

2020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／ヒューマン・インタラクション 基盤技術等に関する国際ベンチマーク調査

2020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

要約（エグゼクティブサマリー）	I
第1章 AIの社会実装状況に係る調査	1
1.1 AI関連産業の市場動向	1
• 1.1.1 概要	1
• 1.1.2. AI関連産業の市場動向（海外）	1
• 1.1.3. AI関連産業の市場動向（国内）	4
• 1.1.4. AI関連産業のベンチャー企業動向	6
• 1.1.5 市場動向のまとめ	10
1.2 AI技術の利用動向	11
• 1.2.1 概要	11
• 1.2.2. AI事例の紹介	12
• 1.2.3. 技術動向のまとめ	29
1.3 AI分野の政策動向	30
1.3.1 概要	30
1.3.2 各国政策動向	32
(1) 日本	32
(2) 米国	35
(3) 中国	38
(4) カナダ	39
(5) ドイツ	40
(6) 韓国	41
(7) フランス	42
(8) シンガポール	44
(9) イスラエル	45
1.4 AIの社会実装状況調査のまとめ	47
第2章 ヒューマン・インタラクション技術に関する調査	48
2.1 概要	48
2.2 社会的ニーズ	49
• 2.2.1 市場環境の整理	49
2.2.1 教育領域の市場環境	55
• 2.2.2 介護領域の市場環境	58
• 2.2.3 接客領域の市場環境	59
2.3 ヒューマン・インタラクション分野の研究動向	60

2.3.1	ヒューマン・インタラクション技術の体系化	60
2.3.2	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	63
2.3.3	感情認識に関する研究動向	65
2.3.4	文脈理解・行動予測に関する研究動向	67
2.3.5	教育領域の研究動向	70
2.3.6	介護領域の研究動向	72
2.3.7	接客領域の研究動向	73
2.4	ヒューマン・インタラクション分野の社会実装動向	74
2.4.1	教育領域の社会実装動向	74
2.4.2	介護領域の社会実装動向	78
2.4.3	接客領域（サービス業）の社会実装動向	81
2.4.4	接客領域（製造業）の社会実装動向	83
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	87
3.1	SIPサイバーのプロジェクト概要	87
	• (1-1) 認知的インタラクション支援技術	89
	• (1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術	89
	• (1-3) 学習支援技術	90
	• (1-4) 介護支援技術	90
3.2	競合分析	92
3.2.1	認知的インタラクション技術	93
3.2.2	マルチモーダル対話支援技術	93
3.2.3	教育領域	95
3.2.4	介護領域	96
3.2.5	接客領域（サービス業）	97
3.2.6	接客領域（製造業）	98
3.3	研究動向調査のまとめ	99
第4章	総論	105

要約（エグゼクティブサマリー）

<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。

現在、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戦略の状況は把握できていない。また、現在SIPサイバーで取り組む研究開発内容の妥当性・適切性等については社会情勢を踏まえて適切なベンチマークと比較しながら、社会的・経済的ニーズを取り入れて成果を最大化することが望ましい。

そこで、本調査では上記の課題を踏まえて次の2点を実施した。1点目はAIの社会実装状況に関する調査である。具体的にはAI関連産業の国内外の市場動向、AI技術の利用動向、諸外国の政策動向を調査した。これにより、AI技術の研究開発を進めて産業化する日本のポジショニングを整理した。

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サイバー研究開発テーマの競合分析である。ヒューマン・インタラクション技術の研究動向や社会実装事例を整理した上で、SIPサイバーで実施している10テーマについて技術的観点及び市場の観点から競合分析を行った。これにより、ヒューマン・インタラクション技術の社会的ニーズを把握した上で、SIPサイバーで取り組む研究開発内容の妥当性・適切性等について分析を行った。

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AIの協調をヒューマン・インタラクション技術は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の協調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。

<Summary>

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 " ("SIP Cyber") has been developed "basic human interaction technology" through a highly sophisticated collaboration between people and artificial intelligence (AI) . "SIP Cyber" has been conducting R&D aiming at social implementation of cyber-physical systems utilizing big data and AI.

At present, the environment surrounding AI technology is changing drastically, and it is difficult to understand AI strategies of governments and companies domestically and internationally. In addition, it is desirable to maximize the achievement of "SIP cyber" R&D considering both incorporating social/economic needs, and comparing the appropriateness and adequacy of the R&D with appropriate benchmarks based on the social situation.

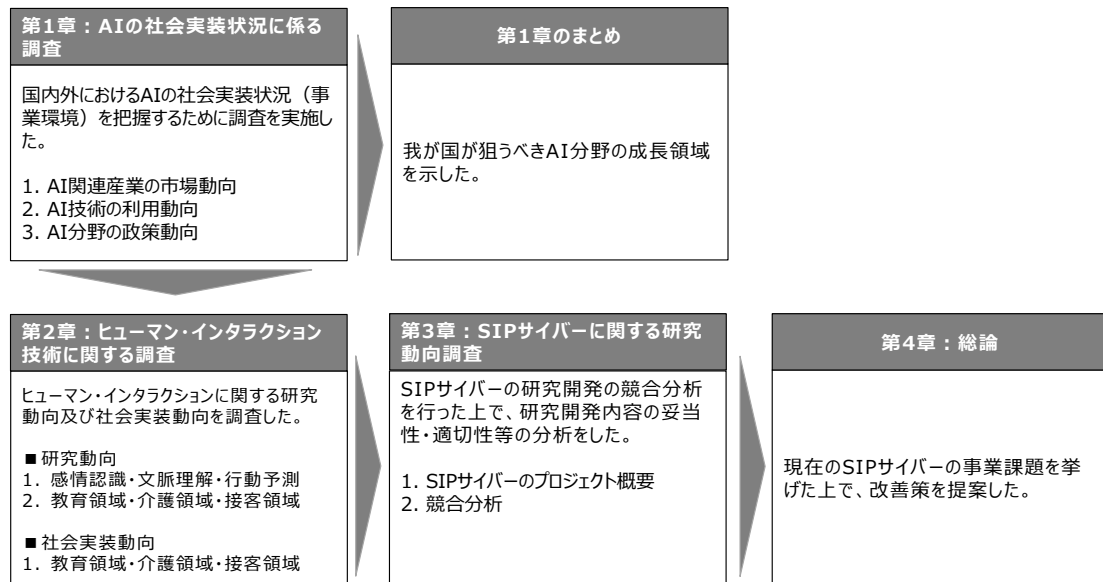
In this report, we conducted the following two survey related with issues as described above. At first, we conducted a survey on the environment of AI implementation. In particular, we surveyed domestic and international market trends in AI-related industries, trends in the use of AI technologies, and policy trends in other countries. Through this survey, we analyzed Japan's positioning for promoting R&D of AI technology and commercialization.

Second, we conducted a survey of human interaction technology and a competitive analysis of "SIP cyber" R&D projects. After summarizing the research trends and social implementation cases of human interaction technology, we conducted a competitive analysis of the 10 projects in "SIP Cyber" from the technological and market perspectives. As a result, we identified the social needs of human interaction technology, and analyzed the appropriateness of the R&D content of "SIP Cyber".

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, and in which humans and AI cooperate. 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 as a whole. In the future, as human interaction technology progresses, it is expected that highly sophisticated technologies that contribute to cooperation between humans and AI will be implemented in society.

本調査の実施フローを以下に示す（図表 1）。本調査では、最初に AI 分野の社会実装状況の調査を行った。次に、ヒューマン・インタラクション技術の研究動向及び社会実装動向について調査を行い、SIPサイバーの研究開発の競合分析を行った上で、SIPサイバーの事業課題や改善策をまとめた。

図表 1 本調査の実施フロー



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、調査全般に対する助言を得ながら実施した（図表 2）。また、ヒューマン・インタラクション技術の技術動向や社会実装を把握するために、当該分野の有識者に対するヒアリングを行った（図表 3）。

図表 2 調査全般に対するアドバイザー

氏名	所属・役職
平山 高嗣	名古屋大学 未来社会創造機構 知能化・システム統合研究部門 特任准教授
間瀬 健二	名古屋大学大学院 情報学研究科 教授

図表 3 ヒアリング対象者

氏名	所属・役職	ヒアリング内容
今井 倫太	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科 教授	HI 技術
金出 武雄	カーネギー・メロン大学ワイタカー記念全学教授 京都大学高等研究院招聘特別教授 産業技術総合研究所名誉フェロー	HI 技術 米国の研究開発
川嶋 宏彰	兵庫県立大学 社会情報科学部 教授	教育の研究動向
中澤 篤志	京都大学大学院情報科学研究科 准教授	介護の研究動向
生天目 章	防衛大学校名誉教授 米国空軍科学技術局科学顧問	米国の研究開発
橋田 浩一	東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授 理化学研究所 人工知能と社会研究グループ グループディレクタ	データ利活用

本調査のサマリーを以下に示す。

第1章：

- AI 産業の成長領域は、「製造業・情報通信業」及び「ヘルスケア」領域であり、国内及び世界の市場規模は大きく、今後さらに成長することが予測されている。
- AI 技術が、業務効率化から人が関わるサービスの質を高める目的で活用されており、人と AI の協調を促すヒューマン・インタラクション技術は今後さらに重要な役割を担う。
- 各国の科学技術政策の中で、AI は最重要分野の一つに位置付けられており、AI に関する技術開発への投資に加えて、社会実装に向けた事業環境整備や制度検討の取組が進んでいる。

第2章：

- ヒューマン・インタラクション技術は、実世界の様々なサービスを通して、人を快適にすることに訴求している。感情認識、文脈理解などの人の内的状態を理解して支援する技術の進展によって、人と AI が協調する世界が実現されることで、高度なサービスが提供されることが期待されている。
- 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。

第3章：

- SIP サイバーの各プロジェクトが目指す研究開発段階を説明するとともに、他サービスとの競合分析を行った結果、SIP サイバーで注力している基盤技術である「認知的インタラクション支援技術」や「高度マルチモーダル対話処理技術」に技術的優位性がある。
- 「教育領域」の SIP サイバーの研究テーマでは教育のデジタル化による業務効率化だけでなく、学習効果や学習意欲など人の内部状態に考慮した教育方法を最終プロダクトに組み込む戦略であり、技術優位性がある。今後の市場展開について、狙うべきターゲットは公立学校になると考えられる。
- 「介護領域」の SIP サイバーの研究テーマでは、業務効率化に加えて、介護サービスの質向上を目指す研究開発を進めており、技術優位性がある。一方で、質の向上については市場が確立されていないサービスもあり、新たなビジネスモデルの構想が求められている。
- 「接客領域」（サービス業）の SIP サイバーの研究テーマではサービス現場の生産性向上やサービスの質の向上に対するトータルソリューションとなる要素技術を開発している点に独自性がある。一方で、市場展開については、コスト面及び技術面で他社製品を上回るものをつくる、もしくは他社製品が対象としていない産業領域や利用シーンにターゲットを絞るなどの工夫が必要である。
- 「接客領域」（製造業）の SIP サイバーの研究テーマは、SIP サイバーでは多品種少量生産の目視外観検査、遠隔ロボット操作（組立）、インフラ点検など、高度な技術が必要とされるテーマに取り組んでおり、既存のソリューションにない領域にすみ分けられている。市場展開のビジネスモデルについては、引き続き検討をする必要がある。

第1章 AI の社会実装状況に係る調査

1.1 AI 関連産業の市場動向

- 1.1.1 概要

世界中の広範な産業領域の既存の製品・サービスに AI 技術が活用されることで、AI 関連市場は大きく成長している。今後、AI 技術の進展とともに、AI 技術の利用用途が拡大し、より多くの企業が AI を活用していくことで、AI 関連市場はさらに拡大していくと予想されている。

本稿では産業別の市場規模、国別の市場規模、スタートアップ資金調達額に基づいて、成長見込みのある産業領域や諸外国の動向を整理した。

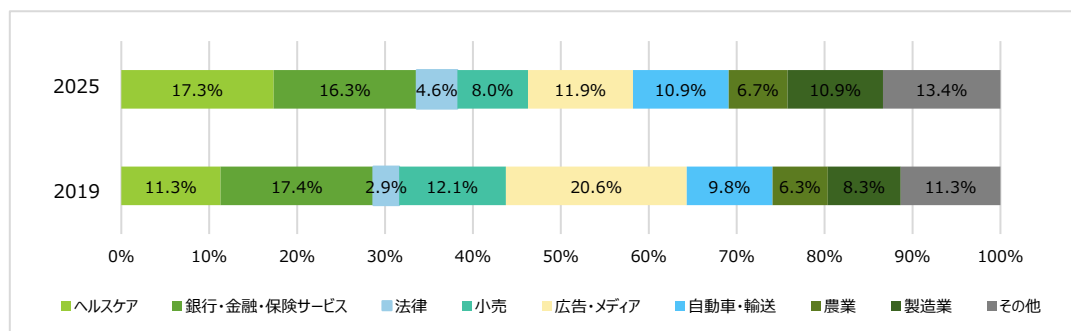
- 1.1.2. AI 関連産業の市場動向（海外）

AI 関連産業の世界市場については、米国の調査会社の Grand View Research の「Artificial Intelligence (AI) Artificial Intelligence Market Size, Share & Trends Analysis Report (2020-2027)」をもとに産業別、国別の市場規模の状況を整理した。

世界の AI 市場規模は 2019 年には 399 億ドルと評価され、2020 年から 2027 年までは年平均成長率（CAGR）42.2%で成長し、2025 年に 3,909.1 億ドルに達すると予想されている。AI 市場は、機械学習、データの可視化、物体認識の技術の必要性に起因しており、近年、驚異的な成長を遂げている。

産業別市場規模割合をみると、最終用途産業における AI の導入が急増しており、特に、ヘルスケア、自動車、製造業の分野での需要が増えることが予想されている。図表 1-1-1 に示す通り、産業別の産業別の市場規模割合をみると、それぞれヘルスケア（11.3%→17.3%）、自動車・輸送（9.8%→10.9%）、製造業領域（8.3%→10.9%）という割合で増加すると予測されている。

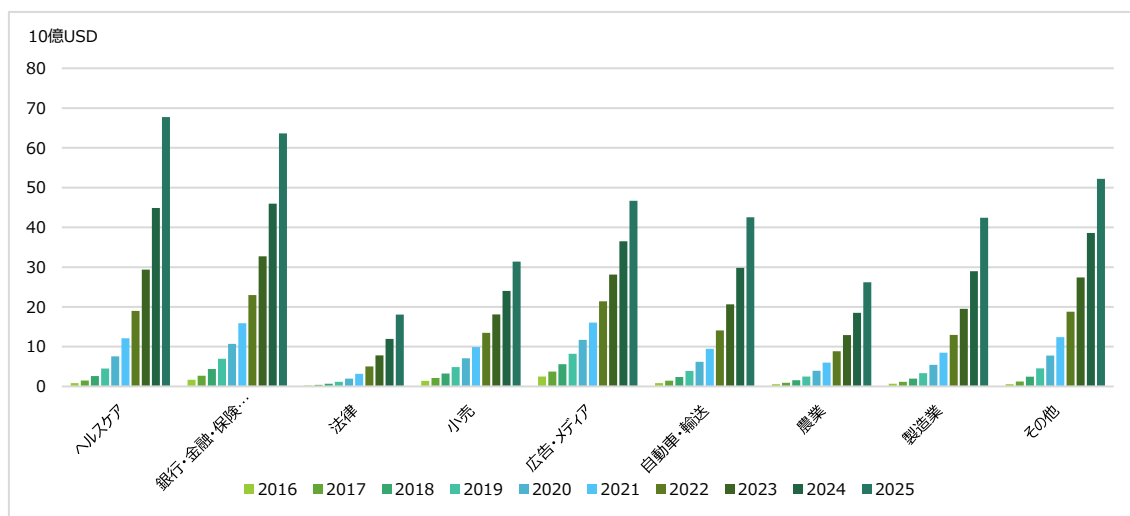
図表 1-1-1 世界の市場規模の産業別割合



産業別市場規模推移（図表 1-1-2）をみると、ヘルスケア（677.2 億ドル）、銀行・金融・保険サービス（636.4 億ドル）領域の市場規模が大きく、広告・メディア（466.7 億ドル）、自動車・輸送（425.4 億ドル）、製造業（424.4 億ドル）が続いている。

全産業における産業別割合及び市場規模を考慮すると、今後の市場規模の割合が特に大きく成長する領域として、ヘルスケア、自動車・輸送、製造業が挙げられる。また、銀行・金融・保険サービスは市場の割合自体は大きく変化しないものの、市場規模自体は大きいことから、引き続き AI 技術が活用される重要な産業領域であることがわかる。

図表 1-1-2 世界の産業別市場規模推移

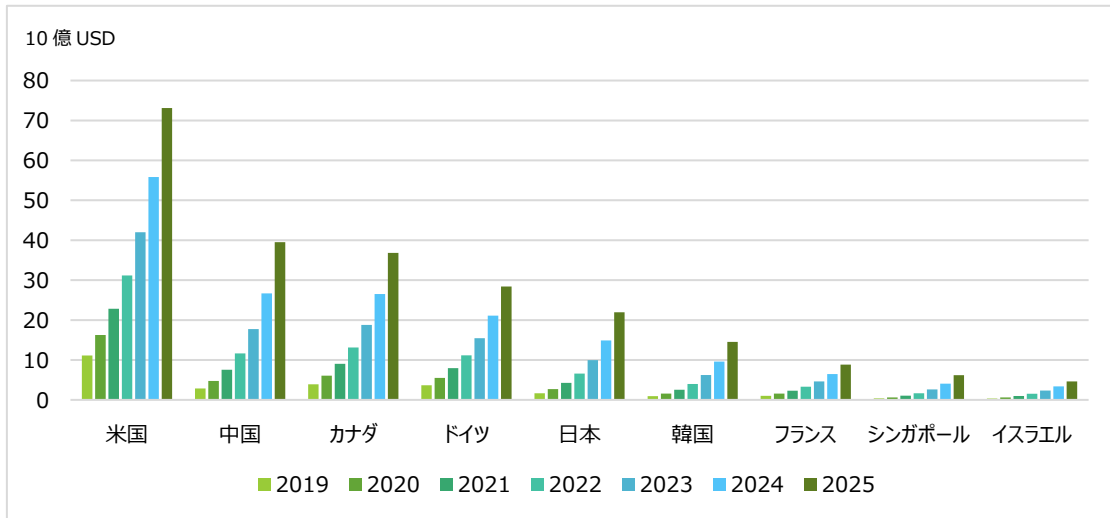


次に、国別の AI 関連の市場規模を比較して、各国動向について整理を行った。図表 1-1-3 に示した通り、2019 年から 2025 年までの国別の世界市場の変化をみると、2025 年の市場規模は、米国（731.2 億ドル）、中国（395.1 億ドル）、カナダ（368.4 億ドル）の順に大きく、日本は 219.4 億ドルになると予測されている。世界の AI 市場規模の大きさの順位は変わらないものの市場規模 1 位の米国と 2 位の中国の差は縮まっている。

年平均成長率（CAGR）を国別に比較すると、欧米に比べてアジアやイスラエルの成長率が高い。米国（36.9%）、カナダ（45.3%）、ドイツ（40.6%）に対して、中国（54.8%）、日本（53.9%）、韓国（58.4%）、シンガポール（59.9%）、イスラエル（55.3%）の成長率は高く予想されている。この原因として、世界に先駆けて AI 市場を形成した米国等に比べると、アジア地域における AI 産業の成長の伸びしろの方が大きいとみられる。2016 年～2019 年の実績値でも欧米に比べて、アジア諸国の年平均成長率（CAGR）の方が高く、その傾向が 2020 年以降も続くものと推測される。

今後の日本市場については、2025 年においても依然として北米、中国の市場規模の割合が大きいものの、日本も高い成長率が見込まれていることから、他国との差別化を行い、優位性のある領域を重点化することで、グローバルな市場を獲得するビジネス機会があると考えられる。

図表 1-1-3 国別経年市場規模変化



図表 1-1-4 国別 CAGR (2019-2025 年)

国名	CAGR(2019-2025)
米国	36.9%
中国	54.8%
カナダ	45.3%
ドイツ	40.6%
日本	53.9%
韓国	58.4%
フランス	43.1%
シンガポール	59.9%
イスラエル	55.3%

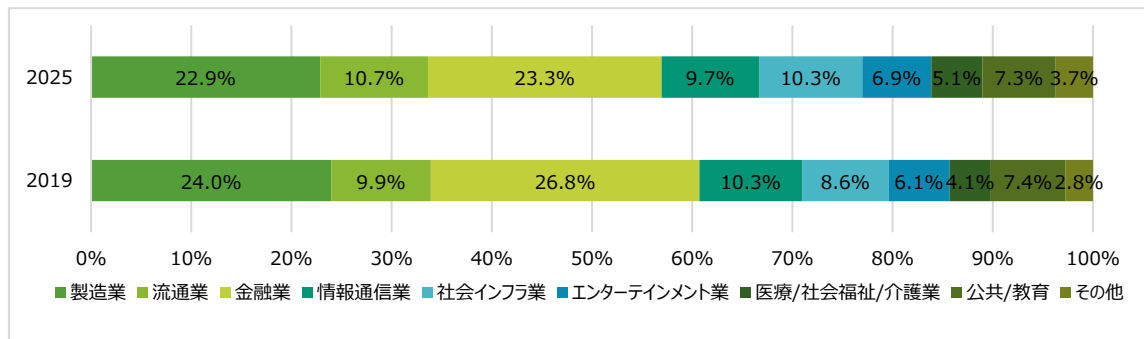
- 1.1.3. AI 関連産業の市場動向（国内）

AI 関連産業の日本市場は、日本の調査会社の株式会社富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス調査」をもとに産業別の市場規模の状況を整理した。

日本の AI 市場規模は、2019 年度の 9,601 億円（実績値）が、2025 年度には 2.0 倍以上の 1 兆 9,357 億円まで成長すると予想されている。2020 年度（見込）は COVID-19 の影響によるプロジェクト遅延や、新規案件延期もみられたが、企業成長のためには、デジタル化や AI 技術を用いた新規ビジネス創出が不可欠であり、経済状況が悪化している中でも各企業は引き続き AI 投資を優先的に行っていくとみられる。2021 年度以降、AI 搭載アプリケーション（アプリケーション市場）、AI 基盤（プラットフォーム市場）が 2025 年度にかけて市場規模を大きく増加させると期待されている。

産業別市場規模割合（図表 1-1-5）をみると、2025 年度予測値で市場規模の割合が大きいのは、金融業（23.3%）、製造業（22.9%）、流通業（10.7%）である。特に AI 市場全体に占める割合が増加するのは流通業（9.9%→10.7%）、社会インフラ業（8.6%→10.3%）エンターテインメント業（6.1%→6.9%）医療/社会福祉/介護業（4.1%→5.1%）である。

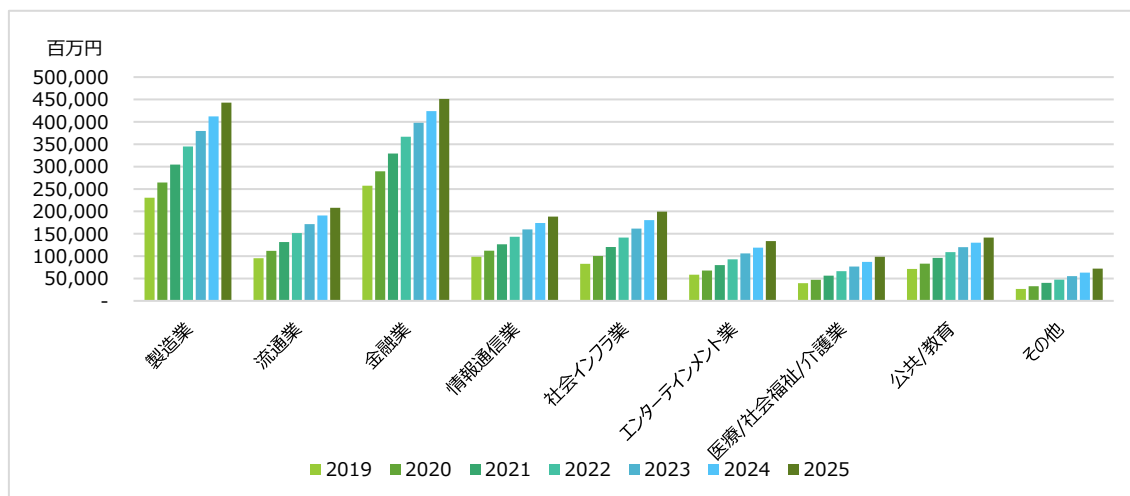
図表 1-1-5 産業別市場規模割合（2025 年度（予測値）、2019 年度（実測値））



各産業における市場規模の推移を図表 1-1-6 に示す。2025 年度は製造業（442,900 百万円）、金融業（451,250 百万円）の市場規模が大きい。年平均成長率（CAGR）は社会インフラ業、エンターテインメント業、医療/社会福祉/介護業が大きい。

日本では製造業、金融業の市場規模が大きいですが、成長性という観点では社会インフラ業、エンターテインメント業、医療/社会福祉/介護業は大きな成長が見込める市場である（図表 1-1-7）。

図表 1-1-6 日本の AI 関連産業の市場規模動向（2019 年度-2025 年度）



図表 1-1-7 産業別 CAGR（2019 年度-2025 年度）

産業領域	CAGR (2019-2025)
製造業	11.5
流通業	13.9
金融業	9.8
情報通信業	11.4
社会インフラ業	15.7
エンターテインメント業	14.8
医療/社会福祉/介護業	16.5
公共/教育	12.1
その他	18.1
合計	12.4

- 1.1.4. AI 関連産業のベンチャー企業動向

AI 関連産業で、今後成長する市場を予測するという観点から、将来の成長につながる要因となるベンチャー企業の資金調達額、ベンチャー企業数について、産業別に整理を行った。調査は、ベンチャー企業の世界最大級の投資情報のデータベースである Crunchbase からデータを抽出した。産業分類は、Crunchbase の定義に従っている¹（図表 1-1-8）。

図表 1-1-8 ベンチャー企業が紐づけられる産業領域の分類（Crunchbase）

産業	Industry group (Crunchbase)
製造業	Manufacturing
IT	Information Technology
情報通信業	Apps
	Internet Services
	Messaging and Telecommunications
	Mobile
	Navigation and Mapping
	Platforms
	Video
流通・小売	Clothing and Apparel
	Commerce and Shopping
	Consumer Goods
	Food and Beverage
	Sales and Marketing
輸送	Transportation
広告・メディア	Advertising
	Content and Publishing
	Events
	Gaming
	Media and Entertainment
	Music and Audio
	Sports
金融業	Financial Services
	Lending and Investments
	Payments
ヘルスケア	Biotechnology
	Health Care
教育業	Education

¹ What Industries are included in Crunchbase? : <https://support.crunchbase.com/hc/en-us/articles/360043146954-What-Industries-are-included-in-Crunchbase->

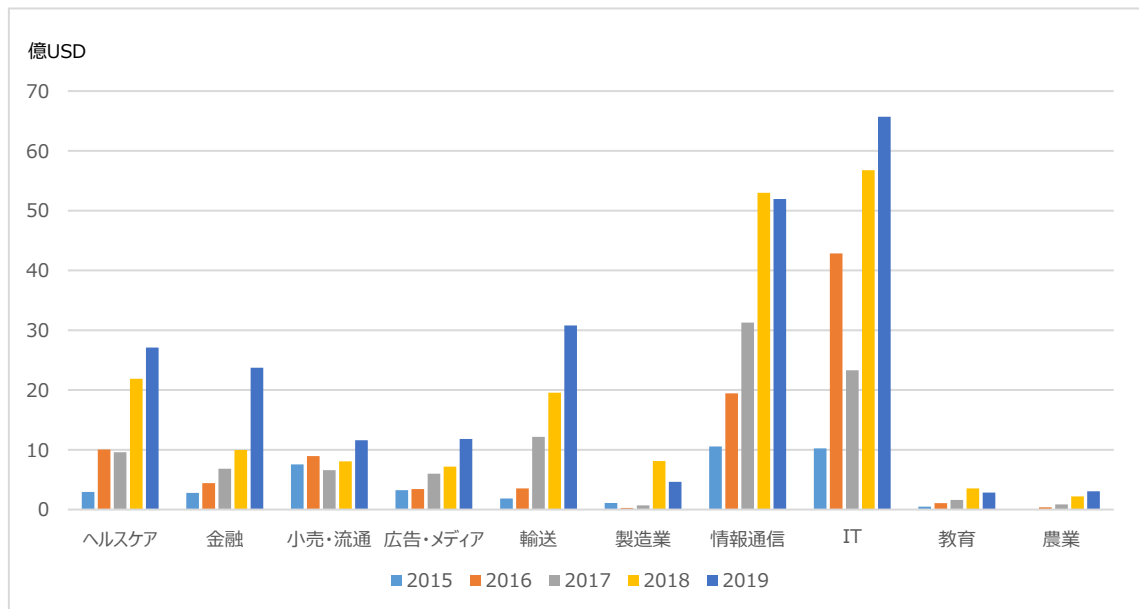
本調査では、2015年から2019年に資金調達したベンチャー企業のうち、2020年9月時点におけるベンチャー企業の最新ステータスにおいて、投資ステージが「Seed」「Early Stage Venture」「Late Stage Venture」に該当する投資額の集計を実施した。調査対象国は米国、中国、カナダ、ドイツ、日本、韓国、フランス、シンガポール、イスラエルである（図表 1-1-9）。

図表 1-1-9 投資額のステージ（Crunchbase の定義に従う）

Funding Status
Seed
Early Stage Venture
Late Stage Venture
Private Equity
M&A
IPO

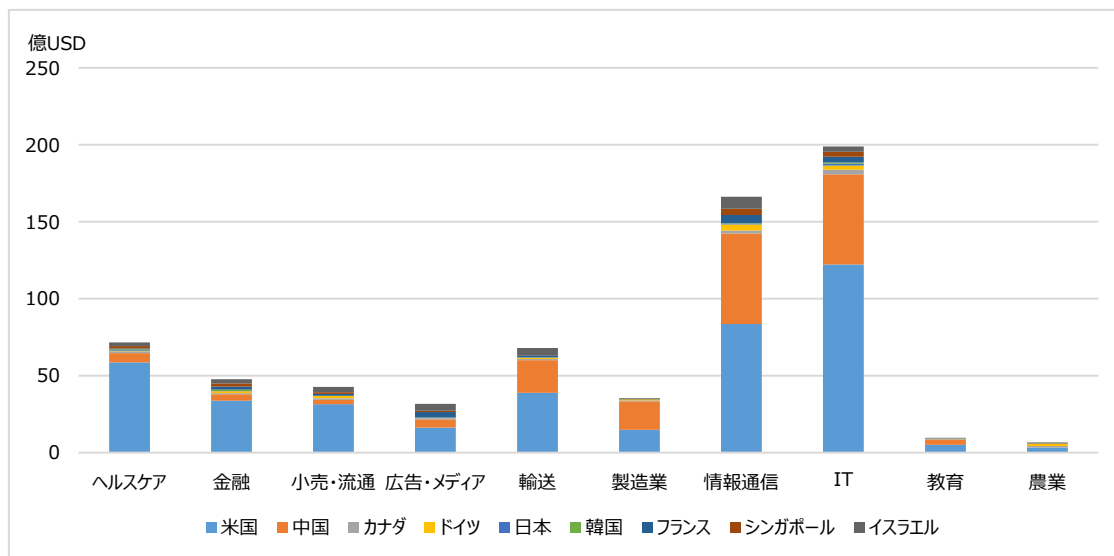
図表 1-1-10 に、AI 関連ベンチャー企業への投資額推移（産業別）を示す。2019 年は IT、情報通信、輸送、ヘルスケアの順で資金調達額が大きい。また、製造業、教育領域以外は資金調達が増加傾向であった。

図表 1-1-10 AI 関連ベンチャー企業の資金調達動向（産業別）



次に、産業別の国別 AI 関連ベンチャー企業の資金調達動向（2015-2019 年積算）を示す（図表 1-1-11）。2015 年から 5 年間の積算額において、IT、情報通信、ヘルスケア、輸送の順で資金調達額が大きい。日本において、資金調達額の大きい産業領域の上位 3 位は、IT、ヘルスケア、情報通信の AI 関連ベンチャー企業であった。現時点で、AI 関連ベンチャーの投資が集まっている領域は将来の市場規模の成長領域になると考えられる。

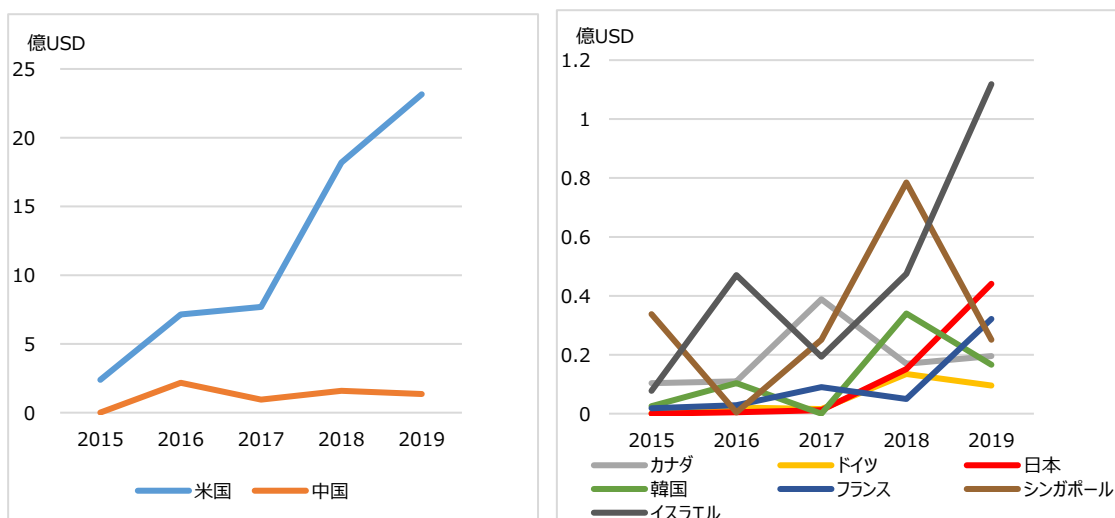
図表 1-1-11 AI 関連ベンチャー企業の資金調達動向（産業・国別）



日本の市場で今後成長する領域の特徴を把握するために、市場規模の予測で日本の年平均成長率（CAGR）の高い領域であり、なおかつ AI 関連ベンチャー企業の資金調達額が大きいヘルスケア関連の動向について、2 点の分析を行った。

1 点目は国際比較である（図表 1-1-12）。AI 関連ベンチャー企業では米国、イスラエル、日本、フランスで資金調達額が増加傾向であった。

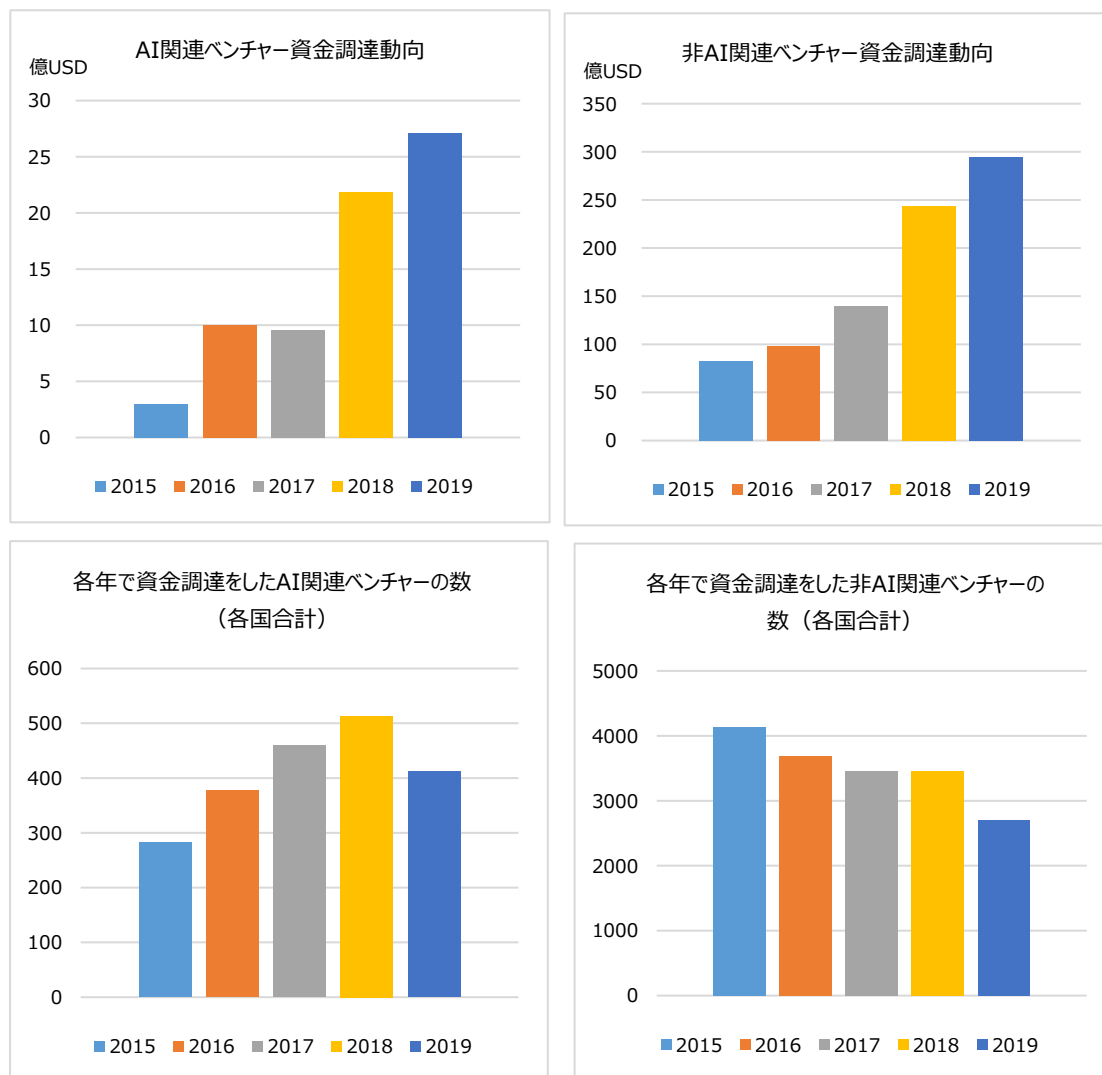
図表 1-1-12 AI 関連ベンチャー企業の資金調達動向（ヘルスケア）



2点目の分析として、投資が集まっているベンチャー企業は、AI関連のベンチャー企業であるのか、非AI関連のベンチャー企業であるのかを調べた。図表 1-1-13 において、ヘルスケアにおける AI 関連、非 AI 関連ベンチャー企業の資金調達額の推移を示す。比較をしてみると、AI 関連ベンチャー企業、非 AI 関連ベンチャー企業ともに資金調達額は増加傾向であった。また、資金調達した AI 関連ベンチャー企業数は 2019 年に減少傾向であり、資金調達した非 AI 関連ベンチャー企業数は 2015 年以降、低下傾向であった。AI 関連ベンチャー企業と非 AI 関連ベンチャー企業における資金調達額・資金調達企業数は 1 : 10 程度であった。

現状では AI 関連のベンチャー企業であるかによって資金調達額は変わらないが、ヘルスケア領域ではそれぞれ資金調達額が年々増加しており、世界規模で見たときにヘルスケア領域全体の市場成長の期待感は大きいと考えられる。

図表 1-1-13 AI 関連ベンチャー企業と非 AI 関連ベンチャー企業の資金調達額及び設立数の比較



• 1.1.5 市場動向のまとめ

本稿では、AI 産業市場について、世界の市場規模、日本の市場規模、スタートアップ資金調達額の動向について整理を行った。国内及び世界の市場における成長領域は、「ヘルスケア」、「製造業」、「情報通信業」であり、直近 5 年間のスタートアップの資金調達額も多く、国内及び世界の AI 産業市場規模は今後さらに成長することが予測されている。

日本の市場動向として、市場規模の高い「製造業」「情報通信業」は重要な産業領域である。これまでサイバー空間で活用された AI 技術が、フィジカル空間においても活用されるようになり、工場全体および、検査/工程管理におけるデータ活用が進展していくものと考えられている。また、市場の成長率の点では、「ヘルスケア」「エンターテインメント」「社会インフラ業」は成長領域である。特に、「ヘルスケア」では診断サポートで AI 技術の活用が進むと考えられる他、遠隔医療での進展も期待されている。

世界の市場動向としては、「ヘルスケア」、「自動車・輸送」、「製造業」の市場規模が大きく成長すると予測されている。世界の「ヘルスケア」の市場においても診断サポートは進むと考えられている。また、「自動車・輸送」では自動運転の実現に向けた AI 関連市場が伸びていくと考えられている。「製造業」では日本と同様に、オートメーションとロボティクスが最も広範囲に使用されると考えられる。

スタートアップの資金調達額については「IT」、「情報通信」、「輸送」、「ヘルスケア」の順に資金調達額が大きかった。日本において年平均成長率（CAGR）の高い領域であり、AI 関連ベンチャー企業の資金調達額が大きいヘルスケア関連の動向を分析すると、日本のベンチャーの資金調達額も増加傾向であることがわかった。

今後の日本で成長が期待できる領域としては、成長率ではヘルスケア産業領域、市場規模では製造業・情報通信業が挙げられる。

図表 1-1-14 AI 産業の市場規模の予測²³

産業分類	日本の市場規模（百万円）			世界の市場規模（10億USD）			スタートアップ 資金調達額 日本/世界
	2019 （実績値）	2025 （予測値）	CAGR （'19-'25）	2019 （実績値）	2025 （予測値）	CAGR （'19-'25）	
製造業	230,350	442,900	11.5	3.32 （製造業）	42.44 （製造業）	52.9% （製造業）	■世界 国際比較において、米国、中国のスタートアップの資金調達額が圧倒的に多い。産業別にみると、製造業（情報通信含む）、ヘルスケア、金融、輸送の順で資金調達額が大きい。 ■日本 産業別に比較すると、製造業（情報通信含む）、ヘルスケアの順に資金調達額が大きく、市場成長していくことが期待されている。
情報通信業	98,450	188,390	11.4	3.90 （自動車・輸送）	42.54 （自動車・輸送）	48.9% （自動車・輸送）	
流通業	95,300	208,050	13.9	4.85 （小売）	31.4 （小売）	36.5% （小売）	
金融業	257,300	451,250	9.8	6.95 （銀行・金融・保険サービス）	63.64 （銀行・金融・保険サービス）	44.6% （銀行・金融・保険サービス）	
エンターテインメント業	58,450	133,480	14.8	8.22 （広告・メディア）	46.67 （広告・メディア）	33.6% （広告・メディア）	
ヘルスケア （医療/社会福祉/ 介護業）	39,380	98,490	16.5	4.51 （ヘルスケア）	67.72 （ヘルスケア）	57.1% （ヘルスケア）	
社会インフラ業	82,950	199,400	15.7	1.17（法律）	18.08（法律）	57.8%（法律）	
公共/教育	71,370	141,610	12.1	2.51（農業）	26.21（農業）	47.8%（農業）	
その他	26,550	72,080	18.1	4.53（その他）	52.21（その他）	50.3%（その他）	
合計	960,100	1,935,650	12.4	-	-	-	

² 富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス総調査」をもとに日本の市場規模を記載

³ Grand View Research「Artificial Intelligence (AI) Artificial Intelligence Market Size, Share & Trends Analysis Report (2020-2027)」をもとに世界の市場規模を記載

1.2 AI 技術の利用動向

• 1.2.1 概要

AI 技術は多様な領域で導入されており、それぞれの業界特性に応用がされている。「1.2 AI 技術の利用動向」では、各産業領域の AI ソリューションの事例を紹介する。

各産業における AI の事例として、産業共通、インフラ、医療・介護、教育、製造業、広告・メディア、金融（銀行・保険等）、小売、輸送、行政における AI 活用の傾向を以下に示す。

- 産業共通：感情の読み取りによる接客・マーケティングへの応用が進んでいる。
- インフラ：インフラ維持のための劣化・メンテナンスの開発が進んでいる。
- 医療・介護：医師の診断補助、介護領域における人手不足・業務負荷軽減のための応用が進んでいる。
- 教育：教師の業務負荷軽減、学習効果の向上を目指した開発が進んでいる。
- 金融（銀行・保険等）：銀行・保険業界におけるチェック業務、株価等の予測技術開発が進んでいる。
- 広告・メディア：広告への投資の適格性、広告作成等の領域で開発が進んでいる。
- 行政：住民サービス向上、外国人観光客の利便性向上、職員の業務負荷軽減を目指して AI が導入されている。
- 製造業：品質管理向上、熟練技術者の技の継承を目指して開発が進んでいる。
- 輸送業：物流のひっ迫の改善、自動運転サポートを目指して開発が進んでいる。
- 小売業：顧客の店内行動分析、顧客自身の分析を目的とした開発が進んでいる。

- 1.2.2. AI 事例の紹介

本調査では全産業領域において AI 事例を 150 収集した上で、各産業領域における AI ソリューションを分類した。ここでは、各産業領域の製品動向を説明した上でいくつかの具体的なソリューションを抜粋して紹介する。

■産業共通

全ての産業に応用できる AI ソリューションとして、チャットボット、音声分析、顔認識、視線計測が挙げられる（図表 1-2-1）。チャットボットや自動音声等は、自動応答システムとしてコールセンター等の代替として使用されている。顔認識技術は、建物の出入りや ID 認証等に使用されている。また、顔認識や音声認識を組合せて人間の表情の分析をもとに感情を推定し、顧客対応や、人事の採用活動に使われている。

図表 1-2-1 産業共通の AI ソリューション

ソリューション	概要
チャットボット	文章・音声によって自動応答する技術 カスタマーセンター、問い合わせ対応など Web、SNS 上での会話・応対に利用
音声分析	音響分析により、音声データをコンピューターが認識できるようすることで分析をおこない、音響モデルによりデータがどのパターンと整合するか分析、発音辞書により単語として認識、言語モデルで意味をもつ文章を認識する 喜び、悲しみといった感情を音声から分析することも進んでいる
顔認識	顔画像を目や鼻などの顔の特徴に基づき認識する セキュリティ等の理由のため個人の特定から感情分析に活用
視線計測	視線がどこに向いているのかアイトラッカーにより分析 視線をトラッキングすることによる研究、マーケティング、技能分析に活用

○Cognitec（ドイツ）

Cognitec の FaceVACS Engine は表情認識の機械学習エンジンであり、ディープラーニング、コンピュータービジョン、パターン認識テクノロジーが組み込まれている⁴。マスク、強いポーズ、極端な口の表情を含む顔画像の認識精度が高く、顔の大部分が覆われている場合の検出率も高い。ID 詐欺の防止、犯罪捜査における容疑者特定、ライブビデオストリームにおいてウォッチリストとの比較、空港、スタジアム、オフィススペース等におけるセキュリティ制御などへの適用が可能である。

○Empath（日本）：産業共通

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⁵。

提供サービスとして、共感 AI エージェント「DARUMA」によるオペレーターのサポートと Empath により

⁴ <https://www.cognitec.com/facevacs-technology.html>

⁵ <https://webempath.com/jpn/>

リアルタイムに客とオペレーターの感情を行うサービス「DARUMA」⁶、をコールセンターのデータをもとに、ピッチ、スピードなどの音響特徴から感情を測定する。また、発話単位ごとに感情解析の結果を出力するサービス「EMO VALUE GENERATOR」を提供している⁷。

○AGI^{8 9}（日本）：産業共通

AGI が提供している感情認識の開発支援キット「ST Emotion SDK」は、人の声から喜び、怒り、悲しみ、平常、興奮の 5 つの感情状態を 10 段階で検出する機能を、開発者向けに提供するソフトウェア開発キットである。感情認識のツールとして、エンターテインメント、コールセンター、自動車、福祉・医療といった幅広い分野での連携を想定している。

本製品の開発にあたって様々な制度検証がされている。まず、音声の解析を行うため 200 名の被験者に感情を含んだ発話をしてもらい、計 50000 ファイルの音声ファイルを取得した。次に、得られた音声ファイルを評価して、感情のラベル付けを行った。1 つの音声ファイルにつき 10 人の被験者が、発話者の感情がどれであるかを評価した。

得られたデータをもとに、感情を認識するロジックルールを導きだした。また、音声解析によって、データから 200 種類以上のパラメータを算出した。パラメータを解析することで、発話者間で感情ごとに共通するパラメータの傾向を明らかにした。判明した傾向をロジックルールに置き換えることで、音声から感情を自動分析するアルゴリズムを作り出した。

○SOLIZE¹⁰（日本）

SOLIZE が提供する SpectA は「企業の競争力の源泉である人や組織の暗黙知」と「自然言語処理 AI 技術」を掛け合わせることで、熟練者が培ってきた経験やノウハウを組織知へと変換する商品・サービスである。

設計業務特化型の AI ソリューション（要求分析・仕様検討・リスク検討）として課題解決に直結する情報検出と意味解釈の精度を導入初期より提供すること、少ないデータからでも早期に AI の情報精度を向上、成果を実現すること、効率化はもちろん、付加価値の創造や技術伝承など幅広い成果を支援すること、継続的な事業課題解決に向けて進化する情報活用や知識獲得を可能とすることを特徴としている。

⁶ <https://daruma.webempath.ai/index.html>

⁷ <https://evg.webempath.ai/>

⁸ <https://www.agi-web.co.jp/technology/accuracy.html>

⁹ https://www.agi-web.co.jp/docs/st_sdk.pdf

¹⁰ <https://www.solize.com/service-solution/specta/>

■ インフラ

インフラ領域では、渋滞検知、電力設備管理、劣化検出などに AI 技術が活用されている（図表 1-2-2）。画像認識を用いた公共の橋梁や道路といったコンクリート製の建造物の劣化測定、水道管データに基づく配管管理、道路状況の混雑検知、変電設備管理などが例としてある。特にインフラ領域では、道路、線路などの点検は人による目視等を専門的な知見や経験を有する人材が担っているため、AI の活用はインフラ設備の維持管理の生産性向上、質の向上に貢献できると考えられる。

図表 1-2-2 インフラ領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
渋滞検知	ディープラーニングにより自動車の動きから渋滞を予測
電力設備管理	画像・音声など運転データ解析、電力設備の異常検知
劣化検出	橋梁、建物、水道管といったインフラ設備を画像データに基づき劣化・異常検出 ドローンを使用する例もある

○FRACTA（日本）

FRACTA は AI/機械学習技術を活用した、水道管路の劣化状態を診断するオンラインツールを提供している。水道事業者が持っている水道管に関するデータと、土壌、地形、気象、交通網、建物、海、河川など、約 100 種類の環境要因を独自にデータベース化し、変数を 10 倍以上に作成する処理を行い、最終的に約 1,000 の環境変数を予測に活用している¹¹。水道管の位置情報、材質、口径、設置年月、破損履歴といった、保有する水道管データをアルゴリズムに取り込み、指定エリアの地図に配管情報や破損確率が色分けしてマッピングして示す機能もある。

○キャンオン（日本）

キャンオンは、橋梁やトンネルなどの社会インフラ構造物の近接目視点検の代替手段として、画像と AI を活用した画像ベースインフラ構造物点検サービス"インスペクション EYE for インフラ"の提供を 2019 年 12 月下旬から開始している¹²。メガ・レンズ群による高精細画像の撮影、画像処理、AI を活用した変状検知という 3 つのサービスから構成される。自動撮影雲台やドローンなどの撮影機材を組み合わせることにより、大規模・高所の点検対象や周辺地形など多様な環境下でも高精細な画像を取得し、斜めから撮影した画像を正対化する「あおり補正処理」や、複数方向から撮影した画像を合成することで遮蔽物を除去する「遮蔽物除去処理」を実現し、東設土木コンサルタントとの共同研究に基づき開発した変状検知 AI を用いて、点検対象物の変状（ひび割れなど）を検知可能である。

¹¹ <https://www.fracta-jp.com/archives/technology/344>

¹² <https://canon.jp/corporate/newsrelease/2019/2019-11/pr-inspectioneye>

■医療・介護

「AI 戦略 2019」では健康・医療・介護領域で、「AI を活用するためのデータ基盤の整備」を目標に掲げられており、各省庁で以下の取組が進められている。

- 日本が強い医療分野における AI 技術開発の推進と、医療への AI 活用による医療従事者の負担軽減
- 予防、介護分野への AI/IoT 技術の導入推進、介護への AI/IoT 活用による介護従事者の負担軽減
- 世界最先端の医療 AI 市場と医療 AI ハブの形成
- 医療関係職種養成施設・養成所における AI を活用した教育の実施、医療従事者に対するリカレント教育の実施

医療分野では画像認識を用いた画像診断支援、病理診断支援によって、医師の負担軽減や診断支援をするために AI 技術が活用されている。

介護分野ではケアプラン作成、介護記録による介護関係者の生産性向上、見守りシステムによる高齢者の保護、ロボットによる介護サポートといった多岐にわたるソリューションが提供されている。

図表 1-2-3 医療・介護領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
AI 医療機器	医療データの活用、遠隔診療
診断情報連携	医師の解釈精度を高める品質保証のための AI を搭載し、患者と医療情報について連携を行う
診断支援	CT、レントゲンといった診断画像データの取り込みによる画像診断、治療データの取り込みにより治療方針の支援
介護ロボット	物体検知、高齢者とのコミュニケーション、高齢者の異常検知等高齢者モニターとして利用
介護記録作成	実際の介護記録を学習させ、介護記録の文例作成等によりパソコン操作により簡易に作成
ケアプラン支援	ケアプラン作成に必要な情報を AI がサポートし、ケアプランの作成を支援
見守りサービス	高齢者の行動をセンサーで検知し AI と連携することで転倒などのトラブルを防止

○カルディオインテリジェンス（日本）

カルディオインテリジェンスは心電計を応用した隠れ心房細動診断支援 AI を提供しており、AMED「医療機器開発推進研究事業」に採択されている。発作が起きていないときであっても心房細動の診断予測が可能な AI 技術の世界で初めて開発した。在宅医療や健康診断等の日常生活の数分の検査で心房細動等の不整脈を検出することが可能になり、早期診断による適切な治療を実現することで、脳梗塞による寝たきり予防にも貢献することが期待されている¹³。

○三菱電機 IT ソリューションズ（日本）

記録 NAVI は実際の現場の介護記録を元に、AI で介護記録の文例により作成を可能とする。マウス・タッチパネルにより統一した介護記録が作成可能となる。外国人労働者・新人でも介護記録の作成が可能となる。また、食事、整容、入浴、排泄、睡眠といった業務の流れに沿った記録が可能である。

○日本 KAIGO ソフト（日本）

日本 KAIGO ソフトは AI ケアプラン・介護記録ソフトの CareViewer を提供している。本製品はスマートフォンによる介護記録の入力、介護記録電子化による経費削減、業務標準化による介護現場の生産性向上を目的としている。AI ケアプランは膨大なケアプランのデータを学習し、多くの人が使用することで精度の高いケアプラン作成の支援を行うことができるようになる¹⁴。IT ツールに慣れていない人でも使用しやすいようユーザビリティに優れ、多言語に対応している。

¹³ <https://prt-times.jp/main/html/rd/p/000000001.000063574.html>

¹⁴ <https://care-viewer.com/#carefunction>

■教育

教育領域では、学習支援や指導支援のサービスに AI 技術が活用されている（図表 1-2-4）。近年、教師の労働負担等が問題視される中、AI による学習支援は生産性の向上につながりうるツールと考えられる。また、生徒・学生個人の科目の習得度には個人差があるものの可視化しづらいことから、一人一人の進捗が分かる教育管理ツールも使われている。学習支援としては小中学校での科目教育や、英会話学習等の語学習得に AI 技術が活用されている。また、テスト等の不正検知、テスト採点といった教師の支援サービスがある。

図表 1-2-4 教育領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
学習支援	英会話等の語学支援、算数などの学校教育科目の支援 学力に応じた教育カリキュラムの提示 アダプティブラーニングが用いられているツールもある
テスト支援	顔認識を用いたなりすまし等の不正受験の検知、採点・添削の自動化

○Talview（米国）

Talview はオンライン試験やオンライン評価のツールとして、人と監督者と AI を組み合わせ、疑わしいアクティビティ、なりすまし防止を検出するサービスを提供している¹⁵。

ビデオとオーディオの分析により、テスト中の疑わしい行動がないかを監視し、フラグ立てを行う。また、ブラウザアクティビティと視聴覚応答に関するログを取り、回答をコピー & ペースト出来ないようにする。なりすまし防止としては、顔認識機能によって受験者の照合を行うことができる。

○デジタル・ナレッジ（日本）

デジタル・ナレッジは AI トレーニング型教材作成機能「AI Training+」を提供しており、語学教育に求められる 4 技能「聞く、話す、読む、書く」について、AI を活用してトレーニングする教材が作成できる¹⁶。発音については、AI の音声技術を活用してネイティブと遜色ない発音を出題に組み込むことができ、個人にあわせた学習教材の提供をすることも可能である。回答に関するフィードバックについても、出題に応じて、「意味・文法」の 2 つの評価軸で AI が回答の適切さを判断する。またシステム全体としては、Learning Content Management System 機能により、素材を自由に組み合わせ、独自の語学教材が作成できる。トレバという生徒の英語発話診断、英作文の文法判定、入力したテキストの読み上げなど様々な機能を持っており、教員はこれらの機能を組み合わせ、教材を簡単に作成し、英語の 4 技能指導に使うことが可能である¹⁷。

¹⁵ <https://www.talview.com/online-proctoring-software>

¹⁶ https://www.digital-knowledge.co.jp/product/kd/option_kd/kd_ai/

¹⁷ <https://torepa.jp/>

○Lexplore (スウェーデン) ¹⁸

Lexplore は、教材計画、教材作成、教材提供などの様々な学習支援システムを持ったツールであり、そのうちの一つに教材や本の読解力を、AI 技術を用いて評価する機能がある。

使い方としては、アイトラッカーと外部モニターをコンピューターに接続し、Lexplore アプリをダウンロードし、RAN (Rapid Automized Naming) テストと 2 つの短いパッセージを用いて、テストを行う。アイトラッカーにより読書中に目の動きを追跡、データを収集し、生徒の成績レベルと学年に応じて調整する。読書の過程が、何千もの眼球運動と、RAN、単語列、意味のない単語や実際の単語の読み取りなどのテスト評価に基づいて分析される。

Lexplore のモデルが生徒の読解力を評価する方法を決定する眼球運動には単一のパラメータや特性を設定していない。いくつかの異なるパラメータの組み合わせで分析しており、学生が本や教材を理解する認知プロセスと一緒に反映している。

結果として 5 つのレベルをもとに読解力を表し、(1) 低い、(2) 平均以下、(3) 平均、(4) 平均以上、(5) 高い、のいずれかで評価する。生徒の現在の読解力を示し、どの生徒が追加のサポートまたは改善を必要としているかという情報を提供している。

○イーオン (日本) ¹⁹

「AI Study Design ～Grammar 編～」を開発。AI が学習者の学習履歴に基づき個別最適化することで、学習者それぞれの苦手な文法項目に絞った学習を実現させる。すべての文法項目を 180 に分類の上、合計 6,000 題を作問、問題解答の過程で、AI が 180 分類の中から、英文法不得意項目を峻別し、学習者に自動で結果を提供する。提示方法には、アダプティブラーニングエンジンを利用している。学習の流れとして、苦手ポイントを見つけるためのプレースメント問題を出題し、結果をもとにトレーニングメニューを決定。誤答の多い場合は解説表示が自動的に行われ、さらに苦手な項目に対しては基礎項目の出題を行う。

¹⁸ <https://www.lexplore.com/en/how-it-works/the-process-step-by-step-2/>

¹⁹ <https://www.aeonet.co.jp/company/information/newsrelease/2001221100.html>

■金融（銀行・保険等）

金融領域では、業務効率化/高度化、生産性向上を目的として、投資判断、投資予測、保険業務支援、不正検知、審査などにAI技術が活用されている（図表 1-2-5）。特に、投資予測、審査や予測については、金融業の根幹的な業務である与信や融資の判断の効率化や高度化を目的としてAI活用が進んでおり、今後さらに利用拡大することが期待されている。

図表 1-2-5 金融（銀行・保険等）領域のAIソリューション

ソリューション	概要
投資	値動きや指標等をAIが分析することで株価、投資信託などの予測を行う
不動産収支や資金ニーズの予測	物件データをAIで解析し不動産運営の収支を予測 銀行等が持つデータをAIが分析し取引先の資金ニーズを予測
保険業務支援	事故時の画像認識による修繕見積もり AIによる保険リスク分析
不正検知	不正パターンをAIが学習し、クレジットカードの不正利用等を検知
与信/査定	過去の顧客情報や、企業情報の入力、個人の情報の入力による与信・融資審査

○オリックス銀行（日本）

オリックス銀行は、リーウェイズが開発した投資用不動産分析ツール「Gate.」を独自にカスタマイズしたシミュレーションサービス「キャッシュフローシミュレーター」を提供している²⁰。顧客が投資を検討している物件情報とローンの借入条件を入力することで、5,800万件を超える物件データをAIで解析して得た「賃料」や「空室率」の収益変動予測と修繕費などの運営経費の想定値が初期表示され、不動産投資の将来キャッシュフローを最長50年試算できる²¹。

○Liquid（日本）

Liquid は画像処理技術を活かした画像の真贋判定、生体認証クラウドで培った高い精度の画像照合率でオンラインでの本人確認を可能とするサービスを提供し、金融機関等、ファイナンスリース事業者、クレジットカード事業者などの特定事業者へASPサービスとして提供している。²²

²⁰ https://www.orix.co.jp/grp/company/newsroom/newsrelease/180828_ORIXG.html

²¹ https://www.orix.co.jp/grp/company/newsroom/newsrelease/180828_ORIXG.html

²² <https://liquidinc.asia/liquid-ekyc/>

■ 広告・メディア

広告・メディア領域では、広告の効果、予算配分の最適化のための分析、広告の作成支援のためのマーケティング、広告コピーの作成、校正・校閲などに AI 技術が活用されている（図表 1-2-6）。

図表 1-2-6 広告・メディア領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
広告分析	広告のパフォーマンス、予算配分の作成 AI による広告配信の最適化
アドベリフィケーション	デジタル広告が効果的か AI を用いて検証
楽曲編集	自動作曲や音声の合成などによる楽曲作成等の支援
広告作成	AI により多数のパターンの広告コピーの候補作成
校正・校閲	自然言語処理により業務文書から広告の構成・校閲など

○大日本印刷（日本）

大日本印刷は、企業が持つ業務文書を自然言語処理 AI で知識グラフ化し、広告の校正・校閲等の横断的な検索・分析などを可能にする「DNP 業務知識活用プラットフォーム」を提供している²³。企業が保有する情報や熟練者の暗黙知を活用して業務を効率化したいというニーズを満たしている。大規模オープンデータから汎用的に利用できる知識グラフをあらかじめ作成し、特定業務用に個別に作られる専用知識グラフと連携、知識活用エンジンに含まれる高度な自然言語処理 AI により、対象業務の文書の内容を AI が解析して知識グラフを生成し、最適な業務知識を導き出すことができる。

○凸版印刷（日本）

凸版印刷は機械学習エンジンによる完全自動運用で、運用型 Web 広告の運用負荷と運用効率の最適化を支援するサービスを提供している。AI により特に土日深夜の広告運用等がかかっていた部分の自動化、広告成果の要素である広告クリエイティブ、キーワード、入札単価、曜日、時間帯、ユーザーの性別、年齢などが成果に対して、どの程度影響しているのかを学習し、自動で最適化、個別媒体に限らず、その媒体間のパフォーマンスも分析し、横断して広告予算を最適化、人への依存からの脱却を特徴としている。

²³ https://www.dnp.co.jp/news/detail/10158125_1587.html

■行政

住民支援サービスとして、問い合わせチャットボット、多言語翻訳などの技術を用いた業務効率化のために AI 技術が活用されている（図表 1-2-7）。サービスの導入により職員の労務時間軽減、住民の待ち時間短縮、外国人観光客の利便性向上が利点として挙げられる。

図表 1-2-7 行政領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
住民対応支援	チャットボットによる住民からの問い合わせ対応
業務効率化	画像認識による手書き文書のデータ化（AI-OCR） 職員業務の効率化
住民の保護	AI による避難所の状況の把握 AI との連携による児童虐待発見

○神奈川県川崎市（日本）

神奈川県川崎市は国立大学法人東北大学災害科学国際研究所、国立大学法人東京大学地震研究所、富士通株式会社と協働して、新型コロナウイルス禍での自然災害を想定した避難所運営の実証実験を実施し、感染を考慮した人流シミュレーション技術と AI 画像解析ソリューションを活用した実証実験を行った²⁴。避難者の中に新型コロナウイルス感染者がいると仮定し、感染者のソーシャルディスタンス内に一定期間以上留まった人を接触者とみなし、人の流れと合わせて感染がどのように広がるのかを予測することが可能。富士通の AI 画像解析ソリューション「FUJITSU Technical Computing Solution GREENAGES Citywide Surveillance V3」を活用し、避難所入り口付近に設置したカメラの映像から、マスク着用の有無にかかわらず個人を特定しない範囲で避難者の数や属性情報を収集できるため、リアルタイムに避難所の混雑状況を可視化した。

○東京都港区（日本）

東京都港区は「港区 AI 元年」として、多言語 AI チャット、保育園の入園選考、AI-OCR による手書き申請書の読み込み等を進めた。多言語 AI チャットサービスとして、Facebook メッセンジャー機能により防災、ごみ、教育、各種行政手続等に関して自動応答するサービスを展開している。港区のホームページ AI 翻訳システムは、英語への自動翻訳機能の精度向上のため、豊橋技術科学大学、日本マイクロソフト、グローバルデザインと翻訳精度向上のため実証実験を実施している²⁵。

²⁴ <https://www.city.kawasaki.jp/templates/press/170/0000120293.html>

²⁵ https://www.soumu.go.jp/main_content/000604630.pdf

■ 製造業

製造業領域では、外観検査、異常検知、センサー等を活用した監視・分析ソリューションに AI 技術が活用されている（図表 1-2-8）。これまで熟練者が行っていた検査業務などが自動化することで継承差不足、安定した検査が可能となる。また、AI が検査することで人的コストの削減にも資する。

図表 1-2-8 製造業領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
外観検査	画像分析等を活用した品質検査
監視・分析ソリューション	センサーによるオペレーション分析、データパターンの分析から生産の異常予測等を検証
故障予知	正常状態を AI に学習させ設備等の故障予知を行う
熟練者業務の分析	熟練者の見方・考え方を自然言語処理により分析し、高度業務の実施を支援
スマートファクトリー	作業員・精算の最適化、ロボット導入等

○ALBERT（日本）

ALBERT の「タクミノメ」は画像認識技術を活用したい企業向けに AI 構築支援をするサービスである。具体的には製造、建設、医療の現場の画像を用いた、異常検知、外観検査、物体検出などのソリューションを提供している。サービスの提供形式としては、企業独自で使える画像認識 AI ツールを提供するサービスと、画像認識 AI 構築を受託するサービスがある²⁶。

○Falconry（米国）

Falconry の工場管理のクラウド型システム「Falconry Workbench」を提供しており、多変量時系列データのパターンから、機械学習を使用して障害のアラート、生産品質予測、故障までの時間や消耗品寿命と一体便までの時間を見積もることができる。データサイエンティストの支援を必要とせず、予測モデルを自身で作成・検証が可能なシステムとなっている²⁷。

²⁶ <https://www.albert2005.co.jp/takuminome/>

²⁷ <https://falconry.com/falconry-workbench/>

■ 輸送業

輸送業では自動運転のための車内センシング、ドライバーの運転改善、物流管理としてロボットによる倉庫管理や、在庫・出荷予測等に AI 技術が活用されている（図表 1-2-9）。電車等では運航障害発生時に AI 技術が活用されている場合もある。

図表 1-2-9 輸送業領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
運転管理	ドライバーの運転法をトラッキングし、行動予測、安全運転、事故防止に活用
業務支援システム	運航障害発生時の対応支援 業務マニュアル等を自然言語分析
車内センシング	乗車している人の顔、身体認識など自動運転、運転改善に関わる技術
物流改善	在庫予測、出荷予測、資材モニタリング、ロボット等により物流の適切化・可視化に活用

○ NEC/日本航空（日本）

NEC/日本航空は「BLUE SKY」の 22 番ゲートショップにおいて南紀白浜地区で実施している「IoT おもてなしサービス実証」に登録いただいている決済情報をもとに、顔認証決済の実証予定である²⁸。「IoT おもてなしサービス実証」では会員証のようなウエルカムサービス、手ぶらでの決済、キーレスドア解除を実証している²⁹。

○ JR 東日本/NEC（日本）

JR 東日本/NEC は輸送障害発生時の運行管理部門における情報共有の高度化と判断支援、さらに技術継承の促進を目的として、クラウド・AI 技術を活用した業務支援システムを構築。以下の取組を実施した。³⁰

① 業務ノウハウのデジタル化

「NEC the WISE」をはじめとした AI 技術の活用により、業務マニュアルや過去約 10 年間の輸送障害に関するドキュメントの自然言語分析・デジタル化を推進。

② クラウドベースの情報共有基盤の構築

各種クラウドサービスを活用した情報共有基盤を構築し、輸送障害対応状況の共有・可視化を促進。

③ 判断支援、技術継承支援機能の開発

蓄積されたデジタル化データに基づき、輸送障害発生時に過去の類似事象の手配内容や教訓をサ

²⁸ https://jpn.nec.com/press/202009/20200904_01.html

²⁹ <https://jpn.nec.com/biometrics/face/shirahama-iot/>

³⁰ https://www.jreast.co.jp/press/2020/20200522_ho04.pdf

ジェストする判断支援機能や、平常時に教育コンテンツとして活用するための技術継承支援機能を開発している。

■小売業

小売業領域では、店舗経営の効率化を目的に、顧客の店内での購買行動や顧客プロフィールの分析、店内の行動の分析に AI 技術が活用されている（図表 1-2-10）。店内にカメラ、センサーを配置する AI 店舗の導入の検討も進んでいる。

顧客の店内での購買行動や顧客プロフィールの分析、店内の行動の分析により店舗経営の効率化を図る。また、店内にカメラ、センサーを配置する AI 店舗の導入の検討も進んでいる。

図表 1-2-10 小売業領域の AI ソリューション

ソリューション	概要
AI 店舗	センサー、カメラなどを配置し店内の情報を収集・分析、スタッフ・客に情報を反映させる
店舗分析	顧客プロフィール（性別・年齢）の分析、視線を向けた方向、混雑状況分析による業務効率化
動線分析	顧客の入店の行動分析によるパフォーマンス向上、スタッフの効率化を図る

○スプリームシステム（日本）

スプリームシステムの Mopreach は棚前行動分析として、商品棚ごとに来店客の立寄り人数、立寄り率、商品に手を伸ばした場所や回数を精度高く取得し、「棚前を通行」→「棚前に立寄り」→「棚に手を伸ばす」までの行動プロセスごとに転換率を定量化することで店舗施策検証を行えるようにしている³¹。また、Moptar は動線分析として、店内レイアウト改善など分析に利用するほか、リアルタイムにデジタルサイネージ広告や、接客必要性検知・不審者検知などに利用できる³²。

○Agoop（日本）

Agoop は出退店支援 AI ShopStudio を提供³³。流動人口データを活用して実際にある場所にいる人・時間をもとに AI を活用する。新規出店シミュレーションでは顧客のデータを AI に学習させ、定量的な値で Web から簡単に最適な場所が判別できる。分析したい地域を指定してその周囲に出店した場合、どのあたりだといくら売上が上がるかを、AI で場所ごとに予測することも可能である。店舗配置ソリューションでは、店舗データから独自の統計モデルを利用し、店舗同士の相互関係を地図上でシミュレーションすることが可能。配置最適化のソリューションでは、店舗をなくした場合の影響をシミュレーションでき、最適な店舗配置の支援が可能となる。

³¹ <https://www.supreme-system.com/product/mopreach/>

³² <https://www.supreme-system.com/product/moptar/>

³³ <https://www.agoop.co.jp/service/shop-studio/>

○Retail AI³⁴（日本）

AIによる動線分析ツールを提供している。リテール AI カメラにより、売場状態と買い物客の棚前行動を収集。棚割設計や発注コントロール、補充作業の簡略化、およびタイミングの最適化などを支援するデータを収集し、売場の最適化に寄与する。スマートショッピングカートは買い物客のレジ待ちを軽減など、店舗における買い物時のストレスを解消する。購入状況に応じたオススメ商品やクーポンの提示を行い、購入プロセス・データも収集する。

○三井住友海上（日本）³⁵

代理店システム「MS1 Brain」を開発。代理店が、AIによるビッグデータ分析にもとづき、提案業務等のサポート機能を提供する。特徴としては以下を有する。

（１）お客さまニーズ予測分析

補償内容の見直しや新たな保険商品等を最適なタイミングで提案。

（２）代理店（募集人）NBA（ネクストベストアクション）

経験豊富な募集人の活動を分析し、最適な行動・話法・ツールとして示唆するとともに、提案状況を可視化して適切なタイミングをアドバイスする。

（３）パーソナライズド動画

顧客へ満期を案内する際、AI が導き出した最適な保険プランを分かりやすく理解いただくため、一人ひとりに応じたパーソナライズド動画を作成する。

（４）代理店経営者サポート

AI が代理店の保有マーケットや販売実績を分析して経営計画の策定を助言するほか、代理店の活動指標や募集人の日々の活動状況を一覧で管理するなど、代理店経営者サポート機能を提供する。

データ分析の自動化 AI は dotData,Inc. が提供する、データ分析プロセスの自動化 AI エンジン「dotData」を採用し、データサイエンティストが行ってきたデータ準備から機械学習、分析結果の説明までを自動化する。

³⁴ <https://www.retail-ai.jp/products/>

³⁵ https://www.ms-ins.com/news/fy2019/pdf/1101_2.pdf

■ AI の社会実装において想定される問題

人間の知的作業を代替する AI 技術は、社会における人間の役割を変え、人間の働き方やモチベーションにも影響を及ぼし、社会の仕組み・あり方を変える可能性を持っている。これによって、AI 技術は社会課題の解決や、便利な社会を築くことに寄与することが期待される一方で、AI 技術がもたらす社会の変化に対して、負の側面に対する様々な不安・懸念が指摘されている（図表 1-2-11）。

図表 1-2-11 AI の社会実装において想定される問題³⁶

分類	想定される問題	実際に発生した事例
新たな犯罪	<ul style="list-style-type: none"> ハッキングされた機械やシステムによる詐欺や盗聴・盗用 ユーザーの個人情報を用いた詐欺、恐喝（オレオレ詐欺など） フェイクニュース、デマによる実質的な被害 	<ul style="list-style-type: none"> Microsoft の Twitter 上のチャットボット Tay が、人種差別的発言や暴力的発言を始め、デビュー後数時間で停止（2016 年、米国）
個人情報とプライバシー	<ul style="list-style-type: none"> 個人に関わる情報の利活用に関するさまざまな問題 EU の一般データ保護規則への抵触 機微情報の扱い、非言語情報の多くはプライバシー情報 看視と監視（監視カメラや通行履歴など） 平時や非常時（災害、犯罪、国防など）の使い分け 	<ul style="list-style-type: none"> JR 東日本が Suica の乗降履歴を日立に販売し、利用者やマスコミが大反発（2014 年、日本） Cambridge Analytica が Facebook から不適切な方法で約 5000 万人のデータを政治操作等に悪用疑惑（2016 年、英国・米国） 就活支援サービス「リクナビ」で同意をとらずに内定辞退率を算出（2019 年、日本） COVID-19 の「濃厚接触検出器」での監視社会に対する指摘（2020 年、中国）
知の所有権	<ul style="list-style-type: none"> 知の断片化の促進と専門知の経済基盤の流動化 二次情報、三次情報の所有権、知のエコシステム、AI の著作物 	<ul style="list-style-type: none"> AI が描いた絵画が著名オークションで 4900 万円で落札（2018 年、米国）
機械の判断と責任	<ul style="list-style-type: none"> 機械の判断の正当性・妥当性の担保 機械の法的電子人格 結果に対する責任の帰着、責任のトップは人間だけか 	<ul style="list-style-type: none"> Amazon が AI 採用打ち切り、女性差別の欠陥露呈した（2018 年、米国） 採用支援 AI「HireVue」が人種や障害により採用可能性スコアが変化（2019 年、米国） 大学合否に関わる生徒の成績評価システムの不当評価に批判（2020 年、英国）
機械の自律性	<ul style="list-style-type: none"> 自律的に動作する機械およびそれらの競合・協調動作をいかに制御するか 判断・推論の信頼性の保証 	<ul style="list-style-type: none"> NY 証券取引所でフラッシュクラッシュ（2017、米国）
人間の自由意志	<ul style="list-style-type: none"> 個人や集団の合意形成や意思決定の制御・誘導 選挙や国民投票への介入 	<ul style="list-style-type: none"> ソーシャルメディア等を用いた政治操作（デジタルゲリマンダー）が米国大統領選挙の結果にも影響を与えたと言われる（2016 年、米国）
アイデンティティ	<ul style="list-style-type: none"> サイバー上の情報やプロファイリングによる虚像 それに基づく不公平や差別の助長 情報の標準化による個性の喪失 	<ul style="list-style-type: none"> ロシアのコンピュータプログラム「ユージーン」がチューリングテストに合格（2014 年、英国）
労働や雇用	<ul style="list-style-type: none"> 機械により奪われる雇用問題 実践知の蓄積による名人・職人の雇用喪失 	<ul style="list-style-type: none"> ゴールドマン銀行の株式デスクに生身のトレーダー 3 人、昔は 500 人（2018 年、米国）
人間と機械の新たな関係	<ul style="list-style-type: none"> 技術の進歩に人間はどう対応すべきか（抑制か活用か） 社会システムの技術への過剰依存、サイバーテロ ポストヒューマニティー 	<ul style="list-style-type: none"> ジョージア工科大学の AI 教育助手 Jill Watson に、学生は気づかず（2016 年、米国）
格差の助長や機械による人類の支配	<ul style="list-style-type: none"> 情報リテラシーの有無によるデバインドや格差の拡大 スーパーヒューマニティーの出現と無用者階級 	<ul style="list-style-type: none"> 時給 20 ドル以下の仕事の 83% で AI 優勢、時給 40 ドル以上の仕事で 4% と予想（2016 年、米国）

³⁶ 出所：科学技術振興機構 研究開発戦略センター「システム・情報科学技術分野（2019 年）」をもとに作成

AI 技術の社会実装における想定される課題は、倫理的・法的・社会的課題（ELSI）からあるべき姿や解決策が議論されている。現在想定されている課題は、AI 技術やビジネス化に直接関わるものだけでなく、情報技術全般に共通するものや、科学技術一般の社会受容そのものに関わるものも含んでいる。ここでは AI がもたらす ELSI の事例を以下に紹介する。

○「ハイアービュー（HireVue）」（AI 技術を使った企業向け採用支援ツール）³⁷（米国）

ハイアービューは、採用面接をウェブ上で録画・ライブ形式で行い、評価・比較を行う AI ツールである。面接の映像を会話内容や顔の動きなどを分析し、結果を他の応募者と比較した「採用可能性スコア」を算出する。ワシントンポスト紙によると、すでに 100 社以上の企業が 100 万人以上の応募者に対して使っているという。

これに対して、人権擁護団体「電子プライバシー情報センター（EPIC：Electronic Privacy Information Center）」は、AI 技術を使った企業向け採用支援ツール「ハイアービュー（HireVue）」の調査を米国連邦取引委員会（FTC）に求めている。

批評家が懸念しているのは、アルゴリズムが限られたデータで訓練されているため、白人や男性などのいわゆる「伝統的な」応募者を選ぶ可能性がより高くなることだ。その結果、英語が母国語ではない人や身体に障害がある人など、「伝統」から逸脱している応募者は、採用可能性スコアが下がる可能性が高いと指摘されている。

○人工知能ボット「Tay」³⁸（米国）

2016 年 3 月に、マイクロソフトはユーザーのメッセージに返事をする人工知能ボット、Tay をリリースしたが、早々にサービスを停止した。問題はこの人工知能が侮辱的ないし人種差別主義的メッセージを認識できないことであった。人工知能ボットは人種差別主義的にプログラムされていたわけではないが、差別的ジョークを大量に浴びせられるうちにその言葉を「理解」するようになり、自分でも差別的ジョークを発するようになった。

³⁷ MIT Technology Review「AI 採用ツールは不公平、米人権擁護団体が当局へ調査要請」（2019 年 11 月）

³⁸ TechCrunch「Microsoft が AI チャットボット、Tay を停止—人種差別ジョークで機械学習の問題点が明らかに」（2016 年 3 月）

• 1.2.3. 技術動向のまとめ

AI 技術が生活のあらゆる場面で活用されていく中で、いくつかの段階を経て既存ビジネスに影響を与えられ³⁹。第 1 段階は「業務効率化」であり、チャットボットや自動経費計算システムなどのソリューションによって、これまで人が担っていた事務作業や顧客問合せ対応などがデジタル化、自動化されていく。第 2 段階は、「業務平準化」であり、介護サービス支援や工場等の製品の異常検知などのソリューションによって、サービス提供の品質のばらつきがなくなる。第 3 段階は「ビジネス高度化」であり、個別化教育の提供、混雑を解消する物流システムなどのソリューションによって、個人最適化や課題解決をする高度なサービスが実装されていく。

各産業領域に既存ビジネスの変化の段階は異なるものの、今後 AI の技術開発が進み、業務高度化が進む領域が増えていくことが予想される。現時点ではチャットボットのような応答機能であっても、感情分析等が進むことで、相手に合わせた回答や提案をする機能が実装されることや、小売、宿泊といった接客領域で、ホスピタリティのある接客サービスの提供など、付加価値の高い業務が提供されていくと考えられる。

図表 1-2-12 には、各産業領域の注目 AI ソリューションをまとめた。人と AI の協調を重視したものも多く、人の認知・行動を支援するヒューマン・インタラクション技術が今後は大きな役割を果たすと予想される。

図表 1-2-12 各産業領域の AI ソリューション

産業領域	有望ソリューション
製造業	生産工程管理、検査工程管理、工場全体管理、経営/生産管理、製品開発
流通業	<u>店舗支援</u> 、本社・バックオフィス支援、EC 関連
金融業	顧客管理系、バックオフィス関連、審査/予測系、Fintech 関連
情報通信業	運用・管理、顧客対応、ソフトウェア開発、アドテクノロジー関連、メディア関連
社会インフラ業	運転最適化支援、 <u>劣化検知支援</u> 、故障予兆支援、重機制御システム、施工計画支援
エンターテインメント業	コンテンツ制作支援、イベント関連、不正検知
医療/社会福祉/介護業	<医療業> 画像分析、 <u>診断支援</u> <社会福祉・介護> <u>コミュニケーションロボット</u> 、 <u>ケアプラン支援</u> 、 <u>徘徊予防</u>
公共/教育業	<公共> インフラ管理、住民対応支援、倉庫効率化、防災関連、防犯関連 <教育業> <u>生徒支援</u> 、 <u>教員支援</u>

(太枠・下線は SIP サイバーで取り組んでいる AI ソリューション)

³⁹ 株式会社富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス調査」を参照

1.3 AI 分野の政策動向

1.3.1 概要

世界各国の政府では、AI の研究開発の発展と産業への適用を促進するために、AI に関する技術開発に加えて、社会実装に向けた事業環境の整備に向けた投資や取組みが進んでいる。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、世界の AI 分野の技術開発や社会実装を先導している状況であるが、それぞれの戦略は異なる⁴⁰。

米国の政府投資の目的は新技術開発である。政府が研究開発者と連携して新技術の開発を構想・推進しており、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のもと、AI 分野の新規技術の開発を進めている。基礎研究には大学だけでなく、GAFa などの大手企業、スタートアップなどの民間も含めた活発な研究体制を作っており、基礎研究領域でも世界トップクラスを維持している。政府による基礎研究投資によって米国内の様々な地域で AI 分野の特定領域について世界トップクラスの研究拠点を形成するとともに、民間との連携により事業化を進めることで、AI 分野のプラットフォーム、ハードウェア、ソフトウェアの全般に対して強みがある。

中国の政府投資の目的は経済成長である。中国政府は特定の国内民間企業を支援して新たな AI 市場を創出することに注力している。特に、画像認識技術等による監視・管理を含めた社会システム全体の構築を政府主体で進めている戦略は他国との大きな違いである。基礎研究もあわせて強化をしており、機械学習などの人工知能技術に関する 2013 年～2018 年の論文数は世界トップである。

日本では 2019 年に「AI 戦略 2019」を策定し、製造業・健康医療・モビリティ等を含む実世界で活用できる AI 開発を推進する取組みを国家戦略として進めてきた。米国や中国による巨額の投資に対して、日本は実世界の課題や日本の強みである産業領域に重点的に投資をする戦略をとっている。内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）では、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 の協調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研究開発を進めている。日本は脳科学や発達ロボティクス等、知能の基本メカニズムの基礎研究に蓄積があり、政府指針「人間中心の AI 社会原則」に基づき、人と AI が協調する世界の実現に向けて日本らしい AI の強みを生み出すことを目指している。

図表 1-3-1 日本・米国・中国の AI 戦略の比較

	日本	米国	中国
指針	AI 戦略 2019／戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）	AI 研究開発戦略	次世代 AI 発展計画
目的	特定領域の事業化推進	新技術開発	経済成長
推進方針	基礎研究から実用化・事業化までを見据えた取組を推進。	政府が研究開発者と連携して新技術を開発	政府が民間企業と連携して市場を創出
特徴	・製造業・健康医療・モビリティ等を含む実世界で活用できる AI 開発を推進している。	・巨額の政府投資、大学や GAFa、スタートアップによる民間の活発な技術開発を進めている。	・巨額投資を進めて経済成長を図る。AI を活用した監視・管理社会の構築を推進。

⁴⁰「人工知能（AI）強国を目指す中国」（環太平洋ビジネス情報 RIM 2018）

「1.3.2 各国政策動向」では、日本、米国、中国、カナダ、ドイツ、韓国、フランス、シンガポール、イスラエルのAI政策の動向、主なAI関連の予算や助成金について説明する（参照：図表1-3-2）。先述した通り、米国は新技術の開発、中国は経済成長が主目的として他国を上回る巨額の予算で政府投資を行っている。欧州、韓国ではAIに関する基礎研究や人材育成に対して幅広く投資を行っている。一方で、シンガポールは特定の社会実装領域の事業化を見据えて、重点的な研究開発を進めている。イスラエルは、経済的なインパクトを生むイノベーション技術を育てることを目的に、イスラエルを拠点とするスタートアップを中心に投資を行っている。

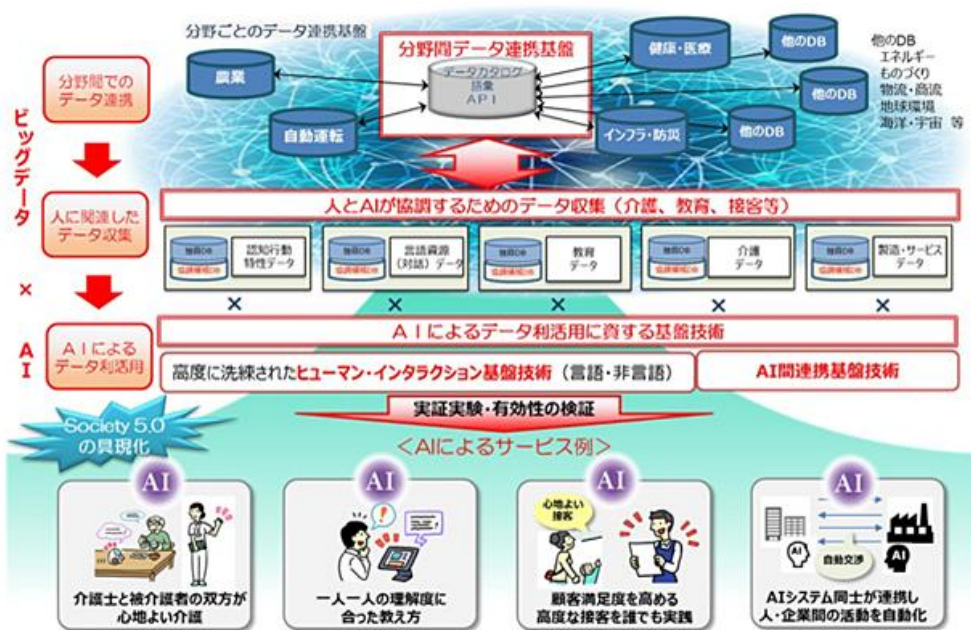
図表 1-3-2 各国のAI関連施策一覧

国名	重要施策（抜粋）
日本	①AI戦略2019 ②戦略的イノベーション創造プログラム（SIP） ③官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）、 ④革新的研究開発推進プログラム（ImPACT） ⑤ムーンショット型研究開発制度
米国	①AIイニシアティブ ②AI NEXT キャンペーン ③NITRD Program ④the NSF-led National Artificial Intelligence Research Institutes ⑤Convergence Accelerator program
中国	①新世代人工知能発展計画（AI2030）
カナダ	①Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy ②Scale AI
ドイツ	①Federal Government's Artificial Intelligence Strategy ②Plattform Lernende Systeme
韓国	①AI国家戦略
フランス	①Intelligence artificielle : "faire de la France un leader" AI ②Stratégie nationale de recherche en IA
シンガポール	①AI Singapore
イスラエル	①Israel Innovation Authority's 2019 Innovation Report ②Bolstering Artificial Intelligence

日本では、各府省及び産学官を横断したイノベーション施策として、多種多様な戦略的研究開発プログラムを推進している。具体的には、1) 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)、2) 官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)、3) 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)、4) ムーンショット型研究開発制度がある。

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) は、基礎研究から実用化・事業化までを見据えて一貫通貫で研究開発を実施し、社会を飛躍的に変える科学技術イノベーションを協力を推し進めることを目的とした国家プロジェクトである⁴⁴。このうち、AI 領域の分野のプロジェクトの一つが「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) である。SIP サイバーでは、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・増強するヒューマン・インタラクション基盤技術、分野間データ連携基盤技術、AI 間連携基盤技術を開発している (図表 1-3-4)。

図表 1-3-4 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の概要⁴⁵



⁴⁴ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の HP : <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>

⁴⁵ 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の HP https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP2_100126.html

官民研究開発投資拡大プログラム（Public/Private R&D Investment Strategic Expansion Program（PRISM）は民間の研究開発投資誘発効果の高い領域（ターゲット領域）に各府省の施策を誘導し、それらの施策の連携を図るとともに、必要に応じて、追加の予算を配分することにより、領域全体としての方向性を持った研究開発を推進するプログラムである⁴⁶。ターゲット領域として、AI 技術領域が設定されており、「革新的サイバー空間技術」「革新的フィジカル空間技術」のテーマに基づき、民間投資を拡大する施策が進められている⁴⁷。

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）は、ハイリスク・ハイインパクトな研究開発を促進し、持続的な発展性のあるイノベーションシステムの実現を目指したプログラムである⁴⁸。このうち、「社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム」では、無線通信 NW 技術とビッグデータ処理技術の双方の研究開発を推進し、医療や向上における高速大容量リアルタイムビッグデータを用いた戦略的アプリを実現可能とするプラットフォームの確立が進められた⁴⁹。

「ムーンショット型研究開発制度」は我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進する新たな制度である⁵⁰。このうち、目標 3「2050 年までに、AI とロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」では AI 分野の研究開発テーマが設定されている（図表 1-3-5）。本プログラムでは、AI とロボットの共進化に必要な Coevolution（AI 技術とロボット技術とが連携して自ら性能を向上させる技術）、Self-organization（環境等に適応するため、自分自身の知識や機能を自的に改変する AI 技術とロボット技術）の 2 つの視点を踏まえた研究開発を推進する計画である⁵¹。

図表 1-3-5 ムーンショット目標 3「2050 年までに、AI とロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」で掲げられたターゲット

・2050 年までに、人が違和感を持たない、人と同等以上な身体能力をもち、人生に寄り添って一緒に成長する AI ロボットを開発する。
・2030 年までに、一定のルールの下で一緒に行動して 90%以上の人々が違和感を持たない AI ロボットを開発する。
・2050 年までに、自然科学の領域において、自ら思考・行動し、自動的に科学的原理・解法の発見を目指す AI ロボットシステムを開発する。
・2030 年までに、特定の問題に対して自動的に科学的原理・解法の発見を目指す AI ロボットを開発する。
・2050 年までに、人が活動することが難しい環境で、自律的に判断し、自ら活動し成長する AI ロボットを開発する。
・2030 年までに、特定の状況において人の監督の下で自律的に動作する AI ロボットを開発する。

⁴⁶ <https://www8.cao.go.jp/cstp/prism/index.html>

⁴⁷ <https://www8.cao.go.jp/cstp/prism/index.html>

⁴⁸ <https://www.jst.go.jp/impact/index.html>

⁴⁹ https://www.jst.go.jp/impact/hp_hharada/program.html

⁵⁰ <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/index.html>

⁵¹ <https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal3/index.html>

日本の政策としては、AI に関する指針を提示し、大型国家プロジェクトや投資拡大施策として、AI 領域は重要分野に位置付けている。令和 2 年度の予算案では、AI 戦略に基づく関連予算として、政府全体で 1314 億円を計上している⁵²。

(2) 米国

米国では 2019 年に人工知能（AI）における米国のリーダーシップを推進する国家戦略「米国 AI イニシアティブ」を開始されてから、国防及び非国防あわせて年 20 億ドルの研究開発投資がされることが決まり、AI 投資額が倍増された（図表 1-3-6）。その後発行された「国家 AI 研究開発戦略計画」⁵³では、8 つの戦略的優先投資分野が特定されている（図表 1-3-7）。

このうちの「戦略 2：人間と AI の協働のための効果的な方法の開発」では人間と AI の協調の重要性について言及しており、国家的な関心が高まっていると記述されている。本テーマに関する様々な R&D プログラムがあり、例えば、米国国立科学財団（NSF）の「NSF’s Future of Work at the Human-Technology Frontier Big Idea」というプログラムでは、AI 技術が人間と相乗的に協力して、労働力への幅広い参加を実現し、様々な仕事の場面で社会的、経済的、環境的利益を向上させる未来を可能にする社会技術研究を支援する研究を進めている。

図表 1-3-6 AI イニシアティブにおける重点項目

項目	概要
1. 研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 各政府機関に対し、AI 分野の研究開発を優先的に実施するように指示する。 2019 年に引き続き、2020 年の予算要求も AI を重要技術にしている。これにより、エネルギー省、国立衛生研究所、国立標準技術研究所、国立科学財団に合計で 8 億 5000 万ドルが計上される見通しである。
2. AI 開発に係るリソースの解放	<ul style="list-style-type: none"> AI の研究開発に際し、個人情報や機密情報を十分に保護した範囲内で、政府が保有するデータ、モデル、計算機資源を産学に提供する。
3. 技術基準の策定	<ul style="list-style-type: none"> 政府は、様々な技術や産業分野における AI の技術開発及び利用に関する指針を策定する。 上記を踏まえて、政府は NIST に対して、AI 技術を用いた安全・堅牢なシステムのための技術基準に係る計画の策定を要求する。 コンピューターサイエンス教育に重点を置くこと、口頭教育において STEM 教育を優先すること、2 億ドルの助成を与えることを決めた大統領覚書に署名している。
4. 人材育成	<ul style="list-style-type: none"> 米国の労働者が AI 時代に適応できるよう、徒弟制度やスキルプログラム、フェロースhipや STEM 教育を優先して実施する。
5. 国際協調と優位性の確保	<ul style="list-style-type: none"> 米国の AI 産業が市場に開かれたものになるよう国際社会へ促進する。 敵対国に対し、安全保障や経済上の優位性を保持できるよう、行動計画を策定する。

⁵² SankeiBiz「政府、AI 関連予算に 3900 億円 国家戦略で成長後押し」（2020 年 2 月）

⁵³ Select Committee on Artificial Intelligence of the National Science & Technology Council 「National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan: 2019 Update」（2019 年 6 月）

図表 1-3-7 国家 AI 研究開発戦略計画

戦略 1 : AI 研究への長期的な投資
戦略 2 : 人間と AI の協働のための効果的な方法の開発
戦略 3 : AI の倫理的、法的、社会的含意の理解と対処
戦略 4 : AI システムの安全性とセキュリティの確保
戦略 5 : AI のトレーニングとテストのための共有の公共データセットと環境の開発
戦略 6 : 基準とベンチマークを介した AI 技術の測定と評価
戦略 7 : 国家の AI 研究開発人材の需要の適切な理解
戦略 8 : AI の進歩を加速するための官民パートナーシップの拡大

米国 AI イニシアティブでは、民間部門、アカデミア、公的機関、国際的パートナーと協働して、政府全体の戦略を実行されており、関連して各連邦政府機関でも AI 研究の様々な研究開発プログラムが開始されている⁵⁴。例えば、国防高等研究計画局（DARPA）の AI NEXT キャンペーンでは「文脈対応」や「説明可能 AI」のテーマで、5 年間 20 億ドルのプログラムが開始された。現在を AI 第 3 の波「Contextual Adaptation」と位置付け、企業および大学が複数参画するプロジェクト体制で、高度な学習機能を維持しながら、より説明可能なモデルを生成する機械学習技術を開発している。

国防総省（DoD）では統合 AI センター（JAIC）が設立されて AI の研究開発拠点が作られた他、国立科学財団でも「国立 AI 研究所プログラム」（最大 5 年、1.2 億ドル）、コンバージェンス加速支援「AI 主導イノベーション」（2 領域で 2700 万ドル）が実施されている。

2020 年 3 月に発行された「国家人工知能イニシアティブ」では、国立人工知能(AI)研究所の設立や、AI の研究開発と人材育成に約 12 億ドル（FY2021）投資されることが決まり、AI 分野にさらなる追加投資されることが決まっている。

○AI イニシアティブ（2019 年）

- 実施機関：政府（指針提示）
- 予算額・期間：8 億 5000 万ドル／年（2020 年）
- 概要：各政府機関に対し、研究開発ミッションにおける AI への投資を優先的に実施するように指示があった。2020 年予算として、エネルギー省（DOE）、国立衛生研究所（NIH）、米国立科学財団（NSF）に合計で 8 億 5000 万ドルが計上される見通しである。

○AI NEXT キャンペーン

- 実施機関：国防高等研究計画局（DARPA）
- 予算額・期間：20 億ドル／5 年（2019 年～2024 年）

⁵⁴ 科学技術振興機構研究開発戦略センター「米国の科学技術政策動向とバイデン新政権」（2020 年 12 月）

- 概要：DARPA は、状況に応じて理解し推論する AI を第 3 の波であるとし、New Capabilities、Robust AI、Adversarial AI、High Performance AI、Next Generation AI への投資を示した。
- 目標設定：以下の 5 つの分野を特定して研究開発を進める計画である。
 - New Capabilities：AI 技術を発展させ、米国の主要な省庁のビジネスプロセスを自動化することが目標である。具体的には、サイバー攻撃のリアルタイム分析、不正画像の検出、全領域戦のための動的キルチェーンの構築、人間の言語技術、マルチモーダル自動標的認識、生物医学の進歩、義肢の制御などの課題が想定されている。
 - Robust AI：故障したときに堅牢である AI 技術を開発することが目標である。具体的には、サイバー攻撃への対応や、AI が導く結果に対する信頼性の判断などの課題が想定されている。
 - Adversarial AI：AI モデルのセキュリティを探究することが目標である。具体的にはデータ破損への対応などの課題が想定している。
 - High Performance AI：より低い電力で高いパフォーマンスを発揮する技術開発をすることが目標である。データセンターの配備の最適化や、AI アルゴリズムのハードウェア設計を想定している。
 - Next Generation AI：AI システムが自らの行動を説明し、常識的な知識を獲得して推論することを目標としている。次世代の AI アルゴリズムを開発するための先駆的な研究を進めることが想定されている。

○ The Networking and Information Technology Research and Development (NITRD) Program

- 実施機関：ネットワーキング・情報技術研究開発（NITRD）
- 予算額・期間：15 億ドル／年（2021 年予算要求）
- 概要：NITRD プログラムは、コンピューティング、ネットワーキング、およびソフトウェアの高度 IT 研究開発について、学際的、マルチテクノロジー、およびマルチセクターの R&D ニーズに取り組むために、複数の機関の活動を調整するプログラム。AI に直接関連する非防衛連邦プログラム（9 億 1,200 万ドル）と AI 関連の他の PCA で報告された取り組み（5 億 9,050 万ドル）、合わせて AI での 15 億ドルの予算要求をした。

○ The NSF-led National Artificial Intelligence Research Institutes

- 実施機関：米国国立科学財団（NSF）
- 予算額・期間：1 億 4000 万ドル／5 年（2020 年～2024 年：2000 万ドル×7 研究所）
- 概要：米国国立科学財団（NSF）と米国農務省を含む追加の連邦パートナーは、機械学習、合成製造、精密農業、予測予測など多くの AI 研究開発分野を加速させるために、NSF 主導の 7 つの AI 研究所に 5 年間で 1 億 4,000 万ドルを授与する。

○ConvergenceAccelerator program

- 実施機関：米国国立科学財団（NSF）
- 予算額・期間：2800 万ドル／年（2020 年）
- 概要：全国規模の社会的課題に取り組み、アイデアを研究から実践に移行するための知識を生み出す 9 つの研究チームを前進させるために 2800 万ドル以上の投資を行う。AI 関連のテーマは以下の通り。

Texas A & M が主導する、次世代の緊急時対応要員のための拡張とロボット工学を備えた学習環境 Skill-XR／パデュー大学が主導する、製造業の労働力教育におけるスキルトレーニングと分析のための手頃でスケーラブルな X-Reality プラットフォーム／EduworksCorporation が主導するコンピテンシー触媒フェーズ II／ヴァンダービルト大学が主導するニューロダイバーシティ雇用のためのインクルージョン AI。

(3) 中国

中国では 2015 年以降、特に製造業のレベルアップを図り、「中国製造 2025」を中心に一連の産業政策を発表してきた。AI 分野については、2017 年 7 月に公表された「次世代人工知能発展計画」に基づき、研究開発の具体的な取組みを進めている。

「次世代人工知能発展計画」では、2020 年から 2030 年までの 3 段階に分けて、注目分野、実現目標、AI 産業市場規模、関連産業市場規模の詳細を定めている。第 1 段階では、2020 年までに AI の技術水準を世界と同じくすることを目標として、AI 関連産業の市場規模を 1500 億元、関連産業の市場規模を 1 兆元とする計画である。第 2 段階では、2025 年までに AI の基本理論を飛躍させ、AI 関連産業の市場規模は 4000 億元を超え、関連産業の市場規模を 5 兆元とする計画である。第 3 段階として、2030 年までに AI の理論、技術、応用について世界をリードするレベルに到達することを目標として、核となる AI 関連産業の市場規模の規模は 1 兆元以上、関連産業の規模を 10 兆元以上に押し上げることを目標としている。

研究開発拠点に関する施策としては、2018 年に設立した北京智源人工智能研究に、北京大学、清華大学、中国科学院、百度、字節跳動などの人工知能（AI）を得意とする機関を集め、新たな科学研究組織の形と人材誘致・育成モデルにより、AI の発展方向及び理論・方法・ツール・システムなどの画期的な進展を推進している。

AI の活用の指針としては、2019 年に「次世代 AI ガバナンス原則」を提唱し、AI ガバナンスの枠組みと行動ガイドラインを示している。発表では、「次世代 AI の健全な発展を促進し、発展とガバナンスの関係をより調和させ、AI の安全・信頼の制御可能性を確保し、経済、社会、生態の持続可能な発展を推進し、人類運命共同体を共同建設するため、AI 発展の各方面の関係者は調和・友好、公平・公正、包括・共有、プライバシーの尊重、安全管理、責任の共同担当、開放・協力、速やかなガバナンス

の 8 つの原則を守らなければならない]⁵⁵（引用）としている。

産業推進の政策としては、中国の有力 5 社を指定して、「AI オープンイノベーションプラットフォーム」を設立しており、事業化の推進を行っている。

Baidu：自動運転

Alibaba：スマートシティ（都市デジタルの計算センタ）

Tencent：医療画像認識（病理診断・病気リスク予測補助）

iflytek：音声認識（音声技術開発、オープンアクセス）

SenseTime：画像認識（大規模監視システム）

今後の研究開発投資として、2025 年までに推定 1 兆 4000 億ドルの投資を行うことを 2020 年に発表している⁵⁶。また、中国科学技術部高技術司の秦勇司長は新世代の AI に 10 億元の投資を行うと発表している⁵⁷。

○新世代人工知能発展計画（AI2030）

- 実施機関：中国政府（指針提示）
- 予算額・期間：予算額の詳細不明。推定 4500 億円⁵⁸／年（2019 年）
- 概要：2030 年までに理論、技術、応用全般で AI 分野の世界のトップになることを目標にした計画である。AI の中心的産業規模を 1 兆元、関連産業規模を 10 兆元にする数値目標が掲げられている。

(4) カナダ

カナダでは、2017 年に AI 産業振興策として、「汎カナダ AI 戦略（Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy）」を発表した。この計画では、トロント、モントリオール、エドモントンの 3 都市における既存の AI エコシステムの成長を推進するため、ベクター研究所（トロント）、MILA（モントリオール）、アルバータ州マシーンインテリジェンス研究所（Alberta Machine Intelligence Institute：AMII、エドモントン）の各都市における AI の主要研究機関に計 1 億 2,500 万カナダドルの研究資金を助成し、国内の AI 分野に特化した研究者の雇用及び人材育成を強化するように求めている。

さらに、カナダ連邦政府は「スケール AI スーパークラスター構想」において 10 年間でカナダ経済に 160 億ドル以上を追加し、16,000 人以上の雇用を創出すると予測している。スーパークラスターは、カナダ国内で人工知能の統合を積極的に推進している国内企業および国際的な企業で構成されている。

⁵⁵ https://spc.jst.go.jp/hottopics/1907/r1907_zhou.html

⁵⁶ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-05-20/china-has-a-new-1-4-trillion-plan-to-overtake-the-u-s-in-tech>

⁵⁷ <https://www.afpbb.com/articles/-/3284253>

⁵⁸ SankeiBiz：<https://www.sankeibiz.jp/macro/news/180226/mca1802260500001-n1.htm>

○Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy

- 実施機関：カナダ政府
- 予算額・期間：1 億 2500 万カナダドル／年（2017 年）
- 概要：高度なスキルを持つ研究者や卒業生の数を増やす、エドモントン、モントリオール、トロントに協調的な AI エコシステムを促進する、AI 技術の進歩に関する経済的、倫理的、政策的、法的に関するグローバルなリーダーシップを示す、AI に関する全国的な研究コミュニティをサポートすることを目的とする。

○Scale AI

- 実施機関：カナダ政府およびケベック州
- 予算額：2 億 3000 万カナダドル／年（カナダ政府）、5300 万カナダドル／年（ケベック州）
- 期間：2017 年
- 概要：民間企業、研究センター、学界、新興企業のコンソーシアム。小売、製造、輸送、インフラストラクチャ、情報通信技術セクターを統合してサプライチェーンを構築。カナダを世界的な輸出リーダーにすることを目指す。1 年間の GDP への影響は 165 億ドル以上、16,000 以上の雇用創出を予想。

(5) ドイツ

ドイツでは AI 産業におけるリーダーシップをとるための予算、そして AI に関するシナリオ、ロードマップ策定のためのプラットフォームづくりに力を注いでいる。

2018 年に連邦政府人工知能戦略（Federal Government's Artificial Intelligence Strategy）を採用した。ヨーロッパの価値基準に基づいた、現代的、安全、一般的な優れた AI アプリケーションを国際商標として確立することを目的とする。連邦政府は 2025 年までに約 30 億ユーロを提供⁵⁹している。政治的目標は以下の通り掲げている。

優れた研究基盤に基づいて、ドイツが人工知能の研究、開発、応用のための世界有数の国となること

- テクノロジーのリーダーシップと品質「AI Made in Germany」
- AI の責任ある開発と使用
- 幅広い社会的対話

また、データから学習し、それを使用して抽象的な方法で記述されたタスクを自律的に完了する機械、ロボット、およびソフトウェアシステムを自己学習システムと定義して、Plattform Lernende Systeme というプラットフォームにて、多様な業界から自己学習システムと人工知能の第一人者を集め、シナリオ、

⁵⁹ <https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html>

推奨事項、ロードマップを提案する⁶⁰。プラットフォームのミッションとしては積極的で公正かつ責任ある社会的共存を確保するための自己学習システムの形成、自己学習システムを開発および使用するためのスキルを強化、異なる視点を組み合わせるための独立した仲介者として機能、人工知能に関する社会内の対話を促進、自己学習システムの適用のための目的とシナリオを開発、研究開発における協力を奨励し、ドイツを自己学習システムの技術の主要サプライヤーとして位置付けることが記載されている。

○Federal Government's Artificial Intelligence Strategy⁶¹

- 実施機関：経済エネルギー省
- 予算額・期間：5 億ユーロ／年（2019 年予算）
- 予算額・期間：30 億ユーロ／5 年間（～2025 年）
- 概要：AI 技術においてドイツとヨーロッパを世界的なリーダーにし、将来のドイツの競争力を確保社会の利益に役立つ AI の責任ある開発と使用を保護。幅広い社会的対話と積極的な政治的措置を背景に、AI を倫理的、法的、文化的、制度的観点から社会に統合することを目指す。

○Plattform Lernende Systeme⁶²

- 実施機関：ドイツ政府
- 予算額・期間：約 660 万ユーロ／5 年（2019 年～2023 年）
- 概要：科学、産業、政治、市民団体からの自己学習システムと人工知能の第一人者を集め、シナリオ、推奨事項、設計オプション、ロードマップを提言した。

(6) 韓国

韓国は自国の強みである半導体領域を軸として、AI の利益を国見が享受できるよう国家戦略を定めている。

2019 年に韓国政府は「AI 国家戦略」を発表した。AI 半導体競争力世界 1 位を目標とし、全ての年齢・職群にわたって全国民が AI の基礎能力を習得することができる教育システムを構築して、平行して世界最高の AI 人材が成長土壌を造成すること、質の高い公共サービスを提供すること、人間中心の AI 時代を実装するために政策的努力を強化することを示した。

2030 年までにデジタル競争力世界 3 位、AI を通じた経済効果最大 455 兆ウォンの創出を掲げて

⁶⁰ <https://www.plattform-lernende-systeme.de/mission-statement.html>

⁶¹ <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/EN/Standardartikel/artificial-intelligence-strategy.html>

⁶² <https://www.plattform-lernende-systeme.de/mission-statement.html>
<https://www.bundestag.de/presse/hib/644000-644000>

いる⁶³。2021年の科学技術情報通信部の予算は17兆5,154億ウォンであり、AI精密医療ソリューション（ドクターアンサー-2.0）に50億ウォン、人工知能+Xプロジェクト503億ウォン、AI演算性能と電力効率を向上させるPIM（Processing In Memory）半導体技術に115億ウォン、人工知能中核人材育成に180億ウォンを投じている⁶⁴。

○政府のAI関連予算総額

- 実施機関：韓国政府
- 予算額・期間：848億ウォン／年（2021年）
- 概要：2021年の科学技術情報通信部の予算は17兆5,154億ウォンのうち、AI精密医療ソリューション（ドクターアンサー-2.0）に50億ウォン、人工知能+Xプロジェクト503億ウォン、AI演算性能と電力効率を向上させるPIM（Processing In Memory）半導体技術に115億ウォン、人工知能中核人材育成に180億ウォンを投資。

(7) フランス

フランスは研究機関、プログラムによる教育、ドイツとの連携によりヨーロッパにおけるリーダーシップをとろうとしている。

2018年に“Intelligence artificielle : "faire de la France un leader"AIを策定し、4つの先約的課題を策定した。

1. エコシステムの強化

Institut National de Recherche en Informatique et en Automatiqueが調整するAIの全国プログラムを確立、5年の終わりまでにAIで訓練された学生の数を2倍に増加、公的研究と産業の間の相乗効果を強化、研究プロジェクトの呼びこみを実施。

2. フランスが健康などの卓越性の可能性を秘めている分野では、オープンデータ方針を策定

公的資金による資金提供された公開データの公開の継続、公的・私的データ交換プラットフォームの作成のサポート、データ使用のためのヨーロッパのフレームワークの作成、National Institute of Health Data（INDS）の安全かつ匿名のフレームワーク内での健康データハブの作成。

3. 研究プロジェクトとAIベンチャー企業への投資

規制の適応（例：自律走行車用）、資金調達（15億ユーロを充当）、継続的な教育（ニーズの予測、コースの個別化など）などの公共政策を改善するためのAI活用

4. AIの規制と倫理

⁶³ <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156366736>

⁶⁴

<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3179650&searchOpt=ALL&searchTxt=>

倫理に関する人間科学の研究のサポート、AI の多様性への開放性を奨励

また、Stratégie nationale de recherche en IA を策定し、世界の AI 領域の上位 5 位のフランスが位置し、フランスが AI 研究のヨーロッパのリーダーになることを目指している⁶⁵。

1. Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (Inria)が主導する AI の全国プログラムを展開
2. 才能のある人を引き付け、支援するプログラム
3. Agence nationale de la recherche (ANR)による AI 研究を後押し（2022 年までに、1 億ユーロが国立研究機関の寄付を強化するために充当。2018 年以降、61 のプロジェクトへ 2,700 万ユーロのサポートが実施）
4. コンピューティングリソースの強化
5. パートナーシップの強化（2022 年までに 6500 万ユーロが国によって投資される予定）
Labcom プログラム：2,000 万ユーロ
カルノー研究所：1000 万ユーロ
Les instituts de recherche technologique（IRT）：3500 万ユーロ。
6. 二国間、ヨーロッパおよび国際協力を強化する
ヨーロッパの AI 戦略に投資し、ドイツと強調するため戦略を構築する計画である。

○Intelligence artificielle : "faire de la France un leader" AI

- 実施機関：フランス政府
- 予算額・期間：15 億ユーロ（2018 年）
- 概要：以下の 4 つの戦略を推進。①エコシステムの強化、②オープンデータ方針を策定、③研究プロジェクトと AI スタートアップへの投資、④AI の規制と倫理

○Stratégie nationale de recherche en IA

- 実施機関：Agence nationale de la recherche (ANR)
- 予算額・期間：6 億 6500 万ユーロ⁶⁶（2018 年～2022 年）
- 概要：Agence nationale de la recherche (ANR)が AI 研究を後押し、2022 年までに、1 億ユーロが国立研究機関の寄付を強化するために充当。2018 年以降、61 のプロジェクトへ 2,700 万ユーロのサポートを実施。パートナーシップの強化（2022 年までに 6500 万ユーロが国によって投資される予定）。Labcom プログラム：2,000 万ユーロ。カルノー研究所：1000

⁶⁵ <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid136649/la-strategie-nationale-de-recherche-en-intelligence-artificielle.html>

⁶⁶ <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid136649/la-strategie-nationale-de-recherche-en-intelligence-artificielle.html>

万ユーロ。Les instituts de recherche technologique (IRT) : 3500 万ユーロ。

(8) シンガポール

シンガポールは特定の領域に絞り、中小企業向けの支援プログラムを掲げることで発展を目指している。

2030 年までに、輸送とロジスティクス、製造、財務、安全とセキュリティ、サイバーセキュリティ、スマートシティと地所、ヘルスケア、教育などの主要セクターにおける影響力のある AI ソリューションにおいてリーダーとなることを掲げている。シンガポールへの経済的影響を与える 5 つのプロジェクトを最初に進める。

1. インテリジェント貨物計画 (Intelligent Freight Planning)
2. シームレスで効率的な地方自治体のサービス (Seamless and Efficient Municipal Services)
3. 慢性疾患の予測と管理 (Chronic Disease Prediction and Management)
4. アダプティブラーニングとアセスメントによるパーソナライズされた教育 (Personalised Education through Adaptive Learning and Assessment)
5. 国境クリアランス業務 (Border Clearance Operations)

戦略を進めるにあたり、中小企業へは SMEs Go Digital というデジタルテクノロジーを使用し、より強力なデジタル機能を構築して、デジタル経済の成長機会の獲得の支援⁶⁷、100 Experiments (100E) という業界の人工知能 (AI) の問題ステートメントを解決し、独自の AI チームの構築を支援するシンガポールのプログラム⁶⁸の活用などの中小企業ツールの情報提供、AI 発明特許を 6 か月まで短縮する Accelerated Initiative for AI を実施している。

また、AI Singapore は、シンガポールを拠点とする全研究機関と、AI の新興企業や AI 製品を開発する企業のエコシステムを結集して、シンガポールの AI の取り組みを強化する知識を深め、ツールを作成し、才能を開発。National Research Foundation (NRF)、Smart Nation and Digital Government Office、Economic Development Board、Infocomm Media Development Authority、SGInnovate、Integrated Health Information Systems で構成される政府全体のパートナーシップによって推進される。NRF からは、AI シンガポールに 5 年間で最大 1 億 5000 万ドルの拠出が予定されている⁶⁹。

○AI Singapore (2019)

- 実施機関：シンガポール政府

⁶⁷ <https://www.imda.gov.sg/programme-listing/smes-go-digital>

⁶⁸ <https://www.imda.gov.sg/programme-listing/smes-go-digital>

⁶⁹ <https://www.nrf.gov.sg/programmes/artificial-intelligence-r-d-programme>

- 予算額・期間：最大 1 億 5000 万ドル（2019 年～2024 年）
- 概要：シンガポールは特定の領域に絞り、中小企業向けの支援プログラムを掲げることで発展を目指している。2030 年までに、輸送とロジスティクス、製造、財務、安全とセキュリティ、サイバーセキュリティ、スマートシティと地所、ヘルスケア、教育などの主要セクターにおける影響力のある AI ソリューションにおいてリーダーとなることを掲げている。

(9) イスラエル

イスラエルではベンチャー企業に力を注いでおり、資金調達支援をしている。

イスラエルイノベーションオーソリティはベンチャー企業に対して実用的ツールや資金調達プラットフォームを提供するため設立された。同組織の集計によると、2011 年から 2019 年にかけて、イスラエルのハイテク AI プロジェクトへの投資は、3 億 500 万ドルから 40 億ドルへと 12.5 倍に増加し、2019 年のイスラエルのハイテクに投資された総額の 42%が AI 技術に向けられたことを示した⁷⁰。

イスラエルイノベーションオーソリティは革新的な AI 技術を備えた企業に支援を提供しており、2019 年は AI 技術に取り組んでいる 219 社に、総額約 4 億 1500 万シケルの助成金を提供した。

また、ソフトウェアインフラストラクチャやコードなどの AI をサポートする専用データベースと技術ツールの開発を促進するために、さまざまな MAGNET（一般的な技術の開発のための企業と学術研究者間のコラボレーション）とユーザー組織を支援し、そのようなインフラストラクチャへの総投資額は、プログラム期間全体で合計 3 億 2,000 万シケルに達する予定である。

○Israel Innovation Authority's 2019 Innovation Report

- 実施機関：Israel Innovation Authority
- 予算額・期間：R&D プロジェクト 17.3 億シケル／年（2019 年）、
- 予算額・期間：R&D の奨学金 3 億 4000 万シケル／年（2019 年）
- 概要：独立した公的資金による機関として Israel Innovation Authority を設立。さまざまな実用的なツールと資金調達プラットフォームを提供する。2019 年 Israel Innovation Authority が合計 17.3 億シケルを 1,650 の R&D プロジェクトに資金提供。EU は Israel Innovation Authority が資金提供するイスラエルの中小企業に 8900 万ユーロ（3 億 4000 万シケル）の R&D 奨学金を提供した。

○Bolstering Artificial Intelligence

- 実施機関：Israel Innovation Authority
- 予算額・期間：AI プロジェクトに 40 億ドル投資／年（うち 40%が AI 関連）（2019 年）

⁷⁰ <https://innovationisrael.org.il/en/reportchapter/bolstering-artificial-intelligence-0>

- 予算額・期間：企業 219 社に、総額約 4 億 1500 万シケル（2019 年）
- 概要：2011 年から 2019 年にかけて、イスラエルのハイテク AI プロジェクトへの投資は、3 億 500 万ドルから 40 億ドルへと 12.5 倍に増加。また、2019 年に、イスラエルのハイテクに投資された総額の 42%が AI 技術に向けられている。Israel Innovation Authority は AI 技術に取り組んでいる 219 社に、総額約 4 億 1500 万シケルの助成金を提供。

1.4 AI の社会実装状況調査のまとめ

■ 我が国が狙うべき AI 社会実装領域について

世界市場規模の予測から、ヘルスケア、製造業が市場成長のけん引役になると考えられる。日本の市場においてもヘルスケア領域の市場成長が大きいと予測されている。ベンチャー企業の動向を見ると、我が国はヘルスケア領域のベンチャー企業の資金調達額が大きく、今後市場が成長していく領域であると予想される。

AI の事例分析では、医療領域は画像診断系などに集中している一方、介護領域は多様なソリューションがある。医療・ヘルスケア領域は人に対するサービスを支えるニーズがあるため、今後はヒューマン・インタラクションに関するソリューションが増えていくと考えられる。

製造業領域の AI 市場は規模が大きく、日本でも取り組まれている外観検査、異常検知等を含めて、今後さらに成長していく領域である。

教育領域については各国で教育システムが異なることから、教育 AI サービスは英語学習などの汎用的なものが広まるか、各国にローカライズした教育 AI サービスが展開されていくと考えられる。日本においてもアダプティブラーニングを取り入れた教材が増えている。今後は生徒の学習支援や教員の業務支援を行う教育 AI サービスの導入が進んでいくと考えられる。

その他に、チャットボットやレコメンド機能等、顧客などの事例があり、表情の認識や音声の認識による感情の推定等のサービスも活用されはじめている。しかし、人間の感情推定や行動予測をするには人の表面上を画像としてとらえるだけでは難しい面もあり、今後は身体の動きや前後のストーリーの考慮や文脈理解の研究開発が必要である。こうしたヒューマン・インタラクション技術が開発されてサービスに導入されていくことで、宿泊、小売などを含めた幅広い産業領域で、生産性の向上、業務負荷軽減、サービスの質の向上が期待できる。

第2章 ヒューマン・インタラクション技術に関する調査

2.1 概要

AI 技術は、加速度的に発展しており、世界の至る所でその応用が進むことにより、広範な産業領域や社会インフラなどに大きな影響を与えている。AI が社会に浸透する中で、日本では「人間中心の AI 社会原則」⁷¹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上での基本指針が出された。こうした中で、人と AI が協調することを目指すヒューマン・インタラクション技術は、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、果たす役割は大きい。

ヒューマン・インタラクション分野の研究開発では、介護、教育、接客等のような高度なインタラクションを必要とする分野において、これまで出来ていない人の状況変化・会話・表情・身振りなどの現場情報を収集して AI 等で分析することで、複雑で予測が困難な人の認知・行動を理解することができる。また、これまでのように決められたシナリオベースの対応だけではなく、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といった、人と AI の協調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。

本章では、「2.2 社会的ニーズ」でヒューマン・インタラクション分野の社会的需要を概観する。ヒューマン・インタラクション技術は生産性向上に寄与することが期待されており、生産性向上の社会的、経済的、政策的な意義を説明する。その後、特に教育領域、介護領域、接客領域における AI 関連の市場環境及びヒューマン・インタラクション技術に関連するソリューションを紹介する。

「2.3 ヒューマン・インタラクション技術の研究動向」では、ヒューマン・インタラクションに関わる要素技術の整理をした上で、2020 年現在における研究動向を紹介する。対象とする産業領域としては特に「教育領域」、「介護領域」、「接客領域」に焦点をあてている。また、ヒューマン・インタラクション技術を、「感情認識」、「文脈理解・行動予測」、「教育領域の研究」、「介護領域の研究」「接客領域の研究」に分けて研究動向を紹介する。

「2.4. ヒューマン・インタラクション技術の社会実装動向」では、教育領域、介護領域、接客領域における AI 製品のビジネス事例を紹介する。

⁷¹ <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/jinkouchinou/>

2.2 社会的ニーズ

2.2.1 市場環境の整理

ヒューマン・インタラクション技術が貢献することが期待される「人の生産性向上」は社会的、経済的、政策的に重要な課題である。日本の人工知能技術戦略会議においてまとめられた「AI 戦略 2019」では、人工知能技術戦略及びその産業化ロードマップの中で、「生産性」は重点分野の中核に位置付けられており、官民が連携して人工知能技術の研究開発から社会実装までに取り組むこととして、各省庁において実行計画がまとめられている。

また、労働生産性は国際的な産業競争力の尺度である。現時点の日本の労働生産性は OECD 加盟 36 か国中 21 位と低迷しており、今後 10 年程度で、その時点の米国、ドイツ、フランスなど同等の労働生産性水準に到達するには、我が国は、6%強の名目労働生産性の成長率を 10 年間維持する必要があると試算されている⁷²。

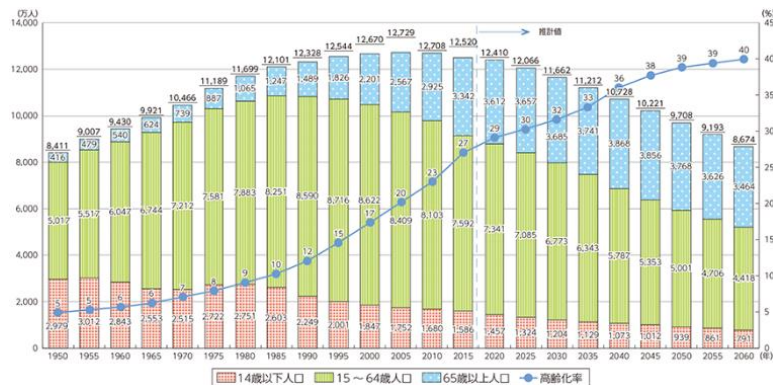
ここでは、社会的観点、経済的観点、政策的観点の 3 点から、生産性向上に関する社会的需要を整理した上で、目指すべき生産性向上について説明する。

(1) 社会的観点：労働人口の減少

日本における社会的変化の課題として労働人口の減少が挙げられる。少子高齢化の進行により、日本の生産年齢人口は 1995 年をピークに減少に転じており、総人口も 2008 年をピークに減少に転じている。総務省「国勢調査」によると、2015 年の総人口（年齢不詳人口を除く）は 1 億 2,520 万人、生産年齢人口（15 歳～64 歳）は 7,592 万人である。

国立社会保障・人口問題研究所の将来推計（出生中位・死亡中位推計）によると、総人口は 2030 年には 1 億 1,662 万人、2060 年には 8,674 万人（2010 年人口の 32.3%減）となり、生産年齢人口は 2030 年には 6,773 万人、2060 年には 4,418 万人（同 45.9%減）にまで減少すると見込まれている（図表 2-2-1）。

図表 2-2-1 我が国の人口の推移
(総務省「平成 28 年度版情報通信白書」(2016))

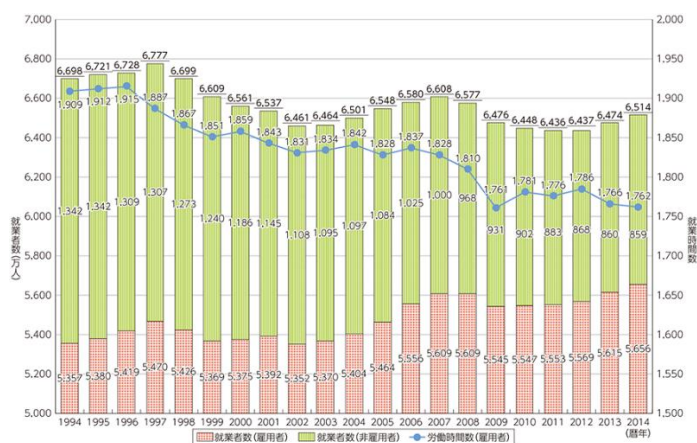


⁷² <https://www.jpc-net.jp/research/assets/pdf/R2attached2.pdf>

就労人数については、就業者のうち非雇用者（自営業主や家族従業者等）数が減少する一方、雇用者数は2011年以降増加傾向にある（図表2-2-2）。パートやアルバイト、契約社員、嘱託など非正規の職員・従業員が増加することによって、雇用者1人当たりの総労働時間数は減少傾向である。雇用者の労働投入量を、「（平均的な）雇用者数×（平均的な）一人当たり労働時間」ととらえると、雇用者の労働力は短期的には横ばいないし微増傾向、長期的には減少傾向にある⁷³。

日本生産性本部の調査・分析結果⁷⁴によると、医療や情報通信分野を中心とした就業者の増加傾向がみられる一方、飲食業や小売・運輸などで人手不足が顕在化しつつあり、既に労働供給力は限界であると報告されている。これは、1990年代から長らく続いてきた設備や人材などの供給が基本的に過剰だった状況が終焉し、供給力不足が経済の制約要因になりつつあることを示している。省力化を第一とした生産性向上を進めなければ、労働力不足が企業活動のボトルネックになりかねない状況にあると指摘されている。

図表 2-2-2 就労人数及び労働時間数の推移
（総務省「平成28年度版情報通信白書」（2016））



⁷³ <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/>

⁷⁴ <https://www.jpc-net.jp/research/assets/pdf/R89attached2.pdf>

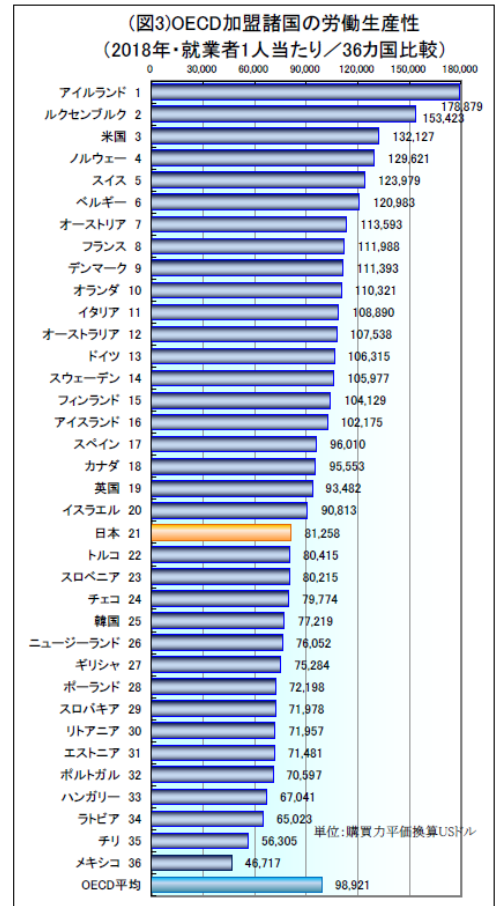
(2) 経済的観点：低生産性

人口減少や労働者数の伸び率が低減してきている日本にとって、労働生産性を高めることは国家の重要課題である。しかし、現時点の日本の労働生産性は OECD 加盟 36 カ国中 21 位である（図表 2-2-3）。また、日本の名目労働生産性は 1995 年度から 2019 年度までで大きな変化がなく、労働生産性の高い先進諸国との格差が、若干広がっている（図表 2-2-4）。

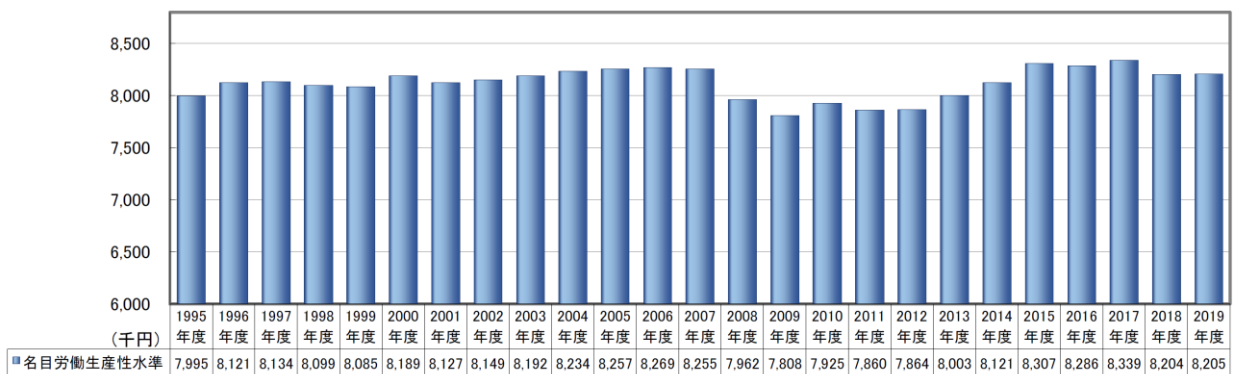
労働生産性の高い米国と産業毎に比較すると、大半の産業において労働生産性が米国を下回っている（図表 2-2-5）。日本の主要産業である製造業の労働生産性が下回っていることに加えて、特に、サービス産業においては、格差拡大の傾向が続いている。その他に重要な点として、付加価値シェアの大きい卸売・小売において、国際順位の低下、先進各国との生産性格差の拡大が見られている。

こうした傾向から、他国におけるテクノロジーの発展とその活用が進む中で、日本が追いついていないという指摘がなされている⁷⁵。

図表 2-2-3 OECD 加盟諸国の労働

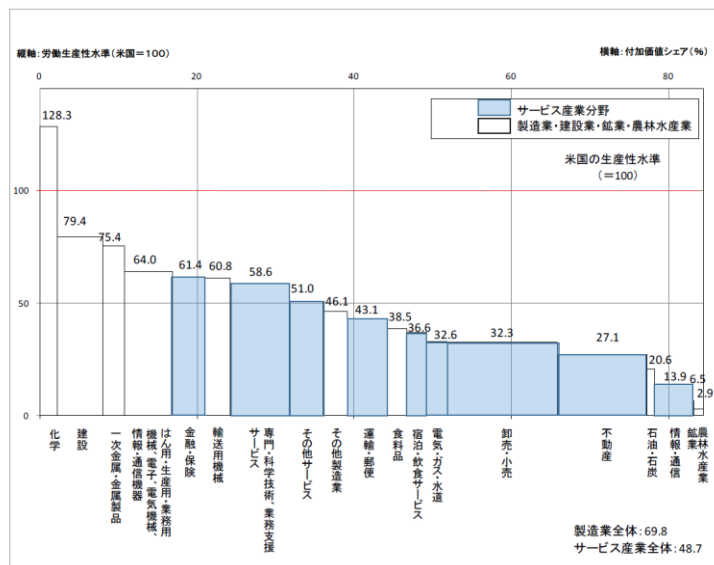


図表 2-2-4 日本の名目労働生産性の推移



⁷⁵ https://www.jpc-net.jp/research/assets/pdf/10bad8fb307149202fee4c4be50b5f9d_1.pdf

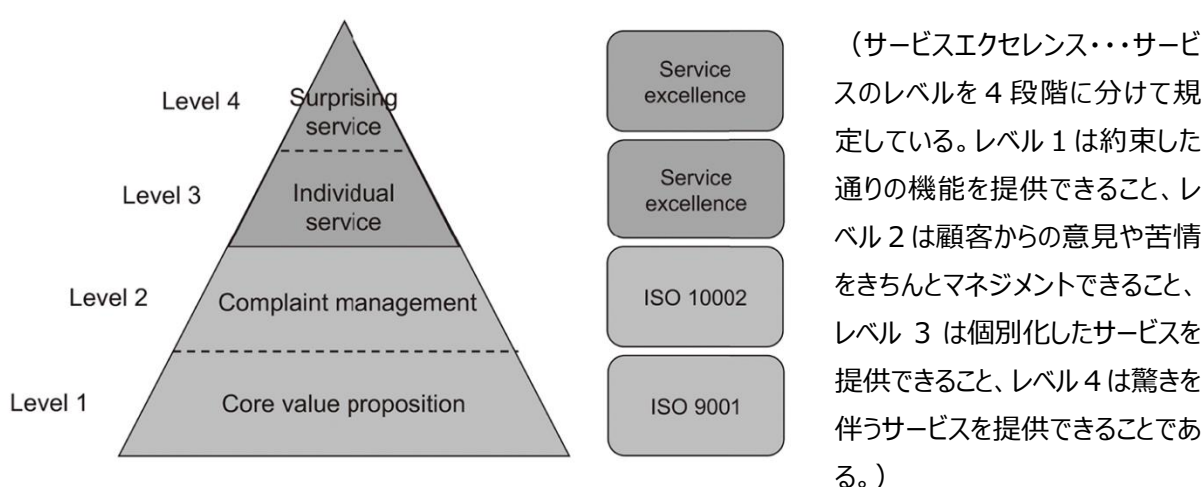
図表 2-2-5 日米の産業別生産性（1時間あたり付加価値）と付加価値シェア（2017）



(4) 目指すべき生産性向上

生産性向上を進めるための有効な方法の 1 つは、より質の高い製品やサービスに関わる業務へのシフトを目指すことである。「サービスエクセレンス・ピラミッド」⁷⁷（図表 2-2-7）を基に考えると、これまでの AI 技術はレベル 1「品質管理された基本基盤価値の提供」やレベル 2「顧客のニーズや不満に応じた改善」に寄与してきた。今後は、レベル 3「状況や履歴によって個別化した対応による高度な価値提供」や、レベル 4「顧客の期待を越える高度な価値提供」を目指すことで、現状技術ではできない高度な業務の生産性向上が実現可能になる。

図表 2-2-7 サービスエクセレンス・ピラミッド



業務効率化を目指した生産性向上の目標値としては 10%程度が妥当であると考えられる。2030 年の労働市場の推計⁷⁸によると、日本全体の労働需要 7,073 万人に対して労働供給は 6,421 万人であり 644 万人の不足と試算されているが、10%の生産性向上が実現すれば労働需要を満たすことができる。サービス職業従事者（介護職員、看護助手、理容師、調理人、飲食物給仕従事者等）についても同様で、2030 年の労働需要 1,014 万人に対して、労働供給 943 万人の 10%の生産性向上が実現できれば労働需要を満たすことができる。

SIP 第 2 期の「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」では、生産性（作業時間・習熟速度・エラー率等）を 10%以上向上させる実用化例を 20 以上創出することを目標に掲げているが、この生産性向上の目標値は将来の労働不足を解消することに貢献すると考えられる。

⁷⁷ https://www.jstage.jst.go.jp/article/serviceology/4/3/4_40/_html/-char/ja

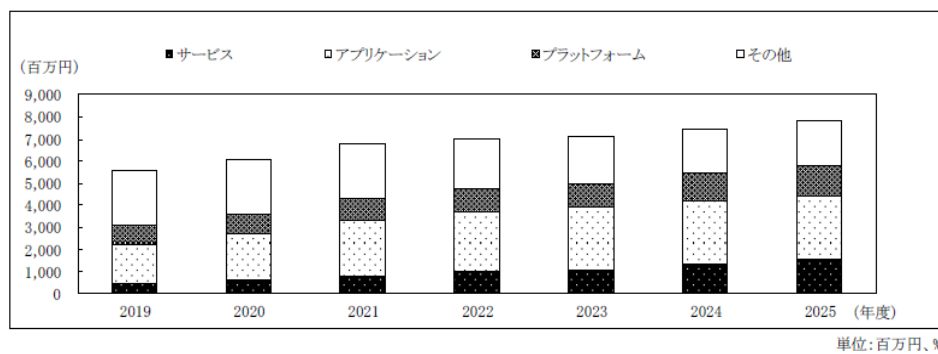
⁷⁸ https://rc.persol-group.co.jp/news/files/future_population_2030_3.pdf

2.2.1 教育領域の市場環境

ここではヒューマン・インタラクション技術に関連する教育領域のニーズとして、関連する市場規模や具体的なソリューションを紹介する。

教育領域の AI 関連（アダプティブラーニング）の市場規模は、56 億円（2019 年）と算出されている。具体的な教育領域の AI ソリューションは学習塾や学校向けのアプリケーションが展開されている。これまでに、対応する学年や教科などが増えており、他の e ラーニング教材との併用なども行われることから、ベンダー各社は SaaS の作りこみを進めているため、アプリケーション比率はさらに高まるとみられる。

図表 2-2-8 教育領域の AI 市場規模（アダプティブラーニング）の推移⁷⁹



また、学習コンテンツやデータを学習させ、独自のソリューションを開発するプラットフォームの提供やユーザーによる個別開発も進んでおり、大手学習塾や e ラーニングベンダーを中心に導入が広がっている。大手学習塾は長年培ったティーチングスキルやノウハウを生かして独自のコンテンツを作成することで差別化を図る考えであり、e ラーニングベンダーは保有している膨大なコンテンツや学習データを活用して既存プロダクトの付加価値化を進めている。

今後は、アプリケーションの導入が進むとともに、対応外の教科などでは受託開発やプラットフォームを活用した開発が行われるとみられる。

政府施策としても、文部科学省の「GIGA スクール構想」をはじめ、総務省や経済産業省などの各行政機関も教育の ICT 化に向けて大幅な財政措置に取り組んでおり、さまざまな補助金/給付金政策を受けて、当該製品の導入も加速度的に進むとみられる。

⁷⁹ 富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス総調査」

図表 2-2-9 教育領域の AI ソリューションの事例

企業名	プロダクト名 (プラットフォーム)
Classi	Classi : 授業や校務などの学校教育をトータルサポートするプラットフォーム。Classi に蓄積された学習履歴や、多くの学校で採用されるベネッセのテストの結果にもとづき、学習コンテンツをリコメンドする機能がある。
デジタル・ナレッジ	「KnowledgeDeliver」: 教材作成 – 学習 – 運用管理の学習管理システムができる e-learning プラットフォーム。AI を活用した対話型 (リスニング & スピーキング) トレーニングの作成や、先生のアシスタント機能などの学習支援ツールを提供している。
COMPASS	「COMPASS ENGINE」: AI 活用教材のプラットフォーム。教材をカスタマイズして提供、レコメンドする機能などあらゆる学習教材に適用が可能な AI 機能が附随している。
モノグサ	「Monoxer」: 知識習得や記憶定着のプラットフォーム (2 年程度で 2500 教室に導入)。覚えるべきことのデータをインポートするとその答えを導き出すための問題を Monoxer が自動生成する機能がある。
ニュートンジャパン	Knewton : 米国発企業。アダプティブ・ラーニングのプラットフォーム (デジタル・ナレッジと業務提供してソリューション提供)。心理統計学、項目応答理論、認知学習理論、インテリジェント・チュータリングシステムなどに基づく AI エンジンで、アプリケーションや CMS の AI 基盤を提供している。
凸版印刷	CoreLearn : 社空人向けの e-ラーニングプラットフォーム。各学習者の学習状況に応じて出題を変える AI 技術が組み込まれている。

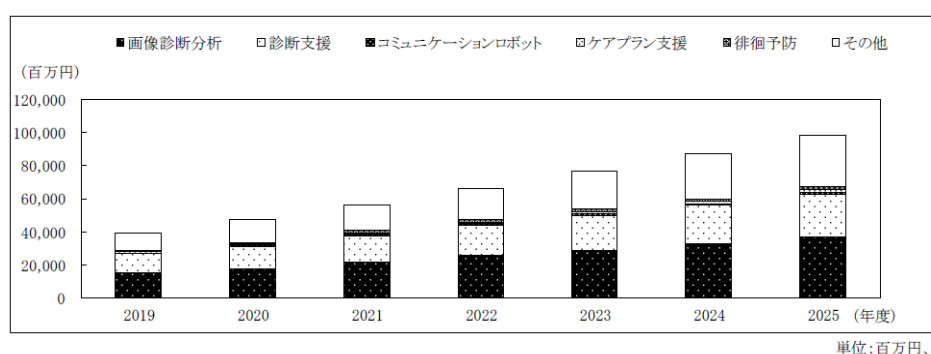
企業名	プロダクト名 (アプリケーション)
Atama plus	「atama+」：中学・高校の数学、英文法・語法。高校の物理、化学が学べる AI 教材。生徒一人一人の習熟度、学習スタイルや学習履歴などに基づいて AI が最も効率的な組合せを選んでカリキュラムを自動生成する。
COMPASS	「Qubena」：小学生・中学生向けの算数、数学、英語の教材。生徒一人一人に合わせて最適な問題を出題する機能や、生徒の理解度をリアルタイムで収集・分析して教員による指導を支援する機能がある。
すららネット	すらら：小学校高学年から高校生までの国・数・理・社・英 ピタドリ：小学校～高校生までの国・数・理・社・英 一人一人の習熟度に応じて理解→定着→活用のサイクルを回して学習内容の定着を支援する。
凸版印刷	やる key：小学校 3 年生～6 年生の算数の教材。 アダプティブラーニングの機能、理解度把握の機能などを含む教材を提供している。

- 2.2.2 介護領域の市場環境

ここではヒューマン・インタラクション技術に関する介護領域のニーズとして、関連する市場規模や具体的なソリューションを紹介する。

介護領域においては、社会福祉／介護施設における職員の業務負担軽減を目的とした AI 活用（主要 AI ソリューション：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）が進んでおり、主要 AI ソリューションの市場規模は 21 億円（2019 年）と算出されている。

図表 2-2-10 医療/社会福祉/介護業の AI 市場規模の推移⁸⁰



社会福祉/介護業は、IT システム導入があまり進んでいない業種で、予算の関係で大半の企業が未導入であり、自治体との実証実験や共同研究段階のものも多く存在する。少子高齢化が進む中、職員の業務負担は年々大きくなっており、職員の離職率の高さ、サービス品質の低下などの課題が徐々に顕在化している。今後は、AI を活用したソリューションにより、職員の業務負担軽減や、経験が浅いケアマネジャーでも入居者に応じたケアプランの作成を可能とするなど、職員の職場満足度を向上させ、離職率低下につなげることで、入居者に対するサービス品質の安定化につなげていくことが重要になるとみられる。

介護施設に入るまでの予防や要介護度予測に関わる製品・サービスの研究開発も進んでいるが、市場が形成されておらず、ビジネスモデルはまだ確立されていない。介護の質を高める製品・サービスに対して個人が支払うことは想定しにくいいため、健康増進などの目的で自治体を対象にサービス展開をすることがアプローチの一つの方法である。

その他、医療業を中心に書類処理業務の効率化や手術支援ロボット、職員の雇用形態や業務能力に応じた勤務表自動作成などがソリューションとして導入されている。現状、診断や治療などでの利用が多いが、最近では健康促進や予防医療などの領域に注目が集まっており、健康管理関連のシステムにおける AI 活用が期待されている。

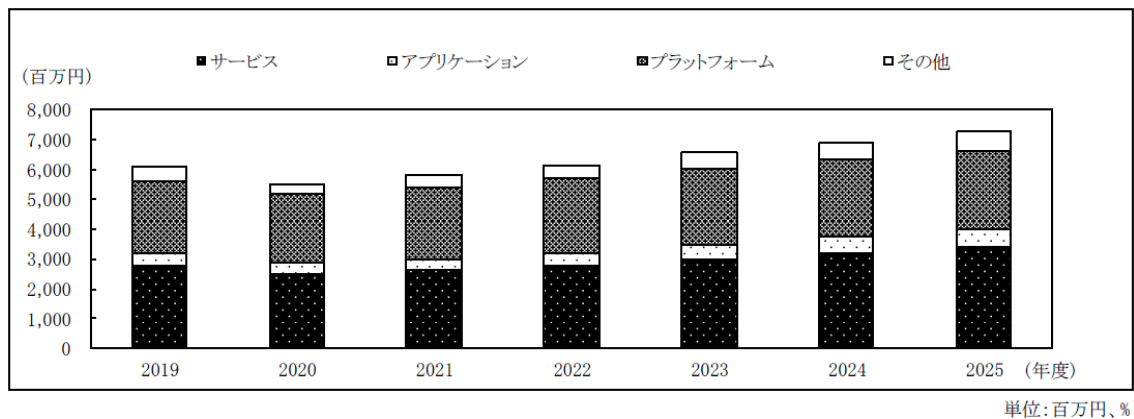
⁸⁰ 富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス総調査」

- 2.2.3 接客領域の市場環境

ここではヒューマン・インタラクション技術に関する接客領域（サービス業）のニーズとして、関連する市場規模や具体的なソリューションを紹介する。

接客領域のうち、店舗支援における AI 市場の規模は、61 億円（2019 年）と算出されている。具体的に、店舗支援ソリューションとしては、来店客や店舗スタッフ、出入り業者の行動解析に基づく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、来店客の属性などに基づくモバイル端末やサイネージによる接客助言・商品販促（レコメンド）などが挙げられる。その中で、カメラを活用して来店客の人数や性別、年齢、店内での行動（目線、棚前行動、試着室への持ち込み他）などを計測/解析し、KPI の検証や接客業務の支援、販促物の効果検証などを実現する行動解析 AI が注目されている。

図表 2-2-11 接客領域の AI 市場規模の推移⁸¹



サービスとしては、分析プラットフォームの有効活用に向けたコンサルティングサービスや個別開発、運用支援などが中心であるが、データの収集から分析までを請負い、その結果をユーザーに報告する複合的なサービスも行われている。同サービスは、報告内容がユーザー内での MD 施策に活用されるだけでなく、MD 会議用資料への翻案なども見越して総合的にサポートすることで、IT 活用に慣れていない企業でも積極的な導入がみられ、外注が拡大している。また、分析用プラットフォームの独自開発では、BI ツールなどのアプリケーションや分析用エンジンなどの AI 基盤、クラウドなどの共通インフラから構成され、誰でも容易に活用することができる UI/UX に向けた開発が続いている。

⁸¹ 富士キメラ総研「2020 人工知能ビジネス総調査」

2.3 ヒューマン・インタラクション分野の研究動向

2.3.1 ヒューマン・インタラクション技術の体系化

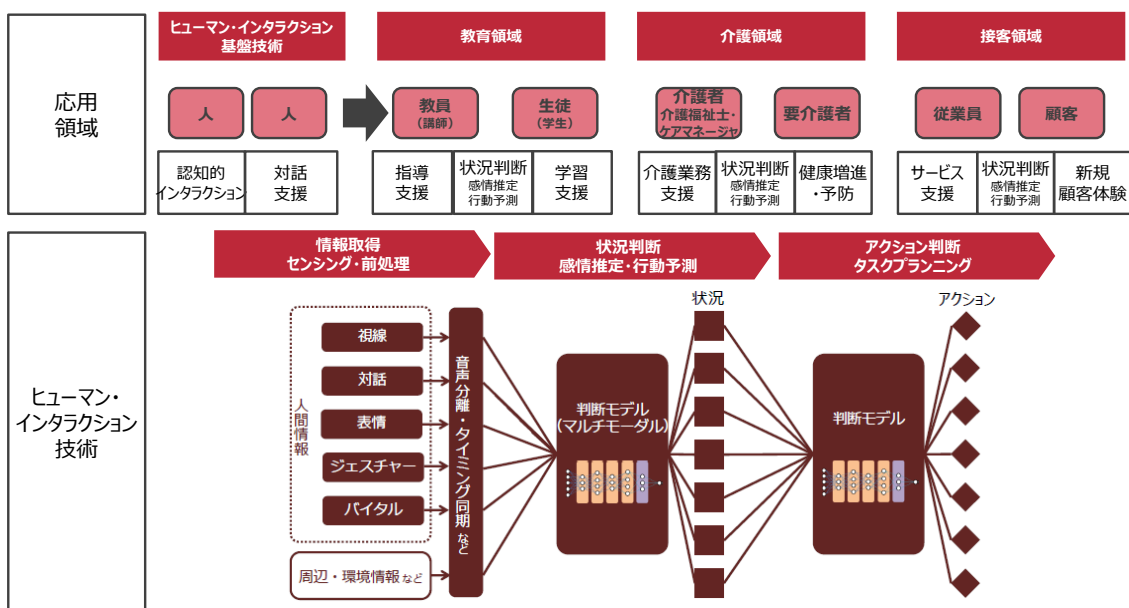
ヒューマン・インタラクション技術は、複雑で予測が困難な人の認知・行動を理解することで、臨機応変に迅速で違和感なく人の状況判断やコミュニケーションを支援する技術である。ヒューマン・インタラクション技術は情報科学分野の画像認識、自然言語処理、機械学習などの様々な技術が有機的に連携した技術領域であり、基本機能としては「情報取得（センシング）」「マルチモーダル状況判断」「アクション判断」の3つに分けることができる（図表 2-3-1）。

「情報取得（センシング）」では人間情報の視線、対話、表情などに加えて、周辺環境情報を取得し、「マルチモーダル状況判断」では様々な情報をもとにした状況判断を行い、「アクション判断」では適切なアクションを判断して、実行する。これらを組み合わせた「認知インタラクション技術」や「対話支援技術」は人のコミュニケーションを支援する基盤技術であり、とくに、教育領域、介護領域、接客領域では人の行動と認知を支援する高度なコミュニケーションを可能にする。

例えば、教育領域では教育を通じた教員と生徒のインタラクションについて、感情推定や行動予測に基づいた状況判断をした上で、教員には教育指導の支援を行い、生徒に学習意欲などの精神的側面や個人の理解度に合わせた学習支援をすることができる。同様に、介護領域の介護者と要介護者、接客領域の従業員と顧客について、人と人との関係性や文脈の状況判断をした上で、それぞれの人を支援する働きかけを行うことが可能である。ヒューマン・インタラクション技術が実現を目指すことは、これまでの機械学習技術によって実用化されている業務効率化や人の作業の代替に留まらず、人の行動と認知を支援して業務や作業の質を高めることができる。

以降で、ヒューマン・インタラクション技術について紹介する。

図表 2-3-1 ヒューマン・インタラクション技術



■「情報取得（センシング）」

センサーなどを使用して、物理的、化学的、生物学的特性を検出してさまざまな情報を計測・数値化する技術を指す。

人に関わるセンシング機器としては、血圧、心拍、筋電系、心電計、加速度センサー、温度センサーなど、様々なバイタルデータを取得する機器があり、ヘルスケア領域では健康維持・健康増進などの目的で活用されている。

■「マルチモーダル状況判断」

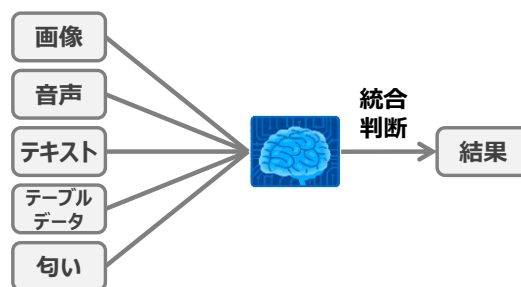
「マルチモーダル状況判断」とは様々な種類（画像、音声、テキストなど）の入力情報を利用して状況判断することを指す。多様な情報を扱って判断をする技術によって、人間の周囲の状況を適切に認識して、その状況に合った判断をすることが可能になる。

特にヒューマン・インタラクション技術に関連するキーワードとして「感情推定」、「文脈理解」、「行動推定」が挙げられる。人間の意思決定は必ずしも合理的ではなく、心理状態や感情にも左右されることが知られている。そのため、人の状態を認識し、インタラクティブにやり取りを行う上で、これらは重要な技術であり、人とのコミュニケーションを行うときには含まれているタスクである。

マルチモーダル状況判断技術は産業分野の様々な場所で活用できる。例えば、様々な業種業界で実施されている検査や審査といった業務は、現状は多くの場面で熟練者の勘や経験によってなされているため、完全なロジック化・システム化が難しいとされている。しかし、マルチモーダル状況判断技術を用いることで、熟練者の認知している多様な情報をもとにして、熟練者と同様の高い質での検査や審査を行うことが可能になる。

その他、人間の行動や状態を正しく認識することは、AI があらゆる人間の生活を支援することの基盤技術となり、人間の状況に合わせて適切なタイミングとやり方をとることに役立つ。

図表 2-3-2 マルチモーダル状況理解



■「アクション判断」(タスクプランニング)

タスクプランニングとは、達成すべき仕事を、操作と事象に関する推論に基づいて、対象とするロボットが直接実行可能なレベルの操作に分割し、必要なセンシング手続きを加えて、スケジューリングを行って適切な手順を得ることを指す。

応用例としては、労働力不足の解決手段として、ロボティクス技術と組み合わせた工場の製造工程、商品加工工程など、作業内容が頻繁に変わる現場におけるタスク処理などで用いられている。

2.3.2 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、コンピューター・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 2-3-3）。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）」などのキーワードが研究のタイトルや要旨に含まれているかどうかで判断を行った。

図表 2-3-3 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。紹介する研究内容について、ヒューマン・インタラクション分野の技術キーワードの包含関係を示したのが図表 2-3-4 である。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と、特定の産業領域を想定された実証研究段階のものがあり、本稿では「感情認識」、「文脈理解・行動予測」、「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。

次節では、「感情認識」「文脈理解・行動予測」の研究と、「教育領域」「介護領域」「接客領域」を想定した研究を紹介する。

図表 2-3-4 ヒューマン・インタラクションに関する研究動向

No.	分類	出版年	タイトル	出版	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	ヒューマン・インタラクション
1	感情認識	2019	Multimodal and Multi-view Models for Emotion Recognition	Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics		●			
2		2019	A Multimodal Emotion Sensing Platform for Building Emotion-Aware Applications	arXiv:1903.12133 [cs]	●	●			
3	文脈理解・行動予測	2019	From Recognition to Cognition: Visual Commonsense Reasoning	2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)			●	●	
4		2019	Drill-down: Interactive Retrieval of Complex Scenes using Natural Language Queries	Advances in Neural Information Processing Systems 32 (NIPS 2019)			●	●	
5		2020	Adaptive social networks promote the wisdom of crowds	PNAS May 26, 2020 117 (21) 11379-11386				●	●
6		2019	Proactive Robots With the Perception of Nonverbal Human Behavior: A Review	IEEE Access				●	●
7	文脈理解・行動予測	2019	Gaze-based, Context-aware Robotic System for Assisted Reaching and Grasping	2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)			●	●	●
8		2020	Multimodal estimation and communication of latent semantic knowledge for robust execution of robot instructions	The International Journal of Robotics Research				●	●
9		2019	Collaborative User Responses in Multiparty Interaction with a Couples Counselor Robot	2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)				●	●
10		-	Laboratory: Humanoid Sensing and Perception	(Research Group)				●	●
11		2018	Building predictive models of emotion with functional near-infrared spectroscopy	International Journal of Human-Computer Studies.				●	●
12		2019	RESCUE: A framework for Real-time feedback on behavioral CUEs using multimodal anomaly detection	Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems				●	●
13	教育領域	2020	Impact of Interaction Context on the Student Affect-Learning Relationship in Child-Robot Interaction	Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction				●	●
14		2019	Investigating the Impact of a Real-time, Multimodal Student Engagement Analytics Technology in Authentic Classrooms	Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems				●	●
15		2020	Is More Autonomy Always Better? Exploring Preferences of Users with Mobility Impairments in Robot-assisted Feeding	Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction				●	●
16	介護領域	2018	RoboChain: A Secure Data-Sharing Framework for Human-Robot Interaction.	The Tenth International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine eTELEMED				●	●
17	接客領域	2020	Autonomously Learning One-To-Many Social Interaction Logic from Human-Human Interaction Data	Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction				●	●
18		2015	Effects of Agent Appearance on Customer Buying Motivations on Online Shopping Sites.	Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems				●	●

2.3.3 感情認識に関する研究動向

感情認識に関する研究では、人間の感情を AI 技術で推測する研究が行われている。具体的には、表情などの画像認識や発話などの音声認識によって、「喜び (joy)、恐れ (fear)、悲しみ (sad)、怒り (anger)、嫌悪 (disgust)」などの判断を行っている。

感情認識に関する研究を支える共通基盤として、表情や感情に関するデータベースが揃っており、研究者や企業に使われている。例えば、米国の Paul Ekman らに作られた The Facial Action Coding System (FACS) は研究用途で自由に使うことができるデータベースである。企業においても、Affectiva 社が FACS のデータベースを使った感情認識 AI のサービスを提供している。

感情認識の技術は、すでに実用化・商用化されているものも多く、様々な分野で活用されることが期待されている。自動車、電車などのインフラサービスの提供者には、いら立ち、不安、精神状態を正確に事故などのリスクを防ぐとともに、より快適な空間を提供することが可能になる。また、小売業では、店舗のカメラを使用して、顧客の表情などをもとに接客サービスを行うシステムなどが開発されており、実際の店舗で利用することが想定されている。

現在の技術課題としては、多様なセンシング情報をもとに感情認識の精度をさらに高める研究がされている。具体的には、人の状態をより正確に把握するために、表情、音声などの複数のセンシング情報をもとに、「感情認識」の精度を高めることや、「感情認識」と「行動データ」などを組み合わせて行動予測をする研究が進められている。

今後は、感情認識 AI をサービスとして提供する大手企業、ベンチャー企業がすでに存在しており、感情認識の技術は多様な産業領域で社会実装されていくと考えられる。

○語彙の意味情報と音響情報を、アテンション機構を用いた深層学習により感情認識を行った研究

発話からの感情認識について、ベクトル化した語彙の意味情報と音響情報を同時に深層学習で学習することで精度が向上することを確認した。加えて、アテンション機構を用いた深層学習によりさらに精度が向上することが確認された。

(2019 Multimodal and Multi-view Models for Emotion Recognition. Aguilar, Gustavo; Rozgić, Viktor; Wang, Weiran; Wang, Chao. arXiv:1906.10198)

○マルチモーダルな感情センシングのプラットフォームに関する研究

マルチモーダルセンシングプラットフォームとして、ユビキタスセンサー（カメラとマイク）やトラッキングシステムを活用したリアルタイムでのマルチモーダルデータの検出を可能にする検出プラットフォームを開発した。具体的には、マイクによる Voice Activity Detection (VAD)、Speech Recognition、Language Sentiment Analysis、Voice Prosody Analysis、カメラによる Face Detection、Face Recognition、Face Expression Recognition、Pose Estimation、Physiology、その他、Calendar、Email、Keyboard、Mouse などのログデータを可能にしている。

(2019 A Multimodal Emotion Sensing Platform for Building Emotion-Aware Applications McDuff, Daniel; Rowan, Kael; Choudhury, Piali; Wolk, Jessica; Pham, ThuVan; Czerwinski, Mary arXiv:1903.12133 [cs])

2.3.4 文脈理解・行動予測に関する研究動向

「文脈理解」とは、機械による文章理解に加えて、前後関係や社会的背景も含めて、意味理解をすることである。Google が開発した BERT⁸²のような形で文章理解をする技術は圧倒的な進歩があったが、日常生活の様々なシーンにおいて、それぞれの人の意図や文脈を精度よく理解するには様々な技術課題がある。

人の文脈理解・行動予測に関する研究としては、人の視線や動きにあわせてロボットを組み合わせた支援をする研究などが行われている。これまでサイバー空間における文脈理解などは行われているが、フィジカル空間での AI 技術支援を考えると、リアルタイムな発話や動きをもとにして、ロボティクスなどのインタフェースと組みあわせて実空間の人をサポートしていくために解決すべき研究課題は多い。

また、人間と同様の認知レベルを AI に持たせる場合には多様な社会的な文脈理解が求められる。個々人の社会的な立場に応じて言葉の意味合いが異なる場合があるため、感情表現、ユーモア、専門用語の使用は人に応じて使い分けられることが望ましい。

今後、生活のあらゆる場面において人を理解し、人を支援していく未来において、文脈理解は重要な技術分野になると考えられる。

○画像からの状況理解に関する研究

Visual Commonsense Reasoning のタスクを人の認識の精度と比較した論文である。実験結果によると、人間は VCR を簡単に（90%を超える精度で）行えるが、最新の視覚モデルは苦勞する（～45%）。本研究では新しい推論エンジンである認知ネットワーク（R2C）を用いている。R2C はグラウンディング、コンテキスト化、推論に必要な階層化された推論をモデル化したものである。R2C は、人間と機械の間のギャップを狭めるのに役立つことがわかった（約 65%）。

（2019 From Recognition to Cognition: Visual Commonsense Reasoning Zellers, Rowan; Bisk, Yonatan; Farhadi, Ali; Choi, Yejin 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)）

○自然言語クエリを用いた対話型画像検索に関する研究

複雑なシーンの特定画像を対話的に検索する際に対して、自然言語を用いたドリルダウンでの対話型画像検索が有効であることを示している。実際にユーザーを募集し検証した結果、従来よりも少ない回数で目的の画像に到達できたことを確認している。ただし、状況によっては改善度合いが小さく、さらなる改善が必要であると論文では述べられている。

（2019 Drill-down: Interactive Retrieval of Complex Scenes using Natural Language Tan, Fuwen; Cascante-Bonilla, Paola; Guo, Xiaoxiao; Wu, Hui; Feng, Song; Ordonez, Vicente Advances in Neural Information Processing Systems 32 (NIPS 2019)）

⁸² Google AI Blog: <https://ai.googleblog.com/2018/11/open-sourcing-bert-state-of-art-pre.html>

○適応型ソーシャルネットワークに関する研究

社会的ネットワークは、新しい結びつきが生まれ、既存の結びつきが薄れていく中で絶えず変化していく。社会的埋込み (Social embeddedness) は、人が受け取る情報や、人が信念を形成し、意思決定を行う方法に大きな影響を与えることは広く認められている。しかし、集団的知性における社会的ネットワークの役割に関するほとんどの実証的研究では、社会的ネットワークの動的な性質と、適応的集団的知性の育成におけるその役割が見落とされてきた。そのため、個人のグループがどのようにしてローカルなつながりを動的に変化させ、それに応じて相互作用のネットワークのトポロジーを変化させるのかについては、ほとんど知られていない。本論文では、一連の行動実験とそれを支えるシミュレーションを通してこの問題に取り組んだ。その結果、可塑性とフィードバックの存在下では、社会的ネットワークは、偏った変化する情報環境に適応し、最良のパフォーマンスを発揮するメンバーよりも正確な集団的推定値を生み出すことができることが明らかになった。この結果を説明するために、2つのメカニズムが提案された。: 1) ネットワークの構造的な接続性が変化して、グループ内の高業績メンバーの推定値を増幅させる (すなわち、ネットワークの「エッジ」が計算をエンコードする) グローバル適応メカニズム、および 2) 正確な個人が社会的影響 (すなわち、ネットワーク内の「ノード」の属性への調整) に対してより抵抗力を持ち、彼らの初期の信念が集団推定値に不釣り合いに重み付けされるローカル適応メカニズムである。本研究では、社会的ネットワークの可塑性とフィードバックが、個人と集団の判断を洗練させるための重要な適応メカニズムであることを実証された。

(2020 Adaptive social networks promote the wisdom of crowds. PNAS Abdullah Almaatouq, Alejandro Noriega-Campero, Abdulrahman Alotaibi, P. M. Krafft, Mehdi Moussaid, and Alex Pentland)

○人間の行動を先読みして行動するロボットに関する研究

歩行方向の予測などのロボットによる人間の行動予測について、人のどのような言語・非言語情報を用いているか、どのような手法を用いているか、などを批判的に調査している。現状では、人間による認識と比較すると、ロボットによる認識は大きく下回っていると指摘している。

(2019, Proactive Robots With the Perception of Nonverbal Human Behavior: A Review Sirithunge, Chapa; Jayasekara, A. G. Buddhika P.; Chandima, D. P. IEEE Access)

○視線から文脈認識する補助ロボットに関する研究

ユーザーは興味のある対象物を見るだけで、ロボットシステムが対象物に手を伸ばしたり、把持したりすることで、ユーザーの行動をサポートするシステムを開発した。アイトラッカーと深度カメラから取得したデータにCNNを適用し、さらに、人間の行動を有限オートマトンで記述することで、ユーザーの意図認識を可能にしている。被験者へのテストでは、認識に関する一定の精度を確認した。

(2019, Gaze-based, Context-aware Robotic System for Assisted Reaching and

Grasping Shafti, Ali; Orlov, Pavel; Faisal, A. Aldo. 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA))

○部分的に観測可能な環境での人間の指示に従ったロバストなタスク実行を行うロボットに関する研究
一般的に、ロボットはカメラや LiDAR などの外部知覚センサを使用することで作業空間内の物体を検出するが、物体の意味的な特性はそれだけでは認識できないことが多い。研究では、人間からの言語記述とロボットの物理的触覚を組合せることで、人間の指示の意味を推論し、誤った情報や状況で頑健にタスクを実行することを示すとともに、もし人間の状況認識に誤りがある場合には文章によるフィードバックを行うシステムを開発した。

(2020. Multimodal estimation and communication of latent semantic knowledge for robust execution of robot instructions. Arkin, Jacob; Park, Daehyung; Roy, Subhro; Walter, Matthew R; Roy, Nicholas; Howard, Thomas M; Paul, Rohan The International Journal of Robotics Research)

○カップルカウンセラーロボットによるカップルの共同的な応答の特定と対処に関する研究

カップルのためのカウンセラーロボットの開発を行った。マルチモーダルな特徴量の組み合わせから、話者交代における協調応答の終了を検出するモデルを構築した。その結果、視線の方向性は話者交代の決定に有用だとわかった。カップルの親密さを促進するためのセッションをロボットがファシリテートする疑似実験研究を行った結果、親密さとポジティブな感情を向上させることが示唆された。利用されたサンプルが少なく、無作為化比較試験での評価も行っていないため、今後も継続的な研究が必要であると述べられている。

(2019. Collaborative User Responses in Multiparty Interaction with a Couples Counselor Robot. 2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '19))

○ヒューマノイドの感覚と知覚

Istituto Italiano di Tecnologia の Robotics 分野の研究室では人の感覚や知覚のセンシングについての研究がされている。研究の目標は、より自律的で、構造化されていない環境でも効果的に動作し、人間との密接な相互作用や協力関係の中で動作するヒューマノイドロボットを開発することである。そのため、ロボットが環境を感知して適切に反応するためのアルゴリズムや技術を研究している。戦略は、複数の情報源（例えば、プロプライオセプション、視覚、触覚、聴覚など）を利用して、人間の指導の下で、あるいは環境との相互作用から学習するロボットの能力を利用することである。その活動として、コンピュータビジョン、触覚センシング、知覚と行動のシームレスな相互作用のためのソフトウェア技術の開発に焦点を当てている。

(Principal Investigator - Lorenzo Natale : <https://iit.it/research/lines/humanoid-sensing-and-perception>)

2.3.5 教育領域の研究動向

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、これまでに実証的な研究が進んでおり、AI を活用したアドバイスやメンタリングによる学習意欲、学力向上の効果を検証する研究などが行われている。また、学習の状態を把握するために脳波を直接測定して学習プロセスと学習効果の関係性を調べる研究も行われている。

社会実装の課題として AI 技術を導入した教育に関する金銭的コストの高さが挙げられる。画像・映像・脳波などをセンシングするための機器や、リアルタイムで生徒や教員にフィードバックするための機器は高価であり、教育現場への導入の障壁となっている。現状は、教育のデジタル化、インフラ整備（各生徒へのタブレット提供等）が進んでおり、これを基盤として、将来的には学習意欲を高めるなどのヒューマン・インタラクション技術が活用された AI サービスの研究開発が進むと考えられる。

○機能的近赤外分光法を用いた感情の予測モデルの構築

機能的近赤外分光法(fNIRS)は脳波よりも優れた空間分解能で脳機能領域の活性化を局在化できるという利点を持つ実用的な非侵襲装置である。本研究では fNIRS の高い空間分解能は、fMRI に匹敵する空間精度で感情の神経相関を同定できることが示された。また、感情の神経相関の予測を被験者間で行うことで、新しい被験者にもモデルを一般化することが可能であった。実験結果は、同じ基本プロトコルと刺激材料を用い、脳波を使って参加者の感情価 (Valence) と覚醒度 (Arousal) を測定した先行実験と比較を行って評価した。本研究の分類器によって達成された F1 スコアは、fNIRS が、生理学的センサでは測定が困難であることが証明されている有感の高レベルと低レベルを区別するのに特に有用であることを示唆している。

(2018 Building predictive models of emotion with functional near-infrared spectroscopy. Danushka Bandara, Senem Velipasalar, Sarah Bratt, Leanne Hirshfield International Journal of Human-Computer Studies.)

○マルチモーダル異常検出を用いた行動キューのリアルタイムフィードバックのためのフレームワークの研究

対象者の姿勢や視線などのマルチモーダルな行動データに適用された教師なしの異常検出アルゴリズムを用いて、直感的かつ解釈的なフィードバックを介してリアルタイムにコーチへ通知するシステムを開発した。実際のコーチングシーンを用いた評価では、コーチがクライアントの内部状態を把握するための有益な手がかりを提供していることを確認した。

(2019. REsCUE: A framework for REal-time feedback on behavioral CUEs using multimodal anomaly detection. Arakawa, Riku; Yakura, Hiromu. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19))

○教育用ロボットと学生の相互作用によって生じる感情変化と学習成果に関する研究

教育用ロボットを設計する際には、学生の顔の表情をうまく利用して学生の学習を促進することが重要な課題となっている。豊富なデータセットを用いて、子どもの顔の感情と語彙学習の相関関係を詳細に分析した。その結果、学習の参考にならないロボットとの対話では、子どもの感情表示が語彙学習の予測に影響を与えることがわかった。また、感情と学習の関係は一方的ではなく、むしろ文脈によって変化することが明らかになった。

(2020, Impact of Interaction Context on the Student Affect-Learning Relationship in Child-Robot Interaction. Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '20))

○マルチモーダル情報を用いたリアルタイムな生徒の授業への関与度合いの評価に関する研究

カメラで検出した「顔の特徴や頭の動きの情報」や教育用のプラットフォームを用いて検出した「滞在時間・試行回数・ヒント数などの情報」を組合せることで、生徒の授業への関与度合いを評価した。教室での授業に用いた結果、教師の指導回数と生徒の退屈さの減少に大きな影響を与えたことがわかった。このシステムが、教師のコーチとしてのサポートできる可能性を示唆しているが、効果が曖昧な指標も存在したため、さらなる研究が必要である。

(2020. Investigating the Impact of a Real-time, Multimodal Student Engagement Analytics Technology in Authentic Classrooms. Aslan, Sinem; Alyuz, Nese; Tanriover, Cagri; Mete, Sinem E.; Okur, Eda; D'Mello, Sidney K.; Arslan Esme, Asli. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - (CHI '19))

2.3.6 介護領域の研究動向

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。一方で、介護現場でリアルタイムにサービス従事者を支援するような研究やサービス事例はない。

現在は、「介護サービス」の質の向上を目指して、初心者と熟練者の差を明らかにする研究が行われている。また、将来の社会実装を想定して、介護や医療の提供の状況理解を行ってロボティクスを介した支援を想定した研究が実施されている。

介護領域におけるヒューマン・インタラクション技術の研究は段階的に進んでいくと考えられる。まずは介護サービスのデジタル化により、介護従事者の業務効率化・自動化が進むことの社会的・経済的ニーズが高い。その後、介護者と要介護者とのよりよい関係性を支援する「質の高い介護」を目指したサービスが実現していくと考えられる。

○移動障害者向けの食事介助システムを例としたロボットの適切な自律性に関する研究

ロボットによる食事介助システムについて、現実には、利用者の嗜好や障害の度合いに応じて違いがあるため、各々に対して適切な自律性やインタフェースを備える必要がある。検証の結果、自律性が高い方が必ずしも良いとは限らないことがわかった。さらに、参加者のユーザーインタフェースの好みは、プライベートな食事環境では音声制御、公共の場ではウェブベースと異なった。また、障害による移動制限の強弱と、ロボットの性能への期待値の高さに相関があることが示唆された。

(2020. Is More Autonomy Always Better? Exploring Preferences of Users with Mobility Impairments in Robot-assisted Feeding. Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '20))

○ロボチェーン：人間とロボットの相互作用のための安全なデータ共有フレームワークの構築

ロボットがモバイルヘルス分野で介入支援を行うことを目指し、複数のサイト（病院など）に設置された複数のロボットユニット間で、安全で分散化された計算効率の高いデータとモデルを共有するための最初の学習フレームワークである RoboChain を開発した。RoboChain は、オープンデータアクセスやブロックチェーン技術、機械学習の組合せており、病院のプライベートネットワークで行われた臨床の支援が可能である。具体的には、異なる病院で介入を行う複数のロボットユニットが、データのプライバシーを損なうことなく効率的な学習を行うことを可能にするシステムアーキテクチャを構築した。

(2018 RoboChain: A Secure Data-Sharing Framework for Human-Robot Interaction. Eduardo Castello Ferrer, Ognjen Rudovic, Thomas Hardjono, Alex Sandy Pentland. The Tenth International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine eTELEMED)

2.3.7 接客領域の研究動向

接客領域では、小売業等における、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。

ヒューマン・インタラクション技術に関連した内容として、店舗内の人流データに限らず、顧客の表情データをもとにした感情推定を用いて店舗業務を支援するサービスなどが検討されている。

店舗支援などでの AI 技術の活用が進む一方で、研究課題としては「マルチモーダル状況理解」や「ロボティクスを用いた店舗支援」のテーマにおいて、研究開発がされている。

研究開発のプレイヤーとして、すでにベンチャー企業や、大手の IT 企業などが取り組んでおり、今後は実証的な研究開発が進んで社会実装が進むと考えられる。

○人と人との相互作用データから一対多の社会的相互作用の方策を自律的に学習する方法の研究

サービスロボットが、人の相互作用データから対話方法を自律的に学習する未来を想定し研究を進めている。店員が複数の顧客と対話する際のデータの取り込み、自律的なアクションの抽出、ロボット店員のオンライン上での顧客対応の学習といった、データ駆動型の相互作用論理学習システムを提案している。ニューラルネットワークを用い、重要な顧客の行動とそれに対する店員の対応を学習することで、最先端のベースラインを大きく上回ることが示された。

(2020. Autonomously Learning One-To-Many Social Interaction Logic from Human-Human Interaction Data. Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '20))

○オンラインショッピングサイトにおける顧客の購買意欲に及ぼすエージェントの出現の効果

多くのオンラインショッピングサイトで商品推薦バーチャルエージェント（PRVA）が利用されているが、その中でどのようなエージェントが最適なのかは明らかにされていない。本研究では、エージェントの外見が人々の購買動機に影響を与えるかどうかを検証し、人々の購買意欲を高めるための主要な要因を分析した。その結果、エージェントの外見によってレコメンド効果が異なることが明らかになった。さらに、エージェントのタイプ別に、リコメンデーションの有効性を示す部分的な順位付けを行った。要因分析の結果、見た目の親しみやすさや知性が購買意欲を高める要因となっていることが明らかになった。

(2015 Effects of Agent Appearance on Customer Buying Motivations on Online Shopping Sites. Kazunori Terada, Liang Jing, Seiji Yamada. the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts)

2.4 ヒューマン・インタラクション分野の社会実装動向

2.4.1 教育領域の社会実装動向

EdtechとはEducation（教育）とTechnology（テクノロジー）を合わせた造語であり、教育や学習に最新のテクノロジーを利用したサービスの総称である。多様な企業が、就学前から社会人までの様々な人を対象としたサービスを提供しており、社会的需要や市場成長の観点から世界中で注目されている分野である。

教育領域では、学習支援や、学習効果の向上を目的に、AI技術を用いた様々なサービスが開発されている（図表 2-4-1）。個別化教育、学習評価、体験学習提供などは、既存のカリキュラムの学習教材を効果的、効率的に学習することや、学習状態を把握することを目的にしており、レコメンデーション機能や状態推定の他、データ分析に関する技術が使われている。

ヒューマン・インタラクション技術に特に関連するのは、学習意欲の向上を目的としたサービスである。学習者の意欲・理解度を把握するために、語彙・表情・行動などをセンシングするサービス事例もある。また、学習意欲を高めるための介入支援として、ゲーミフィケーション要素を取り込むことや、学習習慣をつけるための動機付けを行うようなサービスもある。

図表 2-4-1 テクノロジーを活用した学習支援

目的	技術	内容
個別化教育を行う	レコメンデーション	各学習者に最適な教材や学習カリキュラムを提供する。
学習評価を行う	数値データ分析、状態推定	・デジタル教材の学習履歴をもとに評価・分析をする。
体験学習を行う	VR 技術（メディア変換）	・ゴーグルなどの専用機器を用いて、視覚野に疑似的な現実空間を作り出すことで、時間、場所、環境に関わらず、疑似体験が可能である。
学習意欲を向上させる	インテリジェント・チュートリングシステム、感情認識、ゲーミフィケーション	語彙・表情・行動などを解析し、学習意欲の状態を図る他、ゲーム要素を入れるなどの介入支援を行い、学習習慣をサポートする。
学習効率化を行う	デジタル機器、センサー技術	・タブレット端末を用いた教材をデジタル化する。 ・デジタルホワイトボードを行う。
学校運営をサポートする	業務支援システム	・校務の支援（事務処理、児童生徒の生活・進路指導等、セキュリティシステム）

AI 技術を活用した Edtech 企業を、(1)コンテンツ提供サービス、(2)チュータリング型サービス、(3)学習管理・校務管理サービス、(4)その他、の 4 種類に分類をした（図表 2-4-2）。各カテゴリーの企業のサービス事例を次に紹介する。

図表 2-4-2 AI 技術を活用した Edtech 企業の分類

種類	説明	企業の例
(1)コンテンツ提供サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・映像授業の配信 ・教材等のコンテンツ配信 ・オンライン講義 	<ul style="list-style-type: none"> ・atama plus（日本） ・BYJU'S（インド） ・Descomplica（ブラジル） ・Vipkid（中国）
(2)チュータリング型サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・オンライン授業や演習・模擬試験と、チュータリングセッションを組み合わせ講義 	<ul style="list-style-type: none"> ・Yuanfudao（中国） ・Manabie（ベトナム）
(3)学習管理・校務管理サービス	<ul style="list-style-type: none"> ・教材の共有・配信 ・児童生徒・教員・保護者の情報共有 ・学習管理・成績管理 	<ul style="list-style-type: none"> ・17Zuoye（一起作业）（中国） ・ClassDojo（米国）
(4)その他	<ul style="list-style-type: none"> ・一問一答形式の学習アプリ 	<ul style="list-style-type: none"> ・Quizlet（米国）

(1) コンテンツ提供サービス

○BYJU'S（インド）

BYJU'S は Grade4～Grade12（日本での小 4～高 3 にあたる）の生徒向けの授業動画配信サービスで、JEE 試験（インドでの統一テスト）対策の各教科コンテンツを提供している。会員数は 4200 万人の生徒が登録しており、約 300 万人の生徒が有料サブスクリプション契約をしている（2020 年 5 月時点）。オンデマンドの映像授業配信が主製品であり、講師が映像授業の中で 3D コンテンツを使って授業をするなど、映像コンテンツの作成方法を工夫している。また、生徒がわからない部分を電話もしくはインド内の BYJU'S が保有する教室にて、無料で質問を受け付けている。

主な AI 技術は個別化教育のためのアルゴリズムであり、個々人に最適化した学習計画を提供している。

○Vipkid（中国）

Vipkid は、4 歳～12 歳向けの中国の子どもと北米のネイティブ英語講師をオンライン上で 1:1 で繋ぎ、子ども向け英語教育サービスを提供している。講師はオンライン教材を使いながら、対話重視で授業を進めるとともに、授業後には講師は生徒の保護者に授業内容や子どもの習熟度合いなどを送付し、保護者はモバイルアプリで確認する仕組みになっている。生徒は授業後にオンラインで宿題や復習を行い、オフラインの復習教材を併用しながら習熟度を高めることができる。講師は米国の学校での授業経験が

ある人を厳選している。合計 7 万人ほどの講師を雇用して、高クオリティな授業レッスンによる差別化を図っている。

主要技術としては、オンラインビデオ上で撮影された顔認識、情緒認識（感情認識）などを取り入れており、受講生の学習態度、集中度、満足度をリアルタイムで分析しながら集中力を高める工夫がされている。

(2) チュータリング型サービス

○Yuanfudao（中国）

中国における EdTech の大手サービスであり、オンラインでの LIVE 映像授業配信と 1:1 チュータリングセッション（質問対応）を、K-12 層（幼稚園から高校生まで）の全教科を対象として行っている。事前に用意された教材を確認して、授業に参加し、授業終了後に復習問題を解くという形式で講義が行われる。講義動画の録画コンテンツは提供していない。

主要な競争力は、同社が抱える大規模なユーザーベースからのデータであり、カスタム化されたニーズに対応できる様々なコースの提供が可能になっている。また、雇用者には高い給与を支払い、最高レベルの講師の人材プールを抱えていることが強みになっている。

同社は 2014 年に清華大学、北京大学、中国科学院といったトップ校や Microsoft（マイクロソフト）と、AI 研究所ならびにテックラボを設立しており AI 技術の活用を重視している現在は、生徒の弱点の把握や、教師のカリキュラムやプロダクトデザインの改善のために AI 技術が使われている。

(3) 学習管理・校務管理サービス

○17Zuoye（一起作业）（中国）

オンラインで学校の先生・生徒・保護者の 3 者が交流できる学習プラットフォームを提供している。学校の先生に対しては、授業前準備の教材提案などの教科指導の支援を行っており、生徒はオンライン上で学校の先生が出した課題や模擬テストに生徒が解答すると、保護者にフィードバックが届く仕組みになっている。宿題の正答率に基づき、AI による、生徒一人ひとりの学力に合わせて、テキストや LIVE での映像授業など、補習コンテンツ提供による課金を行っている。

(4) その他

○Quizlet（米国）

単語カードをアプリ上で簡単に作成することや他の人と共有することができ、一問一答形式で知識の確認を行う CGM 型のサービスを提供している。

AI 技術としては、Quizlet の「学習モード」は、何百万件もの匿名の学習セッションから得られたデータについて、学習機能を搭載したマシンで処理し、認知科学より実証された技術でそのデータを配合している。

その他の主要な Edtech 関連の企業を図表 2-4-3 に掲載する。

図表 2-4-3 教育領域の AI 企業一覧

会社名	サービス概要
リクルートホールディングス 「スタディサプリ」 (日本)	2012 年から展開する「スタディサプリ」は有料会員数 110 万人を突破した。スタディサプリの主たるコンテンツは大学受験のための授業動画である。大学受験用の動画には、中学復習講座として中学 1～3 年生で学習する内容から高校 3 年生の内容までそろえられている。その他にも、英検、TOEIC、公務員試験対策用の動画が用意されている。
すららネット 「すらら」 「ピタドリ」 (日本)	アダプティブな対話式 ICT 教材を 1,400 校以上で提供する「すらら」は 2017 年に東証マザーズに上場。発達障がいや不登校などの生徒にも学習機会を提供している。無学年方式の個別学習を提供している。他にも不登校の生徒支援の自宅学習 ICT 教材として採択されたり、インドネシア国立教育大学との提携も行なっている。すらら：小学校高学年から高校生までの国・数・理・社・英。ピタドリ：小学校～高校生までの国・数・理・社・英。
(株)COMPASS 「COMPASS ENGINE」 「Qubena」 (日本)	AI が学習者に個人最適の問題を自動で出題する「Qubena」を開発・運営する。手書き入力した文字の認識だけでなく、定規やコンパスを使った作図も可能。また解説にはアニメーションを活用している。「COMPASS ENGINE」はアダプティブラーニングのために独自開発した人工知能技術で、学習教材の開発が可能である。
Classi(株) 「Classi」 (日本)	「Classi」は、授業や面談、学校と保護者のコミュニケーションなど、学校現場の多様なシーンで活用される教育プラットフォームである。スマートフォン・タブレット・PC などのデバイスを問わず、クラウド経由で利用できる。先生・生徒・保護者をつなぐサービスとして、学校教育をテクノロジーで支援している。全国の高校の 2 校に 1 校（2500 校以上）、3 人に 1 人（116 万人）が利用している。
atama plus(株) 「atama plus」 (日本)	中高生向けにパーソナライズされたタブレット型の AI 教材を開発。学習履歴だけでなくその日の集中度に合わせ学習カリキュラムを自動作成する。toB で事業を拡大しており、業務提携している学習塾で AI 教材の提供を行う。Web 版「atama+」によるオンライン授業を提携の 1,500 教室以上で開始。
ジョイズ 「Terra Talk」 (日本)	AI を利用した英会話アプリ「Terra Talk」を開発・提供する。学習者の発音や表現を AI が判定し、文法や流暢さなどをスコアリングする。小中高の学校教育現場や予備校など toB で導入実績は 800 以上、利用者数は 12 万人を超える。
(株)ポリグロッツ 「POLYGLOTS」 (日本)	オンラインの英語学習プラットフォームを提供する。リーディング時にワンタップで作成できる学習者オリジナル単語帳、スピーキングは AI で発音判定などテクノロジーを活用。学習者の興味や学習ログから判定されるレベル・改善点に応じたカリキュラムを毎日提供する。
(株)Globee 「abceed」 (日本)	AI を活用した英語教材アプリ「abceed」を開発・運営する。学習履歴に対する TOEIC 予測スコアが学習と同時に更新されるほか、個別最適な問題を AI が提案する。
デジタル・ナレッジ 「KnowledgeDeliver」 (日本)	「KnowledgeDeliver」：教材作成 - 学習 - 運用管理の学習管理システムができる e-learning プラットフォーム
モノグサ 「Monoxer」 (日本)	「Monoxer」：知識習得や記憶定着のプラットフォーム（2 年程度で 2500 教室に導入）

2.4.2 介護領域の社会実装動向

要介護者の増加、介護職員の人手不足などの様々な社会課題を受けて、テクノロジーの活用等によって、介護サービスの生産性向上や介護サービスの質の向上が求められている。図表 2-4-4 にまとめたように、介護領域では様々な AI サービスがある。

介護サービスの業務効率を高めるサービスとしては「介護ケア業務」の効率化が挙げられる。これはタブレット等を用いて介護サービスに関わる業務をデジタル化して効率性を高めるサービスである。介護に関わる人が行う業務を軽減するサービスとしては、見守り支援やコミュニケーション支援が挙げられる。また、介護の質の向上をするサービスとしては、介護ケア技術の向上のために、熟練者のケアスキルを可視化して介護のコーチングを行う研究開発や実証などが行われている。その他に、健康増進や健康予防や行動・心理症状（BPSD）の予測により、健康状態を予測する研究開発が行われている。

ヒューマン・インタラクション技術に特に関連するのは、介護の質の向上を目的とした技術である。介護ケア技術の向上に関する取組では、熟練者が行う介護業務の「みる」「触れる」「話しかける」の基本動作について、視線、距離感、接触などをセンシングし、可視化することで、どの介護従事者でも高い質の介護業務が行うことを目指して研究開発がされている。

介護サービスの業務効率を高めるサービスはすでに実用化されてきているが、今後ヒューマン・インタラクション技術に関連する研究開発や技術検証が進むと、介護サービスの質が高まることが期待されている。

図表 2-4-4 AI 技術を活用した介護サービス

分類	技術	内容
介護ケア業務改善	数値データ分析、予測	・介護従事者のシフト管理・勤怠・管理システムをデジタル化して効率化する ・医療機器・ウェアラブル機器により、モニタリング、遠隔医療を行うことで、介護の質や効率を向上させる。
コミュニケーション支援	数値データ分析（健康状態の評価）	・介護ケアの向上や健康増進を目的としたコミュニケーション支援を行う。
見守り支援	IoT	・高齢者の見守りを行い、健康状態の把握をする
BPSD の予測	数値データ分析、予測	・行動・心理症状（BPSD）を予測して最適支援を提供する
健康増進・健康予防	数値データ分析	・バイタルデータや生活習慣をもとに健康増進、予防を行う。
介護ケア技術の向上（ケアコーチング）	画像解析、視線解析（ケアスキルの可視化）	・ケアスキルを可視化して、介護のコーチングを行う
介護ケア業務改善	数値データ分析、予測	・介護従事者のシフト管理・勤怠・管理システムをデジタル化して効率化する ・医療機器・ウェアラブル機器により、モニタリング、遠隔医療を行うことで、介護の質や効率を向上させる。

次に、図表 2-4-4 で紹介した介護サービスに関して、企業のサービス事例を紹介する。この図表のうち、「介護ケア技術」（ケアコーチング）及び「BPSD の予測」はまだ研究開発段階であり、サービス提供されているものはない。

（１）介護ケア業務改善

○アルム（日本）

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・ウェアラブルを接続して介護サービスをデジタル化して業務効率を向上させている。また、家族からの症状入力プラットフォームを接続して、各データを統合した上でモニタリング、遠隔医療をするシステムを開発しており、介護の質・効率の向上を目指す。認知症に対してはデータ収集 AI による早期発見・重症化予防を行っている。

（２）コミュニケーション支援

○NEC ソリューションイノベータ（日本）

介護施設等の利用者向けに、おしゃべりするロボット「パペロ」を用いて、施設利用者と家族をつなぐコミュニケーション支援サービスを提供している（2020 年 8 月販売終了）。ロボット「パペロ」は人の顔を検知して、首が動く。また、センサーを通じて部屋の明るさや温度、湿度を知ることができ、環境の変化に応じて対応させることができる。

（３）見守り支援

○Spire Inc.（米国）

新時代の見守りウェアラブル「スパイア」は装着感を感じさせずに付けることができる。呼吸から感情を読み取り、運動量などもモニタリングする。ユーザーの状態を見守ることが可能である。

○エコナビスタ（日本）

「LifeRhythmNavi+Dr.」は、毎日の“生活状態（ライフリズム）”を自動記録し、専門医療機関と連携して認知症や高齢者に多い疾患（熱中症、睡眠障害など）の予兆を見える化する。予防医学で体調の急変や事故を未然に防ぐための見守りシステムである。また、室内状況をリアルタイムで表示し、異常時はアラートで通知し、施設や離れて暮らすご家族の見守りのために開発されたシステムである。

○リンクジャパン（日本）

eMamo（イーマモ）は、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システムである。部屋の中に様々な IoT 機器（ベル、寝具、カメラ、カーテン、スピーカー）をセットし、高齢者の部屋内の行動を見守るとともに、バイタルデータも取得することで身体の状態も把握することができるシステムを提供している。

(4) 健康増進・健康予防

○AYUMI EYE (日本)

モジュール(加速度センサー)を腰部にベルトで装着し、6~10メートル歩くだけで、歩行状態を分析し『見える化』を実現する。結果はすぐに、iPad(iPhone)専用アプリで解析され、結果が点数・マップ表示される。

その他の主要な介護領域のAI企業を図表2-4-5に掲載する。

図表 2-4-5 介護領域のAI企業一覧

会社名	サービス概要
(株)シーディーアイ 「CDIPlatform MAIA」 (日本)	自立支援を目指すケアデザイン AI「CDI Platform MAIA」を活用した共同研究を実施した。豊橋市内のケアマネジャー45名が「CDI Platform MAIA」を利用し、調査対象者の状態の変化と、平均的な状態の変化を比較することで、自立支援、重度化防止との関係や、ケアマネジメント業務にAIを活用することによる効果を検証する。「CDI Platform MAIA」には、ディープラーニングを活用してケアマネジャーの過去の経験など膨大なデータを学習させる。ADLや日常生活動作能力、介護を必要とする人の新進所帯などを入力すると、自立に資するプランの提示や様態の予測などを行う。
サイバーダイナ(株) 「HAL」 (日本)	HAL®(Hybrid Assistive Limb®)は、身体機能を改善・補助・拡張・再生することができる、世界初の装着型サイボーグ。人が体を動かそうとすると、その運動意思に従って脳から神経を通じて筋肉に信号が伝わり、その際、微弱な「生体電位信号」が体表に漏れ出している。HAL®は、装着者の「生体電位信号」を皮膚に貼ったセンサーで検出し、意思に従った動作を実現する。
(株)ウェルモミルモ AIプラットフォーム (日本)	介護福祉領域における意思決定補人工知能サービス開発を行っており、「ミルモ AI プラットフォーム」を提供しています。このプラットフォームには、基礎資格による知識差やケアマネジャーの業務負担やストレスを軽減させ、客観的で質の高い介護計画の作成支援を可能とする「ケアプランアシスタント」などがあります。
TOTO(株) ベッドサイド水洗便器 (日本)	排泄支援：ベッドサイド水洗便器。居室ベッド脇などに設置できる水洗トイレ。ベッドからトイレへの移乗の手間が軽減される。水洗トイレなので汚物処理の必要がなく、脱臭機能も装備されている。大人二人で持ち上げて移動することができ、使用者の状態や状況に応じて設置位置を変えられる。温水洗浄便座や暖房便座機能も搭載されている。
Aeolus Robotics 「アイオロス・ロボット」 (米国)	AI搭載型サービスロボット「アイオロス・ロボット」は、空間認識機能及び物体検知能力による周辺の環境地図の作成と自立走行が可能で、2本アームを使用し、物品の運搬をすることができる。実証実験では、物体検知能力による入居者の認識や、主体信号検知機能による発作や転倒を検知した見守りなどを検証する。
Temi USA inc.temi (米国)	AIアシスタント機能を持った移動可能なパーソナルロボット。自律移動と遠隔操作(テレプレゼンス)の両方の機能がある。人の後ろをついて歩いて自動的にマッピングしたり、ユーザーが目的地を指示したり、あらかじめ登録されている地点に自律移動したり、目的地に人を案内することができる。移動時は周囲の障害物や人を避けながら走行する。ビデオ通話機能を備え、スマホやパソコンなどを通じて会話することもできる。音声アシスタントのAmazon Alexaに対応し、Alexaのほぼすべての機能を使用することができる。

2.4.3 接客領域（サービス業）の社会実装動向

消費者のライフスタイルの多様化や少子高齢化による労働力不足の影響を受けて、小売業は社会的需要の高い産業分野である。労働生産性の向上のソリューションとして、AI 技術と IoT を使った様々なサービスがある。

労働生産性向上を目的とした AI サービスを大きく 3 つに分けて紹介する（図表 2-4-6）。1 つ目は「業務支援」であり、AI を用いた発注業務支援や、画像認識とロボティクス技術を組み合わせて用品運搬や陳列などの従業員支援などを行うサービスがある。

2 つ目は「マーケティング支援」である。商品メーカーの販促物や広告戦略、キャンペーンの効果検証の AI 技術により予測をするサービスがある。

3 つ目は「新顧客体験の創出」である。生体認証・画像認識技術によって個別に最適化された接客を行うことや、「レジ待ち」などの時間がなくなることが考えられる。また、AR（Augmented Reality）によって、操作方法のわかりやすい提示や興味や志向にあわせた商品提示なども可能である。

現在は、業務支援を中心に、AI 技術を用いた様々なサービスが実用化されてきている。

図表 2-4-6 AI 技術を活用した接客領域（サービス業）の分類

分類	技術	内容
販促物/広告の効果検証	統計推定、需要予測	・商品メーカーの販促物や広告戦略、キャンペーンの効果を検証するために利用する。 ・POS データでは得られない販促物/広告の注目度や商品への誘導率その他のコンバージョン率を分析し、検証や改善に利用できる。
来店客の分析	画像認識、因果推論	・商品探索や店舗内の移動順路といった動線分析、商品確認や商品カゴへの投入、試着室への持ち込みといった棚前行動分析のために利用する。
店舗業務の効率化	画像認識、AR	・店舗従業員および納入や清掃などの業者の動線を分析し、業務最適化や生産性向上を目的に利用する。
新顧客体験の創出	対話システム、テキストマイニング、音声認識	・来店客の属性（性別、年齢など）や店内行動から予測される興味関心に応じて、デジタルサイネージと連動した広告の表示やモバイル端末を連動した店舗スタッフへの接客アドバイスの表示などを行い、新しい顧客体験を創出する。
防犯などのセキュリティ対策	画像認識	・店内の状況を録画するだけでなく、不審な動きや危険な行為を検知し、警戒度の判定、従業員やセキュリティスタッフ、警備会社などへの自動通知などのセキュリティ対策を実現する。

その他の主要な接客領域（サービス業）の AI 企業を図表 2-4-7 に掲載する。

図表 2-4-7 接客領域（サービス業）の AI 企業一覧

会社名	サービス概要
BEDOREBEDORE Voice Conversation (日本)	ユーザーの「話し言葉」を理解し、最もふさわしい回答を返答するチャットエンジン。
日本 IBM IBM Watson Assistant (日本)	チャットボット等、ユーザーとコンピューターが自然言語で対話可能なアプリケーションを簡単に開発するためのサービス。
SCSK 「Desse」 (日本)	EXCEL ベースのプログラムレスで、簡単かつ迅速なメンテナンスを実現。丁寧な導入サポートで運用業務をサポート。チャットボット製品としての経験は長く、2013 年から蓄積したノウハウを活かし、独自のアルゴリズムで適切に回答。
AGIST 「Sensibility Technology」 (日本)	ST (Sensibility Technology) は AGI が 20 年以上に亘って開発を続けている、声から感情を認識する技術 PST (Psychoanalysis System Technology: 医療用音声精神分析技術) は、科学検証できる高い性能で、人間の主観による感情認識の限界に迫った記録を持つ。
スワローインキュベート (日本)	音声感情認識技術は、「言語解析型」と「音響解析型」とに大別される。言葉を音声認識させることで感情を分析する「言語解析型」では、複数の感情を表す言葉や、固有名詞を多く含む場合などは感情の判定が困難だが、スワローインキュベートの技術ではそれらの問題に左右されず、音声自体の持つ特徴量をベースとした「音響解析型」で感情を判定。そのため、「言語解析型」では判別しにくかった言葉や、音声認識しにくい怒声なども検知することが可能。
iMotions (デンマーク)	AFFDEX などの主要な自動顔面コーディングエンジンをシームレスに統合。ウェブカメラを使用すると、表現された顔の感情を iMotions ソフトウェアで直接刺激とライブ同期できる。
Eyeris (米国)	人間行動理解：Eyeris HBU の DNN グループには、車内のすべての乗員の行動と活動の認識とともに、身体追跡分析、顔分析、感情認識が含まれる。 物体認識：Eyeris Object Recognition DNN は、キャビン内のすべてのオブジェクトの検出と分類を可能にし、それらのサイズ、輪郭、領域、および位置に関するデータ分析を提供 表面分類：Eyeris Surface Classification は、居住者やオブジェクトの位置に関連して、足元、ドアパネル、センターコンソールなどのすべてのキャビン内の表面の識別と位置を提供。
Affectiva (米国)	感情認識 AI「Affdex」は、世界 87 か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。

2.4.4 接客領域（製造業）の社会実装動向

製造業では、熟練者が無意識で行っていた作業のノウハウを可視化・標準化するために、ヒューマン・インタラクション技術が使われている。熟練者の知見が標準化されることで、生産性向上につながると期待されている。

製造業に関わっている人の生産性向上のサービスを3つに分けて紹介する（図表 2-4-8）。一つ目は「検査支援システム」である。特に少量多品種の製品は、人が目視や手触による検査する場合があります。初心者が熟練者と同等の検査が可能となるための研究開発が行われている。

2つ目は「遠隔操作システム」である。中小製造業の課題として、拘束時間などの労働条件が障壁となる場合や、機械を使った作業の初心者教育に時間がかかるといった問題が挙げられる。そういった課題に対して、AIを用いた簡易操作可能な遠隔システムでの作業を可能にするサービスがある。

3つ目は、「インフラ検査」である。特に、道路、線路などのインフラにおいては人による目視検査、打音検査をすることが法的な検査基準として標準化されており、一部の職人が実施している状態である。国内のインフラ点検に加えて、海外のインフラ事業においてもインフラ検査をする職人に対する支援の需要が高く、インフラ点検の熟練者のノウハウの可視化・標準化が期待されている。

本節では上記で説明した3つの分類に分けて、社会実装されている具体的な製品やサービスを紹介する。

図表 2-4-8 テクノロジーを活用した接客領域（製造業）支援

分類	技術	内容
検査支援システム	数値データ分析	・初心者が熟練者と同等な作業となるように AI 検査支援をするシステム。
遠隔操作システム	画像認識、VR、運転制御	・遠隔操作で、ものづくり現場の作業（製品加工や組立）を可能にするシステム
インフラ検査システム （道路、トンネル等）	画像認識、音声認識	・インフラ（道路、トンネル等）点検の危険箇所判定や点検を支援するシステム。

（1）検査支援システム

○コベルコシステム(株)：画像認識 AI ソリューション（日本）

画像認識 AI を活用して、人間と同様の「推論」を行って、製品の目視検査工程で良品／不良品を判定することや、設備の稼動状況の監視に活用する AI を提供している。また、物体検出機能を通じて、作業者のヘルメット・ベストなどの装備をチェックしたり、高所の保守点検を支援するなど、製造現場の幅広いシーンで活用するサービスも提供している。

（2）遠隔操作システム

○株式会社アウトソーシングテクノロジー：AR 匠（イーアールタクミ）（日本）

「AR 匠 MASTER」は遠隔での視界共有・コミュニケーション・共同作業を実現し、ビジネスの効率化や技術継承問題を解決する統合プラットフォームである。現場作業のデータ化、作業手順やドキュメントの空間表示、各作業履歴などの一括管理のほか、データ化している現場モデルを、オフサイト指示・教育することも可能である。

○Temi USA inc. : temi (米国)

AI アシスタント機能を持った移動可能なパーソナルロボット。自律移動と遠隔操作(テレプレゼンス)の両方の機能がある。人の後ろをついて歩いて自動的にマッピングしたり、ユーザーが目的地を指示したり、あらかじめ登録されている地点に自律移動したり、目的地に人を案内することができる。移動時は周囲の障害物や人を避けながら走行する。ビデオ通話機能を備え、スマホやパソコンなどを通じて会話することもできる。音声アシスタントの Amazon Alexa に対応し、Alexa のほぼすべての機能を使用することができる。

(3) インフラ検査システム

○エヌ・ティ・ティ・コムウェア : Deeptector (日本)

人の「目」による判定・判別作業工程をもつさまざまな業種・業態において、AI による自動化・省人化を可能にする。特に、特定対象物の監視・検閲、トンネルや建物などのインフラ劣化診断、製造業における外観検査などの分野で使用実績がある。

【特長】

- ・現場の画像認識作業の観点は多種多様。簡単操作で日々繰り返し学習でき、現場の観点へチューニングしていくことが可能。
- ・柔軟に接続ができる API を具備。これから導入するシステムはもちろん、現在使用中のシステムとも連携が容易。
- ・インストール版、クラウド版があり、工場内や外出先環境など、場所を選ばず多くのビジネスシーンで利用可能。
- ・ビジネス課題に合わせて判定パターンを選択可能。

その他の主要な接客領域（製造業）の AI 企業を図表 2-4-9 に掲載する。

図表 2-4-9 接客領域（製造業）の AI 企業一覧

会社名	サービス概要
パナソニック ソリューションテクノロジー(株) AI 外観検査ソリューション	AI による画像認識技術を活用することで、従来の画像検査機や目視では識別困難だった検査の実施や、打痕・キズ・汚れなどの検査品質のさらなる向上を実現するトータルソリューション。
コベルコシステム(株) 画像認識 AI ソリューション	画像分類機能を通じて、製品の目視検査工程で良品／不良品を判定することや、設備の稼働状況の監視に活用することが可能。また、物体検出機能を通じて、作業者のヘルメット・ベストなどの装備をチェックしたり、高所の保守点検を支援するなど、製造現場の幅広いシーンで活用可能。
アクロクエストテクノロジー(株) Torrentio Video	特定の物体検出や異常検知により、人の「目」の代わりを実現し、業務の自動化・効率化を実現する。 1.市販のネットワークカメラを利用して、特定の物や状態を検出する。 2.エッジ処理で、高速な画像・動画解析を実現する。 3.業務分析からシステム化までワンストップで提供する。
(株)シーデックス AI 自動認識 & 良否判定システム	目視確認で行っていた部品や精密機器等の検品・検査を自動で行うシステム。特徴は以下の通り。 1. CDEX 独自設計の Deep Learning ネットワーク構成を採用。 2. 良品のみを学習に使用し、未知の欠陥を検出可能。 3. 高精度判定。最大 512×512pixel の解像度までサポート。 4. GUI 操作で、画像の登録からモデルの作成、良否判定まで一気通貫。
(株)ALBERTAI・画像認識サービス「タクミノメ」	画像認識技術を活用したい企業向けの AI 構築支援サービス。課題整理・アルゴリズム構築・システム開発・運用はもちろん、アノテーションの支援も可能。異常検知・外観検査・物体検出など様々な課題を解決。
エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社 DeepTector	人の「目」による判定・判別作業工程をもつさまざまな業種・業態において、AI による自動化・省人化を可能にする。特に、特定対象物の監視・検閲、トンネルや建物などのインフラ劣化診断、製造業における外観検査などの分野で使用実績がある。 【特長】 ①現場の画像認識作業の観点は多種多様。簡単操作で日々繰り返し学習でき、現場の観点へチューニングしていくことが可能。 ②柔軟に接続ができる API を具備。これから導入するシステムはもちろん、現在使用中のシステムとも連携が容易。 ③インストール版、クラウド版があり、工場内や外出先環境など、場所を選ばず多くのビジネスシーンで利用可能。 ④ビジネス課題に合わせて判定パターンを選択可能。
(株)システム計画研究所 gLupe	①Deep Learning を応用した外観検査用ソフトウェア、②少量の正常データのみで学習、③データ収集コストを大幅削減、④検出の難しかった不良品を検出可能に、⑤少量のデータでも学習する独自技術を採用
トビー・テクノロジー(株) アイトラッキング	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。同社の AI（人工知能）技術で収集したデータを分析し、熟練者が無意識で行っていた作業のノウハウを可視化・標準化することで、新人教育などに役立てる。データを収集するには Wi-Fi 環境が必要。
テラドローン(株)	ドローンによる写真測量を行う。現場の状況に応じて、飛行経路や高度、速度を補正し、高い精度の写真測量を実施。撮影された膨大な画像データを処理し、お客様が利用している CAD にインポート可能な 3次元モデルデータを作成。土量計測や、施工前の地形確認、工事の進捗管理などが容易にでき業務の効率化を図る。
NEC・シーメンス 製造業向けの監視・分析ソリューション	シーメンスと日本電気は、IoT 領域において協業し、シーメンスの「IoT 基盤 MindSphere」と日本電気の AI 技術「インバリエント分析技術」を組み合わせた監視・分析ソリューションを 2020 年 3 月から提供開始している。多数のセンサーから収集したデータを基にシステムの振る舞いを自動的に学習しモデル化することで熟練者のノウハウまでも可視化。またこのモデルを利用し監視することで異常予兆を検知し、安全で効率的なシステム稼働を可能にする。
安藤間・イクス 自律走行式ひび割れ検	大空間構造物の床面におけるひび割れ検査において、軽々な走行台車型の検査ロボットが自律走行、自動撮影をおこない、同時に AI（人工知能）により撮影画像からひび割れを検出し、その

査ロボット	結果を自動で図面に表示
東京エレクトロン デバイス (株) AI 外観検査プラットフォーム「TAiVIS」	外観検査で使用する OK 画像と NG 画像をサーバーで学習させ学習済みモデルを作成。学習済みモデルを使用して FAPC で推論を行う。更に外観検査の際に使用した「OK」「NG」画像をサーバーで再学習させることで継続的な検査システムの認識向上が実現。 【特長】①省人・省力化：目視検査を自動化⇒カメラ画像を PC 側で推論処理し OK・NG 判定 ②目視検査との併用でミスを低減⇒AI 推論結果が目視検査を補完 ③モデルを育てることで認識精度を向上⇒未学習のパターンを再学習させることでモデルをブラッシュアップ ④アクセラレータカードの利用でシステムコストを低減 ⑤既存のシステムへのアドオンで AI 推論機能を追加
富士フイルム(株) 社会インフラ画像診断サービス ひびみつけ	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。
CognexVisionProVIDI	ディープラーニングを活用して画像から複雑な特徴や対象物の把握を行い、製品の欠陥検出、表面処理・材料分離、アセンブリ検証・変形部分検出、文字読み取りを可能としている。ディープラーニングアルゴリズムは、実際の工業用画像解析のために最適化されているため、従来は膨大な量が必要だったサンプル画像が少なくて済む。
IBM IBM Visual Insights	ディープラーニング技術を用いることで、煩雑で専門知識が必要な目視検査プロセスを効率化するソリューション。以前からあった画像認識システムはルールベースの仕組みで、想定外のルールの画像や新しい製品や欠陥タイプには適応しづらく、その都度、システム改修が必要だった。それに対して Visual Insights は、ユーザーが機械学習をさせられるため、システム自体がある程度自動でロジックを改善できる。このアプローチの違いにより、画像検査の柔軟性と精度は飛躍的に高まる。
Sight Machine Inc. ※サービス名無し	部分的な画像診断ではなく、工場全体の生産性向上、品質向上を図るデジタル製造においても AI を使用。企業全体から工場および機械、部品、ライン、プラントの可視化を図り、それらの状態をリアルタイムに把握。そして、AI を活用した分析プラットフォームにより生産性や品質の向上、サプライチェーンの最適化を促進する分析を行えるデジタル製造プラットフォームを構築。
GE DigitalPredix	エッジコンピューティングとクラウドを連携した産業用 IoT アプリケーションを構築するためのサービスを各種用意。エッジソフトウェア、データ管理、分析、セキュリティ、位置情報、モバイル、アプリケーション管理、オペレーションなど IIOT 実現に必要なサービスを API で用意し、機械やテスト機器から入手するデータストリームを分析して監視、異常診断、故障予測、および制御を行うために AI を活用。

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となる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、プロトタイプング、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、以下の研究開発を行っており、次節でそれぞれの研究プロジェクトについて紹介をする。

(1-1) 認知的インタラクション支援技術

人と AI の高度な協調を実現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取集し、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要介護者に係るビッグデータを取集し、AI と組み合わせることで介護士・要介護者双方の負担を軽減する技術

- (1-1) 認知的インタラクション支援技術

人と AI が高度に協調する世界を実現するため、様々な分野における人間の行動や状況の変化に対する視線・表情・姿勢・身振り等、言語化されていない情報を収集・構造化し、様々な場面で再利用可能とすることで、人の行動と認知を支援する高度なインタラクション支援技術を開発する。

具体的には、様々な現場から人間の行動（主体者・他者）や環境情報（環境に配置された物や提示された情報等）をセンシングし、人間の行動や認知に関わるデータを網羅的に蓄積したデータベース（認知行動特性データベース）を構築するとともに、認知行動特性データベースを用いて人の行動や認知を適切に支援するため、誰もが直観的に理解可能な多感覚による情報提示方法や適切な情報量・タイミングを設計評価する技術を開発する。認知行動特性データベースは、様々な分野で横断的に利用可能とするため、汎用性・拡張性の高い共通フォーマットを規定する。また、構築した認知行動特性データベースを様々な分野の多種のタスクの認知・行動インタラクション支援に適用するため、安全性を含めた評価手法の確立、及び評価用システム（技術評価プラットフォーム）を開発する。

当該基盤技術の研究開発とあわせて、認知的インタラクション支援技術が効果的な応用分野（接客を含むサービス分野、製造業等）を具体的に特定し、応用分野におけるユースケースの明確化、プロトタイピング、実証モデル構築、実証評価等を実施する。事業終了後の実用化・事業化に向けては、プラットフォームの運用を民間に引き継ぐためのシステム開発や運用整備を終了後継続的に推進し、研究開発成果を効果的に実用化・事業化につなげる。

これらの基盤技術を活用することにより、活用前と比較した生産性（作業時間・学習速度・理解度・エラー率・安全率・省エネ等のいずれかにより算出）の 10%以上向上、及び、客観的根拠に基づく安全性の確保を達成する。

- (1-2) 高度マルチモーダル対話処理技術

人間とコンピュータ・機械の間の高度かつ知的なコミュニケーションを可能とする高度マルチモーダル対話を実現する基盤技術を開発するとともに、実証評価等の実施に不可欠な高度マルチモーダル対話基盤が必要とする大量の言語資源データや、深層学習等の技術を開発することにより、世の中のあらゆる知識や情報を駆使しながら、決められたシナリオベースの会話展開だけではなく臨機応変な対話を実現する。さらに本基盤技術の活用により、言語情報と非言語情報を融合し、既存の産業構造や技術の枠を超越した革新的サービス・ビジネスの創出を目指す。

また、当該基盤技術の研究開発とあわせて、高度マルチモーダル対話基盤技術を社会実装する応用分野（介護分野、都市空間におけるサービス革命分野、スマートモビリティを実現する車内対話分野、教育分野等）を具体的に特定し、応用分野におけるユースケースの明確化、プロトタイピング、実証モデル構築、実証評価等を実施する。

これらに加えて、開発コミュニティを構築するとともに、言語資源データ等のオープン化のメカニズムを検討、確立する。

さらに、社会課題を抱える現場とのニーズ・シーズマッチング及び利用技術の開発を推進し、高度マ

マルチモーダル対話基盤技術の研究開発成果を効果的に実用化・事業化につなげる。

- (1-3) 学習支援技術

学校における教育の在り方を Society 5.0 時代の学びの場へと進化させるため、ベテラン教師の経験や教育スキルを AI 技術によりいつでも再現可能とし、エビデンスに基づき、個人（学習者）の特性に合わせたテーラーメイド教育を実現する。具体的には、学校教育現場のビッグデータを取得・蓄積し、AI 技術と組み合わせることで、既存の学習方法、指導方法を、解析・最適化し、学習者の個性や個々の習熟度に合わせた最適な学習コンテンツを提供するシステムを開発する。併せて、教師と学習者、学習者と AI の双方向のインタラクションをリアルタイムに解析し、学習者の個性、理解度、集中力等を教師にフィードバックするシステムを開発し、教師に対する支援も実現する。

また、膨大な個人情報である教育ビッグデータの安全な管理運用システムの検討を行い、テーラーメイド教育を普及させる上で必要な基盤技術を開発する。

Society 5.0 の実現に向け、AI 技術などの国際的な先端情報技術に基づく世界中で通用する革新的なビジネスモデルを生み出す人材の育成に向けて、データ分析等に資する基礎的な構想力・問題発見解決力や、論旨明快にものごとを思考し表現する力といった基幹的に必要な能力を身に着けるため、本技術開発がターゲットとする科目は、ものごとの構造を明確に理解し目標を達成する力の向上に有用な「数学」、世界に通用する水準で論旨明快に思考し、判断し、表現する力の向上に有用な「英語」とする。また、実証現場となる学校は、ビッグデータの収集や AI 技術の導入に積極的かつ継続的な参加が見込める中学校や高校を対象とする。

本分野の研究開発にあたっては、人と AI の協調を支援する高度な認知的インタラクション支援技術（開発項目（1-1））、及び高度マルチモーダル対話処理技術（開発項目（1-2））の研究成果の活用も検討する。

- (1-4) 介護支援技術

介護に係る各種データを現場から収集・蓄積・利活用し、AI 技術と組み合わせることで社会保障費の抑制に効果的な介護向け基盤技術の開発、及び効果測定のためのプラットフォームを実現する。具体的には、(A) AI を活用したインタラクション系指標（センサー、アクチュエーター等によって新たに取得可能となる医療・介護の構造化・非構造化データと、そのマルチモーダル性に関する解析結果）、(B) 医科学系指標（要介護者関連；QOL、行動心理症状、ADL、IADL 等／介護者関連：介護者負担尺度 等）、(C) 経済系指標（要介護者関連：介護度、介護費／介護者関連：就職率、離職率、採用単価、労働市場における介護士の総供給量）の 3 指標の因果関係をエビデンスとして蓄積することで、ミクロな医科学系指標と、マクロな経済系指標の関係性を解析し、AI 技術の適用の効果を様々な指標との相関として出力可能なプラットフォームを開発する。

上記のエビデンスの取得にあたっては、自治体、病院・介護施設、IT 関連企業や AI ベンチャー企

業等の企業が協働し、介護サービス全体のバリューチェーンに対して包括的な実証実験を行うことが可能なプラットフォームを構築することで、AI 技術の発展によって新たに創出される介護分野の介入施策の評価と、効果的と評価された施策の全国への普及・海外市場展開を行う。

本分野の研究開発にあたっては、人と AI の協調を支援する高度な認知的インタラクション支援技術（開発項目（1-1））、及び高度マルチモーダル対話処理技術（開発項目（1-2））の研究成果の活用も検討する。

3.2 競合分析

ここでは、研究開発テーマの独自性を明らかにした上で、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、「ステークホルダーマップ」及び「競合比較表」を作成した。（競合比較表は非公開）

ステークホルダーマップでは、SIP サイバーが関連する最終プロダクトに関わるステークホルダーとして各市場における主要プレイヤー、顧客、パートナー企業との関係性を視覚化した。作成にあたっては、最終プロダクトが対象とする「人と人」を位置付けた上で、周囲のステークホルダーとの関係性をつないでいる。例えば、教育領域のステークホルダーマップでは、教員と生徒を中心に置いた上で、学校などの教育機関や、教材企業や教育プラットフォームがどのような形で関わりあうのかを示している。また、その中で、SIP サイバーのポジショニングも示している。これによって、SIP サイバーがターゲットとする顧客やサービスを明確にするとともに、他社や他サービスとの相違点を整理した。

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、技術及び市場展開の状況の 2 点である。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。また、各領域の生産性に大きく関わる観点として、ヒューマン・インタラクション技術に関連した感情認識、行動予測などの高度なヒューマン・インタラクション技術が含まれるかどうかも調べている。市場展開については、メインターゲットの詳細と市場獲得の状況を比較した。

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、今後の改善点や課題点を整理した。

3.2.1 認知的インタラクション技術

認知的インタラクション技術とは、「人と AI の高度な協調を実現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」である。人の内部状態を理解するための「感情推定」、「文脈理解」、「行動予測」などの技術が関連している。

「文脈理解」や「行動予測」の問題は未解決で研究段階であり⁸³、サービス化されたものは少ないが、「感情推定」の技術はサービス化に至っている。「感情推定」では表情筋の動きから表情変化を捉える手法が使われており、日常の動作で生じる様々な顔の向きや角度においても、苦笑いや喜びの驚き、戸惑いを感じた際などのこまやかな表情変化を高精度に検出することができる。小売業の店舗に対して、店舗内の人の表情や行動をセンシングして、店舗内の可視化や施策効果検証を提供するサービスもある。その他に、表情の画像データの他にも、音声から人の感情を解析するアプリケーションもあり、コールセンターやメンタルヘルスのケアなどにも活用されている

既存の技術開発やサービスに対して、「SIP（1-1）認知的インタラクション支援技術」の(1-1)-①産総研の研究開発の特徴は、人が行うサービス業務について様々な情報を組み合わせてサービス業務の可視化、支援、評価をするシステムを開発していることである。具体的には視線、対話（音声）、表情、ジェスチャー、バイタルデータなどを組み合わせることを想定している。これによって、精度の高い「感情推定」を行うことに加えて、「文脈理解」や「行動予測」を実現するための研究開発を進めている。アカデミックの研究分野では国際的コンペティションを通じた技術競争が行われているが、サービス化までを想定した研究は行われておらず、日本で認知的インタラクション技術の社会実装が実現すれば、技術力で世界を先行することができる。

3.2.2 マルチモーダル対話支援技術

マルチモーダル対話支援技術とは、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であり、文脈に応じた返答や意図の推測、提案などを含む雑談対話を可能とする。雑談対話では、質疑応答などのシナリオベースの対話に加えて、相手の状態を理解するための「感情推定」、「文脈理解」、「行動予測」などの技術が関連している。

「SIP：（1-2）高度マルチモーダル対話処理技術」-①KDDI の研究開発では、「高度マルチモーダル対話処理技術」を行っているが、他製品と比べた技術的優位性として、2 点が挙げられる。1 点目は雑談対話に用いるデータの豊富さであり、SIP サイバーの開発では音声に加えて、表情、ジェスチャーなどマルチモーダル情報を用いた情報センシングをしている。他社製品では基本的には音声のみを用いた対話を目指した場合が多く、SIP サイバーでは複数の情報をもとにして、より高度な対話を実現することを目指している。

⁸³ 科学技術振興機構研究開発戦略センター「深層学習と知識・記号推論の融合による AI 基盤技術の発展」（2020 年）

2 点目はハイブリッドな対話制御を行っていることである。SIP サイバーではビックデータを活用した多様なトピックに関する「ビックデータ雑談対話」と、ケアマネジメント標準に基づく「シナリオベース対話」をシームレスに移行させる対話システムをもっており、高齢者向けの対話システムで傾聴のような大量の深い知識を必要とする動作を実現することができる。

技術面のベンチマークとしては、雑談対話のコンペティションの内容や評価軸が参考になる。Amazon が主催する雑談対話のコンペティション「Alexa Prize⁸⁴」では、人との魅力的な会話を 20 分間以上続けることが最終目標に設定されており、2018 年に開催されたコンペティションの優勝チームは平均 10 分間程度の会話をすることに成功している。ただ、コンペティションでは対話した人間やコンペの審査員の主観的な評価も含まれており、開発した雑談対話システムが実用化に資するものであるかは、実際の使用場面を想定した雑談対話の評価軸が必要である。また、それぞれのサービスの開発目的が異なるため、複数サービスを同じ技術項目で評価して優位性を議論することは、現状は難しい。

今後の課題は市場獲得である。Strategy Analytics 社によると⁸⁵、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。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。

SIP サイバーの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。特に、日本の社会的課題である介護の労働力不足を補い、生産性向上に寄与できれば、介護領域における対話システムとして、新たな市場を獲得できると考えられる。

⁸⁴ <https://developer.amazon.com/alexaprize>

⁸⁵ <https://marketingland.com/more-than-200-million-smart-speakers-have-been-sold-why-arent-they-a-marketing-channel-276012>

3.2.3 教育領域

■ステークホルダーマップ

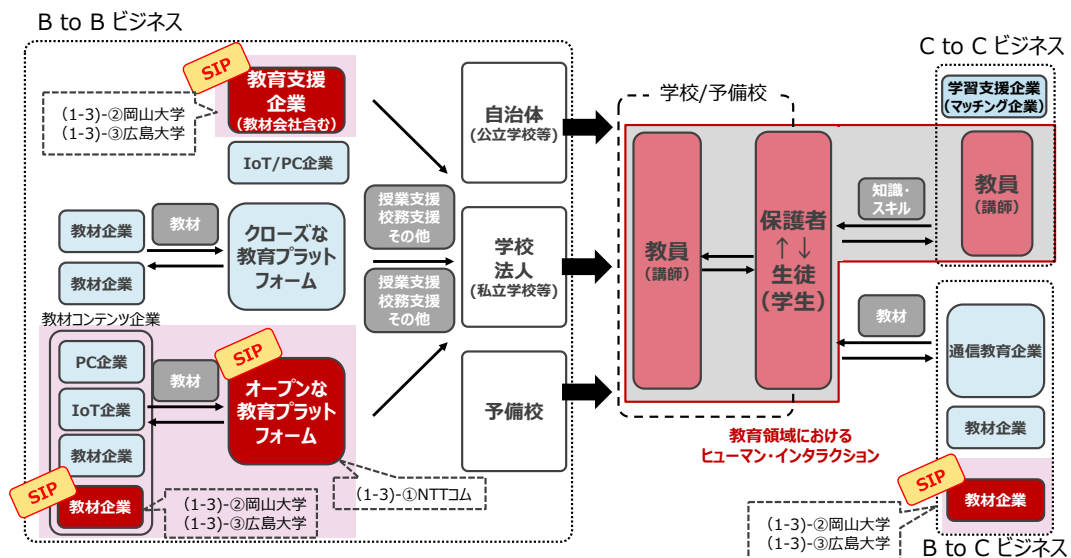
教員領域のステークホルダーマップを図表 3-2-1 に示す。ステークホルダーマップは、教育や学習を通じた教員と生徒（学生）の関係性を中心にして周囲との関係を書き出している。関連するサービスとしては、「生徒（学生）」の学習及び「教員」の指導を支援するサービスや、「生徒（学生）」と「教員」の間の学習を支援するサービスがある。

教育領域のサービス提供分類としては、BtoC サービス、BtoC サービス、CtoC サービスに分けられる。BtoB ビジネスとしては、学校や予備校における授業に対して、教材提供をする企業や、教育のトータルプラットフォームサービスを提供する企業がある。BtoC サービスとしては、教材企業や通信教育企業が直接生徒（学生）に対して提供するサービスがあり、オンライン英会話教室や通信教育などが該当する。CtoC サービスとしては、講師と生徒（学生）を直接的にマッチングするサービスなどがあり、幅広い世代の学習者の多様な学びを支援するサービスが挙げられる。

SIP サイバーの 2 テーマ（岡山大学・広島大学）では、AI 技術を活用した教材を開発している。サービス提供としては、1）BtoC ビジネスで直接的に生徒（学生）の学習として販売する、2）学校法人や予備校などで行う教育の教材として販売する、3）学校教育のトータルサポートをするプラットフォームを介して学習教材を販売する、の 3 つの方法が想定される。

SIP サイバーの 1 テーマ（NTT コム）では、学校教育のトータルサポートを行うオープンなプラットフォームを開発している。他の教材企業や教育 IoT 企業など、様々な教材コンテンツ企業と連携・協業することを想定している点が他社とは異なる点である。SIP サイバーの研究開発テーマ以外にも、学校教育のトータルサポートを行う企業があるが、オープンではなく独自の教育プラットフォームを提供している。

図表 3-2-1 教育領域のステークホルダーマップ



3.2.4 介護領域

■ステークホルダーマップ

介護領域のステークホルダーマップを図表 3-2-2 に示す。ステークホルダーマップは、介護サービスを通じた要介護者、ケアマネジャー、介護福祉士・ヘルパーを中心に位置付けた上で、周囲との関係を書き出している。要介護者を対象としたサービスは、介護サービス、医療サービス、行政サービス（健康増進、機能訓練）に分けられる。介護サービスには、介護業務のソフトウェアのサプライヤや介護支援製品のサプライヤなどが介護サービス事業者へ製品やサービスを提供している他、コミュニケーションロボットやウェアラブル製品を直接、要介護者に提供している場合もある。また、医療サービスを支援するプロダクトは医療機関を介して、行政サービスは支援するプロダクトは自治体から提供される。

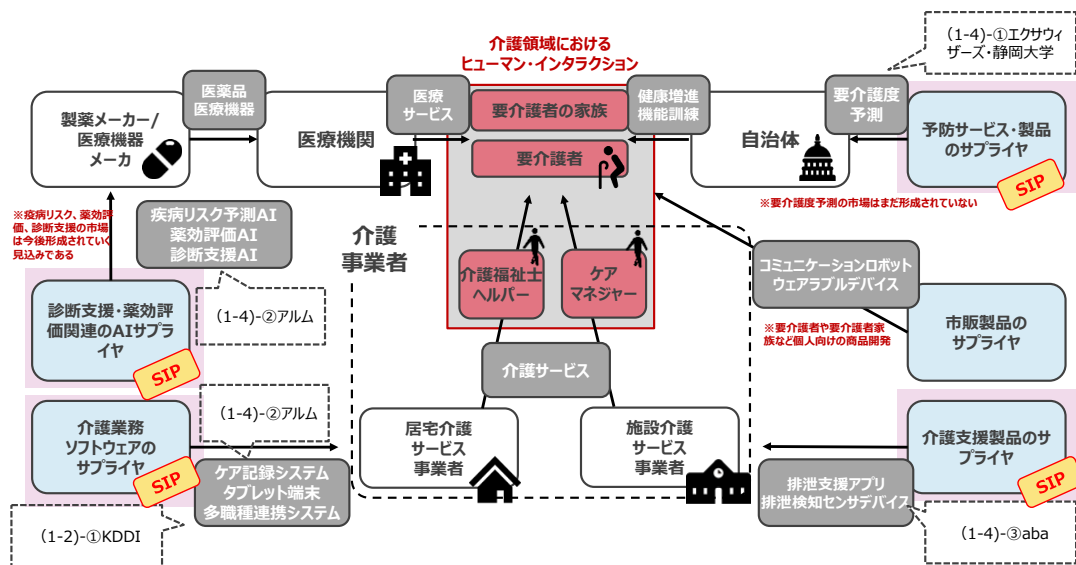
SIP サイバーのテーマ（KDDI）では、高齢者の在宅介護モニタリングが可能なマルチモーダル音声対話システムを開発している。音声対話システムによる在宅介護モニタリングは、介護従事者の作業の負担軽減と介護の質向上につながる。特に音声対話をシナリオベースだけでなく、ビッグデータベースの雑談対話の技術を使うことで高度な対話制御を行っている。

SIP サイバーのテーマ（エクサウィザーズ）では、要介護度予測の AI システムを開発している。これは各自治体の社会保障費の削減につながるサービスであるため、健康増進や機能訓練を行う自治体にサービス提供をすることが考えられる。

SIP サイバーのテーマ（アルム）では、疾病リスク AI を開発している。ビジネスモデルが確立されていない領域ではあるが、候補の 1 つとしては製薬メーカーや医療機器メーカーを提供先として、疾患の医薬品や医療機器に関連するサービスとして活用することが考えられる。

SIP サイバーのテーマ（aba）では、排泄支援の排泄検知センサデバイスを開発している。排泄ケアは介護者にとって負担が大きく個別性が求められる介護サービスである。介護業務を軽減、効率化する製品として、介護サービス事業者へ提供している。

図表 3-2-2 介護領域のステークホルダーマップ



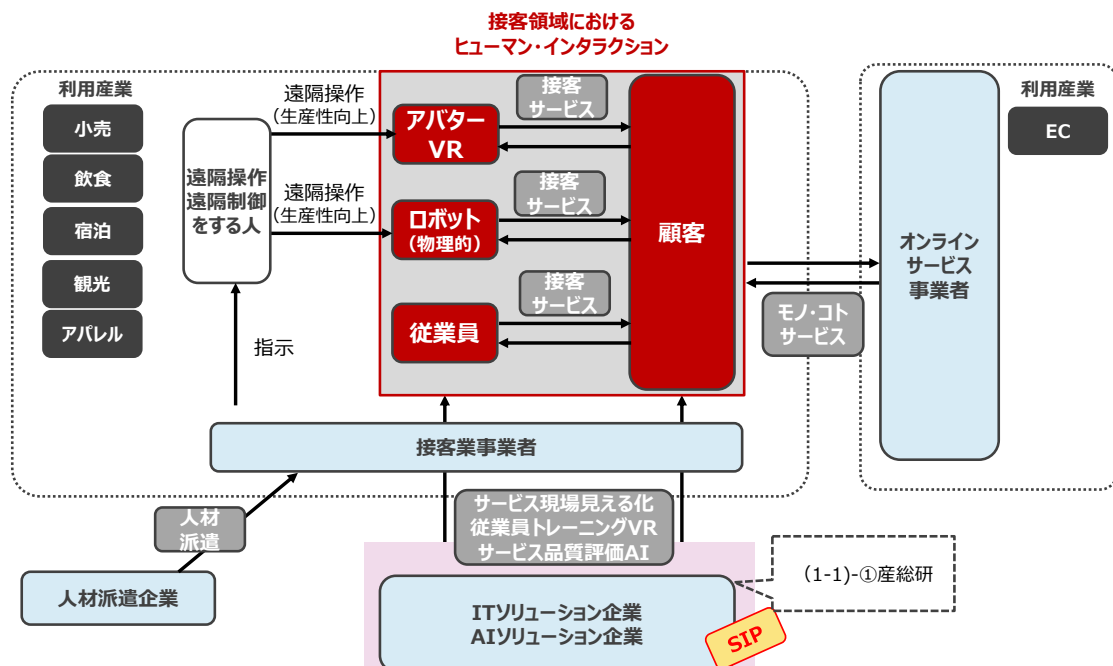
3.2.5 接客領域（サービス業）

■ステークホルダーマップ

接客領域（サービス業）のステークホルダーマップを図表 3-2-3 に示す。ステークホルダーマップは、接客サービスを通じた顧客と従業員を中心に位置付け、周囲との関係を書き出している。また、接客サービスの範囲として、AI 技術を使ったロボットやアバター・VR を介したサービスも含んでいる。関連するサービスとしては、「従業員」の業務品質を高めるサービス、従業員の代わりにロボットやアバター・VR を使うサービスがある。AI 技術を活用した接客サービスの対象産業領域として、小売業、飲食業、宿泊業、観光業、アパレル業など様々な産業領域を含む。

SIP サイバー（産総研）では、AI 技術を活用した接客サービス支援を 3 テーマについて開発をしている。1 つ目は、サービス現場の見える化であり、センサー情報をもとにサービス現場を可視化して提供するシステムを開発している。2 つ目は従業員のトレーニングシステムであり、従業員のサービス提供の品質のばらつきを解消し、熟練者と同様のサービスを行うための研修システムである。3 つ目はサービス品質評価システムであり、実際のサービス現場を評価・改善提案をするシステムを開発している。いずれのサービスもサービス産業の生産性向上につながる AI システムであり、日本が抱える少子高齢化や労働力減少の社会的課題のニーズに対応した技術開発を行っている。

図表 3-2-3 接客領域のステークホルダーマップ



3.2.6 接客領域（製造業）

■ステークホルダーマップ

接客領域（製造業）のステークホルダーマップを図表 3-2-4 に示す。ステークホルダーマップは、製造業の中で熟練者が行う業務と、周囲との関係を書き出している。関連するサービスとしては、土木業や建設業におけるインフラ検査の職人の業務支援や教育指導をするサービスや、製造業で行う製品検査の職人の検査を支援するサービスがある。

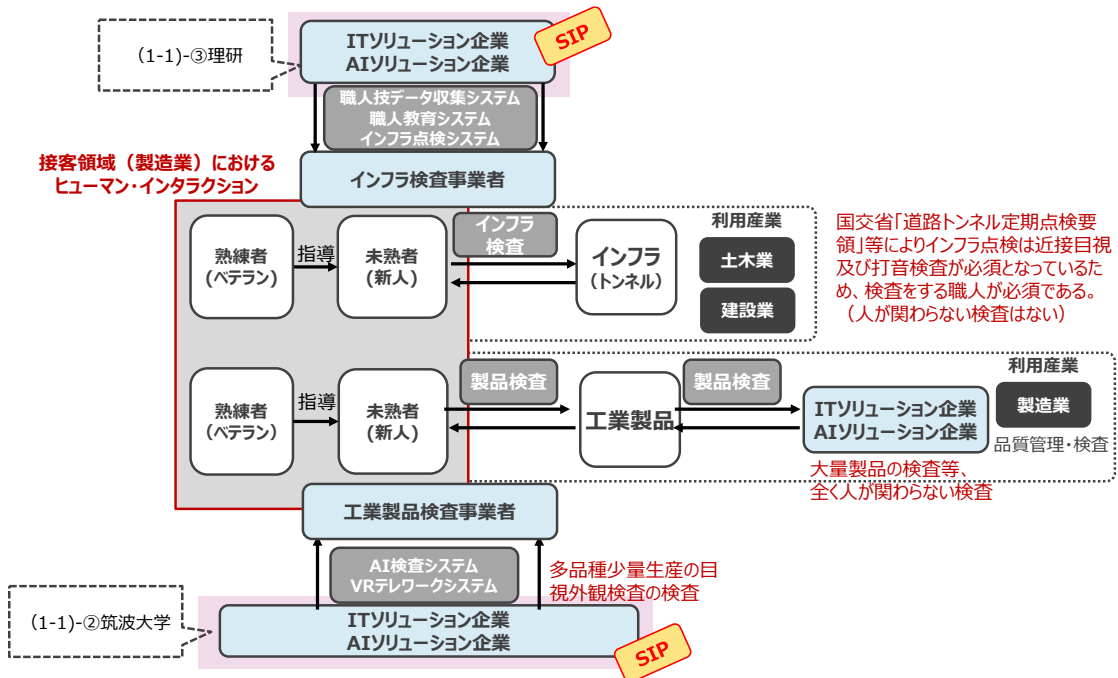
SIP サイバー（理研）では、AI 技術を活用したインフラ点検システムを開発している。具体的には、熟練の職人の業務を数値化、「見える化」する技術と、職人教育を支援するシステムがある。いずれのサービスも生産性向上につながる AI システムであり、日本の製造業において社会的需要の高い領域である。

SIP サイバー（筑波大学）では、AI 技術を活用した製品検査システムと遠隔操作システムを開発している。製品検査システムについては、特に中小企業の多品種少量生産では目視外観検査が多く、人手もかかるために自動化する仕組みを開発している。

また、遠隔操作システムでは簡便な操作が可能なシステムを開発している。熟練者の指導のもと、コミュニケーションをとりながら、業務を進めることができるようになっている。

ここでは上記で説明した 2 点について、他の製品と競合比較を行う。

図表 3-2-4 接客領域（製造業）のステークホルダーマップ



3.3 研究動向調査のまとめ

本章では SIP の「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」のプロジェクト概要を示し、プロジェクトが対象としている「教育領域」、「介護領域」、「接客領域」のステークホルダーマップを作成した上で、競合分析を行った。ステークホルダーマップは、ヒューマン・インタラクション技術が関連する最終プロダクトが対象とする「人と人」を位置付けた上で、周囲のステークホルダーの関係性を示した。競合比較においてはプロダクトの基本機能、AI 関連機能、市場展開の状況を比較した。

「教育領域」のステークホルダーマップは、教育や学習を通じた教員と生徒（学生）を中心に周囲との関係を書き出し、その中で SIP サイバーの研究テーマを位置付けて競合比較を行った。教育領域の AI 技術を用いたサービスでは、AI 技術の実装と市場展開が急速に進んでいる。これに対して、SIP サイバーの採択テーマでは教育のデジタル化による業務効率化だけでなく、学習効果や学習意欲など人の内部状態に考慮した教育方法を最終プロダクトに組み込む研究開発をしている点に技術優位性がある。今後の市場展開について、公立学校に電子教材や学習管理システムを導入し、かつ優位性のある企業はいない。理由として、公立学校の AI サービス導入の意思決定主体が地方自治体レベルであり、また、業務効率化や教育の質の向上のインセンティブをもとに予算確保ができない点が挙げられる。SIP サイバー（NTT コム）では公共性を担保した形で地方自治体に向けたサービス展開を進めるアプローチをとっており、公立学校への導入を進めることが有効な戦略であると考えられる。

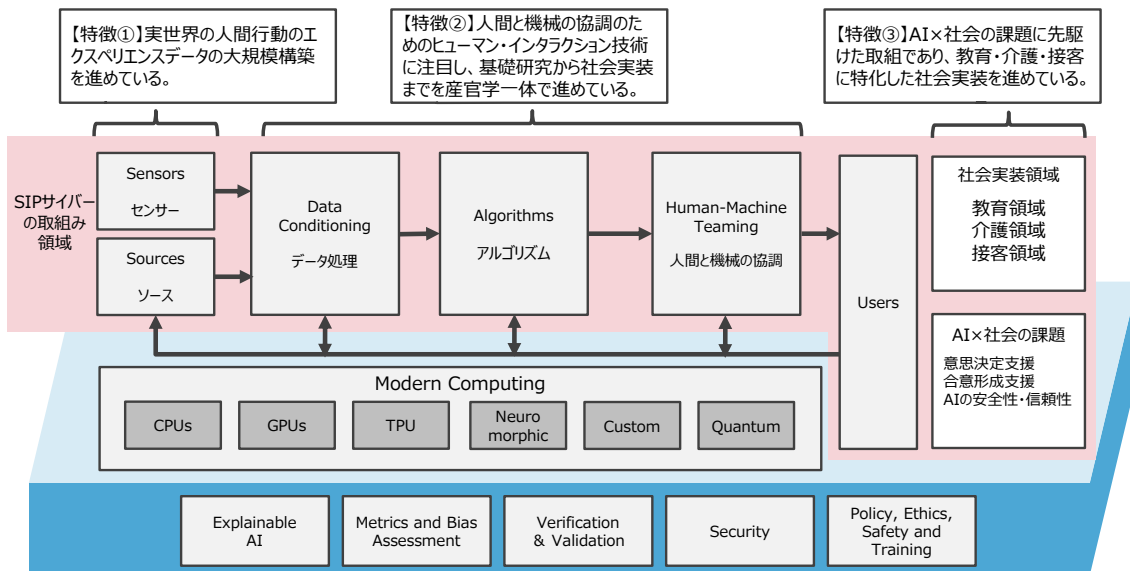
「介護領域」のステークホルダーマップは、介護サービスを通じた要介護者、ケアマネジャー、介護福祉士・ヘルパーを中心に置いて周囲との関係を書き出し、その中で SIP サイバーの研究テーマを位置付けて競合比較を行った。介護領域では介護サービスの業務効率化や質の向上が重要課題であり、それぞれを支援する研究開発やサービス開発が進められている。SIP サイバーの研究テーマは、業務効率化に加えて、介護サービスの質向上を目指す研究開発を進めている点において技術優位性がある。一方で、介護領域では質の向上が利益に結びつく市場ではないために、新たなビジネスモデルの構想が求められている。

「接客領域」（サービス業）のステークホルダーマップは、接客サービスを通じた顧客と従業員を中心に周囲との関係を書き出し、その中で SIP サイバーの研究テーマを位置付けて競合比較を行った。「接客領域」（サービス業）のサービスは業務効率化や業務品質を高めるものがあるが、SIP サイバーは、サービス現場の生産性向上やサービスの質の向上に対するトータルソリューションとなる要素技術を開発している点に独自性がある。一方で、市場展開については他社がすでに製品化・販売しているサービスもあるために、コスト面及び技術面で他社製品を上回るものをつくる、もしくは他社製品が対象としていない産業領域や利用シーンにターゲットを絞るなどの工夫が必要である。

「接客領域」（製造業）のステークホルダーマップは、製造業の中で熟練者が行う業務と、周囲との関係を書き出し、その中で SIP サイバーの研究テーマを位置付けて競合比較を行った。「接客領域」（製造業）の検査サービスや遠隔操作について様々な AI 技術を用いたサービスがあるが、SIP サイバーでは多品種少量生産の目視外観検査、遠隔ロボット操作（組立）、インフラ点検など、高度な技術が必要とされるテーマに取り組んでおり、既存のソリューションにない領域にすみ分けられている。市場展開のビジネスモデルについては、引き続き検討をする必要がある。

これまでに第 1 章及び第 2 章で述べたヒューマン・インタラクションの研究動向や世界各国の政策動向を踏まえて、SIP サイバーの取組みの特徴を図表 3-3-1 に示す。AI アーキテクチャー全体の中で、SIP サイバーでは、データ取得、データ処理、アルゴリズム開発、人間と機械の協調の研究開発をしているが、この中で、SIP サイバーの強みを見出す上での特徴を 3 つ挙げる。1 つは実世界の人間行動のエクスペリエンスデータの大規模構築を進めている点である。これは世界的にほとんど未着手であり、重点産業領域を定めて産学官連携で構築・活用することで世界に先行できる可能性⁸⁶がある。2 点目は人間と機械の協調のために、ヒューマン・インタラクション技術に注目して基礎研究から社会実装までを産官学一体で進めている点である。米国政府では、AI アーキテクチャーの基盤技術に注力しているが、具体的な重点産業領域を定めておらず、社会実装は産業界に任せている。しかし、AI 技術の社会実装に至るまでは公共性が求められるデータ整備や法整備に加えて、信頼される AI を社会に浸透させるために産官学の様々な視点からの検討や協調が重要である。SIP サイバーが産官学体制で取り組むことによって、信頼できる AI の社会実装を加速化させることができれば日本の優位性を見出すことができる。3 点目は AI×社会の課題に先駆けた取組を行っており、教育・介護・接客の重点産業領域を定めた研究開発をしている点である。特に、課題先進国といわれる日本が直面している社会課題に対応した研究開発や社会実装を進めており、日本で成功モデルが構築できれば、将来同様の課題を持つ他国にグローバル展開していく道筋を切り拓くことができる。

図表 3-3-1 AI アーキテクチャーにおける SIP サイバーの取組みの特徴⁸⁷



※AI アーキテクチャー：End to End で AI を開発する際に必要なコンポーネントを示している

⁸⁶ 科学技術振興機構 研究開発戦略センター「第 4 世代 AI の研究開発」(2020 年)

⁸⁷ Massachusetts Institute of Technology「AI Enabling Technologies: A Survey」(2019 年) を参照

図表 3-3-2 から図表 3-3-5 において、第 1 章から第 3 章で記載した内容の整理として、SIP サイバーで取り組む技術開発の強み、課題に加えてベンチマークすべき研究や企業を整理した。

図表 3-3-2 SIP サイバーの基盤技術の分析まとめ

技術	項目	内容
認知的 インタ ラクション 技術 (産総研)	強み	複数の実世界データを用いた精度の高さを目指したアプローチに特徴がある。具体的には視線、対話（音声）、表情、ジェスチャー、バイタルデータを活用している。
	課題	他社ではビジネス活用可能なプラットフォームを形成して、すでに市場のシェアを獲得しており、今からプラットフォーム市場に参入して勝ち筋を見出すのは難しい。今後の方向性として、汎用性のある基盤技術のアプリケーションを販売するか、他社の既存サービスのプラットフォームの一部に対する技術提供をするなど、具体的に収益をあげるためのビジネスモデルを構想する必要がある。
	ベンチ マーク	【研究】認知的インタラクションに関連して、文脈理解は学術的に未解明な課題である。学術研究では、文脈認識をする補助ロボットに関する研究（Dr. A. Aldo Faisal）やロボスタなタスク実行を行うロボットの研究（Dr Rohan Paul）がされている。 【企業】感情認識については Affdex 社が優位。世界 87 カ国以上から収集された約 70 億の感情データポイントを活用した感情認識 AI を提供。文脈理解や高度な行動予測の AI を提供するサービスはまだ存在しない。
マルチ モーダル 対話支援 技術 (KDDI)	強み	2 点の強みがある。1 点目は雑談対話に用いるデータ数が多いことである。高齢者の発話や表情を解釈するための数百万件オーダーの学習データを使用している。2 点目はハイブリットな対話制御を活用している点であり、「ビッグデータ雑談対話」と「シナリオベース対話」を組合せている。
	課題	汎用性の高い既存の対話システム市場（スマートスピーカー等）やチャットボット市場は他企業がシェアを獲得してグローバルなプラットフォームを形成しており参入障壁が極めて高い。特定領域の用途（介護業務等）に特化したサービス展開をする戦略が求められる。
	ベンチ マーク	【研究】雑談対話の技術競争は活発であり、Amazon 主催「Alexa Prize」の優勝チームは、平均 10 分間の会話をすることに成功している（2018 年）。 【企業】音声認識・感情分析の AI エンジンやチャットボットを広く普及している。Amazon Echo は Amazon サービスと連携した対話サービス、Google Home は Google が有するメール、カレンダー等のサービスと連携した対話サービスを提供しておりグローバルなプラットフォームを形成して優位性がある。Temi USA Inc（米国）は音声アシスタント機能を持った移動可能なパーソナルロボットを提供している。

図表 3-3-3 SIP サイバーの学習支援技術の分析まとめ

技術	項目	内容
学習支援技術 (NTTコム)	強み	学習の理解プロセスまで踏み込んだ学習評価システムやフィードバックシステム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、学習支援の高い技術が強みである。
	課題	市場獲得及び市場展開に課題があり、他社サービスに比べて導入実績が少ない。公立学校の教育 AI サービスの導入が進んでいないため、公立学校をターゲットにした導入戦略を具体化していく必要がある。各国の教育系の企業は、教育コンテンツは自社のものを使い、個別化教育のプラットフォームは他社のもの（Knewton 等）を使うという戦略をとる企業が多い。
	ベンチマーク	【研究】マルチモーダル情報を用いたリアルタイムな生徒の授業への関与度合いの評価に関する研究（Dr. Sidney K. D'Mello）や教育用ロボットと学生の相互作用による感情変化と学習成果に関する研究（Dr. Cynthia Lynn Breazeal）など、学習プロセスにおける感情変化や学習関与など学習者内面の理解や変化を把握するための研究がされている。 【企業】個別化教育の AI エンジンとして Knewton は世界中の教育プラットフォームで採用されている。国内でトップクラスの導入実績がある学校支援クラウドサービス「Classi」では教育コンテンツは自社のものを使い、AI エンジンは Knewton を採用している。
学習支援技術 (岡山大学・広島大学)	強み	学習履歴をもとに学習者の理解度や理解のプロセスを推論することにも取り組むアプローチに特徴がある。
	課題	市場展開に課題がある。他サービスでは、学校指導要領に基づいた多くの教科（5教科以上）の教材を提供しており、塾・予備校に加えて学校教育での導入実績も多い。今後は他社との連携や協業も含めて技術優位性を活かした市場展開をしていく方向性が考えられる。
	ベンチマーク	【研究】マルチモーダル異常検出を用いたリアルタイムフィードバックの研究（Riku Arakawa et al）など、介入支援に関する枠組みの研究がされている。 【企業】教育領域ではコンテンツ提供サービスとして、国内では atama plus は数学、理科、英語等の教科の個別化学習教材を提供している。海外では BUJU'S（インド）や Vipkid（中国）が教材提供している他、Yuanfudao（中国）のチュータリング型サービスなど様々な教育サービスが市場展開している。

図表 3-3-4 SIP サイバーの介護支援技術の分析まとめ

技術	項目	内容
介護支援技術 (エクサウィザーズ)	強み	介護予測 AI：自治体が実際に保有する個票データを非識別加工のうえ活用し、介護認定における要介護度のみならず、医療費や介護費の予測モデルを開発。開発成果を論文化し、複数の国内学会から優秀賞を受賞し、高く評価されている。 歩容解析：先行する製品と比して、センサの装着が不要で、歩行の撮影動画のみで理学療法士的観点で歩容解析が可能であることに強みがある。地方自治体や介護施設等が持つデータを用いて、介護予測 AI の開発を行い、介護に関わる新規市場の創出にアプローチしている点に特徴がある。
	課題	介護予測 AI 及び歩容解析はいずれもビジネスモデル確立の必要性があり、方向性は 2 つある。1 つは介護に関するデータを持つ地方自治体に対して、健康増進や機能訓練を通じたサービスとして提供することである。もう 1 つは介護サービスの業務支援システムに入れてサービス提供することである。具体的な戦略策定が求められる。
	ベンチマーク	【研究】介護予測 AI は研究段階である。歩容解析 AI は機能訓練やリハビリと関連させた研究開発が進められている。 【企業】介護予測 AI は研究段階で、介護ケアのプラットフォームを提供しているシーディーアイは蓄積されたデータから容体予測をする開発を行っている。歩容解析については歩行能力解析デバイスの製品やクラウド機能訓練ソフトなどの他企業の製品が販売されている。
介護支援技術 (アルム)	強み	循環器疾患、認知症の薬効評価、BPSD の発症予測など、社会的需要のある新規ソリューションの開発をしている点に特徴がある。また、介護業務支援システムは国内外で約 1700 の医療・介護機関に医療・介護 ICT システムを提供しており、保有するデータ量が大きいことも強みである。
	課題	循環器疾患、認知症の薬効評価、BPSD の発症予測はまだ研究段階であり、解析手法や技術が確立された後には新規の市場・ビジネスモデルを確立する必要がある。
	ベンチマーク	【研究】循環器疾患、認知症の薬効評価、BPSD の発症予測について、大学および企業が研究開発に取り組んでいる。 【企業】研究開発段階である。
介護支援技術 (aba)	強み	「排泄ケアシステム」は業界初の「におい」で尿便識別可能なセンサーを用いた非接触型の排泄ケアシステムであり、他製品に比べた技術的優位性がある。「要介護生活スケジュール最適化 AI」、「介護生活スケジュール最適化 AI」は排泄ケアシステムと連動させることで他社製品と異なる優位性が見いだせる。
	課題	「排泄ケアシステム」の市場展開にあたって、介護業務のトータルサポートシステムに組み込む戦略が必要である。そのために、介護 ICT の自社開発を行うか、他社の介護 ICT との連携が必要である。「要介護生活スケジュール最適化 AI」、「介護生活スケジュール最適化 AI」は、他社の介護業務をトータルサポートするシステムがすでに普及しているために、新規市場獲得の戦略策定が課題である。
	ベンチマーク	【研究】製品化しており基本的な技術は確立されている。 【企業】排泄ケアシステムについては新東工業、アド・ロールス、Dfree などが製品を販売している。介護業務支援システムは介護業務をトータルサポートする製品の優位性が高い。

図表 3-3-5 SIP サイバーの接客支援技術の分析まとめ

技術	項目	内容
接客支援技術 (産総研)	強み	サービス現場の生産性向上やサービスの質の向上に対するトータルソリューションとなる要素技術を開発している点に特徴がある。
	課題	市場展開については他社がすでに製品化・販売しているサービスもあるために、コスト面や技術面で他社製品を上回るものをつくる、もしくは他社製品が対象としていない産業領域や利用シーンにターゲットを絞るなどの工夫が必要である。
	ベンチマーク	【研究】文脈理解は学術的に未解明な課題である。学術研究では、文脈認識をする補助ロボットに関する研究 (Dr. A. Aldo Faisal) やロボスタなタスク実行を行うロボットの研究 (Dr Rohan Paul) がされている。 【企業】国内では abeja (日本) が小売店の店舗内の可視化や施策効果検証をするトータルプラットフォームを提供している。また、Affectiva (米国) は汎用性の高い感情認識 AI を提供している。
接客支援技術 (筑波大)	強み	多品種少量生産の目視外観検査、遠隔ロボット操作 (組立)、インフラ点検など、高度な技術が必要とされるテーマに取り組んでおり、既存のソリューションにない領域にすみ分けられており、技術優位性は高い。
	課題	多品種少量生産の目視外観検査、遠隔ロボット操作 (組立) には製造業のニーズがあるが、市場規模は大きくなく、どの程度の規模、どのようにスケーリングしていくかを明確にする必要がある。
	ベンチマーク	【研究】学術研究の中にベンチマーク対象は少ない技術課題である。 【企業】AI 概観検査ソリューションは多数あり、画像認識の AI 構築支援などカスタマイズを行うサービスも多数ある。
接客支援技術 (理研)	強み	遠隔・近接目視と打音検査について、走行型画像計測装置を用いて時間及び費用面で効率化する技術に強みがある。
	課題	市場展開の方向性を検討する必要がある。1 つの方向性はこれまで道路トンネルの検査技術を、鉄道トンネルや導水路などの検査にも技術を展開することである。もう 1 つの方向性は海外展開であり、日本のインフラシステムの海外輸出の中で、本検査システムを導入することができれば世界市場の獲得も可能である。
	ベンチマーク	【研究】学術研究の中にベンチマーク対象は少ない技術課題である。 【企業】トビー・テクノロジー (スウェーデン) は熟練者のデータ収集及び新人研修の支援を行うアイトラッキングなどを実施している。また、安藤間・イクシスは自動走行式ひび割れ検査ロボットを提供している。

第4章 総論

本調査では、AI の社会実装に係る現状を調査するとともに、「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・インタラクション基盤技術で対象としている領域に係る最新のサービス動向、技術開発動向等を取りまとめることにより、本プロジェクトで実施している各テーマの目標や研究開発内容の妥当性・適切性等の分析を行った。

第1章では、AI の社会実装状況を把握するために、市場動向、利用動向、政策動向の調査を行った。市場動向について、AI 産業の成長領域は、「製造業・情報通信業」及び「ヘルスケア」領域であり、国内及び世界の市場規模は大きく、今後さらに成長すると予測されている。利用動向については、各産業領域におけるソリューションを整理した。また、各国の科学技術政策の中で、AI は最重要分野の一つに位置付けられており、AI に関する技術開発への投資に加えて、社会実装に向けた事業環境整備や制度検討の取組を紹介した。

第2章では、ヒューマン・インタラクション技術の研究動向や社会実装動向をまとめた。研究動向については、「感情認識」、「文脈理解・行動予測」、「教育領域の研究」、「介護領域の研究」「接客領域の研究」に分けて紹介を行った。社会実装動向については、教育領域、介護領域、接客領域におけるヒューマン・インタラクション技術のビジネス事例を紹介した。

第3章では、SIP の「ビッグデータ・AI を活用したサイバー空間基盤技術」のプロジェクト概要を示し、プロジェクトが対象としている「教育領域」、「介護領域」、「接客領域」のステークホルダーマップを作成した上で、競合分析を行った。ステークホルダーマップは、ヒューマン・インタラクション技術が関連する最終プロダクトが対象とする「人と人」を位置付けた上で、周囲のステークホルダーの関係性を示した。競合比較においてはプロダクトの基本機能、AI 関連機能、市場展開の状況を比較した。その結果、各領域の研究開発は他と比べて技術優位性があり、市場展開については、人が関わる様々なサービスの質を高めるポテンシャルのある研究開発が進んでいることがわかった。第3章のまとめとして、AI アーキテクチャーにおける SIP サイバーの取り組みや特徴を示すとともに、各プロジェクトで進める技術開発について、強み、課題、ベンチマークすべき研究や企業を整理した。

これまでに挙げた SIP サイバーの各プロジェクト個別の課題を受けて、SIP サイバー全体の事業課題について、2点を挙げる。1点目は SIP サイバーで取り組む複数の研究開発や事業開発の全体最適化の推進の必要性である。特に、SIP サイバーでは、データ利活用が必須であるが、介護領域、教育領域などの各領域の個別のデータごとに、利活用の法的課題、運用課題があり、現状は環境の異なる別々の地域で実証を進めているのが現状である。例えば、スマートシティ⁸⁸（新規技術を活用してマネジメントされている持続可能な都市または区）を掲げる自治体において、SIP サイバーの各プロジェクトで進めるビッグデータ・AI を活用した社会づくりを推進する取組を行うことで、SIP サイバーで掲げたテーマが相互に

⁸⁸ 国土交通省 HP：スマートとシティに関する取り組み

連携しながら、人と AI が協調した社会が進むのではないか。

2 点目は予算規模や人的リソースの確保である。AI 分野は世界各国で多額の投資がされている分野であり、米国の政府投資額は 5000 億円（2018 年）、中国の政府投資額は 4500 億（2018 年）と試算されており、さらに投資を加速させて産学の強固な実施体制で進めている。一方、日本の予算規模は 770.4 億円（2018 年）⁸⁹であり、研究者などの人的リソースの確保が難しく、世界に先行した技術開発や事業化をするためにはリソースを集中させる仕組みが必要であると考えられる。例えば、DARPA の ASIST プログラムでは、DARPA 関連の巨額の研究費を受託することができるカーネギーメロン大学、マサチューセッツ工科大学、ピッツバーグ大学などの研究機関にいる研究者が 100%の effort でプロジェクトを進めている。また、プログラムマネジメントについては、研究進捗に関する 1 カ月毎のレポート提出などが求められ、非常にタイトなスケジュールで、DARPA のプロジェクトマネージャーと綿密な連絡をとりながら進めており、研究開発のスピード感が早い。日本は、世界各国と比べて少ない研究費かつ限られた人的リソースの体制で研究を進めている。このため、日本が世界に先行した研究開発やビジネス展開をしていくことの難易度を高めている。これらの課題を受けて、3 点を提案したい。

1 点目の提案は、SIP サイバーの複数の取組みのサービス・製品を、データ利活用の観点で、特定の地方自治体の都市または区の全体に対して社会実装を進めるプログラムの計画である。先述した通り、特に教育領域や介護領域ではパーソナルデータの利活用は必須であるが、法的課題、運用課題は多く、ビジネスとして社会実装することの障壁が大きい。また、パーソナルデータの利用は自治体毎に個人情報保護条例や個人情報保護審査会のルールがあり、病院、介護事業所などの運用ルールなども多様である。SIP サイバーのサイバー・フィジカル・システムは社会全体に実装させることを目指すものであるため、地方自治体などの規模で、AI 分野の先進的な取組みを政府として後押しすることが重要ではないか。参考事例として、中国の国家戦略である「次世代人工知能発展計画」に基づく AI オープンイノベーションプラットフォーム形成のプロジェクトが挙げられる（第 1 章参照）。例えば、Alibaba Cloud を用いたプロジェクトでは、世界最大規模の人工知能公共サービスシステムの構築を目指しており、そのために現在、杭州、蘇州等の都市全体に対して、道路状況や交通機関のリアルタイム分析を行っており、AI 技術の実証を通して公共サービスを改善している。SIP サイバーが進めるヒューマン・インタラクションに関わる領域に関しては人のデータを扱うが、パーソナルデータの利活用による最大の価値は一次利用にあるため、利用者利益を最大化する取組みであれば、都市または区レベルで協力をする地方自治体も多いはずである。パーソナルデータの一次利用が進み、この中から一部の同意が得られれば 2 次利用データ量としては十分であるため、データを活用した AI サービスの品質や精度の改善を目指したさらなる研究開発を進める好循環も期待できる。

2 点目の提案は、基礎研究から実用化・事業化までを見据えたプロジェクトを専任できる人材の配置である。SIP サイバーでは、大学、企業の共同体制で、基礎研究から事業化までを一気通貫して実施する体制をつくっていることは重要であるが、プロジェクトに専任する人が少ない。特に、SIP サイバーの研究開発を担える実績のある大学研究者は数ある研究プロジェクトの一つとして限られたリソースで SIP サ

⁸⁹ 産経新聞「平成 31 年度 AI 予算、1.5 倍 1200 億円 自民幹部「まだ 1 桁足りない」」（2019 年）

サイバーの研究開発にエフォートを割いている。その中で、国際競争力のある技術開発や革新的な製品・サービスを生み出すことは難しいのではないか。

大学からの人的リソースを確保する方法として、クロスアポイントメント制度によるエフォート調整や、サバティカル制度と同様の大学業務の軽減の特別措置などによって、研究者のエフォートを増やす具体的な仕組みを取り入れてはどうか。事業マネジメントについては、産学連携本部の URA 等の学術専門性や知財知識のある人材を SIP サイバーのプロジェクトの事業化を担う重要な役割として、アサインするような枠組みをつくることも有効だと考えられる。大学からの人的リソース確保の協力を得るためには、研究者のメリット、事業マネジメント担当者（URA 等）のメリット、大学のメリットを明確にしつつ、SIP サイバーのプロジェクトに大学組織としてコミットしてもらうことが重要である。企業からの人的リソースの確保のためには、企業組織として SIP サイバーのプロジェクトに関わることのメリットを増やすことが重要であり、研究開発費に加えて、政府による実証や実装の運用面及び法的整備の支援や、大学のトップ研究者との協働機会などを、企業の経営層に理解してもらった上で、プロジェクトに参画することで企業のリソースを引き出す工夫が必要である。

3 点目の提案は、プログラムの柔軟性やアジリティの確保である。SIP の各テーマに対する複数のプロジェクトから、進捗状況や達成度によって個別のプロジェクトを選抜することや、事業目的に合わせた予算額の増減額の提案を受け付けるなどの柔軟性をもたせた運用が望ましい。SIP 第 2 期全体の 2020 年の予算額は 258.132 億円であるが、SIP 第 2 期全体では 12 の対象課題があり、各対象課題の中にある 10 前後の研究テーマについて、大学および企業が一体となったチームが取り組んでいる。各研究テーマに実際に配分される金額が少ないために、各チームの進捗にあわせてある程度の資金を増減できる仕組みや、選抜していく仕組みも重要である。

例えば、第 1 章で紹介した米国 DARPA の研究プログラムでは、タイムロードマップや進捗管理はタイトであるものの、研究段階で新たな発見があったときは柔軟にプログラムを変更することが可能であり、予算執行やプログラムの進め方のアジリティが非常に高い。また、選抜型の仕組みも取り入れており、例えば DARPA の ASIST プログラムでは Phase1、Phase2、Phase3 という段階があり、各フェーズで成果をあげたチームが次のステップに進むなどの工夫もみられる。この DARPA の柔軟性のあるマネジメントにならって米国の他の省庁でもアジャイル型の研究開発が進められている。

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、人と AI の協調をヒューマン・インタラクション技術は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 AI の協調に資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。

契約管理番号：20000547-0