%
全体	(393)
1 精度や信頼性が不明確	61.3
2 責任の所在が不明確	32.6
3 動作や判断の根拠を説明できない	47.8
4 安全性に不安	19.1
5 AIによる情報セキュリティ上の攻撃が発生	20.1
6 法制度がAIに合っていない	18.8
7 人の雇用に影響を与える	9.4
8 その他【           】	2.8
9 ない	9.9

[PTable0018]

Q19 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（略称：NEDO）は人工知能の技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発、民間において行われる研究開発を促進するため、委託・補助・助成事業による支援を行っています。こうしたNEDOの事業について、御社のお考えをお聞かせください。

単一回答	%
全体	(393)
1 既に活用している	6.6
2 現在、活用を検討している	1.8
3 委託・補助・助成事業の新たな公募があれば活用を検討したい	43.5
4 活用は考えていない	48.1

[PTABLE001]

Q2 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「売上規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	50億円未 満	50億円～ 100億円 未満	100億円 ～300億 円未満	300億円 ～500億 円未満	500億円 ～1,000 億円未満	1,000億 円以上
全体	(393)	10.4	9.2	18.8	15.0	10.2	36.4
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体）	50億円未 満 (41)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50億円～100億円未 満 (36)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	100億円～300億円未 満 (74)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	300億円～500億円未 満 (59)	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
の「売上規 模」として、	500億円～1,000億円未 満 (40)	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
	1,000億円以上 (143)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

[PTABLE002]

Q3 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「常時従業員数規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

※パート・アルバイトなども含めた人数でお答えください。

	全体	100人未 満	100～299 人	300～499 人	500～999 人	1,000～ 2,999人	3,000人 以上
全体	(393)	6.1	14.0	8.1	20.4	20.6	30.8
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体）	50億円未 満 (41)	39.0	41.5	12.2	7.3	0.0	0.0
	50億円～100億円未 満 (36)	11.1	36.1	19.4	22.2	11.1	0.0
	100億円～300億円未 満 (74)	4.1	24.3	18.9	36.5	12.2	4.1
	300億円～500億円未 満 (59)	1.7	5.1	10.2	45.8	28.8	8.5
の「売上規 模」として、	500億円～1,000億円未 満 (40)	0.0	2.5	0.0	22.5	45.0	30.0
	1,000億円以上 (143)	0.0	2.1	0.0	4.2	23.1	70.6

[PTABLE003]

Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的で、AI（人工知能）技術を導入または利活用されていますか。最もあてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	すでに導 入してい る	現在実証 実験 (PoC)を 行ってい る	過去に検 討・導入 または実 証実験 (PoC)を 行ったが 現在は取 り組んで いない	利用に向 けて検討 を進めて いる	これから 検討をす る予定で ある	関心はあ るがまだ 特に予定 はない	今後も取 り組む予 定はない
全体	(393)	29.3	13.2	2.8	17.8	9.9	22.9	4.1
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体）	50億円未 満 (41)	22.0	7.3	7.3	12.2	4.9	34.1	12.2
	50億円～100億円未 満 (36)	13.9	0.0	5.6	19.4	13.9	38.9	8.3
	100億円～300億円未 満 (74)	12.2	17.6	2.7	16.2	14.9	28.4	8.1
	300億円～500億円未 満 (59)	11.9	13.6	0.0	23.7	11.9	37.3	1.7
の「売上規 模」として、	500億円～1,000億円未 満 (40)	27.5	10.0	2.5	27.5	10.0	22.5	0.0
	1,000億円以上 (143)	51.7	16.8	2.1	14.7	7.0	7.0	0.7

[PTABLE004]

Q5 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。

※既に導入済み・利活用中の目的についても、併せてお選びください※

	全体	新サービ スの創出	新製品の 創出	既存サー ビスの高 度化、付 加価値向 上	既存製品 の高度 化、付加 価値向上	集客効果 の向上	熟練技術 者のスキ ルの継承	業務効率 化による 低減、品 業務負担 の軽減	品質向上 （不良品 の低減、 品質安定 化）	ヒューマ ンエラー の低減、 撲滅	人件費の 削減	労働力不 足への対 策	生産性向 上（自動 化・機械 化の推 進）	セキュリ ティの強 化	廃棄ロス 等の無駄 の削減	その他【 】
全体	(377)	27.9	20.2	38.5	26.3	13.0	31.8	66.8	46.4	52.0	40.6	37.4	69.2	14.3	12.5	1.3
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体）	50億円未 満 (36)	41.7	27.8	33.3	16.7	11.1	11.1	44.4	30.6	41.7	25.0	22.2	52.8	13.9	2.8	0.0
	50億円～100億円未 満 (33)	18.2	15.2	39.4	36.4	9.1	21.2	63.6	30.3	51.5	54.5	42.4	54.5	12.1	3.0	0.0
	100億円～300億円未 満 (68)	19.1	14.7	33.8	17.6	8.8	22.1	55.9	41.2	54.4	33.8	26.5	69.1	14.7	4.4	4.4
	300億円～500億円未 満 (58)	19.0	13.8	22.4	25.9	12.1	25.9	70.7	50.0	60.3	39.7	41.4	70.7	15.5	15.5	0.0
の「売上規 模」として、	500億円～1,000億円未 満 (40)	22.5	20.0	32.5	22.5	15.0	42.5	65.0	55.0	47.5	32.5	30.0	75.0	20.0	17.5	0.0
	1,000億円以上 (142)	35.9	24.6	50.0	31.7	16.2	43.7	77.5	52.8	51.4	47.2	45.8	74.6	12.7	18.3	1.4

[PTABLE005]

Q6 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術導入および利活用を検討されている業務分野として、あてはまるものをすべてお選びください。  
※既に導入済み・利活用中の業務分野についても、併せてお選びください※

	全体	接客サービス	営業・マーケティング	コールセンター・問い合わせ対応	社内業務・一般業務	AIを搭載した製品の開発	製造工程、製造設備でのAI活用	ロジスティクス・調達・物流	保全・メンテナンス	検査・検品	情報セキュリティ	警備・防犯	人事・採用	データ分析の高度化	その他【】
全体	(377)	10.3	28.9	18.6	50.1	24.9	41.4	15.9	27.3	35.8	17.2	4.8	15.4	48.5	3.7
Q2 御社（グループ企業様）	(36)	11.1	16.7	16.7	33.3	36.1	16.7	2.8	5.6	13.9	11.1	2.8	16.7	36.1	5.6
50億円未満	(33)	6.1	39.4	15.2	57.6	36.4	27.3	0.0	21.2	24.2	24.2	6.1	18.2	36.4	3.0
100億円～300億円未満	(68)	10.3	20.6	14.7	54.4	19.1	44.1	7.4	22.1	32.4	19.1	5.9	13.2	35.3	2.9
300億円～500億円未満	(58)	12.1	31.0	12.1	48.3	12.1	48.3	20.7	27.6	41.4	17.2	5.2	19.0	43.1	3.4
500億円～1,000億円未満	(40)	5.0	12.5	12.5	42.5	30.0	45.0	17.5	22.5	45.0	17.5	0.0	12.5	45.0	2.5
1,000億円以上	(142)	12.0	37.3	26.1	53.5	26.1	45.8	24.6	38.0	40.8	16.2	5.6	14.8	64.1	4.2

[PTABLE006]

Q7 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用において、検討している（もしくは利活用している）AI技術内容として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	機械学習（ディープラーニングではないもの）	ディープラーニング（深層学習）	データ分析技術	自然言語処理（テキストマイニング）	情報フィードバック	機械翻訳	情報検索（検索エンジン）	音声認識	画像認識（静止画処理）	画像認識（動画処理）	診断技術（異常、故障検知など）	予測技術（需要、売上など）	機械の自動制御（ロボットを除く）	工業ロボット	サービスロボット	チャットボット・AI対話・アバター	自動取引（株、資産運用など）	RPA（AI技術を使っているもの）	AI OCR（画像認識技術を使った高度な文字認識）	その他【】
全体	(377)	32.4	41.4	52.0	20.2	13.0	13.0	18.0	18.0	41.9	33.2	33.4	29.7	21.2	13.5	7.7	32.4	0.8	37.7	31.6	1.3
Q2 御社（グループ企業様）	(36)	19.4	19.4	44.4	5.6	11.1	2.8	5.6	8.3	30.6	25.0	13.9	11.1	8.3	5.6	8.3	22.2	0.0	25.0	16.7	2.8
50億円未満	(33)	18.2	27.3	48.5	18.2	3.0	9.1	24.2	3.0	30.3	12.1	21.2	33.3	15.2	6.1	12.1	24.2	0.0	27.3	21.2	3.0
100億円～300億円未満	(68)	26.5	25.0	38.2	11.8	14.7	8.8	13.2	10.3	36.8	23.5	33.8	16.2	19.1	5.9	8.8	25.0	1.5	30.9	22.1	1.5
300億円～500億円未満	(58)	17.2	29.3	50.0	6.9	8.6	6.9	17.2	10.3	32.8	32.8	29.3	24.1	22.4	19.0	0.0	20.7	1.7	37.9	24.1	1.7
500億円～1,000億円未満	(40)	30.0	45.0	50.0	15.0	15.0	12.5	22.5	42.5	40.0	40.0	30.0	30.0	15.0	10.0	7.5	32.5	0.0	40.0	32.5	0.0
1,000億円以上	(142)	48.6	62.0	62.7	35.2	16.2	21.1	23.9	29.6	53.5	43.0	43.7	42.3	28.2	19.7	9.2	45.1	0.7	45.8	45.1	0.7

[PTABLE007]

Q8 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用において、検討している（もしくは実際に費やした）AI技術導入予算として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	100万円未満	100万円～500万円未満	500万円～1,000万円未満	1,000万円～5,000万円未満	5,000万円～1億円未満	1億円～5億円未満	5億円以上	未定、分からない	回答しない
全体	(377)	4.0	9.3	8.0	11.9	4.2	3.7	3.4	44.8	10.6
Q2 御社（グループ企業様）	(36)	13.9	13.9	11.1	8.3	2.8	5.6	2.8	36.1	5.6
50億円未満	(33)	15.2	15.2	3.0	12.1	3.0	0.0	0.0	51.5	0.0
100億円～300億円未満	(68)	4.4	13.2	16.2	10.3	0.0	0.0	0.0	52.9	2.9
300億円～500億円未満	(58)	3.4	12.1	6.9	5.2	1.7	1.7	0.0	62.1	6.9
500億円～1,000億円未満	(40)	0.0	10.0	2.5	20.0	2.5	5.0	0.0	47.5	12.5
1,000億円以上	(142)	0.0	3.5	6.3	14.1	8.5	6.3	8.5	33.8	19.0

[PTABLE008]

Q9 自社業務に「AI技術を導入済み」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入の効果を現状どのように評価されていますか。あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	期待通りの効果が 出た	どちらとも いえない	期待外れ	導入したばかりのため まだ効果がわからない	効果を測定 していない
全体	(115)	42.6	27.0	0.0	27.0	3.5
Q2 御社（グループ企業様）	(9)	44.4	22.2	0.0	22.2	11.1
50億円未満	(5)	60.0	40.0	0.0	0.0	0.0
100億円～300億円未満	(9)	22.2	33.3	0.0	33.3	11.1
300億円～500億円未満	(7)	57.1	0.0	0.0	42.9	0.0
500億円～1,000億円未満	(11)	27.3	72.7	0.0	0.0	0.0
1,000億円以上	(74)	44.6	21.6	0.0	31.1	2.7

[PTABLE009]

Q10 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術を将来的に業務導入したい時期として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	半年以内 (2021年 内まで)	1年以内 (2022年 中旬頃ま で)	2年以上 (2023年 頃まで)	未定	わから ない
全体	(199)	2.0	12.6	15.1	59.3	11.1
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 (21)	0.0	4.8	23.8	71.4	0.0
	50億円～100億円未満 (26)	0.0	15.4	7.7	69.2	7.7
	100億円～300億円未満 (44)	4.5	9.1	9.1	63.6	13.6
	300億円～500億円未満 (43)	2.3	11.6	16.3	58.1	11.6
	500億円～1,000億円未満 (24)	0.0	12.5	8.3	62.5	16.7
	1,000億円以上 (41)	2.4	19.5	24.4	41.5	12.2

[PTABLE010]

Q11 自社業務に「AI技術を導入済み」または「実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入について、導入時における課題としてあてはまるものをすべてお選びください。

	全体	導入後の 学習、精 度向上が 困難であ る、その コストが かかる	AIの精度 が低い、 学習して みないと 精度がわ からない	利用者が 使いこな せない	維持コス トが高 い、維持 に手間が かかる	データの 蓄積や外 部からの 入手が困 難である	データの 整備が困 難である	システム 運用担当 者が使い こなせない	法制度や 規制が整 っていない	その他【 特に課題 はない	
全体	(167)	32.3	50.3	29.3	32.9	29.9	40.1	13.2	8.4	7.8	9.6
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 (12)	16.7	41.7	16.7	25.0	33.3	25.0	0.0	8.3	0.0	0.0
	50億円～100億円未満 (5)	40.0	40.0	40.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0
	100億円～300億円未満 (22)	40.9	40.9	36.4	22.7	18.2	18.2	27.3	0.0	0.0	9.1
	300億円～500億円未満 (15)	13.3	40.0	20.0	13.3	13.3	20.0	13.3	6.7	20.0	13.3
	500億円～1,000億円未満 (15)	40.0	53.3	40.0	46.7	40.0	40.0	13.3	6.7	6.7	0.0
	1,000億円以上 (98)	33.7	55.1	28.6	37.8	33.7	51.0	12.2	11.2	9.2	11.2

[PTABLE011]

Q12S1 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[1位/番目]

	全体	AIの精 度、性能	導入費用	コスト削 減への貢 献	システム 維持運用 の費用	売上拡大 への貢献	利用者 (ユー ザー)の 反応が良 い	導入後の 精度向上 が可能	システム 維持運用 の容易さ	その他
全体	(52)	34.6	21.2	13.5	1.9	7.7	7.7	13.5	0.0	0.0
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 (3)	0.0	66.7	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	50億円～100億円未満 (0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	100億円～300億円未満 (13)	30.8	30.8	7.7	0.0	0.0	15.4	15.4	0.0	0.0
	300億円～500億円未満 (8)	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	12.5	37.5	0.0	0.0
	500億円～1,000億円未満 (4)	50.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	25.0	0.0	0.0
	1,000億円以上 (24)	41.7	12.5	25.0	4.2	8.3	4.2	4.2	0.0	0.0

[PTABLE012]

Q12S2 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[2位/番目]

	全体	AIの精 度、性能	導入費用	コスト削 減への貢 献	システム 維持運用 の費用	売上拡大 への貢献	利用者 (ユー ザー)の 反応が良 い	導入後の 精度向上 が可能	システム 維持運用 の容易さ	その他
全体	(52)	19.2	11.5	26.9	11.5	7.7	9.6	9.6	3.8	0.0
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 (3)	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0
	50億円～100億円未満 (0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	100億円～300億円未満 (13)	0.0	0.0	38.5	23.1	7.7	7.7	15.4	7.7	0.0
	300億円～500億円未満 (8)	25.0	12.5	37.5	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0
	500億円～1,000億円未満 (4)	25.0	50.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1,000億円以上 (24)	25.0	12.5	20.8	12.5	8.3	8.3	8.3	4.2	0.0

[PTABLE013]

Q12S3 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。  
[3位/番目]

	全体	AIの精度、性能	導入費用	コスト削減への貢献	システム維持運用の費用	売上拡大への貢献	利用者（ユーザー）の反応が良い	導入後の精度向上が可能	システム維持運用の容易さ	その他
全体	(52)	5.8	9.6	26.9	9.6	7.7	15.4	13.5	9.6	1.9
Q2 御社（グループ企業様）	(3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.7	33.3	0.0
50億円未満	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50億円～100億円未満	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100億円～300億円未満	(13)	7.7	0.0	23.1	7.7	7.7	0.0	23.1	23.1	7.7
300億円～500億円未満	(8)	12.5	25.0	50.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.0
500億円～1,000億円未満	(4)	0.0	0.0	25.0	25.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0
1,000億円以上	(24)	4.2	12.5	25.0	12.5	8.3	25.0	8.3	4.2	0.0

[PTABLE014]

Q13 自社業務に「AI技術の実証実験をしたが現在では取り組んでいない」とお答えの方にお尋ねします。御社がAI（人工知能）技術を業務へ実導入されなかった理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	導入後の学習、精度向上が困難であった、そのコストに見合わなかった	AIの精度が低かった、学習してみないと精度がわからなかった	利用者が使いこなせなかった	維持コストが高かった、維持に手間がかかった	データの蓄積や外部からの入手が困難であった	データの整備が困難であった	システム運用担当者が使いこなせなかった	法制度や規制が整備されていない	その他【】
全体	(11)	45.5	27.3	9.1	27.3	0.0	36.4	0.0	0.0	18.2
Q2 御社（グループ企業様）	(3)	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	33.3
50億円未満	(2)	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
50億円～100億円未満	(2)	100.0	50.0	50.0	0.0	0.0	50.0	0.0	0.0	0.0
100億円～300億円未満	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300億円～500億円未満	(1)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
500億円～1,000億円未満	(3)	66.7	0.0	0.0	66.7	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0
1,000億円以上	(3)	66.7	0.0	0.0	66.7	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0

[PTABLE015]

Q14 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討される際に、導入における課題となりそうな点としてあてはまるものをすべてお選びください。

	全体	自社内にAIについての理解が不足している	導入効果が見られず不安である	導入費用が高い	AI人材が不足している	手軽に利用できるAIのサービスや製品がない	運用費用が高い	AIの導入事例が不足している	学習データを保有・蓄積していない	学習データの整備が困難である	経営者の理解が得られない	社内関係者の理解が得られない	利用できそうな業務がない	AI技術で信頼できない	顧客・取引先にAIについての理解が不足している	その他【】	あてはまるものはない／特に課題は感じていない
全体	(199)	45.2	48.7	46.2	58.8	21.1	33.7	36.2	36.2	29.6	11.1	18.1	7.5	4.5	2.5	1.0	4.0
Q2 御社（グループ企業様）	(21)	42.9	38.1	38.1	38.1	9.5	28.6	42.9	33.3	23.8	19.0	19.0	4.8	4.8	4.8	0.0	9.5
50億円未満	(26)	50.0	38.5	42.3	53.8	34.6	26.9	30.8	34.6	19.2	7.7	15.4	7.7	7.7	3.8	0.0	0.0
50億円～100億円未満	(44)	45.5	40.9	29.5	65.9	20.5	22.7	36.4	27.3	20.5	9.1	18.2	11.4	0.0	2.3	0.0	2.3
100億円～300億円未満	(43)	37.2	53.5	60.5	58.1	18.6	39.5	34.9	48.8	39.5	9.3	20.9	9.3	7.0	2.3	0.0	4.7
300億円～500億円未満	(24)	45.8	70.8	58.3	62.5	16.7	45.8	25.0	37.5	29.2	8.3	4.2	0.0	4.2	4.2	0.0	4.2
500億円～1,000億円未満	(41)	51.2	51.2	48.8	63.4	24.4	39.0	43.9	34.1	39.0	14.6	24.4	7.3	4.9	0.0	4.9	4.9
1,000億円以上	(41)	51.2	51.2	48.8	63.4	24.4	39.0	43.9	34.1	39.0	14.6	24.4	7.3	4.9	0.0	4.9	4.9

[PTABLE016]

Q15 自社業務に「AI技術導入を今後も取り組む予定はない」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討されない理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	利用でき そうな業 務がない	自社内に AIについ ての理解 が不足し ている	時期尚早 である	AI人材が 不足して いる	導入効果 が得られ るか不安 である	既存のシ ステムや 仕組みを 変える必 要がない	導入費用 が高い	運用費用 が高い	手軽に利 用できる AIのサー ビスや製 品がない	AIの導入 事例が不 足してい る	経営者の 理解が得 られない	学習デー タを保有 ・蓄積し ていない	社内関係 者の理解 が得られ ない	顧客・取 引先にAI についての 理解が不 足してい る	AI技術を 信頼でき ない	その他【 】
全体	(16)	43.8	43.8	25.0	18.8	25.0	6.3	37.5	25.0	6.3	12.5	6.3	0.0	18.8	0.0	0.0	6.3
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	(5)	40.0	20.0	20.0	40.0	40.0	0.0	20.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0	20.0
50億円未満	(3)	66.7	33.3	0.0	0.0	33.3	0.0	66.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50億円～100億円未満	(6)	50.0	66.7	33.3	16.7	16.7	16.7	50.0	50.0	16.7	16.7	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0
100億円～300億円未満	(1)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300億円～500億円未満	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500億円～1,000億円未満	(1)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1,000億円以上	(1)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE017]

Q16S1 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIに理解がある経営・マネジメント層]

	全体	充分にい る	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体	(393)	6.6	32.8	55.7	4.8
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	(41)	4.9	36.6	48.8	9.8
50億円未満	(36)	8.3	38.9	50.0	2.8
50億円～100億円未満	(74)	9.5	21.6	60.8	8.1
100億円～300億円未満	(59)	3.4	25.4	64.4	6.8
300億円～500億円未満	(40)	5.0	37.5	55.0	2.5
500億円～1,000億円未満	(143)	7.0	37.8	53.1	2.1
1,000億円以上					

[PTABLE018]

Q16S2 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIを活用した製品・サービスを企画できるAI事業企画]

	全体	充分にい る	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体	(393)	0.8	15.0	72.5	11.7
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	(41)	0.0	17.1	63.4	19.5
50億円未満	(36)	0.0	25.0	58.3	16.7
50億円～100億円未満	(74)	0.0	6.8	83.8	9.5
100億円～300億円未満	(59)	1.7	8.5	69.5	20.3
300億円～500億円未満	(40)	0.0	10.0	82.5	7.5
500億円～1,000億円未満	(143)	1.4	20.3	71.3	7.0
1,000億円以上					

[PTABLE019]

Q16S3 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

	全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	1.3	8.1	50.9	39.7	
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 50億円～100億円未満 100億円～300億円未満 300億円～500億円未満 500億円～1,000億円未満 1,000億円以上	(41) (36) (74) (59) (40) (143)	4.9 0.0 0.0 0.0 2.5 1.4	9.8 8.3 1.4 3.4 2.5 14.7	46.3 55.6 58.1 54.2 47.5 46.9	39.0 36.1 40.5 42.4 47.5 37.1

[PTABLE020]

Q1654 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIを活用したソフトウェアやシステムを実装できるAI開発者]

	全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	1.0	13.7	62.8	22.4	
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 50億円～100億円未満 100億円～300億円未満 300億円～500億円未満 500億円～1,000億円未満 1,000億円以上	(41) (36) (74) (59) (40) (143)	2.4 0.0 0.0 0.0 0.0 2.1	17.1 19.4 6.8 11.9 12.5 16.1	53.7 63.9 70.3 59.3 67.5 61.5	26.8 16.7 23.0 28.8 20.0 20.3

[PTABLE021]

Q1655 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIツールでデータ分析を行い、自社の事業に活かせる従業員]

	全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	0.5	15.0	77.9	6.6	
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 50億円～100億円未満 100億円～300億円未満 300億円～500億円未満 500億円～1,000億円未満 1,000億円以上	(41) (36) (74) (59) (40) (143)	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.4	19.5 19.4 5.4 18.6 12.5 16.8	68.3 69.4 85.1 71.2 87.5 79.0	12.2 11.1 9.5 10.2 0.0 2.8

[PTABLE022]

Q1656 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員]

	全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	0.8	16.5	77.9	4.8	
Q2 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） の「売上規 模」として、	50億円未満 50億円～100億円未満 100億円～300億円未満 300億円～500億円未満 500億円～1,000億円未満 1,000億円以上	(41) (36) (74) (59) (40) (143)	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 2.1	24.4 22.2 5.4 18.6 22.5 16.1	63.4 69.4 86.5 76.3 77.5 80.4	12.2 8.3 8.1 5.1 0.0 1.4

[PTABLE023]

Q17 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）技術に解決を期待したい社会的課題として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	人手不足の解消	ホワイトカラーの労働生産性向上	単純作業から高付加価値業務へのシフト	ベテランの技術の継承	ものづくりのオートメーション化	防犯、セキュリティの向上	運輸・運送の自動化	医療やヘルスケアの高度化	交通の最適化	物的資源の適正利用、適正配備	行政サービスのスピードと品質の向上	資源の有効利用	防災	高齢者向けサービスの維持・向上	日本らしい良質なサービスの普及	その他【】	あてはまるものはない/AI技術に期待することはない
全体	(393)	58.8	46.1	54.2	52.2	37.7	21.1	27.2	21.9	17.3	26.0	17.6	28.8	22.6	14.0	18.1	1.5	0.8
Q2 御社（グループ企業様）	(41)	43.9	48.8	43.9	19.5	19.5	31.7	14.6	26.8	9.8	22.0	29.3	19.5	9.8	12.2	22.0	0.0	0.0
50億円未満	(36)	69.4	44.4	55.6	44.4	19.4	16.7	13.9	25.0	22.2	16.7	25.0	13.9	27.8	2.8	22.2	0.0	0.0
100億円～300億円未満	(74)	48.6	36.5	43.2	41.9	32.4	16.2	14.9	14.9	13.5	12.2	14.9	24.3	16.2	9.5	12.2	1.4	1.4
300億円～500億円未満	(59)	59.3	52.5	44.1	59.3	40.7	15.3	25.4	16.9	15.3	35.6	13.6	22.0	15.3	8.5	10.2	1.7	0.0
の「売上規模」	(40)	60.0	42.5	52.5	57.5	40.0	27.5	27.5	17.5	27.5	32.5	17.5	25.0	30.0	22.5	30.0	2.5	2.5
として、	(143)	65.0	49.0	67.1	64.3	48.3	22.4	41.3	26.6	18.2	30.8	15.4	41.3	29.4	19.6	18.9	2.1	0.7

[PTABLE024]

Q18 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）に対して現在感じていらっしゃる懸念として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	精度や信頼性が不明確	責任の所在が不明確	動作や判断の根拠を説明できない	安全性に不安	AIによる情報セキュリティ上の攻撃が発生	法制度がAIに合っていない	人の雇用に影響を与える	その他【】	ない
全体	(393)	61.3	32.6	47.8	19.1	20.1	18.8	9.4	2.8	9.9
Q2 御社（グループ企業様）	(41)	46.3	34.1	39.0	24.4	26.8	12.2	12.2	2.4	14.6
50億円未満	(36)	66.7	25.0	33.3	27.8	16.7	19.4	13.9	0.0	13.9
100億円～300億円未満	(74)	58.1	24.3	43.2	17.6	20.3	17.6	9.5	0.0	9.5
300億円～500億円未満	(59)	57.6	40.7	52.5	23.7	20.3	15.3	10.2	3.4	13.6
の「売上規模」	(40)	57.5	40.0	42.5	15.0	22.5	35.0	15.0	0.0	7.5
として、	(143)	68.5	32.9	55.9	15.4	18.2	18.2	5.6	5.6	7.0

[PTABLE025]

Q19 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（略称：NEDO）は人工知能の技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発、民間において行われる研究開発を促進するため、委託・補助・助成事業による支援を行っています。こうしたNEDOの事業について、御社のお考えをお聞かせください。

	全体	既に活用している	現在、活用を検討している	委託・補助・助成事業の新たな公募があれば活用を検討したい	活用は考えていない
全体	(393)	6.6	1.8	43.5	48.1
Q2 御社（グループ企業様）	(41)	4.9	0.0	39.0	56.1
50億円未満	(36)	8.3	0.0	30.6	61.1
100億円～300億円未満	(74)	2.7	0.0	50.0	47.3
300億円～500億円未満	(59)	8.5	1.7	33.9	55.9
の「売上規模」	(40)	2.5	2.5	45.0	50.0
として、	(143)	9.1	3.5	48.3	39.2

[PTABLE026]

GYOUSHU 業種区分

[業種区分]

	全体	プロセス製造業	加工組立製造業	サービス業	流通業	金融業
全体	(393)	26.5	23.7	30.0	15.3	4.6
Q2 御社（グループ企業様）	(41)	14.6	17.1	53.7	4.9	9.8
50億円～100億円未満	(36)	19.4	27.8	44.4	8.3	0.0
100億円～300億円未満	(74)	28.4	31.1	28.4	12.2	0.0
300億円～500億円未満	(59)	27.1	23.7	18.6	27.1	3.4
の「売上規模」	(40)	35.0	22.5	27.5	15.0	0.0
として、	(143)	28.0	21.0	25.9	16.8	8.4

[PTABLE027]

Q5a AI（人工知能）技術導入および利活用の目的：大分類

		全体	イノベーション関係	事業改革・高度化関係	業務改善関係	その他
全体		(377)	37.1	63.7	92.6	1.3
Q2 御社（グループ企業様	50億円未満	(36)	50.0	47.2	80.6	0.0
	50億円～100億円未満	(33)	27.3	72.7	87.9	0.0
の場合はグループ全体）	100億円～300億円未満	(68)	30.9	55.9	91.2	4.4
	300億円～500億円未満	(58)	24.1	55.2	94.8	0.0
の「売上規模」として、	500億円～1,000億円未満	(40)	32.5	57.5	92.5	0.0
	1,000億円以上	(142)	45.8	74.6	96.5	1.4

[PTABLE028]

N05b AI（人工知能）技術導入および利活用の目的：ターゲット

		全体	ターゲット：イノベーション関係	ターゲット：事業改革・高度化関係	ターゲット：業務改善	非該当（AI導入の予定なし）
全体		(393)	35.6	33.6	26.7	4.1
Q2 御社（グループ企業様	50億円未満	(41)	43.9	17.1	26.8	12.2
	50億円～100億円未満	(36)	25.0	44.4	22.2	8.3
の場合はグループ全体）	100億円～300億円未満	(74)	28.4	35.1	28.4	8.1
	300億円～500億円未満	(59)	23.7	37.3	37.3	1.7
の「売上規模」として、	500億円～1,000億円未満	(40)	32.5	30.0	37.5	0.0
	1,000億円以上	(143)	45.5	34.3	19.6	0.7

[PTABLE001]

Q2 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「売上規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	50億円未満	50億円～100億円未満	100億円～300億円未満	300億円～500億円未満	500億円～1,000億円未満	1,000億円以上
全体	(393)	10.4	9.2	18.8	15.0	10.2	36.4
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(115)	7.8	4.3	7.8	6.1	9.6	64.3
すでに導入している	(52)	5.8	0.0	25.0	15.4	7.7	46.2
現在実証実験(PoC)を行っている	(11)	27.3	18.2	18.2	0.0	9.1	27.3
過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	7.1	10.0	17.1	20.0	15.7	30.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	5.1	12.8	28.2	17.9	10.3	25.6
利用に向けて検討を進めている	(90)	15.6	15.6	23.3	24.4	10.0	11.1
これから検討をする予定である	(16)	31.3	18.8	37.5	6.3	0.0	6.3
関心はあるがまだ特に予定はない							
今後もし取り組む予定はない							

[PTABLE002]

Q3 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「常時従業員数規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

※パート・アルバイトなども含めた人数でお答えください。

	全体	100人未満	100～299人	300～499人	500～999人	1,000～2,999人	3,000人以上
全体	(393)	6.1	14.0	8.1	20.4	20.6	30.8
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(115)	5.2	1.7	5.2	9.6	16.5	61.7
すでに導入している	(52)	1.9	7.7	5.8	23.1	32.7	28.8
現在実証実験(PoC)を行っている	(11)	0.0	27.3	27.3	9.1	18.2	18.2
過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	5.7	10.0	7.1	30.0	27.1	20.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	7.7	15.4	10.3	23.1	23.1	20.5
利用に向けて検討を進めている	(90)	6.7	30.0	11.1	25.6	15.6	11.1
これから検討をする予定である	(16)	25.0	37.5	6.3	18.8	6.3	6.3
関心はあるがまだ特に予定はない							
今後もし取り組む予定はない							

[PTABLE003]

Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的で、AI（人工知能）技術を導入またはは活用されていますか。最もあてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	すでに導入している	現在実証実験(PoC)を行っている	過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	利用に向けて検討を進めている	これから検討をする予定である	関心はあるがまだ特に予定はない	今後もし取り組む予定はない
全体	(393)	29.3	13.2	2.8	17.8	9.9	22.9	4.1
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(115)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
すでに導入している	(52)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験(PoC)を行っている	(11)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
利用に向けて検討を進めている	(90)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
これから検討をする予定である	(16)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
関心はあるがまだ特に予定はない								
今後もし取り組む予定はない								

[PTABLE004]

Q5 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。

※既に導入済み・利活用中の目的についても、併せてお選びください※

	全体	新サービスの創出	新製品の創出	既存サービスの高度化、付加価値向上	既存製品の高度化、付加価値向上	集客効果の向上	熟練技術者のスキルの継承	業務効率化による業務負担の軽減	品質向上(不良品低減、品質安定化)	ヒューマンエラーの低減、撲滅	人件費の削減	労働力不足への対策	生産性向上(自動化・機械化の推進)	セキュリティの強化	廃棄ロス等の無駄の削減	その他【】
全体	(377)	27.9	20.2	38.5	26.3	13.0	31.8	66.8	46.4	52.0	40.6	37.4	69.2	14.3	12.5	1.3
Q4 御社(グループ企業様)	(115)	41.7	28.7	54.8	39.1	16.5	43.5	73.0	51.3	51.3	47.0	43.5	80.0	16.5	17.4	1.7
現在実証実験(PoC)を行っている	(52)	32.7	15.4	19.2	21.2	3.8	32.7	67.3	55.8	61.5	36.5	42.3	67.3	13.5	5.8	0.0
過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	36.4	18.2	45.5	27.3	0.0	0.0	72.7	54.5	36.4	36.4	45.5	72.7	9.1	9.1	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	21.4	17.1	38.6	30.0	12.9	25.7	61.4	47.1	44.3	32.9	27.1	70.0	14.3	4.3	2.9
すでに導入している	(39)	15.4	10.3	43.6	28.2	15.4	41.0	59.0	35.9	56.4	38.5	41.0	61.5	17.9	15.4	0.0
これから検討をする予定である	(90)	16.7	18.9	25.6	8.9	14.4	21.1	65.6	37.8	53.3	42.2	32.2	58.9	11.1	15.6	1.1
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

【PTABLE005】

Q6 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社においてAI(人工知能)技術導入および利活用を検討されている業務分野として、あてはまるものをすべてお選びください。  
※既に導入済み・利活用中の業務分野についても、併せてお選びください※

	全体	接客サービス	営業・マーケティング	コールセンター・問い合わせ対応	社内業務・一般業務	AIを搭載した製品の開発	製造工程、製造設備でのAI活用	ロジスティクス・調達・物流	保全・メンテナンス	検査・検品	情報セキュリティ	警備・防犯	人事・採用	データ分析の高度化	その他【】
全体	(377)	10.3	28.9	18.6	50.1	24.9	41.4	15.9	27.3	35.8	17.2	4.8	15.4	48.5	3.7
Q4 御社(グループ企業様)	(115)	13.9	31.3	28.7	56.5	38.3	42.6	20.0	35.7	40.0	16.5	5.2	19.1	61.7	6.1
現在実証実験(PoC)を行っている	(52)	11.5	13.5	19.2	40.4	25.0	50.0	25.0	28.8	46.2	11.5	5.8	11.5	42.3	3.8
過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	0.0	27.3	36.4	63.6	36.4	9.1	9.1	9.1	27.3	9.1	0.0	9.1	36.4	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	4.3	20.0	14.3	38.6	22.9	48.6	11.4	22.9	34.3	12.9	1.4	11.4	41.4	4.3
すでに導入している	(39)	12.8	46.2	7.7	53.8	15.4	41.0	7.7	30.8	33.3	30.8	2.6	25.6	59.0	0.0
これから検討をする予定である	(90)	10.0	34.4	11.1	53.3	12.2	33.3	13.3	20.0	27.8	20.0	7.8	12.2	37.8	2.2
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

【PTABLE006】

Q7 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI(人工知能)技術導入および利活用において、検討している(もしくは利活用している)AI技術内容として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	機械学習(ディープラーニングではないもの)	ディープラーニング(深層学習)	データ分析技術	自然言語処理(テキストマイニング)	情報フィードバック	機械翻訳	情報検索(検索エンジン)	音声認識	画像認識(静止画処理)	画像認識(動画処理)	診断技術(異常、故障検知など)	予測技術(需要、売上など)	機械の自動制御(ロボットを除く)	工業ロボット	サービスロボット	チャットボット・AI対話・アバター	自動取引(株、資産運用など)	RPA(AI技術を使っているもの)	AI OCR(画像認識を使った高度な文字認識)	その他【】
全体	(377)	32.4	41.4	52.0	20.2	13.0	13.0	18.0	18.0	41.9	33.2	33.4	29.7	21.2	13.5	7.7	32.4	0.8	37.7	31.6	1.3
Q4 御社(グループ企業様)	(115)	57.4	67.8	59.1	40.9	20.0	25.2	26.1	34.8	60.0	45.2	45.2	41.7	27.8	21.7	15.7	47.8	1.7	46.1	52.2	1.7
現在実証実験(PoC)を行っている	(52)	36.5	53.8	53.8	13.5	3.8	11.5	7.7	11.5	48.1	42.3	36.5	23.1	9.6	7.7	1.9	40.4	0.0	48.1	30.8	0.0
過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	9.1	27.3	36.4	18.2	9.1	0.0	18.2	0.0	18.2	27.3	9.1	0.0	9.1	9.1	9.1	36.4	0.0	36.4	18.2	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	25.7	34.3	54.3	7.1	10.0	8.6	10.0	12.9	35.7	31.4	31.4	24.3	24.3	18.6	4.3	27.1	0.0	21.4	18.6	0.0
すでに導入している	(39)	28.2	30.8	53.8	23.1	12.8	10.3	23.1	12.8	35.9	25.6	43.6	30.8	25.6	5.1	5.1	23.1	0.0	30.8	33.3	0.0
これから検討をする予定である	(90)	7.8	12.2	41.1	6.7	12.2	4.4	17.8	8.9	25.6	17.8	16.7	25.6	16.7	6.7	4.4	15.6	1.1	36.7	16.7	3.3
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

【PTABLE007】

Q8 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI(人工知能)技術導入および利活用において、検討している(もしくは実際に費やした)AI技術導入予算として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	100万円未満	100万円～500万円未満	500万円～1,000万円未満	1,000万円～5,000万円未満	5,000万円～1億円未満	1億円～5億円未満	5億円以上	未定、分からない	回答しない
全体	(377)	4.0	9.3	8.0	11.9	4.2	3.7	3.4	44.8	10.6
Q4 御社（グループ企業様）	(115)	1.7	6.1	7.0	13.9	7.8	7.8	11.3	22.6	21.7
すでに導入している	(52)	0.0	17.3	9.6	21.2	5.8	5.8	0.0	30.8	9.6
現在実証実験（PoC）を行っている	(11)	18.2	0.0	18.2	18.2	0.0	0.0	0.0	45.5	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	5.7	12.9	11.4	14.3	4.3	2.9	0.0	42.9	5.7
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	5.1	12.8	10.3	5.1	2.6	0.0	0.0	59.0	5.1
これから検討をする予定である	(90)	5.6	5.6	3.3	4.4	0.0	0.0	0.0	76.7	4.4
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後もし取り組む予定はない										

[PTABLE008]

Q9 自社業務に「AI技術を導入済み」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入の効果を現状どのように評価されていますか。あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	期待通りの効果が 出た	どちらとも いえない	期待外れ	導入したばかりのためまだ効果がわからない	効果を測定していない
全体	(115)	42.6	27.0	0.0	27.0	3.5
Q4 御社（グループ企業様）	(115)	42.6	27.0	0.0	27.0	3.5
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
利用に向けて検討を進めている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
これから検討をする予定である	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後もし取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE009]

Q10 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術を将来的に業務導入したい時期として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

	全体	半年以内 (2021年 内まで)	1年以内 (2022年 中旬頃ま で)	2年以上 (2023年 頃まで)	未定	わから ない
全体	(199)	2.0	12.6	15.1	59.3	11.1
Q4 御社（グループ企業様）	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	4.3	22.9	18.6	44.3	10.0
利用に向けて検討を進めている	(39)	2.6	15.4	25.6	46.2	10.3
これから検討をする予定である	(90)	0.0	3.3	7.8	76.7	12.2
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後もし取り組む予定はない						

[PTABLE010]

Q11 自社業務に「AI技術を導入済み」または「実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入について、導入時における課題としてあてはまるものをすべてお選びください。

	全体	導入後の学習、精度向上が困難である、そのコストがかかる	AIの精度が低い、学習してみないと精度がわからない	利用者が使いこなせない	維持コストが高い、維持に手間がかかる	データの蓄積や外部からの入手が困難である	データの整備が困難である	システム運用担当者が使いこなせない	法制度や規制が整備されていない	その他【 】	特に課題はない
全体	(167)	32.3	50.3	29.3	32.9	29.9	40.1	13.2	8.4	7.8	9.6
Q4 御社（グループ企業様）	(115)	33.0	44.3	28.7	30.4	33.9	39.1	9.6	11.3	7.8	12.2
御社（グループ企業様）	(52)	30.8	63.5	30.8	38.5	21.2	42.3	21.2	1.9	7.7	3.8
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後も取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE011]

Q12S1 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[1位/番目]

	全体	AIの精度、性能	導入費用	コスト削減への貢献	システム維持運用の費用	売上拡大への貢献	利用者（ユーザー）の反応が良い	導入後の精度向上が可能	システム維持運用の容易さ	その他
全体	(52)	34.6	21.2	13.5	1.9	7.7	7.7	13.5	0.0	0.0
Q4 御社（グループ企業様）	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
御社（グループ企業様）	(52)	34.6	21.2	13.5	1.9	7.7	7.7	13.5	0.0	0.0
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後も取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE012]

Q12S2 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[2位/番目]

	全体	AIの精度、性能	導入費用	コスト削減への貢献	システム維持運用の費用	売上拡大への貢献	利用者（ユーザー）の反応が良い	導入後の精度向上が可能	システム維持運用の容易さ	その他
全体	(52)	19.2	11.5	26.9	11.5	7.7	9.6	9.6	3.8	0.0
Q4 御社（グループ企業様）	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
御社（グループ企業様）	(52)	19.2	11.5	26.9	11.5	7.7	9.6	9.6	3.8	0.0
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後も取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE013]

Q12S3 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[3位/番目]

	全体	AIの精度、性能	導入費用	コスト削減への貢献	システム維持運用の費用	売上拡大への貢献	利用者（ユーザー）の反応が良い	導入後の精度向上が可能	システム維持運用の容易さ	その他
全体	(52)	5.8	9.6	26.9	9.6	7.7	15.4	13.5	9.6	1.9
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(52)	5.8	9.6	26.9	9.6	7.7	15.4	13.5	9.6	1.9
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
利用に向けて検討を進めている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
これから検討をする予定である	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後もし取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE014]

Q13 自社業務に「AI技術の実証実験をしたが現在は取り組んでいない」とお答えの方にお尋ねします。御社がAI（人工知能）技術を業務へ実導入されなかった理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	導入後の学習、精度向上が困難であった、そのコストに見合わなかった	AIの精度が低かった、学習してみないと精度がわからなかった	利用者が使いこなせなかった	維持コストが高かった、維持に手間がかかった	データの蓄積や外部からの入手が困難であった	データの整備が困難であった	システム運用担当者が使いこなせなかった	法制度や規制が整備されていない	その他【】
全体	(11)	45.5	27.3	9.1	27.3	0.0	36.4	0.0	0.0	18.2
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	45.5	27.3	9.1	27.3	0.0	36.4	0.0	0.0	18.2
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
利用に向けて検討を進めている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
これから検討をする予定である	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後もし取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE015]

Q14 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討される際に、導入における課題となりそうな点としてあてはまるものをすべてお選びください。

	全体	自社内にAIについての理解が不足している	導入効果を得られるか不安である	導入費用が高い	AI人材が不足している	手軽に利用できるAIのサービスや製品がない	運用費用が高い	AIの導入事例が不足している	学習データを保有・蓄積していない	学習データの整備が困難である	経営者の理解が得られない	社内関係者の理解が得られない	利用できそうな業務がない	AI技術の信頼性がない	顧客・取引先にAIについての理解が不足している	その他【】	あてはまるものはない／特に課題は感じていない
全体	(199)	45.2	48.7	46.2	58.8	21.1	33.7	36.2	36.2	29.6	11.1	18.1	7.5	4.5	2.5	1.0	4.0
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
すでに導入している	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	42.9	44.3	47.1	64.3	20.0	32.9	42.9	40.0	41.4	7.1	14.3	2.9	5.7	1.4	0.0	7.1
利用に向けて検討を進めている	(39)	51.3	51.3	46.2	61.5	28.2	35.9	28.2	38.5	33.3	12.8	17.9	12.8	2.6	2.6	2.6	2.6
これから検討をする予定である	(90)	44.4	51.1	45.6	53.3	18.9	33.3	34.4	32.2	18.9	13.3	21.1	8.9	4.4	3.3	1.1	2.2
関心はあるがまだ特に予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
今後もし取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE016]

Q15 自社業務に「AI技術導入を今後もし取り組む予定はない」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討されない理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	利用でき そうな業 務がない	自社内に AIについ ての理解 が不足し ている	時期尚早 である	AI人材が 不足して いる	導入効果 が得られ るか不安 である	既存のシ ステムや 仕組みを 変える必 要がない	導入費用 が高い	運用費用 が高い	手軽に利 用できる AIのサー ビスや製 品がない	AIの導入 事例が不 足してい る	経営者の 理解が得 られない	学習デー タを保有 ・蓄積し ていない	社内関係 者の理解 が得られ ない	顧客・取 引先にAI についての 理解が不 足してい る	AI技術を 信頼でき ない	その他【 】
全体	(16)	43.8	43.8	25.0	18.8	25.0	6.3	37.5	25.0	6.3	12.5	6.3	0.0	18.8	0.0	0.0	6.3
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している 現在実証実験（PoC）を行っている 過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない 利用に向けて検討を進めている これから検討をする予定である 関心はあるがまだ特に予定はない 今後も取り組む予定はない	(0) (0) (0) (0) (0) (0) (16)	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 43.8	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 43.8	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 25.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 18.8	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 6.3	37.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 37.5	25.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 25.0	6.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 6.3	12.5 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 12.5	6.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 6.3	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	18.8 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 18.8	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	6.3 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 6.3

[PTABLE017]

Q16S1 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選  
びください。

[AIに理解がある経営・マネジメント層]

	全体	十分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	6.6	32.8	55.7	4.8	
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している 現在実証実験（PoC）を行っている 過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない 利用に向けて検討を進めている これから検討をする予定である 関心はあるがまだ特に予定はない 今後も取り組む予定はない	(115) (52) (11) (70) (39) (90) (16)	13.0 1.9 0.0 7.1 2.6 4.4 0.0	42.6 34.6 18.2 35.7 30.8 24.4 6.3	43.5 63.5 81.8 55.7 61.5 65.6 31.3	0.9 0.0 0.0 1.4 5.1 5.6 62.5

[PTABLE018]

Q16S2 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選  
びください。

[AIを活用した製品・サービスを企画できるAI事業企画]

	全体	十分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	0.8	15.0	72.5	11.7	
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している 現在実証実験（PoC）を行っている 過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない 利用に向けて検討を進めている これから検討をする予定である 関心はあるがまだ特に予定はない 今後も取り組む予定はない	(115) (52) (11) (70) (39) (90) (16)	2.6 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	25.2 15.4 0.0 11.4 12.8 10.0 0.0	67.0 78.8 81.8 81.4 76.9 73.3 31.3	5.2 5.8 18.2 7.1 10.3 16.7 68.8

[PTABLE019]

Q16S3 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選  
びください。

[先端的なAIアルゴリズムを開発したり、学術論文を書けるAI研究者]

	全体	十分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない	
全体	(393)	1.3	8.1	50.9	39.7	
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している 現在実証実験（PoC）を行っている 過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない 利用に向けて検討を進めている これから検討をする予定である 関心はあるがまだ特に予定はない 今後も取り組む予定はない	(115) (52) (11) (70) (39) (90) (16)	2.6 0.0 0.0 0.0 0.0 2.2 0.0	19.1 5.8 0.0 7.1 2.6 1.1 0.0	47.0 69.2 45.5 55.7 46.2 50.0 18.8	31.3 25.0 54.5 37.1 51.3 46.7 81.3

[PTABLE020]

Q16S4 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIを活用したソフトウェアやシステムをインストールできるAI開発者]

		全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体		(393)	1.0	13.7	62.8	22.4
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	すでに導入している	(115)	2.6	25.2	55.7	16.5
	現在実証実験(PoC)を行っている	(52)	0.0	19.2	71.2	9.6
	過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	0.0	0.0	54.5	45.5
	では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	0.0	12.9	70.0	17.1
	利用に向けて検討を進めている	(39)	0.0	7.7	64.1	28.2
	これから検討をする予定である	(90)	1.1	3.3	70.0	25.6
	関心はあるがまだ特に予定はない	(16)	0.0	0.0	18.8	81.3

[PTABLE021]

Q16S5 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIツールでデータ分析を行い、自社の事業に活かせる従業員]

		全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体		(393)	0.5	15.0	77.9	6.6
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	すでに導入している	(115)	1.7	30.4	67.0	0.9
	現在実証実験(PoC)を行っている	(52)	0.0	11.5	88.5	0.0
	過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	0.0	0.0	100.0	0.0
	では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	0.0	11.4	84.3	4.3
	利用に向けて検討を進めている	(39)	0.0	10.3	79.5	10.3
	これから検討をする予定である	(90)	0.0	6.7	84.4	8.9
	関心はあるがまだ特に予定はない	(16)	0.0	0.0	37.5	62.5

[PTABLE022]

Q16S6 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員]

		全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体		(393)	0.8	16.5	77.9	4.8
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	すでに導入している	(115)	2.6	29.6	67.0	0.9
	現在実証実験(PoC)を行っている	(52)	0.0	13.5	86.5	0.0
	過去に検討・導入または実証実験(PoC)を行ったが現在は取り組んでいない	(11)	0.0	0.0	100.0	0.0
	では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(70)	0.0	17.1	80.0	2.9
	利用に向けて検討を進めている	(39)	0.0	15.4	82.1	2.6
	これから検討をする予定である	(90)	0.0	6.7	87.8	5.6
	関心はあるがまだ特に予定はない	(16)	0.0	0.0	37.5	62.5

[PTABLE023]

Q17 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）技術に解決を期待したい社会的課題として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	人手不足の解消	ホワイトカラーの労働生産性向上	単純作業から高付加価値業務へのシフト	ベテランからの技術の継承	ものづくりのオートメーション化	防犯、セキュリティの向上	運輸・運送の自動化	医療やヘルスケアの高度化	交通の最適化	物的資源の適正利用、適正配備	行政サービスのスピードと品質の向上	資源の有効利用	防災	高齢者向けサービスの維持・向上	日本らしい良質なサービスの普及	その他【 】	あてはまるものはない/AI技術に期待することはない
全体	(393)	58.8	46.1	54.2	52.2	37.7	21.1	27.2	21.9	17.3	26.0	17.6	28.8	22.6	14.0	18.1	1.5	0.8
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(115)	67.8	60.0	71.3	66.1	49.6	28.7	37.4	28.7	25.2	34.8	20.9	36.5	32.2	21.7	22.6	2.6	0.0
すでに導入している	(52)	69.2	42.3	63.5	63.5	48.1	15.4	36.5	17.3	19.2	17.3	11.5	15.4	11.5	9.6	11.5	1.9	0.0
現在実証実験（PoC）を行っている	(11)	63.6	45.5	72.7	27.3	18.2	18.2	9.1	18.2	0.0	18.2	9.1	27.3	9.1	0.0	27.3	0.0	0.0
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	50.0	44.3	47.1	44.3	38.6	11.4	17.1	17.1	12.9	21.4	17.1	35.7	18.6	11.4	20.0	0.0	2.9
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	56.4	35.9	48.7	53.8	35.9	20.5	23.1	28.2	23.1	25.6	28.2	25.6	30.8	20.5	12.8	2.6	0.0
利用に向けて検討を進めている	(90)	51.1	38.9	41.1	40.0	22.2	23.3	22.2	16.7	10.0	26.7	14.4	25.6	16.7	8.9	16.7	1.1	1.1
これから検討をする予定である	(16)	43.8	31.3	6.3	31.3	18.8	18.8	18.8	25.0	12.5	12.5	12.5	12.5	31.3	6.3	12.5	0.0	0.0
関心はあるがまだ特に予定はない																		
今後もしも取り組む予定はない																		

[PTABLE024]

Q18 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）に対して現在感じている懸念として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	精度や信頼性が不明確	責任の所在が不明確	動作や判断の根拠を説明できない	安全性に不安	AIによる情報セキュリティ上の攻撃が発生	法制度がAIに合っていない	人の雇用に影響を与える	その他【 】	ない
全体	(393)	61.3	32.6	47.8	19.1	20.1	18.8	9.4	2.8	9.9
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(115)	61.7	29.6	53.0	10.4	13.9	20.9	5.2	7.0	11.3
すでに導入している	(52)	76.9	32.7	55.8	13.5	17.3	13.5	5.8	0.0	5.8
現在実証実験（PoC）を行っている	(11)	72.7	18.2	54.5	18.2	36.4	27.3	27.3	0.0	9.1
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	61.4	27.1	44.3	15.7	20.0	15.7	4.3	1.4	11.4
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	64.1	33.3	46.2	25.6	28.2	28.2	10.3	2.6	5.1
利用に向けて検討を進めている	(90)	54.4	43.3	44.4	28.9	22.2	15.6	16.7	1.1	8.9
これから検討をする予定である	(16)	31.3	25.0	18.8	43.8	31.3	25.0	18.8	0.0	25.0
関心はあるがまだ特に予定はない										
今後もしも取り組む予定はない										

[PTABLE025]

Q19 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（略称：NEDO）は人工知能の技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発、民間において行われる研究開発を促進するため、委託・補助・助成事業による支援を行っています。こうしたNEDOの事業について、御社のお考えをお聞かせください。

	全体	既に活用している	現在、活用を検討している	委託・補助・助成事業の新たな公募があれば活用を検討したい	活用は考えていない
全体	(393)	6.6	1.8	43.5	48.1
Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）	(115)	12.2	1.7	52.2	33.9
すでに導入している	(52)	7.7	1.9	50.0	40.4
現在実証実験（PoC）を行っている	(11)	0.0	0.0	63.6	36.4
過去に検討・導入または実証実験（PoC）を行ったが現在は取り組んでいない	(70)	4.3	2.9	54.3	38.6
では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的	(39)	2.6	2.6	51.3	43.6
利用に向けて検討を進めている	(90)	3.3	1.1	22.2	73.3
これから検討をする予定である	(16)	6.3	0.0	0.0	93.8
関心はあるがまだ特に予定はない					
今後もしも取り組む予定はない					

[PTABLE026]

GYOSHU 業種区分

		全体	プロセス 製造業	加工組立 製造業	サービス 業	流通業	金融業
全体		(393)	26.5	23.7	30.0	15.3	4.6
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している	(115)	24.3	20.9	34.8	13.0	7.0
	現在実証実験（PoC）を行っている	(52)	30.8	26.9	21.2	15.4	5.8
	過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない	(11)	9.1	9.1	63.6	9.1	9.1
	利用に向けて検討を進めている	(70)	34.3	25.7	27.1	10.0	2.9
	これから検討をする予定である	(39)	30.8	30.8	23.1	12.8	2.6
	関心はあるがまだ特に予定はない	(90)	21.1	23.3	27.8	25.6	2.2
	今後もしも取り組む予定はない	(16)	25.0	18.8	43.8	6.3	6.3

[PTABLE027]

Q5a AI（人工知能）技術導入および利活用の目的：大分類

		全体	イノベ ション関 係	事業改 革・高度 化関係	業務改善 関係	その他
全体		(377)	37.1	63.7	92.6	1.3
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している	(115)	48.7	74.8	93.9	1.7
	現在実証実験（PoC）を行っている	(52)	40.4	50.0	94.2	0.0
	過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない	(11)	36.4	54.5	90.9	0.0
	利用に向けて検討を進めている	(70)	32.9	70.0	88.6	2.9
	これから検討をする予定である	(39)	20.5	66.7	89.7	0.0
	関心はあるがまだ特に予定はない	(90)	31.1	52.2	94.4	1.1
	今後もしも取り組む予定はない	(0)	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE028]

NQ5b AI（人工知能）技術導入および利活用の目的：ターゲット

		全体	ターゲッ ト：イノ ベシヨ ン関係	ターゲッ ト：事業 改革・高 度化関係	ターゲッ ト：業務 改善	非該当 (AI導入 の予定な し)
全体		(393)	35.6	33.6	26.7	4.1
Q4 御社（グ ループ企業様 の場合はグ ループ全体） では現在、事 業や業務改善 など何らかの 業務上目的	すでに導入している	(115)	48.7	31.3	20.0	0.0
	現在実証実験（PoC）を行っている	(52)	40.4	21.2	38.5	0.0
	過去に検討・導入または実証実験（PoC）を 行ったが現在は取り組んでいない	(11)	36.4	27.3	36.4	0.0
	利用に向けて検討を進めている	(70)	32.9	42.9	24.3	0.0
	これから検討をする予定である	(39)	20.5	51.3	28.2	0.0
	関心はあるがまだ特に予定はない	(90)	31.1	35.6	33.3	0.0
	今後もしも取り組む予定はない	(16)	0.0	0.0	0.0	100.0

[PTABLE001]

Q2 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「売上規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

		全体	50億円未 満	50億円～ 100億円 未満	100億円 ～300億 円未満	300億円 ～500億 円未満	500億円 ～1,000 億円未満	1,000億 円以上
全体		(393)	10.4	9.2	18.8	15.0	10.2	36.4
業種区分	プロセス製造業	(104)	5.8	6.7	20.2	15.4	13.5	38.5
	加工組立製造業	(93)	7.5	10.8	24.7	15.1	9.7	32.3
	サービス業	(118)	18.6	13.6	17.8	9.3	9.3	31.4
	流通業	(60)	3.3	5.0	15.0	26.7	10.0	40.0
	金融業	(18)	22.2	0.0	0.0	11.1	0.0	66.7

[PTABLE002]

Q3 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の「常時従業員数規模」として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

※パート・アルバイトなども含めた人数でお答えください。

		全体	100人未 満	100～299 人	300～499 人	500～999 人	1,000～ 2,999人	3,000人 以上
全体		(393)	6.1	14.0	8.1	20.4	20.6	30.8
業種区分	プロセス製造業	(104)	4.8	12.5	8.7	21.2	20.2	32.7
	加工組立製造業	(93)	2.2	12.9	8.6	23.7	17.2	35.5
	サービス業	(118)	11.9	19.5	7.6	19.5	24.6	16.9
	流通業	(60)	1.7	8.3	8.3	20.0	18.3	43.3
	金融業	(18)	11.1	11.1	5.6	5.6	22.2	44.4

[PTABLE003]

Q4 御社（グループ企業様の場合はグループ全体）では現在、事業や業務改善など何らかの業務上目的で、AI（人工知能）技術を導入または利活用されていますか。最もあてはまるものをひとつだけお選びください。

		全体	すでに導 入してい る	現在実証 実験 (PoC)を 行ってい る	過去に検 討・導入 または実 証実験 (PoC)を 行ったが 現在は取 り組んで いない	利用に向 けて検討 を進めて いる	これから 検討をす る予定で ある	関心はあ るがまだ 特に予定 はない	今後も取 り組む予 定はない
全体		(393)	29.3	13.2	2.8	17.8	9.9	22.9	4.1
業種区分	プロセス製造業	(104)	26.9	15.4	1.0	23.1	11.5	18.3	3.8
	加工組立製造業	(93)	25.8	15.1	1.1	19.4	12.9	22.6	3.2
	サービス業	(118)	33.9	9.3	5.9	16.1	7.6	21.2	5.9
	流通業	(60)	25.0	13.3	1.7	11.7	8.3	38.3	1.7
	金融業	(18)	44.4	16.7	5.6	11.1	5.6	11.1	5.6

[PTABLE004]

Q5 自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用の目的として、あてはまるものをすべてお選びください。

※既に導入済み・利活用中の目的についても、併せてお選びください※

		全体	新サービ スの創出	新製品の 創出	既存サー ビスの高 度化、付 加価値向 上	既存製品 の高度 化、付加 価値向上	集客効果 の向上	熟練技術 者のスキル の継承	業務効率 化による 業務負担 の軽減	品質向上 （不良品 低減、品 質安定 化）	ヒューマ ンエラー の低減、 撲滅	人件費の 削減	労働力不 足への対 策	生産性向 上（自動 化・機械 化の推 進）	セキュリ ティの強 化	廃業ロス 等の無駄 の削減	その他【 】
全体		(377)	27.9	20.2	38.5	26.3	13.0	31.8	66.8	46.4	52.0	40.6	37.4	69.2	14.3	12.5	1.3
業種区分	プロセス製造業	(100)	13.0	23.0	23.0	29.0	4.0	45.0	70.0	65.0	58.0	45.0	44.0	79.0	12.0	18.0	2.0
	加工組立製造業	(90)	30.0	32.2	33.3	36.7	6.7	38.9	58.9	63.3	53.3	27.8	33.3	76.7	16.7	13.3	1.1
	サービス業	(111)	35.1	15.3	48.6	20.7	16.2	25.2	65.8	31.5	49.5	43.2	32.4	62.2	15.3	3.6	0.9
	流通業	(59)	32.2	10.2	49.2	16.9	28.8	15.3	76.3	25.4	49.2	50.8	45.8	57.6	13.6	20.3	1.7
	金融業	(17)	41.2	5.9	52.9	23.5	23.5	17.6	64.7	17.6	35.3	29.4	23.5	58.8	11.8	5.9	0.0

[PTABLE005]

Q6 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術導入および利活用を検討されている業務分野として、あてはまるものをすべてお選びください。  
※既に導入済み・利活用中の業務分野についても、併せてお選びください※

		全体	接客サービス	営業・マーケティング	コーポレート・センター・問い合わせ対応	社内業務・一般業務	AIを搭載した製品の開発	製造工程、製造設備でのAI活用	ロジスティクス・調達・物流	保全・メンテナンス	検査・検品	情報セキュリティ	警備・防犯	人事・採用	データ分析の高度化	その他【】
全体		(377)	10.3	28.9	18.6	50.1	24.9	41.4	15.9	27.3	35.8	17.2	4.8	15.4	48.5	3.7
業種区分	プロセス製造業	(100)	5.0	23.0	10.0	43.0	9.0	73.0	16.0	30.0	53.0	15.0	3.0	8.0	48.0	5.0
	加工組立製造業	(90)	7.8	25.6	14.4	45.6	45.6	63.3	17.8	43.3	57.8	16.7	5.6	17.8	48.9	0.0
	サービス業	(111)	10.8	25.2	18.9	54.1	30.6	18.0	6.3	18.0	12.6	17.1	6.3	14.4	46.8	5.4
	流通業	(59)	20.3	44.1	28.8	62.7	11.9	10.2	33.9	20.3	23.7	22.0	5.1	23.7	49.2	1.7
	金融業	(17)	17.6	52.9	52.9	47.1	17.6	0.0	5.9	11.8	11.8	17.6	0.0	23.5	58.8	11.8

[PTABLE006]

Q7 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用において、検討している（もしくは利活用している）AI技術内容として、あてはまるものをすべてお選びください。

		全体	機械学習（ディープラーニングではないもの）	ディープラーニング（深層学習）	データ分析技術	自然言語処理（テキストマイニング）	情報フィードバック	機械翻訳	情報検索（検索エンジン）	音声認識	画像認識（静止画処理）	画像認識（動画処理）	診断技術（異常、故障検知など）	予測技術（需要、売上など）	機械の自動制御（ロボットを除く）	工業ロボット	サービスロボット	チャットボット・AI対話・アバター	自動取引（株、資産運用など）	RPA（AI技術を使っているもの）	AI OCR（画像認識技術を使った高度な文字認識）	その他【】
全体		(377)	32.4	41.4	52.0	20.2	13.0	13.0	18.0	18.0	41.9	33.2	33.4	29.7	21.2	13.5	7.7	32.4	0.8	37.7	31.6	1.3
業種区分	プロセス製造業	(100)	32.0	38.0	57.0	19.0	11.0	13.0	18.0	15.0	46.0	38.0	46.0	26.0	31.0	25.0	2.0	22.0	0.0	39.0	31.0	1.0
	加工組立製造業	(90)	40.0	51.1	54.4	22.2	13.3	20.0	26.7	15.6	54.4	33.3	48.9	30.0	37.8	17.8	10.0	23.3	1.1	32.2	25.6	0.0
	サービス業	(111)	32.4	40.5	47.7	17.1	16.2	8.1	12.6	21.6	42.3	35.1	23.4	27.0	9.0	4.5	12.6	41.4	0.9	36.9	30.6	2.7
	流通業	(59)	16.9	33.9	47.5	16.9	8.5	8.5	13.6	18.6	22.0	28.8	15.3	37.3	6.8	8.5	6.8	42.4	0.0	49.2	35.6	1.7
	金融業	(17)	47.1	41.2	52.9	47.1	17.6	23.5	23.5	23.5	17.6	5.9	5.9	41.2	5.9	0.0	0.0	47.1	5.9	23.5	58.8	0.0

[PTABLE007]

Q8 引き続き、自社業務におけるAI技術導入検討へ関心をお持ちの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入および利活用において、検討している（もしくは実際に費やした）AI技術導入予算として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

		全体	100万円未満	100万円～500万円未満	500万円～1,000万円未満	1,000万円～5,000万円未満	5,000万円～1億円未満	1億円～5億円未満	5億円以上	未定、分からない	回答しない
全体		(377)	4.0	9.3	8.0	11.9	4.2	3.7	3.4	44.8	10.6
業種区分	プロセス製造業	(100)	7.0	10.0	7.0	12.0	5.0	5.0	3.0	44.0	7.0
	加工組立製造業	(90)	1.1	10.0	8.9	18.9	2.2	1.1	6.7	38.9	12.2
	サービス業	(111)	3.6	8.1	9.9	9.9	5.4	5.4	1.8	46.8	9.0
	流通業	(59)	5.1	10.2	5.1	5.1	1.7	3.4	1.7	50.8	16.9
	金融業	(17)	0.0	5.9	5.9	11.8	11.8	0.0	5.9	47.1	11.8

[PTABLE008]

Q9 自社業務に「AI技術を導入済み」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入の効果を現状どのように評価されていますか。あてはまるものをひとつだけお選びください。

		全体	期待通りの効果が出た	どちらともいえない	期待外れ	導入したばかりのためまだ効果がわからない	効果を測定していない
全体		(115)	42.6	27.0	0.0	27.0	3.5
業種区分	プロセス製造業	(28)	28.6	32.1	0.0	32.1	7.1
	加工組立製造業	(24)	62.5	16.7	0.0	16.7	4.2
	サービス業	(40)	50.0	25.0	0.0	22.5	2.5
	流通業	(15)	26.7	40.0	0.0	33.3	0.0
	金融業	(8)	25.0	25.0	0.0	50.0	0.0

[PTABLE009]

Q10 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術を将来的に業務導入したい時期として、あてはまるものをひとつだけお選びください。

		全体	半年以内 (2021年 内まで)	1年以内 (2022年 中旬頃ま で)	2年以上 (2023年 頃まで)	未定	わから ない
全体		(199)	2.0	12.6	15.1	59.3	11.1
業種区分	プロセス製造業	(55)	5.5	20.0	9.1	54.5	10.9
	加工組立製造業	(51)	0.0	9.8	21.6	60.8	7.8
	サービス業	(53)	0.0	11.3	18.9	56.6	13.2
	流通業	(35)	2.9	8.6	8.6	65.7	14.3
	金融業	(5)	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0

[PTABLE010]

Q11 自社業務に「AI技術を導入済み」または「実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社におけるAI（人工知能）技術導入について、導入時における課題としてあてはまるものをすべてお選びください。

		全体	導入後の 学習、精 度向上が 困難であ る、その コストが かかる	AIの精度 が低い、 学習して みないと 精度がわ からない	利用者が 使いこな せない	維持コス トが高 い、維持 に手間が かかる	データの 蓄積や外 部からの 入手が困 難である	データの 整備が困 難である	システム 運用担当 者が使い こなせない	法制度や 規制が整 備されて いない	その他【 】	特に課題 はない
全体		(167)	32.3	50.3	29.3	32.9	29.9	40.1	13.2	8.4	7.8	9.6
業種区分	プロセス製造業	(44)	34.1	52.3	43.2	34.1	25.0	27.3	20.5	6.8	4.5	6.8
	加工組立製造業	(38)	34.2	57.9	23.7	31.6	39.5	42.1	18.4	13.2	10.5	10.5
	サービス業	(51)	33.3	47.1	23.5	33.3	25.5	41.2	5.9	9.8	9.8	7.8
	流通業	(23)	26.1	39.1	30.4	21.7	30.4	52.2	13.0	0.0	4.3	17.4
	金融業	(11)	27.3	54.5	18.2	54.5	36.4	54.5	0.0	9.1	9.1	9.1

[PTABLE011]

Q12S1 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[1位/番目]

		全体	AIの精 度、性能	導入費用	コスト削 減への貢 献	システム 維持運用 の費用	売上拡大 への貢献	利用者 (ユー ザー)の 反応が良 い	導入後の 精度向上 が可能	システム 維持運用 の容易さ	その他
全体		(52)	34.6	21.2	13.5	1.9	7.7	7.7	13.5	0.0	0.0
業種区分	プロセス製造業	(16)	43.8	31.3	12.5	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0
	加工組立製造業	(14)	35.7	14.3	7.1	0.0	7.1	14.3	21.4	0.0	0.0
	サービス業	(11)	18.2	27.3	27.3	0.0	0.0	18.2	9.1	0.0	0.0
	流通業	(8)	50.0	12.5	0.0	12.5	12.5	0.0	12.5	0.0	0.0
	金融業	(3)	0.0	0.0	33.3	0.0	66.7	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE012]

Q12S2 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。

[2位/番目]

		全体	AIの精 度、性能	導入費用	コスト削 減への貢 献	システム 維持運用 の費用	売上拡大 への貢献	利用者 (ユー ザー)の 反応が良 い	導入後の 精度向上 が可能	システム 維持運用 の容易さ	その他
全体		(52)	19.2	11.5	26.9	11.5	7.7	9.6	9.6	3.8	0.0
業種区分	プロセス製造業	(16)	25.0	6.3	25.0	0.0	6.3	12.5	18.8	6.3	0.0
	加工組立製造業	(14)	7.1	14.3	35.7	14.3	7.1	0.0	14.3	7.1	0.0
	サービス業	(11)	27.3	9.1	9.1	18.2	18.2	18.2	0.0	0.0	0.0
	流通業	(8)	0.0	25.0	50.0	12.5	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0
	金融業	(3)	66.7	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE013]

Q12S3 自社の業務に「AI技術導入を実証実験中」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の実証実験終了後、実際に業務へ導入するかどうかを判断される際に重視されるポイントとして、あてはまるものを上位から3つお選びください。  
[3位/番目]

	全体	AIの精度、性能	導入費用	コスト削減への貢献	システム維持運用の費用	売上拡大への貢献	利用者（ユーザー）の反応が良い	導入後の精度向上が可能	システム維持運用の容易さ	その他
全体	(52)	5.8	9.6	26.9	9.6	7.7	15.4	13.5	9.6	1.9
業種区分										
プロセス製造業	(16)	12.5	18.8	50.0	6.3	0.0	6.3	0.0	6.3	0.0
加工組立製造業	(14)	0.0	7.1	7.1	14.3	21.4	21.4	7.1	14.3	7.1
サービス業	(11)	9.1	9.1	18.2	0.0	0.0	18.2	36.4	9.1	0.0
流通業	(8)	0.0	0.0	37.5	25.0	12.5	12.5	0.0	12.5	0.0
金融業	(3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3	66.7	0.0	0.0

[PTABLE014]

Q13 自社業務に「AI技術の実証実験をしたが現在は取り組んでいない」とお答えの方にお尋ねします。御社がAI（人工知能）技術を業務へ実導入されなかった理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	導入後の学習、精度向上が困難であった、そのコストに見合わなかった	AIの精度が低かった、学習してみないと精度がわからなかった	利用者が使いこなせなかった	維持コストが高かった、維持に手間がかかった	データの蓄積や外部からの入手が困難であった	データの整備が困難であった	システム運用担当者が使いこなせなかった	法制度や規制が整備されていない	その他【】
全体	(11)	45.5	27.3	9.1	27.3	0.0	36.4	0.0	0.0	18.2
業種区分										
プロセス製造業	(1)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
加工組立製造業	(1)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
サービス業	(7)	42.9	14.3	14.3	28.6	0.0	42.9	0.0	0.0	28.6
流通業	(1)	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
金融業	(1)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE015]

Q14 自社業務に「AI技術導入を検討中、検討予定または関心はある」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討される際に、導入における課題となりそうな点としてあてはまるものをすべてお選びください。

	全体	自社内にAIについての理解が不足している	導入効果を得られず不安である	導入費用が高い	AI人材が不足している	手軽に利用できるAIのサービスや製品がない	運用費用が高い	AIの導入事例が不足している	学習データを保有・蓄積していない	学習データの整備が困難である	経営者の理解が得られない	社内関係者の理解が得られない	利用できそうな業務がない	AI技術を信頼できない	顧客・取引先にAIについての理解が不足している	その他【】	あてはまるものはない／特に課題は感じていない
全体	(199)	45.2	48.7	46.2	58.8	21.1	33.7	36.2	36.2	29.6	11.1	18.1	7.5	4.5	2.5	1.0	4.0
業種区分																	
プロセス製造業	(55)	54.5	52.7	52.7	65.5	30.9	32.7	38.2	40.0	36.4	10.9	18.2	3.6	7.3	3.6	0.0	3.6
加工組立製造業	(51)	49.0	39.2	37.3	58.8	15.7	23.5	33.3	41.2	29.4	5.9	11.8	7.8	3.9	2.0	3.9	5.9
サービス業	(53)	41.5	47.2	41.5	54.7	18.9	35.8	35.8	39.6	34.0	11.3	22.6	11.3	5.7	1.9	0.0	3.8
流通業	(35)	34.3	57.1	57.1	60.0	14.3	48.6	37.1	14.3	14.3	17.1	20.0	5.7	0.0	2.9	0.0	2.9
金融業	(5)	20.0	60.0	40.0	20.0	40.0	20.0	40.0	60.0	20.0	20.0	20.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE016]

Q15 自社業務に「AI技術導入を今後でも取り組む予定はない」とお答えの方にお尋ねします。御社においてAI（人工知能）技術の業務導入を検討されない理由として、あてはまるものをすべてお選びください。

	全体	利用でき そうな業 務がない	自社内に AIについ ての理解 が不足し ている	時期尚早 である	AI人材が 不足して いる	導入効果 が得られ るか不安 である	既存のシ ステムや 仕組みを 変える必 要がない	導入費用 が高い	運用費用 が高い	手軽に利 用できる AIのサー ビスや製 品がない	AIの導入 事例が不 足してい る	経営者の 理解が得 られない	学習デー タを保 有・蓄積 していな い	社内関係 者の理解 が得られ ない	顧客・取 引先にAI について の理解が 不足して いる	AI技術を 信頼でき ない	その他【 】
全体	(16)	43.8	43.8	25.0	18.8	25.0	6.3	37.5	25.0	6.3	12.5	6.3	0.0	18.8	0.0	0.0	6.3
業種区分																	
プロセス製造業	(4)	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	25.0
加工組立製造業	(3)	33.3	33.3	0.0	0.0	33.3	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
サービス業	(7)	57.1	57.1	42.9	28.6	28.6	14.3	71.4	57.1	14.3	14.3	0.0	0.0	28.6	0.0	0.0	0.0
流通業	(1)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
金融業	(1)	100.0	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

[PTABLE017]

Q16S1 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIに理解がある経営・マネジメント層]

	全体	充分にい る	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体	(393)	6.6	32.8	55.7	4.8
業種区分					
プロセス製造業	(104)	6.7	24.0	62.5	6.7
加工組立製造業	(93)	5.4	40.9	52.7	1.1
サービス業	(118)	7.6	34.7	51.7	5.9
流通業	(60)	8.3	33.3	55.0	3.3
金融業	(18)	0.0	27.8	61.1	11.1

[PTABLE018]

Q16S2 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIを活用した製品・サービスを企画できるAI事業企画]

	全体	充分にい る	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体	(393)	0.8	15.0	72.5	11.7
業種区分					
プロセス製造業	(104)	0.0	10.6	72.1	17.3
加工組立製造業	(93)	1.1	12.9	79.6	6.5
サービス業	(118)	0.8	17.8	70.3	11.0
流通業	(60)	1.7	20.0	66.7	11.7
金融業	(18)	0.0	16.7	72.2	11.1

[PTABLE019]

Q16S3 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[先端的なAIアルゴリズムを開発したり、学術論文を書けるAI研究者]

	全体	充分にい る	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体	(393)	1.3	8.1	50.9	39.7
業種区分					
プロセス製造業	(104)	0.0	4.8	57.7	37.5
加工組立製造業	(93)	0.0	14.0	61.3	24.7
サービス業	(118)	2.5	9.3	42.4	45.8
流通業	(60)	3.3	3.3	43.3	50.0
金融業	(18)	0.0	5.6	38.9	55.6

[PTABLE020]

Q16S4 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIを活用したソフトウェアやシステムを実装できるAI開発者]

		全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体		(393)	1.0	13.7	62.8	22.4
業種区分	プロセス製造業	(104)	0.0	10.6	64.4	25.0
	加工組立製造業	(93)	1.1	17.2	71.0	10.8
	サービス業	(118)	0.8	14.4	59.3	25.4
	流通業	(60)	3.3	15.0	56.7	25.0
	金融業	(18)	0.0	5.6	55.6	38.9

[PTABLE021]

Q16S5 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[AIツールでデータ分析を行い、自社の事業に活かせる従業員]

		全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体		(393)	0.5	15.0	77.9	6.6
業種区分	プロセス製造業	(104)	0.0	14.4	79.8	5.8
	加工組立製造業	(93)	1.1	10.8	84.9	3.2
	サービス業	(118)	0.0	17.8	72.0	10.2
	流通業	(60)	1.7	18.3	75.0	5.0
	金融業	(18)	0.0	11.1	77.8	11.1

[PTABLE022]

Q16S6 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）における「AI（人工知能）技術の導入や利活用に関連する人材」について、以下に挙げるそれぞれの過不足状況として、あてはまるものをひとつずつお選びください。

[現場の知見と基礎的AI知識を持ち、自社へのAI導入を推進できる従業員]

		全体	充分に いる	ある程度 いる	不足して いる	自社には 必要ない
全体		(393)	0.8	16.5	77.9	4.8
業種区分	プロセス製造業	(104)	0.0	18.3	77.9	3.8
	加工組立製造業	(93)	1.1	11.8	84.9	2.2
	サービス業	(118)	0.8	19.5	72.0	7.6
	流通業	(60)	1.7	13.3	80.0	5.0
	金融業	(18)	0.0	22.2	72.2	5.6

[PTABLE023]

Q17 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）技術に解決を期待したい社会的課題として、あてはまるものをすべてお選びください。

		全体	人手不足 の解消	ホワイト カラーの 労働生産 性向上	単純作業 から高付 加価値業 務へのシ フト	ベテラン の技術の 継承	ものづく りのオー トメー ション化	防犯、セ キュリ ティの向 上	運輸・運 送の自動 化	医療やへ ルスケア の高度化	交通の最 適化	物的資源 の適正利 用、適正 配備	行政サー ビスのス ピードと 品質の向 上	資源の有 効利用	防災	高齢者向 けサービ スの維持 ・向上	日本らし い良質な サービスの 普及	その他【 】	【 】	あてはま るものは ない/AI 技術に期 待するこ とはない
全体		(393)	58.8	46.1	54.2	52.2	37.7	21.1	27.2	21.9	17.3	26.0	17.6	28.8	22.6	14.0	18.1	1.5	0.8	
業種区分	プロセス製造業	(104)	66.3	49.0	48.1	69.2	61.5	13.5	30.8	20.2	12.5	33.7	12.5	31.7	21.2	7.7	15.4	1.9	0.0	
	加工組立製造業	(93)	44.1	39.8	53.8	52.7	50.5	23.7	22.6	23.7	20.4	25.8	16.1	32.3	22.6	16.1	18.3	0.0	1.1	
	サービス業	(118)	61.0	45.8	57.6	46.6	21.2	29.7	17.8	21.2	15.3	18.6	24.6	27.1	26.3	16.1	18.6	1.7	0.0	
	流通業	(60)	70.0	50.0	55.0	41.7	16.7	16.7	50.0	21.7	28.3	28.3	15.0	25.0	21.7	20.0	21.7	1.7	3.3	
	金融業	(18)	38.9	50.0	66.7	22.2	11.1	11.1	16.7	27.8	5.6	22.2	16.7	16.7	11.1	5.6	16.7	5.6	0.0	

[PTABLE024]

Q18 現在の御社（グループ企業様の場合はグループ全体）の目線から、AI（人工知能）に対して現在感じていらっしゃる懸念として、あてはまるものをすべてお選びください。

		全体	精度や信頼性が不明確	責任の所在が不明確	動作や判断の根拠を説明できない	安全性に不安	AIによる情報セキュリティ上の攻撃が発生	法制度がAIに合っていない	人の雇用に影響を与える	その他【ない】
全体		(393)	61.3	32.6	47.8	19.1	20.1	18.8	9.4	2.8
業種区分	プロセス製造業	(104)	67.3	34.6	51.9	18.3	24.0	17.3	6.7	1.9
	加工組立製造業	(93)	62.4	31.2	46.2	21.5	15.1	21.5	5.4	2.2
	サービス業	(118)	57.6	28.0	47.5	20.3	22.0	21.2	17.8	2.5
	流通業	(60)	56.7	40.0	45.0	16.7	18.3	16.7	5.0	3.3
	金融業	(18)	61.1	33.3	44.4	11.1	16.7	5.6	5.6	11.1

[PTABLE025]

Q19 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（略称：NEDO）は人工知能の技術に関し、民間の能力を活用して行う研究開発、民間において行われる研究開発を促進するため、委託・補助・助成事業による支援を行っています。こうしたNEDOの事業について、御社のお考えをお聞かせください。

		全体	既に活用している	現在、活用を検討している	委託・補助・助成事業の新たな公募があれば活用を検討したい	活用は考えていない
全体		(393)	6.6	1.8	43.5	48.1
業種区分	プロセス製造業	(104)	10.6	1.9	43.3	44.2
	加工組立製造業	(93)	8.6	2.2	50.5	38.7
	サービス業	(118)	4.2	1.7	44.1	50.0
	流通業	(60)	3.3	0.0	36.7	60.0
	金融業	(18)	0.0	5.6	27.8	66.7

[PTABLE026]

GYOUSHU 業種区分  
[業種区分]

		全体	プロセス製造業	加工組立製造業	サービス業	流通業	金融業
全体		(393)	26.5	23.7	30.0	15.3	4.6
業種区分	プロセス製造業	(104)	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	加工組立製造業	(93)	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
	サービス業	(118)	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
	流通業	(60)	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0
	金融業	(18)	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

[PTABLE027]

Q5a AI（人工知能）技術導入および利活用の目的：大分類

		全体	イノベーション関係	事業改革・高度化関係	業務改善関係	その他
全体		(377)	37.1	63.7	92.6	1.3
業種区分	プロセス製造業	(100)	31.0	61.0	95.0	2.0
	加工組立製造業	(90)	42.2	61.1	90.0	1.1
	サービス業	(111)	39.6	66.7	90.1	0.9
	流通業	(59)	33.9	67.8	96.6	1.7
	金融業	(17)	41.2	58.8	94.1	0.0

[PTABLE028]

N05b AI（人工知能）技術導入および利活用の目的：ターゲット

		全体	ターゲット：イノベーション関係	ターゲット：事業改革・高度化関係	ターゲット：業務改善	非該当 (AI導入の予定なし)
全体		(393)	35.6	33.6	26.7	4.1
業種区分	プロセス製造業	(104)	29.8	36.5	29.8	3.8
	加工組立製造業	(93)	40.9	29.0	26.9	3.2
	サービス業	(118)	37.3	33.1	23.7	5.9
	流通業	(60)	33.3	38.3	26.7	1.7
	金融業	(18)	38.9	27.8	27.8	5.6

人工知能(AI)技術分野における  
大局的な研究開発の  
アクションプラン・シンポジウム議事録

株式会社角川アスキー総合研究所

人工知能(AI)技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン・シンポジウム  
議事録

・開催日時：6月15日(火)09:30~12:00

・登壇者：

AI アクションプラン策定委員会 委員

札幌市立大学学長 中島秀之様 (委員長)

(東京大学先端科学技術研究センター教授 稲見昌彦様)

オムロンサイニックエックス株式会社 PI 株式会社 Ridge-i 取締役 CRO 牛久祥孝様

株式会社経営共創基盤共同経営者マネージングディレクター 川上登福様

(東京大学教授 松尾豊様)

株式会社 Preferred Networks PFN フェロー 丸山宏様

産業技術総合研究所 人工知能研究センター 副研究センター長 村川正宏様

アジェンダ

1. 開催にあたっての挨拶(新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI 部長 林成和様)
2. 来賓挨拶(経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 産業技術プロジェクト推進室長 高田和幸様)
3. アクションプランの紹介(新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI 部主幹 関澤和広様)
4. AI 実装動向調査結果の共有(AI アクションプラン策定委員会事務局)
5. トークセッション1：AI 技術の社会実装はどれほど進んだか(中島秀之様、牛久祥孝様、川上登福様、丸山宏様、村川正宏様、稲見昌彦様、松尾豊様)  
※稲見様、松尾様は欠席
6. トークセッション2：深層学習で日本はイニシアチブを取れるか(中島秀之様、牛久祥孝様、川上登福様、丸山宏様、村川正宏様、稲見昌彦様、松尾豊様)  
※稲見様、松尾様は欠席

議事メモ

1. 開催にあたっての挨拶(林成和様)
2. 来賓あいさつ(高田和幸様)
3. アクションプランの紹介(関澤和広様)  
例)

- ・記号推論と深層学習の結合による意味理解のための AI  
→2 階建て脳による理解
- ・無人搬送車(AGV)などのための環境認識技術の精度向上  
→今後安全に確実に荷物を届けるためには、多様なモダリティーを統合した環境認識技術の開発が必要となる。

#### 4. AI 実装動向調査結果の共有

#### 5. トークセッション 1- AI 技術の社会実装はどれほど進んだか

今までのシステムは自動化されて組み込まれて行っていたが、これからは組み込まれずインタラクティブな対話のようなシステムに変化していくのではないか。

教育と AI の絡みは非常に興味深いものとなっている。(中島様)

シミュレーションと機械学習をどのように組み合わせるか。演繹と帰納をうまく組み合わせると新しい領域が広がる。(丸山様)

材料開発と AI を掛け合わせ、開発速度を上げるというプロジェクトを実施している。演繹と帰納が今後の AI において非常に重要な意味を持つ。シミュレーションの結果(らしいもの)がすぐに出るようなシステムを作ることによって、即時に開発等に活かすことができる。言語化されているものと言語化されていないものを結びつけながら、AI が予測するべきであると考え(牛久様)

演繹と帰納という形でのシミュレーションが今後やりやすくなるのではないだろうか(川上様)

スモールデータ駆動、意味理解の AI、人と AI の関係性の多様化はそれぞれ関連しあうものである。メタの認知について AI が実現できるようになると、組み込まれない AI の核心となるのではないかと感じている。(村川様)

生活しないとわからないものをどのように教えるか。人の心のような AI は設計するのではなく、育てるものであると考えている。(丸山様)

人間とコラボレーションし、人とのインタラクションでより賢くなるような AI があれば今後の社会実装も進展するのではないだろうか。(牛久様)

・演繹×帰納はどのようにすべきなのか

→観察を人間がやるのか

→物理的な対象を観察した方がよい(丸山様)

→反例を見つけてくるというのはスモールデータでも問題ない。ダメそうな領域にスモールデータを用いて、どんどん反例を見つけてくる。(丸山様)

人間の価値をロボットに教えるのは大切だが、人間の価値はわからない部分があるということ  
ことをロボットに教える必要はある。(中島様)

価値観をはかる仕組み(選挙など)から学べることもあると思う(丸山様)

目的と領域を絞れば、一定の集合体としての価値観は出すことができると思う。(川上様)

→広告のリアルタイムビリング?などは値段で価値観をはかれる

自動運転についても全てできるようにすると汎用 AI と同様の問題が生じる。(牛久様)

・どこまで浸透したら社会浸透したといえるのか

→年月で言うと、まだまだかかる。場面ごとで見ると、既に社会浸透はしている。(牛久様)

・日本の産業は技術で勝って、事業で負けている。AI はそれでは成立しにくい。どのように事業にしてマネタイズするかは、まだまだ課題のある領域である。日本と比較して中国やインドは色んな PoC を細かくやっている。(川上様)

・日本はホワイトリスト方式、アメリカはブラックリスト方式での法律設計になっており、社会実装は他国と比較してどんどん遅れを取っていく可能性が高い。

## 6. トークセッション 2-深層学習で日本はイニシアチブを取れるか

・どのようなドメインで研究を始めるかが非常に難しい(中島様)

→対話ができることはかなり大事である。Google などでも翻訳はできるが、論理構造はできていない。言葉だけで論理展開をできるようにすることが今後望まれる。(中島様)

・プログラムではオチのあるものを作ることができない。(中島様)

・システム 1 か 2 かがわからない例はどのようなものか(丸山様)

→知識がないと錯視しないため、システム 1 とシステム 2 の間にある例ではないか(中島様)

・公平性には 2 種類ある。プロセスの公平性と結果の公平性

環境を認識するという理解

・ AI に環境を認識させることはそもそも必要なのか。

→特定の領域のみを対象にした AI ならば、環境を認識させ経験学習する必要は、必ずしもないではないか。

→AI に環境を用意したところで、そこから学習するかは、人間とは異なり未知数なのでそもそも AI の経験学習に関して議論の余地があるのではないだろうか。

→人口“知能”といっているが、AI の経験学習の構造上、そもそもその言葉自体が矛盾をはらんでいるのではないだろうか。

## (10)参考資料

- 「人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップ」(人工知能技術戦略会議、2017)
- 「AI 戦略 2019」(内閣府、2019)
- 「次世代人工知能技術社会実装ビジョン」(NEDO、2016)
- 「産業化ビジョン 2020」(経済産業省、2020)
- 「AI マップβ」(一般社団法人人工知能学会、2019)
- 「AI 白書」(独立行政法人情報処理推進機構)
- 「(研究開発の俯瞰報告書)主要国の研究開発戦略」(国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発センター、2020年)
- 「統合版(2019年)～俯瞰と潮流～」(国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発センター、2019年)
- 「国・機関が実施している科学技術による将来予測に関する調査」(公益財団法人未来工学研究所、2020)
- 「第11回科学技術予測調査」(文部科学省 科学技術・学術政策研究所、2019)
- 「未来イノベーションワーキンググループ」(経済産業省・厚生労働省、2019)
- 「未来をつかむ TECH 戦略」(総務省 情報通信審議会、2018)
- 「国土の長期展望」(国土交通省 国土の長期展望専門委員会、2020)
- 「社会課題起点の技術ツリー図」(NEDO 技術戦略研究センター、2019)
- 「ムーンショット型研究開発制度が目指す未来像及びその実現に向けた野心的な目標」(内閣府 ムーンショット型研究開発制度に係るビジョナリー会議、2019)
- 「BOHEMIA(Transitions on the Horizon)」(欧州委員会、2018)
- 「100 Radical Innovation Breakthroughs for the future」(欧州委員会、2019)
- 「人生100年時代に対応した『明るい社会保障改革』の方向性／第四次産業革命に向けた産業構造の課題と方向性」(経済産業省 2050 経済社会構造部会、2019)
- 「まち・ひと・しごと創生長期ビジョン」(内閣官房 まち・ひと・しごと創生本部、2019)
- 「不安な個人、立ちすくむ国家」(経済産業省 次官・若手プロジェクト、2018)
- 「日本を進化させる生存戦略～都市も、地方も、個人も、組織も課題を直視し、挑戦を続け、失敗から学び進化・適用する社会へ～」(国土交通省 政策ベンチャー 2030、2019)
- 「この国の食と私たちの仕事の未来地図」(農林水産省 若手有志チーム、2018)
- 「Sky Scenario」(Shell,2018)
- 「Logistics Trend Radar」(DHL、2020)
- 「Global Trends to 2030」(欧州安全保障研究所 欧州戦略・政策分析システム、2018)

- 「ビジョンデザイン(Crisis 5.0 2050 年の社会課題の探索)」(日立製作所・京都大学、2017)
- 「未来社会構想 2050」(三菱総合研究所、2019)
- 「2050 年のニッポン～課題を乗り越え、輝き続けるために～」(みずほフィナンシャルグループ、2017)
- 「2050 年を見据えた地域の特性を生かした地域循環共生圏のあり方に関する検討委託業務」(環境省 地球環境局、2020)
- 「IT 関連先進技術の制度政策動向調査レポート 2020(国内編)」(独立行政法人情報処理推進機構 社会基盤センター イノベーション推進部、2020)
- 「科学技術・イノベーション基本計画」(内閣府、2021)

## 2.研究発表・講演、文献、特許等の状況

### (1) 研究発表・講演

特になし

### (2) 論文

特になし

### (3) 特許等（知財）

特になし

### (4) 受賞実績

特になし

### (5) 成果普及の努力（プレス発表等）

#### 「ASCII.jp」掲載記事

本案件に関する ACSII の記事			
回	記事名称	公開日	参考 URL
第 1 回	第 2 回策定委員会レポート 「ヘルスケア/人間機能の拡張/XR …AI 技術開発が変える将来像を識	2021 年 5 月 13 日	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/053/4053805/">https://ascii.jp/elem/000/004/053/4053805/</a>

	者が議論」		
第2回	第3回策定委員会レポート 「教育やスマートシティー、ものづくりなどに技術を如何に実装していくのか」	2021年5月20日	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/054/4054692/">https://ascii.jp/elem/000/004/054/4054692/</a>
第3回	第4回策定委員会レポート 「AIと人間のインターフェースが抱える問題」	2021年5月27日	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/056/4056040/">https://ascii.jp/elem/000/004/056/4056040/</a>
第4回	第5回策定委員会レポート 「自然言語理解・ものづくり・シミュレーション 各領域でのAIによる問題解決の現在とは」	2021年6月24日	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/058/4058664/">https://ascii.jp/elem/000/004/058/4058664/</a>
第5回	「AIの未来はどうなる？日本が目指すべきAI研究・開発シンポジウムレポート」	2021年6月29日	<a href="https://ascii.jp/elem/000/004/059/4059968/">https://ascii.jp/elem/000/004/059/4059968/</a>

(掲載された URL は 2021. 6. 30 時点で閲覧出来たもの)

#### 「AI NOW」掲載記事一覧

掲載記事一覧		
掲載媒体名・記事名称	掲載日	参考 URL
「AI NOW」・【第2回】AIアクションプラン策定委員会レポート 日本におけるAIの技術課題・社会課題とは	2021年5月25日	<a href="https://ainow.ai/2021/05/25/255204/">https://ainow.ai/2021/05/25/255204/</a>
「AI NOW」・【第3回】AIアクションプラン策定委員会レポート 教育・スマートシティー・ものづくり	2021年6月7日	<a href="https://ainow.ai/2021/06/07/255811/">https://ainow.ai/2021/06/07/255811/</a>
「AI NOW」・【第4回】AIアクションプラン策定委員会レポート AIと人間のインターフェースが抱える問題とは	2021年6月9日	<a href="https://ainow.ai/2021/06/09/255818/">https://ainow.ai/2021/06/09/255818/</a>
「AI NOW」・NEDOが「人工知能(AI)技術分野における大局的な研究開発アクションプラン」を公表	2021年6月14日	<a href="https://ainow.ai/2021/06/14/256346/">https://ainow.ai/2021/06/14/256346/</a>
「AI NOW」・日本が目指すべきAIの社会実	2021年6月16日	<a href="https://ainow.ai/2021/06/16/256358/">https://ainow.ai/2021/06/16/256358/</a>

装の方向性とは？「AI アクションプラン・シンポジウム」レポート		
「AI NOW」・【第5回】AI アクションプラン策定委員会レポート 自然言語理解・ものづくり・シミュレーション	2021年6月26日	<a href="https://ainow.ai/2021/06/26/256612/">https://ainow.ai/2021/06/26/256612/</a>

(掲載された URL は 2021. 6. 30 時点で閲覧出来たもの)

「人工知能研究開発ネットワーク AI Japan R&D Network」掲載記事一覧

掲載記事一覧			
回	記事名称	公開日	参考 URL
第1回	NEDO AI アクションプラン・シンポジウム	2021年5月21日	<a href="https://www.ai-japan.go.jp/menu/events/nedo-ai/">https://www.ai-japan.go.jp/menu/events/nedo-ai/</a>
第2回	「人工知能 (AI) 技術分野における大局的な研究開発のアクションプラン」を公表	2021年6月14日	<a href="https://www.ai-japan.go.jp/technologies/fundamentaltheoretical-research/nedo-ai-1/">https://www.ai-japan.go.jp/technologies/fundamentaltheoretical-research/nedo-ai-1/</a>
第3回	NEDO AI アクションプラン策定委員会での議論を紹介	2021年6月29日	<a href="https://www.ai-japan.go.jp/technologies/fundamentaltheoretical-research/nedo-ai-2/">https://www.ai-japan.go.jp/technologies/fundamentaltheoretical-research/nedo-ai-2/</a>

(掲載された URL は 2021. 6. 30 時点で閲覧出来たもの)

契約管理番号：	20002302-0
---------	------------