

# 2021 年度 成果報告書

## 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 2 期／ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤 技術／先端 AI 技術に係る技術動向及び社会実 装課題に関する調査

2021 年 12 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 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所

## 目次

1. 研究開発の成果と達成状況 .....	1
要約（エグゼクティブサマリー） .....	1
第1章 AI 関連の研究開発予算等に関する調査 .....	5
1.1 政府及び国際組織の AI 関連施策 .....	5
1.1.1 概要 .....	5
1.1.2. 政府・国際機関の研究開発予算 .....	7
1.1.3. まとめ .....	9
1.2 企業の研究開発費 .....	10
1.2.1 概要 .....	10
1.2.2 企業の研究開発投資額 .....	11
1.2.3 まとめ .....	16
1.3 AI 関連の人材に関する動向調査 .....	17
1.3.1 概要 .....	17
1.3.2. AI 人材の需給動向 .....	17
1.3.3. AI 人材の育成に向けた施策 .....	20
1.3.4 まとめ .....	26
第2章 ヒューマン・インタラクション基盤技術に関する技術動向調査 .....	27
2.1 ヒューマン・インタラクション技術の体系化 .....	27
2.2 ヒューマン・インタラクション技術の技術俯瞰図 .....	27
2.3 ヒューマン・インタラクション技術の研究動向の調査方法 .....	29
2.4 情報取得（センシング・前処理等）に関する研究動向 .....	30
2.5 マルチモーダル状況判断（感情推定、行動予測等）に関する研究動向 .....	32
2.6 アクション判断（タスクプランニング等）に関する研究動向 .....	34
2.7 教育領域に関する研究動向 .....	37
2.8 介護領域に関する研究動向 .....	39
2.9 接客領域に関する研究動向 .....	43
2.10 まとめ .....	45
第3章 ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術に関する研究動向調査 .....	46
3.1 SIP サイバーのプロジェクト概要 .....	46
3.2 競合分析 .....	48
3.2.1 (1-1)-① 人工知能と融合する認知的インタラクション支援技術による業務訓練・支援システムの研究開発（産業技術総合研究所） .....	49

3.2.2 (1-1)-③	インフラ領域における職人の技の伝承教育と機器実装の研究開発（理化学研究所）	57
3.2.3 (1-2)-①	Web 等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究（KDDI株）	63
3.2.4 (1-3)-①	エビデンスに基づくテラーメイド教育の研究開発（東京大学）	72
3.2.5 (1-4)-②	遠隔医 AI が連携した日本式 ICT 地域包括ケアモデルの研究開発（株アルム）	78
3.2.6 (1-4)-③	排泄情報を基軸とした介護業務の最適化及びケアの質向上実現システムの開発（株aba）	84
第 4 章	AI の社会実装課題に関する調査	88
4.1	AI 技術の社会実装課題の分類・事例の分析	88
4.1.1	概要	88
4.1.2	社会実装状況比較のための考え方	88
4.1.3	各国比較	89
(1)	日本	89
(2)	米国	91
(3)	カナダ	92
(4)	英国	93
(5)	ドイツ	94
(6)	フランス	95
(7)	中国	96
(8)	インド	98
(9)	イスラエル	99
(10)	シンガポール	100
(11)	オーストラリア	101
(12)	欧州連合	101
(13)	OECD	102
4.1.4	社会実装状況比較のまとめ	103
4.2	各国における AI 技術社会実装の個別事例分析	106
4.2.1	概要	106
4.2.2	倫理、法的、社会的課題に関する事例	112
4.2.3	各領域の社会実装例に関する事例	113
4.2.4	個別事例分析のまとめ	114
4.3	社会実装促進のための活動案の提案	115
4.3.1	概要	115
4.3.2	AI 準備指標と日本の AI 社会実装活動の関連性	115

4.3.3 諸外国の事例を基にした個別活動案の提案.....	118
4.4 まとめ.....	123
第5章 総論.....	124
2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況 .....	126
(1) 研究発表・講演.....	126
(2) 論文 .....	126
(3) 特許等（知財） .....	126
(4) 受賞実績.....	126
(5) 成果普及の努力（プレス発表等） .....	126

# 1. 研究開発の成果と達成状況

## 要約（エグゼクティブサマリー）

### <和文要約>

我が国が目指すべき未来社会の姿として提唱された「Society 5.0」の実現に向けて、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」（以下「SIP サイバー」という。）では、人とAIの協働に資する高度に洗練された「ヒューマン・インタラクション基盤技術」を確立し、ビッグデータ・AIを活用したサイバー・フィジカル・システムの社会実装を目指した研究開発を進めている。

世界各国の政府や企業では、AI領域の研究開発の発展と産業への適用を促進するために、社会実装に向けた事業環境の整備への投資や取組が進んでいる。しかし、AI技術を取り巻く社会実装状況は大きく変動しており、諸外国の政府や国内外の企業のAI領域の投資状況は把握できていない。また、SIPサイバーの事業目標達成に向けて出口戦略を見出す上で、各プロジェクトが開発している技術の妥当性の分析や社会実装に向けた活動の整理が必要である。

そこで、本調査では次の2点を実施した。1点目は世界各国の政府や企業の研究開発費の国際比較である。国際統計や独自データベースを用いて、国別、AI技術領域別に、政府研究開発費と企業研究開発費を推定した。また、AI人材の育成に対する各国の施策の調査も行った上で、AI領域における日本のポジショニングを整理して、今後取るべき取組を示唆した。

2点目は、ヒューマン・インタラクション技術の調査及びSIPサイバーの研究開発テーマの競合分析である。特に、ヒューマン・インタラクション技術の社会実装に向けた技術動向を整理した上で、SIPサイバーで実施している6テーマの競合優位性の分析を行った上で、事業化に向けた取組としての活動案を整理した。

今後、生活のあらゆる場面における人間をAIが支援する世界が実現していく上で、人と人とのインタラクションをAIが支援するヒューマン・インタラクション技術が果たす役割は大きい。我が国では、「人間中心のAI社会原則」が提唱され、人々がAIを受容し社会全体でAIを使いこなすという指針が示されている。今後、ヒューマン・インタラクション技術の進展とともに、人とAIの協働に資する高度に洗練された技術が社会実装していくことが期待されている。

## <英文要約>

In order to realize "Society 5.0", which has been proposed as the future society in Japan, "Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) Second Phase / Big-Data and AI-Enabled Cyberspace Technologies " (or SIP Cyber) has been acting as a key project body to develop "human interaction technology" where people and artificial intelligence (AI) collaborately work together to solve problems in current society. SIP Cyber projects focus on conducting R&D and pushing social implementation of cyber-physical systems utilizing big data and AI.

Currently, governments and companies around the world are investing in huge amount of resource into AI technology to strengthen their position in global market and improve their business environment. However, the reality of social implementation level of AI technology is vague and the amount of investment in AI domain is not captured clearly. In addition, it is necessary to analyze the feasibility of the technologies being developed by each project and to organize the activities for social implementation in order to find appropriate exit strategy to maximize the project outcome. In order to achieve these goals, two analysis were carried out in this survey.

The first analysis was done through comparing R&D expenditures of governments and companies around the world, using existing statistics and special database to estimate government and corporate R&D expenditures by country and AI technology area. International comparison of AI readiness was also carried out using existing index to find each country's strength and weakness. Finally, several actions to be taken in Japan were suggested to accomplish effective social implementation of AI.

The second analysis was done through competitor study of each project in SIP Cyber. In addition to that, the technological trends as well as go-to-market strategy toward social implementation of human interaction technology were analyzed via researching published papers and research group information.

In the future, human interaction technology will play an important role in realizing a world in which AI supports humans in all aspects of their lives. In Japan, the "Principles for a Human-Centered AI Society" has been advocated, and it provides a guideline for people to accept and use AI in society. It is expected that, as human interaction technology progresses, AI and human will cooperate to further accelerate the social implementation of these technologies.

調査体制として、ヒューマン・インタラクション技術の有識者 2 名から、ヒューマン・インタラクション基盤技術の体系や研究動向に対する助言を得ながら実施した（図表 1）。

図表 1 調査全般に対するアドバイザー

氏名	所属・役職
平山 高嗣	人間環境大学 人間環境学部 教授
間瀬 健二	名古屋大学大学院 情報学研究科 教授

本調査のサマリーを以下に示す。

#### 第1章：

- ・ 各国の政府研究開発予算及び AI 領域の研究開発予算を比べると、米国、中国の政府研究開発予算が圧倒的に多い。日本は AI 関連の政府研究開発予算が他の先進諸国に比べて少なく、ここ 10 年間で研究開発予算が増加していない。
- ・ 企業全体の研究開発費では米国企業が圧倒的に多いが、中国の企業の伸び率が著しく日本を抜いて 2 位に位置付けている。AI に関わる特許数は、米国、日本が同程度で世界トップの特許数であり、日本の強みのある AI 技術領域が明らかになった。
- ・ 日本の AI 人材の不足数は、2025 年に 8 万 8,460 人～2 万 7,053 人、2030 年に 12 万 3,718 人～1 万 2,281 人と試算されている。諸外国では様々な先進的な取組がある中で、日本では AI 人材育成のための教育プログラムの整備が十分ではない。政府機関、教育・研究機関、各産業領域で国際競争力を持つ企業など、日本における多様なプレイヤーを結集して、政府機関や関連省庁が進める各施策の効果を最大化していくことが求められる。

#### 第2章：

- ・ 学会情報から、ヒューマン・インタラクション技術に関わる論文を抽出し、研究内容をもとに「情報取得」、「マルチモーダル状況判断」、「アクション判断」、「介護領域」、「教育領域」、「接客領域」に分類して紹介した。全体としては、単体のデータや機能ではなく、表情認識と音声認識、顔検出と音源検出、表情認識といった複数のモーダルチャネルを扱った研究が多く見られた。本章では、教育領域、介護領域、接客領域におけるヒューマン・インタラクション分野の技術動向を整理した。

#### 第3章：

- ・ 「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」で進められている研究内容を紹介し、研究開発テーマの独自性や優位性を整理した上で、今後の事業化に向けた取組を整理した。

#### 第4章：

- ・ AI 技術の社会実装にあたって、AI ガバナンスに関わる情報を整理し、国ごとの課題（人材不足、制度、環境要因等）や社会実装の成功事例・失敗事例について、Web・文献等から調査・整理した。また日本における社会実装課題と提案のフレームワークを整理し、諸外国の動向から得られた示唆を基に SIP サイバーに対する提案を取りまとめた。
- ・ 評価指標の国際比較から日本の強みは「AI 戦略」や「人間中心の AI 社会原則」など政府としてのビジョンが示されている点、またデータの入手性やデータの代表性も各国の平均を上回る評価となっている。一方で、政府のデジタル化のキャパシティ（政府内でのデジタル化度合いやオンラインサービスへのアクセス）、市場の成熟度（ユニコーン企業数やテクノロジー企業の時価総額等）、人材、インフラの指標について、日本の数値は各国平均を下回っており、弱みであると言える。



# 第1章 AI 関連の研究開発予算等に関する調査

## 1.1 政府及び国際組織の AI 関連施策

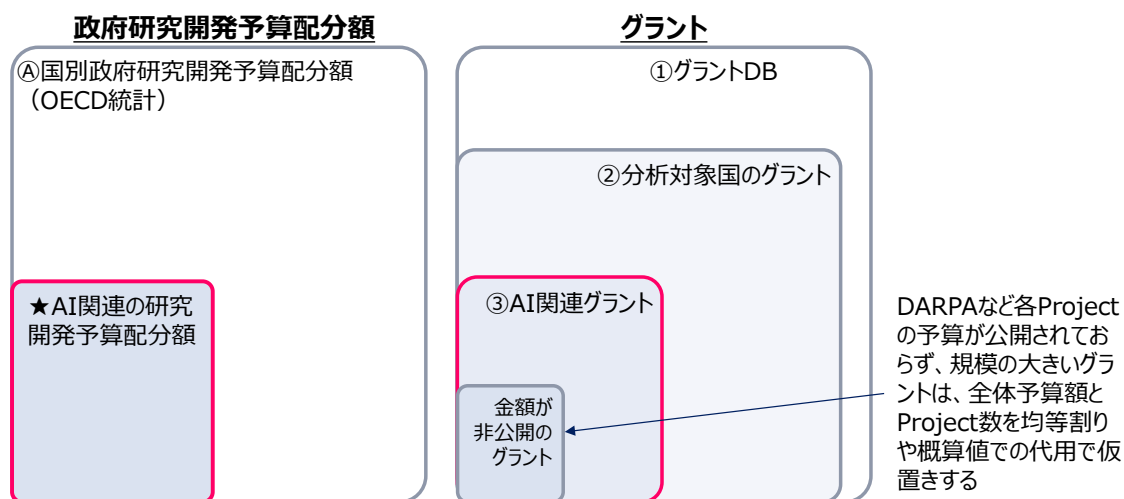
### 1.1.1 概要

世界各国の政府では、AI 領域の研究開発の発展と産業への適用を促進するために、社会実装に向けた事業環境の整備への投資や取組が進んでいる。国際競争における日本の位置づけを考える上で、特に注視すべき米国と中国は、圧倒的な大型投資によって、AI 分野の技術開発や社会実装をグローバルに先導している。

AI 領域の施策の国際比較をする上で、各国の AI 関連の政府研究開発予算の比較は重要である。OECD 統計<sup>1</sup>を用いれば、世界各国の政府研究開発予算を算出することはできる。しかし、全体の政府研究開発予算から AI 関連の政府研究開発予算を推定することは難しい。なぜなら、OECD 統計の各国のグラント情報には明確な技術領域が紐づいていないためである。

そこで、政府研究開発予算の技術領域の特定が可能なデータベース（グラント DB）を用いて、各国の政府研究開発予算全体に対する AI 関連予算の配賦額の割合や、AI 技術分類毎の配賦額を算出した。また、このグラント DB と OECD 統計の国別研究開発予算を組み合わせることで、OECD 統計にある各国の政府研究開発予算から、各国の AI 関連の政府研究開発予算を推定して国際比較を行った（図表 1-1-1）。グラント DB に含まれているデータベースは図表 1-1-2 に示す通り、世界中のグラント情報を網羅しており、世界最大規模のデータベースである。

図表 1-1-1 国別の AI 関連の政府研究開発予算配分額の推定方法



★を算出するために、①に対し、キーワードで検索式を作成して③を抽出し、③の研究開発予算配分額を集計する。

個別 Project の予算が公開されていないグラント等は全体額から概算、もしくは概算値で代用する。

★ =  $\Sigma\{A \times (3/2)\}$  と仮定して AI 関連の政府研究開発予算配分を推計し、対象国ごとに足し合わせる。

<sup>1</sup> OECD 統計「The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard」

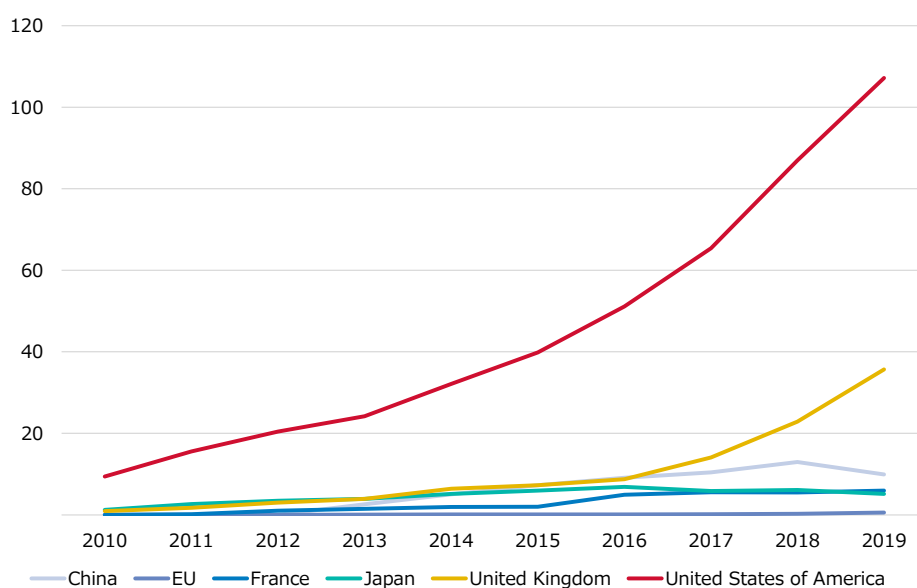
図表 1-1-2 グラント DB に含まれる主要グラント

	機関名	国		機関名	国		機関名	国
1	Austrian Science Fund	Austria	13	Agency for Science, Technology and Research	Singapore	25	National Science Foundation	United States
2	Austrian Exchange Service	Austria	14	National Research Foundation Singapore	Singapore	26	U.S. Department of Energy	United States
3	Netherlands Organisation for Scientific Research	Netherlands	15	科学研究費助成事業データベース	Japan	27	Small Business Innovation Research	United States
4	Swedish Agency for Innovation Systems	Sweden	16	国立保健医療科学院/厚生労働省 (厚労科研費)	Japan	28	Defense Advanced Research Projects Agency	United States
5	Swedish Foundation for Strategic Research	Sweden	17	科学技術振興機構	Japan	29	European Defense Agency	European Union
6	Slovak Academy of Sciences	Slovakia	18	国立研究開発法人日本医療研究開発機構	Japan		他	
7	Research Council of Norway	Norway	19	宇宙航空研究開発機構	Japan			
8	Academy of Finland	Finland	20	Estonian Science Foundation	Estonia			
9	L'Agence nationale de la recherche	France	21	Swiss National Science Foundation	Switzerland			
10	Research Foundation-Flanders	Belgium	22	Ministry of Education and Science	Bulgaria			
11	European Research Council	European Union	23	United Kingdom Research and Innovation	United Kingdom			
12	Sciencenet 科学网	China	24	National Institutes of Health	United States			

### 1.1.2. 政府・国際機関の研究開発予算

世界各国の主要グラントの政府研究開発予算のデータを含むグラント DB を用いて、AI 関連の政府研究開発予算の国際比較を行った。図表 1-1-3 に示すのは、国別 AI 関連の政府研究開発予算の推移である。米国の政府研究開発予算が圧倒的に多く、次いで英国、中国、日本の順で続く。近年では英国の政府研究開発予算が増加している。

図表 1-1-3 国別 AI 関連の政府グラントの研究配賦額 (単位:10 億 JPY)



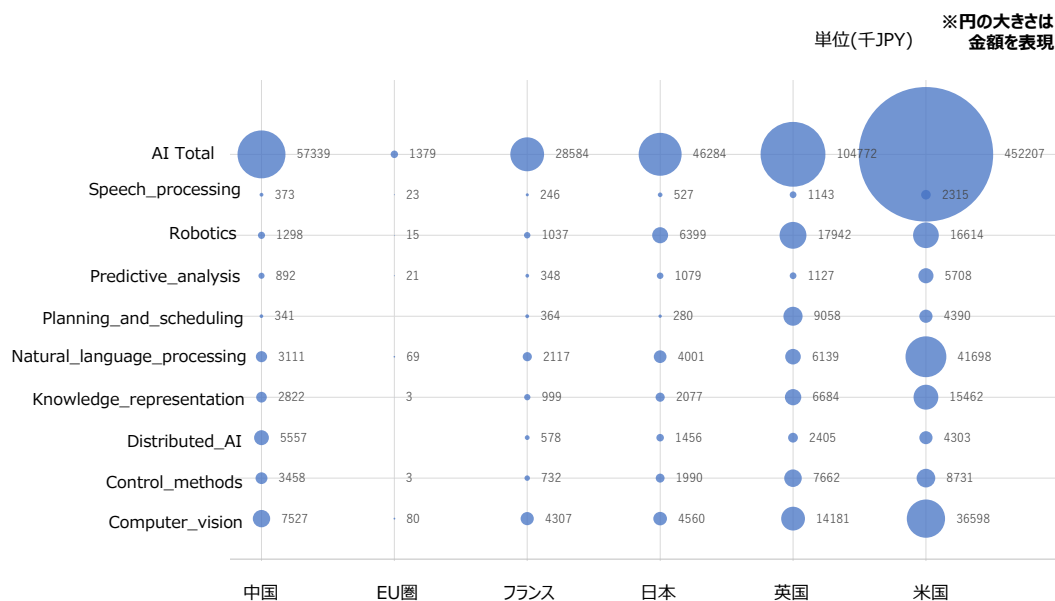
直近 5 年間で最も AI 関連の政府研究開発予算の成長率が高いのは英国であり、2015 年に比べて 2019 年は 4.92 倍に増えている。続いて、フランスは 3.01 倍、米国は 2.69 倍、中国は 1.37 倍と増加傾向である。一方、日本は 0.86 倍であり、AI 関連の政府研究開発予算は減っていた。

図表 1-1-4 AI 関連の政府研究開発予算配賦額の増加率  
(2015 年と 2019 年) (単位:JPY)

国名	2015 (億円)	2019 (億円)	増減率
中国	72.6	99.1	137%
EU 圏	1.2	5.8	502%
フランス	19.8	59.7	301%
日本	59.4	51.3	86%
英国	72.6	357.0	492%
米国	398.6	1,071.6	269%

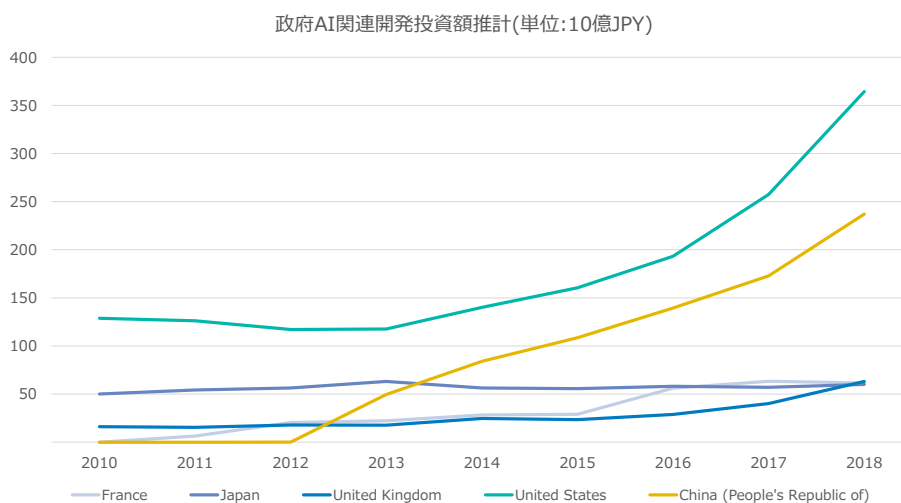
次に、AI 関連の政府研究開発予算を特許中分類毎に分類した上で、技術分類毎、国別の政府研究開発予算をバブルチャートにまとめた。AI 全体では、米国、中国の政府研究開発予算が圧倒的に大きい。国際比較の中で日本の政府研究開発予算が大きい分野としては、Robotics や Computer Vision であるが、いずれの分野においても他国と比べて日本の AI 関連の政府研究開発予算が少ない。

図表 1-1-5 AI 関連の政府研究開発予算の増加率（2010-2019 年）（単位:千 JPY）



最後に、OECD 統計の各国の政府研究開発予算に、各国のグラント DB の AI 関連研究比率を乗じて、各国全体の政府研究開発予算を比較した。その結果、米国と中国の AI 関連の政府研究開発予算が圧倒的に大きく、1 位、2 位であった。一方で、日本の AI 関連の政府研究開発予算はここ 10 年間であまり変化がない。

図表 1-1-6 AI 関連の政府研究開発予算の推移（2010-2018 年）（単位:10 億 JPY）



### 1.1.3. まとめ

本節では、政府研究開発予算の技術領域の特定が可能なデータベース（グラント DB）を用いることで、国別の政府研究開発予算配分額から、AI 領域に関する政府研究開発予算配分額の推定を行った。また、AI の技術分類ごとの政府研究開発予算の比較を行うことで、技術分野ごとの政府研究開発予算の国際比較を行った。

各国の政府研究開発予算全体を比べると、米国の政府研究開発予算が圧倒的に多く、次いで英国、中国、日本の順で続くことがわかった。また、AI 関連のグラントを特許中分類毎に分類した上で、技術分類毎、国別の政府研究開発予算をバブルチャートにまとめた結果、AI 全体では、米国、中国の政府研究開発予算が圧倒的に大きいことがわかった。この中で、日本の政府研究開発予算が比較的多い分野は、Robotics や Computer Vision であるが、いずれの分野においても日本の AI 関連の政府研究開発予算は他国に比べて少ないことがわかった。

最後に、OECD 統計の政府研究開発予算に国別のグラント DB の AI 関連研究比率を乗じて、各国の AI 関連の政府研究開発予算を比較した結果、日本の AI 関連の政府研究開発予算の配賦額はここ 10 年間であまり変化がないことがわかった。

日本の全体の政府研究開発予算の増加率は米国、中国、欧州に比べて低い状況であるが、AI 領域においても他国に比べて政府研究開発予算の増加率が低いことがわかった。AI 領域は、市場として大きく成長している領域であるため、日本の政府研究開発予算を AI 先進諸国の増加率程度までは増やして国際競争力を高めていく必要がある。

## 1.2 企業の研究開発費

### 1.2.1 概要

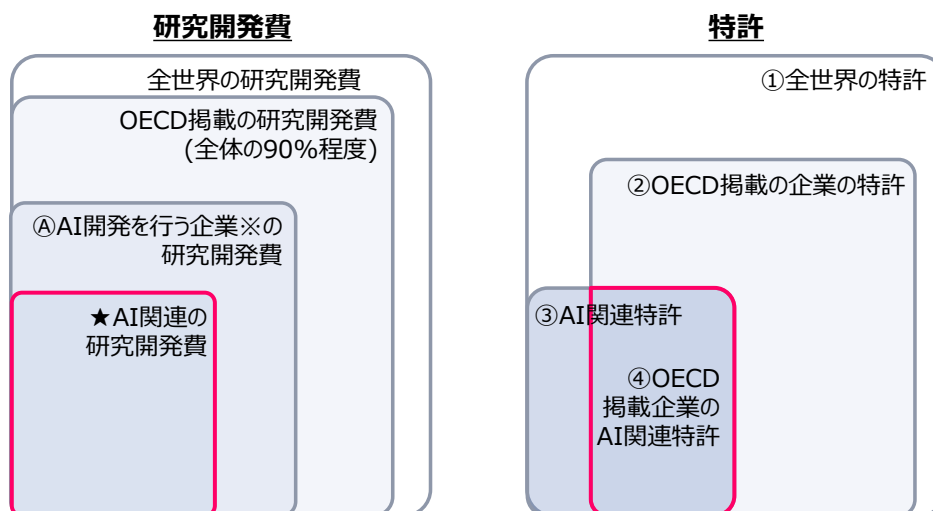
企業の研究開発費は、各産業の競争力や新たなイノベーション創出の源泉である。そのため、AI 領域の競争力を国際比較する上で、世界の主要企業が投資する産業領域や金額を比較することは非常に重要である。世界の主要企業の研究開発費は OECD 統計に整理されているが、全体の研究開発費から、AI 領域の研究開発費を推定することは難しい。

そこで、研究開発費から創出される特許データを用いて、AI 領域の研究開発費の推定を行った。はじめに、AI 領域の研究開発費を抽出するために、AI 領域に関する国際特許分類（IPC）やキーワードを収集して検索式を作成した。次に、直近 10 年分 OECD 掲載の企業名と特許出願人名の名寄せを行った。その後、企業ごとに GICS と OECD の産業分類を付与した。その結果を踏まえて、OECD 統計に整理された世界の主要企業の研究開発費に AI 比率を掛けて 1 社ごとの AI 関連研究投資額を算出した。例えば、企業 A 社の研究開発費が 100 万ドルで、AI 関連の特許が全体の 20%であれば A 社の AI 領域の研究開発費は 20 万ドルであると推定した。

世界各国の研究開発費と特許数は、世界 80 ヶ国以上の特許・研究費情報のデータベースを用いた。AI 技術の細分化は世界知的所有権機関（WIPO）の 9 つの中分類<sup>2</sup>を採用して、各中分類の検索式を作成し、AI 関連特許を抽出した（図表 1-2-2）。

本節では、AI 領域の研究開発費の国際比較をした結果を示す。

図表 1-2-1 企業の AI 領域の研究開発費の推定方法

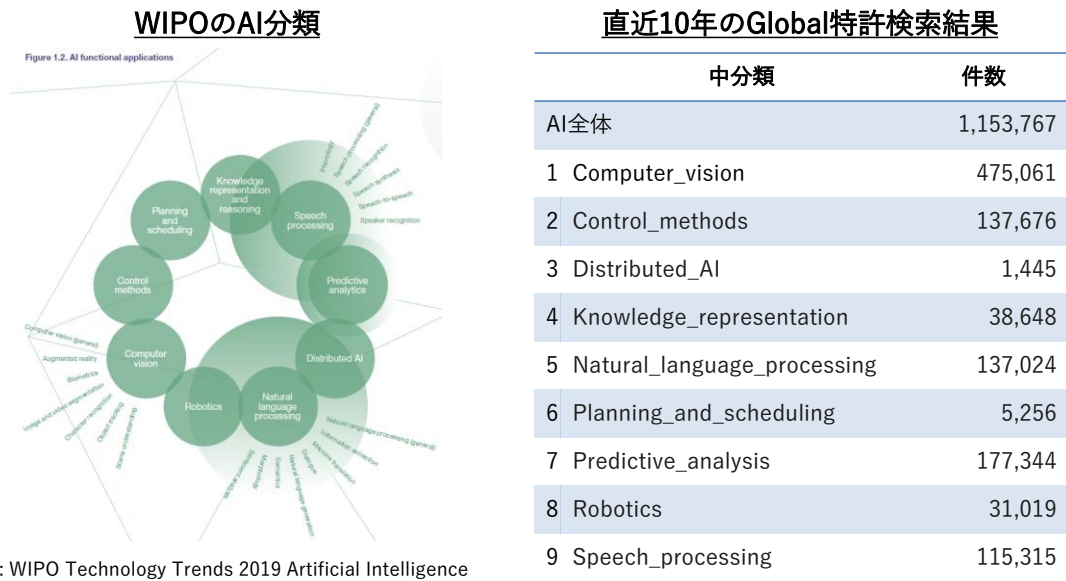


★を算出するために、①に対し、主に IPC を用い検索式を作成して③を抽出する。③から④を抽出するために、出願人を上場企業のみ絞り込んだうえで、※の企業群と名寄せして紐づける。

★ =  $\sum \{ \text{④} \times (\text{④} / \text{②}) \}$  と仮定して主要企業の AI 関連の研究開発費を推計し、対象国ごとに足し合わせる。

<sup>2</sup> 特許庁「AI 関連発明の出願状況調査」（2021）

図表 1-2-2 WIPO の AI 分類及び直近 10 年の特許検索結果



※中分類母集団は重複を許して生成、全中分類の合計額(特許件数)≠AI 全体の投資額 (特許件数) である

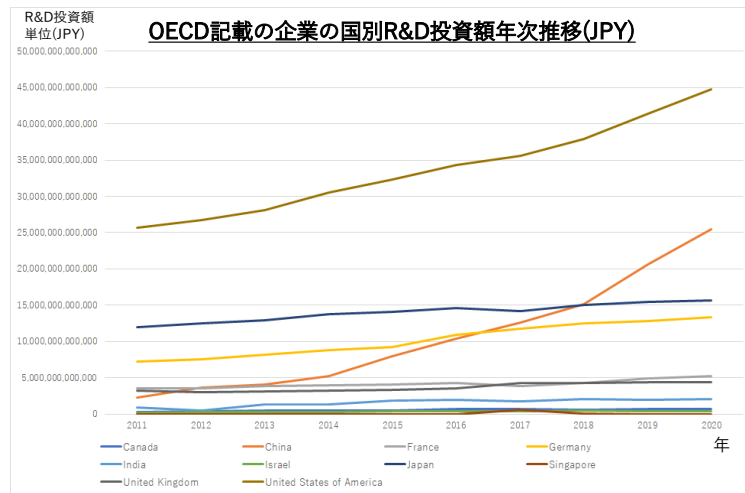
### 1.2.2 企業の研究開発投資額

OECD 統計<sup>3</sup>には、世界各国の 2500 社の企業の研究開発費が集計されており、全世界の上場企業の 9 割以上の研究開発費がカバーされている。本調査ではこの OECD 統計に掲載されている企業の研究開発費を母集団として、全体の研究開発費における AI 領域の研究開発費や、国別比較したときの各国の企業の AI 領域の研究開発費を算出した。

はじめに、国別の全体の研究開発費の国際比較を行った。その結果、米国が他国に大差をつけて 10 年間 1 位を維持している一方、近年中国の伸びが著しく、長年 2 位であった日本を抜いている。

<sup>3</sup> OECD 統計「The 2020 EU Industrial R&D Investment Scoreboard」

図表 1-2-3 企業の研究開発費の推移



直近5年間の増減率を比較すると、日本の増加率は1.11倍であるのに対して、中国は3.20倍に増えている。米国の増加率は1.39倍であるがもともとの投資額が大きいため、5年間で増加した投資額は12.4兆円程度であり、日本企業の一年の研究開発費全体と同程度、増加している。

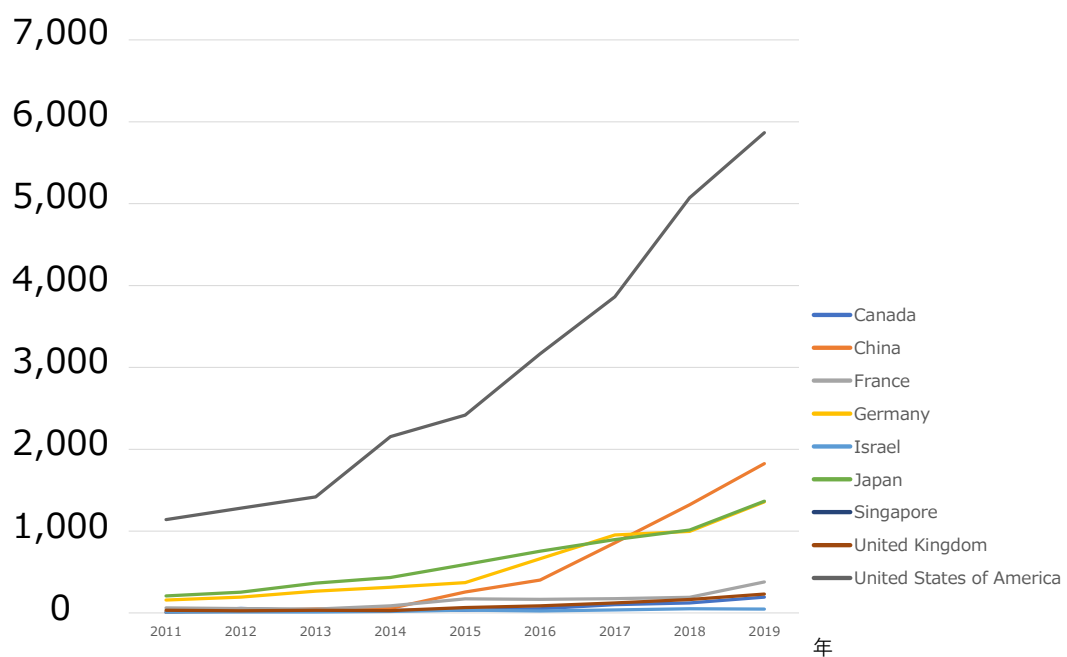
図表 1-2-4 企業の研究開発費（2015年と2020年の比較）

国名	2015年(兆円)	2020年(兆円)	増減率
日本	14.1	15.6	111%
米国	32.3	44.7	139%
中国	8.0	25.5	320%
英国	3.3	4.4	133%
カナダ	0.5	0.7	129%
フランス	4.0	5.2	131%
ドイツ	9.3	13.4	144%
インド	1.9	2.0	109%
イスラエル	0.4	0.4	101%

OECD統計に掲載されている企業の研究開発投資額を産業分類ごとに集計した結果、自動車関連が1位、製薬が2位を維持、ソフトウェア・サービスが伸びている。

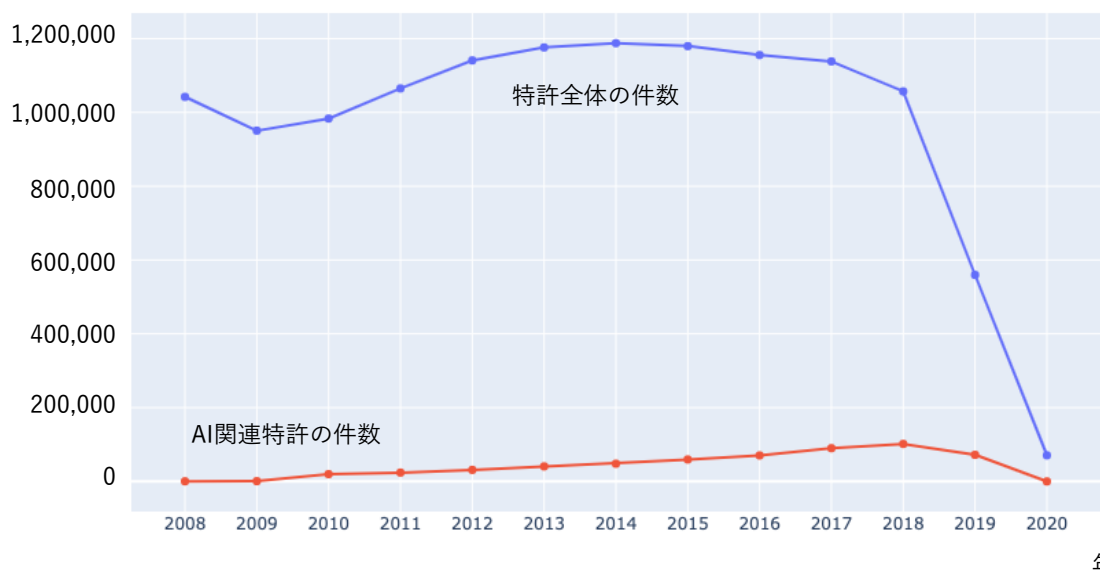


図表 1-2-5 OECD 記載の企業の研究開発費の推移 (10 億 JPY)



次に、WIPO の AI 特許分類をもとに、OECD 記載の企業が出願人となっている全体の特許と AI 関連の特許の件数を算出した。出願件数全体はほぼ一定であったが、AI に関わる特許数は徐々に上昇していることがわかった。

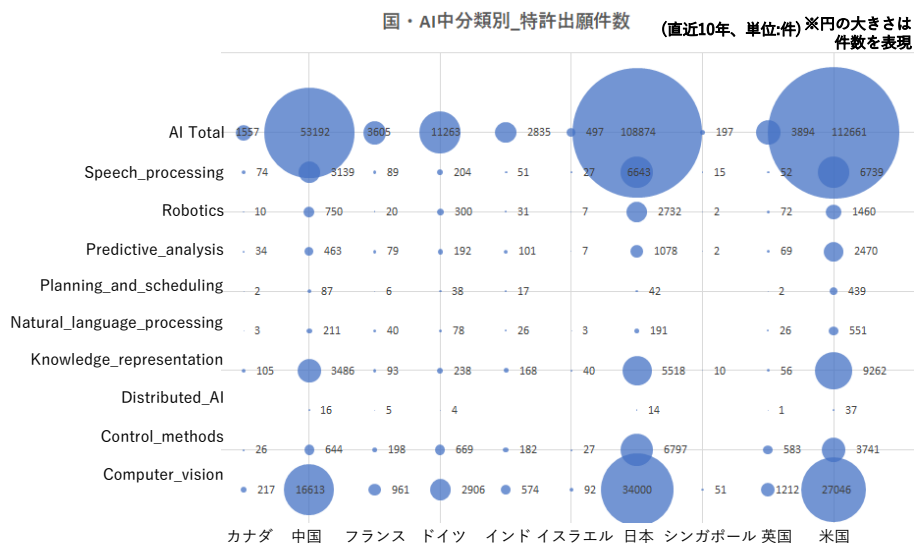
図表 1-2-6 OECD 記載の企業の特許件数の推移（特許全件及び AI 関連の特許数）



### ○AI 特許件数の国際比較

AI に関わる特許件数について国際比較を行った。その結果、特許件数に関しては、米国と日本が同水準で多く、件数を伸ばしている。3 位は中国で近年急上昇している。日本は、AI 特許中類別では Computer vision が最多であり、Knowledge representation が次いで多い。また、日本は Control methods の出願が相対的に多かった。

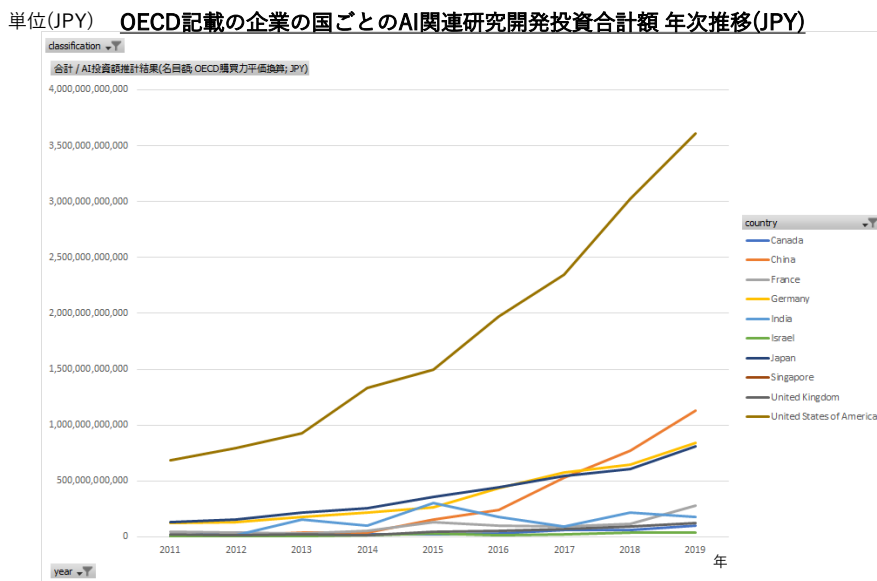
図表 1-2-7 AI 中分類別の特許出願件数



○AI 関連研究開発投資額の推計

OECD 記載の各企業の研究開発費にその企業の AI 特許比率を掛けることにより、AI 関連の研究開発費を推計した（図表 1-2-8）。その結果、AI 関連研究開発投資額の総額は米国が圧倒的に高く、次いで中国、さらに日本とドイツが並んでいる。直近 5 年間の増加率では、中国が 7.11 倍、カナダが 5.79 倍、ドイツが 3.66 倍、英国が 3.48 倍と急激に増えている。日本は 2.31 倍と欧米諸国並みに増えてはいるが、総額では中国に抜かれて 3 位の位置にいる。

図表 1-2-8 OECD 記載の企業の国別の AI 関連の研究費の推移



図表 1-2-9 企業の AI 関連の研究開発費の推計  
(2015 年と 2019 年の比較)

国名	2015 (億円)	2019 (億円)	増減率
日本	5,921	13,668	231%
米国	24,164	58,680	243%
中国	2,564	18,242	711%
英国	663	2,304	348%
カナダ	336	1,944	579%
フランス	1,731	3,799	219%
ドイツ	3,709	13,574	366%
インド	4,237	2,817	66%
イスラエル	357	485	136%

### 1.2.3 まとめ

AI 領域の競争力を国際比較するために、OCED 統計とグローバル企業の AI 特許割合を用いて、全体の研究開発費から、AI 領域の研究開発費の推定を行った。

企業全体の研究開発費では米国企業が圧倒的に大きいが、中国の企業の伸び率が著しく日本を抜いて 2 位に位置付けていた。

AI に関わる特許数は、米国、日本が同程度で世界トップの特許数であった。特に日本の特許数が多い AI 技術領域は、Computer vision で世界トップであり、Knowledge representation が次いで多かった。また、日本は Control methods の出願が相対的に多いという特徴もあった。

研究開発費から創出される特許データを用いて、AI 領域の研究開発投資額の推定を行った結果、AI 関連の研究開発費の総額は米国が圧倒的に高く、次いで中国、さらに日本とドイツが並んでいた。直近 5 年間の増加率では、中国の 7.11 倍が圧倒的に大きく、日本は 2.31 倍と欧米諸国並みに増えはいるが、AI 領域の研究開発費（推定）では中国に抜かれて 3 位であった。

日本は AI 領域における特許数が多く、世界トップクラスの特許件数を持つ技術領域（Computer Vision 等）が強みである。一方、特許件数に大きく影響する研究開発費については、他国の増加率に比べて日本は低いことがわかった。

今後、日本企業が AI 領域で技術優位性や競争優位性を保つために、AI 関連の研究開発費は極めて重要であり、他国の研究開発費の増加率を考慮しながら、技術優位性を形成していくためにさらに研究開発に対する投資を促進することが重要である。

## 1.3 AI 関連の人材に関する動向調査

### 1.3.1 概要

本節では、日本の AI 人材育成の動向について、AI 人材の分類、需給の現状を整理した上で、諸外国の AI 人材に関する施策を紹介する。

### 1.3.2. AI 人材の需給動向

経済産業省「IT 人材需給に関する調査」<sup>4</sup>では、AI 人材の需要と供給の動向を調査して報告書としてとりまとめている。同調査では、AI 人材の能力を、AI 研究者（AI に関する学术论文を執筆・発表する人材）、AI 開発者（AI モデルをソフトウェアやシステムとして実装できる人材）、AI 事業企画（AI モデルを理解した上で市場に売り出すことができる人材）に区分し（図表 1-3-1）、各区分の AI 人材需給の試算を行った。なお、AI 人材のうち、AI 利用者（AI のシステム、アプリケーションを利用する人材）は AI 人材需給の試算の対象外としている。

図表 1-3-1 「IT 人材需給に関する調査」における調査対象の AI 人材

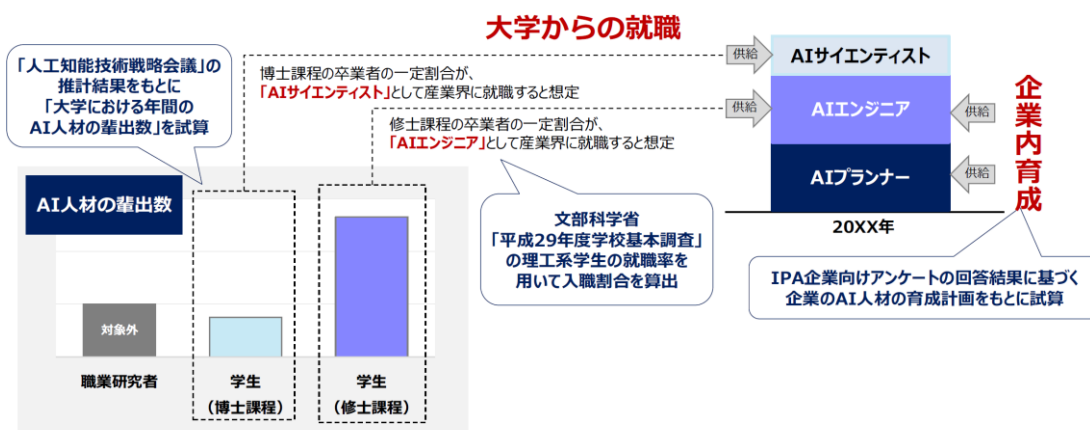
区分	概要
AI 研究者 (AI サイエンティスト)	<エキスパートレベル> AI を実現する数理モデル（以下、「AI モデル」という。）についての研究を行う人材。AI に関連する分野で学位（博士号等）を有するなど、学術的な素養を備えた上で研究に従事する。AI に関する学术论文を執筆・発表した実績があるか、少なくとも自身の研究領域に関する学术论文に日頃から目を通しているような人材。
AI 開発者 (AI エンジニア)	<エキスパートレベル> AI モデルやその背景となる技術的な概念を理解した上で、そのモデルをソフトウェアやシステムとして実装できる人材（博士号取得者等を含む、学术论文を理解できるレベルの人材を想定）。 <ミドルレベル> 既存の AI ライブラリ等を活用して、AI 機能を搭載したソフトウェアやシステムを開発できる人材。
AI 事業企画 (AI プランナー)	<エキスパートレベル> AI モデルやその背景となる技術的な概念を理解した上で、AI を活用した製品・サービスを企画し、市場に売り出すことができる人材（博士号取得者等を含む、学术论文を理解できるレベルの人材を想定）。 <ミドルレベル> AI の特徴や課題等を理解した上で、AI を活用した製品・サービスを企画し、市場に売り出すことができる人材。
AI 利用者 (AI ユーザー)	AI を用いたソフトウェアやシステム、アプリケーション等を適切に利活用できる人材（今回調査の試算対象外）。

「IT 人材需給に関する調査」報告書の AI 人材数（供給）の試算イメージを図表 1-3-2 に示す。同報告書では、AI 人材の不足数について、2025 年に 8 万 8,460 人（平均シナリオ：AI 市場の需要の伸びは 16.1%/年）～2 万 7,053 人（低位シナリオ：AI 市場の需要の伸びは 10.3%/

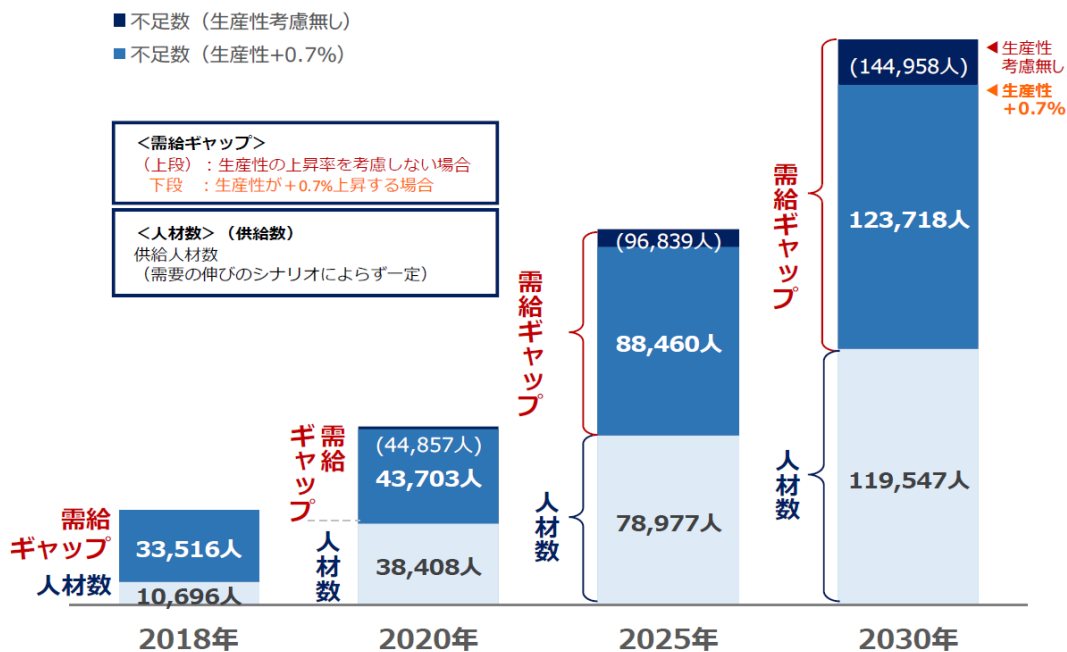
<sup>4</sup> 経済産業省「IT 人材需給に関する調査」（2019）

年)、2030年に12万3,718人(平均シナリオ)~1万2,281人(低位シナリオ)不足するという試算結果を示している(図表1-3-3、図表1-3-4)。

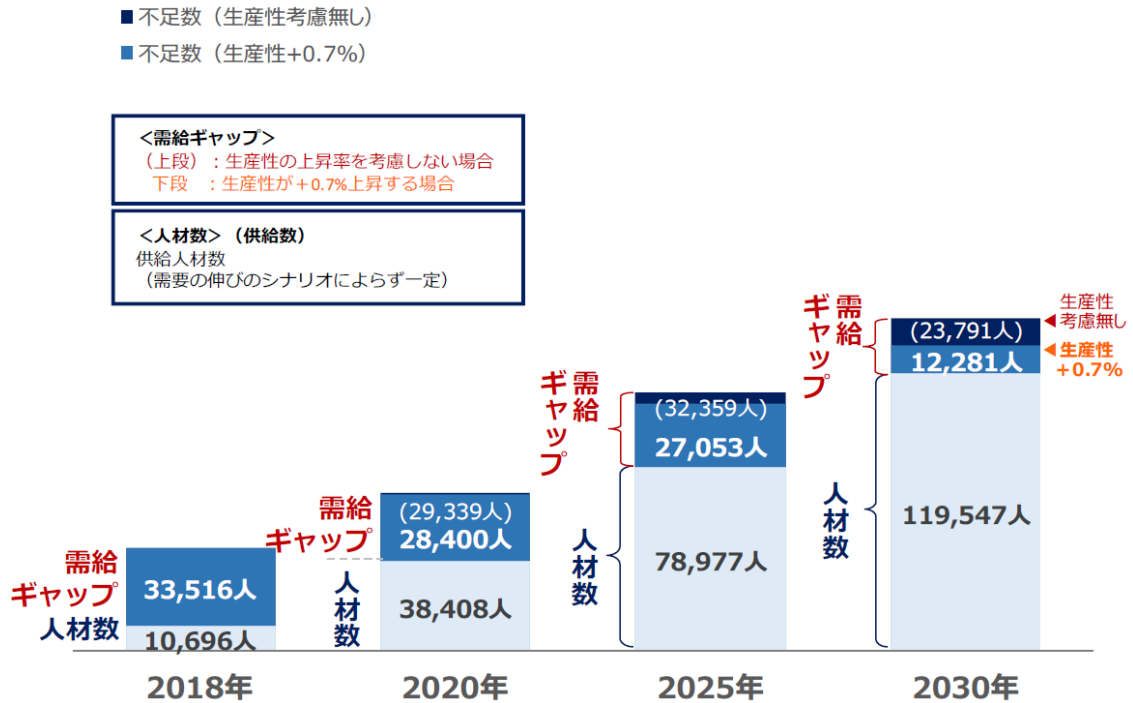
図表 1-3-2 AI人材数(供給)の試算イメージ



図表 1-3-3 AI人材全体の需給に関する試算結果  
(AI市場の需要の伸びを16.1%とした場合)



図表 1-3-4 AI 人材全体の需給に関する試算結果  
(AI 市場の需要の伸びを 10.3%とした場合)



AI 需要の伸びが「平均」で、生産性上昇を考慮しない場合、AI 人材の需給ギャップは、2018 年の 3.4 万人から拡大し、2025 年には 9.7 万人、2030 年には 14.5 万人に拡大する。他方、AI 需要の伸びが「低位」の場合、2018 年の 3.4 万人から、2025 年には 3.2 万人、2030 年には 2.4 万人まで緩和する（図表 1-3-5）。

なお、AI 人材の生産性が 0.7% 上昇し、かつ、AI 需要の伸びが「平均」の場合は、2025 年には 8.8 万人、2030 年には 12.4 万人の需給ギャップが生じる。また、AI 需要の伸びが「低位」の場合、2018 年の 3.4 万人から需給ギャップは徐々に減少し、2025 年には 2.7 万人、2030 年には 1.2 万人まで緩和すると試算されている。

AI 戦略 2019 では、実際の教育機関の学生数や、AI 人材の需給の資産を踏まえて、具体的な育成目標を掲げており、各施策については次節で紹介する。

図表 1-3-5 2030 年の AI 人材需給ギャップの推移

AI 需要の伸び	生産性の 上昇率	AI 人材の需給ギャップ			
		2018 年	2020 年	2025 年	2030 年
平均 (CAGR:約 16.1%)	0.00%	3.4 万人	4.5 万人	9.7 万人	14.5 万人
	0.70%		4.4 万人	8.8 万人	12.4 万人
低位	0.00%		2.9 万人	3.2 万人	2.4 万人
(CAGR:約 10.3%)	0.70%		2.8 万人	2.7 万人	1.2 万人

### 1.3.3. AI 人材の育成に向けた施策

本節では、AI 人材の育成に向けた施策について、日本及び諸外国における動向を紹介する。ここでの紹介内容は主に、内閣府「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度検討会議」の資料を引用しており、各資料の記載内容に、公開情報を加えて補足を行っている。

#### (1) 日本の AI 人材育成

AI 戦略 2019<sup>5</sup>で掲げられている「教育改革」では、2025 年の実現を念頭として以下の教育目標が設定されている。

- ・ 全ての高等学校卒業生が、「理数・データサイエンス・AI」に関する基礎的なリテラシーを習得。また、新たな社会の在り方や製品・サービスのデザインなどに向けた問題発見・解決学習の体験などを通じた創造性の涵養
- ・ 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育成（約 25 万人／年）
- ・ データサイエンス・AI を駆使してイノベーションを創出し、世界で活躍できるレベルの人材の発掘・育成（約 2,000 人／年、そのうちトップクラス約 100 人／年）
- ・ 数理・データサイエンス・AI を育むリカレント教育を多くの社会人（約 100 万人／年）に実施（女性の社会参加を促進するリカレント教育を含む）

この目標に向けて、AI 戦略 2019 では数理・データサイエンス・AI に関する人材については、「リテラシーレベル」「応用基礎レベル」「エキスパートレベル」の 3 つのレベルに区分して、それぞれの人材育成方策が示されている（図表 1-3-6）。「リテラシーレベル」及び「応用基礎レベル」については、大学を中心として様々な教育プログラムが作られており、これらを普及促進する取組が進められている。

今後の課題は「エキスパートレベル」の人材育成である。「エキスパートレベル」として位置づけられた人材や、「エキスパートレベル」との間の橋渡しとなるような人材（例えば、適切な指導の下でビッグデータ活用プロジェクトの一部分を担当できる能力を持つ人材（約 5 万人／年））の育成に向けて、大きな

<sup>5</sup> 統合イノベーション戦略推進会議「AI 戦略 2019」（2019）

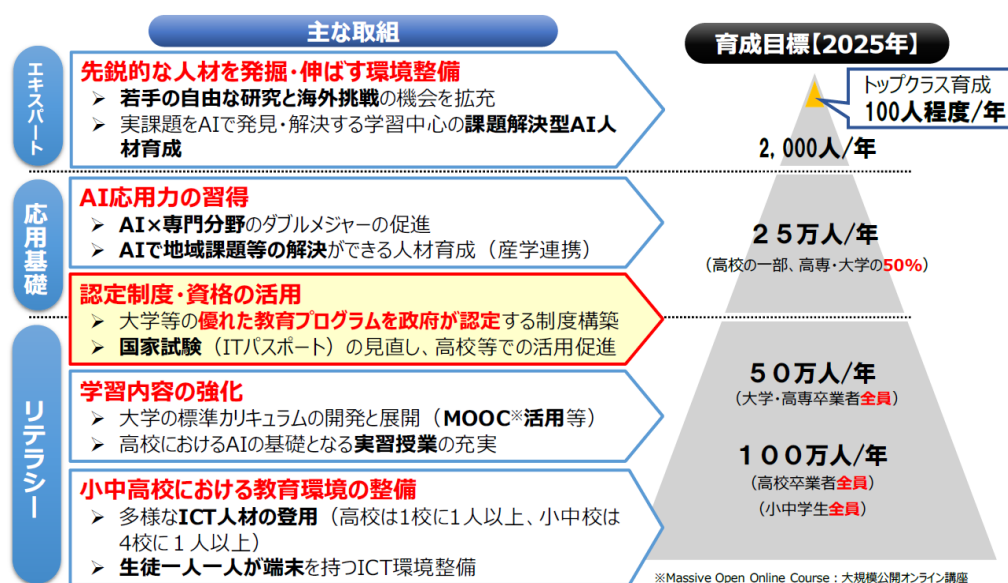


ギャップが生まれていることから、応用基礎レベルよりさらにレベルの高い人材の育成に関する検討が今後必要となると指摘されている<sup>6</sup>。

経済産業省では、エキスパートレベルのAI人材育成施策として、AI Quest（課題解決型AI人材育成事業）<sup>7</sup>を進めている。AI Questは、講師が一方的にカリキュラムを教える形式の手法とは一線を画し、企業の実際の課題に基づくケーススタディを中心とした「実践的な学びの場」において、参加者同士がお互いにアイデアを試し、学びあいながら、一人一人がそれぞれの体験として、AIを活用した企業の課題解決方法を身に付けることを目的としている。

産学連携によるAI人材育成としては2016年6月にトヨタ自動車、ドワンゴなど8社により、東京大学に「先端人工知能学教育寄付講座」が開設されており、近年はこのようなAI関連の講座やプログラムの設置事例が増えており<sup>8</sup>、学生・大学院生だけでなく社会人にも開かれたプログラム、特定企業定、共同研究型など多様なプログラムがある。2019年12月には、東京大学とソフトバンクが世界最高レベルの人と知の集まる研究所「Beyond AI研究所」の開設及び研究成果の事業化に向けた取組に関する協定を締結したことが公表された。今後も優秀なAI人材を求める企業と大学等の研究機関が連携し、AI人材の育成が進むことが期待される。

図表 1-3-6 AI戦略2019における教育改革に向けた取組



<sup>6</sup> 内閣府「数理・データサイエンス・AI教育プログラム認定制度（応用基礎レベル）」の創設について（2021）

<sup>7</sup> 経済産業省「AI Quest」JHP

<sup>8</sup> 独立行政法人・情報処理推進機構「AI白書2020」（2020）

## (2) 米国

米国では、科学及び経済におけるリーダーシップの維持・強化を目指すことを目標に掲げた大統領令 (Executive Order 13859)のもと、5つの原則、目的、施策方針である「The American AI Initiative」の他、AI 研究開発への政府投資や労働力確保に関する指針が示されている。例えば、5つの原則の一つの「AI 労働力の構築」では以下のように教育施策に関する言及がされている。

- Section 1. Policy and Principles (c) :  
AI 技術の開発・応用スキルを持ち、現在の経済や将来の仕事に対応できる人材を育成する。
- Section 2. Objectives. (e) :  
連邦機関は、見習い制度、技能プログラム、コンピュータサイエンスに重点を置いた STEM 教育を通じて米国の次世代の AI 研究者やユーザーを育成し、連邦政府職員を含む米国の労働者が、AI がもたらす機会を十分に活用できるようにする。
- Section 7. AI and the American Workforce (i) (A) :  
連邦機関は、AI を優先分野として、法律で認められる範囲内で米国市民を対象とした高校、学部及び大学院のフェローシップ、代替教育及びトレーニングプログラムに助成金を給付する。

大統領令として掲げられた指針に対して、各連邦機関が人材育成施策を展開している。アメリカ国立科学財団 (NSF) は、AI 研究の一環として研究やインフラへの支援とともに PreK-12、大学からリカレント教育に至るコンピュータサイエンス (CS) 教育に必要な基盤構築を目的とする研究開発や人材育成施策に助成を行っている。具体的なプログラムを以下に挙げる。

- 学部教育における STEM 教育の改善:学部教育におけるコンピューティング (IUSE:CUE<sup>9</sup>)
  - 2019 年 10 月から CS 教育の向上を目的とする 12~15 件のプロジェクトに総額 450 万ドル (約 4 億 7 千万円) の支援を行う
  - 複数の大学で締結されたパートナーシップに対して最長 18 か月、最大 35 万ドル (約 3,650 万円) が支給される
  - IUSE:CUE の支援対象プロジェクトは学際的な CS 教育を提供するアプローチをとるものが多い
- 大学院リサーチ・フェローシップ (Graduate Research Fellowships : GRF)
  - 米国機関で研究ベースの修士号及び博士号の取得を目指す AI やデータサイエンスを含む NSF 指定の STEM 分野の大学院生を奨学金等で支援する
- NSF リサーチ・トレーニング (NSF Research Traineeship : NRT)

---

<sup>9</sup> Improving Undergraduate STEM Education: Computing in Undergraduate Education (IUSE: CUE)

- 優先度の高い学際的またはコンバージェンス研究における STEM 分野の大学院生のトレーニングを行う

科学技術政策局（OSTP）は 2020 年 2 月に、The American AI Initiative の初年度評価報告書を公表している。ここでは、5 つの原則の一つである「AI 労働力の構築」について分析をしており、初年度評価報告書には、各連邦機関が展開している奨学金プログラムやフェローシップなど既存の施策において、AI 分野が優先された例が挙げられている。また、STEM 教育の強化、技術アプレントイスシップ（職業実習訓練制度）、技能再教育、生涯学習の提供には産学官の協力が欠かせないことをしており、STEM 分野における過小評価グループ（Under represented）の支援の必要性も挙げている。その他に、AI そのものを利用して AI 教育やトレーニングプログラムの最適化が可能であることが示唆されている。

既存の教育関連施策においても数理・データサイエンス・AI 領域を優先とする方針が取られている。さらに、コンピュータサイエンス履修者の増加に係る教育リソース不足を背景に、複数大学による学際的なアプローチをとる学部教育プロジェクトに対する連邦政府からの支援が行われている。

### （3）中国

中国は「次世代人工知能開発計画」を策定し、6 つの重点任務のうちの一つとして「開放・協働型の人工知能科学技術イノベーション体系の構築」を掲げ、世界のトップレベル人材の誘致、AI 分野の教育課程の拡充、AI に他の専攻分野を融合した「AI+X」の複合専攻育成の新モデルの形成や、産学研（企業・大学・研究機関）連携等を通じて、人工知能高度人材の早急な育成・集積に取り組むこととしている<sup>10</sup>。さらに、中華人民共和国教育部が「次世代人工知能開発計画」を受けて策定した「高等教育の AI 人材育成工程表」では、2020 年までに学部生と大学院生向けの世界一流レベルの教科書 50 冊、AI 分野での国家レベルのオープン型オンラインカリキュラム 50 コースを作成する方針が示された。実際にオンライン教育とオフライン教育を併用した人工知能プロフェッショナル養成プログラム「人工智能专业培养方案」が始まっている。当プログラムでは、基礎理論科目の体系性を重視しつつも分野融合的な最新の応用成果を示すことで、学生の興味関心を高める工夫がされている。特徴的な取組の一つとして、小中高の段階での AI 関連の教育の強化が挙げられ、香港に本社を置く AI 企業の SenseTime は、上海の華東師範大学と協力して、2018 年 4 月に「人工知能基礎」と題する中国の高校生に向けた教科書を出版した。本教材は、AI の歴史から、画像認識、音声認識、動画画像などへの深層学習の適用のほか、GAN（Generative Adversarial Networks：敵対的生成ネットワーク）といった最新動向まで含み、清華大学附属高校や華東師範大学第二附属高校、上海交通大学附属高校などを初めとする全国 40 校の高校で使用されていると公表されている。また、SenseTime は、2019 年 5 月に「人工知能入門」と題する中国の中学生及び中学生以上の読者を対象にした教科書も出版した。本教材は、AI の概要からマシンビジョンの概要、画像認識入門、音声認識入門、自

<sup>10</sup> 内閣府「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度（応用基礎レベル）」の創設について（2021）

然言語処理、簡単な機械判断などについて、9章構成で図解付きで解説されており、実生活と関連付けることを意識したコンテンツになっていることに加え、各章では簡単なプログラム演習やプロジェクト演習が用意されていると公表されている。

#### (4) 英国

英国では、国家全体の産業戦略を踏まえて、重要課題である AI 分野を対象とした取組として、AI Sector Deal<sup>11</sup>を公表した。同取組は、国内および世界の優秀な人材や企業を呼び込み英国をイノベーションの中心地とするほか、AI の恩恵を英国全土に普及させることを目的とし、民間からの投資も含め 10 億ポンド（約 1450 億円）以上の投資が行われる計画である<sup>12</sup>。このうち、人材育成に関わる「People」の観点では世界最高水準の技術教育制度を確立することを掲げている。投資額としては、数学、デジタル、技術教育に 4 億 600 万ポンドを追加投資し、科学、技術、工学、数学（STEM）スキルの不足に対処することを支援する。また、デジタルおよび建設トレーニングへの 6400 万ポンドの投資を皮切りに、人々の再教育を支援する新しい国家再教育スキームを創設すると公表している。

#### (5) シンガポール

シンガポールでは、国際的 AI エコシステムの中心になることを目指して、国立研究財団（NRF）が開始した国家 AI プログラム「AI Singapore（AISG）」を進めている。AISG では、シンガポールにあるすべての研究機関と、AI 製品を開発する AI ベンチャー企業の活発なエコシステムを結集し、シンガポールの AI への取組を強化するための機会を提供している。これは、NRF、スマート・ネーション・デジタル・ガバメント・オフィス、経済開発庁、情報通信メディア開発局、SGInnovate、統合医療情報システムからなる政府全体のパートナーシップによって推進されている。NRF は、AI シンガポールに 5 年間で最大 1 億 5 千万ドルを投資すると公表している<sup>13</sup>。

AISG の教育プログラムは、きめ細かく対象別に分けて提供されていることが特徴である（図表 1-3-6）。主としてビジネスパーソンを対象とする「AI for Everyone」、主として大卒者等を対象とする「AI Apprenticeship Programme」の他、博士号取得希望者を対象とする「AISG PhD Fellowship Programme」も提供されている。また、主に 10～12 歳程度の子供を対象とする「AI for Kids」など、高等教育内外の幅広い層に対して実務を重視したプログラムが政府支援の下で提供されている。

---

<sup>11</sup> <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal>

<sup>12</sup> みずほリサーチ&テクノロジー「欧州における AI 戦略-AI イノベーションの中心地を目指す英国の取り組み」（2018）

<sup>13</sup> The National Research Foundation, Singapore (NRF)の HP 参照

図表 1-3-6 AI Singapore における教育プログラム

プログラム名称	概要	対象者	形態
AI for Everyone (AI4E) <sup>TM</sup>	AI 技術やアプリケーションの概要を理解する初学者用コース	ビジネスパーソン	ライブストリームによるワークショップ (3 時間)
AI for Students (AI4S) <sup>TM</sup>	オンライン学習プラットフォームを利用して AI やプログラミングの基本を学ぶ	中学・高校・大学生等 やその教員	DataCamp 等、e ラーニング (6 か月程度)
AI for Industry (AI4I) <sup>TM</sup>	Python を使用した基本的な AI 及びデータアプリケーション・プログラムを行う	ソフトウェア開発者	e ラーニング (12 か月程度)
AI Apprenticeship Programme (AIAP) <sup>TM</sup>	AI/機械学習(ML)プロジェクトに講座と実践を行う。	主に大卒者	AI エンジニアリング学習 (2 か月)、OJT (7 か月)
AI Data Apprenticeship Programme (AIDP)	AI ソリューションのためのデータ・キュレーションの OJT を行う。	主に大卒者	コースワーク(2 か月)と実践的トレーニング(4 か月)
AISG PhD Fellowship Programme	最先端の AI アルゴリズム、モデル、システムを生み出す人材育成を図る	博士号取得希望者	授業料免除や返済義務のない奨学金支給を行う (最長 4 年間)
The Institute of Technical Education (ITE):AI の必須科目化	AI を大学 1 年生の必須科目とする	2020 年の入学生 全員	ITE の授業 (1 年間)
AI for Kids	AI を学べる体験型ワークショップ	主に 10~12 歳	ブートキャンプ (1 日間)

#### 1.3.4 まとめ

本節では、日本の AI 人材育成の動向について、AI 人材の分類、需給の現状を整理した上で、各国の AI 人材に関する施策を紹介した。

はじめに、AI 人材の需給の動向について紹介した。経済産業省「IT 人材需給に関する調査」の試算によると、AI 人材の不足数は、2025 年に 8 万 8,460 人～2 万 7,053 人、2030 年に 12 万 3,718 人～1 万 2,281 人が不足すると試算されている。

AI 戦略 2019 では、実際の教育機関の学生数や AI 人材の需給の試算を踏まえて、AI 人材に対して、「リテラシーレベル」、「応用基礎レベル」、「エキスパートレベル」の教育を質保証して提供する施策を進めている。「リテラシーレベル」、「応用基礎レベル」については、大学を中心として様々な教育プログラムが作られており、これらを普及促進する取組が進められている。

今後の課題は「エキスパートレベル」の人材育成である。現状は経済産業省の AI Quest や、東京大学と企業の産学連携による「先端人工知能学教育寄付講座」や「Beyond AI 研究所」などが設置され、学生・大学院生だけでなく、社会人、共同研究型など多様な形態で人材育成の取組が進められている。しかし、世界トップレベルの AI 研究を進める研究者や、実課題に AI を活用してイノベーション創出に取り組む能力を有する人材は学术界及び産業界のいずれにおいても需要が大きく、引き続き注力すべき検討項目である。

AI 人材の教育は諸外国で活発であり、多様な教育プログラムが提供されている。シンガポールでは、高等教育内外の幅広い層のそれぞれに対して、実務を重視したプログラムが提供されている。また、AI 人材の教育に留まらず、国内のすべての研究機関、政府系機関、企業の活発なエコシステムを結集して、シンガポールの AI への取組の機会を提供している。中国では、「次世代人工知能開発計画」の中で、世界のトップレベル人材の誘致、AI 分野の教育課程の拡充、AI に他の専攻分野を融合した「AI+X」の複合専攻育成の新モデルの形成や、産学研（企業・大学・研究機関）連携等を通じて、人工知能高度人材の早急な育成・集積に取り組んでいる。

このように諸外国では様々な先進的な取組がある中で、日本では AI 人材育成のための教育プログラムの整備が十分ではない。社会全体が AI による便益を最大限享受するためには、AI の社会受容性を高め、広く AI を利活用するユーザーを増やす必要があるが、広く国民がアクセスし、多くの人が活用するための教育はできていない。また、AI 戦略 2019 に基づいて、個別の施策が進んでいるが、AI 人材育成と AI 研究開発、AI の社会実装との関係性などは明確ではない。政府機関、教育・研究機関、各産業領域で国際競争力を持つ企業など多様なプレイヤーを結集して、日本としての AI に関わる取組の機会を増やし、その中に人材育成を位置付けて個別施策を進めて、政府機関や関連省庁が進める各施策の効果を最大化していくことが求められる。

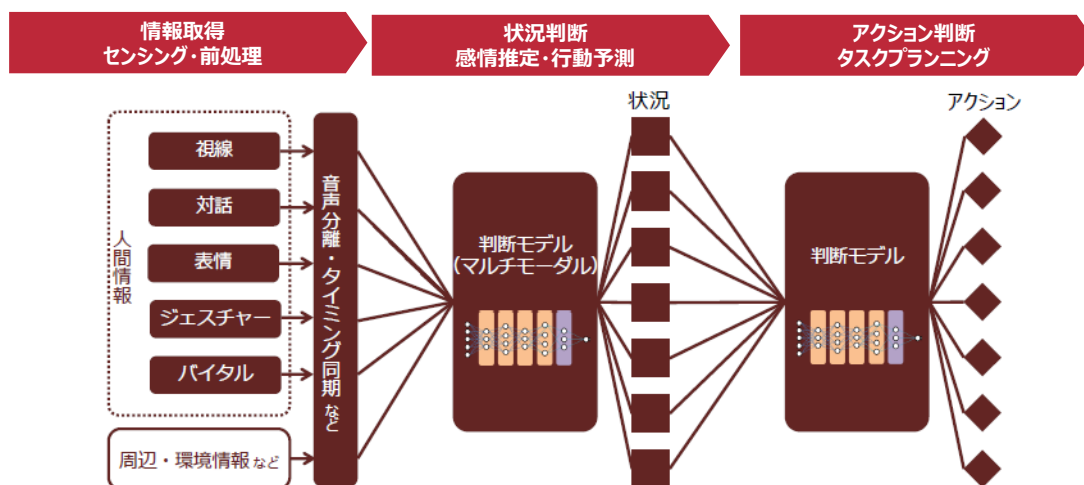
## 第2章 ヒューマン・インタラクション基盤技術に関する技術動向調査

### 2.1 ヒューマン・インタラクション技術の体系化

ヒューマン・インタラクション技術は、複雑で予測が困難な人の認知・行動を理解することで、臨機応変に迅速で違和感なく人の状況判断やコミュニケーションを支援する技術である。ヒューマン・インタラクション技術は情報科学分野の画像認識、自然言語処理、機械学習などの様々な技術が有機的に連携した技術領域であり、基本機能としては「情報取得（センシング）」「マルチモーダル状況判断」「アクション判断」の3つに分けることができる（図表 2-1-1）。

本稿ではヒューマン・インタラクション技術に関わる技術領域をより明確にするために、人工知能学会が作成した AI 技術マップ E のキーワードをもとに、ヒューマン・インタラクション基盤技術に関するキーワードを収集した。また、近年トピックとして挙がる技術キーワードを収集し、HI 技術体系に紐づけて整理を行った。

図表 2-1-1 ヒューマン・インタラクション技術



### 2.2 ヒューマン・インタラクション技術の技術俯瞰図

ヒューマン・インタラクション基盤技術に関連キーワードや技術分野を明確にするために、AI 技術に関わる技術キーワードから、特に「情報取得（センシング）」「マルチモーダル状況判断」「アクション判断」に関わる技術キーワードを抽出してマッピングを行った（図表 2-2-1、図表 2-2-2）。AI 技術に関わるキーワードとしては、人工知能学会が作成した AI 技術マップ E のキーワード<sup>14</sup>を使用した。本マップ E は、人工知能学会論文誌編集委員会が、AI マップタスクフォースで選定したキーワード群をもとに、人工知能学会の学術論文に付与すべきキーワードを追加・修正し、論文用のキーワードとして策定されている。

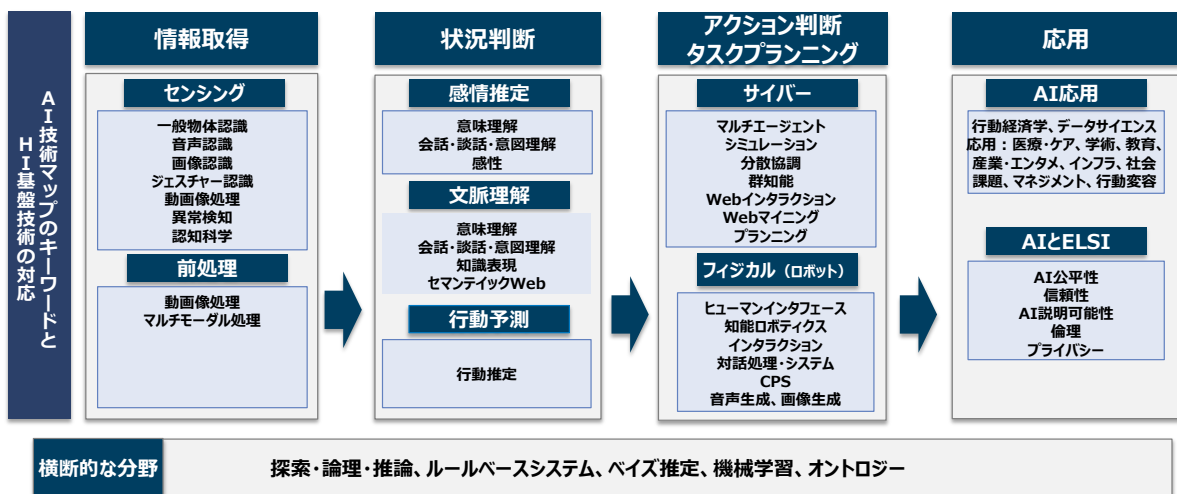
<sup>14</sup> 人工知能学会「AI マップβ 2.0」

図表 2-2-1 人工知能学会の技術マップ E からのキーワードの抽出

分類	キーワード	HI基盤技術	分類	キーワード	HI基盤技術	分類	キーワード	HI基盤技術	分類	キーワード	HI基盤技術
基礎・理論	エキスパートシステム		画像音声メディア処理	一般物体認識	○	言語メディア処理	意味理解	○	ヒューマンインタフェース	アフォーダンス	
	オペレーションズリサーチ			音声認識	○		オノマトペ			ヴァーチャルリアリティ	
	グラフ理論			音声生成	○		会話・談話・意図理解	○		感性	○
	計算論的神経科学・脳科学			画像認識	○		機械翻訳			行動推定	○
	シンボルグラウンディング			画像生成	○		対話処理・対話システム	○		行動変容	○
	スケジューリング			コンピュータビジョン	○		テキストマイニング			仕掛学	
	制約充足問題・充足可能性問題			ジェスチャー認識	○		非タスク指向対話			情報可視化	
	探索・論理・推論アルゴリズム	○		動画像処理			要約			スキルサイエンス	
	認知科学	○		マルチモーダル処理	○		その他			知的ユーザインタフェース	
	認知アーキテクチャ	○		その他			記号創発ロボティクス	○		ヒューマンエージェントインタラクション	
	汎用人工知能		オントロジー	○	サイバーフィジカルシステム	○	ヒューマンコンピュータインタラクション	○			
	ヒューリスティクス	○	知識獲得・発見		身体性		マルチモーダルインタラクション				
	フジィ論理		知識共有・管理		知能メカトロニクス		その他				
	プランニング	○	知識表現	○	知能ロボット	○					
	プロダクションシステム		知識グラフ	○	知能ロボティクス	○					
バイズ推定	○	知識ベース		認知ロボティクス	○						
包摂アーキテクチャ		データマイニング		ヒューマンロボットインタラクション	○						
ルールベースシステム		その他		その他							
その他											

分類	キーワード	HI基盤技術	分類	キーワード	HI基盤技術	分類	キーワード	HI基盤技術
機械学習	異常検知		Webインテリジェンス	Webインタラクション	○	AI応用	AI	○
	遺伝的アルゴリズム			Webマイニング	○		ライフサイクル	
	概念学習			クラウドソーシング・ヒューマンコンピューテーション			計算社会科学	
	強化学習			集合知			行動経済学	○
	クラスタリング			セマンティックWeb	○		データサイエンス	○
	計算論的学習理論			情報検索			バイオインフォマティクス	
	情報論的学習理論			情報推薦			マテリアルズインフォマティクス	
	進化計算			ソーシャルメディア			医療・ケア応用	○
	深層学習			意思決定・合意形成	○		学術応用	○
	スパースコーディング			オークション			教育応用	○
	敵対的学習		群知能	○	芸術・エンタテインメント応用	○		
	転移学習		ゲーム理論	○	産業応用	○		
	統計的学習		シミュレーション		インフラ応用	○		
	ニューラルネットワーク		分散協調	○	社会課題応用	○		
	パターン認識		マーケットデザイン		マネジメント応用	○		
半教師あり学習		マルチエージェント	○	Well-being Computing	○			
表現学習(エンベディング)		その他		AI公平性	○			
その他				AI信頼性	○			
				AI説明可能性	○			
				AI倫理	○			
				プライバシー	○			
				その他				

図表 2-2-2 ヒューマン・インタラクション技術の技術俯瞰図





### 2.3 ヒューマン・インタラクション技術の研究動向の調査方法

ヒューマン・インタラクション技術の研究動向を把握するために、ヒューマン・インタラクション技術に関連する学会で 2019 年及び 2020 年に発表された研究成果を対象に、ヒューマン・インタラクション技術に関わる学会論文・原著論文を抽出して、研究内容をまとめた。調査対象は機械学習分野、コンピュータ・ヒューマン・インタラクション分野、ロボティクス分野の学会を主とした（図表 2-3-1）。ヒューマン・インタラクション技術に関わる研究内容の抽出は、「マルチモーダル状況理解（Multimodal 等）」「感情推定（Emotion Recognition 等）」「文脈理解（Contextual understanding 等）」「行動予測・人の行動（Behavior prediction または Human Behavior 等）」などのキーワードの有無によって、関連性の判断を行った。

図表 2-3-1 調査対象とした学会

対象学会調査ソース名	分野
ACM SIGCHI : Computer-Human Interaction	ヒューマン・インタラクション関連
ACM SIGKDD : Knowledge Discovery in Data	機械学習関連 (データマイニング関連)
ICML : International Conference on Machine Learning	機械学習関連
NIPS : The Conference and Workshop on Neural Information Processing Systems	機械学習関連 (機械学習・神経科学)
HRI : Human-Robot Interaction	ロボティクス関連
その他 IROS : IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems ICRA : IEEE International Conference on Robotics and Automation RSS : Robotics: Science and Systems HRI : JACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction	情報科学全般

(この他、ヒューマン・インタラクション技術に関わるキーワードをもとにデスクトップ調査を行った)

本稿では、抽出された研究のうち、特にヒューマン・インタラクション技術に関連する研究を紹介する。研究内容は様々な産業応用が考えられる基礎研究段階のもの、特定の産業領域を想定された実証研究段階のものがある。次節では、「情報取得」、「マルチモーダル状況判断」、「アクション判断」、「教育領域」、「介護領域」、「接客領域」に分類して紹介を行う。各研究内容について、ヒューマン・インタラクション技術である「センシング技術」、「感情推定技術」、「文脈理解技術」、「行動予測技術」が含まれているかを整理している。

## 2.4 情報取得（センシング・前処理等）に関する研究動向

人間の心理状態や意図を解釈するための表情認識やポーズ認識といった画像認識や音声認識は、カメラやマイクのハードと認識技術の精度向上により、多くのロボット研究で用いられている。また、単体ではなく、表情認識と音声認識、顔検出と音源検出、表情認識などとといった複数のモーダルチャネルを扱った研究も多く見られた。

医療分野では、音声認識、体温測定、キーワード検出、咳検出などの機能を組み合わせて、感染のリスク評価を行う研究や、音声データを用いて精神疾患を推定する研究などが行われている。

自動運転分野では、ドライバーの心拍数、眼球運動、ガルヴァニック皮膚反応といった様々な生体データの測定とそれに基づく行動推定の研究も行われている。その他には、高齢者の感情推定のための心電図データを測定するスマートシャツの開発や、自閉症の子供の意図理解を目指した触覚センサーの調査、または自宅環境での利用に特化したロボット搭載型のミリ波レーダーシステムの研究など、用途に特化したセンサーの開発も行われている。

また、高齢者の医療・ヘルスケアに関わる研究では、研究開発に用いるためのデータセットがまだ十分ではないため、kinect を使った高齢者の日常動作の大規模データセットの作成や、高齢者の感情推定のための表情と音声のデータセットの作成など、高齢者に特化したデータセットの作成も進められている。

データに関しては、アノテーションデータ作成の負荷低減を目指した、合成データや物理シミュレータによるシミュレーションデータの活用も研究されている。

研究用データセットにおける研究が十分に揃っているテーマに関しては、実環境におけるデータ取得を用いたテーマの研究も多い傾向にある。

### （1）マルチモーダルデータを用いた自動運転におけるドライバーのテイクオーバー（運転交代）の予測

これまでの研究で、自動運転において生じるテイクオーバー（機械から人への運転交代）に対してドライバーが反応しない可能性が明らかになっている。そこで、運転に関する事前データ、ドライバーの眼球運動・心拍数・ガルヴァニック皮膚反応（GSR）といったマルチモーダルデータ、車両データから、ドライバーのテイクオーバーの意図・時間・品質を予測するディープニューラルネットワークベースのフレームワークである DeepTake を開発した。従来の最先端の手法と比較して、テイクオーバー時間と品質の予測において、優れていることが示された。

（出所）2021, DeepTake: Prediction of Driver Takeover Behavior Using Multimodal Data, Pakdamanian, Erfan and Sheng, Shili and Bae, Sonia and Heo, Seongkook and Kraus, Sarit and Feng, Lu, Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems

### （2）スマートシャツとロボットアシスタントによるネガティブな感情マネジメントの研究

怒り、恐怖、緊張、抑うつなどの負の影響は、人間の病気への感受性を高める可能性があると言われていている。本研究では、心電図信号から負の感情を認識し、ロボットアシスタントを介して感情調整を行うことができる負の感情管理システムを提案し、健康リスクの低減につながる可能性を示している。

(出所) 2021, Negative Emotion Management Using a Smart Shirt and a Robot Assistant, Sheng, Weihua; Pham, Minh; Do, Ha Manh; Su, Zhidong; Bishop, Alex J., IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

### (3) ロボット搭載型 mmWave レーダによる心拍計測

自宅での心拍数のモニタリングは高齢者や術後の回復期にある患者などの健康状態を評価するのに有効な手段であり、非接触型の心拍数モニタリングは広く検討されている。本研究ではユーザーの日常生活を妨げることなく、ユーザーのさまざまな姿勢で定期的に心拍数を測定するロボット搭載型ミリ波レーダシステム「mBeats」を提案している。新しい深層学習アプローチを組み合わせることで、下肢からの正確な心拍数測定と、それに対応する不確実性推定値を得ることができることを示した。

(出所) 2020, Heart Rate Sensing with a Robot Mounted mmWave Radar, Zhao, Peijun and Lu, Chris Xiaoxuan and Wang, Bing and Chen, Changhao and Xie, Linhai and Wang, Mengyu and Trigoni, Niki and Markham, Andrew, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

## 2.5 マルチモーダル状況判断（感情推定、行動予測等）に関する研究動向

表情や音声からの感情認識や意図認識は既に多くの研究で用いられている。さらには、歩行のポーズ認識からの感情推定や、人間の手の動きから人の意図を推定など、様々な行動データからの感情や意図推定を搭載したロボットの研究も行われている。その他、マルチモーダルデータを用いた子供の痛みの推定といった嬉しさや悲しさといった単純な感情以外の推定や、人の信頼度を推定する研究も行われている。

マルチモーダルデータを用いることで、複数人の会話において参加レベルが低い人を特定して話しかけたり、人とロボットの共同作業を想定したケースにおいては協調性を高めるため、人のエンゲージメントや意図を理解したりと、より複雑な状況認識に研究も進められている。

また、今の状態を認識するだけでなく、高齢者の転倒を未然に防いだり、サービスロボットが尋ねられる前にサービス提供をするといった、ロボットがプロアクティブな行動を取れるための行動予測の研究も行われている。モデル作成については深層学習を用いたものが多く、特に、エンドツーエンド学習を適用したものが多く見られる。

高齢者の医療・ヘルスケアを対象にした研究では、データセットとともに、感情認識などのモデル作成についても特化した研究が行われ始めており、高齢者データに対する音声感情認識の学会コンペなども行われている。

物体認識した物理空間における物体とロボット内の知識構造とのエンティティの紐付け、さらには紐付けた情報に基づく人との会話や指示内容の把握に関しては、SPRING プロジェクトなどにおいて既にロボットに搭載されているが、より広域な物体を取り扱えるようにするための研究などは引き続き行われている。

### （１）声の大きさの自動調整を備えたロボットによる通行中の人との対話の研究

ロボットが声の大きさを調整することで、参加者がパーソナライズされたと感じ、ロボットが段階的に行動を調整することで、参加者がロボットに立ち寄って交流する可能性が高まることを示した。ロボットには人検出器、人追跡器、音量調節器などが備わっている。体の向きや視線の情報に基づいて人を追跡し、人の距離に応じて生成されたテキストを自律的に適応させている。

（出所） 2021, Initiating Human-Robot Interactions Using Incremental Speech Adaptation, Kerstin Fischer | Lakshadeep Naik | Rosalyn M. Langedijk | Timo Baumann | Matouš Jelínek | Oskar Palinko, Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction

### （２）子供の疼痛管理支援を目指したインテリジェントな適応型ヒューマノイドロボットの開発

表情認識と音声認識から感情予測による子供の痛みと感情を評価し、それに応じて言語的および非言語的な対話反応を適応させ、最適な気晴らしを行うインテリジェントな適応型ヒューマノイドロボットの開発を目指している。表情認識は Nao ロボットのカメラからの画像を Convolutional Neural Network (CNN) で分析し、音声認識はマイクからのデータを Deep Time-Delay Markov network (DTMN) で処理し、強化学習は SARSA ベースで行っている。

(出所) 2021, Adaptive Humanoid Robots for Pain Management in Children, Sudhir Shenoy | Yueyue Hou | Xinran Wang | Fateme Nikseresht | Afsaneh Doryab, Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction

### (3) 多人数会話における受動的被験者の識別と働きかけを行うヒューマノイドロボットの研究

ヒューマノイドロボットを用いて、多人数での会話において受動的な被験者を検出して参加させるための新しい手法を提案している。受動的なユーザーの検出は、1) 顔認識により人間の検出・識別、2) 音声検出、3) 話者の方向推定、4) 現在と過去の会話情報の分析による異常検出、を行っている。ユーザーの会話参加への働きかけは、Natural Language Processing (NLP) により会話トピックに類似したトリビアとユーザー名を含む文章を生成し、音声出力される。予備実験では受動的な被験者を識別して会話に参加させることに成功している。

(出所) 2021, Identification and Engagement of Passive Subjects in Multiparty Conversations by a Humanoid Robot, David Ayllon | Ting-Shuo Chou | Adam King | Yang Shen, Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction

## 2.6 アクション判断（タスクプランニング等）に関する研究動向

センシング、状況認識、アクション判断が連動した研究としては、移動型ロボットに関する研究に事例が多い。例えば、近寄ってくる人の感情を推定して人の感情状態に応じて経路を変えたり、会話シーンにおいて検出した距離に応じて声の大きさを変えたりと、より環境に馴染むような研究が進められている。また、人が障害物になっている際に会話による解決を計画したり、問題が発生したときに人を探索したりするなど、実環境における適応に関する研究も多い。ユニークなものとしては、道を教えてくれた人の自信度合いを推定し、それに基づく経路選択をする研究もある。

人とロボットの共同作業においては、協調性や信頼度を認識や推定してそれに基づいてアクション判断をすることに加えて、ロボット側から意図を人に提示にすることで協調性を高める研究も行われている。

アクション判断としては、AI やロボット自身がアクションを行うことに加えて、多数の選択肢の中から状況に合致する行動をレコメンドすることで、人の行動を支援する研究も行われている。具体的には、リハビリ時の介護者から要介護者へのアドバイス選択や、テレプレゼンスによる遠隔での表現選択などの研究がある。後者は強化学習と Human-in-the-loop を組み合わせて自動化を行っている。

また、ロボットやエージェントが、人の行動へ介入したり、さらには行動変容を促すようなアクションをする研究もあり、このような研究においては、人とコミュニケーションを取るための会話生成なども同時に必要になってくる。例えば、会話への参加レベルが低い人を会話に引き込むケースにおいては、会話内容のトピックを分析し、それに類似するフレーズを応答させるといった研究などがある。

### （1）人間とロボットのチームワークの多面性を推論するアルゴリズムの研究

従来の人間とロボットのチームワークに関する研究ではチームワークが存在することが前提となっていたが、本来はロボットがチームメイトとしてのメリットを示す仕組みが必要である。この研究では Shared Cooperative Activity (SCA) の 3 つの要素である「相互応答性（意図の理解）・共同活動へのコミットメント（サブプランの調整）・相互支援へのコミットメント（支援の提供）」のすべてを備えた Teammate Algorithm for Shared Cooperation (TASC) という新しいアルゴリズムを提案している。

（出所）2021, Valuable Robotic Teammates: Algorithms That Reason About the Multiple Dimensions of Human-Robot Teamwork, Mai Lee Chang | Andrea Thomaz, Proceedings of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction

### （2）歩行者を対象とした社会認識型ロボットナビゲーションのための新しいエンドツーエンドの感情予測アルゴリズムの研究

社会性を意識したロボットナビゲーションを行うための、歩行に基づく感情・近接学習アルゴリズムを開発した。車載カメラで撮影した RGB ビデオからフレームごとに歩行者のポーズを抽出し、感情を 4 つのクラスに分類する。ロボットは、幸せを感じたら近くを移動し、怒りを認識したら距離を保って移動する。感情

予測の精度は、Emotion-Gait ベンチマークデータセットにおいて平均 82.47%を達成した。この結果は、3D 歩行からの感情認識において現在の最先端のアルゴリズムよりも優れている。

(出所) 2020, ProxEmo: Gait-based Emotion Learning and Multi-view Proxemic Fusion for Socially-Aware Robot Navigation, Narayanan, Venkatraman and Manoghar, Bala Murali and Sashank Dorbala, Vishnu and Manocha, Dinesh and Bera, Aniket, 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)

### (3) 人間の長期的な動きの予測に基づく人間認識型ロボットナビゲーションの研究

屋内環境で活動するサービスロボットにとっては、人間の快適性のルールを守りつつ、ロボットの効率的な経路を見つけることが求められる。本論文では人間の動きを長期的に予測することで人間を意識した新しいナビゲーション手法を提案する。人間が不快に感じるロボットのナビゲーション動作を特定するためにユーザー調査を行い、対応する制約条件を定義し、シミュレーションと実際の実験でこのナビゲーションシステムを評価した。その結果、既存のアプローチよりも、ロボットの到着時間を最小限に抑えつつ快適性が優れていた。

(出所) 2020, Human-Aware Robot Navigation by Long-Term Movement Prediction, Bruckschen, Lilli and Bungert, Kira and Dengler, Nils and Bennewitz, Maren, 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)

### (4) 人間の指示の信頼度を評価して意思決定する、深層強化学習に基づく信頼駆動型ロボットナビゲーションアルゴリズムの提案

ロボットが人間のナビゲーションガイドを信頼できるかという問いに答えることを目的としている。本手法では人間の言語から計算された感情的な特徴と、与えられたガイダンスについて知的な判断を行うことを学習する深層強化学習ポリシーを組み合わせて使用する。また、人間の誘導に従って目標地点に到達することを学習するだけでなく、環境中の人間の全体的な信頼度を測定するロボット信頼度指標も学習する。ナビゲーションのための人間の言語指示から言語記号を計算するための Lang2Sym データセットも公開している。

(出所) 2021, Can a Robot Trust You? A DRL-Based Approach to Personality-Driven, Human-Guided Navigation, Dorbala, Vishnu Sashank; Ambalam, Arjun; Bera, Aniket, 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

### (5) 人が多く住む環境での社会性を持ったロボットナビゲーションのフレームワークの研究

自律型ロボットが屋内環境で移動するには人からの協力が必要である。本研究では、社会的に受け入れられる経路を計画し目標に到達するための会話を行うことを目的とした、周囲の知覚・シーンの社会

的マップの定義・人間を意識した経路計画とナビゲーション・状況を解決するための対話計画、などの複数の機能レイヤーを統合したナビゲーションアーキテクチャを提案する。ナビゲーション中に人と対話しなければならぬという複数のユースケースにおいて評価をした結果、参加者はロボットの行動が現実的で人間らしいと報告した。

(出所) 2021, Towards Efficient Human-Robot Cooperation for Socially-Aware Robot Navigation in Human-Populated Environments: The SNAPE Framework, Vega, Araceli; Gondkar, Rishi; Manso, Luis J.; Núñez, Pedro, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

#### (6) コンパニオンロボットとクラウドを活用した高齢者向け会話型服薬管理システム

服薬リマインダー機能を持つモバイルアプリやデバイスはいくつかあるがそのユーザーインターフェースや操作性は高齢者には不親切なものが多い。本研究では会話ベースの服薬管理システム (CMMS) を提案する。CMMS をコンパニオンロボットに実装し、クラウドを利用して服薬リマインダーの作成や服薬アドヒアランスの確認を行う。ユーザーテストの結果、参加者が本システムを使用する際に高い満足度を得ていることが明らかになった。

(出所) 2021, Conversation-Based Medication Management System for Older Adults Using a Companion Robot and Cloud, Su, Zhidong; Liang, Fei; Do, Ha Manh; Bishop, Alex J.; Carlson, Barbara; Sheng, Weihua, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

#### (7) 米国のセラピストによるソーシャルロボット拡張型遠隔医療プラットフォームの有用性に関する調査研究

米国で開業している 351 人のセラピストを対象とした Lil'Flo プラットフォームの大規模な有用性認知評価を紹介する。一般的な関心事に関する質問と Lil'Flo の知覚的有用性に関する 5 つの質問に対する回答を分析した。セラピストは Lil'Flo が従来のテレプレゼンスと比較して、テレハブのやり取りにおけるコミュニケーション、モチベーション、コンプライアンスを大幅に改善すると考えている。27%のセラピストが Lil'Flo の使用に興味があると回答した。さらに Lil'Flo に関心のあるセラピストは関心のないセラピストと比較して有用性が有意に高かった。

(出所) 2021, Perceived Usefulness of a Social Robot Augmented Telehealth Platform by Therapists in the United States, Sobrepera, Michael J.; Lee, Vera G.; Garg, Suveer; Mendonca, Rochelle; Johnson, Michelle J., IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)



## 2.7 教育領域に関する研究動向

教育領域の現場では電子教材の提供や教員の指導方法の補助などに様々な情報技術が使われているが、業務効率化もしくは電子教材の提供における個別化教育を目的としたものが主である。生徒の学習意欲の向上や教育現場の講義等に対してリアルタイムに介入支援するサービスはまだ見られず、現在は研究段階である。

学術研究としては、MOOCs（公開オンライン講座）の利用拡大に相まって、デジタル上での教育コンテンツのパーソナライズに関連するテーマが多い。パーソナライズにおいては、蓄積したデータからの生徒の評価や学習状態の定量化が重要になる。学習者の過去の学習記録から将来を予測する方法としては、項目反応理論やナレッジトレーシングなどが研究されているが、パーソナライズのための解釈性を高めた手法の開発なども引き続き研究されている。また、パーソナライズの際のインターフェースとなることの多い会話エージェントとしては、テキストだけでなく音声インターフェースを搭載することで学習効果を高める研究も行われている。

感情と学習との基礎研究も行われており、学生（特に幼児期）の表情や感情を認識し、それに合わせてパーソナライズすることで学習を促進する研究なども行われている。

デジタルとは違った物理的なロボットの活用では、教室に設置することでコミュニケーションを促進することで学習成果を高めたり、ロボットを生徒役、生徒を教師役とした学習方法を取ることで学習成果を高める研究などが行われている。

また、ロボットの活用という点では、インクルーシブ教育の視点での研究も行われている。例えば、教室での視覚障害のある生徒をロボットのファシリテーションを活用して授業に参加させるといった研究などがある。他には、自閉症の子供の発達支援（治療も含む）としてのロボット活用の研究もされており、機能として、画像認識からのエンゲージメント推定の研究なども行われている。

昨今の画像認識技術を活用することで、教室内での生徒の視線、顔の表情、頭の動きなどの画像データを分析し、授業の関与度合いや集中度を測定し、その結果を教師のフィードバックすることで教師を支援する研究も行われている。デジタル空間上での活用に加えて、サイバーとフィジカルが融合したデジタルツインとして、教室での授業の高度化や教師の支援という方向性の研究も行われている。

### （1）教室内でのコンピュータビジョンによる視線追跡による研究

教室のセンシングは教育を改善する大きな可能性を秘めた重要かつ活発な研究分野であり、学生や講師の視線パターンもその一つである。これまでの視線のセンシングシステムは、精度が低く、専用の外付けセンサーや装着型センサーが必要であることが多かった。そこで、コンピュータビジョンを利用した新しいシステムを開発した。今後は教育環境のデジタルツインを目指した。

（出所）2021, Classroom Digital Twins with Instrumentation-Free Gaze Tracking, Ahuja, Karan and Shah, Deval and Paredy, Sujeath and Xhakaj, Francesca and Ogan, Amy and Agarwal, Yuvraj and Harrison, Chris, Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems

## (2) 感情を持つテレプレゼンスロボットのための行動選択の自動化の研究

情動テレプレゼンス研究用の卓上型ロボットである「Haru」を用いる際、遠隔操作者が利用できる情報は限定的であり操作には困難を伴う。本論文では強化学習（RL）を用いた強化学習戦略（Human-in-the-Loop reinforcement learning strategy）を採用し、選択プロセスの自動化を図った。実験の結果、遠隔操作者とのわずかなやりとりでシステムがすべての知覚モダリティに対して最適なルーチンを推奨することを学習でき、遠隔操作者の作業負荷を大幅に軽減できることがわかった。

(出所) 2021, Automating Behavior Selection for Affective Telepresence Robot, Vasyilkiv, Yurii; Zhen, Ma; Li, Guangliang; Sandry, Eleanor; Brock, Heike; Nakamura, Keisuke; Irani, Pourang; Gomez, Randy, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

## (3) 文脈認識型の知識追跡 (Knowledge Tracing)に関する研究

知識追跡 (Knowledge Tracing: KT) とは、教育アプリケーションにおいて学習者の過去の成績から将来の成績を予測する問題である。深層学習の有効性が示されているが、学習者に対する解釈可能なフィードバックと実行可能な提案を用いる必要があるパーソナライズド学習には不十分であった。本研究では、深層学習と、認知モデルや心理測定モデルにヒントを得た Attentive Knowledge Tracing (AKT) を提案する。いくつかの実世界のベンチマークデータにおいて、AKT は既存の KT 法よりも優れていることを示した。

(出所) 2020, Context-Aware Attentive Knowledge Tracing, Ghosh, Aritra and Heffernan, Neil and Lan, Andrew S., KDD '20: Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining

## 2.8 介護領域に関する研究動向

介護領域では提供サービスのデジタル化によって、介護従事者の生産性向上を目指した研究開発が進められている。具体的には、コミュニケーションロボット、ケアプラン支援、徘徊予防などのソリューションに関する研究開発や、介護データとあわせて医療データやバイタルデータを組み合わせた健康予防や疾患予測などが取り組まれている。

具体的なアプリケーションとしては、リハビリ支援、モニタリング、自律支援（活動支援）、パーソナルアシスタントなどに大別される。リハビリ支援は、要介護者に対しては、画像認識や感情認識によりパーソナリティーを考慮した支援などが研究されている。介護者に対しては、要介護者の状態を測定データから認識し、必要なサポート内容をレコメンドすることで介護者を支援するシステムの研究などがある。モニタリングとして、転倒予測などは従来から盛んに研究されてきているが、一步進んで、転倒リスクを予測し、そこからリスクを低減するような介入を行う歩行器ロボットの研究も進められている。自律支援（活動支援）としては、着衣支援などのように、画像認識技術や物理シミュレーションとの併用を用いるなどして、従来では困難だった活動支援の研究も進められている。パーソナルアシスタントとしては、会話エージェントを活用したスケジュール管理や服薬管理などが研究されている。また、要介護者-ロボット/AI との 2 者での完全自動化ではなく、要介護者-ロボット/AI-介護者（看護師など）といった 3 者での活用を検討している研究もある。

支援内容としては、肉体的だけでなくメンタル面の研究も多い。具体的には、高齢者社会的孤立防止へ向けた研究などで、市販ではアザラシロボット PALO が有名である。さらに、不安を感情認識し、それを解消する会話エージェントの研究なども行われている。

また、介護の対象としては高齢者だけでなく、子供（特に ASD などの障害を持つ子供）も多い。子供については、ロボットとのコミュニケーションや感情認識を用いて、病院での不安の解消や痛みのケアなどの研究も進められている。

テレプレゼンスの活用も従来から研究や製品開発が進められている。物理的な移動の制約回避や昨今の感染症に接触リスクを回避できるため、完全自動化が難しい医療や介護においては、今後のさらなる活用が予想される。米国での調査研究などが行われている。また、テレプレゼンスによる認識やレコメンドによる表現のサポートに関する研究も進められている。

また、介護においては、在宅ケアといったインフォーマルな形も多く、その辺りの課題の認識や利便性の高いサポート提供も重要である。Google Health によるアメリカでの調査研究や、Google Home を活用した介護者のサポートの研究も進められている。

(1) 在宅ケアなどのインフォーマルな介護者に関する米国における課題の調査 (Google Health)

米国のインフォーマルな介護者 2,000 人を対象にし、介護の課題について調査を実施した。本調査の結果はインフォーマルな介護者グループの具体的な調整課題である「コミュニケーションの課題、必要とされる広範なケア活動の管理・運営、スケジューリングと時間的な調整作業」において先行研究と一致した。今回の研究では、これらの課題がどの程度感じられるかを左右する媒介因子についても明らかにした。これにより、インフォーマルな介護の仕事を支援するための社会技術システムの設計をより適切に行うことが期待できる。

(出所) 2021, Isolation in Coordination: Challenges of Caregivers in the USA, Schurgin, Mark and Schlager, Mark and Vardoulakis, Laura and Pina, Laura R. and Wilcox, Lauren, Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

(2) 高齢者の日常動作を認識するロボットのための大規模な RGB-D データセットの作成

ETRI-Activity3D と呼ばれる、ロボット視点での高齢者の日常活動に焦点を当てた新しいデータセット (被験者 100 人の 55 の日常活動) を作成した。主な特徴は、1) 高齢者の日常生活をつぶさに観察して選んだ実用的な行動カテゴリ、2) ロボットの作業環境やサービスの状況を反映した現実的なデータ収集、3) 現在の 3D アクティビティ解析のベンチマークデータセットの限界を克服した大規模データセットである。データセットには、RGB ビデオ、デプスマップ、スケルトンシーケンスを含む 112,620 個のサンプルが含まれている。

(出所) 2020, ETRI-Activity3D: A Large-Scale RGB-D Dataset for Robots to Recognize Daily Activities of the Elderly, Jang, Jinhyeok and Kim, Dohyung and Park, Cheonshu and Jang, Minsu and Lee, Jaeyeon and Kim, Jaehong, 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)

(3) 脳卒中患者のロボット支援歩行訓練時において理学療法士をサポートするリアルタイムバーチャルコーチの研究

ロボット技術の発展に伴い高齢者や障害者のリハビリテーション分野における最先端技術の需要が急速に高まっている。本論文ではロボット支援による脳卒中患者の歩行訓練を理学療法士が支援する際に、リアルタイムで動くバーチャルコーチを提案する。バーチャルコーチは、データ収集とデータセット生成のためのセンサモジュール、Long Short Term Memory (LSTM) を用いた患者の歩行の分類、オーディオビジュアル形式でのコーチング機能から構成されている。プロの 5 人の理学療法士を対象とした満足度調査の結果は、63.37~87.20 となった。

(出所) 2020, Real-time Virtual Coach using LSTM for Assisting Physical Therapists with End-effector-based Robot-assisted Gait Training, Seo, Yeongsik and Lee, Eunkyeong and Kwon,

Suncheol and Song, Won-Kyung, 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)

(4) 病院内での患者の転倒リスクを最小限にするサービスロボットの新しい行動フレームワークの研究  
病院内における患者の転倒防止を行うための、移動支援ロボットによるリスクを考慮した新しい計画フレームワークを提案している。患者に歩行支援器具を提供することで転倒のリスクを最小化している。学習ベースの予測とモデルベースの制御を組み合わせることで転倒防止タスクの計画を立てている。様々なリスク指標を比較したシミュレーションシナリオ結果から、ロボットは転倒スコアの高いイベントを回避するための介入を計画できることを示した。

(出所) 2021, Risk-Aware Decision Making for Service Robots to Minimize Risk of Patient Falls in Hospitals, Sabbagh Novin, Roya; Yazdani, Amir; Merryweather, Andrew; Hermans, Tucker, 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

(5) 深層畳み込みネットワークを用いた自閉症スペクトラム (ASD) 児童を対象としたロボットとのインタラクションにおけるエンゲージメント推定

自閉症スペクトラムの子どもの場合、相手の関与を評価することで、教育や治療の目標に応じてロボットの行動を調整することができる。本研究では、自閉症スペクトラムの子供に焦点を当てたエンゲージメント推定について検討した。従来手法よりも優れたエンゲージメント推定のために、深層畳み込みアーキテクチャを提案し、ASD および定型発達 (TD) の子供がロボットや人間と対話する様子を描いた 4 つのデータベースを用いて様々な条件下で性能を評価した。

(出所) 2021, Engagement Estimation During Child Robot Interaction Using Deep Convolutional Networks Focusing on ASD Children, Anagnostopoulou, Dafni; Efthymiou, Niki; Papailiou, Christina; Maragos, Petros, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

(6) ロボットによる着衣動作支援のための把持点の学習

支援ロボットは障害者や高齢者の日常的な着衣動作をサポートする可能性を秘めている。課題の一つは衣服上の適切な把持点の計算である。本論文では色や質感に影響されない奥行き画像を用いて衣服上の事前定義された把持点の位置を特定する教師付きの深層学習ネットワークを導入した。収集にコストがかかる実データを減らすため、シミュレーションにより大量のラベル付きデータを作成した。実験結果から、本手法が正確な把持点の推定を可能にすることが実証された。

(出所) 2020, Learning Grasping Points for Garment Manipulation in Robot-Assisted Dressing, Zhang, Fan and Demiris, Yiannis, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

(7) INTERSPEECH 2020 における高齢者の音声認識感情認識に関する学会チャレンジ

チャレンジタスクとして高齢者の音声感情認識する The Elderly Emotion Sub-Challenge が実施された。ドイツ語圏の高齢者 87 人からなり、覚醒度と感情価について 3 クラス (High、Medium、Low) のラベルが付与してある、高齢者の感情を表す音声データセット Ulm State of Mind in Speech-elderly (USOMS-e) コーパスが用いられた。3 クラスを分類するモデルとして、音響的な特徴量と言語学的な特徴量を用いた古典的なアプローチから深層学習を用いたものまで検証が行われた。

(出所) 2020, INTERSPEECH 2020

(8) COVID-19 感染症のリスク評価のためのリアルタイムのロボットを用いた補助システム

本研究では COVID-19 感染症のリスク評価のためのリアルタイムロボットベースの補助システムを提案している。リアルタイム音声認識、体温測定、キーワード検出、咳検出などの機能を組み合わせ、ライブ音声を実用的な構造化データに変換することで、COVID-19 感染リスク評価機能を実現している。同時に、人間とロボットの対話の中から重要な情報を構造的に抽出し、咳の記録とともに電子カルテに保存する。加えて、ロボットの位置に応じて、専用の流行マップを作成し、リスクの高い地域を避けるように注意を喚起することができる。

(出所) 2020, A Real-Time Robot-Based Auxiliary System for Risk Evaluation of COVID-19 Infection, Wenqi Wei, Jianzong Wang, Jiteng Ma, Ning Cheng, Jing Xiao, INTERSPEECH 2020

## 2.9 接客領域に関する研究動向

接客領域では、小売業等において、店舗内の行動解析を通じたマーケティング業務の支援や需要予測による発注業務の支援、接客助言・商品販促などのソリューションのための研究開発が進められている。

ロボットを使った接客に関しては、単に興味を引く以外の点での、メリットや期待される効果に関する調査的な研究が進められている状況である。具体的には、レストランやカウンターでの対応に関する調査などがある。ロボットの機能的な面では、接客に重要なプロアクティブなアクションをするための行動予測などの研究が行われている。

カスタマーチャットボットにおけるより自然な会話を目指した研究は、様々な改善アプローチのもと、継続的な研究が続いている。カスタマーへの応答については、ジェスチャーを使う受付ロボットなどを例に、応答シナリオに対する対話生成を効率化するため、エンドツーエンドでの学習を用いた研究なども行われている。

また、失語症の患者のレストランでの注文のサポートなど、インクルーシブを考慮したロボットの活用も検討されている。

### (1) 合成データを用いた人間とロボットのチームにおける視覚ベースのジェスチャー認識

人間とロボットのコラボレーションを目指したジェスチャーによるロボットを制御するための RGB ベースの深層学習アプローチを研究している。人間の被験者から高品質のアノテーションデータを収集するという課題に対処するために、人間の実写映像とカスタムシミュレータによる合成映像を含むジェスチャーのデータセットを提供する。合成データの特性（ジェスチャーのバリエーション、キャラクターの多様性、新しいジェスチャーへの一般化など）を体系的に研究するいくつかの実験を実施した。

(出所) 2020, Vision-Based Gesture Recognition in Human-Robot Teams Using Synthetic Data, de Melo, Celso M. and Rothrock, Brandon and Gurram, Prudhvi and Ulutan, Oytun and Manjunath, B.S., 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)

### (2) カスタマーサービスでのインテリジェントなチャットボットの構築に向けた、適切なタイミングでの応答の学習

チャットボットの多くはターン・バイ・ターンの対話スキームに従っているが、場合によっては不適切な応答をしてしまい対話のプロセスを誤らせる。本研究では、この課題を解決するためのマルチターン応答トリガーモデル (MRTM) を提案する。MRTM は、対話データから自己教師付き学習スキームを用いて学習する。DiDi 対話コーパスと Jing Dong 対話コーパスを用いた評価の結果、ルールベースおよび教師あり学習ベースのアプローチを大幅に上回ることがわかった。DiDi のカスタマーサービスチャットボットに MRTM を組み込むことも行なっている。

(出所) 2020, Towards Building an Intelligent Chatbot for Customer Service: Learning to Respond at the Appropriate Time, Liu, Che and Jiang, Junfeng and Xiong, Chao and Yang, Yi and Ye, Jieping, KDD '20: Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery

& Data Mining.



## 2.10 まとめ

本節では、学会情報から、ヒューマン・インタラクション技術に関わる論文を抽出し、研究内容をもとに「情報取得」、「マルチモーダル状況判断」、「アクション判断」、「介護領域」、「教育領域」、「接客領域」に分類して紹介を行った。

全体としては、単体のデータや機能ではなく、表情認識と音声認識、顔検出と音源検出、表情認識といった複数のモーダルチャネルを組み合わせ研究も多く見られた。また、研究用データセットにおける研究が十分に揃っているテーマに関しては、実環境におけるデータ取得を用いたテーマの研究も多い傾向にある。例えば、自動運転分野では、ドライバーの心拍数、眼球運動、ガルヴァニック皮膚反応といった様々な生体データの測定とそれに基づく行動推定の研究も行われている。その他には、高齢者の感情推定のための心電図データを測定するスマートシャツの開発や、自閉症の子供の意図理解を目指した触覚センサーの調査、または自宅環境での利用に特化したロボット搭載型のミリ波レーダーシステムの研究など、用途に特化したセンサーの開発も行われている。

教育領域の研究では、電子教材の提供や教員の指導方法の補助などに様々な情報技術が使われているが、業務効率化もしくは電子教材の提供における個別化教育を目的としたものが主である。生徒の学習意欲の向上や教育現場の講義等に対してリアルタイムに介入支援するサービスはまだ見られず、現在は研究段階であった。

介護領域の研究では、提供サービスのデジタル化によって、介護従事者の生産性向上を目指した研究開発が進められている。具体的には、コミュニケーションロボット、ケアプラン支援、徘徊予防などのソリューションに関する研究開発や、介護データとあわせて医療データやバイタルデータを組み合わせた健康予防や疾患予測などが取り組まれている。また、介護や医療の実際の現場で、リハビリ支援、見守り支援、在宅ケアなど、高齢者の身の回りの支援を行う研究が多くみられた。

接客領域では、小売業等において、店舗内の行動解析を通じたマーケティング業務の支援や需要予測による発注業務の支援、接客助言・商品販促などのソリューションのための研究開発が進められている。

ロボットを使った接客に関しては、単に興味を引く以外の点での、メリットや期待される効果に関する調査的な研究が進められている状況である。具体的には、レストランやカウンターでの対応に関する調査などがある。ロボットの機能的な面では、接客に重要なプロアクティブなアクションをするための行動予測などの研究が行われている。

## 第3章 ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術に関する研究動向

### 調査

#### 3.1 SIP サイバーのプロジェクト概要

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトである。SIP 中の「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」（以下、SIP サイバー）は、Society 5.0 を具現化するサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合するサイバー・フィジカル・システムの社会実装に向けて、ビッグデータ・AI に係る基盤技術として、人と AI が協働することで人の認知・行動を支援・増強する基盤技術を開発している。

ヒューマン・インタラクション基盤技術では、日本の生産性向上に資する高度スキル人材の AI 化・拡張・育成システム、および、システムを活用した育成サービスの社会実装を目標としている。その実現のためには、単に既存データを集めて AI 分析するのではなく、高度スキル人材が、状況や履歴に依存した顧客の内的認知を推論するために潜在的に利用している環境・行動・対話データを特定し、収集した上で、AI 化する必要があり、その AI をロボット・遠隔 VR・教示用 AR と統合し、視聴触覚統合型のインターフェースでフィードバックする技術が不可欠となる。社会実装のためには、これら技術課題の解決とともに、ビジネス展開と国際標準化に必要な実証エビデンスを獲得する必要があり、エビデンスに基づいて国内 B2B（接客サービス、製造）、B2G（学習、介護）、B2G2P（維持管理）への普及を目指している。

本基盤技術により実現されるユースケースは広範に渡るが、そのうち「介護」「教育」「接客」を本 SIP サイバー終了時点の優先ターゲット領域とする。「介護」においては、要介護者の医療バイタルデータだけでなく、排泄などの生活データ、感情や表情のデータも取得され、それらのデータと AI から疾患進捗や生活サイクルの予測を実現することである。要介護者ごとの予測を基にした個別ケアサービスプランを効率的に実施できるようになり、介護コストの低減とクオリティの向上を同時に実現する。これらの成果を数値的なエビデンスとして取得し、それに基づいて国内で普及を図るとともに、高齢化が進むアジア圏に技術展開する。「教育」においては、生徒に学習用のデジタルデバイスが配布されるのを契機に、個人の学習ログの蓄積と、それらのデータと AI に基づく個別学習プランの推奨を実現する。結果的に教育従事者の負担とコストを増やすことなく、教育効果を向上させる。こちらも、成果を数値的なエビデンスとして取得し、それに基づいて国内で普及を図る。「接客」においては、顧客の状態を音声データや視線・表情等の複数のモダリティ情報から認識する技術を開発し、顧客満足度を推定するとともに、対応するスタッフに取るべきアクションを提示する行動アシスタント AI を実現する 2020 年度は、研究開発活動に加え、特にユースケース及びその効果の可視化に注力している。

ヒューマン・インタラクション基盤技術の社会実装に向け、SIP サイバーのヒューマン・インタラクション分野の成果の社会実装に向けたコンソーシアム（メタコンソ）を形成し、成果である高度人材育成システム、学習支援システム、介護支援システム等を用いてビジネスを展開する企業、ユーザーとなる企業の参画、

さらには将来に向けての改善や現場適合を実施する企業の参画を促し、サービス産業のオープンイノベーションプラットフォームを構築する。本コンソーシアムにおいては、経営学、標準化戦略、法学の関係者を招き、各個別テーマの社会実装推進に必要な助言と戦略検討の人材紹介等を実施する体制を整備する。また、SIP サイバーの研究開発活動で蓄積した研究開発データを公開し、AI 技術を有するベンチャー企業を巻き込み、技術成果の活用を促進する体制を整備する。

開発した基盤技術について、人工知能技術戦略産業化ロードマップで示された生産性、健康・医療・介護、空間の移動の重点3分野を念頭に、我が国が質の高い現実空間の情報を有する領域や我が国が解決すべき社会課題の領域における複数の現場等でのデータ収集、プロトタイピング、技術実証・評価を実施し、基盤技術の有効性検証と複数の実用化例を創出することで、ビッグデータ・AI を活用した新たなビジネスモデルの誕生を促進することを目指している。

具体的には、以下に示す(1-1)～(1-4)のテーマで研究開発を行っている。次節ではそれぞれの研究プロジェクトの優位性を整理した上で、事業化に向けた活動の整理を行った。

#### (1-1) 認知的インタラクション支援技術

人と人のインタラクションを AI が支援・増強するための人の認知・行動に関わる非言語データを収集・構造化し、状況判断やコミュニケーションを個人に合わせて支援する高度なインタラクション支援技術

#### (1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術

人と AI が協働するためのマルチモーダルな記憶・統合・認知・判断を可能とする高度対話処理技術

#### (1-3) 学習支援技術

教育現場等から教師及び学生に係るビッグデータを収集し、AI と組み合わせることで教育、学習活動を最適化する技術

#### (1-4) 介護支援技術

介護現場から介護士及び被介護者に係るビッグデータを収集し、AI と組み合わせることで介護士・被介護者双方の負担を軽減する技術

### 3.2 競合分析

本節では、研究開発テーマの独自性や優位性を整理した上で、今後の研究開発や事業化の方向性に関する示唆を得るために競合分析を行った。競合分析にあたって、「ターゲット市場」、「競合比較表」、「事業化に向けた取組」を整理した。

ターゲット市場では、SIP サイバーの各採択テーマで開発する最終プロダクトがターゲットとなる市場を整理した。競合比較においては、SIP サイバーが目指す最終プロダクトと「コアコンピタンス」及び「ターゲット」に近い企業を選定した。比較項目は、主に AI 技術に関する主要な機能と、市場性・コストの 2 点とした。技術については、最終プロダクトの主要機能とともに AI 技術で実装される機能を比較している。市場性については、ビジネス形態、ターゲット、市場獲得・シェアの状況を比較した。

これらの比較を通して、SIP サイバーの研究開発の強みを見出すとともに、事業化に向けた活動の整理を行った。

3.2.1 (1-1)-① 人工知能と融合する認知的インタラクション支援技術による業務訓練・支援システムの研究開発（産業技術総合研究所）

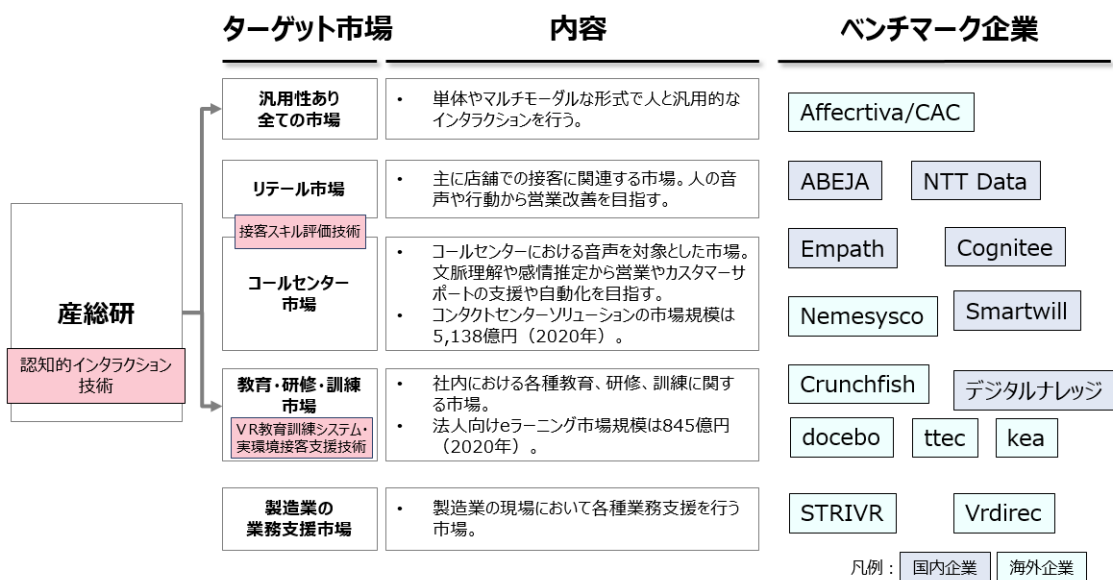
■ターゲット市場について

SIP サイバーの「(1-1)-①産業技術総合研究所」では、人工知能と融合する認知的インタラクション支援技術による業務訓練および支援システムの研究開発を実施している。

画像認識や音声認識技術を応用した感情認識に関する研究は進んでおり、その技術を応用した多くのサービスも市場に投入されている。米 Affectiva 社は画像認識技術を基にした感情認識サービスを提供しており、店舗接客やイベントなどの場で活用されている。産業技術総合研究所の認知的インタラクション支援技術は画像、発話、身体動作などマルチモーダルなデータを取得することを特徴としており主に接客の現場での活用が期待されている。認知的インタラクション技術は感情推定や行動推定など複数要素から成り立ち、接客スキル評価技術、VR 教育訓練システム、実環境接客支援技術といったパッケージの形で社会実装が検討されている。

本採択テーマのターゲット市場は、先述の通り接客支援に関する市場である（図表 3-2-1）。要素技術としての感情推定や行動推定の観点では、Affdex（Affectiva）、ABEJA Insight for Retail（株）ABEJA）、音声感情解析 AI（株）Empath）などが同様のサービスを提供している。接客スキル支援の市場では主に音声認識が活用されており、ComAnalyzer（株）NTT Data）や COG シリーズ（Cognitee株）が類似のサービスを提供している。VR 接客支援分野では Virtual Reality Training Platform（STRIVR）、VRdirect Platform（Vrdirec）などが存在する。

図表 3-2-1 「(1-1)-①産業技術総合研究所」のターゲット市場



■競合分析：「(1-1)-①産業技術総合研究所」の認知的インタラクション技術

SIP サイバーの「(1-1)-①産業技術総合研究所」が開発している認知的インタラクション技術について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-2）。競合比較をする企業の条件として、感情推定や音声認識、行動推定を活用した接客関連市場向けのサービスを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、センシング、認知的インタラクション支援技術、性能指標（感情認識率）、コスト、市場性の5点である。センシングでは「(1-1)-①産業技術総合研究所」の技術は視線、対話、表情、ジェスチャー、バイタル、行動など6項目を対象としており、既存のどのサービスよりも充実したデータ取得を実施している。本研究開発のような幅広いマルチモーダルな認知的インタラクション支援技術がサービス化された例は他になく、適切な応用先を見つけることが出来れば世界を先行することができると考えられる。また、個別の要素技術ごとにパッケージ化するというアプローチも考えられる。その場合は他社に対する競合優位性を明確にし、適用先を見出す必要がある。

図表 3-2-2 「(1-1)-①産業技術総合研究所」の認知的インタラクション技術の競合比較

企業名	(1-1)-①産総研	Affectiva (米国)	Affectiva (米国)	㈱ABEJA (日本)	㈱Empath (日本)	Nemesysco (イスラエル)	Crunchfish (スウェーデン)
サービス名	認知的インタラクション技術	Affdex	心センサー (㈱CACが開発)	ABEJA Insight for Retail	音声感情解析AI	Nemesysco	Gesture Interaction
コアコンピタンス	サービス業務の可視化、支援、評価	画像から感情認識をする技術	動画に映る人物の表情を感情認識する	店舗内の可視化と施策効果検証	音声から人の感情を解析する技術	音声から人の感情を解析する技術	ジェスチャーを認識する技術
センシング	視線	○	-	-	-	-	-
	対話	○	-	-	○	○	-
	表情	○	○	○	-	-	-
	ジェスチャー	○	-	-	-	-	○
	バイタル	○	-	-	-	-	-
	行動	○	○	○	○	-	-
認知的インタラクション支援技術	感情推定	○	○	-	○	○	-
	文脈理解	○	-	-	-	-	-
	行動予測	○	-	-	○	-	-
性能指標 1 感情認識率	不明	~90% (パーセンタイル値：90)	~90% (パーセンタイル値：90)	-	~80%	94~98% (CVSA値 <sup>*1</sup> )	-
コスト	未定	300万円/年 (開発者ライセンス・商用は個別見積)	140万円/年 (商用) (CAC提供価格)	カメラ台数に応じた月額費・16,000円~	API300回/月まで無料 (音声ファイル保存)	(非公開)	(非公開)
市場性	ビジネス形態	未定	B2B ライセンス販売	B2B ライセンス販売	B2B サブスクリプション (カメラレンタル含む)	B2B	B2B
	ターゲット	未定	広告、ヘルスケア、イベント	広告、分析調査、リテール等	リテール、マーケティング	コールセンター、マーケティング	コールセンター、マーケティング、採用
	市場獲得・シェア	(開発中)	販売中 1400以上のブランドで消費者の感情テストに導入	販売中	販売中 120社700店舗以上の導入	販売中 世界50か国2,000社で導入	販売中

\*1:CVSA 値 : Computer Voice Stress Analysis (音声ストレス分析試験による値)

企業名・サービス	概要
Affectiva 「Affdex」 (米国)	感情認識 AI「Affdex」は、世界 87 国以上から収集された約 70 億の感情データポイント（特徴点）を、データポイントとして保存・使用 <sup>15</sup> 。
Affectiva/株CAC 「心センサー」 (米国)	心センサーは感情認識 AI「Affdex」を活用し、国内の提携先である CAC が提供するサービスである。動画やリアルタイム映像から感情や表情を分析できるローカルベースの感情分析アプリである <sup>16</sup> 。
株ABEJA 「ABEJA Insight for Retail」 (日本)	ABEJA Insight for Retail はディープラーニング技術を活用することで、店舗に設置したカメラやセンサーのデータをもとに来店者数や来客の年齢・性別、店内の回遊状況など従来取得できなかった消費者行動を可視化することができるサービスである <sup>17</sup> 。
株Empath 「音声感情解析 AI」 (日本)	Empath は、音声感情解析 AI「Empath」により、音声の物理的な特徴量から数万人の音声データベースを元に喜怒哀楽や気分の浮き沈みを判定するサービスを提供している。Empath は、声から会話の質と感情を解析する AI であり、言葉の意味内容ではなく、声のスピード、抑揚、トーンなどの物理的な特徴量から機械学習をベースに感情を推定する。また、発話者同士の発話の割合や話すスピードの差異など会話の質を可視化する <sup>18</sup> 。
Nemesysco 「Nemesysco」 (イスラエル)	Nemesysco 社は、LVA (Layered Voice Analysis) を用いた音声分析技術とソリューションを提供している。これらのソリューションは、セキュリティ、金融市場のさまざまなニーズに対応しており、犯罪の検知と防止、捜査の迅速化、より効果的な不正行為の発見と対策、採用プロセスにおける真実性の評価の向上などに貢献する <sup>19</sup> 。
Crunchfish 「Gesture Interaction」 (スウェーデン)	Crunchfish 社のタッチレス・インタラクションは、ユーザーがディスプレイや物理的なボタンに触れることなくデバイスを操作することを可能にする。これらのソリューションは、日常的に使用できるように設計されており、優れたパフォーマンスを発揮する。また AR や VR など、次世代のデジタルインターフェースと組み合わせるために、ディープラーニングを用いて最適化されている <sup>20</sup> 。
株NTT Data 「ComAnalyzer」 (日本)	ComAnalyzer は動画から表情、感情及び音声を分析し、営業担当者の印象や振る舞いの評価、顧客の反応、接客中の雰囲気进行分析するものである。利用者は動画を本サービスウェブサイトへアップロードするだけで分析レポートが作成される。レポートの活用により、効率的なオンライン接客の振り返りに加えて接客ノウハウをデータ化することができ、データに基づく顧客対応品質の向上に向けた取組が可能となる <sup>21</sup> 。
Cognitee(株) 「COG シリーズ」 (日本)	営業トークを AI で数値やグラフにして見える化し、客観的にフィードバックする。本サービスの導入で指導への納得感と自己学習力を高め、チームの効率的なボトムアップを実現する <sup>22</sup> 。
株Smartwill 「d-Tempo AI スマートトーク」 (日本)	d-Tempo AI スマートトークは AI による接客トーク解析・診断サービスである。接客トークを録音してアップロードすることで、ロジック構成や情報種類の割合をハイパフォーマンスとの比較や改善点の指摘が行える。結果は点数化されるため、定点観測や改善効果測定に用いることができる <sup>23</sup> 。

<sup>15</sup> Affectiva (<https://www.affectiva.jp>)

<sup>16</sup> Affectiva (<https://www.affectiva.jp/kokorosensor>)

<sup>17</sup> ABEJA (<https://abejainc.com/insight/retail/ja>)

<sup>18</sup> Empath (<https://www.webempath.com/jpn>)

<sup>19</sup> Namesysco (<https://www.nemesysco.com>)

<sup>20</sup> Crunchfish (<https://www.crunchfish.com>)

<sup>21</sup> NTT Data ([https://www.nttdata.com/jp/ja/lineup/com\\_analyzer](https://www.nttdata.com/jp/ja/lineup/com_analyzer))

<sup>22</sup> Cognitee (<https://cognitee.com/service>)

<sup>23</sup> Smartwill ([https://www.smartwill.co.jp/our\\_services/d-tempo](https://www.smartwill.co.jp/our_services/d-tempo))

■ 競合分析：「(1-1)-①産業技術総合研究所」の接客スキル評価技術

SIP サイバーの「(1-1)-①産業技術総合研究所」が開発している接客スキル評価技術について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-1-2）。

競合比較をする企業の条件として、音声や画像など単独や複数のデータを組み合わせて実現しているサービスを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、主要な機能、コスト、市場性の3点である。「(1-1)-①産業技術総合研究所」の開発する技術の特徴は視線や骨格推定、音声発話も組み合わせた総合的なシステムとなっていることである。

市場展開として、「(1-1)-①産業技術総合研究所」は市場投入がされておらず、直接の比較は難しい。接客スキル支援においては現状、音声に着目したサービスが多く存在するが、「(1-1)-①産業技術総合研究所」の接客スキル評価技術では計測技術が多様であることが差別化できる点となっている。他のサービスが対象とするような社内研修などで見られるように、接客の現場に限らず人と人とのコミュニケーションが発生するケースへの応用が考えられる。例えば、一般向けではなく医者への問診支援など専門家向けの高難易度かつ高付加価値な分野に特化するなどして、既存サービスとの差別化を図ることが考えられる。

図表 3-2-2 「(1-1)-①産業技術総合研究所」の接客スキル評価技術

企業名		(1-1)-①産総研	㈱NTT Data (日本)	Cognitee㈱ (日本)	㈱Smartwill (日本)	ttec (米国)	docebo (カナダ)	kea (米国)
サービス名		接客スキル評価技術	ComAnalyzer	COGシリーズ	d-Tempo	RealPlay	decebo	kea
コアコンピタンス		サービス業務の品質(効率性・質等)の可視化・評価	表情や感情、声から印象を定量評価	営業、人事面談などコミュニケーションを解析・定量評価	接客音声をアップロードし解析・診断	AIが顧客を模擬し、接客評価およびトレーニングを実施	オンライン学習プラットフォームを通じた接客業支援	オンライン学習および体験プラットフォームの提供
主要な機能	計測技術 (視線推定/骨格推定/ストレス推定)	○	-	-	-	-	-	-
	AI技術 (音声話者分離/音声感情推定/ナレッジグラフ構築/文脈推定)	○	○ スマホアプリから音声をアップロードし評価	○	○ スマホアプリから音声をアップロードし評価	○ AI生成された接客シナリオに対して音声をアップロードすると評価分析を実施	○ AIによってコンテンツがレコメンドされる	○ AIによってコンテンツがレコメンドされる。リテンションにも貢献。
	行動推定技術 (状態遷移推定/行動推定/タスクプランニング支援)	○	-	-	-	-	-	-
	VR技術 (CG、アバター作成・編集)	○	-	-	-	-	-	-
コスト		未定	トライアルは100,000円～	(非公開) 製業・不動産・カスタムなど複数プランあり	(非公開) 店舗規模・面積によって概算は変動	(非公開)	月額\$1,600～ ユーザー数、オプションに応じて加算	(非公開)
市場性	ビジネス形態	B2B	B2B	B2B	B2B	B2B	B2B	B2B
	ターゲット	サービス事業者	サービス事業者(営業、社内研修)	サービス事業者(営業、人事)	サービス事業者(営業)	サービス事業者(営業)	サービス事業者(リテール、金融、製造他)	サービス事業者(金融、ヘルスケア、ソフトウェア)
	市場獲得・シェア	(実証中)	販売中	販売中 上場企業を中心に120社以上に導入	販売中	販売中 200以上の導入事例あり	販売中 33のケーススタディあり	販売中



企業名・サービス	概要
(株)NTT Data 「ComAnalyzer」 (日本)	ComAnalyzer は動画から表情、感情及び音声を分析し、営業担当者の印象や振る舞いの評価、顧客の反応、接客中の雰囲気进行分析するものである。利用者は動画を本サービスウェブサイトへアップロードするだけで分析レポートが作成される。レポートの活用により、効率的なオンライン接客の振り返りに加えて接客ノウハウをデータ化することができ、データに基づく顧客対応品質の向上に向けた取組が可能となる。(再掲)
Cognitee(株) 「COG シリーズ」 (日本)	営業トークを AI で数値やグラフにして見える化し、客観的にフィードバックする。本サービスの導入で指導への納得感と自己学習力を高め、チームの効率的なボトムアップを実現する。(再掲)
(株)Smartwill 「d-Tempo AI スマートトーク」 (日本)	d-Tempo AI スマートトークは AI による接客トーク解析・診断サービスである。接客トークを録音してアップロードすることで、ロジック構成や情報種類の割合をハイパーフォーマーとの比較や改善点の指摘が行える。結果は点数化されるため、定点観測や改善効果測定に用いることができる。(再掲)
Ttec 「RealPlay」 (米国)	TTEC ホールディングスは、エンドツーエンドのデジタル CX ソリューションを提供する、世界最大級の CX テクノロジーサービスの提供者である。独自のクラウドベースの CXaaS (Customer Experience as a Service) プラットフォームを通じて、最先端の CX テクノロジーを提供している <sup>24</sup> 。
Docebo 「decebo」 (カナダ)	Docebo は、完全なトレーニングツールとして使用できる Software as a Service の学習プラットフォームである。法人向けのグループ、チャット、フォーラムまで、必要なものすべてを作成、管理することができる <sup>25</sup>
Kea 「kea」 (米国)	KEA は、AI を活用したインタラクティブな企業研修・学習のための e ラーニングプラットフォームである。企業の LMS とのシームレスな統合により、AI と機械学習を活用したパーソナル・ラーニング・ファシリテーターによる完全にカスタマイズされた学習体験を提供する <sup>26</sup> 。

<sup>24</sup> Ttec (<https://www.ttec.com/ai-powered-training>)

<sup>25</sup> Decedo (<https://www.docebo.com>)

<sup>26</sup> Kea (<https://kea.ai>)

■競合分析：「(1-1)-①産業技術総合研究所」のVR 教育訓練システム・実環境接客支援技術

SIP サイバーの「(1-1)-①産業技術総合研究所」が開発しているVR 教育訓練システム・実環境接客支援技術について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-1-3）。競合比較をする企業の条件として、VR 教育訓練システム・実環境接客支援技術に類するサービスを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、主要な機能、コスト、市場性の3点である。「(1-1)-①産業技術総合研究所」の開発する技術では AI 技術を活かし、接客者のスキルレベル評価を目指している。実際の接客サービス事業者とも連携して実証を進めており、現場のニーズに則した研究開発がされている。

市場展開として、「(1-1)-①産業技術総合研究所」は市場投入がされておらず、直接の比較は難しい。VR 環境上に実環境を模擬し、教育対象者に対してインタラクティブな訓練環境を実現するサービスについては諸外国では多く導入されており、接客や製造業の現場で訓練に生かされている。したがってサービス化にあたり、明確な競合優位性をアピールする必要があると考えられる。

図表 3-2-3 「(1-1)-①産業技術総合研究所」の  
VR 教育訓練システム・実環境接客支援技術の競合比較

企業名		(1-1)-①産総研	(株)デジタルナレッジ（日本）	STRIVR（米国）	Vrdirect（ドイツ）
サービス名		VR教育訓練システム・実環境接客支援技術	松屋フーズ向けeラーニング×VR	Virtual Reality Training Platform	VRdirect Platform
コアコンピタンス		サービスシミュレーターによるスキル向上	標準化されたOJTの実現	対象領域ごとに最適化されたソリューション構築	ユースケースドリブンなソリューション展開
主要な機能	AI技術 (音声話者分離/音声感情推定/ ナレッジグラフ構築/文脈推定)	○	-	○	○
	VR技術 (CG、アバター作成・編集)	○	○	○	○
	行動評価 (目線、実施手順等)	-	○ 目線、発声音量、手順	○ 動きによってユーザーのスキルを評価できる特許を取得	○
コスト		未定	550,000円～ (試作・撮影一箇所、完成 動画5分程度想定)	(非公開)	149ユーロ/月 (3分・100枚構成) 399ユーロ/月 (9分・300枚構成) 999ユーロ/月～ (30分～カスタマイズ製作)
市場性	ビジネス形態	B2B	B2B	B2B	B2B
	ターゲット	サービス事業者	サービス事業者	サービス事業者・製造業	サービス事業者・製造業
	市場獲得・シェア	(実証中)	販売中	販売中 これまでに22,000個のVRセットを提供	販売中

企業名・サービス	概要
(株)デジタル・ナレッジ 「松屋フーズ向け e ラーニング×VR」 (日本)	e ラーニング専業として学校・企業への 2000 以上の導入実績を誇り、e ラーニングのシステム構築・教材制作・運用までをトータルにサポートする企業である。教育用 VR コンテンツでは、「マニュアル型」「体験型」というコンテンツタイプと、実写と CG といった制作手法を最適な形で組み合わせて制作を行う。VR での学習履歴、視線の履歴を e ラーニングシステムと連携させることで新たな価値・新たな可能性も提案する <sup>27</sup> 。
STRIVR 「Virtual Reality Training Platform」 (米国)	スタンフォード大学のバーチャル・ヒューマン・インタラクション・ラボから生まれた Strivr 社の Immersive Learning ソリューションは、認知科学と人間行動に関する実証済みの研究に基づいており、VR トレーニング・ソフトウェア・プラットフォーム、コンテンツ制作、ハードウェア管理などトータルで支援する <sup>28</sup> 。
VRdirec 「VRdirect Platform」 (ドイツ)	VRdirect は、企業が実際のビジネスプロセスをサポートするためのユースケースドリブな VR ソリューションを実現するための VR プラットフォームである。導入企業はプラットフォーム上で VR プロジェクトを作成し、社内のチームと共有することが可能である。また VRdirect Studio を活用することで、専門家のスキルがなくても VR プロジェクトを作成できる <sup>29</sup> 。

<sup>27</sup> (株)デジタルナレッジ (<https://www.digital-knowledge.co.jp/archives/23504/>)

<sup>28</sup> STRIVR (<https://www.strivr.com>)

<sup>29</sup> VR direc (<https://www.vrdirect.com>)

■ 事業化に向けた取組

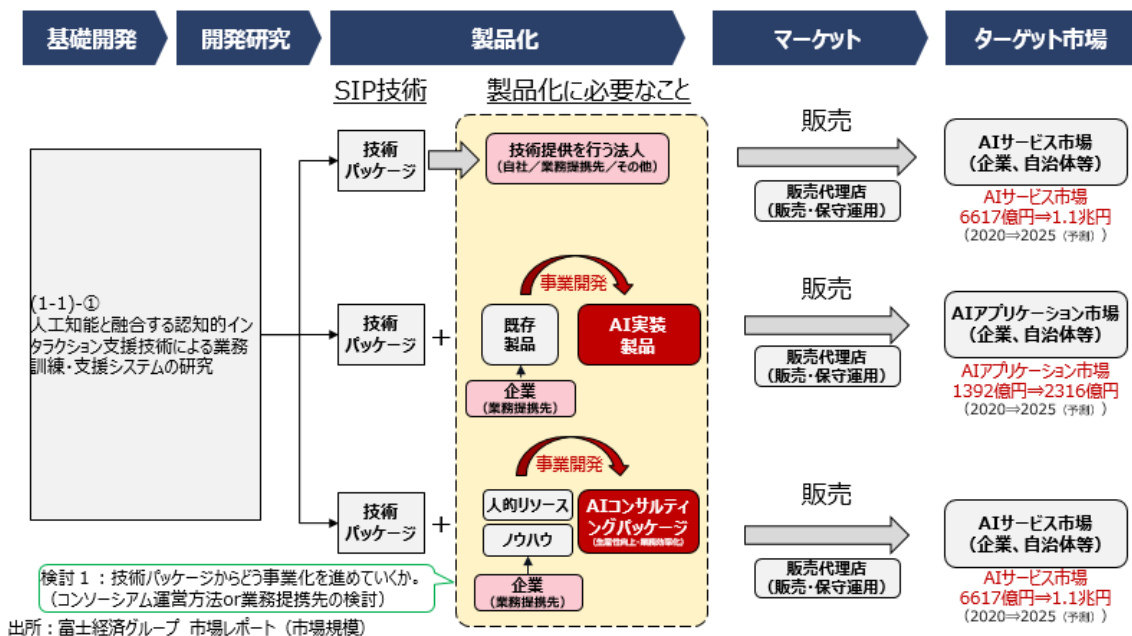
研究開発から、製品化、ターゲット市場までのバリューチェーンに位置付けて、「(1-1)-①産業技術総合研究所」の事業化に向けた取組を整理した（図表 3-2-4）。

「(1-1)-①産業技術総合研究所」において進めている人工知能と融合する認知的インタラクション支援技術による業務訓練・支援システムの研究を製品化・事業化していくためには2つの方向性が考えられる。

1つ目は開発された技術をパッケージ化し、直接サービス提供する企業に対して提供する方法である。この場合、AI サービス市場がターゲットとなる。AI サービス市場は2020年度から2025年度にかけて6,617億円から1.1兆円に成長すると予測されており<sup>30</sup>、大きな需要が見込まれる。同様の市場をターゲットにする場合、AI コンサルティングパッケージとしてサービス提供することも可能である。この場合、AI 技術を活用する事業者に対して人的リソースやノウハウの提供を行い、実現されたサービスが販売代理店経由でエンドユーザーに対して提供される。

2つ目は開発された技術パッケージを既存製品と組み合わせるAI 実装製品として販売する形態である。この場合、ターゲット市場はAI アプリケーション市場である。AI アプリケーション市場は2020年度から2025年度にかけて1,392億円から2,316億円に成長すると予測されている<sup>31</sup>。AI サービス市場と比較すると規模は小さいが、既存製品と組み合わせるAI 実装するため販売網をそのまま活用できる点の特徴である。

図表 3-2-4 「(1-1)-①産業技術総合研究所」：事業化に向けた取組



<sup>30</sup> 富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス総調査」

<sup>31</sup> 富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス総調査」

### 3.2.2 (1-1)-③インフラ領域における職人の技の伝承教育と機器実装の研究開発（理化学研究所）

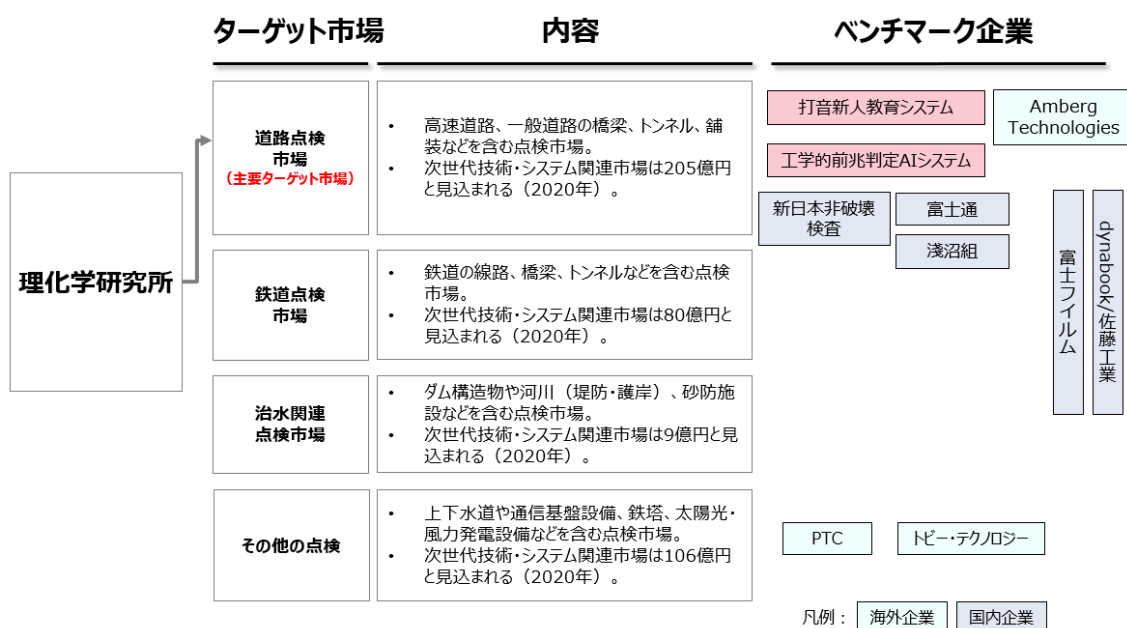
#### ■ターゲット市場について

SIPサイバーの「(1-1)-③理化学研究所」では、インフラ領域における職人の技の伝承教育と機器実装を開発している。本研究開発では AI システムは職人の技を科学的に解析・体系化し、技術の伝承・教育と AI によるロボット化を目指すというアプローチが特徴的である。

インフラ点検領域では従来、人手による点検が主流でありデジタル技術の導入は遅れを取っていた。そのため一部の老朽化したインフラ構造物では十分な点検がなされないまま使われ続けるという状況にあった。しかし 2012 年の中央自動車道、笹子トンネル天井板落下事故を契機にインフラ点検の重要性が見直され、点検要領の改正に繋がると ICT 技術の導入による効率的な点検に対する需要が一気に高まった。橋脚など高所作業はドローンの活用による目視点検が導入されるなど、点検のためのデータ取得手段の多様化が進んでいる。「(1-1)-③理化学研究所」では高速道路のトンネル点検のうち、目視点検と打音点検について工学的な前兆判定 AI システムを開発し、社会実装を目指している。

本採択テーマのターゲット市場は、先述の通りインフラ点検システムとその技術伝承のための教育システム分野である（図表 3-2-5）。AI システムを応用したインフラ点検では、近接目視と打音検査の両方をドローンによって実現した近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム（新日本非破壊検査㈱）や、画像によるコンクリートに発生したひび割れの自動検出をおこなう、ひびみつけ（富士フィルム㈱）が実証実験やサービス提供を行っている。技術伝承のための教育システム分野においては、技術者の作業映像を基にしたノウハウ伝承を目指すアイマップ（㈱浅沼組）や AR と組み合わせて遠隔から熟練者が指示を出す Vuforia Chalk（PTC）などが存在する。

図表 3-2-5 「(1-1)-③理化学研究所」のターゲット市場



■競合分析：「(1-1)-③理化学研究所」の工学的前兆判定 AI システム

SIP サイバーの「(1-1)-③理化学研究所」が開発している工学的前兆判定 AI システムについて、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-6）。競合比較をする企業の条件として、トンネルに限定せずインフラ構造物の点検システムを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、主要な機能、検出性能（近接目視/打音検査）、コスト、市場性の4点である。主要な機能では、道路トンネルに限定した場合は「(1-1)-③理化学研究所」は近接目視と打音検査の両方を実現しており、その市場優位性は高い。他社は近接目視、もしくは打音検査のいずれかの要素技術を個別にプロダクトとして提供している。近接目視の検出性能に関しては、各社で画像取得する条件（距離や撮影方法）が異なっており、直接の比較は困難だが、いずれのシステムでもおおよそ0.3mm 程度のひび割れ検知が可能であった。これは点検要領から導き出される数値であり、その基準を満たすことは点検システムとしての開発要件になっているためであると想定される。打音検査の検出性能についても、各企業で条件が異なるため直接比較は困難である。

図表 3-2-6 「(1-1)-③理化学研究所」のインフラ点検システムの競合比較

企業名	(1-1)-③理研	新日本非破壊検査㈱ (日本)	富士フィルム㈱ (日本)	富士通㈱ (日本)	Dynabook㈱/佐藤工業㈱ (日本)	Amberg Technologies (ドイツ)	
サービス名	工学的前兆判定AIシステム	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	ひびみつけ	二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術	健コン診断 AR	Amberg Inspection	
コアコンピタンス	道路・トンネルの「①選隔・近接目視（画像）」、「②打音検査（レーザー打音）」の自動診断システム	マルチコプタにより接近・車輪を押し当てながら画像取得と打音の自動検出及び長さの自動測定	画像によるコンクリートに発生するひび割れの自動検出及び長さの自動測定	マルチコプタを用いた近接目視、オルソ画像生成およびひび割れ検出	メガネ型ウェアラブルデバイスとの同期により画像データと集音箇所が同時に保存	LIDARやカメラ画像を基にしたクラウド診断システムの実現	
主要な機能	近接目視	トンネルを対象、走行画像撮影システム（MMS）で撮影	橋梁を対象・マルチコプタが接触しながら一定距離で撮影	マルチコプタや地上から撮影された画像を処理	橋梁を対象・マルチコプタが接触しながら一定距離で撮影	-	可視光カメラとLIDARの組み合わせでトンネル内を点検する
	打音検査	トンネルを対象・レーザーで非接触の打検	橋梁を対象・マルチコプタが接触しながら機械的に打検	-	-	点検者が打検しながらARグラス上に表示される結果を確認	-
	VR操作	○	-	-	-	○ ただしAR	-
	工学的前兆判定AIシステム	○	-	○	-	-	○
	業務支援・介入支援	○	○	○	○	○	○
NETIS登録	○	○	○	○	-	-	
検出性能 (近接目視/打音検査)	・0.3mm幅以上のひび割れの80%以上職人と一致（目標） ・深さ5cm程度までのコンクリート内部のうき検知（点検支援技術性能カタログ）	検出ひびわれ：0.2mm 空洞検出：深さ60mm	ひびわれ判読性能：最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.05mm	ひびわれ判読性能：最小ひびわれ幅 0.1mm	深さ25cmまでの、うき・はく離	(非公開)	
コスト	-	-	-	-	(非公開) レンタル業者にて提供	(非公開)	
市場性	ビジネス形態	B2B	B2B	B2B	B2B	B2B	
	ターゲット	地方自治体、インフラ事業者	地方自治体、インフラ事業者	地方自治体、インフラ事業者	地方自治体、インフラ事業者	建設業、インフラ事業者	建設業、インフラ事業者
	市場獲得・シェア	(実証中)	(実証中)	販売中	(実証中)	販売中	販売中

企業名・サービス	工学的前兆判定 AI システム
新日本非破壊検査(株) 「近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム」 (日本)	ドローン技術を活用し、点検部位に接触して点検を行う飛行型のロボット。コンクリート橋梁などの人が容易に近づけない箇所の打音検査や、画像診断を実施。ロボットが走行状態で打音検査と近接目視を同時に連続的に実施できる機構を有し、打音検査は機械的な打撃により発生させた打音をマイクで集音、近接目視は接近した一定距離からカメラで撮影する <sup>32</sup> 。
富士フイルム(株) 「ひびみつけ」 (日本)	同社が医療用画像診断システムで培った画像解析技術とクラウドを活用して構造物の点検作業を効率化する「ひびみつけ」を2018年4月から提供開始している。「ひびみつけ」は、国土交通省の「点検支援技術性能カタログ(案)」に掲載されており、性能カタログの画像計測技術として橋梁・トンネルともに点検支援技術として選定されている。自社展開だけでなく、「ひびみつけ」での点検業務を請け負うことが可能な撮影技術を有する点検企業を「ひびみつけマイスター」として認定しており、パートナーと協調した展開も進めている。将来的には、ひび割れ点検によって判明した箇所の予防/補修事業にもつなげていきたいと考えている <sup>33</sup> 。
富士通(株) 「二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術」 (日本)	本技術は橋梁点検の際、橋脚などのコンクリート部材に二つの車輪を接触させて、一定間隔を保ちながら近接撮影を行う点検支援ロボットである。二輪型マルチコプタで収集した画像等の点検データと部材情報を、3D-CADモデル上で自動的に整理可能である <sup>34</sup> 。
Dynabook(株)/佐藤工業(株) 「健コン診断 AR」 (日本)	「健コン診断ポータブル」はトンネルの壁面などをインパクトハンマーで叩くことによりコンクリート表層部の健全性を評価する打音検査に使用する機器。メガネ型ウェアラブルデバイスの採用により結果を適時確認、検査箇所の画像データを保存、一人での操作による検査の効率化を実現している <sup>35</sup> 。
Amberg Technologies 「Amberg Inspection」 (ドイツ)	Amberg Inspectionは、費用対効果の高いトンネル保守作業を可能にする、クラウドベースのプラットフォームである。ウェブベースのプラットフォームを使用することで、トンネルの状態を把握し、コスト削減と効率的な方法でメンテナンスや修理作業を計画することができる <sup>36</sup> 。

<sup>32</sup> 新日本非破壊検査(株) (<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001350941.pdf>)

<sup>33</sup> 富士フイルム(株) (<https://www.fujifilm.com/jp/ja/business/inspection/infraservice/hibimikke>)

<sup>34</sup> 二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術 (QS-190002-VR)

<sup>35</sup> Dynabook(株)「モバイルエッジを活用した「健コン診断 AR」を自社開発。」

<sup>36</sup> Amberg Technologies (<https://ambergtechnologies.com>)

■競合分析：「(1-1)-③理化学研究所」の打音新人教育システム

SIPサイバーの「(1-1)-③理化学研究所」が開発している打音新人教育システムについて、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-7）。競合比較をする企業の条件として、インフラ点検に関連する教育システムを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、主要な機能、コスト、市場性の3点である。主要な機能では、職人技データ収集システムに該当すると思われる機能が各サービスとも視線や画像の記録ベースで実現している。アイマップ（株）浅沼組）は加速度センサーやカメラをヘルメットに取り付けた動態計測システムで職人の移動経路も記録することが可能となっている。また、視線と移動経路を組み合わせた安全教育への応用も可能である。職人教育システムの観点では、熟練者の作業から分析を行い、新人に対して教育を施すものが多く存在する一方で、機能を絞り込み、Vuforia Chalk（PTC）のように遠隔から熟練者が指示を与えることができるサービスも存在した。

市場展開として、「(1-1)-③理化学研究所」は実証段階にあることや、各サービスが対象とするアプリケーションが異なることから、他社サービスとの直接の比較は難しい。「(1-1)-③理化学研究所」の開発するサービスの海外展開を視野に入れた場合、高度な技術の伝承に加え、遠隔業務支援といった機能を付加することで、より幅広い活用シーンへの応用ができると考えられる。

図表 3-2-7 「(1-1)-③理化学研究所」の新人教育システムの競合比較

企業名		(1-1)-③理研	（株）浅沼組（日本）	トビー・テクノロジー（スウェーデン）	PTC（米国）
サービス名		打音新人教育システム	アイマップ	アイトラッキング	Vuforia Chalk
コアコンピタンス		「①遠隔・近接目視（画像）」、「②打音検査（レーザー打音）」の教育用AI（ひび割れや打音の判定の教育）	技能者の作業映像に加え、現場内の移動経路なども記録・分析	熟練技術者の視線計測・分析による暗黙知の可視化	ARを用いたビデオコミュニケーションによる遠隔業務支援
主要な機能	職人技データ収集システム	○	○ 手元の映像・移動経路	○ 視線	○ 手元の映像
	職人教育システム	○	○ 熟練者の手元映像、移動経路を解析し、教育に活かす	○ 熟練者の視線データから教育プログラムの生成	○ 遠隔から熟練者が支援
	暗黙知の見える化	○	○	-	○ オプション（Expert Capture）で熟練者作業の記録と共有が可能
	業務内容・スキルの測定・評価	○	-	○	-
	業務支援・介入支援	○	○ 技能可視化、行動トリガー等の分析によってマニュアル作成に繋げる	○ 熟練者と新人の視線比較から確認のポイントやノウハウを言語化	○ 熟練者はバーチャルなチョークで対象者のAR画面に書き込み、指示する
コスト		-	-	数十万円から導入可（記事より）	1,483,000円/年（Standardパッケージ・50ユーザーまで）
市場性	ビジネス形態	B2B	（非公開）	B2B	B2B
	ターゲット	地方自治体、インフラ事業者	地方自治体、インフラ事業者	製造業、インフラ事業者	製造業、インフラ事業者
	市場獲得・シェア	（実証中）	（実証中）	販売中	販売中



企業名・サービス	新人教育システム
(株)浅沼組 「アイマップ」 (日本)	アイマップは加速度センサーやカメラをヘルメットに取り付けた動態計測システムで、現場の作業実態や動いた軌跡などを記録し、蓄積していくシステム。熟練技能労働者は少ない動きで効率よく進める作業の動きを記録することで、説明しづらかった作業のコツなどを可視化する <sup>37</sup> 。
トビー・テクノロジー(株) 「アイトラッキング」(スウェーデン)	メガネ型のウェアラブルデバイス「Tobii Pro」とアイトラッキング技術を活用し、熟練者の視線データを収集。アイトラッキングにより、熟練者と非熟練者、ベテランと若手の違い、熟練者同士の共通点などを抽出、分析して、標準化。その成果を手順書や教材に反映して、教育期間の短縮や教育レベルを向上したり生産効率のアップへと結びつけることが可能。標準化された技能は、自動化/作業支援システム開発にも活用することができる <sup>38</sup>
PTC 「Vuforia Chalk」 (米国)	Vuforia Chalk は、高度な AR 技術によるビデオ通話型コラボレーションツールである。双方向でリアルタイムに映像を共有し的確なコミュニケーションが行えるため、効率的な人材配置が可能となる <sup>39</sup> 。

### ■ 事業化に向けた取組

研究開発から、製品化、ターゲット市場までのバリューチェーンに位置付けて、「(1-1)-③理化学研究所」の事業化に向けた取組を整理した（図表 3-2-8）。

「(1-1)-③理化学研究所」において進めている工学的前兆判定 AI システムおよび打音新人教育システムの研究を製品化・事業化していくためには2つの方向性が考えられる。

1つ目は開発された技術について既存の対象用途に対して、標準化およびグローバル展開を図る方向性である。道路インフラ点検市場は国内において ICT 技術の導入市場が 2020 年度から 2035 年度にかけて 205 億円から 1,860 億円に拡大すると予測されている。グローバル展開の観点では新興国などインフラ構造物の老朽化が顕在化していないケースもあるが、点検ノウハウについては教育システムを通じて普及していくことが考えられる。インフラ輸出に伴い、こうしたソフト面の支援もセットで実施できれば輸出先国において点検手順などが日本国内に準じるものにできる可能性があり、他国製品導入の障壁として働くこともあり得る。

2つ目は用途展開を拡大するという戦略である。例えば鉄道インフラにおいても道路と同様に橋梁とトンネルが多く存在している。その他にもダムや堤防などの治水インフラについてもコンクリート構造物が多く存在し、点検ニーズがある。ICT 技術導入の国内市場では鉄道インフラと治水インフラがそれぞれ 2020 年度から 2035 年度にかけて 80 億円から 280 億円（鉄道インフラ）、9 億円から 85 億円（治水インフラ）に成長すると見込まれている<sup>40</sup>。現在の「(1-1)-③理化学研究所」の工学的前兆判定 AI システムは車両に搭載されているため、用途展開にあたってはモジュール化を進め、他のプラットフォーム（ドローンや AGV 等）に搭載できることが望ましい。

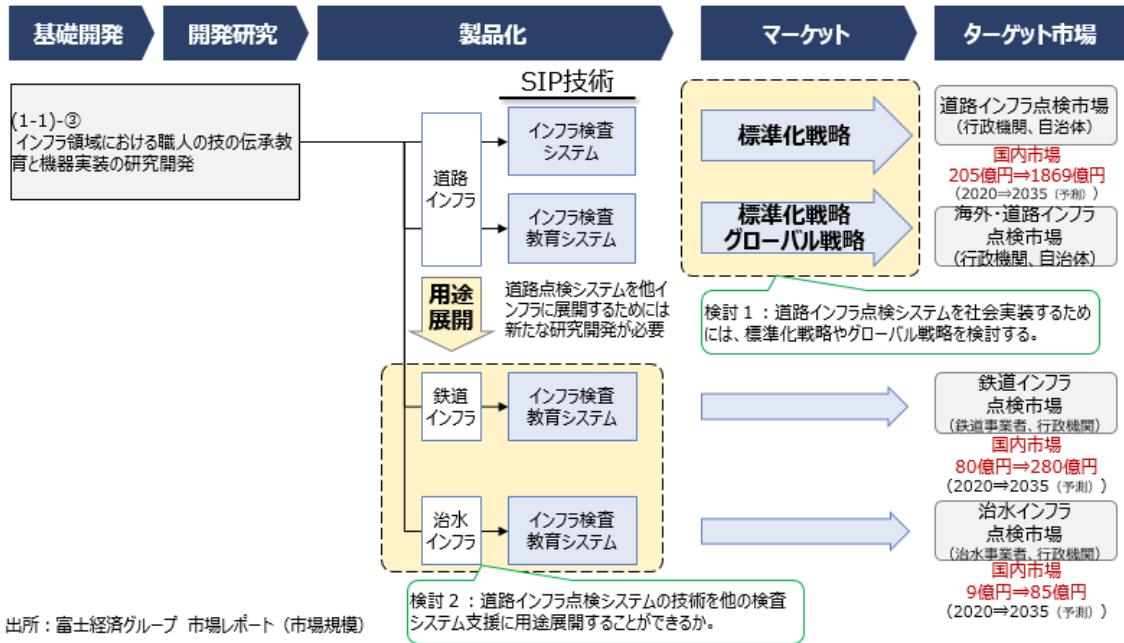
<sup>37</sup> (株)浅沼組 (<https://messe.nikkei.co.jp/files/IN7262/4-201909240959450646.pdf>)

<sup>38</sup> Tobii Pro (<https://www.tobii.com>)

<sup>39</sup> PTC (<https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-chalk>)

<sup>40</sup> 富士キメラ総研「2020 年版 次世代インフラ維持管理技術・システム関連市場の現状と将来展望」

図表 3-2-8 「(1-1)-③理化学研究所」：事業化に向けた取組



### 3.2.3 (1-2)-① Web 等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究 (KDDI株)

#### ■ターゲット市場について

SIP サイバーの「(1-2)-①KDDI株」では、Web 等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究を実施している。本研究開発では、対話を続ける技術やシステム主導の対話が可能であるという点が特徴的である。

広く対話処理技術の観点ではスマートスピーカーに代表されるような、家庭内における AI 音声アシスタントへの応用は既に行われている。Strategy Analytics 社によると、スマートスピーカーの出荷台数は 2019 年に世界で 1 億 4700 万台に達している<sup>41</sup>。汎用的な対話システムの市場は形成されており、Amazon 及び Google を合わせたシェアは全世界の 50%以上を占めてそれぞれグローバルなプラットフォームを形成している。このため、日本の製品・サービスがこれから、世界市場及び汎用的な対話システムの市場を獲得することのハードルが高い。グローバル市場で最も優位性が高いサービスが Amazon Echo であり、Amazon が有する世界最大級の e コマースサービスや、Amazon Prime の音楽や動画と連携したサービスを展開できることが強みになっている。

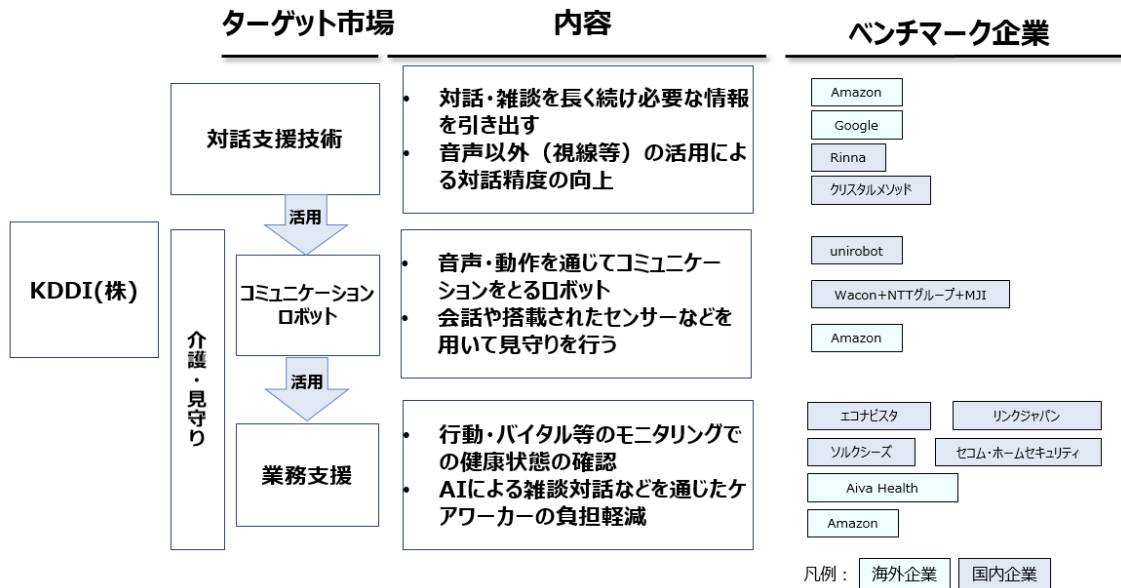
「(1-2)-①KDDI株」の研究開発では、対話支援技術を活用し、コミュニケーションロボットへの応用 (MICSUS) や介護・見守り業務の支援にフォーカスし、システム主導の対話制御や自発的な発話を通じた人の状況のモニタリングが可能であり、一般的な AI 音声アシスタントとは異なる性質の技術となっている。そのため、本研究開発の優位性は、介護領域などの特定の産業領域に特化した対話システムであることに見出すことができる。

本採択テーマのターゲット市場は、先述の通り対話支援技術とそれを活用したコミュニケーションロボットおよび介護・見守り業務支援の分野である (図表 3-2-9)。音声認識 AI に限定すると、サービスとして提供しているのは Alexa (Amazon) や Google Assistant (Google)、りんな AI (rinna株) などが挙げられる。音声認識を応用したコミュニケーションロボットまで対象を広げると、unibo (unibot株)、みまもりサービス「おるけん」/在宅医療用対話ロボット「anco」(Wacon株+NTT グループ+株 MJI) および Astro (Amazon) が挙げられる。音声認識と介護・見守りサービス提供という分野に注目すると、ライフリズムナビ+Dr. (エコナビスタ株)、Aiva Health (Aiva)、親の見守りプラン (セコム・ホームセキュリティ株) が挙げられる。

---

<sup>41</sup> Global Smart Speaker Vendor & OS Shipment and Installed Base Market Share by Region: Q4 2019

図表 3-2-9 「(2-1)-①KDDI(株)」のターゲット市場



■ 競合分析：「(1-2)-①KDDI(株)」のマルチモーダル対話支援技術

SIP サイバーの「(1-2)-①KDDI(株)」が開発しているマルチモーダル対話支援技術について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-10）。競合比較をする企業の条件として、AI 音声アシスタントも含めた音声認識・対話技術プラットフォームを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、センシング機能、認知的インタラクション支援技術、対応言語、市場展開の 4 点である。センシング機能では、「(1-2)-①KDDI(株)」が視線、音声認識、表情、ジェスチャーと幅広いセンサーを用いたマルチモーダルな技術となっていることが特徴である。Alexa（Amazon）や Google Assistant（Google）といったスマートスピーカーは音声認識のみであり、センシング機能としては限られている。認知的インタラクション支援技術の観点では、「(1-2)-①KDDI(株)」がシステム主導での対話・雑談を実現しており、他社の製品とは大きく異なっている。対応言語では、国内の事業者は日本語対応に限定されている。

市場展開として、「(1-2)-①KDDI(株)」のようにマルチモーダルなシステム主導の対話システムの展開が他社で行われていないことから、直接の競合が存在していない。本研究開発の強みであるシステム主導の対話が効果を発揮するユースケースを見極めて製品開発することが重要である。

図表 3-2-10 「(1-2)-①KDDI(株)」のマルチモーダル対話支援技術の競合比較

企業名		(1-2)-①KDDI	Amazon (米国)	Google (米国)	Rinna(株) (日本)	クリスタルメソッド(株) (日本)
サービス名		マルチモーダル対話支援技術	Alexa	Google Assistant	りんなAI	対話型AI「HAL3」
コアコンピタンス		実装領域(介護)に合わせた対話支援技術	Amazonサービスと連携した対話支援サービス(スマートスピーカー市場の世界トップシェア)	膨大な自然言語データを基にした対話システム。	AIを搭載した会話ボット。	AIを人間に近づけ、医療・介護・オフィス等での活用を目指す。
センシング	視線	○	-	-	-	-
	音声認識	○	○	○	-	○
	表情	○	-	-	-	○
	ジェスチャー	○	-	-	-	-
認知的インタラクション支援技術	感情推定	○	△	-	-	○(音声/表情別)
	文脈理解	○	-	-	○	○
	対話・雑談	○(システム主導)	△	△	○	○
	行動予測	○	-	-	-	-
対応言語		日本語のみ	8言語対応(日・英・独・伊・仏・西・デンマーク・フィンランド・ポーランド・スウェーデン)マルチリンガル(日+英等)も可能	12言語対応(日・英・独・仏・伊・韓・葡・西・デンマーク・フィンランド・ノルウェー・スウェーデン)3言語までのマルチリンガルが可能	日本語のみ	日本語のみ
コスト		-	無料	無料	(非公開)	-
市場性	ビジネス形態	B2B	B2C	B2C	B2C・B2B	B2B
	ターゲット	未定	スマートホーム	スマートホーム	エンターテインメント・RPA	未定
	市場獲得・シェア	(実証中)	スマートスピーカーにおける日本シェアは、40%	スマートスピーカーにおける日本シェアは、48%	-	(実証中)

企業名・サービス	音声認識 AI
Amazon「Alexa」(米国)	「アレクサ」と話しかけるだけで、音楽の再生、天気チェック、テレビや照明の操作など様々なことを行うことができる <sup>42</sup> 。
Google「Google Assistant」(米国)	テキストメッセージを送る、電話をかける、調べ物をする、ルートを検索するなど、声だけでさまざまな操作を行える <sup>43</sup> 。
rinna(株)「りんな AI」(日本)	会話の相手(ユーザー)の発言内容を踏まえて、具体的で内容のある雑談を返答する「コンテンツチャットモデル (Contents Chat Model)」を採用した AI。りんなは「AIと人だけではなく、人と人とのコミュニケーションをつなぐ存在」を目指している、いま「日本で最も共感力のある AI」である <sup>44</sup> 。
クリスタルメソッド(株)対話型 AI「HAL3」(日本)	「しようがないからロボットに…」ではなく、より積極的に技術革新を取り入れられるよう、昨今の AI 技術・ロボット開発は、少しずつ『人』に近づけることを模索しており、「汎用人工知能研究会での研究発表」「人の持つイメージを表情に再現する」、人の感情を理解するような「好感度推定」「感情表現付き読み上げ」、また「グラフに記憶情報格納 (pytorch_geometric)」して経験を積み成長するようなことを目指した AI である <sup>45</sup> 。

<sup>42</sup> Amazon (<https://www.amazon.co.jp/meet-alexa>)

<sup>43</sup> Google (<https://assistant.google.com>)

<sup>44</sup> rinna(株) (<https://www.rinna.jp>)

<sup>45</sup> クリスタルメソッド(株) (<https://crystal-method.com/ai-hal3>)

■競合分析：「(1-2)-①KDDI(株)」の対話ロボット領域における見守り支援

SIP サイバーの「(1-2)-①KDDI(株)」が開発している対話ロボット領域における見守り支援について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-11）。競合比較をする企業の条件として、コミュニケーションロボットとして対話機能を有するプロダクトを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、インターフェース、挙動、ヘルスケア支援、その他、コスト、市場性の6点である。「(1-2)-①KDDI(株)」のコミュニケーションロボットである MICSUS は他社のサービスと比較し、ほぼ同等のインターフェースを有している。一方では、MICSUS はスマートフォンに情報を表示するため、他社のロボットと異なり表情変化によるコミュニケーションができない。Astra（Amazon）は移動用の車輪を有しており、より自由度の高い移動が可能である。ヘルスケア支援の観点では、MICSUS はマルチモーダル対話支援技術を活かした主導的な雑談が可能であり、受動的な AI 音声アシスタントを組み込んでいる他社ロボットとの差別化が図られている。

市場展開として、「(1-2)-①KDDI(株)」を含め、コミュニケーションロボットの分野の市場がまだまだ拡大していないことから、正確な見通しは困難だが、「(1-2)-①KDDI(株)」の研究開発テーマとしてフォーカスしている見守り支援領域に特化したサービス展開を介護サービス事業者等と連携して行うことが有効ではないかと考えられる。

図表 3-2-11 「(1-2)-①KDDI(株)」の対話ロボット領域における見守り支援の競合比較

企業名	(1-2)-①KDDI	unirobot(株) (日本)	Wacon(株)+NTTグループ+㈱MJI (日本)	Amazon (米国)
サービス名	MICSUS	unibo	みまもりサービス「おるけん」 在宅医療用対話ロボット「anco」	Astro
コアコンピタンス	実装領域（介護）に 合わせた対話支援技術	シニア世代健康をサポート 雑談が可能	対話ロボットによる問診、バイタル測定、みまもり看護師による24時間見守りサービス	Alexaと連携可能なデバイス 介護・見守りもターゲット
ロボット	-	unibo	Tapia (MJI)	Astro
インターフェイス	スピーカー・マイク	○	○	○
	カメラ	○	○	○
	テレコミュニケーション	-	○	○
	液晶パネル	○	○	○
挙動	移動	-	-	車輪
	表情変化	-	○	○
ヘルスケア支援	(開発中)	・服薬支援 ・ヘルスケア機器からのデータ収集	・24h遠隔見守り ・ヘルスケア機器からのデータ収集 ・看護師とTV電話可能	Alexaのサービスに依存
その他	雑談が可能	雑談が可能 会話割り込みも可能	-	-
コスト	(実証中)	(非公開)	ロボット：194,400円 サービス料：非公開	999.99ドル (βプログラム・アメリカのみ)
市場性	ビジネス形態	B2B	B2C	B2C
	介護サービス事業者	介護サービス事業者	個人	個人
	その他ターゲット領域	未定	受付代行・学習支援等	-
市場獲得・シェア	(実証中)	(非公開)	[2021/5 Wacon破綻]	2021年内発売 Alexaのスマートスピーカーにおける 日本シェアは、40%

企業名・サービス	コミュニケーションロボット
unirobot(株) 「unibo」 (日本)	unibo は unirobot 社が研究開発、製造から販売までを手掛けるコミュニケーションロボットである。人と表情豊かに会話したり、情報量の多い静止画や動画を顔に表示しながらコミュニケーションを図ることが可能である。unibo とともにワークライフスタイルの変革を推進いたします。unibo はカスタマイズ性が高く、様々な事業・業務形態に即してアレンジが可能。従来のオペレーションを unibo に移換することで人手不足の解消や業務の省人化への貢献を目指す <sup>46</sup> 。
Wacon(株)+NTT グループ+(株)MJI みまもりサービス「おるけん」 在宅医療用対話ロボット 「anco」 (日本)	anco は、ドコモの AI エージェント基盤を採用している。AI エージェント基盤とは、サービス提供事業の方やメーカーに、さまざまなサービスとデバイスをつなぐことを可能にする基盤。主に先読みエンジンと多目的対話エンジン、IoT アクセス制御エンジンから構成されている。AI エージェント基盤を活用することにより、anco は在宅時における利用者とのコミュニケーションや、体温計、血圧計などのバイタル測定機器からの情報収集が可能。また、anco が AI エージェント基盤の「IoT アクセス制御エンジン」と接続するための中継役となることで、バイタル測定機器にて計測されたデータをクラウド上で管理することができ、そこから得られる情報をもとに、anco を通じて高齢者への声掛けや家族への情報共有も行なうことができるようになる。ワーコンは、「みまもり看護師」による遠隔サポートサービスに anco を加えたサービス「おるけん」もある。anco は通常時には利用者とコミュニケーションをとるが、必要に応じてテレビ電話を通じて「みまもり看護師」に接続。「みまもり看護師」は事前に anco と利用者で行われたコミュニケーション情報や測定されたデータを確認した上で、さらに細かい問診を行い、その結果をもとに「訪問看護師」や「かかりつけ医」と連携する <sup>47</sup> 。
Amazon 「Astro」 (米国)	自宅監視を行う家庭用ロボット。小型犬程度の大きさで、左右の大きな車輪で移動し、真ん中のディスプレイに目が表示されて顔の表情が変わる。カメラとセンサーで家の中の障害物を把握して自律的に走行。利用者は外出先からアストロを通じて家の中を確認できるほか、留守宅の異常や見守り対象の高齢者の異常について通知を受け取ることもできる。音楽や動画配信、ビデオ通話にも対応している <sup>48</sup> 。

#### ■ 競合分析：「(1-2)-①KDDI(株)」の介護・福祉業務支援サービス

SIP サイバーの「(1-2)-①KDDI(株)」が開発している介護・福祉業務支援サービスについて、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-13）。競合比較をする企業の条件として、介護現場等で見守り支援、業務支援を行うサービスを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、介護支援機能、AI 機能、市場性、コストの4点である。「(1-2)-①KDDI(株)」では高齢者の在宅介護モニタリングが可能なマルチモーダル音声対話システムを開発しているが、介護支援機能の観点では、他社は各種センサーを用いた行動モニタリングを実現しており、それぞれ異なる特徴を持ったサービス展開がされている。AI 機能の観点では、「(1-2)-①KDDI(株)」がマルチモーダル対話支援技術を活かした雑談対話による在宅介護モニタリング（健康状態、生活習慣等）を開発しており、他社との差別化が図られている。みまもりサービス「おるけん」/在宅医療用対話ロボット「anco」では看護師の見守り支援と組み合わせたサービス展開がされており特徴的である。

市場展開として、「(1-2)-①KDDI(株)」は実証段階にあり、他社サービスとの直接の比較は難しい。た

<sup>46</sup> unirobot(株) (<https://www.unirobot.com>)

<sup>47</sup> ロボスタ「在宅医療用対話ロボット「anco」 ワーコン、ドコモら4社が開発」(2018)

<sup>48</sup> 共同通信社「留守宅の監視、高齢者見守り」(2021)

だし、現段階ではいずれのサービスも大規模な市場獲得には至っておらず、介護業務システムの分野における新規プレイヤー参入の難しさが見取れる。

図表 3-2-13 「(1-2)-①KDDI(株)」の介護・福祉業務支援サービスの競合比較

企業名	(1-2)-①KDDI	エコナビスタ	リンクジャパン	ソルクシース	ワーコン+MDI+NTTグループ	セコム・ホームセキュリティ	Aiva Health(米国)	Amazon(米国)
サービス名	(開発中)	ライフリズムナビ+Dr.	eMamo (イマモ)	いまイルモ	みまもりサービス「おるけん」在宅医療用対話ロボット[ancco]	親の見守りプラン	Aiva Health	Alexa Together
コアコンピタンス	高齢者の在宅介護モニタリングが可能なマルチモーダル音声対話システム	高齢者見守りシステムによる介護・医療現場の業務支援	モニタリングによる介護業務支援、高齢者家族の見守り支援	多種センサーを活用した高齢者家族の見守り支援	対話ロボットによる問診、バイタル測定、みまもり看護師による24時間見守りサービス	多種センサーと防犯サービスによる高齢者家族の見守り支援	医療・介護施設支援 SaaSによるケアチーム支援 音声認識を利用	Alexa Care Hubの拡張機能で家庭内での見守りを支援 音声認識を利用
介護支援機能	防犯・火災検知	-	-	-	-	防犯・火災の検知	-	-
	緊急通報・駆けつけ	-	-	-	-	○	-	△(緊急通報可)
	連絡(電話・訪問)	-	-	-	○(みまもり看護師)	○	-	-
	医師・看護師相談	-	-	-	○	看護師への電話相談	-	-
	行動モニタリング (対話ロボット・センサー)	睡眠・食事・排泄・部屋移動等(開閉・モーション・温度センサー等)	離床・在床(開閉・モーション・温度センサー等)	睡眠・食事・排泄・部屋移動等(開閉・モーション・温度センサー等)	睡眠・食事・排泄・部屋移動等(開閉・モーション・温度センサー等)	-	各種センサーとの連携が可能	各種センサーとの連携で転倒等の検知が可能
バイタルモニタリング (対話ロボット・センサー)	体温・パルスオキシメーター・血圧計(バイタルセンサー)	心拍・呼吸(バイタルセンサー)	脈・呼吸(バイタルセンサー)	心機能・呼吸機能(バイタルセンサー)	-	各種センサーとの連携が可能	各種センサーとの連携が可能	
AI機能	予防サポート	-	-	-	-	-	-	-
	業務・スキルの測定・評価	-	-	-	-	-	-	-
市場展開	メインターゲット(購入者)	B2B	B2B、B2B2C	B2B、B2B2C	B2B、B2B2C	B2B、B2B2C	B2B	B2B
	市場獲得	(研究開発段階)	50施設以上、3600人利用(HPより)	累計販売台数20万台(HPより)	サービス提供済、JA愛知東の組合向けサービスなどで採用。	実証事業済+事業化中「ワーコン被控」	非公開	非公開
コスト	(未定)	初期費用：非公開 月額：1床あたり1500円	非公開 (数千円で利用可能)	非公開	ロボット：194,400円 サービス料：非公開	初期費用：44,000円 4,700円/月(HPより)	36か月で\$75,000	月額\$19.99 or 年額\$199



企業名・サービス	介護サービス
エコナビスタ(株) 「ライフリズムナビ+Dr.」 (日本)	睡眠解析技術をベースにしたクラウド型高齢者見守りシステム。室内に設置したセンサーで、室内の状況をリアルタイムに把握・アラート通知、センサーから収集されたデータで健康レポートを作成も可能。大手介護記録システムとも連携をしており、事故・トラブルの防止や時間・人材不足の軽減を目指す <sup>49</sup> 。
(株)リンクジャパン 「eMamo(イーマモ)」 (日本)	AIとIoT技術を駆使し、高齢者ヘルスケアに必要なあらゆる製品とサービスを一本化する事により、介護効率、見守り、自立支援をサポートするIoTプラットフォームサービス(PaaS)である <sup>50</sup> 。
(株)ソルクシーズ 「いまイルモ」 (日本)	スマートフォンやタブレット、パソコンなどで、離れて暮らす方や介護の必要な方等の暮らしぶりを、そつと見守ることができるシステム。「守られる方」のプライバシーを尊重しながらも、スマートフォンなどで「いつでも」「どこからでも」家族の安否や生活の様子の確認ができる、多機能センサーが実現する見守り支援システムである。
セコム・ホームセキュリティ(株) 「親の見守りプラン」 (日本)	セコム・ホームセキュリティ(親の見守りプラン)では、基本サービスとする「侵入者の感知・火災の感知・非常時の通報」のほかに下記2つのオプションサービス「安否みまもりサービス」(生活動線にセンサーを設置し、一定時間動きがないとセコムに通報されます。またアプリで親御さまの様子を見守れる便利機能もあります。)・「救急通報サービス」(急病やケガなどの際は「握るだけ」でセコムに救急信号を送れる)が利用可能 <sup>51</sup> である。
Aiva 「Aiva Health」	音声アシスタントを使用してハンズフリーコミュニケーションとルームコントロールを備えた患者、高齢者、介護者の満足度を高めるサービスである。居住者が倒れた場合に音声アシスタントだけでなく、モーション検出器や他の監視システムと連携し、通知が可能である。また、主要な健康記録システムと連携しており、Alexaなどを通じて、リモートでのコミュニケーションを行うことができる <sup>52</sup> 。
Amazon 「Alexa Together」	専門の緊急対応ヘルプライン「Urgent Response」へのハンズフリーアクセスを高齢の利用者に24時間365日提供する。 Assistive Technology Service (ATS) や Vayyar が提供するサードパーティーの転倒検知デバイスとも接続可能であり、利用者が転倒すると、Alexa が利用者に対し、Urgent Response に電話をかけて介護者に通知したいかどうか尋ねることもできる。 介護者や家族が監視できる「ハイレベルのアクティビティフィード」も含まれる。この機能は、毎日、高齢の利用者が Alexa やコネクテッド・スマート・ホーム・デバイスと最初にやりとりしたときに、介護者に通知する。同様に、一定の時間までに全くアクティビティがなかった場合も通知が可能である <sup>53</sup> 。

<sup>49</sup> ロボスタ「在宅医療用対話ロボット「anco」 ワーコン、ドコモら4社が開発」(2018)

<sup>50</sup> (株)リンクジャパン (<https://linkjapan.co.jp/service/emamo>)

<sup>51</sup> セコム・ホームセキュリティ(株) (<https://www.secom.co.jp/homesecurity/plan/seniorparents>)

<sup>52</sup> Aiva (<https://www.aivahealth.com>)

<sup>53</sup> ZDNet Japan「アマゾン、高齢者見守りサービス「Alexa Together」を米国で開始」(2021)

## ■事業化に向けた取組

研究開発から、製品化、ターゲット市場までのバリューチェーンに位置付けて、「(1-2)-①KDDI(株)」の事業化に向けた取組を整理した(図表 3-2-14)。

「(1-2)-①KDDI(株)」において進めている Web 等に存在するビッグデータと応用分野特化型対話シナリオを用いたハイブリッド型マルチモーダル音声対話システムの研究を製品化・事業化していくためには3つの方向性が考えられる。

1つ目は開発された対話支援技術について汎用的な用途で活用ができるようパッケージ化し、SaaSやPaaSとしてサービス提供する方向性である。懸念点としては日本国内におけるスマートスピーカーの普及率は6%と低く、汎用的な対話支援市場についてはまだ成長の見通しが立っていない。

2つ目は開発された対話支援技術を他社製品等と組み合わせ提供する形態である。コミュニケーションロボットに組み込んで利用する形がこれに相当する。例えば見守り支援市場は2020年度から2030年度にかけて107億円から212億円に成長が見込まれており<sup>54</sup>、こうした市場への適用が考えられる。

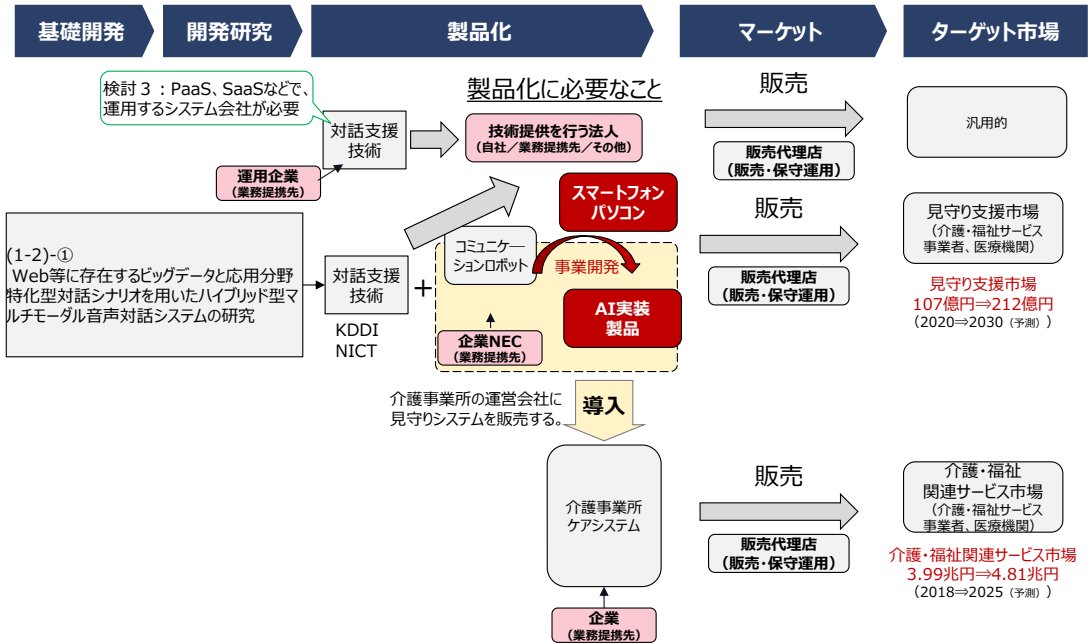
3つ目は介護事業所の運営者に対して、見守り支援システムをソリューションとして販売する方向性である。「(1-2)-①KDDI(株)」では研究において既に介護施設との技術的な実証を進めており、介護現場での業務支援の有効性は認められていることから、引き続き連携して事業開発を行っていくことが望ましい。介護・福祉関連サービス市場は2018年度から2025年度にかけて3.99兆円から4.81兆円に成長が予測されており、こうした市場に対して製品価値を訴求することが重要である。

介護領域で新規新技術を取り入れたサービスを導入する際には、豊富な資金供給のもと、収益化の見通しが立つ事業展開をすることが重要である。2016年に設立された(株)ワーコンは、高齢者向け見守りサービスや高齢者ケアサービスを提供し、2018年6月期には約1億2900万円を計上した。しかしその後は、販路拡大が進まず、開発費の増大などの要因により2021年に破産手続きを開始している<sup>55</sup>。本事例のように、介護サービスを浸透させて販路拡大をするには豊富な資金や営業基盤が必要である。また、介護の質を高めるサービスはその付加価値を料金に反映しにくく、サービス提供にもコストがかかる。これらの点を考慮して、事業の方向性を検討する必要がある。

<sup>54</sup> 富士キメラ総研「『2020 人工知能ビジネス総調査』」

<sup>55</sup> ライブドア「非接触型センサーを融合した見守りサービス「おるけん」開発のスタートアップ、ワーコン（福岡）が破産」（2021）

図表 3-2-14 「(1-2)-①KDDI株」：事業化に向けた取組



### 3.2.4 (1-3)-①エビデンスに基づくテラーメイド教育の研究開発（東京大学）

#### ■ターゲット市場について

SIP サイバーの「(1-3)-①東京大学」では、学校教育のトータルサポートを行うオープンな教育プラットフォームと、教材開発支援システムを開発している。

教育プラットフォームは公教育の導入に向けた取組が進んでおり、文部科学省が推進する「学びの保障オンライン学習システム（MEXCBT）」と、「(1-3)-①東京大学」の参画企業である NTT コミュニケーションズが提供するクラウド型教育プラットフォーム「まなびポケット」の連携が開始されている（図表 3-2-15）<sup>56</sup>。「まなびポケット」のクラウド型教育プラットフォームでは、児童生徒、教職員が一人一つのアカウントを持ち、連携するさまざまなサービス（授業支援システム、学習コンテンツ、授業記録システムなど）を利用できる。すでに 26 のコンテンツと連携し、600 以上の自治体、6,000 校以上の学校、220 万人以上の児童生徒・教職員に利用されている。

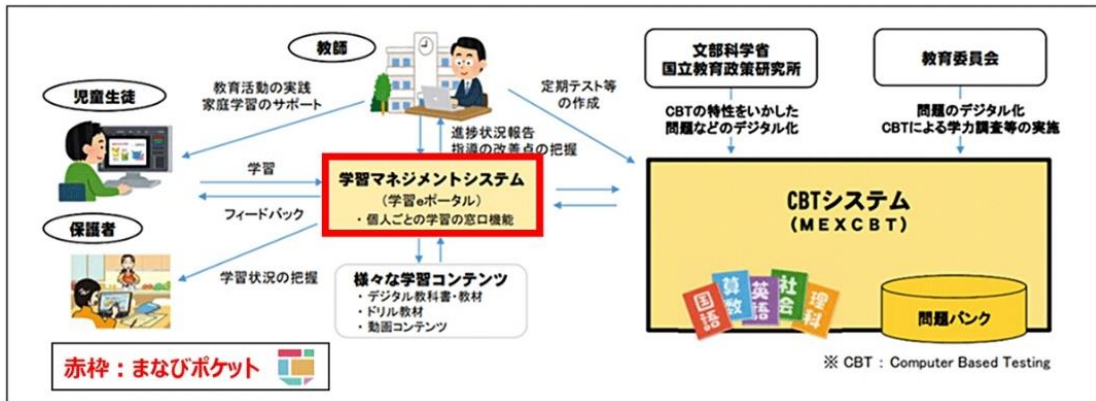
教材開発支援システムでは、様々な授業を支援するために 3 つのシステムを開発している。1 つ目は、問題推薦システム（AI ドリル）である。AI ドリルとは、クラウド上の電子教材ソフトで、生徒の答案を AI（人工知能）が分析して、正解や誤答の傾向などから次に取り組むべき問題を自動で出題する支援をする機能を有し、学習者一人ひとりの習熟度に応じた学習が可能である。2 つ目は、アクティブラーニングシステムである。学習者が電子教材を使用しているときの履歴を解析し、最適で効率的な理解を支援する仕組みである。3 つ目は自己主導能力の育成機能である。多読学習の学習分析を行うことで、学習時間や学習スピードを促す分析を行っている。

本採択テーマのターゲット市場は、学校教育プラットフォーム（公教育支援）と、教材開発市場である（図表 3-2-16）。学校教育プラットフォームとは、学校教育の授業に必要な配信機能やコミュニケーションツールの機能や、個人の理解度に応じたフィードバックや学習の評価を行う機能が持つクラウドシステムである。このうち、NTT コミュニケーションズの「まなびポケット」と同様に、公教育の学習 e ポータルと連携可能なサービスとして、L-GATE（株）内田洋行）、OPEN PLATFORM EDUCATION（日本電気株）、STUDYPLUS FOR SCHOOL（スタディプラス株）が挙げられる<sup>57</sup>。その他に、私立学校を対象とし、教材も含めた独自のプラットフォームサービスとして、Classi（Classi株）がある。

<sup>56</sup> NTT コミュニケーションズ「「まなびポケット」が、文部科学省が推進する「MEXCBT」との連携を開始」（2021）

<sup>57</sup> 一般社団法人 ICT CONNECT 21「学習 e ポータル」まとめページ

図表 3-2-15 学びの保証オンライン学習システム (MEXCBT)



図表 3-2-16 「(1-3)-①東京大学」のターゲット市場

	ターゲット市場	内容
東京大学	学校教育プラットフォーム (公教育支援)	<ul style="list-style-type: none"> <li>授業に必要な配信機能やコミュニケーションのツール</li> <li>個人の理解度に応じたフィードバックや学習の評価を行う</li> </ul>
	教材開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>個別化学習においては現在アダプティブラーニングが主流</li> <li>授業などのビデオ配信・ドリル作成を行う</li> <li>個人の能力・理解度に応じて、教材を変えていける</li> </ul>

■ 競合分析：「(1-3)-①東京大学」の教育プラットフォーム

SIP サイバーの「(1-3)-①東京大学」が開発している教育プラットフォームについて、関連する企業との競合比較の結果を示す(図表 3-2-17)。競合比較をする企業の条件として、教育プラットフォームを提供する他の企業を比較対象とした。

比較した項目は、教育機能、AI 機能、その他機能、市場性、コストの5点である。教育機能では、授業配信、電子教材提供、学習管理・記録を比較したが、これらは基本的にどの教育プラットフォームも共通して含まれる機能であった。AI 機能では、個別化教育、学習評価システム、フィードバックシステムの3点を比較した。他の企業のサービスでは、個別化教育は実装しているが、AI を使った学習評価システムやフィードバックシステムまでは実装されていない。一方で、SIP サイバーの「(1-3)-①東京大学」は学習評価システムやフィードバックシステムの研究開発成果を教育プラットフォームに組み込むことを想定しており、これらの技術要素が技術優位性になると考えられる。その他の機能としては学習 e ポータル対

応の是非を比較したが、文部科学省が設けた学習 e ポータルと連携可能であるのは「(1-3)-①東京大学」と L-Gate (内田洋行株) であった。

市場展開として、「(1-3)-①東京大学」はトップクラスのシェアを獲得しており、市場優位性は高い。前述の通り、すでに 26 の学習コンテンツと連携し、600 以上の自治体、6,000 校以上の学校、220 万人以上の児童生徒・教職員の方々に利用されている。また、私教育について Classi(株)は高等学校や中高一貫校を対象に最大 2500 校、116 万人の使用実績がある。今後、公立学校への導入を獲得していくためには、教育プラットフォームの導入によって学校において業務効率化や教育の質向上につながることを示しながら、地方公共団体ごとに営業を進めていくことが必要である。また、私立学校への展開については各学校独自のカリキュラムに対応して、学校側で教育カリキュラムをカスタマイズできる機能が必要であると考えられる。私立学校にあわせた機能を組み込んで、他の教育プラットフォームに対する優位性を構築していくことが重要である。

図表 3-2-17 「(1-3)-①東京大学」の教育プラットフォームの競合比較

企業名	SIP : (1-3)①NTTコム	内田洋行 (日本)	Classi株式会社 (日本)	デジタル・ナレッジ (日本)	チエル (日本)	
サービス名	(まなびポケット)	L-Gate	Classi	KnowledgeDeliver	CHIeru	
コアコンピタンス	学校教育のトータルサポートプラットフォーム	児童・生徒、先生が使用するPCやタブレット向けのポータルサイト	学校教育のトータルサポートプラットフォーム	教材作成-学習-運用管理ができるe-learningプラットフォーム	授業改善に役立つ学習システムをはじめ教材、運用管理システム・セキュリティシステムまでをサポート	
対象教科	全教科対応可 (小学校～高校)	他社教材との連携がメイン	全教科対応 (主は中学校～高校、小学校も展開中)	全教科対応可 (小学校～大学、企業)	全教科対応可 (小学校～大学)	
教育機能	授業配信	○	○	○	○(InterCLASS Cloud)	
	電子教材提供	○	他社コンテンツ連携必要	○	△	
	学習管理・記録	○	他社コンテンツ連携必要	○	○	
AI機能	個別化教育	(開発中)	MEXCBTと連携が必要	○ (Knewtonエンジン)	○ (Knewtonエンジン)	-
	学習評価システム	(開発中)	MEXCBTと連携が必要	○	-	-
	フィードバックシステム	(開発中)	MEXCBTと連携が必要	○	-	-
その他機能	双方向コミュニケーション	○	○	○	-	○
	特徴	学習eポータル対応	学習eポータル対応			
市場性	メインターゲット (購入者)	B2B 公立学校 ※自治体が主	B2B 公立・私立の小学校、中学校、高校向け	B2B 高校・中高一貫校 ※学校法人が主	B2B 学校及び企業 (専門教育・研修等に利用)	B2B 自治体・学校
	市場獲得	(研究開発段階)	2021/11末より提供開始	高校2500校、116万人が使用 (HP : 2020年)	(製品化済・市場獲得不明)	教育委員会560以上、高校、大学1,800校以上、クラウド教材の利用者は300万人
コスト	プラットフォームは無料 コンテンツごとに課金	プラットフォームは無料 コンテンツごとに課金	非公開	非公開	非公開	

企業名・サービス	教育プラットフォーム
内田洋行(株) 「L-Gate」 (日本)	児童・生徒、先生が使用する PC やタブレット向けポータルサイト。クラウドで提供されるため、インターネット接続ができれば、場所や端末を選ばずに利用ができます。連携する学習アプリの活用や、学校内のお知らせを共有するのに利用できるほか、学校内の端末管理を行う機能も追加される予定である。学習 e ポータルと MEXCBT との連携が可能である <sup>58</sup> 。
Classi(株) 「Classi」 (日本)	Classi とは、コミュニケーション、探究学習、学習動画、日々の学習記録などを通じて、「先生方の授業・生徒指導」「生徒の学び・成長」をサポートするオールインワンのプラットフォームです。さらに、他社の教育コンテンツとも多数連携し、学校の状況に応じて幅広いラインナップからお選びいただける連携サービスも用意しています。授業以外にも部活や学校行事の記録も蓄積が可能 <sup>59</sup>
(株)デジタル・ナレッジ 「KnowledgeDeliver」 (日本)	教材作成-学習-運用管理ができる e-learning プラットフォーム。学校だけでなく、企業・官公庁・医療機関など実績多数。ASP、オンプレミス、DK クラウド、パブリッククラウド等、豊富な導入形態を用意しており、数十万名様向けの大規模運用にも対応 <sup>60</sup> 。
チエル(株) 「InterCLASS®Cloud」他 (日本)	授業改善に役立つ学習システムをはじめ教材、運用管理システム・セキュリティシステムまでをサポート。パソコンやタブレット端末を活用した学習 (学修) 支援システム、学習者がいつでもどこでも学習でき、先生は学習履歴を管理できるデジタル教材、学校の ICT 管理者の負担を軽減する運用管理・セキュリティシステムを「教育現場の先生とともに」企画・開発している <sup>61</sup> 。

<sup>58</sup> 内田洋行(株) (<https://www.info.l-gate.net>)

<sup>59</sup> Classi(株) (<https://classi.jp>)

<sup>60</sup> (株)デジタルナレッジ (<https://www.digital-knowledge.co.jp/product/kd>)

<sup>61</sup> チエル(株) (<https://www.chieru.co.jp>)

■競合分析：「(1-3)-①東京大学」のAIドリル（問題推薦システム）

SIPサイバーの「(1-3)-①東京大学」が開発しているAIドリル（問題システム）について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-18）。競合比較をする企業の条件として、教材開発をする他のサービスを持つ企業を比較対象とした。

比較した項目は、教育機能、主要な機能、コスト、市場性の4点である。教育機能としては、授業配信、電子教材提供、学習管理・記録を比較したがこれらは基本的に多くの教育プラットフォームに共通して含まれる機能であった。AI機能としては個別化教育、学習評価システム、フィードバックシステムの3点を比較した。他の企業のサービスでは、各社が持つ教科のコンテンツを独自に持って個別化教育を実装し、AIを使った学習評価システムやフィードバックシステムまでは実装されているものがある。一方で、SIPサイバーの「(1-3)-①東京大学」では、AI技術を取り入れた個別化教育、学習評価システム、フィードバックシステムの開発を行っているが、独自に教科のコンテンツを持っているわけではない。よって、教科のコンテンツを持つ企業に対して、開発しているAI技術を供給することになる。

市場展開として、教科のコンテンツを持つ他企業は既にサービス提供をしている状況である。「(1-3)-①東京大学」では、教材開発に必要な技術をパッケージ化して、協業先を見つけて技術パッケージを導入していく戦略が考えられる。

図表 3-2-18 「(1-3)-①東京大学」のAIドリルの競合比較

企業名	SIP：(1-3)①東京大学	COMPASS（日本）	すらら（日本）	凸版印刷（日本）	Yuanfudao(中国)	BYJU'S(インド)
サービス名	AIドリル (問題推薦システム)	Qubena (AI型教材)	すらら	navima	Yuanfudao	BYJU'S
コアコンピタンス	知識モデルに基づき 問題を推薦する	AIによるアダプティブラーニングで 圧倒的な学習効率を実現する	AI×アダプティブラーニングとアダ プティブドリル	子どもたちの主体的な学びを実現	中国における学習支 援	インドにおける オンライン学習プラ ットフォーム
教科	数学？、英語？ (？？校～？？校)	高校数学IAIIB 中1-3：数国理社英 小5-6：算国理社英 小3-4：算国理社 小1-2：算国	高1-3：数学IAIIB/国語(古 文漢文を除く)/英語 中1-3：数国理社英 小3-6：算国理社 小1-2：算国	小中：国語（読解、漢字）、算 数（数学）、理科、社会、英語	幼稚園から高校生まで を対象	小学4年～高校生
準拠する教科書	-	IAIIBは河合塾と共同開発 独自教材（学習指導要領に準拠）	独自教材（学習指導要領に 準拠）	東京書籍	私教育メイン	私教育メイン
教育機能	授業配信	-	-	-	○	○
	電子教材提供	-	○	○	○	○
	学習管理・記録	-	○	○	○	○
主要な 機能	個別化教育	(開発中)	○	○	○	○
	学習評価システム	(開発中)	○	○	○	○
	フィードバックシステム	(開発中)	-	-	○	○
	その他	-	-	-	クラスメイト同士の回答の共有 先生への質問等双方向のやり取り が可能	-
コスト	未定	非公開(家庭学習向け・算数と数学 のみで月額1950円)	5教科月9980円	非公開	月\$29,49	コンテンツごと に課金
市場性	ビジネス形態	B2B	B2B、一部B2C	B2B	B2B	B2C
	ターゲット	公立学校 ※自治体が主	自治体・公立学校・私立学校 / 家庭学習	公立学校・私立学校・学習塾	主に自治体・私立学校	学生
	市場獲得・シェア	(開発中)	1800校以上	2500校以上、40万人	40自治体と2私立学校	4億人(2020年時点)



■ 事業化に向けた取組

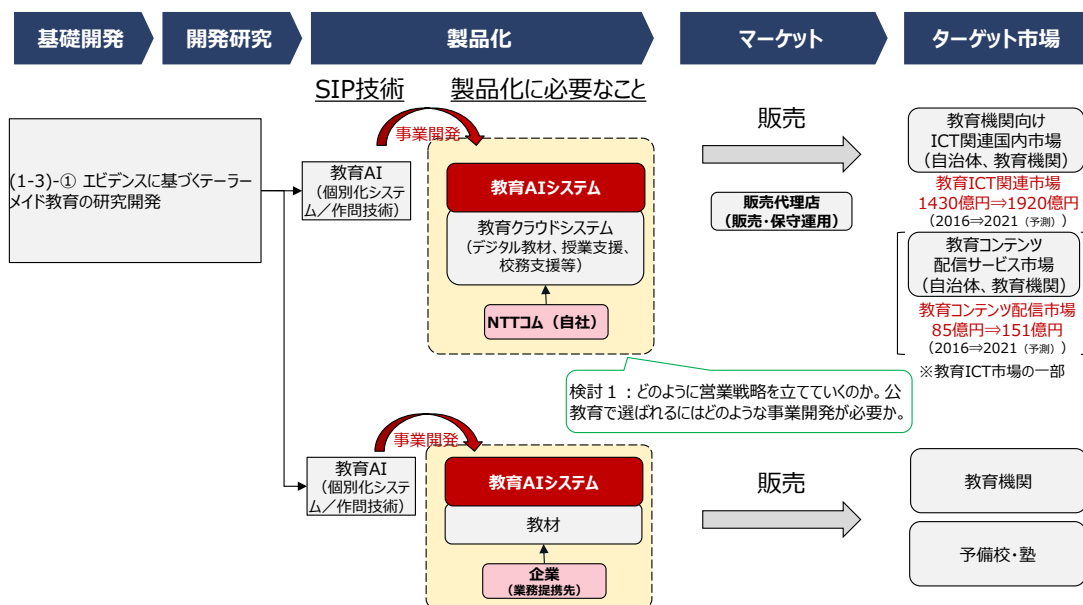
研究開発から、製品化、ターゲット市場までのバリューチェーンに位置付けて、「(1-3)-①東京大学」の事業化に向けた取組を整理した（図表 3-2-19）。

「(1-3)-①東京大学」において進めている個別化教育や教材開発に関わる教育 AI の技術を製品化・事業化していくためには 2 つの方向性が考えられる。1 つは「(1-3)-①東京大学」の参画企業である NTT コミュニケーションズが持つ教育クラウドシステム「まなびポケット」に教育 AI システムを組み込んで、この教育プラットフォームを販売することである。教育機関向け ICT 関連市場は 2016 年度から 2021 年度にかけて 1,430 億円から 1,920 億円に増加しており、2020 年度以降の学習指導要領の改定内容に沿った指導者の育成や支援を可能とするシステムやサービスの需要拡大が期待されている<sup>62</sup>。

事業化に向けたもう 1 つの方向性は、教育 AI 技術を教材開発する企業に提供することである。教育 AI のうち、作問技術は教育コンテンツ事業者の教材開発に有効である。また、個別化教育を実現するシステムは、教育コンテンツ事業者が自社コンテンツを教育機関や予備校・塾などに提供をしていくときにも有用である。これらの収益化を進めていくためには、教育 AI 技術を教育コンテンツ事業者に提供するための API 実装を開発する必要がある。また、教材を利用する学習者の学習履歴をもとに個別化教育を進める場合には、学習履歴のデータ収集が伴うために、個人情報保護法や知的財産権に関連して生じる問題を整理しておく必要がある。

現状では高度な AI アルゴリズムと豊富な学習履歴データを用いて個別化教育を行うサービスは少ないために、SIP サイバーの「(1-3)-①東京大学」が開発している AI 技術を用いた事業の競争優位性は高い。AI 技術の導入による効果として、教員の業務効率化、学習者の学習効果などを明確に示すことができれば、学校教育機関や私教育のシェアを獲得していくことができるだろう。

図表 3-1-19 「(1-3)-①東京大学」：事業化に向けた取組



<sup>62</sup> [https://www.fuji-keizai.co.jp/market/detail.html?cid=17041&view\\_type=2](https://www.fuji-keizai.co.jp/market/detail.html?cid=17041&view_type=2)

### 3.2.5 (1-4)-②遠隔医 AI が連携した日本式 ICT 地域包括ケアモデルの研究開発 (株アルム)

#### ■ターゲット市場

SIPサイバーの「(1-4)-①(株アルム)」では、遠隔医療 AI が連携した日本式 ICT 地域包括ケアモデルを目指して、脳卒中や認知症の診断・予測を行う AI を開発している<sup>63</sup>。現在、(株アルム)が提供しているサービスである地域包括ケアアプリ「Team」、医療機器アプリ「Join」に在宅・施設介護における医療機器・ウェアラブルに、家族からの症状入力プラットフォームを接続し、各データを統合した上でモニタリングし、疾患の診断・予測を行うことで、介護の生産性向上と医療への橋渡しによる高度化を実現する。

開発している AI システムは 3 つある。1 つ目は、心電波形から脳卒中の発症確率の予測をする「モニタリング AI」である。脳卒中の再発は要介護の原因であり、認知症の重症化を加速するため、早期発見を行い、早期投薬をすることで重症となりやすい心原性脳梗塞を予防することを目的としている。2 つ目は「認知症サポート AI」である。認知機能の低下には客観的な治療指標が欠如しており、神経心理検査の結果、MRI 画像等を AI 解析し、治療指標を作成することを目指している。本 AI の解析結果によって、薬効評価を医師に示すことで、より適切な医療が可能になる。3 つ目は「介護サポート AI」である。地域包括ケアアプリ「Team」に記録される病状と服薬情報を分析して、ケアを担当する介護士や看護師に注意すべき症状を通知することで、重症化予防と入院の回避をすることが期待できる。これらの AI は地域包括ケアアプリ「Team」に活用することで、解析結果の最適化を実現できる。

本採択テーマのターゲット市場は、介護業務支援システムと、介護のモニタリングシステム（予防・予測）である。介護の業務支援システムとは、施設系・通所系・居住系・多機能系サービスについて、事業所全般の業務を支援するソフトウェアである。多くの事業所で介護の業務支援システムは導入されており、市場規模も大きい様々な企業がソフトウェアを提供している。疾患の予防・予測をする AI システムはまだ研究開発段階であり、サービスとして提供されている事例はない。

図表 3-2-20 「(1-4)-①(株アルム)」のターゲット市場

ターゲット市場	内容	ベンチマーク企業
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: 20px;">(株アルム)</div>	<b>介護業務支援システム</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>施設系・通所系・居住系・多機能系サービスについて、事業所全般の業務を支援するソフトウェア。</li> <li>医療連携しているソフトウェアも多い。</li> </ul>	(株)ナミックネットワーク NDソフトウェア(株) (株)ワイズマン (株)エス・エム・エス Genesis Healthcare (米国) Brookdale Senior Living (米国) Kindred Healthcare (米国) Ensign Group (米国) Amedisys (米国) Four Seasons Health Care (英国) BUPA Care Homes (英国) Korian (フランス) Orpea (フランス) Pro Seniore (ドイツ)
	<b>モニタリングシステム (予防・予測)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>介護領域において、被介護者のモニタリングを通して、病気の予防や予測を行うための研究開発を行っている。</li> <li>現状、研究開発段階であり、既存市場はない。</li> </ul>	東芝 & 米ジョンズ・ホプキンス大 IBM & 国立循環器病研究センター TIS & 電気通信大学

<sup>63</sup> 厚生労働省 老健局 第 5 回 保健医療分野 AI 開発加速コンソーシアム「介護・認知症領域における取り組みについて」(2019)

## ■競合分析

「(1-4)-②(株)アルム」が保有している介護業務支援システムの地域包括ケアアプリ「Team」と、SIPサイバーで開発している AI 疾患予測について、関連する企業との競合比較の結果を示す（図表 3-2-22～24）。

比較した項目は、主要な機能、コスト、市場性である。介護業務支援、医療業務支援、多職種連携の機能は、ほぼ全ての介護業務支援システムが保有していた。一方で、健康モニタリングや遠隔健康相談の機能を持つ介護業務支援システムは他にはない。「(1-4)-②(株)アルム」の地域包括ケアアプリ「Team」の技術優位性は高く、高付加価値で質の高い介護業務支援サービスを提供していることに競合優位性があると思われる。

市場展開として、「(1-4)-②(株)アルム」の地域包括ケアアプリは一定のシェアを獲得しているが、他の業務支援システムの導入実績数は大きい。シェアは、ND ソフトウェア(株)「ほのぼの NEXT」の 67,800 事業所、ワイズマン(株)「ワイズマン SP, MeLL++」の 44,000 事業所、(株)エス・エム・エス「カイボケ」の 33,100 事業所、(株)カナミックネットワーク「カナミッククラウド」の 32,000 事業所と続く。「(1-4)-②(株)アルム」の優位性は、医療連携や健康モニタリング、遠隔医療相談など、高付加価値なサービスを提供している点で、他サービスとすみ分けている。基本的な介護業務支援システムに、疾患予測の機能が加わることで、他社とは異なる競合優位性を確立できる。

モニタリング AI に関連した開発している循環器疾患（脳卒中）の予測について、現在は研究開発段階であるために現状では技術比較は難しい。他の研究開発と比較すると、予測に用いるデータが異なっており、今後はデータの量や質、アルゴリズムによって、予測精度の違いが出てくると考えられる。

認知症サポート AI については研究開発段階であり、市場形成がされていないためビジネスモデルの構想から考える必要がある。薬効評価等に使う検証が成功すれば、医療報酬に組み込んだ形で製薬会社や医療機関を介した医療サービスとして提供できると考えられる。

介護サポート AI については研究開発段階である。周辺症状（BPSD）の発症予測が可能になれば、介護施設・看護施設への提供や民間保険会社との連携商品としてサービス提供をすることが考えられる。

図表 3-1-21 「(1-4)-②(株)アルム」の介護業務支援システム（日本）の競合比較

企業名		(1-4)-②アルム	株式会社 カナミックネットワーク	NDソフトウェア株式会社	株式会社ワイズマン	株式会社エス・エム・エス
サービス名		モニタリングAI「JoinCloud」 「Team Cloud」	カナミッククラウド	ほのほのNEXT (介護業務支援のトータルソリューション)	ワイズマンSP (介護ソフト) MeLL+ (メルタス) (医療・介護連携サービス)	カイボケ
コアコンピタンス		医療・介護の多職種連携をしたトータルソリューション	地域包括ケアを推進する医療・介護情報共有システムを提供	全事業種別に対応した介護業務支援のトータルソリューション	医療と介護が連携したトータルソリューション	低価格で導入しやすい介護のトータルソリューション
主要な機能	介護業務支援 -シフト、予定、実績管理 -各帳簿作成、決済システム	○	○	○	○	○
	医療業務支援 -シフト、予定、実績管理 -各帳簿作成、決済システム	○	○	○	○	○
	健康モニタリング	○	-	-	-	-
	遠隔健康相談	○	-	-	-	-
	多職種連携	○ - 医療・介護サービス - 地域医療連携 (救急)	○ - 医療・介護サービス - 地域医療連携 (救急)	○ - 医療・介護サービス - 地域医療連携 (救急)	○ - 医療・介護サービス - 地域医療連携 (救急)	-
コスト		非公開	非公開	デイサービス施設向け価格 5年リース：1024,920円～ 参考：月額17,082円～ (5年間のソフトウェア使用権購入)	非公開 (5年間の使用権)	通所介護・通所リハ、訪問介護・ 訪問看護 月額25,000円 サ高住・放課後等デイ 月額15,000円 その他 (訪問リハ等) 月額5,000円
市場性	ビジネス形態	B2B2C	B2B2C	B2B2C	B2B2C	B2B2C
	ターゲット	介護事業者 (施設・居宅) 医療機関・医療関係事業者	介護事業者 (施設・居宅) 医療機関・医療関係事業者	介護事業者 (施設・居宅) 医療機関・医療関係事業者	介護事業者 (施設・居宅) 医療機関・医療関係事業者	介護事業者 (施設・居宅) 医療機関・医療関係事業者
	市場獲得・シェア	約1700 の医療・介護機関 (2020ヒアリングより)	全国で約32,000の事業所と、 約152,000名 (2021年9月時点)	導入：67,800事業所 (シェア1 位) (2021年時点、HPより)	導入：44,000事業所 (シェア2 位) (2021年時点、HPより)	導入：33,100事業所 (シェア 3位) (2021年4月時点、HPより)

図表 3-1-22 「(1-4)-②(株アルム)」の介護業務支援システム（諸外国）の競合比較

企業名		(1-4)-②アルム	Genesis healthcare (米国)	Holiday Retirement (米国)	Korian SA (フランス)
サービス名		モニタリングAI「JoinCloud」 「Team Cloud」	ナーシングホーム アシステッドリビング	高齢者向け介護付施設 コミュニティ運営事業	老人ホーム、リハビリクリニック アシステッドリビング施設 在宅介護サービス
コアコンピタンス		医療・介護の多職種連携を したトータルソリューション	利用者向けサービス リハビリ・呼吸療法サービス	インディペンデント・リビング・コ ミュニティ（医療関係者はその 場にはいない）	高齢者の中長期的 なケアと医療サポート
主な 機能	介護業務支援 -シフト、予定、実績管理 -各帳簿作成、決済システム	○	-	-	-
	医療業務支援 -シフト、予定、実績管理 -各帳簿作成、決済システム	○	○	-	-
	健康モニタリング	○	○	-	-
	遠隔健康相談	○	-	-	-
	多職種連携	○ - 医療・介護サービス - 地域医療連携（救急）	○ - 医療・介護サービス - 地域医療連携（救急）	-	-
コスト		非公開	非公開	非公開	非公開
市場性	ビジネス形態	B2B2C	B2B2C	B2B2C	B2B2C
	ターゲット	介護事業者（施設・居宅） 医療機関・医療関係事業者	介護事業者（施設・居宅） 医療機関・医療関係事業者	介護事業者（施設・居宅） 医療機関・医療関係事業者	介護事業者（施設・居宅） 医療機関・医療関係事業者
	市場獲得・シェア	約1700の医療・介護機関 （2020ヒアリングより）	米国で約500箇所のナーシング ホーム及びアシステッドリビング施 設を運営。（2018）	施設数300箇所、高齢者居住ス ペース約3万7000ユニット。 （2018）	不明

図表 3-2-23 「(1-4)-②(株アルム)」の介護業務支援システムの競合比較

企業名		(1-4)-②アルム	IBM & 国立循環器病 研究センター	東芝 & 米ジョンズ・ ホプキンス大	(1-4)-②アルム	IBM & 国立循環器病 研究センター	東芝 & 米ジョンズ・ ホプキンス大	(1-4)-②アルム	TIS & 電気通信大学
サービス名		モニタリングAI「JoinCloud」 「Team Cloud」	（研究開発： 2017～）	（研究開発： 2019～）	認知症サポートAI	（研究開発： 2017～）	（研究開発： 2019～）	介護サポートAI 「Team」	（研究開発： 2020～）
コアコンピタンス		循環器疾患（脳卒中） の予測	心筋梗塞や脳卒中な どの循環器疾患	心臓病の発病リス クを予測	認知症の薬効評価	心筋梗塞や脳卒中な どの循環器疾患	心臓病の発病リス クを予測	BPSDの発症予測 と多職種連携	BPSDの発症予 測
主な 機能	循環器疾患 （脳卒中）	介護現場のモニター情報 をもとにリスク予測	病院電子カルテをも とにリスク予測	健康診断データを もとにリスク予測	-	-	-	-	-
	認知症の 薬効評価	-	-	-	○ 介護現場のモニター情報 をもとにリスク予測	○ 病院電子カルテを もとにリスク予測	○ 健康診断データを もとにリスク予測	-	-
	BPSDの 発症予測	-	-	-	-	-	-	○ 介護記録をもとに BPSD発症予測	○ ウェアラブル機器で 取得した 生体データによる BPSD発症予測
コスト		（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）
市場性	ビジネス形態	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	B2B2C	（研究開発段階）	（研究開発段階）	B2B2C	（研究開発段階）
	ターゲット	医療機器メーカ	（研究開発段階）	（研究開発段階）	製薬会社/ 医療機関（診療報酬）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	製薬会社/ 医療機関（診療 報酬）	（研究開発段階）
	市場獲得・シェア	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）	（研究開発段階）

会社名	サービス概要
(株)カナミックネットワーク 「カナミッククラウド」 (日本)	地域包括ケアを推進する医療・介護情報共有システムである。介護事業所をはじめ、地域包括支援センター、居宅介護支援事業所など、あらゆる介護業務をフルラインナップで支援する介護ソフトを提供している。介護記録から介護保険請求まで、書類のやりとりをカナミッククラウドで行うことができ、記録/計画作成/請求/情報共有が一通りで行える。全国の約 26,500 の事業所と、約 114,300 名に利用されている (2020 年 3 月時点、無料ユーザーを含む) <sup>64</sup> 。
ND ソフトウェア(株) 「ほのぼの NEXT」 (日本)	請求、業務支援、介護記録、計画作成、音声入力などをワンストップで一元管理が可能であり、事業所の業務にあわせた運用が可能である。帳票レイアウトを自由に編集・追加することができるため、煩雑な書類管理の一元化が可能である。事務作業の効率化のため、事業形態や利用シーンに合わせたタブレットや音声入力の実装もできる。47,600 を超える事業所 (2020 年 3 月末 ND ソフトウェア調べ) で利用されている <sup>65</sup> 。
(株)ワイズマン 「ワイズマン SP」 「MeLL+」 (日本)	介護施設・事業所様や、障がい者施設・事業所様の業務をサポートする「介護・福祉ソリューション」であり、ICT 化による業務の効率化や情報管理などを支援している。ケアプラン関連業務は、サービス計画作成業務、利用票・提供票、評価・モニタリング機能、相談関連、ケアマネ業務予定管理、介護保険給付管理、予防給付管理などができる。また、サービス事業所関連業務は、予定・実績管理機能、ケアプラン取込機能、個別援助計画作成機能、提供票取込機能、介護給付費請求機能、医療療養費請求機能、利用料請求機能などがある。44,000 件以上※の実績がある (2020 年 1 月現在) <sup>66</sup> 。
(株)エス・エム・エス 「カイボケ」 (日本)	介護事業所が導入する介護ソフトとして、居宅介護支援や通所介護サービスなど、サービス区分ごとに適した内容のものが用意され、それぞれ請求業務や経費関連、情報管理、便利機能などの多くの機能を使うことができる。『カイボケ』は 331,00 事業所で利用されている <sup>67</sup> 。

会社名	概要
Genesis healthcare 「ナーシングホーム/ アシステッドリビング」 (米国)	米国のポストアキュートケア事業者である。高齢の患者が直面する医学的、身体的問題に焦点を当て、熟練した看護施設、援助/高齢者生活共同体、統合された、第三者によるリハビリ治療事業の従業員によって提供されている <sup>68</sup> 。
Holiday Retirement 「高齢者向け介護付施設 コミュニティ運営事業」 (米国)	1971 年に設立され、高齢者対象に独立した生活スタイルが過ごせることを目指している。隣人とのコミュニケーションがあつていコミュニティ形成や、入居者のために働くスタッフなどが日常生活の全ての世話をしてもらえることができる <sup>68</sup> 。
Korian SA 「老人ホーム/リハビリクリニック/ アシステッドリビング施設/ 在宅介護サービス」 (フランス)	老人ホーム、急性期後のリハビリテーションクリニック、アシステッドリビング施設、在宅介護サービスを運営している。同社の事業セグメントは、フランス、ドイツ、イタリア、ベルギーである。収益の大部分はフランスで計上されています。老人ホームでは、高齢者に長期的なケアと医療サポートを提供している <sup>68</sup> 。

<sup>64</sup> (株)カナミックネットワーク (<https://www.kanamic.net>)

<sup>65</sup> ND ソフトウェア(株) (<https://www.ndsoft.jp/product/next>)

<sup>66</sup> (株)ワイズマン (<https://www.wiseman.co.jp/welfare>)

<sup>67</sup> (株)エス・エム・エス (<https://ads.kaipoke.biz>)

<sup>68</sup> Crunchbase (<https://www.crunchbase.com/>)

■ 事業化に向けて必要な取組

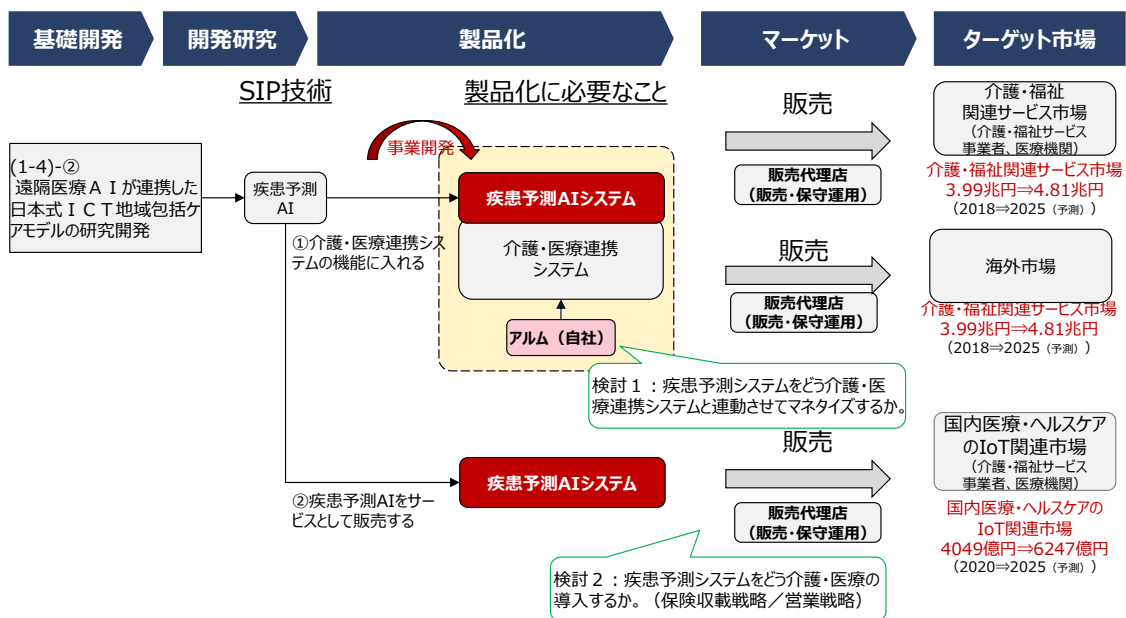
研究開発から、製品化、ターゲット市場までのバリューチェーンに位置付けて、「(1-4)-②(株)アルム」の事業化に向けた取組を整理した（図表 3-2-25）。

「(1-4)-②(株)アルム」において進めている疾患 AI システム技術を製品化・事業化していくためには 2 つの方向性が考えられる。1 つは、疾患予測 AI システムそのものを販売することである。主な販売先としては、保険会社や製薬会社が挙げられる。認知症の治療薬はいくつかあるが、こうした薬物療法のモニタリングや薬効評価では SIP サイバーで開発した AI システムが有用である。また、医療機器の領域であれば、時間をかけて保険収載戦略を進めていくことも考えられる。

事業化に向けたもう 1 つの方向性は、「(1-4)-②(株)アルム」自身が持つ介護・医療連携システム（地域包括ケアアプリ「Team」）に導入して、付加価値のあるサービスとして当該ソフトウェアを導入している介護事業所や医療機関に供給することである。この場合は非医療機器の形でサービス展開をする戦略もとりうる。

今後の事業化に向けた取組として、海外展開も期待できる。介護領域では、日本特有の状況として、介護計画、申し送り、介護看護記録のデータが大量にあり、それらに包括的にアクセスできる仕組みを有する国は日本だけである。そのため、医療・介護に関するデータの仕組みと、それらに関連するサービスをあわせて、競合優位性の高いサービスとして海外展開していくことができる。

図表 3-2-24 「(1-4)-②(株)アルム」：事業化に向けた取組



### 3.2.6 (1-4)-③排泄情報を基軸とした介護業務の最適化及びケアの質向上実現システムの開発 (株)aba

#### ■ターゲット市場

SIP サイバーの「(1-4)-③(株)aba」では、介護現場において排泄情報を取得できる排泄センサーを基軸とした介護業務支援システムを開発している（図表 3-2-26）。排泄センサーが自動取得した排泄情報を、飲食記録や服薬情報と結びつけて、食事内容や投薬内容の見直しに役立たせる。その他既存の介護情報の有益化も図り、介護未経験者でも適時的確な介護が行える支援システムの構築を目指している。

開発している製品・サービスは4点ある。1つ目は、排泄センサーの製品化である。センサーは座布団型をしており、底に排泄センサーが埋め込まれており、排泄検知が可能である。これまで(株)abaの従来製品を電源駆動から電源駆動にすることでセンサーの小型化（ポータブル化）を実現した。

2つ目は、介護事業所向けの業務支援システムで、介護業務のPDCAサイクルを回すことで、業務改善をすることを目的としている。具体的には、①行動解析（画像）、②行動解析（音声、センサー類）、③スケジュール管理、④生活スケジュール管理、の4点の機能を有している。


3つ目は、「要介護者スケジュール」の自動生成システムである。システム開発として、データ収集・クレンジング作業を実施している。同時にある程度得られたデータから相関を調べており、排泄量と食事量などのデータ間で相関性がないか検証している。

4つ目は、介護業務スケジュール自動生成システムである。介護職員のシフト管理表と利用者の24シート（生活パターン）から業務スケジュールを自動生成できるシステムを構築している。業務スケジュールの制約条件、インプット、アウトプットからアルゴリズムを検討し、システムを実装している。

本採択テーマのターゲット市場は、介護業務システム、排泄ケアに関する機器である。介護の業務支援システムは、施設系・通所系・居住系・多機能系サービスについて、事業所全般の業務を支援するソフトウェアである。多くの事業所で介護の業務支援システムは導入されているが、「(1-4)-③(株)aba」では業務効率化や業務支援の分析・コンサルティングに関する機能を開発している。排泄ケアに関する機器としては、BtoBの介護事業所向けの市場と、BtoCで個人向けの市場がある。



図表 3-2-25 「(1-4)-③(株)aba」のターゲット市場

	ターゲット市場	内容	ベンチマーク企業
株式会社 aba 	介護業務システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設系・通所系・居住系・多機能系サービスについて、事業所全般の業務を支援するソフトウェア。</li> <li>医療連携しているソフトウェアも多い。</li> </ul>	(株)カナミックネットワーク NDソフトウェア(株) (株)ワイズマン (株)エス・エム・エス Genesis Healthcare (米国) Brookdale Senior Living (米国) Kindred Healthcare (米国) Ensign Group (米国) Amedisys (米国) Four Seasons Health Care (英国) BUPA Care Homes (英国) Korian (フランス) Orpea (フランス) Pro Seniore (ドイツ)
	排泄ケアに関する機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウェアラブルで排泄情報を検知する機器。</li> <li>介護負担軽減型機器システムの市場全体の規模は600億円程度(2019年)。</li> </ul>	トリプル・ダブルユー・ジャパン(株) 新東工業(株)

### ■ 競合比較

「(1-4)-③(株)aba」が開発している排泄センサーと介護業務支援システムについて、関連する企業との競合比較の結果を示す(図表 3-1-27)。

比較項目は、「(1-4)-③(株)aba」が開発している主要機能とした。これらの主要機能は大きく 3 つに分けられる。1 つ目は主に介護業務支援の機能であり、「介護シフト作成システム」、「生活スケジュール作成」、「業務スケジュール作成システム」、「業務スケジュール記録システム」を比較した。2 つ目は介護モニタリングの機能であり、「介護者業務見える化システム」、「要介護者見守るシステム」、「排便検知システム」を比較した。3 つ目はその他の機能として、「決済システム」の有無を比較した。

競合比較の結果より、「(1-4)-③(株)aba」が開発している製品は、介護業務のモニタリングをして業務効率化を進める IT システムという立ち位置であることがわかる。介護決済システムも含む介護業務支援の IT システムはすでに多くの製品化されたサービスがあり、市場シェアも獲得している。そのため、介護業務支援のソフトウェアとして上市して、新たに顧客獲得していくことは難しい。類似するサービスとしては、HitomeQ ケアサポートがあり、「(1-4)-③(株)aba」が狙うターゲット領域の競合企業である。HitomeQ ケアサポートでは室内カメラやバイタルデータのモニタリングによって、介護事業所や在宅介護に関する業務効率化やモニタリングを行うコンサルティングサービスを実施している。ただ、市場としてはまだ成熟していない領域であり、新たな市場を作り上げて収益化していくビジネス戦略が求められる。

「(1-4)-③(株)aba」の排泄センサーの技術優位性は、尿と便の両方が検知可能であることと、尿便検知が非接触であることであり、他の排泄センサーにはない強みを持っている。他社製品として皮膚に直接装着するタイプやおむつ等に装着するタイプの排泄センサーがある。現在はいくつかの製品が限定して販売されているが、排泄センサーとしての市場はまだ確立されていない状態である。

図表 3-2-26 「(1-4)-③(株)aba」の介護業務支援システム（日本）の競合比較

企業名	(1-4)-③aba	NDソフトウェア株式会社	株式会社ワイズマン	株式会社エス・エム・エス	コナミタQOLソリューションズ株式会社	トリプル・ダグリー・ジャパン株式会社	新東工業株式会社	
サービス名	未定 (介護業務支援のトータルソリューション)	ほのぼのNEXT (介護業務支援のトータルソリューション)	ワイズマンSP	カイボケ	HitomeQ ケアサポート	DFree-U1P	Aiserv (アイサーブ)	
コアコンピタンス	非侵襲の尿便漏れ可能なマットを軸にした介護業務支援のトータルソリューション	全事業種別に対応した介護業務支援のトータルソリューション	医療と介護が連携したトータルソリューション	低価格で導入しやすい介護のトータルソリューション	介護現場の業務効率化を支援するトータルソリューション	排泄検知システム (皮膚への装着タイプ)	排泄検知システム (おむつ等の装着タイプ)	
主要な機能	介護ソフト作成システム	開発中	○	○	○	-	-	
	生活スケジュール作成システム	開発中	○	○	○	-	-	
	業務スケジュール作成システム	開発中	○	○	○	-	-	
	業務スケジュール記録システム	開発中	○	○	○	-	-	
	介護者業務見える化システム	センサ情報を基に、介護者の業務を可視化し、問題検出、改善するシステム (開発中)	-	-	-	○ (サービス提供済)	-	-
	要介護者見守りシステム	センサ情報を基に、要介護者の行動パターンを見える化するシステム (開発中)	○ ベドセンサー (呼吸数、心拍数、睡眠の深さ検知)	-	-	○ (サービス提供済)	-	-
	排便検知システム	○ 非接触のマットが匂いから尿と便を検知	-	-	-	-	○ 超音波センサーで膀胱の尿を検知するIoTデバイス	○ 排泄のニオイをガス検知センサーで検知するIoTデバイス
介護決済システム	-	○ (介護報酬改定対応)	○ (請求業務、給与経費支払等)	○ (請求業務、給与経費支払等)	-	-	-	
その他②	-	-	-	○ 営業支援、開業支援、経営管理等	○ 業務効率化のコンサルティングサービス実施	○ 起き上がり通知、夜間転倒防止、排泄ケア記録、ケア記録分析	○ 移動中でも検知可能	
コスト	未定	デバイス施設向け価格 5年リース：1024,920円～ ～ 参考：月額17,082円～ (5年間のソフトウェア使用権購入)	非公開 (5年間の使用権)	通所介護・通所リハ・訪問介護・訪問看護 月額 25,000円 サ高住・放課後等デイ 月額 15,000円 その他（訪問リハ等） 月額 5,000円	（3年間の使用権）	個人用価格 本体：54,868円、Pad5枚： 4,378円 法人契約 6か月：9万円～、3年：30万円～	非公開	
市場性	ビジネス形態	B2B2C	B2B2C	B2B2C	B2B2C	B2B	B2C、B2B2C	B2B
	ターゲット	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス	介護施設、居宅介護支援、居宅サービス
	市場獲得・シェア	実証中	導入：67,800事業所 (シェア1位) (2021年時点、HPより)	導入：44,000事業所 (シェア2位) (2021年時点、HPより)	導入：33,100事業所 (シェア3位) (2021年4月時点、HPより)	サービス展開中：体験型デモユーザー会を実施して営業実施	累計使用台数：3000台 (2020年7月時点)	非公開 (2021年1月販売開始)

会社名	サービス概要
(株)カナミックネットワーク 「カナミッククラウド」 (日本)	地域包括ケアを推進する医療・介護情報共有システムである。介護事業所をはじめ、地域包括支援センター、居宅介護支援事業所など、あらゆる介護業務をフルラインナップで支援する介護ソフトを提供している。 介護記録から介護保険請求まで、書類のやりとりをカナミッククラウドで行うことができ、記録/計画作成/請求/情報共有が一気通貫で行える。全国の約 26,500 の事業所と、約 114,300 名に利用されています（2020年3月時点、無料ユーザーを含む） <sup>69</sup> 。
NDソフトウェア(株) 「ほのぼのNEXT」 (日本)	請求、業務支援、介護記録、計画作成、音声入力などをワンストップで一元管理が可能であり、事業所の業務にあわせた運用が可能である。帳票レイアウトを自由に編集・追加することができるため、煩雑な書類管理の一元化が可能である。事務作業の効率化のため、事業形態や利用シーンに合わせたタブレットや音声入力の実装もできる。47,600 を超える事業所（2020年3月末NDソフトウェア調べ）で利用されている <sup>68</sup> 。
(株)ワイズマン 「ワイズマン SP」 「MeLL+」 (日本)	介護施設・事業所様や、障がい者施設・事業所様の業務をサポートする「介護・福祉ソリューション」であり、ICT化による業務の効率化や情報管理などを支援している。ケアプラン関連業務は、サービス計画作成業務、利用票・提供票、評価・モニタリング機能、相談関連、ケアマネ業務予定管理、介護保険給付管理、予防給付管理などができる。また、サービス事業所関連業務は、予定・実績管理機能、ケアプラン取込機能、個別援助計画作成機能、提供票取込機能、介護給付費請求機能、医療療養費請求機能、利用料請求機能などがある。44,000 件以上※の実績がある（2020年1月現在） <sup>68</sup> 。
(株)エス・エム・エス 「カイボケ」 (日本)	介護事業所が導入する介護ソフトとして、居宅介護支援や通所介護サービスなど、サービス区分ごとに適した内容のものが用意され、それぞれ請求業務や経費関連、情報管理、便利機能などの多くの機能を使うことができる。『カイボケ』は 331,00 事業所で利用されている <sup>70</sup> 。

<sup>69</sup> かながわ福祉サービス振興会 HP

<sup>70</sup> カイボケ HP

■ 事業化に向けて必要な取組

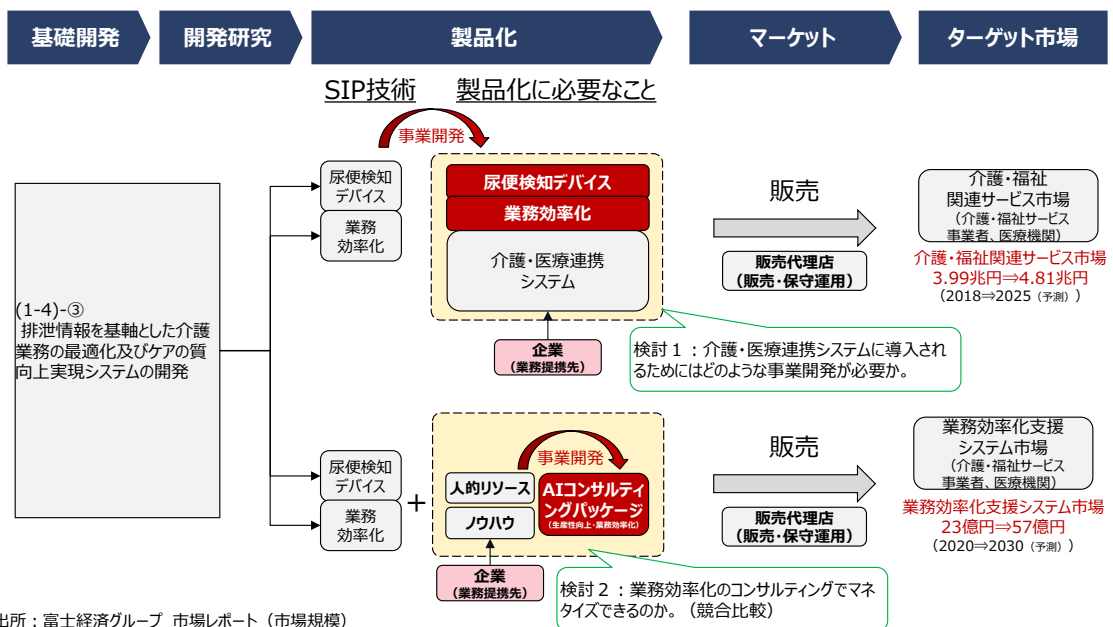
研究開発から、製品化、ターゲット市場までのバリューチェーンに位置付けて、「(1-4)-③(株)aba」の事業化に向けた取組を整理した（図表 3-1-28）。

「(1-4)-③(株)aba」が開発している介護業務支援システムを製品化・事業化していくためには 2 つの方向性が考えられる。1 つは、介護・医療連携システムを持つ他社と事業提携して、「(1-4)-③(株)aba」のシステムを他社システムに導入して販売することである。その場合は、「(1-4)-③(株)aba」の開発した機能は、協業先の介護業務支援システムの追加機能の位置づけになる。よって、協業先候補に対して、介護現場のモニタリングをしながら業務支援を行うことで、人件費削減やサービスの高付加価値化につながることを示す必要があり、実証実験等を重ねて付加価値のエビデンスが得る取組が求められる。

事業化に向けたもう 1 つの方向性は、「(1-4)-③(株)aba」が業務効率化を行うコンサルティング事業を行うことである。これをマネタイズしていくためには、業務改善のコンサルティングをする上での人的リソースやノウハウが必要である。これは先述した HitomeQ ケアサポートのビジネスモデルに近い。

今後の事業化に向けた取組として、「(1-4)-③(株)aba」の持つ強みをもとに、競合優位性の発揮できるビジネス領域を見定めて、製品・サービスをできるだけ早く完成させることが重要である。現状のマネタイズ方法としては、1) 排泄センサー、2) 業務効率化コンサルティング、3) 介護業務支援システムとあるが、どの領域で勝ち筋があるかを見極める必要がある。

図表 3-2-27 「(1-4)-③(株)aba」：事業化に向けた取組



## 第4章 AI の社会実装課題に関する調査

### 4.1 AI 技術の社会実装課題の分類・事例の分析

#### 4.1.1 概要

民間の領域で発展を遂げてきた AI 技術はプラットフォームの台頭や適用分野の広がり、社会課題の解決への応用などを通じて大きな影響力を持つ技術領域となっている。そのため世界各国の政府は技術開発や産業への適用を通じた社会実装を戦略的に進めるべく AI 戦略やガバナンスの整備を進めてきた。AI 戦略は各国の社会課題や産業的な特徴、研究の強みなどが反映されたものとなっており、それぞれが異なる特徴を持っている。また直近では AI の社会実装によって生まれた新たな課題に対応するために、政府レベルで倫理規定やガイドラインの整備も行われている。これらの課題はデータの独占やプライバシー保護、新たな犯罪への対応などを含み、AI 分野は産業として強化・育成されるフェーズを超え、法整備による規制も始まっている。

本項では日本、米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、中国、インド、イスラエル、シンガポール、オーストラリア、欧州連合、OECD の AI 戦略策定状況やその特徴、課題について横断的に分析を行った。各国の社会実装状況の比較には既存統計を用い、国ごとに課題を考察し、諸外国と比較した日本の相対的な強み、弱みを明らかにした。また、各国の社会実装事例を倫理、法的、社会的課題の面と領域ごとの分類で収集し、分析した。

#### 4.1.2 社会実装状況比較のための考え方

社会実装状況の定量的評価にあたり、諸外国と日本について同じ指標で比較するために評価指標の選定を行った。（図表 4-1-1）選定基準として、①政府の AI 社会実装状況を多面的に評価できる項目を有すること、②対象国の網羅性があること、の 2 つとした。複数の既存の評価指標を比較した結果、10 の項目と 33 の調査結果を元に計算され、172 か国について集計が存在する既存統計である Oxford Insights : AI Readiness Index 2020（以降、AI 準備指標と呼ぶ）を各国比較の指標として用いる。

図表 4-1-1 評価指標の比較

指標名	詳細
Government AI Readiness Index 2020 <sup>71</sup>	発行者：Oxford Insights 特徴：政府の AI 社会実装度合いが 10 の指標で多面的に評価されている。172 か国の集計あり。 留意点：論文数、特許数など研究活動に関する指標の重みづけが弱い。
The AI Readiness Model <sup>72</sup>	発行者：Intel

<sup>71</sup> Oxford Insight「Government AI Readiness Index 2020」

<sup>72</sup> Intel「The AI Readiness Model」

	特徴：主に企業の AI Readiness を測るものである。 留意点：政府の取組評価への適用が難しい。
AI 活用戦略～AI-Ready な社会の実現に向けて～ <sup>73</sup>	発行者：一般社団法人 日本経済団体連合会 特徴：企業、個人、社会制度と 3 領域にそれぞれガイドラインが策定されている。 留意点：定性的な基準が多く、定量的な比較に向かない。
AI readiness for government <sup>74</sup>	発行者：Delloite 特徴：政府の AI 社会実装度合いが 6 の指標で多面的に評価されている。 留意点：国別の集計がなされていない。
How We Measure AI Readiness <sup>75</sup>	発行者：GSA, The Artificial Intelligence (AI) CoE 特徴：公的組織の AI Readiness を測るものである。 留意点：指標に定性的なものがあり、国別の集計がなされていない。
Artificial Intelligence Benchmark <sup>76</sup>	発行者：Capgemini Consulting 特徴：政府の AI 社会実装度合いが 3 の指標で多面的に評価されている。35 か国の集計もあり。 留意点：集計対象国の網羅性に欠ける。

#### 4.1.3 各国比較

ここでは日本、米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、中国、インド、イスラエル、シンガポール、オーストラリア、欧州連合、OECD の AI 戦略策定状況やその特徴、課題について横断的な評価指標である AI 準備指標とともに説明を行う。

##### (1) 日本

日本政府は各国と比較して早期に人工知能技術戦略や AI 戦略を通して、教育や研究開発、倫理など各分野での AI 利活用について具体的な目標を示している。例えば 2019 年に策定された「AI 戦略 2019」のフォローアップを受けた新たな AI 戦略の策定が検討されている。研究開発プログラムとしては内閣府が主導する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において、基礎研究から実用化・事業化までを見据えた取組を推進しており、AI 技術が社会に浸透していく上で、人と AI の協働を目指すヒューマン・インタラクション技術を重要分野の一つに位置付けている。また日本が従来から強みを持つものづくり分野など実世界との融合を目指す、いわゆるサイバー・フィジカル・システム（Cyber Physical Systems : CPS）への AI 技術の適用が特徴となっている。日本では先述した戦略を掲げる一方で、人材不足や政府自体のデジタル化が進んでおらず、それらが AI の社会実装を阻む一因となっている。

<sup>73</sup> 日本経済団体連合会「AI 活用戦略～AI-Ready な社会の実現に向けて～」

<sup>74</sup> Delloite「AI readiness for government」

<sup>75</sup> GSA「How We Measure AI Readiness」

<sup>76</sup> Capgemini Consulting「Artificial Intelligence Benchmark」

## ○AI 戦略・ガイドライン

### 「人工知能技術戦略」<sup>77</sup>

- ・ 2017 年に人工知能技術戦略会議にて「人工知能技術戦略」が取りまとめられた。
- ・ ロードマップにおいては下記の 3 つのフェーズでの AI 利活用を想定する。
  1. 各領域において、データ駆動型の AI 利活用が進む
  2. 個別の領域の枠を越えて、AI、データの一般利用が進む
  3. 各領域が複合的につながり合い、エコシステムが構築される
- ・ 産業化ロードマップでは「生産性」、「健康、医療・介護」、「空間の移動」の各分野について、目指すべき社会像とその実現に向けたフェーズごとの産業化のイメージを取りまとめている。

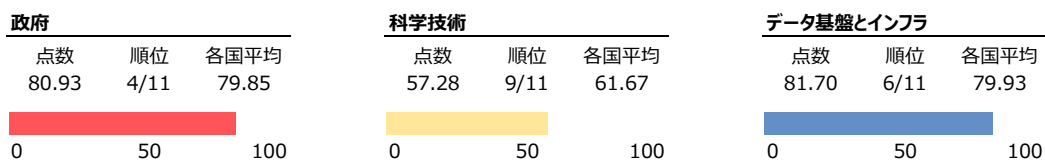
### 「人間中心の A I 社会原則」<sup>78</sup>

- ・ 2019 年に AI の発展に伴って、我が国が目指すべき社会の姿、多国間の枠組み、国や地方の行政府が目指すべき方向を示す「人間中心の A I 社会原則」が取りまとめられた。
- ・ 基本理念として、①人間の尊厳が尊重される社会（Dignity）、②多様な背景を持つ人々が多様な幸せを追求できる社会（Diversity & Inclusion）、③持続性ある社会（Sustainability）が挙げられている。

### 「A I 戦略 2021」<sup>79</sup>

- ・ 「人間中心の A I 社会原則」の AI Ready な社会における、社会的枠組みに関する 7 つの AI 社会原則を国内で定着化を目指す。
- ・ ethics dumping の防止に向けた検討を含む、AI 社会原則に関する多国間の枠組みを構築する。
- ・ 責任ある AI やイノベーション等の推進に向け、GPAI におけるイニシアチブを発揮する。
- ・ AI 社会原則の実装に向けて、国内外の動向も見据えつつ、我が国の産業競争力の強化と、AI の社会受容の向上に資する規制、標準化、ガイドライン、監査等、我が国の AI ガバナンスの在り方を検討。

## ○AI 準備指標



<sup>77</sup> 内閣府「人工知能技術戦略」

<sup>78</sup> 内閣府「人間中心の A I 社会原則」

<sup>79</sup> 内閣府「A I 戦略 2021」

## ○課題

- ・ 評価指標では政府、データ基盤とインフラの2項目が対象国の平均より上回るものの、科学技術の項目で下回った。
- ・ 科学技術の構成指標のうち、「市場の成熟度」、「人材」の2指標が平均を大きく下回っており、各国と比較した際の課題となっている。

## (2) 米国

米国政府は今後も AI 産業のリーダーであり続けることを目指す中、AI 倫理に関しては OECD の原則策定や AI 評価方法論等の研究を進めている。特に国防高等研究計画局（DARPA）や米国国立科学財団（NSF）等における巨額な予算のプログラムを通じて研究開発を促進しており、その研究成果が民間企業によって社会実装されている。また GAFAM などのプラットフォーマーに代表されるような大手企業が巨額の研究開発を行っており、それら企業が高額な給与で世界中から人材を確保することで、より高度な研究開発が推進されるという正のループの中で AI 分野における世界的な競争力ではトップの座にある。課題としては、社会実装が進んだことによって AI による判断の良否への疑問やプライバシー保護の議論が目立っており州単位で AI 技術を規制する動きも見られる。

## ○AI 戦略・ガイドライン

### 「the American AI Initiative」<sup>80</sup>

- ・ 米国の AI に係る戦略の考え方であり、2019 年 2 月に大統領令（Executive Order 13859）として承認された。
- ・ AI の開発が米国の繁栄、国家及び経済の安全、生活水準の向上に寄与することを期待し、そのために連邦政府のリソースを投下していくことをメッセージとしている。
- ・ 5 つの柱として「AI 研究開発への投資」「AI 資源の開放」「AI ガバナンス基準の設定」「AI 労働力の構築」「国際的な関与と AI の優位性の保護」を定めている。
- ・ イノベーションを促進するために取り除くことができる障壁を模索し、規制的・非規制的のアプローチを進めている。
- ・ 高品質で完全に追跡可能な連邦政府のデータモデルおよびコンピューティングリソースへのアクセスを強化して AI R&D のリソースの価値を高めながら、適用される法律およびポリシーに準拠した安全性、セキュリティ、プライバシーおよび機密保護を推進している。

### 「最終報告書」<sup>81</sup>

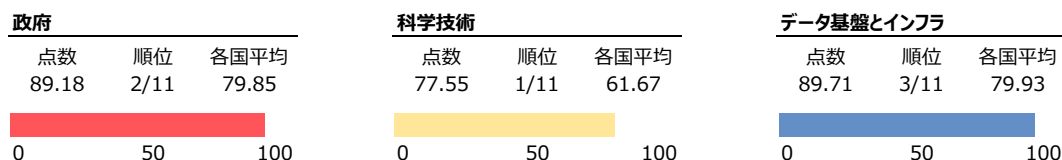
- ・ AI に関する国家安全保障委員会（NSCAI）は他国の AI 投資が米国の軍事面での優位性を揺るがしかねない問題であると捉えており、国家安全保障の重要なコンポーネントとして AI を含む

<sup>80</sup> The White House 「the American AI Initiative」

<sup>81</sup> National Security Commission on Artificial Intelligence 「Final Report」

先進技術への投資が必要であると考えている。

### ○AI 準備指標



### ○課題

- ・ 差別が大きな問題となる米国では AI が人種的・性的に問題ある偏向を反映させる可能性が問題となっている。連邦取引委員会は、2021 年 4 月に偏りのある AI の利用が、連邦取引委員会法、公正信用報告法及び財政支援機会均等法に違反する可能性があるとして、このような AI を使わないよう具体的な警告を発している。

#### (3) カナダ

カナダ政府は世界に先駆けて、「Pan Canadian AI Strategy」と呼ばれる国家的な AI 戦略を策定し、基礎研究を支援してきた。その成果もあり、多くのトップ研究者を輩出している。

### ○AI 戦略・ガイドライン

#### 「Pan Canadian AI Strategy」<sup>82</sup>

- ・ カナダは世界に先駆けて 2017 年に初めて国家として AI 戦略を策定した。
- ・ Pan Canadian AI Strategy はカナダの AI に係る戦略の考え方であり、CIFAR(カナダ先端研究機構)がその内容を取りまとめている。
- ・ 世界的な AI 研究の礎は政府による基礎研究への投資から形成される。
- ・ 政府が継続的な資金提供を通じて全体を支えており、機械学習に関する多くの進歩的な研究がカナダを起点として生まれている。
- ・ トロント大学のヒントン教授(ディープラーニングにおける世界的権威)をはじめとする多くの AI 研究の業界リーダーがカナダから輩出されている。

#### 「AICAN」<sup>83</sup>

- ・ カナダにおける AI の社会実装はヘルスケア分野がリードしている。
- ・ 2020 年 11 月、CIFAR は「AICAN」と題した最新の年次報告書を発表し、国家戦略の実施状況を公表した。

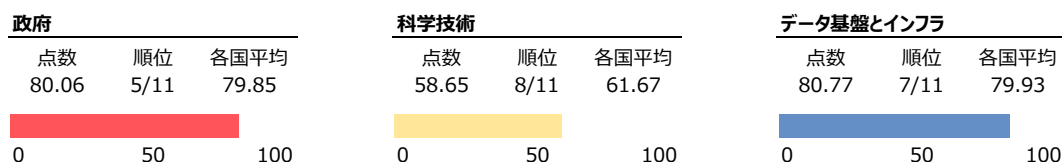
<sup>82</sup> CIFAR 「Pan Canadian AI Strategy」

<sup>83</sup> CIFAR 「AICAN」



- ・ この報告書では、カナダの AI エコシステムの大幅な成長や、ヘルスケアや AI の社会への影響など、戦略の成果に関連する研究・活動が取り上げられている。

### ○AI 準備指標



### ○課題

- ・ 多くのトップ人材を輩出する一方で、カナダ国内における実用化への展開を行う企業が比較的小規模であることが課題とされている。

#### (4) 英国

英国政府は 2030 年までに英国を世界最高のイノベーション国家とする目標に向けて AI 領域を重要課題の 1 つとして投資や人材等、5 つの観点での取組を計画している。

### ○AI 戦略・ガイドライン

「Industrial Strategy: building a Britain fit for the future」<sup>84</sup>

- ・ 2017 年 12 月、英国政府は経済成長を実現するための新たな産業戦略を発表。政府と産業界の間で業種別に生産性向上を図るセクター・ディールとしてライフサイエンス、建設、AI、自動車の 4 分野から開始することとしている。
- ・ AI およびデータ駆動型経済（AI & data-driven economy）の成長が 2030 年までに少なくとも英国に 232 億ポンド（約 3.4 兆円）の経済効果をもたらすものとして AI は英国が取り組むべき 4 つの重要課題「グランドチャレンジ」の一つに位置付けられている。

「AI Sector Deal」<sup>85</sup>

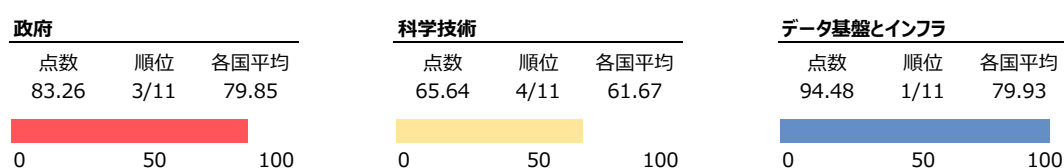
- ・ 2018 年 4 月には AI 分野を対象とした具体的な取組が公表された。
- ・ 英国を AI のグローバルリーダーとして位置付けることを目指し、国内および世界の優秀な人材や企業を呼び込み英国をイノベーションの中心地とするほか、民間からの投資も含め 10 億ポンド（約 1450 億円）以上の投資を目指す。
- ・ 5 つの観点で具体的な取組が掲げられた。

<sup>84</sup> Department for Business, Energy & Industrial Strategy 「Industrial Strategy: building a Britain fit for the future」

<sup>85</sup> Office for Artificial Intelligence 「AI Sector Deal」

- 「アイデア」：生産性向上に向けて民間および公共部門における AI 開発・導入へ多額の投資を行うほか、民間（海外等の AI トップ企業）からの投資を促進する。
- 「人材」：AI に関する高度な労働力を確保するとともに人材の多様性を高めるために、世界中の研究人材等の誘致、国内大学の AI 課程学生と教員に対する支援等を行う。
- 「インフラ」：AI に係るサービス開発の基盤となるデータインフラの整備や利用促進、公共部門のデータの公正・公平・安全のためのデータ共有フレームワークの構築、ブロードバンド・5G ネットワーク基盤の整備等を行う。
- 「ビジネス環境」：英国が AI ビジネスを行ううえで最適な地域となることを目的に、効果的な産業政策の実施に向けた評価・改善の体制構築(AI 委員会の設立等)や官民による投資の促進を進める。
- 「地域／コミュニティ」：英国各地にある技術クラスターの潜在能力を有効活用するために、地域の産業戦略を導入し、地方政府・地元企業・研究機関等の連携を促進し、AI 技術の開発・導入をローカルに実施できる地産地消のコミュニティを整備する。

## ○AI 準備指標



## ○課題

- ・ 英国では AI 利活用の法整備が進んでいないことから、政府内で既に使われている AI による意思決定システムの利用方法が不透明であるとの指摘がされている。

## (5) ドイツ

ドイツ政府は「AI Made in Germany」と呼ばれる戦略を発表し、研究大国として産業価値向上に AI を活用することを目指す。特にドイツの強みである産業分野への応用が目立つ。

## ○AI 戦略・ガイドライン

「AI Made in Germany」<sup>86</sup>

- ・ 2018 年に公開されたこの戦略の焦点は、ドイツを研究大国として確固たるものにし、産業の価値

<sup>86</sup> German Institute for Standardization et al. 「AI Made in Germany」

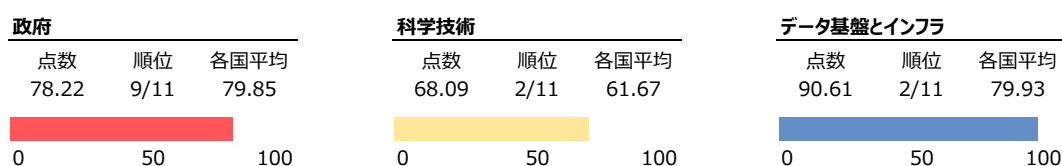
を強化することにある。

- 公共の利益を重視し、人々の生活や環境の改善に努めることが強調されている。
- 産業分野の活用においてはドイツの Industrie 4.0 の取組と整合を取り、国家の競争力の原動となっている中小企業が AI により便益を享受することを目指している。

#### 「mFUND」<sup>87</sup>

- 2016 年以降、連邦交通・デジタルインフラ省（BMVI）は、「mFUND」と呼ばれる研究イニシアチブで、モビリティ 4.0 のためのデジタルデータに基づくアプリケーションに関連する研究開発プロジェクトに資金を提供。
- mFUND は、企業やスタートアップだけでなく、研究機関も支援。助成対象者は、モビリティ、空間、気象データに基づいたデジタルビジネスのアイデアを開発する。
- mFUND は、2020 年までに総額 2 億ユーロ（約 260 億円）の資金を提供し、プロトタイプの開発までの長期的な支援のための 2 つの助成プロジェクトを実施した。

#### ○AI 準備指標



#### ○課題

- 2018 年の AI 政策で 100 もの研究ポストを創設したものの、2 つしか埋まっておらず、AI に関する人材不足が指摘されている。

#### (6) フランス

フランス政府は AI 分野においても主権性と戦略的自律性を保つべく AI 戦略を策定している。また人権分野への積極的な関与など倫理分野ではリードする立場を目指す。

#### ○AI 戦略・ガイドライン

##### 「AI for Humanity: French Strategy for Artificial Intelligence」<sup>88</sup>

- フランス大統領府は 2018 年の AI for Humanity を立ち上げ AI 戦略の検討を開始。
- 主なテーマとして、ビッグデータを活用した積極的なデータ政策の策定すること、医療、環境、輸送、防衛の 4 つの戦略分野を対象とすること、フランスの研究開発への取組を強化すること、AI の労働

<sup>87</sup> BMVI 「mFUND」

<sup>88</sup> French Digital Council 「AI for Humanity: French Strategy for Artificial Intelligence」

力への影響を計画すること、などである。

- ・ フランスでは欧州の一員としてデータ活用の分野で米国や中国に遅れを取っていることを課題として捉えており、主権性と戦略的自律性を保つために AI 戦略の策定の必要性を説いている。

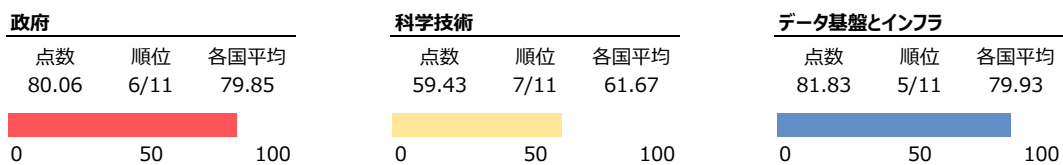
#### 「Inria による AI 戦略の調整」<sup>89</sup>

- ・ フランス国立デジタル科学研究所（Inria）は、国家 AI 戦略の調整において中心的な役割を担い、その進捗状況を毎年報告することとしている。

#### 「A Framework for Responsible Limits on Facial Recognition Use Case: Flow Management」<sup>90</sup>

- ・ AI と人権に関する分野への積極的な関与している。
- ・ World Economic Forum と共同し、顔認証と人権保護に関するフレームワークの策定に参加。
- ・ 2020 年にホワイトペーパーが発表され、フロー管理（顔認証による施設等への入退室管理）のユースケースを取り上げ、責任ある制限を提言。

#### ○AI 準備指標



#### ○課題

- ・ 今後 AI 人材の需要が高まることから AI に関わる人材育成が課題となっている。

#### (7) 中国

中国政府はトップダウンの AI 発展戦略と政策の下で AI 産業の急速な成長が見られる。中国は政府が政策的に国内の民間企業を強力に支援していること、各種規制による外資系企業の参入が困難であることから、AI 分野においても大きな存在感を有している。中国の特徴はプラットフォーム企業ごとに異なる技術分野に強みを持つことであり、戦略的に AI 研究開発が行われている。社会実装の面でも政府主体での全国的な監視カメラ網と画像解析システムの構築など AI 技術を政府が積極的に活用するなどして普及に努めている。一方で国際的な標準化活動や倫理面の整備はまだ進んでおらず課題となっている。

<sup>89</sup> Inria 「Inria による AI 戦略の調整」

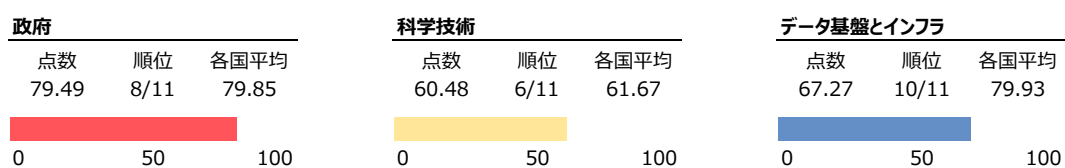
<sup>90</sup> WEF 「A Framework for Responsible Limits on Facial Recognition Use Case: Flow Management」

## ○AI 戦略・ガイドライン

### 「中国製造 2025」<sup>91</sup>

- ・ 2015 年国務院は製造業大国から製造強国へ転換する目標を掲げる中で AI 技術を先進国にキヤッチアップする鍵として見ており、イノベーションの促進を強調。
- ・ 国務院に属する科学技術部 国家開発改革委員会 工業・情報化部等が共同で AI 発展に関連する戦略・政策の策定。AI 関連研究開発における数十億ドルを投資する計画の公開により、活発な AI 発展環境を作り出す。
- ・ AI の全体的な急成長が見られる中、AI 産業形態の三つの層（基礎層 技術層 応用層）の成熟度は異なる。
- ・ 応用層と一部の技術層（音声・画像認識等）の進展がもたらす AI 市場の急成長。
  - 2017 年中国の AI 市場規模は 216.9 億元（約 3800 億円）に達成し、2015 年からの成長率は世界一高い 52.8%を示す。
  - EC やスマートシティ等の応用層に強みを持つ Alibaba、PingAn、Tencent 等や音声・画像認識の技術層で強みを持つ海康威視等の大企業が存在するほか、各多くの AI ベンチャー起業も盛んになっている。
- ・ 一部の技術層と基礎層は発展の途上にある。
  - 基礎層：基礎研究、製造設備、ハイエンドチップなどの分野で先進国と比べて後れを取っている。例えばハイエンドチップの技術開発と理論研究の成熟度が低く、中国企業の半導体チップの生産額は世界全体の 4%に過ぎない。
  - 技術層：基礎的なアルゴリズムモデル研究力が低く、米国の Facebook や Google のモデルを用いた応用が多い。

## ○AI 準備指標



## ○課題

- ・ AI 技術開発と産業への応用に注力してきたが、倫理面の政策は少ない。
- ・ AI 関連の研究は特許や技術に集中し、AI 倫理や法律の研究は比較的少ない。
- ・ 標準については、応用層の各領域の基準はバラつきが多く統一が難しい。

<sup>91</sup> 国務院「中国製造 2025」

## (8) インド

インド政府は従来からのデジタル分野での強みを活かし、AI 活用でも経済成長と倫理・プライバシー分野の研究を推進している。社会実装では特にヘルスケアやバイオテクノロジー分野での活用が進む。

### ○AI 戦略・ガイドライン

「National Strategy on Artificial Intelligence: #AIforAll」<sup>92</sup>

- ・ インド初の AI 戦略では注力する分野に農業、健康、教育を挙げる。
- ・ インドの戦略は、経済成長と、AI を活用して社会的包摂を高める方法の両方に焦点を当てており、また、AI に関する倫理、偏見、プライバシーなどの重要な問題を解決するための研究も推進している。
- ・ 戦略において注力する分野として、農業、健康、教育を挙げており、公共投資や政府のイニシアチブが必要な分野としている。

「INDIAai」<sup>93</sup>

- ・ 政府の AI 活用に向け、組織的な活動を開始。
- ・ 2019 年に電子情報技術省は、40 億インドルピー（約 60 億円）を割り当てて国家的な AI プログラム「INDIAai」を立ち上げるという独自の提案を発表。
- ・ 2019 年末に委員会を結成し、組織的な AI 政策を推進し、インドの AI ミッションを推進するための機能を担う。

「BIOLOGICAL DATA STORAGE, ACCESS AND SHARING POLICY OF INDIA」<sup>94</sup>

- ・ バイオテクノロジーのツールや手法を用いて作成したデータの共有に関するガイドラインを策定。
- ・ この文書では一般的な生物学的データに関する広範なガイドラインを提供するが、特に核酸配列やマイクロアレイ、生体分子構造、フローサイトメトリーによって生成されたデータなどにフォーカスしている。

### ○AI 準備指標

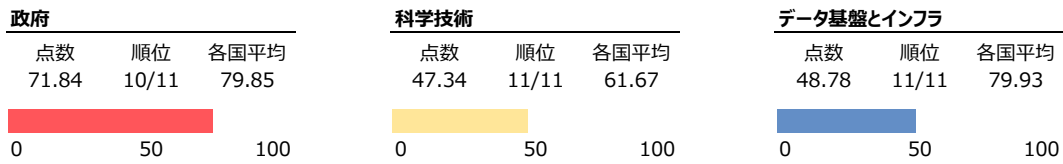
---

<sup>92</sup> National Institute for Transforming India 「National Strategy on Artificial Intelligence: #AIforAll」

<sup>93</sup> india.gov.in 「INDIAai」

<sup>94</sup> Department of Biotechnology  
Ministry of Science & Technology

Government of India 「BIOLOGICAL DATA STORAGE, ACCESS AND SHARING POLICY OF INDIA」



### ○課題

- ・ 農村部と都市部、男女間のデジタル分野へのアクセスの格差がありデータ自体が断片的であること、のデータセットの自体の信頼性が担保できないことが課題とされている。
- ・ データプライバシーの問題も指摘されている。既存の情報管理の草案では、インフォームド・コンセントの考えに基づいているが、多くの国民の識字率や教育レベルが低いことを考えると、十分であると言えない。

### (9) イスラエル

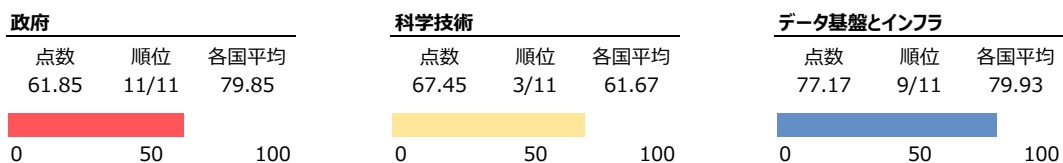
イスラエル政府は AI における革新的なスタートアップ創出や人材育成に成功する一方で、国家による AI 活用は世界に遅れを取っている。省庁横断の検討会を編成し、同分野でも追い上げを図る。

### ○AI 戦略・ガイドライン

「AI STRATEGY GOVERNMENTAL TEAM」<sup>95</sup>

- ・ イスラエルは、50 億 NIS（約 15.5 億円）の予算で 5 年間の国家 AI プログラムを立ち上げることを決定。
- ・ 科学技術省や国防省による省庁横断的なプログラムとなる予定。
- ・ イスラエルは AI 準備指標で 20 位に位置するなど政府による AI 活用で世界に遅れを取っていることが課題意識へと繋がっている。
- ・ 米国の JAIC がホストする軍事領域における AI 倫理に関する国際会議に出席するなど、国家安全保障に関して AI 利用を推進している。

### ○AI 準備指標



### ○課題

- ・ 法整備や指針については検討が進んでいるものの、いまだ制定が進んでいない。

<sup>95</sup>Prime Ministers office et al. 「AI STRATEGY GOVERNMENTAL TEAM」

- ・ 政権交代など政治的な混乱が続き、AI ガバナンス領域への継続的な予算が付かないことが課題となっている。

#### (10) シンガポール

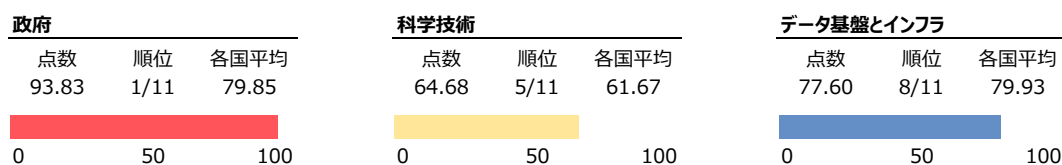
シンガポール政府は国の競争優位性や立ち位置を踏まえ、デジタル経済の先導役を目指し、そのためには AI 倫理の環境整備が不可欠としている。

#### ○AI 戦略・ガイドライン

「Discussion Paper on Artificial Intelligence (AI) and Personal Data」<sup>96</sup>

- ・ 従来からの競争優位として成熟度の高いインフラ、教育レベルの高い経験豊富な人材、安定的な政権を擁し、また東西の世界を繋げるアジアの金融の中心地として位置づけられる。
- ・ シンガポール政府は様々な産業におけるデジタル化施策に取り組み、それらの強みをデジタル領域に拡張していく。例えばフィンテックへの 2.25 億シンガポールドル（約 1,800 億円）の投資を通じて世界のデジタル金融センターの中心地となることを目指す。
- ・ シンガポールはフィンテックランキングで世界 1 位に評価されており、「世界において最もビジネスが行いやすい国」ランキングで 3 位として評価されたようにスタートアップシーンは成長し続け海外の優秀な人材を魅了する。
- ・ 限られた土地と人的資源の脅威を受けているシンガポールは常に危機感を抱え、80 年代のコンピューター革新等の波に乗り、成功を得てきた。
- ・ 現在のデジタル化の推進に伴い様々なテクノロジーを利活用し、新たな産業、市場と職種を創出することで上記制約の解消を図る。
- ・ その内 AI は金融、海運と製造業などの一連の産業を繋げ、革新する潜在性を持つとみている。

#### ○AI 準備指標



#### ○課題

- ・ 政府が公益に反すると判断した情報の拡散を防ぐための法規制と処罰（Protection from Online Falsehoods and Manipulation Act）が存在し、企業活動の自由が保障されていない点がネガティブに働く可能性がある。

<sup>96</sup> Personal Data Protection Commission 「Discussion Paper on Artificial Intelligence (AI) and Personal Data」



## (11) オーストラリア

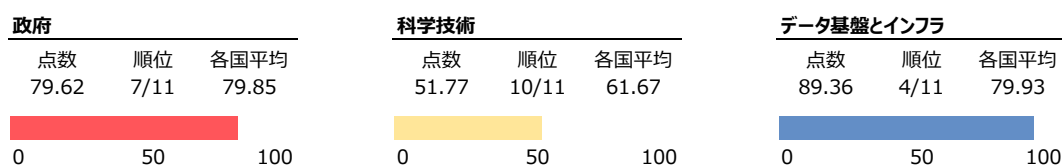
オーストラリア政府は先行する各国の AI 原則を参考に、AI のアクションプランを策定している。

### ○AI 戦略・ガイドライン

「Artificial Intelligence Roadmap/An AI Action Plan for all Australians」<sup>97</sup>

- ・ オーストラリア政府は CSIRO(国立科学省)と共同で 2019 年にロードマップを発表、その後、2020 年に国家的な AI 戦略を策定するためのフレームワークとして AI アクションプランに関するディスカッションペーパーを発表。
- ・ 具体的なケーススタディをベースに各原則への対応方法を示している。
- ・ 2018-19 年の予算で、政府は 4 年間で 2,990 万豪ドル（約 34 億円）を計上。
- ・ CSIRO は 2019 年に AI 倫理に関する公的な検討会を発足し、2021 年中に AI 戦略に関する資料の取りまとめを目指している。

### ○AI 準備指標



### ○課題

- ・ いかに関内での研究開発を促進し、人材育成を行うかが課題として挙げられている。

## (12) 欧州連合

EU は各国が協調し、最先端で倫理的かつ安全な AI の開発と展開で世界を先導することを目指している。

### ○AI 戦略・ガイドライン

「WHITE PAPER On Artificial Intelligence A European approach to excellence and trust」<sup>98</sup>

- ・ 欧州では人間の尊厳や基本的権利を重要視する AI 政策を発表している。
- ・ 欧州委員会が実施している広範なデジタルイニシアチブの枠組みの中で、ホワイトペーパーは、AI の

<sup>97</sup> Ministers for the Department of Industry, Science,

Energy and Resources/CSIRO 「Artificial Intelligence Roadmap/An AI Action Plan for all Australians」

<sup>98</sup> European Commission 「WHITE PAPER On Artificial Intelligence A European approach to excellence and trust」

人間的・倫理的意味合いに関する EU の協調的アプローチを推進。

- AI の定義を示すとともに、医療、セキュリティ、農業などさまざまな分野における AI の利点や技術的進歩を強調し、不透明な意思決定、男女不平等、差別、プライバシーの欠如などの潜在的なリスクを明らかにした。
- 欧州の AI 原則は、人間の尊厳やプライバシー保護など、価値観や基本的な権利に基づいていることが特徴。

#### 「Artificial Intelligence Act (AI 規制法案)」<sup>99</sup>

- 欧州委員会が 2021 年 4 月に公表した AI の包括的な規制案
  - リスクに応じて AI システムを 4 段階に分類したのが特徴であり、最も厳しい「受容できないリスク」の対象となる AI は使用が認められない。また、警察などによる公共空間でのリアルタイムの顔認証は原則禁止となる。
  - 2 番目に厳しい「高リスク」は重要インフラの安全に関わる AI や、企業が採用活動に使う AI などが該当する。AI を開発する企業は事前の適合性評価などを通じリスクを回避する義務を負う。規制対象には EU 域内の企業だけでなく、欧州で事業やサービスを手掛ける域外企業も含む。

#### 「Horizon Europe, Digital Europe」<sup>100</sup>

- 欧州は両プログラムを通じて AI 研究に年間 10 億ユーロ（約 1,300 億円）を投資することを計画している。
- また 10 年間で総額 200 億ユーロ（約 2.5 兆円）の投資額を達成するために、民間企業や加盟国からの追加投資を動員する。
- 復興基金からも 1,340 億ユーロ（約 17 兆円）をデジタル分野に利用する計画で、欧州が最先端の信頼できる AI (trustworthy AI) の開発において世界的なリーダーとなるべく大規模な投資を継続する予定である。

#### ○課題

- EU は AI システム（顔認証技術など）について厳しいリスク評価を課すとしており、技術の積極的な社会実装を阻害する恐れが指摘されている。

#### (13) OECD

OECD は各国の専門家による情報交換の場となっており、各国の指針となるような基準となる AI 原則を公表している。

---

<sup>99</sup> European Commission 「Artificial Intelligence Act」

<sup>100</sup> European Commission 「Horizon Europe, Digital Europe」

## ○AI 戦略・ガイドライン

「Recommendation of the Council on Artificial Intelligence」<sup>101</sup>

- ・ 2020 年 11 月に、デジタル経済政策委員会（Committee on Digital Economy Policy : CDEP）の AI セッションが開催され、ONE AI（OECD Network of Experts on AI（AI 専門家会合））の下に設置されている各ワーキンググループ（①AI の分類、②信頼性のある AI の実装、③政府への勧告の実装のためのプラクティカルガイダンス）の活動状況について、それぞれレポートに基づき報告がなされた。
- ・ OECD の取りまとめ結果は G20 で策定された G20 AI Principles で踏襲されているほか、米国もその内容を支持している。

## ○課題

- ・ OECD の性質上、法的な拘束力を持つことができないため、原則やガイドラインの提示に留まる。

### 4.1.4 社会実装状況比較のまとめ

図表 4-1-2 に各国の AI 戦略やガイドライン策定状況と課題について示す。各国の比較から AI 活用の先進国である米国や英国、カナダでは政府、州レベルや民間による AI 原則策定やルール作りの取組が見られた。その他の各国は AI 原則とそれぞれ特徴を持った分野において指針を示す動きが活発化している。

図表 4-1-2 各国の AI 戦略やガイドライン策定状況と課題の一覧

	AI 戦略やガイドラインの策定状況	課題
日本	AI 戦略を通じて各分野における具体的な AI 導入などの目標設定はされている。	AI 人材の不足や政府のデジタル化が不十分であることが課題である。
米国	AI 原則の策定が進み、社会実装課題から州レベルの規制まで踏み込んでいる。	社会実装が進んだことで、プライバシーや公正利用の問題が各地で発生。州によっては法整備による規制が進む。
カナダ	各国に先立ち AI 原則策定。基礎研究は活発だが民間での利活用は発展途上。	トップ人材を輩出するものの、出口としてそれら人材を活用する企業が育っていない。
英国	米中に次ぎ、AI の利活用が進む。政府による AI 活用にも積極的である。	政府内で AI の利用が進むが、その透明性や利用方法について多くの問題が発生し批判が集まる。
ドイツ	モビリティなど得意な産業分野において AI 活用を推進する。	AI 人材の不足が顕在化している。
フランス	EU と整合を取るように AI 倫理面での積極的な関与を表明している。	AI の需要が高まることから、人材育成が課題視されている。
中国	米国に並び AI 研究開発と社会実装が	倫理面も政策が少ないことや、規制面の

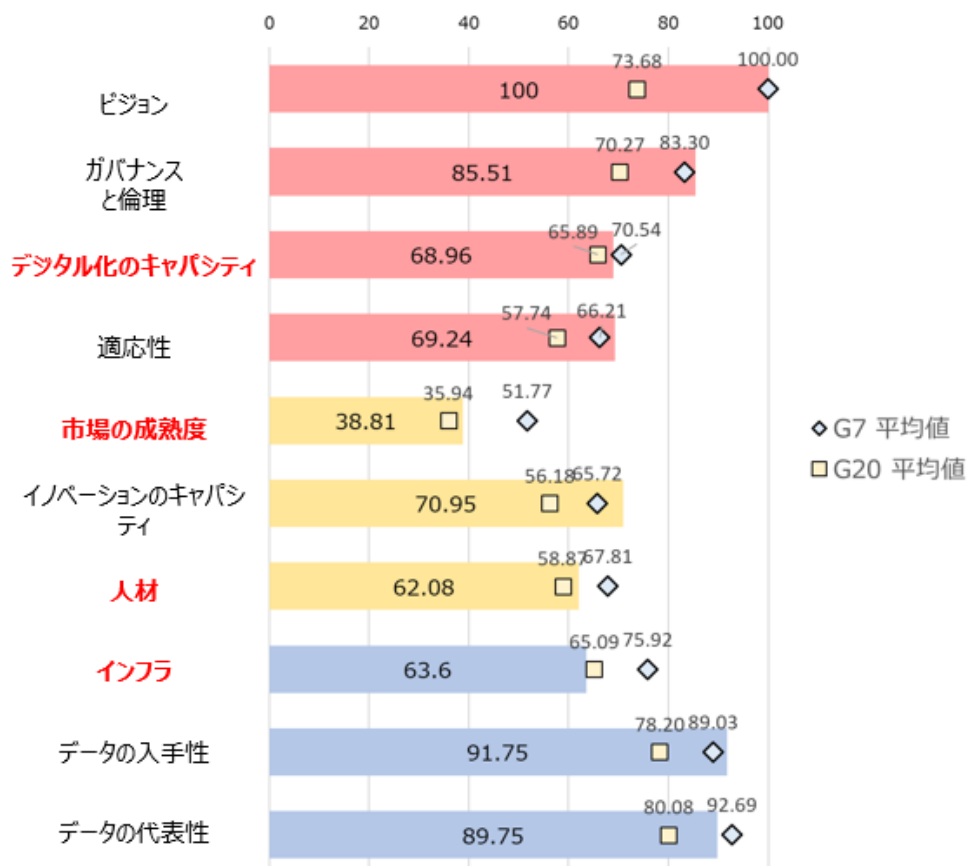
<sup>101</sup> Committee on Digital Economy Policy : CDEP 「Recommendation of the Council on Artificial Intelligence」

	進む。法整備に課題を持つ。	研究が少ない。
インド	デジタル分野での強みを活かし、AI 活用を推進する。	デジタル分野へのアクセス格差の存在や、プライバシー保護が不十分であると指摘されている。
イスラエル	民間レベルの研究開発が先行し、政府の AI 活用は発展途上。	指針策定に向け、継続的な国家予算が確保されていない。
シンガポール	政府による積極的な AI 活用とフィンテック分野で世界をリードする。	政府による情報監視が可能であり、企業活動への影響が指摘されている。
オーストラリア	各国の AI 原則を参考に関連ガイドラインの整備を進める。	研究開発の促進や人材育成が課題である。
欧州連合	域内各国と協調し、AI 倫理面でリーダーシップを維持することを目指す。	技術の利用に厳しい評価を課すとしており、社会実装を阻害する恐れが指摘されている。
OECD	各国の指針となるような基準となる AI 原則を公表している。	組織の性質上、拘束力を持たないため指針提示の場に留まる。

また、図表 4-1-3、4-1-4 にそれぞれ各国の AI 準備指標の各項目と日本の指標詳細を示す。日本は調査対象国の中で 6 位につける結果となった。指標の比較から日本の強みは「AI 戦略」や「人間中心の AI 社会原則」など政府としてのビジョンが示されている点であった。データの入手性やデータの代表性も各国の平均を上回る評価となっている。一方で、政府のデジタル化のキャパシティ（政府内でのデジタル化度合いやオンラインサービスへのアクセス）、市場の成熟度（ユニコーン企業数やテクノロジー企業の時価総額等）、人材、インフラの指標については各国平均を下回っており、日本の弱みであると言える。同様の傾向は G7 加盟国平均と比較した場合にも見られた。

図表 4-1-3 各国のAI 準備指標一覧

部門 国名	政府				科学技術			データ基盤、インフラ			総合点	順位
	ビジョン	ガバナンスと倫理	デジタル化の キャパシティ	適応性	市場の成熟度	イノベーションの キャパシティ	人材	インフラ	データの入手性	データの代表性		
米国	100.00	92.66	88.83	75.24	81.65	79.90	71.11	90.41	89.55	89.16	86.61	1
英国	100.00	89.48	75.95	67.59	57.24	66.46	73.23	91.36	98.69	93.38	81.44	2
ドイツ	100.00	63.04	78.62	71.22	56.02	74.63	73.61	86.80	88.77	96.27	78.56	3
シンガポール	100.00	91.58	93.82	89.91	44.95	68.70	80.39	65.66	83.50	83.65	77.44	4
フランス	100.00	85.65	66.77	67.80	50.67	61.47	66.14	61.00	89.21	95.19	73.01	5
日本	100.00	85.51	68.96	69.24	38.81	70.95	62.00	63.60	91.75	89.75	73.00	6
オーストラリア	100.00	86.44	64.56	67.46	27.62	61.99	65.09	83.95	90.15	93.97	72.92	7
カナダ	100.00	86.80	64.12	69.31	46.98	60.46	68.51	60.07	87.43	94.80	72.08	8
中国	100.00	85.58	77.67	54.69	59.99	59.57	61.88	69.75	57.93	74.14	69.71	9
イスラエル	50.00	60.89	72.12	64.38	46.79	87.10	68.46	64.73	79.26	87.53	67.95	10
インド	100.00	57.69	73.92	55.74	37.15	50.22	54.64	36.58	59.03	50.72	56.13	11
平均	95.45	80.48	75.03	68.42	49.81	67.40	67.79	70.36	83.21	86.23		



図表 4-1-4 各国の AI 準備指数と比較した日本の位置づけ

## 4.2 各国における AI 技術社会実装の個別事例分析

### 4.2.1 概要

本項では AI 技術の社会実装状況について個別事例を分析するため社会実装の成功事例・失敗事例について広く収集し分析を行った。事例の整理方針として、まず各国の社会実装事例を倫理、法的、社会的課題の面と領域ごとの分類で収集し、分析した。また実装状況については 2021 年直近のニュースリリースや記事をもとに事例を収集し、分析した。

#### (1) 中国：監視カメラによる監視社会の構築<sup>102</sup>

中国では 2005 年から全国的な監視カメラ網の構築が進んでいる。一部都市に導入を進める「科技強警モデル都市」を皮切りに治安維持を目的とした監視カメラ網「天網工程」の整備が進められた。その後、警察監視カメラ映像のネットワーク化、スマート化が行われ、画像認識技術により映像に何が映っているかを検索できるようになった。近年は取得した画像と顔認証技術等の AI 技術を組み合わせることで

<sup>102</sup> NewsWeek AI 監視国家・中国の語られざる側面：いつから、何の目的で？  
[https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2019/09/ai-48\\_1.php](https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2019/09/ai-48_1.php)

治安維持に役立っている。中国人にとっては監視社会が日常となっており、それに対するネガティブな反応より、治安維持への貢献などポジティブに捉えられている。

#### (2) インド：顔認証技術を活用した社会課題の解決<sup>103</sup>

インドの首都ニューデリーの警察は 2018 年に顔認識技術を使った捜査を試験的に実施した。人身売買等のために多くの児童が失踪するという社会課題を解決すべく、複数の児童養護施設にいる 4 万 5000 人の児童を対象に顔認識を実施し、その結果、2930 人の身元が特定されたという。一方で、顔認識技術の活用はプライバシー権利判決（2017 年インド最高裁）にも違反するという声もあがる。

#### (3) 中国：昏睡状態から回復する可能性を判断する AI システム<sup>104</sup>

中国では昏睡状態の患者の脳活動を分析するシステムが試験的に導入され、医師の診断では回復の可能性がかなり低かったにもかかわらず、患者が回復に向かうことを予測することに成功した。この AI は、過去のスキャン例を用いて微妙な脳活動やパターンを検出し、回復する可能性のある患者とそうでない患者を判断している。中国国内では、すでに 300 症例以上においてこのシステムが採用されており、尊厳死を含む深刻な医学的判断を助けるツールとして期待を集めている。ある患者は、人間の医師からは 23 点満点中 7 点と回復の可能性が低いと評価されたが、AI は 20 点以上の評価を与えた。その後、この患者は実際に回復した。

#### (4) 米国：AI を用いた裁判支援システム COMPAS における人種バイアス<sup>105</sup>

COMPAS は、どのような犯罪者が再犯する可能性が高いかを予測するのに使用される裁判官支援システムである。このシステムは 137 の調査項目に対する被告人の回答に基づいて、再犯の可能性を推定する。同システムは米国の 46 州で導入されており、裁判官の業務支援に用いられている。2016 年、非営利の報道機関である ProPublica は、フロリダ州における COMPAS の判断例 7,000 件を分析し、有罪判決を受けた被告人が再犯する特定の傾向を予測することができることを確認した。その一方で、アルゴリズムの予測が間違っていた場合、黒人と白人の被告人では結果に差が見られることを指摘した。ウィスコンシン州の最高裁は COMPAS の引き続きの使用を認めたものの、システムの限界に関する情報が明らかにならない限りはその使用をためらう、と表明した。

---

<sup>103</sup> IT MediaNews, “AI は民主主義をアップデートするのか？ 統治とテクノロジーの関係”

[https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2001/10/news032\\_4.html](https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2001/10/news032_4.html)

<sup>104</sup> ナゾロジー, “昏睡状態の患者が意識を取り戻すかどうかを判断する AI、90%まで精度を高めることに成功”

<https://nazology.net/archives/21247>

<sup>105</sup> medium, “Racial Bias and Gender Bias Examples in AI systems”

<https://medium.com/thoughts-and-reflections/racial-bias-and-gender-bias-examples-in-ai-systems-7211e4c166a1>

(5) 米国：AIによる教師評価モデルの不透明さ<sup>106</sup>

ヒューストンの学区では 2011~2015 年の間、独自に開発された AI システムを使って、教員のパフォーマンスを評価していた。このシステムは、生徒の試験結果から教師の影響力を評価するものであったが、その結果をもとに評価の低かった教師が解雇されていた。2017 年、教師の組合は、システムの使用について法廷で異議を唱えた。教師のパフォーマンスを評価するために使用されたモデルは、ソフトウェアの所有者によって開示できないとされたため、人間が内容を精査することはできず、判断の正当性が検証できなかった。裁判で、モデルの判断の不透明さは教師の市民権を侵害していると判断され、当学区はシステムの使用を取りやめた。

(6) オーストラリア：公開された匿名化データの個人情報復号<sup>107</sup>

メディアケア給付制度（MBS）データセットは、豪政府が data.gov.au（データセットを一般に公開するためのサイト）で公開したものの。このデータセットには、MBS が提供するサービスに関する情報（非識別情報）、サービスの提供場所、そして MBS が資金提供している各サービスの医療提供者番号と受給者番号が暗号化された状態で含まれていた。2016 年 9 月、メルボルン大学の研究者は、同データセットのセキュリティをテストし、公開された非識別化されたデータが別の公開データを用いて復号することが可能であると英連邦政府に警告した。このインシデントは、メディアの注目を集め、オーストラリア情報委員会（OAIC）の調査が行われ、その結果プライバシーに関する法律が改正される契機となった。

(7) 米国：AI チャットボットによる差別的なツイート公開<sup>108</sup>

2018 年、マイクロソフト社が公開した Twitter 用チャットボット Tay は、Twitter ユーザーとの対話を通じてコミュニケーションを学ぶようにプログラムされており、特に米国の若年層をターゲットにしていたが、公開から間もなく、一部の悪意あるユーザーからの攻撃で Tay は過激で攻撃的な性差別や人種差別のツイートをするようになってしまった。マイクロソフト社は 24 時間で Tay の実験を中止し、原因を分析した。その結果、Tay が Twitter 上の活発なリアルタイムの会話から学習する機能で偏見や攻撃的なデータをフィルタリングする機能が十分に開発されていなかったため、Tay は遭遇した差別的なコンテンツを反映した応答を処理、学習していたことが判明した。この事例から、これらの AI ではデータの入力を制御することに加えて、差別につながる可能性のある他の変数との相関性が高い入力への耐性についても考慮が必

---

<sup>106</sup> CHRON, “Houston ISD settles with union over controversial teacher evaluations”, <https://www.chron.com/news/houston-texas/education/article/Houston-ISD-settles-with-union-over-teacher-12267893.php>

<sup>107</sup> ZDnet, “Re-identification possible with Australian de-identified Medicare and PBS open data” <https://www.zdnet.com/article/re-identification-possible-with-australian-de-identified-medicare-and-pbs-open-data/>

<sup>108</sup> ITMediaNews, “Microsoft、人工知能 Tay の無作法を謝罪 「脆弱性を修正して再挑戦したい” <https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1603/26/news015.html>



要であることが明らかとなった。

#### (8) 米国：自動運転車による死亡事故<sup>109</sup>

米国のライドシェア最大手であるウーバーテクノロジーズ社の自動運転車が 2018 年に車道を渡っていた歩行者を時速約 64 キロではねて死亡させる事故をアリゾナ州で起こした。当時は運転席には自動運転システムの稼働状況を監督する「人」も同乗していた。この事故を受け、ウーバーテクノロジーズ社は北米 4 都市の公道での走行試験を中断したものの、その後、2018 年 12 月に実証実験を再開した。

この死亡事故は、自動運転において世界で初めて歩行者を死亡させた事故と位置付けられている。この事故でウーバーテクノロジーズ社と死亡した女性の遺族はその後和解したものの、自動運転の安全性に対する厳しい目も世論から向けられたと言える。ウーバーは自社の自動運転システム自体も自動ブレーキ機能を備えていることから、事故時はボルボの自動ブレーキ機能を無効にしていたことを明らかにしている。その理由については「車両の動作が不安定になることを防ぐため」と説明された。

#### (9) 米国：データ分析を用いた市民監視による犯罪予知<sup>110</sup>

米国のデータ分析企業である Palantir は、複数の警察組織にデータ分析ツールを提供していることが明となった。ニューオーリンズ市警察の例では、その収集された個人情報と人種バイアスが問題視され、2018 年に契約を停止している。一方で、ロサンゼルス市警察は現在も同ツールを利用しており、波紋を広げている。ロス市警の警官は、パランティアの法執行ツールを使用して、警察と接触した人の名前、住所、電話番号、ナンバープレート、友人関係、恋愛、仕事などをリストアップするように訓練されている

米国の情報公開法に基づいて公開された文書を分析した結果、パランティアのツールを利用した監視が逮捕された人、有罪判決を受けた人、または犯罪行為の疑いをかけられた人に限定されていないことを明らかになっている。これらのアルゴリズム駆動の予測警察システムは、データの中にあるバイアスを強化するフィードバックループを引き起こす危険性が指摘されてきた。研究によると、アルゴリズムに基づいた予測が犯罪を 2 倍予測し、現場で既存のベストプラクティスの 2 倍の犯罪を防止できることを実証したと説明したが、同時にツールが単にフィードバックループを引き起こし、その地域の真の犯罪率に関係なく、警官が特定の地域（通常は人種の少数派が多い地域）に繰り返し送られていることも明らかになっている。

#### (10) 英国：大学入試における評価自動算出アルゴリズム<sup>111</sup>

イギリスでは 2020 年、新型コロナウイルスによって中止となった大学統一試験に代わり、政府が評価自動算出アルゴリズムを採用した結果、学生の 40% 近くが成績を落とすことになった。政府は、このモデルには一部教師によって高めにつけられた可能性のある成績を修正し、成績評価をより公正なものにする

<sup>109</sup> 自動運転 Lab, “自動運転車の事故、海外・国内事例まとめ トヨタの e-Palette による接触事故も解説”

[https://jidounten-lab.com/y\\_1615](https://jidounten-lab.com/y_1615)

<sup>110</sup> Axion, “パランティア、ロス市警が市民監視に利用で波紋” <https://www.axion.zone/the-lapd-was-trained-to-use-palantir/>

<sup>111</sup> 東洋経済, “国民混乱！イギリス「AI が暴走」で大変なことに” <https://toyokeizai.net/articles/-/371179>

狙いがあった、と釈明した。このモデルの不透明さが多くの批判を浴び、政府は謝罪し、モデルが算出した成績を取り消した。

(11) 英国：ビザ審査への AI アルゴリズムの適用<sup>112</sup>

2020 年 8 月、イギリス政府はアルゴリズムを使ったビザ申請の審査を当面中止することを明らかにした。このアルゴリズムは内務省が 2015 年に導入したもので、技術の説明責任を求める団体 Foxglove と移民福祉協議会 (JCWI) が司法審査を求めたことを受けた措置である。両団体は、申請者のリスクが高いかどうかを判断する根拠として国籍が使われていることから、このツールが人種差別的だと主張している。政府は暫定的な審査システムに切り替え、再設計したアルゴリズムを 10 月末までに再導入している。

(12) 米国：自治体の法執行機関におけるアルゴリズム技術使用の是非<sup>113</sup>

米国の多くの地方自治体では、法執行機関による監視のためにアルゴリズム技術を使用することを禁止またはモラトリアムを制定している。現時点では、少なくとも 13 の地方自治体が、顔認識技術の使用を禁止している。これらの禁止事項は、一般的に法律で定められているが、多くの法律では、第三者が顔認識技術から得た情報など、禁止事項の限定的な除外事項が明記されている。

例えば、サンフランシスコでは、顔認識技術の使用を禁止する法案が、自治体の機関での使用にのみ適用され、連邦機関（港や空港など）での使用は除外されている。この法案により、これまで市議会や市民に知らされていなかった警察のシステムが使えなくなったが、その後、市当局が市から支給されたアップル社製の iPhone の「顔のロック解除」機能については使用することが認められるようになった。

これらの法律のほとんどは比較的最近のものであり、顔認識技術の使用に対する効果はまだ明確には確立されていないが、禁止の範囲、免除の有無に関する議論は多く行われている。

(13) 米国：技術監査による社会受容性の醸造<sup>114</sup>

Allegheny Family Screening Tool (AFST) は、ピッツバーグの Allegheny 郡が使用しているアルゴリズム・システムで、子どもが虐待の危険にさらされている状況を特定し、予測するためのものである。2019 年、スタンフォード大学の研究者によって、2016 年 12 月以降の AFST の実施状況を調査するために、AFST の技術監査（「インパクト評価」と呼ばれる）が行われた。この監査では、精度、精度の

---

<sup>112</sup> CNET Japan, “英国、ビザ審査の人種差別的アルゴリズムを変更へ”

<https://japan.cnet.com/article/35157740/>

<sup>113</sup> AI Now, “Algorithmic accountability for the public sector”

<https://www.opengovpartnership.org/wp-content/uploads/2021/08/algorithmic-accountability-public-sector.pdf>

<sup>114</sup> AI Now, “Algorithmic accountability for the public sector”

<https://www.opengovpartnership.org/wp-content/uploads/2021/08/algorithmic-accountability-public-sector.pdf>

格差、作業量、結果の一貫性などの指標にわたって、AFST のパフォーマンスが調査され、システムの導入によって児童福祉の紹介の精度が向上し、異なる人種や民族間のこれらの指標における格差が減少したことがわかった。

技術監査とプロセス評価は、監査と検査がシステムの技術的・組織的特徴について重要な可視性を提供できることを明らかにしたが、最終的にはそのような監査がどのようにして構築されるか、そしてシステムの影響を受けるコミュニティから信頼を得ることが出来るかが重要であることを示している。

#### (14) オランダ：システム調達における説明責任を含めた契約の試み<sup>115</sup>

オランダ・アムステルダム市は、2020年に「アルゴリズム・システムの公正な利用に関する自治体向け標準条項」(Standard Clauses for Municipalities for Fair Use of Algorithmic Systems)を公表し、採択した。この文書は、市の公共機関がシステムを調達する際に法的に義務付けられているもので、公共機関とシステムを提供する外部業者との間の契約条件を定めたものである。標準条項では、調達がサービス契約や開発契約によるものであるか、購入によるものであるかを問わず、あらゆるシステムの調達に従うべき条件を定めている。これらの条件には、バイアス、不正確さなどの回避を保証するための「データ品質」の審査、システムの使用または収集されたデータの権利は自治体にあることの確認、システムの法令遵守と正確性の保証に関する品質保証、システムの機能に関する透明性（システムの動作を自治体または外部監査機関に対して監査可能かつ説明可能にする義務を含む）、請負業者のリスク識別と管理に関する要件などが含まれている。

#### (15) 日本：駅構内の監視カメラによる刑務所出所者、仮出所者の検知<sup>116</sup>

主要駅の安全対策として JR 東日本が 2021 年 7 月から、顔認識技術を用いて刑務所からの出所者、仮出所者の一部を駅構内で検知する仕組みを導入していたことがわかった。検知対象は JR 東日本の施設などで重大事件を起こした人を想定しており、国の個人情報保護委員会と相談して判断したとしていたが、同社は 9 月に「社会的なコンセンサスがまだ得られていない」として取りやめた。

---

<sup>115</sup> AI Now, “Algorithmic accountability for the public sector”

<https://www.opengovpartnership.org/wp-content/uploads/2021/08/algorithmic-accountability-public-sector.pdf>

<sup>116</sup> 朝日新聞, “「駅で出所者を顔認識」とりやめ JR 東「社会的合意まだ得られず」”<https://www.asahi.com/articles/ASP9P64GLP9PUTIL02D.html>

#### 4.2.2 倫理、法的、社会的課題に関する事例

ここでは、各国の実施例について、倫理的・法的・社会的課題に関する事例 15 例について図表 4-2-1 に示す分類で区分した上で、想定される課題と対応する事例の経過を取りまとめた。（図表 4-2-2）

図表 4-2-1 倫理的・法的・社会的課題の分類<sup>117</sup>

区分	分類
新たな犯罪	A
個人情報とプライバシー	B
知の所有権	C
機械の判断と責任	D
機械の自律性	E
人間の自由意志	F
アイデンティティー	G
労働や雇用	H
人間と機械の新たな関係	I
格差の助長や機械による人類の支配	J

図表 4-2-2 倫理、法的、社会的課題に関する事例の一覧

	国名	事例概要	対策	課題分類
1	中国	全国的な監視カメラ網の構築と AI 技術を組み合わせた治安維持システムの実装。	引き続き使用されている。	B
2	インド	ニューデリー警察が顔認証を用いて失踪児童の捜索を実施。	試行的導入も <b>プライバシー保護に関する判決に違反</b> するとの批判あり。	B
3	中国	昏睡状態の患者の脳活動から回復可能性を判断。	試験的導入段階。	D
4	米国	裁判支援システムで人種バイアスが判明。	<b>限定的な利用方法</b> で引き続き使用されている。	F
5	米国	教師の評価に AI が使用されるも、結果の不透明さが問題に。	システムの使用は <b>取りやめられた</b> 。	E
6	オーストラリア	匿名化データセットの復号による個人情報漏洩。	データ公開は停止。 <b>プライバシー保護法令の改正</b> に繋がる。	B
7	米国	AI チャットボットによる差別的な発言。	<b>運用の停止</b> 。	A
8	米国	自動運転車による死亡事故の発生。	9 か月間の <b>実験停止</b> 。	D
9	米国	警察による犯罪予知のための個人情報収集。	引き続き使用されている。	B

<sup>117</sup> CRDS 「研究開発の俯瞰報告書 システム・情報科学技術分野（2021 年）」

10	英国	大学入試において AI による成績自動算出で結果の不透明さが問題に。	使用の <b>取りやめ</b> 。	D
11	英国	ビザ審査に用いられた AI アルゴリズムの人種差別が問題に。	使用の <b>取りやめ</b> 。再設計中。	E
12	米国	法執行機関によるアルゴリズム使用の是非が問題に。	使用の <b>取りやめ</b> 。またはモトリアム期間の制定。	D
13	米国	児童虐待予知システムの導入と技術監査の受け入れ。	引き続き使用されている。 <b>技術監査によるレビュー</b> も行われる。	I
14	オランダ	システム調達に説明責任の項目付加。	引き続き使用されている。	E
15	日本	駅の監視カメラによる出所者の検知。	使用の <b>取りやめ</b> 。	B

#### 4.2.3 各領域の社会実装例に関する事例

ここでは、直近の社会実装事例を 21 例に関して SIP サイバーの 3 領域ごとに収集し、その社会実装状況について整理した。直近の実装例であっても実証実験および試験的導入に関するリリースが多く、AI 社会実装が広がりを見せるものの、いまだ本格的な実装に至っていない事例が多く見受けられた。(図表 4-2-3)

図表 4-2-3 社会実装状況に関する事例の一覧

	国名	事例概要	領域	社会実装状況
1	日本	AI 音声機能などを搭載したネコ型自動配膳ロボット「BellaBot」	介護/医療・接客	販売
2	日本	高齢者の機能低下を検知 中電と藤田医大、実証実験へ	介護/医療	実証実験段階
3	日本	英語学習 AI ロボット「Musio S」、ヘルスケア関連の新機能を搭載し今年末に販売予定	介護/医療	販売
4	イスラエル	遠隔医療、先端走る イスラエル	介護/医療	試験的導入
5	日本	「健康王国レク for Pepper」を活用したロボットによる患者さんへの思いやりあるコミュニケーションとリハビリテーション支援	介護/医療	実証実験段階
6	日本	乗り合いタクシーに A I * 中富良野町が運行実証実験	接客・その他	実証実験段階
7	日本	NEC、歩行データを収集・分析する新製品--病院や靴メーカーでの活用期待	介護/医療	試験的導入
8	日本	Splink、近大・名古屋市立大・東大病院と認知症領域で共同研究契約を締結	介護/医療	共同研究
9	日本	日本ユニシス・北大・テクノフェイス、共同提案	介護/医療	共同研究
10	日本	ケアテック元年に必要な取組は？	介護/医療	実証実験段階

11	日本	空港の“接客担当”はヒト型ロボット 万博見据え神戸で実証実験	接客	実証実験段階
12	韓国	韓国の通信大手も食堂へのAI付き配膳ロボット販売開始	接客	試験的導入
13	日本	職人の世界にも広がるAI 近未来の光と影	接客	試験的導入
14	ドイツ	Algolux ガルセデス・ベンツ主導のAI-SEEプロジェクトに選ばれる	その他	実証実験段階
15	ロシア	ロシア、学校の宿題の50%を人工知能がチェックへ	教育	試験的導入
16	日本	ソニーがAI倫理審査を製品の品質管理プロセスに導入したワケ	その他	取組開始
17	日本	成長投資 320億を設定/DX軸に技術開発強化/日本工営	教育	取組開始
18	日本	旭化成が「MI人材」を600人育成へ、材料開発をAIで加速	教育	取組開始
19	日本	コロナ禍で使える写真激減 卒業アルバム作りで街の写真館にAI導入の動き	接客・その他	試験的導入
20	日本	文科省の推進プログラムに認定 阪南大の全学生対象のAI教育	教育	取組開始
21	日本	シナモン AI、エヌエヌ生命の引受査定業務におけるAIの実装準備を開始	その他	試験的導入

#### 4.2.4 個別事例分析のまとめ

個別事例の分析からAI社会実装の先進国においても、AI原則やガイドラインの制定が進んでいるにもかかわらず、多くの失敗事例が見られることが分かった。特にプライバシーの課題、アルゴリズムの透明性、公平性、説明可能性が問題となっているケースが目立つ。

AI社会実装がこれらの国において進む背景としては、AI導入のメリットが自治体や企業にとって社会課題やビジネス上の課題の解決に寄与すると判断されていると言える。また、課題解決に対するアプローチも、これらのAIが導入されたことで顕在化した課題に対して対策を講じることで、迅速な社会実装を目指すアジャイル開発に近い考え方として捉えることが出来る。

解決の方向性としては大きく3つに分類できる。

1. 法制度の整備によって開発者が順守すべき点を明確にしたうえで、社会実装を促す。
2. 第三者機関等による評価を経て社会実装に資するシステムを開発、導入する。
3. 当面は技術の活用領域を利用者や対象者にメリットが見出せる領域に限定する。

一方で、先行事例のトライアンドエラーの積み重ねによって、各国でAI導入が進んでいるため、メディア

で取り上げられることも多くなり、開発者はプライバシー保護の可否やアルゴリズムの判断について説明責任を求められることが多くなると想定される。したがって、AI 導入によってもたらされるメリットを明確にしたうえで、可能な限りの情報公開が重要であると考えられる。

SIPにおいてもプロジェクト進行時から、ある程度限定された範囲内で、可能な限り情報をオープンにしたうえで、積極的な実証実験やサービス導入を目指すべきである。その際、ゼロリスクに固執せず、実運用を意識したシステム構成とすべきである。また顕在化した課題は速やかに横展開し、他のプロジェクトにおいても機能やサービスをアップデートすることで効率的な社会実装を行うことが可能となると考えられる。

#### 4.3 社会実装促進のための活動案の提案

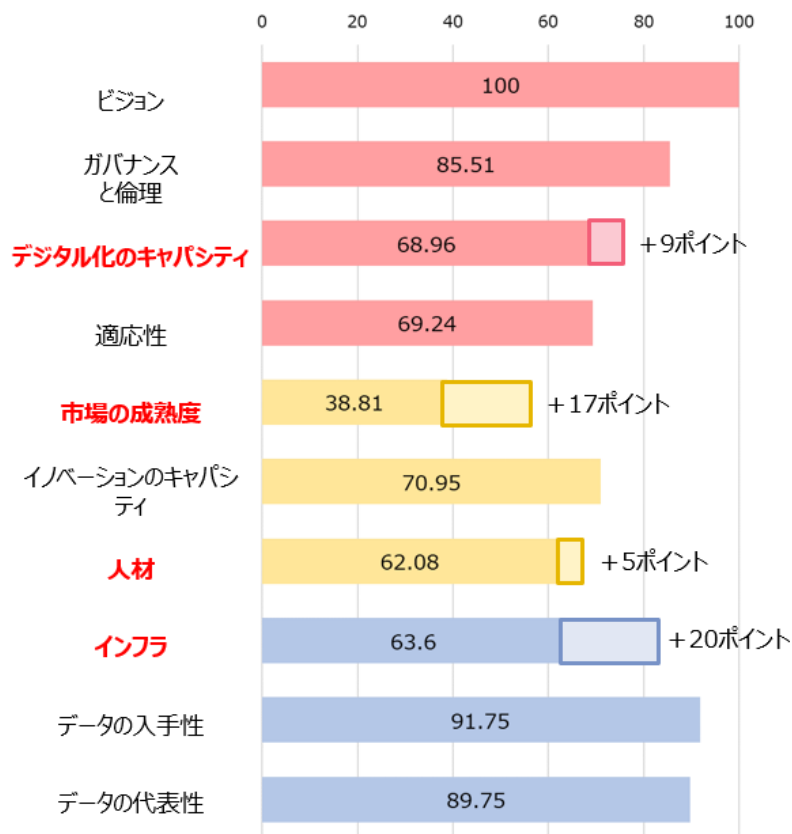
##### 4.3.1 概要

本項では各国の社会実装状況を踏まえ、日本において AI 社会実装を推進するための活動案を検討する。日本では前項でも見られたように様々な業界において、実証実験や試行的な導入、大学や研究機関、企業による研究開発が行われている。AI 準備指標の比較から日本においては、①政府のデジタル化、②市場の成熟度、③人材不足、④インフラ整備が課題となっていることが明らかになっている。ここでは、現状の日本の AI 関連の取組である「AI 戦略」を基に、それぞれの取組が AI 社会実装とどのように関連しているかを理解するため、AI 準備指標の項目ごとにマッピングを行った。そのうえで、弱みとなっている部分について、「AI 戦略」に示される取組が実現することで、AI 準備指標の観点で諸外国との比較でどの程度、社会実装が進むかを定量的に試算した。また比較対象とした、諸外国の具体的な取組から日本における活動案に対する示唆を得ることを目指した。

##### 4.3.2 AI 準備指標と日本の AI 社会実装活動の関連性

「AI 戦略」における 2020 年度までの進捗項目及び 2021 年度以降の取組一覧から、それぞれの取組が AI の社会実装を評価するための評価指標のどの項目に該当するかを整理した結果、項目数で比較した場合、多くの取組が AI 準備指標において日本の弱みである「人材不足」にアプローチするものであることが分かった。次いで「市場成熟度」と「イノベーションのキャパシティ」に相当する項目に対して貢献する取組が多く見られた。一方で、「デジタル化のキャパシティ」に含まれる公共部門のオンラインサービスの質の改善に対応する項目は比較的少なかった。

日本で行われている取組の AI 社会実装に対する貢献度を試算するために、AI 準備指標の分析から弱みに該当する項目に対応する取組が計画通りに行われた場合に想定されるアウトプット、目標値と参考となる諸外国の取組と対応する AI 準備指標の比較を行った。その結果、AI 準備指標で弱みである項目に対して 5～20 ポイント程度の改善が見込まれることが明らかになった。試算結果と参考となった比較対象国の取組を図表 4-3-1 に示す。



図表 4-3-1 AI 戦略の取組によって改善が期待できる項目

#### ○デジタル化のキャパシティ

【AI 準備指標におけるランキング】1：シンガポール 2：米国 3：ドイツ 4：中国 5：韓国  
ベンチマーク国を基にした試算：デジタル化する対象である行政組織の規模や人口を鑑みドイツをベンチマークした場合、下記の取組で 9 ポイント程度改善できる可能性がある。

#### ■関連する国内の取組

##### Ⅲ－3 AI 時代のデジタル・ガバメント

⇒【III-3-21-002】～【III-3-21-014】他

デジタル庁：「地方公共団体の基幹業務等システムの統一・標準化」

#### ○市場の成熟度

【AI 準備指標におけるランキング】1：米国 2：中国 3：英国 4：ドイツ 5：フランス  
ベンチマーク国を基にした試算：政策面で目標が示されている「未来投資戦略 2018」におけるユニコーン企業創出目標 20 社（～23 年）を参考とする。現状、17 社を持つドイツをベンチマークした場合、下記の取組で 17 ポイント程度改善できる可能性がある。



■ 関連する国内の取組

Ⅲ－１ 社会実装⇒全般

Ⅲ－４ 中小企業・ベンチャー企業への支援

⇒【III-4-21-007】～【III-3-21-014】他

経産省：「未来投資戦略 2018」

■ ドイツの特徴的な取組

欧州最大の人工知能研究コンソーシアム CyberValley の設立で AI 関連企業、スタートアップ、アカデミアの連携を積極的に支援。

○ 人材

【AI 準備指標におけるランキング】 1：シンガポール 2：ドイツ 3：英国 4：米国 5：カナダ  
ベンチマーク国を基にした試算：日本は世界大学ランキング（工学系）でトップ 50 位以内に 3 校あるが、同ランキングで 4 校を有するカナダをベンチマークした場合、下記の取組で 5 ポイント程度改善できる可能性がある。

■ 関連する国内の取組

Ⅱ－１ 教育改革⇒全般

Ⅱ－２ 研究開発体制の再構築⇒全般

■ カナダの特徴的な取組

国際的に人材誘致のためにトップスキルを持つ人材に対して優先ビザ（fast-tracks visas）を発行している。

○ インフラ

参照項目：5G ネットワークの展開都市数

【AI 準備指標におけるランキング】 1：中国 2：米国 3：韓国

ベンチマーク国を基にした試算：5G ネットワークの展開都市数で中国、米国について 3 位となっており、人口規模等の観点で韓国をベンチマークした場合、同程度の展開で 20 ポイント程度改善できる可能性がある。

■ 関連する国内の取組

Ⅲ－２ データ関連基盤整備

⇒【III-2-21-017】～【III-2-21-019】他

■ 韓国の特徴的な取組

5G の普及がトップレベルの韓国では歴代政権による通信料金引き下げ政策が強化されてきた。そのため通信ビジネスは早くから頭打ち。キャリアは早くから通信ビジネス以外の新領域ビジネス開拓に力を入れる。5G では従来以上に広範囲な業種との連携が期待できるため、キャリア 3 社は 5G の早期本格化に全力を注ぐ。

#### 4.3.3 諸外国の事例を基にした個別活動案の提案

本項では、これまでの検討軸を元に日本における AI 社会実装に向けた具体的な活動案を検討した。活動案は SIP サイバーの研究開発領域である、介護/医療分野、接客、教育の 3 分野と共通領域に対してまとめた。各活動案は日本における社会実装課題である AI 準備指標の弱みである 4 項目、「デジタル化のキャパシティ（政府内でのデジタル化度合いやオンラインサービスへのアクセス）」、「市場の成熟度（ユニコーン企業数やテクノロジー企業の時価総額等）」、「人材」、「インフラ」のいずれかに対して貢献できる、および活動アクションの主体や種別の観点でまとめた。

#### (1) 医療・介護領域

##### (1)-1 病院版/介護施設版“Light House”の設立

AI 準備指標項目	デジタル化のキャパシティ・市場の成熟度・人材・インフラ
実施主体	政府/地方自治体/企業
活動の種別	認証・プロモーション活動
<p>概要：</p> <p>スマート工場を紹介するプログラムである、“Light House Network”を参考に先端技術を積極導入した基幹病院や介護施設を認定する制度を導入することが考えられる。導入技術の点数や活用指針も含め、成果をオープンにするが想定される。また国内制度にとどめず、国外の施設の認定も行うスキームとし、その取組を広くプロモーションすることで、社会認知度の向上を図る。</p> <p>参考事例：A User-Focused Transdisciplinary Research Agenda for AI-Enabled Health Tech Governance (2019/1)</p>	

##### (1)-1 行動経済学と AI を組み合わせた予防医療・介護市場の拡大

AI 準備指標項目	市場の成熟度・人材・インフラ
実施主体	政府/地方自治体
活動の種別	ビジネスモデル
<p>概要：</p> <p>健康無関心層を含め予防・健康作りを進めていくためには、行動経済学の視点を取り入れることが考えられる。スマートウォッチやアプリによるモニタリングやレコメンド（nudge）を通じて、健康寿命の延伸を促すことが想定される。これらにより、市場拡大が見込まれ新たな社会実装の場が生まれると考えられる。ハーバード大学の研究では AI が導入された医療デバイスの活用に関する倫理面などの論点整</p>	

理がされており、今後の活動に際し参考となりうる。
参考事例：A User-Focused Transdisciplinary Research Agenda for AI-Enabled Health Tech Governance (2019/1)

(1)-2 社会的合意に基づく公益目的のデータアクセス (APPA) の推進

AI 準備指標項目	デジタル化のキャパシティ・市場の成熟度
実施主体	政府
活動の種別	法整備
<p>概要：</p> <p>医療や公衆衛生に係る公益性の高いデータセットにおいては、社会的合意および厳重な管理体制構築の徹底を条件に、個人の同意なしで情報収集や利活用を促すような法整備が考えられる。具体的には WEF が提案するようなフレームワークが参考となる。韓国においては 2015 年の MERS を契機に、同様の性質の法令改正が行われ、公衆衛生に関する非常事態の際には個人の同意なしに限定的な個人情報の収集が行えるようになっている。新型コロナウイルス流行の際も、この仕組みを活用し、接触の追跡が行われた。</p>	
<p>参考事例： WEF, APPA – Authorized Public Purpose Access: Building Trust into Data Flows for Well-being and Innovation (2020/1)</p> <p>WEF, A new data governance model for contact tracing: Authorized Public Purpose Access (2020/8)</p>	

(2) 教育領域

(2)-1 私教育コンテンツの多様化に伴うビジネスモデルの新規構築

AI 準備指標項目	デジタル化のキャパシティ・市場の成熟度・人材
実施主体	企業
活動の種別	ビジネスモデル
<p>概要：</p> <p>私教育を公教育の補完ではなく公教育を超える自由な教育と捉えなおすことで、市場の拡大が見込めると考えられる。新しいキャリアや働き方、生涯学習の一環として、多様性ある社会を推進するようなコンテンツが新たな教育の対象となりうる。ビジネスモデルとしては Kidzania のように、B2C (= 入場料) と B2B (= 企業スポンサー) を組み合わせることで安定的な収益化が見込まれると想定される。</p>	
<p>参考事例：A Mexican edutainment business model: KidZania (2014)</p>	

(2)-2 公衆送信補償金制度における AI 教育ユースケースへの対応

AI 準備指標項目	市場の成熟度・人材
実施主体	政府/業界団体

活動の種別	基盤整備
<p>概要：</p> <p>日本では SARTRAS が ICT を活用した教育での著作物利用の円滑化を図るため補償金管理体制を整備している。AI に係る著作権の問題について、このような集中管理団体が整理をし、指針を示すことが考えられる。現状は遠隔での教育や予習復習のためのサーバーアップロードが主な対象であるため、決まった補償金額であるが、AI の元データとして扱う場合や、処理データをレコメンドして使う場合などで適正なライセンス料が利用者（=AI 企業）とコンテンツ提供者（=出版元等）が従量課金等を用いて算出できるように改善することが考えられる。</p>	
<p>参考事例：Creative Commons, Should CC-Licensed Content be Used to Train AI? It Depends. (2021/3)</p>	

### (2)-3 学習環境関連プレイヤーとの協業

AI 準備指標項目	市場の成熟度・人材
実施主体	企業
活動の種別	ビジネスモデル
<p>概要：</p> <p>家庭内へアクセスする起点として、学習環境を構成する家電や家具メーカーと協業を行うことが考えられる。現状のスマホや PC では利用ルール等が課題となる場合があるが、学習机やライト・文房具等と組み合わせることで、必然的に集中して学べる環境づくりを支援する。家電・家具メーカーとしても新たな付加価値を創造できるため、相互の利益となる。例えば中国 Tencent Education はライトに AI を組み込み、宿題の添削や学習進捗管理、質問を行うインターフェースする商品を発売している。</p>	
<p>参考事例：騰訊教育再度加码教育智能硬件，推出 1499 元的智能作业灯（2021/3）</p>	

### (3) 接客領域

#### (3)-1 アワード型のプロジェクトの実施

AI 準備指標項目	市場の成熟度・人材
実施主体	企業/業界団体
活動の種別	事業開発
<p>概要：</p> <p>接客領域は多種多様な課題がある一方で、領域で共通した課題も多々存在する。民間分野においては共通の利益促進のため、幅広いプレイヤーが参加できるようなアワード型の課題設定で社会実装を促進することが考えられる。例えば物流分野だと米国の Amazon Picking Challenge があるが、製造業や接客業、インフラ点検分野においても同様のスキームで実施することが想定される。</p>	
<p>参考事例：Amazon Picking Challenge, WRS における課題チャレンジ</p>	

#### (3)-2 マッチング型課題解決プラットフォームの整備

AI 準備指標項目	デジタル化のキャパシティ・市場の成熟度・人材
実施主体	政府/地方自治体
活動の種別	調達方法
<p>概要：</p> <p>自治体の AI の調達にあたり、説明可能性や持続可能性を条件に、課題ドリブンなマッチングのプラットフォームの整備と取組を実施する。例えば地方自治体の受付業務は自治体ごとに共通課題があるが、これら共通課題をテーマとして設定し、企業による社会実装を促すことが考えられる。同様の事例では英国の公共 AI 導入施策である GovTech Catalyst がある。これは公的部門が課題ベースの調達を行うことで、技術の詳細な仕様の作成に必要なリソースを省くことができ、企業は自らが有するテクノロジーを公的資金を利用しながら発展させることが可能である点が特徴的である。</p>	
<p>参考事例：Gov.UK, GovTech Catalyst</p>	

#### (4) 共通領域

##### (4)-1 説明可能な AI (XAI) の積極的な普及

AI 準備指標項目	デジタル化のキャパシティ・市場の成熟度・人材・インフラ
実施主体	政府
活動の種別	ガイドライン策定
<p>概要：</p> <p>AI の社会実装にあたり、説明可能な AI(XAI)はより重要性を増している。特に企業活動での AI 利用のリスクを最小化する観点でも、日本においては政府が率先してガイドラインの策定や、研究開発を推進すべきであると考えられる。米国の NIST では、XAI の原則、カテゴリ、理論を提示した「説明可能な AI の 4 つの原則」について取りまとめ、産業界を巻き込んだワークショップを実施している。これらの活動により、企業政府間の共通認識が醸成され、市場の成熟に寄与している。</p>	
<p>参考事例：CRS Report, Artificial Intelligence: Background, Selected Issues, and Policy Considerations (2021/5)</p> <p>NIST, Four Principles of Explainable Artificial Intelligence (2021/9)</p>	

##### (4)-2 “グリーンアルゴリズム”認定とコンテストへの補助

AI 準備指標項目	市場の成熟度・人材
実施主体	政府/地方自治体/企業
活動の種別	コンテスト開催
<p>概要：</p> <p>従来の AI 開発では大量の計算資源を投入することで精度向上が図られてきたが、昨今の環境問題に配慮し、少量データセット・低計算資源で成果を得ることが優先されるようになって考えられる。例え</p>	

ば、少ないデータセットで効率的に演算できることを標準的な認定条件とし、そのような要件を満たす研究を“グリーンアルゴリズム”と呼び、Kaggle のようなコンテスト形式等でそれらの認定課題を世界的規模で開催することが想定される。これらの取組には積極的にスタートアップを巻き込むことで、人材発掘・育成にも貢献する。

参考事例：Kaggle

#### (4)-3 ラベリング、アノテーション定義および実施プラットフォームの整備

AI 準備指標項目	デジタル化のキャパシティ・市場の成熟度
実施主体	政府/地方自治体/企業
活動の種別	基盤整備
<p>概要：</p> <p>政府のオープンデータ化は推進されているが、AI システムの品質を左右するラベリング、アノテーションについて定義やポリシーは統一的となっていない。またデータセットによってはバイアスがあり、国内に転用できないケースもある。（例：ドイツの Cityscapes データセットなど）国内の AI ベンダーや大学の研究者が学習アルゴリズムやチューニング部分の競争領域でより力を発揮するためにもラベリング、アノテーション工程は一定程度の協調性を導入することが考えられる。例えば定義に関するガイドラインの策定や、積極的にオープンに実施する仕組みを導入することが想定される。学術的なデータにおいてはゲーミフィケーション等を通じて、広範囲でラベリング、アノテーション実施が進むケースがあり、これらの取組が参考となる。</p>	
<p>参考事例：AI4MARS: A Dataset for Terrain-Aware Autonomous Driving on Mars (2021)</p>	

#### 4.4 まとめ

本節では、AI の社会実装課題把握と活動案の提案を行うため、海外における AI 関連政策の動向調査、事例の分析、および国内における AI 戦略との対応状況を整理した。

まず AI の社会実装状況の定定量比較を行うため、評価指標として既存統計である AI Readiness Index (AI 準備指標) を採用し、調査対象国である日本、米国、カナダ、英国、ドイツ、フランス、中国、インド、イスラエル、シンガポール、オーストラリアについてその数値を比較した。評価指標の国際比較から日本の強みは「AI 戦略」や「人間中心の AI 社会原則」など政府としてのビジョンが示されている点、またデータの入手性やデータの代表性も各国の平均を上回る評価となっている。一方で、弱みは政府のデジタル化のキャパシティ（政府内でのデジタル化度合いやオンラインサービスへのアクセス）、市場の成熟度（ユニコーン企業数やテクノロジー企業の時価総額等）、人材、インフラの指標については各国平均を下回っており、日本の弱みであることが明らかとなった。

次に個別事例の収集を行い、倫理、法的、社会的課題の面での分類と、社会実装段階における分析を行った。その結果、AI 社会実装の取組は活発化しているが、国内における多くの取組は実証実験段階であった。一方で、国内外で導入が進む判断支援や画像認識の分野では倫理的な課題が顕在化しており、米国や欧州を中心に AI 技術を規制する動きも見られた。

最後に、評価指標の観点で日本の AI 戦略の対応する範囲をマッピングし、それらの取組が計画通りに推移した場合の評価指標の改善状況を試算した。合わせて、本プロジェクトにおける具体的な活動案として、介護医療、教育、接客と共通領域についてそれぞれ検討を行った。介護医療分野では、先端的な取組の認証制度の導入（介護医療施設版の“Light House”）の導入や、予防医療分野への AI 技術の導入、公益性の高い医療データの流通（APPA）に関する提案を行った。制度改正等によって、介護保険制度でこれらの先端技術導入のインセンティブが働くことが望ましいと考えられる。教育分野では、新規ビジネスモデルの提案、公衆送信補償金制度の改善などについて提案を行った。接客分野では、アワード型プロジェクトの設定、課題マッチングプラットフォームの導入について提案を行った。最後に共通領域として、説明可能な AI の普及とグリーンアルゴリズムについて触れた。

## 第5章 総論

本調査では、諸外国の政府や国内外の企業の AI 領域の投資状況の調査をするともに、「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」（以下、SIP サイバー）のうち、特にヒューマン・インタラクション技術の動向に注目して、SIP サイバーの研究開発の競合優位性や事業化に向けた取組の活動案を整理した。

第1章では、AI 領域の投資状況を把握するために、AI 領域の政府研究開発予算と企業研究開発費の国際比較を行った。各国の政府研究開発予算及び AI 領域の研究開発予算を比べると、米国、中国の政府研究開発予算が圧倒的に多く、日本は他の先進諸国に比べて少なく、ここ10年間で研究開発予算の増額がないことがわかった。また、企業全体の研究開発費では米国企業が圧倒的に多いが、中国の企業の伸び率が著しく日本は3位に順位を落としていることがわかった。また、AI 人材の不足数について各国の施策を調査したところ、諸外国では様々な先進的な取組がある中で、日本では AI 人材育成のための教育プログラムの整備が十分ではないことがわかった。政府機関、教育・研究機関、各産業領域で国際競争力を持つ企業など多様なプレイヤーを結集して、政府機関や関連省庁が進める各施策の効果を最大化していくことを提案した。

第2章では、学会情報から、ヒューマン・インタラクション技術に関わる論文を抽出し、研究内容をもとに「情報取得」、「マルチモーダル状況判断」、「アクション判断」、「介護領域」、「教育領域」、「接客領域」に分類して紹介を行った。全体としては、単体のデータや機能ではなく、表情認識と音声認識、顔検出と音源検出、表情認識といった複数のモーダルチャネルを扱った研究が多く見られた。研究用データセットが整備されたテーマでは、実環境におけるデータ取得を用いたテーマの研究も多く、自動運転・医療・ヘルスケア・リテールの領域で、ヒューマン・インタラクション技術を用いた製品・サービスの開発事例が多くあることがわかった。

第3章では、SIP サイバーで進められている研究内容を紹介し、研究開発テーマの独自性や優位性を整理した上で、今後の事業化に向けた取組を提案した。SIP サイバーが扱う最先端技術が取り入れられた製品・サービスは市場には少なく、各研究開発テーマの技術の競合優位性をまとめた。それぞれのプロジェクトで事業化に向けた取組は異なるが、技術を製品に組み込むプロセスが重要である。

第4章では、AI 技術の社会実装にあたって、AI ガバナンスに関わる情報を整理し、国ごとに課題となっていること（人材不足、制度、環境要因等）や社会実装の成功事例・失敗事例について、Web・文献等から調査・整理した。AI の社会実装状況の評価指標の国際比較から日本の強みは「AI 戦略」や「人間中心の AI 社会原則」など政府としてのビジョンが示されている点、またデータの入手性やデータの代表性も各国の平均を上回っていた。一方で、弱みは政府のデジタル化のキャパシティ（政府内でのデジタル化度合いやオンラインサービスへのアクセス）市場の成熟度（ユニコーン企業数やテクノロジー企業の時価総額等）、人材、インフラの指標については各国平均を下回っており、これらに対する政府および産業界の活動案が求められる。

SIP サイバーが目指す社会に向けて、現状は様々な課題はあるが、今後生活のあらゆる場面における人間を AI が支援する世界が実現していく上で、ヒューマン・インタラクション技術が果たす役割は大きい。



先述した通り、日本では「人間中心の AI 社会原則」が提唱され、人々が AI を受容し社会全体で AI を使いこなしていく指針が示されている。ヒューマン・インタラクション技術の進展とともに、人と人のインタラクションを AI が支援・増強する高度に洗練された技術が社会実装されていくことを期待する。

## 2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況

(1) 研究発表・講演

なし

(2) 論文

なし

(3) 特許等（知財）

なし

(4) 受賞実績

なし

(5) 成果普及の努力（プレス発表等）

なし

契約管理番号 : 21500704-0