

利用動向

3.1 総論

3.2 技術分野別のディープラーニングの利用動向

3.3 国内における利用動向

3.4 海外における利用動向

3.5 AI導入予算・AI市場の規模

3.6 今後の展望

特集 データで見る中国のAI動向

資料A 企業におけるAI利用動向アンケート調査

利用動向

3.1 ▷ 総論

本章では、AIの利用動向について紹介する。

2016年は、ディープラーニングが「AI第三次ブーム」の大きな原動力となったが、2017～2018年には、AIはブームに留まらず具体的利用事例、先進事例が出始めている。ディープラーニングについては自動運転、医療、金融のファンド運用などの領域において研究開発が進んでいる。

そこでまず、「3.2 技術分野別のディープラーニングの利用動向」において、ディープラーニングの産業応用について、「認識」、「運動の習熟」、「言語の意味理解と生成」などの技術内容別に説明する。

また、「3.3 国内における利用動向」及び「3.4 海外における利用動向」において国内外のAI技術の産業への応用の具体的事例を説明する。分野としては、コネクテッドインダストリーズの対象ともなっている製造業（コネクテッドインダストリーズの分類では「ものづくり・ロボティクス」）、自動車産業や物流（同「自動走行・モビリティ」）、インフラ（同「プラント・インフラ保安」）の他、農業、健康・医療・介護、エネルギー、教育、金融業、流通業など幅広い領域を対象とした。

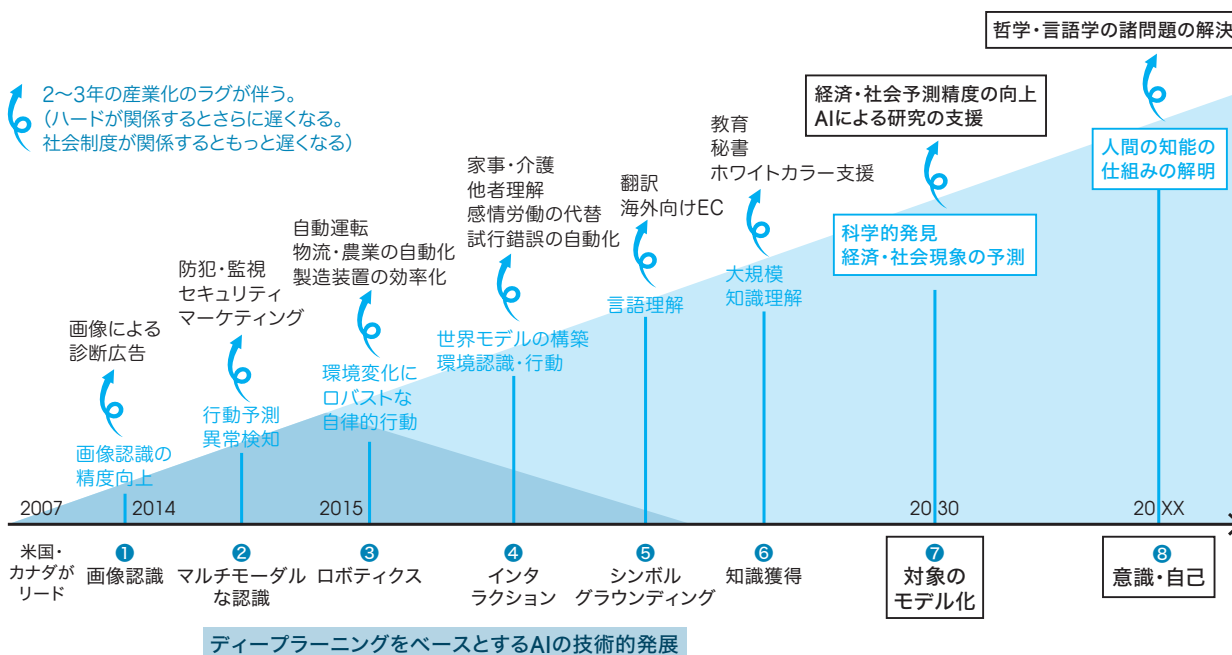
「3.5 AI導入予算・AI市場の規模」ではAIに関する予算や市場規模を軸に進捗状況を説明する。また、【特集】「データで見る中国のAI動向」では、特に近年の躍進が目覚ましい中国に関してデータを含めて詳細に説明する。

なお、「資料」では、IPAが平成29年度に実施した「AI社会実装推進調査」におけるアンケート結果を公開している。本調査では、AIの導入状況をより正確に把握するために、導入していない企業に対する設問も厚くすることで未導入企業の回答を促している。また、ユーザー企業の集計からAIベンダー企業を除外することにより、AIベンダーが自社製品を社内で試用しているケースなどをユーザー企業に含めないようにしている。

3.2 ▷ 技術分野別のディープラーニングの利用動向

ディープラーニングの登場によるAIの高度化で、まず、画像認識や音声認識等の分野において、従来の方法^{※1}の精度を凌駕するなど様々な成果が得られ、その技術の産業での応用が進んでいる。「2.2 ディープラーニング」で示したとおり、今後はディープラーニングと強化学習を組み合わせることでロボットの動作の学習（運動の習熟）やパターンの認識と記号的処理を融合することで言葉の意味理解へと発展することが期待されており、その発展のペースも『AI白書2017』で掲載した予測よりも前倒しになっている（図3-2-1）。

■ 図3-2-1 ディープラーニングの登場によるAIの高度化とそれによる産業や社会への影響（2018年版）^{※2}



本節では、「認識」「運動の習熟」「言葉の意味理解」の3つの技術分野の枠組みで産業応用をとらえ、それぞれの動向を紹介する。まず、「3.2.1 認識技術の利用動向」において画像認識及び音声・言語認識へのディープラーニングの実用化動向を紹介する。次に「3.2.2 運動の習熟」において強化学習と深層学習を組み合わせた深層強化学習と呼ばれる手法により、ロボットや機械の動作（運動）を習熟させる研究開発の動向を紹介する。さらに、「3.2.3 言語の意味理解と生成」で、意味理解から自然な会話の実現を目指す技術動向を紹介する。

今後もディープラーニングの技術革新は一層進むことが期待され、産業側の適用領域も拡大すると予見される。しかしながら、ディープラーニングが効果を発揮するためには、学習するためのデータの収集・整備に加え、フィードバックする側の機械等の整備や業務プロセスの改革等を行う必要があり、適用領域によっては多額の投資が必要となる。そのため、ディープラーニングに関わる技術革新のスピードは著しい一方で、実用化の面では、導入効果と投資金額のバランスにより段階的に導入が進んでいくことが予想される。

※1 従来専門家が行ってきた特徴量の設計にもとづく認識など。

※2 東京大学松尾豊特任准教授作成（2018）

3.2.1 認識技術の利用動向

本項では、ディープラーニングを用いた画像や音声・言語の認識に関わる動向を紹介する。

(1) 画像認識技術の応用動向

ディープラーニングが最も成果を挙げている取組みの一つが画像認識であり、その産業応用は、自動車の走行環境の認識や医療分野における画像診断支援等の領域で先行している。以下では、これらの領域を例にディープラーニングの利用動向を示す。

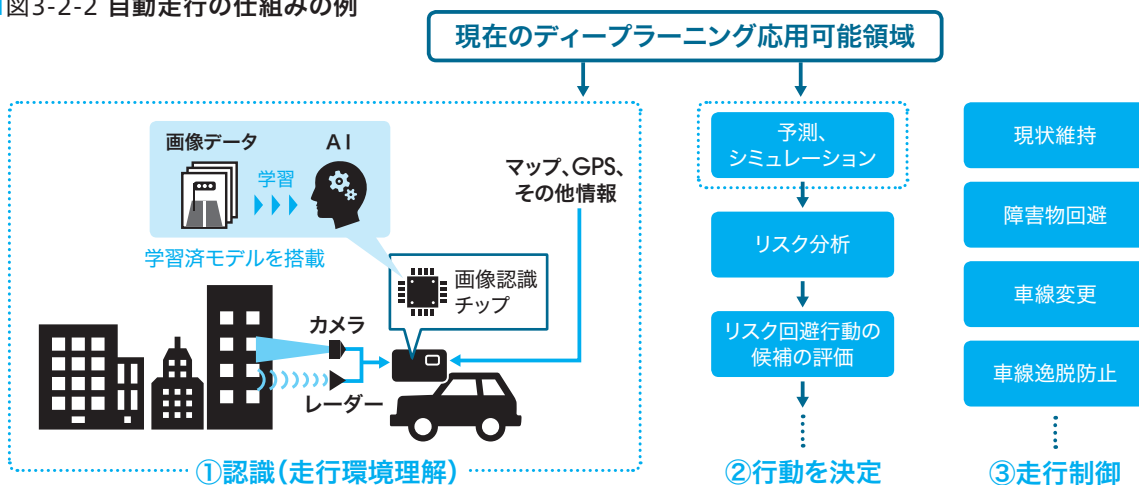
① 走行環境の認識

本書3.3.2及び3.4.2の「自動車産業における利用動向」で説明する自動運転に関しては、古くから取組みが進められており、1996年には我が国でも、旧土木研究所(現国土技術政策総合研究所)により高速道路における連結走行の実証実験が行われている。しかしながら、現在においても自動運転が普及していない主要な原因の一つとして、多様な天候や交通状況などによる複雑な走行環境を自動的に認識することが難しいことが挙げられる。

自動車の走行環境、特に市街地における環境は非常に複雑であり、すべてのパターンやルールをあらかじめ設定し、それにもとづく制御を行うことは現実的ではない。そのため、現在の自動走行実現へのアプローチの多くはディープラーニングを中心とした機械学習によるものが中心となっている。

自動走行は、車両の周辺環境の情報を「①認識(走行環境理解)」し、今後の「②行動を決定(判断)」した上で「③走行制御」を行うことで実現される。ディープラーニングは、主に車外環境の①認識に利用される。この際、全地球測位システム(Global Positioning System;GPS)や地理空間情報、可視光カメラ、ミリ波レーダー、LiDAR(Light Detection and Ranging)など様々なセンサーやデータを用いて車外の移動体や障害物等を検知する取組みが行われている(図3-2-2)。

■ 図3-2-2 自動走行の仕組みの例



Mobileye(イスラエル)は、単眼カメラ等を用いて車外の物体を検知し、衝突検知や衝突防止・軽減のための警告等を行う先進運転システム(Advanced Driver Assistance Systems;ADAS)を開発している。安価な単眼カメラ単独で先行車との衝突防止、先行車追従、レーンキーピング等の機能を実現できる車載半導体Eye Q(アイキュー)を設計・開発し、BMW(ドイツ)やGM(General Motors、米国)等が販売する自動車向けに累計1,500万台を出荷^{※3}している。2017年1月時点の先進

※3 2017年までの累積出荷台数。“Customers,” Mobileye Website <<http://www.mobileye.com/about/our-customers/>>

運転システムに関わる同社の世界シェアは80%に達している。同社製品は2017年までに27のOEMパートナーの313の車種に採用されたという。Mobileyeは、カメラやセンサーから得られたデータに対してディープラーニング等を適用することで製品の付加価値を高めており、具体的には運転可能な領域、運転可能エリア内のルート形状、道路の移動オブジェクト、シーンセマンティクス(信号及びその色、交通標識、歩行者の視線方向、路上表示など)などを高精度に認識する機能の開発を進めている。Mobileyeは2016年からIntelと提携していたが、2017年3月にIntelに153億ドルで買収された。

NVIDIA(米国)は、GPU(Graphics Processing Unit)技術を活かした車載用コンピュータと自律走行のためのソフトウェアの開発を推進している。自動運転における画像認識技術については、早い時点で欧米先進自動車メーカーなどとGPUでAI画像認識ベンチマークを行った。これにより「全交通標識の認識において、たった4時間のAI学習で96%の認識率を達成」、「濃霧など悪天候下でも人間以上の精度で遠方の先行車両を認識」、「自動運転車が走行可能なフリースペースをリアルタイム認識(画素単位で車、人、交通標識等を識別するセグメンテーション)」などを確認することができた。またKITTI等の運転支援用公開ベンチマークでも優れた認識精度を短期間で達成した。これらにより各自動車メーカーはAI、特に「ディープラーニング」が自動運転に不可欠であるという確証を得た。

ディープラーニングによる画像認識も含めた自動走行機能を1チップで実現可能なSoC^{*4}としてXavier(エグゼビア)を2017年第4四半期に出荷し、2018年度中には自動運転レベル5(SAE J3016)に対応するAIコンピュータである「Pegasus」を出荷する。また、ソフトウェアの開発では、最新の研究成果として、物体検出やマッピング、ルートプランニングといったプログラムを行わず、ルートと周辺状況といった限られた情報しか持っていない状態から、ドライバーの反応や周辺の観察により、運転に必要な判断を学習した結果を発表^{*5}している。

自動走行実現に向けた画像認識への取組みは、表3-2-1のように自動車部品サプライヤー、スタートアップ企業等でも進んでいる。なお、自動車メーカー、政府等の自動走行実現に向けた取組みは「3.3.2 自動車産業における利用動向」(国内)、「3.4.2 自動車産業における利用動向」(海外)にて紹介する。

■表3-2-1 自動走行関連用途にディープラーニングを応用する取組み例

組織名	国	概要
Almotive	ハンガリー	Almotiveはディープラーニングを活用した自動運転用ソフトウェアaiDrive、シミュレーションツールのaiSim、ハードウェアアクセラレーターのaiWareを開発している。また、同社はKhronos Groupのメンバーとして学習済みモデルの相互交換用の標準であるNNEF(Neural Network Exchange Format) ^{*6} を積極的に推進し、自社製品への適用を進めている。
Comma.ai	米国	Comma.aiは画像認識等を応用した自動走行向けのソフトウェアプラットフォーム及び車両制御用のプラットフォームを開発している。また、開発成果であるソフトウェアの機能と車両制御用のハードウェア設計情報をそれぞれオープンソースとして公開している。前者はopenpilotと呼ばれ、車間距離を維持しつつ一定速度で走行するアダプティブクルーズコントロール(Adaptive Cruise Control; ACC)や走行中の車線逸脱を防止するレーンキーピングアシスタント(Lane Keeping Assist System; LKAS)の機能が含まれる。後者はComma Neoと呼ばれ、コンピューター基盤の回路情報、必要な部品、設計手順等の情報が含まれる。
DeepGlint	中国	DeepGlintは道路交通シーンなど複雑なシーンで複数のオブジェクトを同時に検出し、自動車、自転車、歩行者などを識別することができる車両解析システムWeimu Vehicle Big Data Systemを提供している。

※4 システムオンチップ(System on a Chip)の略称。

※5 “End-to-End Deep Learning for Self-Driving Cars” NVIDIA Website <<https://devblogs.nvidia.com/parallelforall/deep-learning-self-driving-cars/>>

※6 ニューラルネットワークモデルの情報を交換するフォーマット。詳細は2.9.1項(3)を参照。

Drive.ai	米国	Drive.aiはスタンフォード大学人工知能研究所 (Stanford Artificial Intelligence Laboratory ; SAIL) からスピンアウトして設立し、ディープラーニングを中核とした自動走行用途のソフトウェア開発を進めている。同社はカメラ画像からの歩行者や物体の検知に加えて、交差点停車時の右左折など、運転動作に関わるプランニングや意思決定にもディープラーニングを活用しようと試みている。2018年7月から米国テキサス州フリスコで、現地交通当局の支援を受けて、自動運転車によるオンデマンド配車のテストサービスを開始している。
Mobileye	イスラエル	Mobileyeは単眼カメラから得られる画像にディープラーニングを適用して衝突の検知、防止・軽減のための警告等を行う先進運転システムを開発している。詳細は本文を参照されたい。
NVIDIA	米国	NVIDIAは、GPU技術を活かした車載用コンピューターとセンサー等から周囲の障害物を認識し、経路プランニング等を行う自動走行向けのソフトウェア開発を推進している。詳細は本文や「3.3.2 自動車産業における利用動向」を参照。
Sighthound	米国	Sighthoundはディープラーニングにより車両、人間、顔などを認識する技術を開発している。同社は開発した技術を、ライブカメラから得られる映像に適用することで、車両の製造元、モデル、色、ナンバープレート等を識別したり、走行・飛行する移動体が撮影した画像に適用することで、人や物体等を検知したりするソリューションを提供している。
デンソー	日本	デンソーはAI R&Dプロジェクトを立ち上げ、走行環境の認識、走行シーンの理解、行動予測などを目的としたディープラーニングアルゴリズムの開発、そのアルゴリズムの効果を最大限発揮するための半導体など実装技術の開発、学習用データや学習済みモデルなどの品質を保証するための品質基盤の開発を進めている。2018年5月、トラックやバスなどに後付け可能なドライバーステータスマニター「DN-DSM」を発表。赤外線カメラで撮影したドライバーの顔を画像解析し、脇見・眠気・居眠り・不適切な運転姿勢の状態を検知。ドライバーに注意を促し、安全運転をサポートする。
モルフォ	日本	モルフォは2015年12月にデンソーと資本業務提携に合意し、多様な障害物や標識・標識、車両が走行可能な道路空間、危険が予想されるシーン等を認識するためにディープラーニングを用いた次世代画像認識技術を開発している。画像認識をリアルタイムに行うための高速なディープラーニング推論エンジン「SoftNeuro」を開発し2017年12月に製品化した。また、ディープラーニングを用いた人体や動物などの姿勢を推定する技術「Morpho Pose Estimator」をTop Data Science (本社ヘルシンキ)と共同で開発し、2018年5月より、提供を開始した。
ZMP	日本	ZMPはディープラーニングによる画像認識技術、ライダー (Light Detection and Ranging ; LiDAR) による自己位置推定等により周囲の環境を認識して自律的に走行する技術の開発を行っている。自動車メーカーが進める自動運転の開発は、ドライバーの運転を支援する自動運転機能が中心であるが、ZMPはサービスにフォーカスし、運転しない人が乗ることができる自動走行タクシーを開発している。実証実験を積極的に行っており、2017年12月には東京都江東区で、日本で初めて公道での運転席に人がいない状態で自動走行の実証実験を行った。詳細は、3.3.2項に記述する。

出典：各種公開情報より作成

②医用画像の認識と診断への応用

医療分野においては、患者の状態を客観的に判断するために、血液検査、心電図検査、画像検査など種々の検査が行われている。その中でも画像検査については、Wilhelm Conrad Röntgenが1895年に発見したX線によるX線写真に始まり、1970年代のX線CT (Computed Tomography) 装置、超音波診断装置、核医学装置、MRI (Magnetic Resonance Imaging) 装置などの多種多様なデジタル診断機器に続き、より高度な検査の手段として実施されてきた。

それらの検査結果の画像を観察して病変の有無を判断するいわゆる読影・診断は、主に放射線科医などの画像診断医により行われている。当初はアナログフィルムベースで行われていたが、機器のデジタル化により、2次元のデジタル画像や3次元画像の取得・表示が可能となり、近年はそれによる診断が主流になっている。

最新の診断機器では、例えばマルチスライスのX線CT装置では、1回の検査で千枚を超える画像が発生し、さらに検査スループットの向上により1日当たりの検査件数も増加している^{※7}ことから、読影・診断を行う画像診断医の負担が増加しており、関与できていない検査が増加することが懸念さ

※7 医用画像は医療に関わるデータの90%以上を占めるまでに増加しているといわれている。“IBM Unveils Watson-Powered Imaging Solutions for Healthcare Providers” IBM Website <<https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/51146.wss>>

れている。また、胃や大腸の消化器内視鏡検査においても、病変の早期発見のため検査数は増加すると考えられるが、検査および読影・診断を行う内視鏡医の数には限界があり、その恩恵を受ける患者数に限度がある。

医用画像の診断支援へのコンピューターの活用は、こうした課題の解決や医師不足等の解決につながるといわれており、1980年代から研究・実用化されてきたが、近年のディープラーニングによる画像認識精度の向上により、その実装が加速するものとみられている。

また、医療分野では症例等に関する医用画像の整備が進められており、研究機関や企業等はこれらの医用画像に対してディープラーニングを適用する取組みを進めている。例えば、米国では、肺画像データベースコンソーシアム (Lung Image Database Consortium ; LIDC) や画像データベース資源イニシアティブ (Image Database Resource Initiative ; IDRI) 等が症例データベースを構築・提供し、シリコンバレー等で活動しているスタートアップ企業がこれらを活用してディープラーニングによる医用画像の認識に関わる研究開発を行っている。日本においても、内視鏡学会、医学放射線学会、病理学会などにより研究用の画像のデータベースを構築する動きが始まっている。

ディープラーニングによる医用画像の認識に関わる取組みは、表3-2-2のように多様な部位の画像に適用され、がんや骨折などの診断に利用されている。また、超音波診断装置などの動画において、対象部位が映し出されているビデオクリップの選択などにも使用されている。

Enlitic (米国) は、畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network ; CNN) ^{※8}を拡張して、X線CT画像からがん画像を検出するシステムの開発を行っている。Enliticの開発したシステムでは、放射線科医よりも約50%高い精度で医用画像から肺の悪性腫瘍を分類できるといふ^{※9}。

Viz.aiは2018年2月に、CT画像を解析し、患者の潜在的な脳卒中の可能性を医療機関に通知する臨床意思決定支援ソフトウェアの販売の認可を米国食品医薬品局 (Food and Drug Administration ; FDA) より取得した^{※10}。米国疾病管理センター (Centers for Disease Control and Prevention ; CDC) によると、米国では約79万5,000人が毎年脳卒中を発症し、米国第5位の死因、重度の後遺障害の主要原因となっている。このアプリケーションは、現場の病院で撮られた脳のCT画像を解析し、疑わしい大血管閉塞が確認された場合にスマートフォンやタブレットなどのモバイルデバイスを経由して神経血管専門医に通知する。通常は、放射線科医による読影を経て神経血管専門医に知らせているため、それより早く治療を開始することができるという。同社は、300件のCT画像について、2人の神経放射線科医による読影と本アプリケーションを比較し、閉塞の疑いがある場合、アプリケーションのほうがより早期に神経血管専門医に通知できたという結果を提出した。

IDxは、2018年4月に糖尿病網膜症を検出するAIを活用した診断装置を販売するFDAの認可を取得した^{※11}。糖尿病網膜症は高血糖が網膜内の血管を傷つけることで発症、その結果視力喪失を引き起こし、米国では3,000万人に影響があるという。このソフトウェアは、TOPCON製の特別な網膜カメラで撮影した成人の眼の画像を、AIアルゴリズムを使用して分析する。医師が画像をクラ

※8 CNNの詳細は2.2.3項を参照。

※9 “Enlitic,” “Enlitic Website <<http://www.enlitic.com/index.html>>

※10 <<https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm596575.htm>>

※11 <<https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm604357.htm>>

ウド・サーバーにアップロードすると、ソフトウェアが陽性か陰性かの結果を出す。今回の装置は、医者が画像や結果を解釈しなくても検査結果を出すことでFDAの認可を取得した初の製品である。

OsteoDetectは、2018年5月に、AIを使って手首の骨折を検出するアルゴリズムを備えたソフトウェアの販売に関するFDAの認可を取得した^{※12}。このソフトウェアは、成人手首のX線画像を機械学習技術を用いて解析し、手首のX線画像の中の骨折している箇所に目印を付ける。開発したImagen Techが実施した2つの研究によると、同ソフトウェアを使ったときのほうが、手の診断・治療を専門とする整形外科医よりも骨折部位をよりうまく特定できたという。

なお、ディープラーニングによる診断支援に加え、医療・健康・介護分野でAIを活用する事例を「3.3.5 健康・医療・介護における利用動向」（国内）、「3.4.5 健康・医療・介護における利用動向」（海外）として、紹介している。

■表3-2-2 医用画像認識関連用途にディープラーニングを応用する取組み例

組織名	国	概要
Bay Labs	米国	Bay Labsは超音波診断にディープラーニングを適用し、完全自動化されたビデオクリップの選択と左心室駆出率の計算を行う同社ソフトウェア製品に対して、2018年6月にFDAの認可を受けた ^{※13} 。これにより、定量化のために手動でビューを選択し最適なビデオクリップを選択操作する必要がなくなった。
Butterfly Network	米国	Butterfly Networkは低価格でインターネットと接続可能な携帯電話サイズの超音波診断デバイス、ディープラーニングによる腫瘍の認識が可能な学習済みモデル、及びそれをもとにクラウド上でリアルタイムに推論を行う超音波画像の診断機能を開発している。
Enlitic	米国	EnliticはX線CT画像等にディープラーニングを適用し、がんなどの疾患の診断を支援するシステムを開発している。詳細は本文参照。
IDx	米国	IDxは、2018年4月に糖尿病網膜症を検出するAI活用の診断装置を販売するFDAの認可を受けた。詳細は本文参照。
Imagia	カナダ	Imagiaは、医療ソリューションベンチャーであるai4giと組んで、内視鏡による大腸がん等のスクリーニングへの応用を進めている。
Lunit	韓国	Lunitはディープラーニングによる医用画像や医療データの分析、解釈を行うソフトウェアを開発している。具体的には、胸部X線医用画像から主に肺がんを、乳房X線（マンモグラフィ）医用画像から乳がんを検出するシステムを開発している。同社は病理画像の認識アルゴリズムの評価を行うCamelyon 2017などの国際大会において評価されている。
Mindshare Medical	米国	Mindshare Medicalはディープラーニングにより医用画像から重度の疾患を検出し、効果的な治療計画やフォローアップの手順を含むパーソナライズされた診断とガイダンスを行う臨床意思決定支援システムを開発している。
OsteoDetect	米国	OsteoDetectは、2018年5月に、AIを使って手首の骨折を検出するアルゴリズムを備えたソフトウェアの販売に関するFDAの認可を受けた。詳細は本文参照。
Viz.ai	米国	Viz.aiは2018年2月に、CT画像を解析し、患者の潜在的な脳卒中の可能性を医療機関に通知する臨床意思決定支援ソフトウェアの販売に関するFDAの認可を受けた。詳細は本文参照。
Zebra Medical Vision	イスラエル	Zebra Medical Visionは、X線CT画像等をもとにディープラーニングを適用して骨（骨密度、骨折リスク、骨折箇所）、肝臓（脂肪肝）、肺（肺気腫の容積）、心臓血管（冠動脈疾患、大動脈瘤）、脳（脳出血）の発症リスク等を解析している。2018年7月に、ECGゲートCTスキャンから患者の冠動脈カルシウムスコアを自動的に計算し、冠動脈疾患のリスクの評価に使用される冠動脈カルシウムスコアリングアルゴリズムのFDA認可を受けたと発表した ^{※14} 。

※12 <<https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm608833.htm>>

※13 <<https://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsandClearances/510kClearances/ucm613084.htm>>

※14 <<https://www.fda.gov/MedicalDevices/ProductsandMedicalProcedures/DeviceApprovalsandClearances/510Clearances/ucm613084.htm>>

<p>エルピクセル</p>	<p>日本</p>	<p>エルピクセルはX線CTやMRI (Magnetic Resonance Imaging ; 磁気共鳴画像診断)、内視鏡等で取得した医用画像に対してディープラーニングを適用し、がんや脳の疾患等を発見する画像診断支援に関わる研究開発を進めている。具体的には、(1) 医師のダブルチェック・トリプルチェックによって品質が担保された学習データを使用 (2) 学習データが少なくても効率的・高精度に学習する独自技術を活用などの特徴を持ち、医師の診断を支援している。また、研究開発のための医療画像をm3.com等を通じて医師・医療機関から安全に収集する支援も開始し、同支援を活用した多数の放射線科医による試用や効用の研究を行い、エビデンスの構築を目指している。</p>
<p>キヤノン</p>	<p>日本</p>	<p>キヤノンは大規模症例データベースを活用し、ディープラーニングや機械学習によるがんや神経性疾患の診断支援を行うソフトウェアの開発を進めている。また、キヤノンメディカルシステムズは、ディープラーニングを用いてCT画像のノイズ成分とシグナル成分を識別し、分解能を維持したままノイズを選択的に除去する再構成技術を開発し、高品質な画像を、より線量を下げて、提供することができるようにしている。また、MRI画像において、ディープラーニングを用いてノイズの多い画像からノイズを除去するノイズ除去再構成技術を開発し、従来検査では困難であった超高分解能撮像を短時間でを行うことを可能とした。</p>
<p>Preferred Networks</p>	<p>日本</p>	<p>Preferred Networksは、同社及び産業技術総合研究所が国立がん研究センターの保有するがんに関する膨大な罹患者の臨床データや画像データ (X線CT画像、MRI画像)、ゲノムデータ等に対してディープラーニングを中心とした先進的なAI技術を適用することで、より正確ながんの診断や個々のがん患者に適した治療法の選択等を行う技術の研究開発を進める。開発は科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」における「人工知能を用いた統合的ながん医療システムの開発」で行われ、最初の2年4カ月でPoC (概念実証) を目指し、5年間で実用化を目指している。</p>

出典：各種公開情報より作成

③その他

これまでに紹介してきた自動走行と医療分野は、ディープラーニングの登場により飛躍的に進歩し、実用化に大きく前進している領域である。ディープラーニングによる画像認識は、これら以外にも幅広い産業用途に広がりを見せつつある。例えば、防犯カメラから取得した動画画像に対してディープラーニングを適用することで、都市や施設の安全性を高める取組みや事故画像を解析することで損害調査の効率化を高める取組みなどが進んでいる。これらの領域におけるディープラーニングを含めたAIの活用については、「3.3 国内における利用動向」と「3.4 海外における利用動向」で紹介する。

(2) 音声・言語認識

スマートフォンに搭載された音声アシスタントシステムや自動で質問に対応するチャットボットシステムなど、ディープラーニングの登場により音声認識や文章認識・生成等に関する技術の実用が一層進み、市場での利用が始まっている。

ここでは、ディープラーニングの適用が先行する音声認識・対話、機械翻訳、文章生成の領域における利用動向を紹介する。

①音声認識・対話

音声認識は、1990年代後半から米国防高等研究計画局 (Defense Advanced Research Projects Agency ; DARPA) が進めた共通の大規模コーパス^{※15}の整備及びそれらを用いて音声認識の評価を行うプロジェクトによりその精度が大幅に向上した。音声認識精度の一般的な評価尺度である単語誤り率 (Word Error Rate ; WER) を見るとIBMが1995年に43%のWERを達成

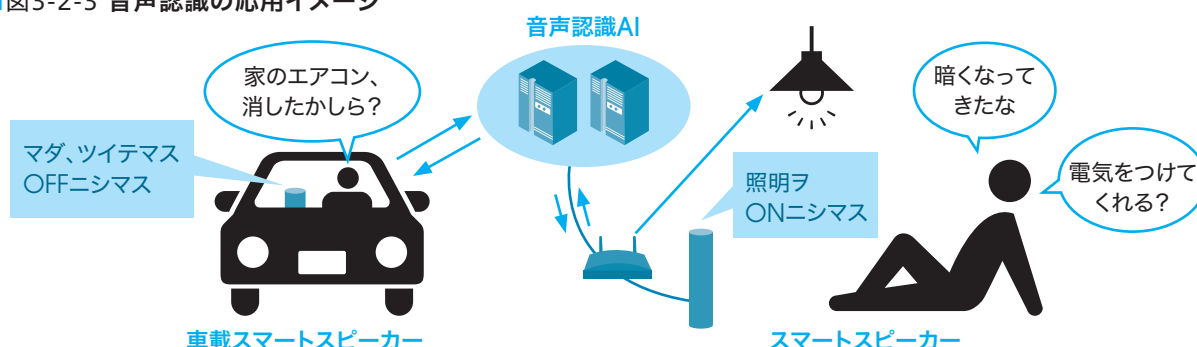
※15 発話を大規模に集めたデータベース (Switchboard Corpus)。

した後、DARPAのプロジェクトが推進剤となり、段階的に精度を高め、2005年にはIBM(米国)が15.2%のWERを達成した。その後、ディープラーニングの登場により音声認識の精度は飛躍的に向上し、2015年にIBMが8%^{*16}、2016年9月にMicrosoft(米国)が6.3%^{*17}、同年10月にMicrosoftがさらに精度を高め、プロの口述筆記者と同レベルの5.9%^{*18}を達成するなど米国の大手IT企業による競争が加速している。最新の成果では、IBMが2017年3月7日に5.5%^{*19}、Googleが同年4.9%^{*20}のWERを達成している。

音声認識を組み込んだ製品は、Apple(米国)の「Siri」、Google(米国)の「Google Assistant」、NTTドコモの「しゃべってコンシェル」のように、音声でモバイル端末を操作する機能として生活の中で利用されている。こうした機能は、ディープラーニングの登場に加え、複数のマイクを利用したビームフォーミングや雑音抑制技術の向上等により、今まで以上に実用性の高い機能として様々な環境で実用化が進みつつある(図3-2-3)。

Amazon(米国)はディープラーニングを用いて音声を変換する自動音声認識機能(Automatic Speech Recognition; ASR)とテキストを認識する自然言語理解機能(Natural Language Understanding; NLU)等を搭載したスピーカー型端末「Amazon Echo」を販売している。Amazon Echoが搭載する音声認識機能は、ディープラーニングによりテレビの音声、音楽、家族の会話等ノイズの多い家庭空間において高い精度を達成し、数メートル離れた距離からも音声の認識を可能としている。

■図3-2-3 音声認識の応用イメージ



ASRとNLUは、クラウドサービスAmazon Lexとしても提供され、企業等は容易に対話型の機能を自社の製品やサービスに組み込むことができる。例えば、米航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration; NASA)は、火星探査用ロボットを模したミニローバーRov-Eを学校、地域団体、公共イベント用に開発している。Rov-EはAmazon Lexの機能を用いて、学生や地域住民等との会話を可能とし、言葉で操作したり、火星探査の情報を引き出し

※16 “IBM Watson announces breakthrough in Conversational Speech Transcription,” IBM Website <<https://developer.ibm.com/watson/blog/2015/05/26/ibm-watson-announces-breakthrough-in-conversational-speech-transcription/>>

※17 “Microsoft researchers achieve speech recognition milestone” Microsoft Website <<https://blogs.microsoft.com/next/2016/09/13/microsoft-researchers-achieve-speech-recognition-milestone/#sm.00001npc74lkeds4xz22819vdlhwj>>

※18 “Historic Achievement: Microsoft researchers reach human parity in conversational speech recognition,” Microsoft Website <<https://blogs.microsoft.com/next/2016/10/18/historic-achievement-microsoft-researchers-reach-human-parity-conversational-speech-recognition/#sm.00001npc74lkeds4xz22819vdlhwj>>

※19 “Reaching new records in speech recognition,” IBM Website <<https://www.ibm.com/blogs/watson/2017/03/reaching-new-records-in-speech-recognition/>>

※20 <<https://thenewstack.io/speech-recognition-getting-smarterstate-art-speech-recognition/>>

たりすることができるという。

Microsoftは前述のようにディープラーニングにより高い精度の音声認識を実現している。CNNとLSTM(Long short-term memory)^{※21}を組み合わせ、音響のコンテキストを理解する学習モデルを構築して認識精度を高めている。開発した音声認識は、Windowsのパーソナルアシスタント「Cortana」や同社のクラウドサービス「Microsoft Azure Cognitive Service」の音声認識機能(Bing Speech API、Custom Speech Service)として組み込まれる予定である。

この他にも表3-2-3のようにクラウドサービスを提供する海外の大手IT企業等を中心に音声認識・対話に関わるサービスの開発が進んでいる。

■表3-2-3 音声認識・対話関連用途にディープラーニングを応用する取組み例

組織名	国	概要
Amazon	米国	Amazonはディープラーニングによる音声認識機能と自然言語理解機能を搭載した家庭用アシスタント端末Amazon Echoシリーズを販売するとともに、それに搭載されている音声認識機能等を利用可能なAmazon AlexaやクラウドサービスAmazon Lexを提供している。詳細は本文参照。
Baidu	中国	Baiduはシリコンバレー AI研究所(Silicon Valley AI Lab ; SVAIL)を設置して、ディープラーニングによる音声認識の研究開発を進めているほか、開発した音声認識機能を組み込んだ製品やサービスを提供している。Baiduのスマートフォン向け検索アプリ(Mobile Baidu)に音声検索機能として組み込まれているほか、音声認識機能をプラットフォーム(Baidu Voice)として開発者向けに公開している。このプラットフォームを利用して、Haier(中国)が音声検索機能付きの家電製品を開発したり、Szime(中国)が車載器を開発している。2017年に発表した音声合成フレームワークDeep Voice3では、30分ほどのトレーニングでその話者の声を忠実に模倣できるという。
DeepGram	米国	DeepGramはディープラーニングによるオーディオデータの分析により、分類やキーワード抽出・発言箇所の特典等を行う技術を開発している。同社の技術は電話、ビデオ映像、オンラインメディア等の多様なオーディオデータを対象に分析が可能である。同社の自動書き起こしツール「Deepgram Brain」は、報道機関、金融機関など、5,000社以上で採用されている。
Google	米国	Googleはディープラーニングにより音声認識の精度を高め、スマートフォン向けのパーソナルアシスタントGoogle Assistantや家庭向けのパーソナルアシスタントGoogle Homeを提供している。また、AmazonやMicrosoftと同様に、クラウドサービスとして音声認識機能を提供している。具体的には、Google Cloud Platformにおいてディープラーニングによる音声認識機能Cloud Speech APIBetaを提供している。また、Google I/O 2018でデモを行った「Google Duplex」にて、AIアシスタントが「自然な」会話を通じて、レストランや散髪予約を人間のオペレーターに対して行える可能性を示した。
Gridspace	米国	Gridspaceはディープラーニングにより複雑な会話を認識するソフトウェアGridspaceを開発している。会話の重要箇所の識別や会話のカテゴリ化が可能であり、会議録の作成支援等への応用が期待されている。なお、同社はSiriを開発した研究者やスタンフォード大学のエンジニアが参加している。
Microsoft	米国	MicrosoftはCNNとLSTM等のディープラーニングにより音声認識の精度を飛躍的に高め、自社の製品やサービスに組み込んでいる。詳細は本文参照。
Mobvoi	中国	Mobvoiはディープラーニング等による中国語の音声認識・検索技術の開発とその機能を組み込んだスマートウォッチ、車載器、車載スマートフォンアプリの開発を行っている。
Viv	フランス	Vivはディープラーニング等により音声を認識・理解し、実行するパーソナルアシスタントを開発している。ほかの開発者が作成したアプリケーションや製品に組み込むことが可能な拡張性や複雑な問いかけを認識し、理解したうえで回答する等の実用性を有する機能の実現を目指して開発されている。同社はSamsung(韓国)に2016年に買収され、2018年の新型スマートフォンに、Vivの技術を組み込んだBixby2.0が搭載される予定である ^{※22} 。

出典：各種公開情報より作成

②機械翻訳

ディープラーニングを用いた言語・音声への取組みとして機械翻訳が大きな成果を挙げている。

※21 時系列データを扱えるモデルとして再起型ニューラルネットワーク(Recurrent Neural Network ; RNN)を拡張した手法。詳細は2.2.4項を参照。

※22 “Samsung goes after Google, Apple, Amazon and your home with new voice assistant Bixby,” CNBC Website <<http://www.cnbc.com/2017/03/29/samsung-galaxy-s8-bixby-voice-assistant-apple-siri-amazon-alexa.html>>

その代表的な例は、2016年9月にGoogleが発表した翻訳システムGoogle Neural Machine Translation (GNMT)である。

Googleは翻訳サービス開始当初からフレーズ単位で翻訳する統計的機械翻訳(Phrase Based Machine Translation ; PBMT)を採用していたが、新たな翻訳システムGNMTにおいてディープラーニングにより文章全体を翻訳単位としてとらえることで、従来のアプローチ(PBMT)から翻訳の誤りを55～85%低減する等、性能を大幅に向上させている。Googleによると、GNMTは英語→スペイン語、フランス→英語等の一部のケースにおいて人間が行う翻訳に近い精度に達しているという。Googleが開発したGNMTは同社の翻訳サービスGoogle Translationに採用されているほか、クラウドサービスGoogle Cloud Platformの機能の一部として提供されている。

Microsoftは機械翻訳サービスMicrosoft Translatorにおいて、LSTMを導入して高品質かつ人間に近い文章表現を実現したことで注目を集めている。Microsoftの機械翻訳は、ニューラルネットワークを導入して動詞や名詞等の品詞、性別、礼儀正しさ(スラング、カジュアル、書面、フォーマルなど)といった概念を500次元の特徴ベクトルとして学習することで、単語ごとに特定の言語対(例えば英語⇄中国語)内の固有の特性をモデル化し、翻訳精度を向上させている。Microsoftも同様に、開発した技術を翻訳サービスMicrosoft Translationに採用したほか、クラウドサービスMicrosoft Azureの機能の一部として提供している。また、インターネット通話サービスSkypeにおける会話を翻訳するSkype 翻訳の高精度化等にも寄与している。

機械翻訳では元言語とターゲット言語を対応づける例文データが大量に必要であったが、この課題も解決されつつある。例えば、Facebookの教師データ不要の翻訳方式では、それぞれの言語で求めた分散表現の構造的類似性から翻訳辞書を生成して単語単位の変換を行い、これを「言語モデル」を用いて滑らかな文に加工、さらに、最新の半教師無し学習の研究成果である逆翻訳手法にのっとり、生成された文から翻訳モデルを学習することで、10BLEU^{*23}ポイント以上の精度の向上が得られたという。

表3-2-4に機械翻訳用途にディープラーニングを応用する取組み例を示す。

■表3-2-4 機械翻訳用途にディープラーニングを応用する取組み例

組織名	国	概要
Baidu	中国	Baiduは機械翻訳にディープラーニングを採用し、統計的な機械翻訳と組み合わせることでその精度を高めている。20以上の言語間の翻訳を可能とするほか、伝統的な中国の詩や方言、広東語等にも対応している。また、2017年9月には音声認識・合成技術と翻訳エンジンを組み合わせたポータブル翻訳機を発表した。
Facebook	米国	例文データを使わずに翻訳モデルを作成することでマイナーな言語の翻訳を行いやすくする技術を開発している。
Google	米国	Googleは機械翻訳にディープラーニングのアプローチを採用することで、従前のフレーズ単位で翻訳する統計的機械翻訳から大幅に翻訳精度を高めている。これらの翻訳機能をWebサービスやクラウドサービスに採用している。詳細は本文を参照。
Microsoft	米国	Microsoftは機械翻訳にLSTMを採用してその性能を飛躍的に向上させている。Googleと同様にこれらの翻訳機能をWebサービスやクラウドサービスに採用している。詳細は本文参照。
NTT コミュニケーションズ	日本	NTTコミュニケーションズは、「ニューラル機械翻訳技術」を搭載し、ブラウザー上に翻訳したいプレゼンテーション資料や財務諸表などのファイルをアップロードすると、そのレイアウトのまま英語の翻訳版ができあがる新サービスを開始(2018年)。1億近い例文を覚え込ませ、英語能力テスト「TOEIC」で900点レベルの精度を実現したとされる。

出典：各種公開情報より作成

※23 BLEU(Bilingual Evaluation Understudy)は翻訳精度の評価尺度の一つ。1 BLEUポイントが「めざましい成果」と評価される。

③文章生成

画像、テキスト、数値から自然な文章やメッセージ性の高いキーワードを生成する等の技術開発も進んでいる。こうした技術は、報道記事の生成やWebサービスのコンテンツ管理等に利用され始めている。

Automated Insights(米国)は、数値データから自動的に記事や文章を生成するサービスWordsmithを提供している。このサービスを利用することで、データから報道記事を自動的に生成したり、Eコマースサイトにおけるコンテンツ作成を自動化したりできる。例えば、Associated Press(米国)はWordsmithを利用して企業の四半期決算のレポート生成や米国メジャーリーグの下部組織であるマイナーリーグ^{*24}の試合記事の配信を行っている。マイナーリーグの記事生成では、MLB Advanced Media(米国)のデータにもとづき主に試合経過の生成・配信を行っている。Wordsmithの導入により、誤字・誤記などのヒューマンエラーがなくなることで記事品質が向上しているほか、記事生成の高速化によるコンテンツのリアルタイム性の向上、人件費削減等の効果が得られているという。

NTTデータはディープラーニングを活用して気象ニュースの原稿を自動生成する実証実験を実施し、人が読んでも違和感のないレベルのニュース原稿の生成に成功している。具体的には、気象庁が過去に公開した気象電文とアナウンサーが読んだニュース原稿をそれぞれ4年分用意し、原稿作成の規則性をディープラーニングで学習することで、新たに与えられたデータに対してニュース原稿を生成する仕組みである。

ほかにも画像や数値データ等から言語を生成する多様な取組みが行われている。表3-2-5にディープラーニングによる文章生成の取組み例を示す。

■表3-2-5 文章生成関連用途にディープラーニングを応用する取組み例

組織名	国	概要
Automated Insights	米国	Automated Insightsはディープラーニングにより数値データ等から記事や文章を自動的に生成するシステムを開発している。詳細は本文参照。
Narrative Science	米国	Narrative Scienceはディープラーニングにより生データを解釈し、理解しやすい自然な文章を生成するプラットフォームQuillを提供している。また、既存のBIツールと組み合わせることで、表やグラフの説明文を生成するDynamic Narrativesを提供している。
Persado	米国	Persadoはディープラーニングにより消費者に行動を促すための適切なコピーライティングやフレーズを自動で生成するプラットフォームを開発している。現在は消費者向けのマーケティング等が主要領域であるが、今後は医療健康の促進等に広げる予定としている。
NTTデータ	日本	NTTデータはディープラーニングにより気象電文とアナウンサーが読み上げた原稿の内容から原稿作成の規則性を学習し、新たに与えられたデータに対してニュース原稿を生成する技術を開発している。
日本経済新聞	日本	日本経済新聞社の『決算サマリー』は、上場企業が発表する決算データをもとにAIが文章を作成。適時開示サイトでの公表後すぐに、売上や利益などの数字とその背景などの要点をまとめて配信する。元データである企業の開示資料から文章を作成し、配信するまで完全に自動化している。
Books& Company	日本	カンボジアのキリロム工科大学と連携してAIによる小説執筆プロジェクトを開始。AIに教師データとなる著名作家の作品や、Webサイト、辞書データから収集した知識などを学習させ、AIが文章の意味や意図を理解するようになったら、小説を執筆するための構造化データを付与、AIが小説の構造パターンを分析し、文章を生成する。

出典:各種公開情報より作成

※24 3A、2A、1Aの13のリーグを対象とする。142の球団を対象とし、年間総試合数は1万近くに達するという。

3.2.2 運動の習熟

強化学習とディープラーニングを組み合わせた深層強化学習と呼ばれる手法により、ロボットや機械の動作(運動)を習熟させる研究開発が始まっている。深層強化学習はGoogle DeepMind (英国)が開発したAlphaGoやゲームをプレイするAIなどに利用されている技術であり、現在の状態から次の行動を決める方策(Policy)、状態や行動の価値を予測する価値関数(V-function、Q-function)をニューラルネットで表現してパラメーターを学習する手法である。深層強化学習を実空間で応用する試みも始まっているが、多くが実証実験や研究開発段階にとどまっている。特に先進的な取組みを表3-2-6に紹介する。

■表3-2-6 運動の習熟関連用途にディープラーニングを応用する取組み例

組織名	国	概要
Amazon	米国	Amazonは倉庫でのピッキングを完全自動化するために技術開発コンテストAmazon Robotics Challenge (2017年まではPicking Challenge)を開催している。同コンテストには深層強化学習等の手法によりピッキングロボットの動作を習熟させる取組みが見られた。詳細は本文参照。
Google	米国	Googleはロボットがオフィスや医療機関等の複雑な現場業務を支援する機能を身につけるために、ロボットによる汎用的なスキル獲得に関する研究開発を進めている。詳細は本文参照。
トヨタ自動車	日本	トヨタ自動車、Preferred Networks、NTTは2016年1月に開催されたCES 2016において、深層強化学習により自ら動作を学ぶロボットカーを展示した。詳細は本文を参照。
安川電機	日本	安川電機、クロスコンパスは、「2017 国際ロボット展 (iREX2017)」において、開発中のAIピッキング機能を展示した。詳細は本文参照。

出典:各種公開情報より作成

Googleはロボットがオフィスや医療機関等の複雑な現場業務を支援する機能を身につけるために“経験から学ぶ”ことが重要であるとして、ロボットによる汎用的なスキル獲得を行うための研究開発を進めている。2016年10月にGoogleが発表した研究成果^{*25}では、産業用ロボット(ロボットアーム)が、物体を押して移動させる方法とドアを開ける方法を学習するために、複数台のロボットにより同時に学習し、その結果を共有して精度を高めていく映像が公開されている。この研究には、モデルのない実経験から試行錯誤を行い学習する深層強化学習とネットワークを介して他のロボットに瞬時に経験を伝える分散学習が用いられている。

Amazonは倉庫でのピッキングを完全自動化するために技術開発コンテストAmazon Robotics Challengeを開催している。同コンテストには深層強化学習によりピッキングロボットを学習させる試みも見られ、優れた成績を得ているが実用化には課題が残っている。具体的には、対象となる荷や稼働範囲などが限定され、機械に任せる作業自体が単純化されていたにもかかわらず、最も優れたロボットであっても、1時間に30個(2015年)、100個(2016年)、120個(2017年)程度と年を追うごとに性能が向上してはいるが、人間の能力(400個程度/1時間)には及ばない。また、16%程度のミスが発生しているなど、人が容易に行っている作業の実現が難しいという課題も示された。ディープラーニングにより認識精度が向上したものの、多様な物体を認識することは

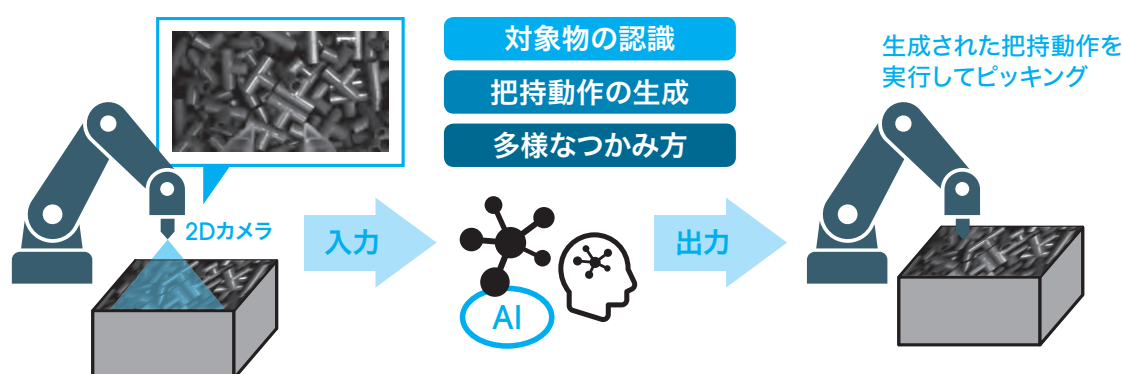
*25 “How Robots Can Acquire New Skills from Their Shared Experience,” Google Research Blog <<https://research.googleblog.com/2016/10/how-robots-can-acquire-new-skills-from.html>>

現状困難なことが挙げられている。具体的には、隠れた物体の検出や状態推定、形状が可変や不定な物体を検出することは実現できていないためであるが、2次元の画像から見えない部分を推定するDeepMind(英国)のGQN^{※26}のように、これらの課題を解決するディープラーニング応用技術が次々と開発され、解決される日も近い。また、複数のアクチュエーター(例えばロボットハンド等)の精緻な制御などのハードウェア側の制約も実現に向けた大きな課題とされている。

トヨタ自動車、Preferred Networks、NTTは2016年1月に開催された国際的な家電見本市CES 2016においてロボットカーの展示を行った。この展示は自動走行実現のための基礎研究の成果として公開されたもので、32方向360度のLiDARから得られる障害物や他車両の情報をもとに深層強化学習を利用して、「コースに沿ってなるべく速く移動する」、「ほかの車両や壁、障害物にぶつからない」ことを価値(報酬)として学習が行われている。展示ではロボットカー自らが徐々に運転を習熟していき、最終的にはぶつからずにスムーズに自律的に移動する様子が見られた。シミュレータという実社会とは異なる条件下ではあるが、自動走行の学習に深層強化学習による運動の習熟が効果的であることが示された。

安川電機、クロスコンパスは、「2017 国際ロボット展(iREX2017)」において、開発中のAIピッキング機能を展示した。ディープラーニングによる学習により、ロボット自らリアルタイムに動作を学習・生成し、最適な把持位置・姿勢を解析しながらピッキングを実行するので、多様な対象物の形状や把持位置・方向に対して単一のグリッパーにて対応できる(図3-2-4)。

■ 図3-2-4 2017 国際ロボット展におけるディープラーニングを利用したピッキングのデモ^{※27}



本項で紹介したように、ディープラーニングにより機械やロボット等の動作を習熟させる取組みが進んでいるが、多くは限定された空間やタスクでの検証段階である。無限の事象が存在する実空間の課題に適応した高度な技術に至るには、さらなる研究開発が必要と考えられる。

※26 “Neural scene representation and rendering” < <http://science.sciencemag.org/content/360/6394/1204> >

※27 「ロボットによる対象物の多様なつかみ方を実現するAIピッキング機能を開発」安川電機プレスリリース < <https://www.yaskawa.co.jp/newsrelease/technology/35697> >

3.2.3 言語の意味理解と生成

(1) 意味理解

運動の習熟の次のステップとして言語の意味理解の実現が期待されている。「2.3 自然言語処理」で示したとおり、ディープラーニングにより抽出した高次の特徴量を言語と紐づけることで、言語理解や自動翻訳、さらには言語からの知識獲得までへと発展することが期待される。言語の意味理解の実用化には至っていないが、意味理解につながる基礎的な研究開発が進められており、着実に成果をあげている状況にある。今後、言語の意味理解の高度化やそれによる知識獲得への発展も期待されており、産業応用が進むことが予想される。

Googleの研究チーム(Google Brainチーム)はディープラーニングにより文意を理解して文章を要約することを目的としたテキスト要約(Text summarization)の研究開発を進めている。これは、言語の意味理解につながる基礎研究の一例である。Googleは文章要約の最新研究成果として、2016年8月にジョンズ・ホプキンス大学(Johns Hopkins University、米国)で作成された英語のニュース記事1万件からなるデータセットAnnotated English Gigawordにもとづく試行結果を発表している^{*28}。GoogleのText summarizationは本文から単語を抜粋して要約する「抜粋による要約(extractive summarization)」ではなく、内容をある程度書き換えたうえで要約する「抽象的な要約(abstractive summarization)」の手法を採用している。

例えば、抜粋による要約では「アリスとボブは列車に乗って動物園を訪れました。彼らは、赤ん坊のキリンとライオン、カラフルな熱帯鳥の群れを見ました。」という文章を「アリスとボブは動物園を訪れました。彼らは鳥の群れを見ました。」といった形で元の文章から単語を抜粋・連結して要約を生成する。一方、抽象的な要約では「アリスとボブは動物園を訪れ、動物や鳥を見ました。」といった形で文意を別の表現として変換したうえで要約する。この要約アルゴリズムはディープラーニング等の機械学習ライブラリTensorFlowに実装されている。また、これらの学習結果はText Summarization Modelとして、TensorFlow上に公開されており、開発者等は自由に学習済みモデルを利用することができる。

日本でも、実名型口コミのグルメ情報サービスRettyは、ユーザーによる飲食店ごとの口コミ投稿文を基に、キャッチコピーを自動作成するAIを開発し、同社の5万店舗に適用している^{*29}。また、リクルートテクノロジーズは、同社グループ内で使われている内製AIのAPIの一つとして、「Text Summarization API」を一般公開、文章をディープラーニングによりベクトル化(数値ベクトル)するDoc2Vec技術を利用している^{*30}。

文章の意味理解に関わる取組みは緒についたばかりであるが、昨今のディープラーニングの進化のスピードに鑑みると、そう遠くない未来に産業等での応用が始まることが期待される。

(2) 自然な会話の実現(Google Duplexの衝撃)

言語の意味理解と生成に関して、難易度が高いとされているタスクの一つに、人間との自然な対話を継続することが挙げられる。Googleは、開発者向けカンファレンスである「Google I/O 2018」にて、「Google Duplex」を発表し、電話を通じて、散髪やレストランの予約を、まるで人

*28 “Text summarization with TensorFlow,” Google Research Blog <<https://research.googleblog.com/2016/08/text-summarization-with-tensorflow.html>>

*29 <<https://tech.nikkeibp.co.jp/it/atclact/active/17/060100295/061100002/>>

*30 <<https://a3rt.recruit-tech.co.jp/product/TextSummarizationAPI/>>

間にかけているかのような会話で行うAIサービスをデモした^{※31}。限定されたドメインとはいえ、自然言語処理とディープラーニング(特にRNNの活用)、音声読み上げを組み合わせたサービスで、これまででない「自然さ」を実現していることで参加者を驚かせた。システムは会話における反応のスピード(一呼吸置くなどの「間」まで測れる)や、文脈に合わせて、言い方やイントネーションを変化させることができるという。

このデモは、いつかは実現するかもしれないと思われていたAIと人間との「自然な会話」が、目の前で実に「自然に」実現していることを世間に見せつけたことで大きな話題となった。“Google Duplex”を契機に、ビジネスでの応用の可能性の広がり議論以外に、一種の怖さ(電話の相手が本当に人間なのかAIなのか区別がつかない、詐欺に使われたらAIは賢いから敵わない等)に関する懸念まで一気に話題に上がるようになり、このような懸念に対応するためには、「自分は人間ではなくAIアシスタントだ」と最初に名乗るべきだという議論まで行われた。

“Google Duplex”や囲碁の“AlphaGo”のように、ディープラーニングに代表される機械学習の進化と既存のサービスとがうまく連動すると、突然飛躍が起きたような気になるサービスが実現されるというのが、ディープラーニングの可能性を示している。同時に“Google Duplex”の例は、飛躍の裏返しとして「怖さ」の面を伴うが、「怖さ」はその場で体験しないと本当の意味で理解できない、という一例となっている。

※31 <<https://ai.googleblog.com/2018/05/duplex-ai-system-for-natural-conversation.html>>

3.3 ▷ 国内における利用動向

本節では、国内でのAI技術の産業への応用の具体的事例を説明する。対象としては、製造業、自動車産業や物流、インフラのほか、農業、健康・医療・介護、エネルギー、教育、金融業、流通業など幅広い領域を対象としている。

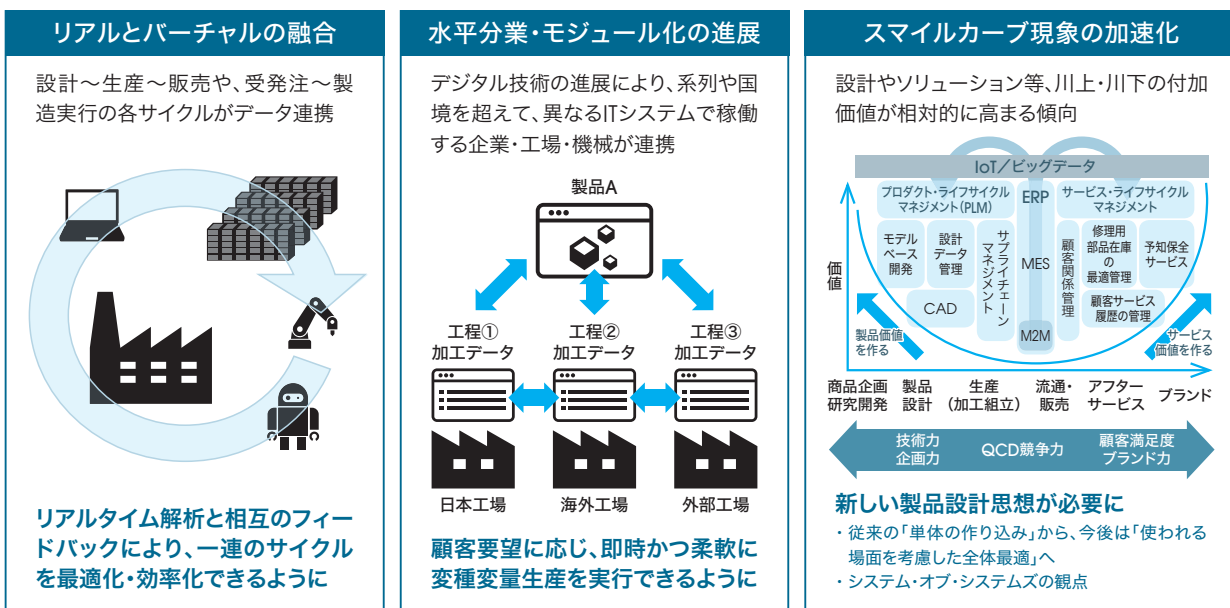
3.3.1 製造業における利用動向

(1) 分野動向

製造業は、日本のGDPの2割弱を占める基幹産業であり、他産業への高い波及効果を持つ。米国やドイツ等も次世代型製造業への転換政策を打ち出し、製造業の重要性を見直しつつある。具体的には、ドイツのIndustrie 4.0、米国のIndustrial Internet、中国の「中国製造2025」に代表されるAI・IoTによる生産性向上、品質管理・向上、在庫削減、不良品の削減等を目的とした生産革新が進められている。日本政府も、第4次産業革命の技術革新をあらゆる産業や社会生活に取り入れることにより、様々な社会課題を解決するSociety 5.0の指針を掲げている。

このような世界的な潮流の中で、日本の製造業においても新たな工場のスマート化への取り組みが始まっている。工場のスマート化自体は古くから検討されていたテーマであり1980年代にはFA (Factory Automation) が進展するといった進化を遂げてきた。現在はAIやIoTの活用が重要なテーマとなっている。経済産業省が2017年5月に公表した『「Connected Industries」の具体例(ものづくり/バイオ/AI)』によると、同省が提唱するConnected Industriesの「スマートものづくり」の領域においては、デジタル化・グローバル化の進展を背景に、リアルとバーチャルの融合、水平分業・モジュール化の進展、スマイルカーブ現象の加速化という3つの事象が起こっているという(図3-3-1)。スマート工場は、これらの方向性を受けて実現されていくものといえる。

■ 図3-3-1 デジタル技術によるものづくりの価値の源泉の変化



出典：「「Connected Industries」の具体例(ものづくり/バイオ/AI)」大臣懇談会(第1回、資料1) 経済産業省(2017年5月)

(2) 活用状況

工場でのAI活用は、現状では従来型の工場での部分的な活用が中心となっている。中長期的には、IoTデータの分析などの取組みが進展することにより、スマート工場の実現につながると期待される。AI活用の具体的分野としては、画像解析による外観検査・検品、工場内の作業監視によるミスの防止、製造設備のセンシングデータを分析した異常検知などが挙げられる。

まず、外観検査については、ディープラーニング技術などによる高度な画像認識技術を駆使した、活用事例が報告され始めている。一般に外観検査や検品は、マシンビジョン^{*32}の設定や調整を行ったうえで自動化するが、多品種小ロット生産や不定形物の場合は、マシンビジョンでは対応しきれず、人の目視で行っている。AIを活用することにより目視で行っている検査を自動化できる。また、高額で大規模なマシンビジョンの設備ではコストに見合わない場合などでも、AIを活用することで検査を自動化できる。

作業員のミス防止のための動きの検知では、本来あるべき作業の動作から外れた動作を行った場合にアラートをあげ、作業のミスを防ぐ。異常検知では、機械の稼働データから正常／異常を判別し、異常が起きた場合はアラートをあげる。あらかじめ異常の閾値を設けなくても、稼働データを学習することで自動的に正常である状態を把握し、そこから外れた状態になると異常と判断することができる。表3-3-1に具体的事例を示す。

■表3-3-1 製造業におけるAIの活用場面の例

利用分野	時期	企業名	概要
外観検査・検品	2017年4月 実証実験	キュービー	原料検査に活用。画像認識技術を使い、ダイス型にカットしたジャガイモの異物混入や不良品の判別を行う。従来は目視による検査を行っていたが、精度やコストなどの制限から他の自動検査システムが使えなかったという。2018年6月時点で本格導入に向けた検証段階である。Googleの「TensorFlow」を採用し、開発パートナーはブレインパッドである。
作業員のミス防止	2016年6月 導入	ダイセル	監視カメラの画像データをもとに、作業員の関節の位置からカメラが作業の動きを読み取り、部品の選り間違いや組立順序のミスを検知することで、不良品の発生を抑える。2016年に播磨工場に導入、2017年10月から製造現場の指標を一元的に可視化する製造ダッシュボードの運用を開始している。
異常検知	2016年9月 公表	三井化学	ガス製品製造過程において、原料や炉の状態などのデータとガス製品の品質を示すデータを分析し、品質異常を20分前に自動的に把握できる仕組みを構築した。従来は、特定プロセスのデータに対する閾値を用いた検知や、経験を積んだ従業員の目視による評価などにより品質異常検知を行っていた。開発パートナーはNTTコミュニケーションズである。
	2014年6月 導入	中国電力	島根原子力発電所2号機に大規模プラント向け故障予兆監視システムを開発した。常時測定している温度、圧力、流量などパラメーターは約2,500種類、3,500点に及ぶ。これらのデータをリアルタイムで自動的に解析することで、予兆段階における異常検知を行う。開発パートナーはNECである。
メンテナンス業務の効率化	2016年 取組み開始	ダイキン工業	空調機器の故障修理において、多数の部品の中から必要なものをAIが学習し、予測部品をサービス担当者に提示することで業務の効率化を図る。開発パートナーはABEJAで、2016年に取組みをスタートした。同社の詳細は本文参照。

(続く)

※32 画像を認識し、計測や検査を行うシステムを指す。

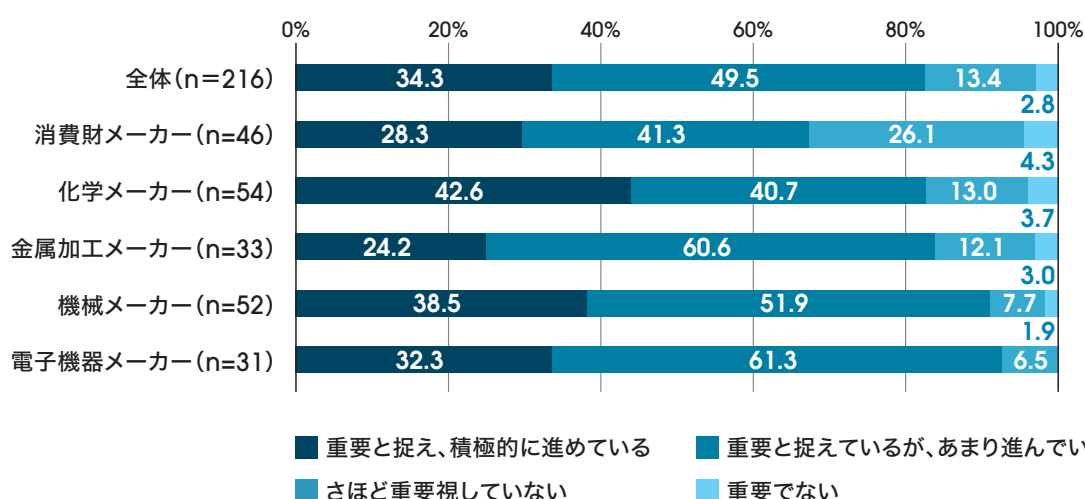
予兆保全、外観検査	2017年8月 公表	オムロン	2017年8月にIoTプラットフォームサービス基盤として「i-BELT」を発表。ユーザー企業に対して、予兆保全や外観検査など、人が行っている業務をAIによって代替する仕組みを構築し提供している。同社の詳細は本文参照。
故障予兆診断、 予防保全	2016年1月 公表	IHI	製品の稼働データを収集し分析するためのリモートモニタリングプラットフォーム「ILIPS (IHI group Lifecycle Partner System)」で、故障予兆診断や予防保全など新たな保守メニューをクライアントに提供する。同社の詳細は本文参照。
スマート工場	2017年11月 公表	ルネサス エレクトロニクス	生産設備や機械のインテリジェント化を実現するAIユニットソリューションを提供している。センサーから取得したデータをAIで処理し、処理結果をPLC等へ容易に出力することができる。同社の詳細は本文参照。

出典：各種公開情報より作成

製造業のIT化の意識とデータ収集方法の実態

スマート工場を目指す工場でのデータ活用は、現状ではどのような状況にあるのだろうか。ここでは、矢野経済研究所のマーケティングレポート「製造業のIoT活用の実態と展望 2017－保全・故障予知の現状とAI(人工知能)の可能性－」(2017年7月)から、製造業のIT化やデータ活用に関する意識と実態を紹介する。図3-3-2は、矢野経済研究所が行ったアンケート調査の結果である。まず、工場現場のIT化については重要と回答していた企業が83.8%に達した。「重要と捉え、積極的に進めている」が34.3%、「重要と捉えているが、あまり進んでいない」が49.5%である。半数の工場ではIT化の意欲はあれども進んでいない、というのが実態といえよう。

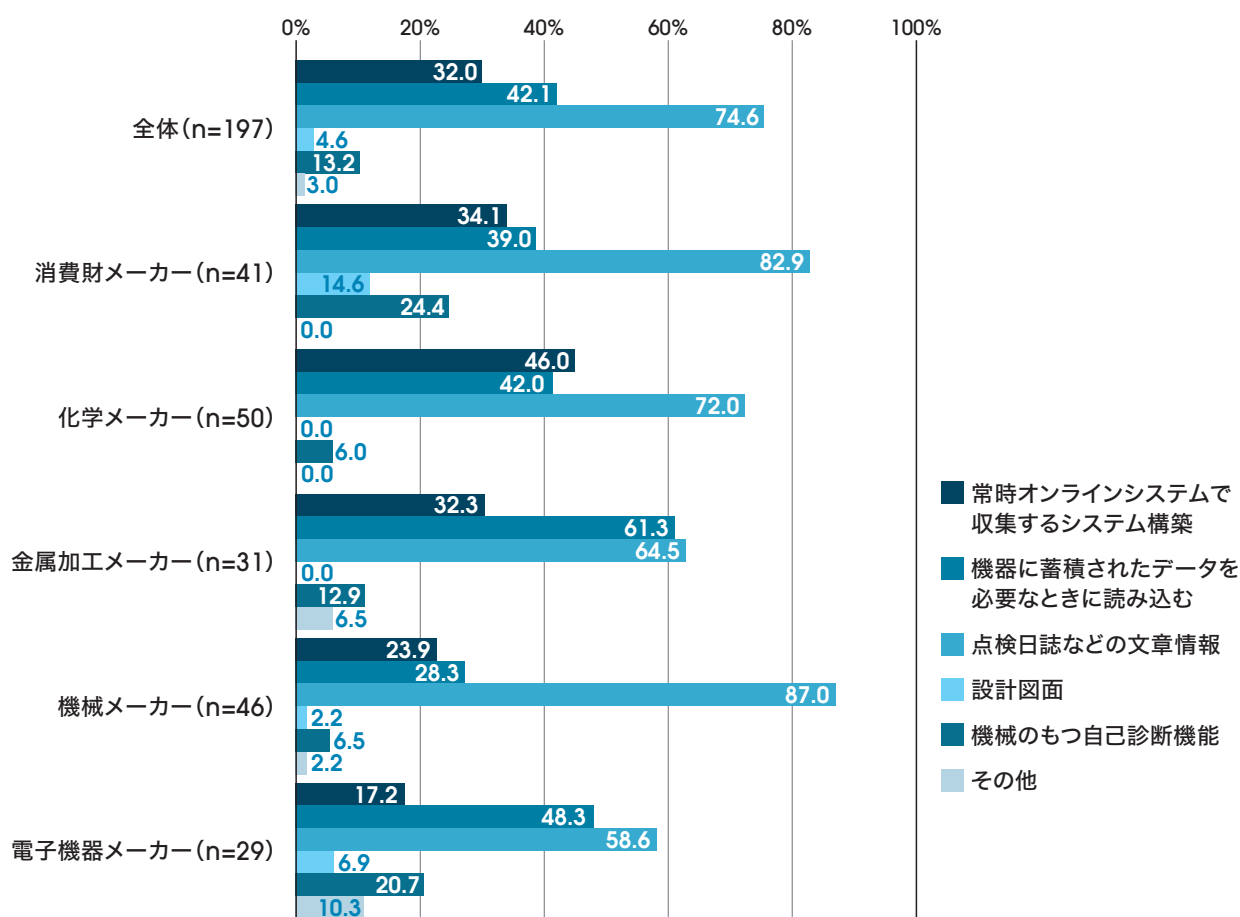
■ 図3-3-2 工場現場のIT化の重要性



出典：「製造業のIoT活用の実態と展望 2017－保全・故障予知の現状とAI(人工知能)の可能性－」矢野経済研究所(2017年7月)

AI活用の基本となる生産機器やユーティリティの稼働データの収集方法については、「点検日誌などの文章情報」がどのメーカーでも最も多い結果となった(図3-3-3)。現状では、定量データの獲得が遅れており、分析に利用できるデータは不足しているといえる。

■ 図3-3-3 データ収集方法



出典:「製造業のIoT活用の実態と展望 2017ー保全・故障予知の現状とAI(人工知能)の可能性ー」矢野経済研究所(2017年7月)

以下に、IHI、オムロン、ダイキン工業、ルネサスエレクトロニクスのAI利活用の取組みを紹介する。

ICT活用による製品・サービスの高度化に取り組む 株式会社IHI

■ 事業概要

IHIは宇宙航空・エネルギー機器、建機などを製造する総合重機メーカーである。経営方針として、ICT活用による「製品・サービスの高度化」に取り組んでいる。IoT技術により、製品の稼働情報をはじめとしたライフサイクル全般にわたる各種情報をILIPS (IHI group Lifecycle Partner System、グループ共通で活用するプラットフォーム) に集約する。IHI独自のデータ解析技術・AI / 機械学習技術を適用することで、故障予兆診断や予防保全など新たな保守メニューをクライアントに提供する取組みである。ILIPSは、製品の稼働データを収集し分析するためのリモートモニタリングプラットフォームとしても機能している。具体的には、航空エンジンや発電用ガスタービン、汎用ボイラー、自動倉庫、真空炭炭炉などの製品・サービスや、プラント建設現場や自社工場などにおけるモニタリングに活用されている。

同社では、ライフサイクルのすべてをサポートすることを事業目標としている。つまり、航

空機エンジン整備でいえば、単にエンジンを整備するのではなく、飛行機の運航オペレーションにも助言できるような取組みを視野に入れている。それを実現するために、これまで所有していなかった航空機の運航データをICTやIoTを利用して収集している。近い将来には、設計・開発・製造・運航・整備・売却までの全プロセス、ライフサイクルのすべてをカバーできるようにしたいと考えている。

■ AI活用の事例

加工機械では、AIを活用して異常をモニタリングする取組みを行っている。故障予知のような取組みは、新たな売上や利益に直結するとは言い難いが、まずは重要な装置から取組みを始めている。生産機器については、どのパラメーターを観察すべきか決めることが重要だが、経験を積みながら模索していく以外に方法がないのが現状である。

航空機のタービン出口温度予測は成果が出ている事例である。エンジンに汚れが付着すると性能が落ちるが、飛行するために必要な出力を維持するために、燃料が追加投入されていく。その結果、タービンの出口温度が上昇するが、規定温度を超えた場合は、安全維持のためにメンテナンスをすることがルールとなっている。従来は出口温度の予測ができないことから、フライト予定をキャンセルしてメンテナンスを行うこともあった。しかし、AIで出口温度を予測することで、事前にメンテナンス計画を織り込めるようになり、スケジュールが立てやすくなるという効果が出ている。

■ AI活用の課題

IHIは、ディープラーニングを用いたボルト・ナットの形状認識及びキズ等の自動認識を試みたが、失敗したという。原因は、金属部品の場合、光の当て方で形状を誤認識してしまうことや、畳み込みフィルター^{※33}の大きさにより正解率が異なってしまうことがあるためであった。1つの部品につき1万枚以上の写真を使用した学習が必要なこともハードルを高くしているという。

また、整備工場においては、その都度、整備対象となる機器の状況等が異なるため、対応がまちまちになり、量産品の製造と比較してAIを適用しづらい。生産技術部門のエンジニアが、ある事象に対し、どのように対応をすべきか対処方法を検討しながら進めており、可能なところから自動化やAI活用を進めている。

※33 CNN(畳み込みニューラルネット)における、小さなピクセル枠で写真を走査して特徴を検出するフィルター層のこと。

AIには「人にできないこと」、「人の代替」を期待する オムロン株式会社

■ 事業概要

オムロンのビジネスドメインは、コントローラー、センサー、アクチュエーターなどの制御機器の製造である。その中でロボット、AI(機械学習を使った制御)、IoTを活用したソリューション型のビジネスにおいて、スマート工場の実現を図っていく。また、2017年8月にはIoTサービス基盤として「i-BELT」を発表し、オムロンの顧客に対してスマート工場に向けた取組みを支援する。

■ AIの活用状況

顧客側の状況を見ると、ニーズが多いのは海外工場での生産性向上である。日本の工場と同じラインを敷いていても、現場の労働者にベテランがいないことから、稼働率が低く不良品率が高い傾向がある。いわゆる「匠の技」というレベルではないが、生産機器の複雑なオペレーションや迅速なメンテナンスといった能力が課題になっている。機械が知能化し、故障の箇所を教えてくれるようになれば生産性が上がる。

海外のみならず、国内においても熟練技術者の高齢化と若手の人材不足が起きている。異常音の聞き分け、良品と不良品の波形の微妙な違いの判別などの技術継承は課題になるだろう。現在のAI技術によってこれらがすべて解決できるわけではないが、現場への貢献が期待される。

オムロンは、AIに対する期待として「人では行えない高いレベルでの精度向上や高度化の実現」や「異常音の点検や外観検査など人が行っている業務のAIによる代替」の2点を挙げている。

■ AI導入の課題

オムロンではAI活用の課題も見えてきているとのことであり、以下の5点を指摘している。

- ・データの収集：何のためにどのデータをどう取ればよいか分からない、という企業がほとんどである。i-BELT事業では、その段階から支援し、実際のエンジニアリングと一部データサイエンスを併せて提供する。
- ・データが集まらない：外観検査の例では、学習させるために、傷のある製品のNG画像を多数用意する必要がある。しかし傷のある製品が出ることは滅多にないので、データが集まらない。「技術的には実現可能だが経済的にできない」という状況にある。
- ・個別対応となる：ベテラン従業員が行う作業をAIで代替させるためには、機械ごとに動きが違い、データの状況や学習のさせ方、最適な機械学習技術なども異なる状況に対応する必要があるため、一つひとつ個別にアプリケーションを作らなくてはならない。
- ・人材不足：製造現場に関するドメイン知識とAIの知見の両方を持っている人材がいない。
- ・AIの信頼性：精度(正答率)の信頼性と、暴走しないという信頼性の2つが求められる。AIの検証方法については明確な答えがない状態であり、整備が期待される。

安定操業を実現するためのスマート工場への取組み ダイキン工業株式会社

■ 事業概要

ダイキン工業は、空調機の製造において1978年より、PDS (Production of DAIKIN System) という取組みを行っている。トヨタ生産方式を参考に構築したものであり、いわゆる“ニンベンのついた自動化”を実現している。その後、FMS (Flexible Manufacturing Systems) といった概念が現れると、それにも取り組み、ハイサイクル生産方式を確立(1999年)、生産計画の立案から製品出荷までの管理サイクルを素早く回し、在庫圧縮などの効果を上げた。

その後、バブル崩壊などの影響から、工場の海外移管が必要になってきた。当時のインフラや設備を活用すると、大型ロボットの活用など重厚長大にならざるを得ず、エアコンのように移り変わりの早い製品に対しては設備更新等が追い付けないなど課題を抱えていた。

そのような経緯を経て、2013年からスマート工場への取組みが始まっている。同社では、スマート工場の進展について、現在も議論途上であるものの一旦下記のように設定し、取組みを行っている。同社では、現在はレベル2の段階にあると認識している。また、レベル4においては、工場のみがデジタル化されるわけではなく、サプライチェーン等も含めて連動するようなイメージを抱いている。

レベル	内容
レベル1	モニタリング
レベル2	正常／異常の判断
レベル3	予測
レベル4	ビッグデータ等を活用した生産計画や連携等

■ AIの活用状況

ダイキンでは、計画と実際の生産に乖離のない状態を維持できることを安定操業と定義し、それを実現できる工場を目指している。現在は、欠品や故障などの要因により、計画に対する生産数の不足が避けられない。まずはこの状況を解消するためにAI活用を図る。アイデアとしては、「何時にその機械は故障するので、いまのうちに作っておこう」というような判断に役立つ“生産天気予報”のようなものを実現できればと考えている。また、計画側をフレキシブルに変化させ、生産側もそれに対応できるような工場をゴールイメージとして描いている。

AIが対象とすべきものは、①判断基準が明確な繰り返し作業(異常パターンの分類や異常の早期検知など)、②OK / NG (成功 / 失敗・正解 / 不正解) を定義できる問題(設備の最適制御や人手作業の自動化など)と考え、取り組んでいる。

予期しない停止や欠品への対策として、IoTによる見える化を進めている。IoTを活用し、物事を数字(データ)として捉え、ソフト化していく取組みである。これまでストップウォッチによる計測結果やVTRを見返して可視化していたが、それをセンサーなどで代替することで、改善のスピードを上げていく。現在は人の判断をアシストするための仕組み構築に取り組んでおり、将来的に故障予知などにも展開する計画である。

AIユニットソリューションの提供 ルネサスエレクトロニクス株式会社

■事業概要

ルネサスエレクトロニクスは半導体メーカーであり、最終的には、スマート工場用の専用チップ(アクセラレーター)の開発を志向している。製造業は中小企業も多く、演算能力、消費電力、価格をバランスさせながら、顧客ニーズに合ったものを開発すべく研究を進めている。

■AIの活用状況

AIユニットソリューションを開発し、2017年11月より提供を開始した。AIユニットソリューションとは、AIユニットを実現するためのリファレンスデザイン(ハードウェア)とAI処理を実現するソフトウェアを提供することで、プログラミング不要で生産設備や機械のインテリジェント化を可能にするものである。開発の背景としては、製造機械の多くがネットワークにつながっておらず、かつ古い機械がまだまだ現役として活躍することが挙げられる。また、製造現場ではリアルタイム性の要求から1ミリ秒以下の高速なデータのやり取りが求められる場面も多い。こうした中、仮にネットワークにつないだとしても、クラウドへデータを伝送しては高速性が犠牲になり、また、取得するデータ量が多くなると帯域不足になる可能性も高い。AIユニットソリューションは、古い機械類にも容易にアドオンでき、また、クラウドにデータを送るのではなく、機械に近いエンドポイントでAI処理ができる。

AIユニットソリューションでは、ネットワークとのインターフェース、製造機械からデータを取得するためのセンサー用インターフェースが準備されているため、センサーから取得したデータをAIで処理し、処理結果をPLC等へ出力することが容易に可能となる。また、PC等で生成した学習済みモデルをAIユニットに実装するツールも用意されている。

開発に際し、2年にわたり那珂工場で実証実験を行った。実証実験では、AIユニットの試作機をエンドポイントの半導体製造装置に取り付け、従来と比較して20倍の高速サンプリング速度でデータを取得した。これをクラウド側でAI処理しようとする、広帯域ネットワークを用意する必要があるが、AIユニットにて、例えば、時系列データを予測してセンサーデータとの差分をモニターすることで異常を検知するようなAI処理により、そうした対応が不要となった。通常では困難なほどの高精細データを取得・処理できたことで、異常検知の精度を6倍以上に高めることができたとのことである。

那珂工場での経験として、AIの導入は、現場においては懐疑的、消極的と捉えられがちだったという。ところが、いざAIを用いて分析してみると、これまで自分たちの力だけでは発見できなかったことが発見できるようになったため、総じて、AIを積極的に活用しようという雰囲気になったとのことである。

■導入における課題

現時点では、現場において最適な処理を実現するモデルを組み込むには、例えばどこのデータを取るべきか等のノウハウがあり、工場現場に詳しいSIerやコンサルタントの知見等に頼らざるを得ない。こうした外部の人材をいかに協力者として巻き込んでいくかが課題であるという。

3.3.2 自動車産業における利用動向

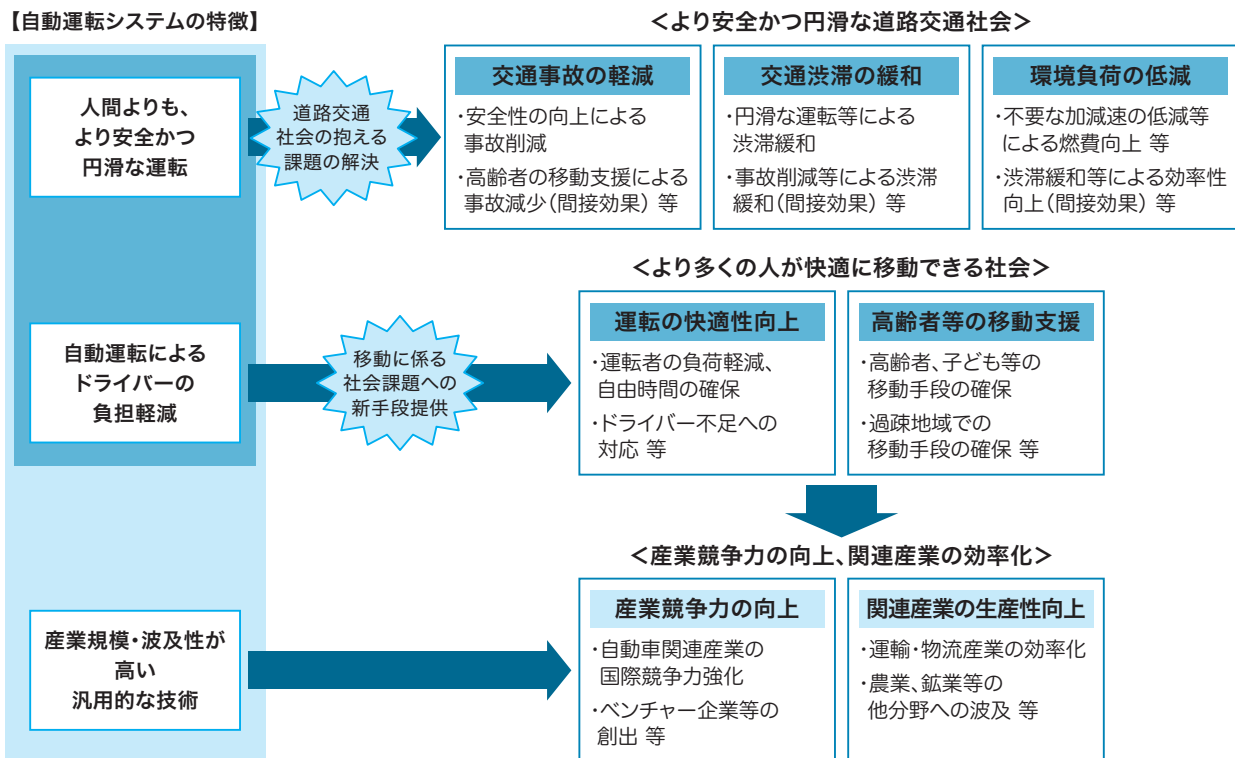
(1) 分野動向

自動車産業では、自動運転システムの開発が今後の競争領域であり、自動車メーカー関係各社が自動運転システムに関する研究開発投資を行っている。大手自動車メーカー、大手部品メーカーが市場を牽引しているが、AI技術、自動運転技術をコアとするベンチャー企業も登場している。

①自動運転への社会的期待

政府（内閣官房高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議）が平成30年6月に発表した「官民ITS構想・ロードマップ2018」では、自動運転による社会的期待として、「交通事故の削減」「交通渋滞の緩和」「環境負荷の低減」「運転の快適性向上」「高齢者等の移動支援」、さらに自動運転産業の発展による「産業競争力の向上」「関連産業の生産性向上」が挙げられている（図3-3-4）。

■ 図3-3-4 自動運転システムによる社会的期待の例



出典：政府「官民ITS構想・ロードマップ2018」（2018年6月）

②自動運転のレベル・取組み方針

自動運転レベルの定義については、内閣府が2018年4月1日に公開した「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動走行システム研究開発計画」で、「国際的な整合性を図るため、米SAE International が平成28年9月に定めたSAE J3016の定義を採用する」としており、「自動走行の実現に向けた取組方針 Version 2.0」などでもこの定義が使用されている（表3-3-2）。本書でも自動運転のレベルについては、この定義に従うものとする。

表3-3-2 SAEの自動運転レベルの定義概要

レベル	概要	安全運転に係る監視、対応主体
運転者が全てあるいは一部の運転タスクを実施		
レベル0 自動運転化なし	<ul style="list-style-type: none"> ● 運転者がすべての運転タスクを実施 	運転者
レベル1 運転支援	<ul style="list-style-type: none"> ● システムが前後・左右のいずれかの車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施 	運転者
レベル2 部分運転自動化	<ul style="list-style-type: none"> ● システムが前後・左右の両方の車両制御に係る運転タスクのサブタスクを実施 	運転者
自動運転システムが全ての運転タスクを実施		
レベル3 条件付運転自動化	<ul style="list-style-type: none"> ● システムがすべての運転タスクを実施(限定領域内^{※注}) ● 作業継続が困難な場合の運転者は、システムの介入要求に対して、適切に応答することが期待される 	システム (作業継続が困難な場合は運転者)
レベル4 高度運転自動化	<ul style="list-style-type: none"> ● システムがすべての運転タスクを実施(限定領域内^{※注}) ● 作業継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない 	システム
レベル5 完全自動運転	<ul style="list-style-type: none"> ● システムがすべての運転タスクを実施(限定領域内^{※注}ではない) ● 作業継続が困難な場合、利用者が応答することは期待されない 	システム

※注 ここでの「領域」は、必ずしも地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的な条件などを含む

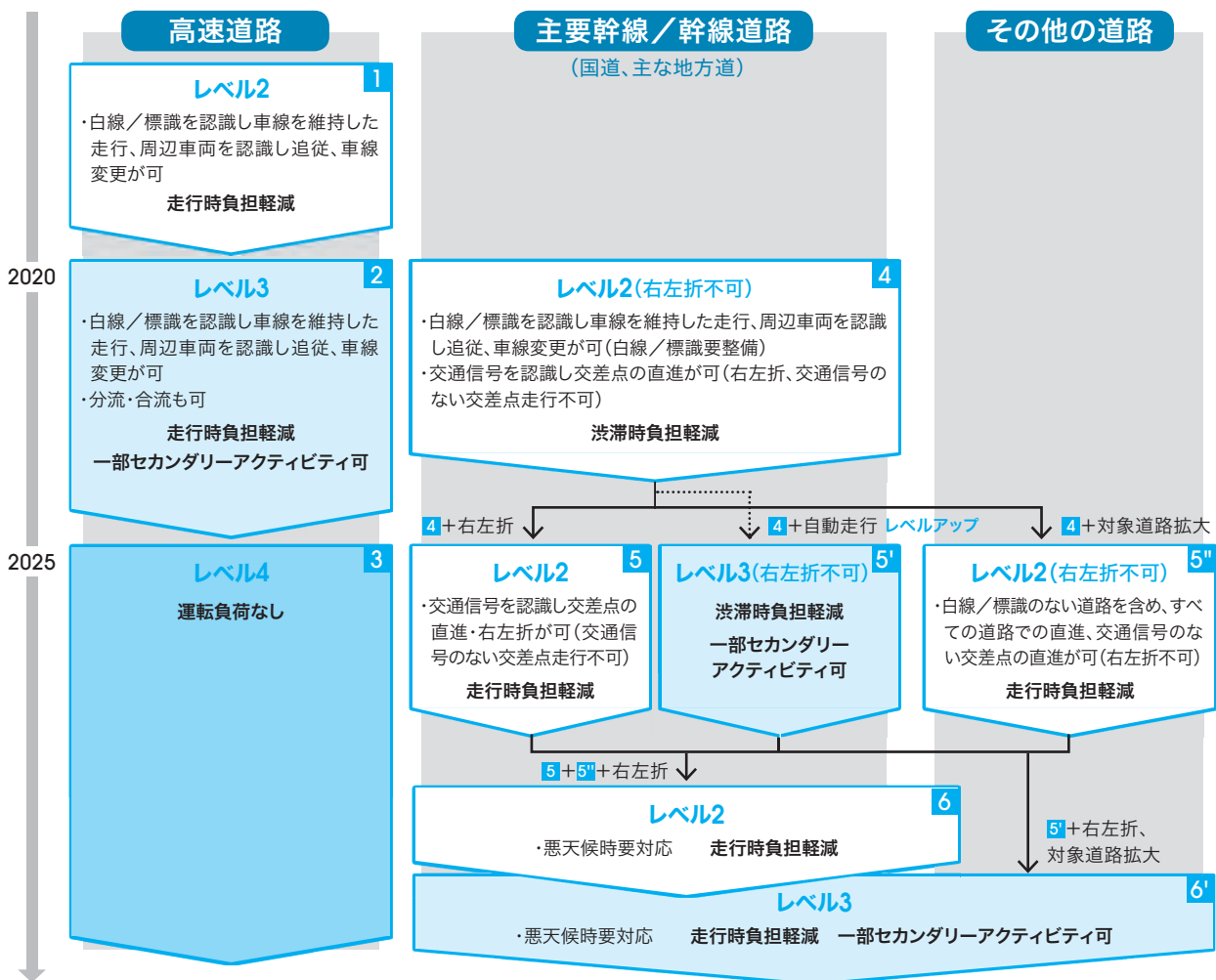
出典：自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組方針 Version2.0」

技術開発、市場化に関しては、政府各部門で整合をとって、実行計画を作成している。まず、SIPの研究計画では、2020年までにハイエンドなシステム(SAEレベル2)を実現し、2020年をめどにSAEレベル3、2025年をめどにSAEレベル4の市場化を行うという目標が掲げられている。また、2020年東京オリンピック・パラリンピックが重要なマイルストーンとして位置づけられ、海外への展開を見据え次世代都市交通システム(Advanced Rapid Transit; ART)等を実用化する計画となっている。

また、「官民ITS構想・ロードマップ2018」では、2020年までの実現目標として自家用車については高速道路での準自動パイロット(SAEレベル2に相当)の市場化、移動サービスについては、限定地域での無人自動運転移動サービス(SAEレベル4に相当)という内容が含まれている。

さらに、経済産業省が平成30年3月に公表した「自動走行の実現に向けた取組方針 Version2.0」では、高速道路においては、2020年までに、運転者が安全運転に係る監視を行い、いつでも運転操作が行えることを前提に、加減速や車線変更が可能なSAEレベル2を実現、2020年以降には、SAEレベル3を含む高度な自動走行を実現する見込みとなっている(図3-3-5)。一般道路においては、2020年ごろに国道・主な地方道において、直進運転のレベル2を実現し、2025年ごろには、対象道路拡大や右左折を可能にするなど自動走行の対象環境を拡大する見込みとなっている。

■ 図3-3-5 一般車両における自動走行(レベル2, 3, 4)の将来像



出典: 経済産業省「自動走行の実現に向けた取組方針 Version2.0」(平成30年3月)

また市場化を促進するために、「自動走行の実現に向けた取組方針 Version2.0」では、今後、我が国が競争力を獲得していくために必要な技術等のうち、企業が単独で開発・実施するにはリソース的、技術的に厳しい分野として、重要10分野を協調領域として特定している(表3-3-3)。この中には、セーフティ、サイバーセキュリティ、社会受容性、安全性評価など、社会実装上、重要課題となるものも含まれている。

■ 表3-3-3 重要10分野

協調分野	実現したい姿・取組み方針
I. 地図	自車位置推定、認識性能を高めるため、高精度地図の市場化時期に即した迅速な整備を目指す。一般道路特定地域の実証を通して方針を決定する方向性を2017年度に提示。2019年度中に特定地域での仕様検証・評価を終え、2021年までに整備地域の拡大方針を決定。加えて、国際展開、自動図化等によるコスト低減を引き続き推進していく。
II. 通信インフラ	高度な自動走行を早期に実現するために、自律した車両の技術だけでなく、通信インフラ技術と連携して安全性向上を目指す。2017年度にユースケースを設定し、適応インフラ、実証場所を決定。関連団体と連携し2018年度に仕様・設計要件を設定し、遅くとも2019年中に特定地域において必要となるインフラ整備を行うことが必要。
III. 認識技術/ IV. 判断技術	海外動向に鑑み、最低限満たすべき性能基準とその試験方法を順次確立する。また、開発効率を向上させるため、データベース整備、試験設備や評価環境の戦略的協調を目指す。センシング、ドライブレコーダー、運転行動や交通事故データの活用を推進していく。
V. 人間工学	開発効率を向上させるため、開発・評価基盤の共通化を目指す。運転者の生理・行動指標、運転者モニタリングシステムの基本構想を2017年度に確立。2017~2018年度の大規模実証実験の検証を踏まえて、グローバル展開を視野に各種要件等の国際標準化を推進していく。
VI. セーフティ	安全確保のための開発効率を向上させるため、開発・評価方法の共通化を目指す。ユースケース・シナリオ策定を実施しセンサー目標性能の導出、設計要件の抽出を完了し、2017年度に国際標準化提案。車両システムの故障時、性能限界時、ミスユース時の評価方法を確立していく。

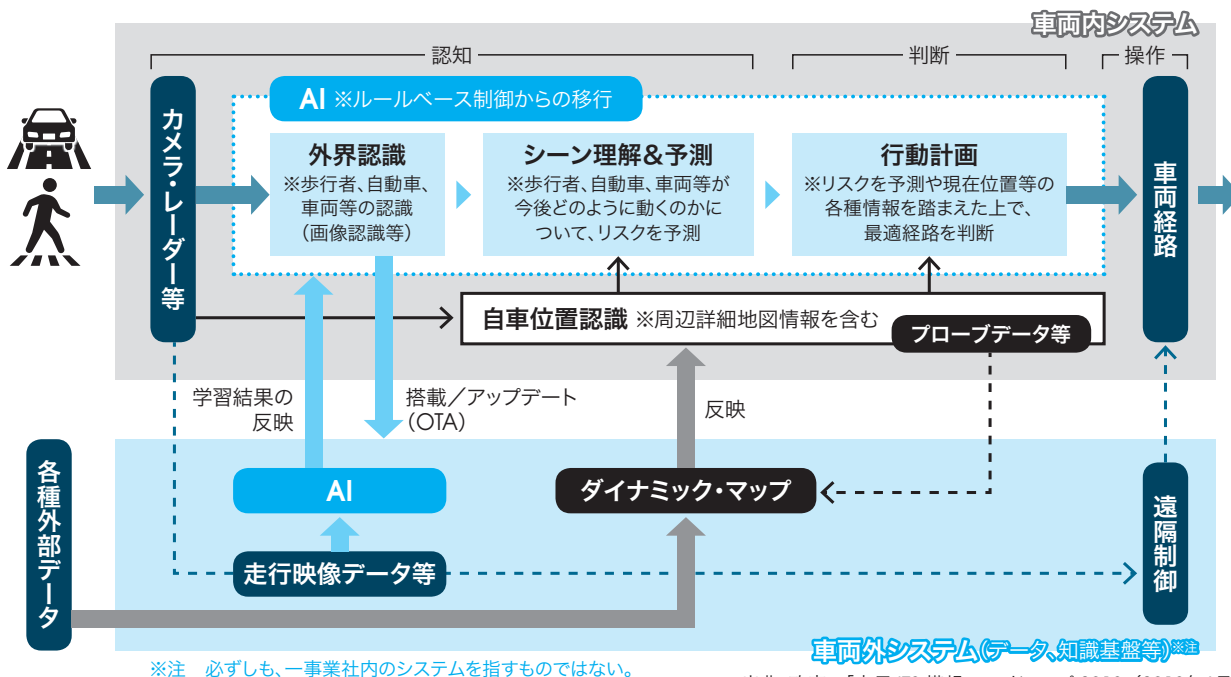
<p>VII.サイバーセキュリティ</p>	<p>安全確保のための開発効率を向上させるため、開発・評価方法の共通化を目指す。最低限満たすべき水準を設定し国際標準提案、業界ガイドラインの策定を2017年度に実施。2019年度までに評価環境（テストベッド）を実用化するとともに、今後、情報共有体制の強化やサイバーセキュリティフレームワークの検討を進める。</p>
<p>VIII.ソフトウェア人材</p>	<p>開発の核となるサイバーセキュリティを含むソフトウェア人材の不足解消に向け、発掘・確保・育成の推進を目指す。ソフトウェアのスキル分類・整理や発掘・確保・育成に係る調査を2017年度に実施。2018年度はスキル標準策定等を進める。サイバーセキュリティについて2017年度に講座を実施。今後は人材の必要性や職の魅力を業界協調で発信する取組みを検討する。</p>
<p>IX.社会受容性</p>	<p>自動走行の効用とリスクを示したうえで、国民のニーズに即したシステム開発を進め、社会実装に必要な環境の整備を目指す。その実現に向け、自動走行の効用を提示、普及の前提となる責任論を整理し、状況を継続的に発信する。</p>
<p>X.安全性評価</p>	<p>これまで自動走行ビジネス検討会等を通して開発した技術を活用した安全性評価技術の構築を目指す。我が国の交通環境が分かるシナリオを協調して作成するとともに、国際的な議論に活用していく。また、今後発生する事故に関するデータについて、取扱いを検討し、安全性評価へ活用していく。</p>

出典：経済産業省「自動走行の実現に向けた取組方針 Version2.0」(平成30年3月)

③自動運転におけるAI・データの位置づけ

「官民ITS構想・ロードマップ2018」では、将来の自動運転システムにおけるAIの位置づけについて「現在、実証等に利用されている自動運転システムの多くは、外界認識における画像認識等の一部を除き、多くは従来型のソフトウェアによる制御（ルールベース制御）が中心となっているが、今後、市街地などを含め、より複雑な環境での走行を実現すべく、シーン理解・予測、行動計画なども含めて、人工知能化が進んでいくものと考えられる」とされている（図3-3-6のAIの枠内参照）。

■ 図3-3-6 将来の自動運転システムにおけるAIの位置づけ



※注 必ずしも、一事業社内のシステムを指すものではない。

出典：政府 「官民ITS構想・ロードマップ2018」(2018年6月)

上図で示すように、AIは、「外界認識」、「シーン理解&予測」、「行動計画」を実行することが期待されている。またその中でAIが活用するデータとしては、カメラ、レーダーなどの「センシングデータ」、自動運転システムが参照する「ダイナミックマップ」、自車位置情報など「プローブデータ」などが挙げられる。

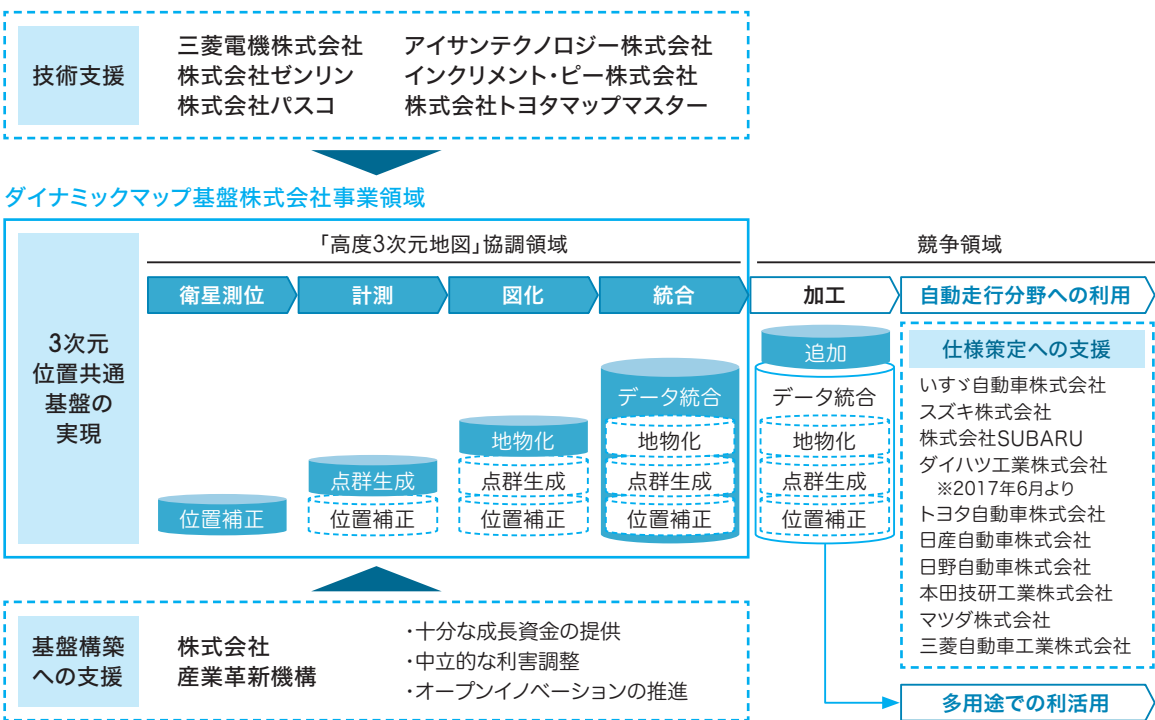
「センシングデータ」に関しては、車両から見た「外界」を認識するためのカメラやミリ波レーダー、LiDARなどが挙げられる。また、車両内環境を捉えるためにカメラやマイク、脈拍センサー

などを置き、搭乗者の生体情報や行動、会話などを把握する研究開発も進んでいる。

「ダイナミックマップ」は、車両周辺の歩行者や自転車、対向車などの動き、信号、道路の状況など、刻々と変化する状況をリアルタイムで取得し、高精度な地図に反映させた高精度三次元地図である。2016年6月に自動車メーカー、電機メーカー、地図・測量会社などが共同出資し、ダイナミックマップの整備や実証、運営に向けた検討を行う企画会社「ダイナミックマップ基盤企画株式会社」を設立している。また、2018年1月からは、KDDI、ゼンリン、富士通の3社が、自動運転向けダイナミックマップの生成・配信技術の実証実験を開始する(図3-3-7)。

「プローブデータ」は、自動車が把握した自車位置、速度などの情報をアップロードすることにより、渋滞情報などに活用するものであり、ダイナミックマップへの反映や車車間での活用も研究されている。

■ 図3-3-7 ダイナミックマップ基盤企画株式会社の事業領域について



出典:内閣府 宇宙開発戦略推進事務局 ニュースリリース「DMP、自動走行システム向け高精度三次元地図の整備着手」(2017年6月23日)

自動運転の進展に伴うデータ・アーキテクチャーの変化について、「官民ITS構想・ロードマップ2018」では、以下のように説明している。また、その概念を図3-3-8に示す。

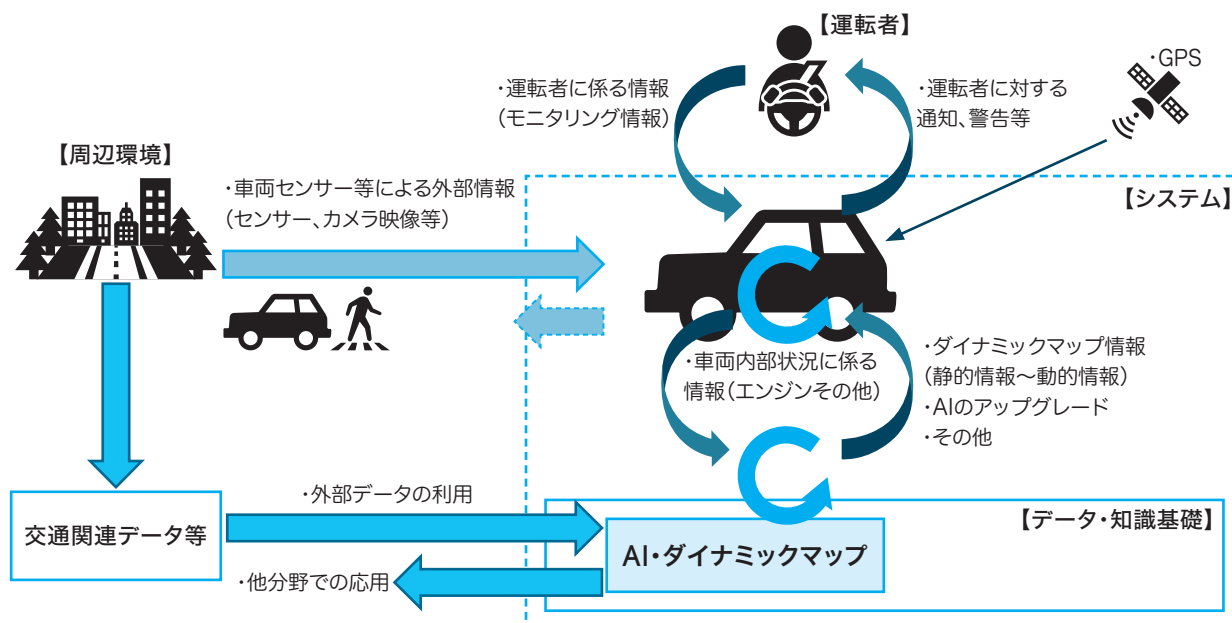
自動車内の各種制御が、個別車両内のデータ・知識基盤にもとづく判断も含めて、さらに高度化するだけでなく、

- i) 各車両において収集されたプローブデータ、映像データを含む走行知識データの一部が、ネットワークを通じて、外部のクラウド等のデータ・知識基盤に移転・蓄積され、それらのデータは、ダイナミックマップ、人工知能の基盤データに加え、各種ビッグデータ解析等の様々な分野に活用される。
- ii) また、このような多数の各車両から得られたデータに加え、ダイナミックマップに係る高精度3次元地図や走行映像データベース等も含めた外部からのデータ等によって生成される人工知能(AI)などのデータ・知識基盤等の一部が、再びネットワークを通じて各車両に提供され、

当該車両における自動運転の判断に必要なデータ・知識等として活用される。

iii) その際、ネットワークの構造としては、「エッジ/フォグコンピューティングなどのアーキテクチャーが利用される」といった方向に進化していくこととなる。

■ 図3-3-8 自動運転システムを巡るデータ・アーキテクチャー(イメージ)



出典: 政府「官民 ITS 構想・ロードマップ 2018」(2018年6月)

(2) 活用状況

① 実証実験の動向

公道における自動運転の実証実験は、警察庁が2017年6月に策定・公表した「遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る道路使用許可の申請に対する取扱いの基準」(以下「新ガイドライン」)にもとづく。新ガイドラインでは、運転者が緊急時等に必要な操作を行うことができる自動走行システムであること、周囲の道路交通状況や車両の状態を監視(モニター)することなどが要件で、遠隔操作などの機能を備えた自動走行車両が用いられる。

以下に、日本における自動運転の実証実験の例を挙げる(表3-3-4)。自動運転の実証実験は、自治体・民間または大学が実施するもの、一般道でのSAEレベル2の市場化を図るラストマイル自動運転(実施は経産省・国交省)、高速道路での物流トラックの隊列走行(経産省・国交省)、SIP事業等(内閣府)^{※34}、国家戦略特区事業(内閣府)、道の駅等を拠点とした自動運転サービス(国交省・内閣府SIP)^{※35}など様々な区分で多数実施されている^{※36}。

※34 <<http://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20171027siryo.pdf>>

※35 <http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/automated-driving-FOT/pdf_180709/2.pdf>

※36 <<http://www.sip-adus.go.jp/fot/>>

■表3-3-4 最近の自動運転の実証実験の例

分類	実施開始時期	地域	実施企業、研究所
自治体、民間 または大学 (主な実証実験 を記載)	2017年10月	福井県永平寺町	福井県、永平寺町、パナソニック
	2017年11月	神戸市北区	神戸市、みなと観光バス、群馬大学等
	2017年12月	愛知県幸田町、春日井市、名古屋市	愛知県、アイサンテクノロジー、ティアフォー
	2017年12月	東京都江東区(青海付近)	ZMP(遠隔型自動運転システム)
	2018年1月	東京都杉並区	杉並区、アイサンテクノロジー、東京大学等
	2018年2月	羽田空港整備場地区	ANA、SBドライブ
	2018年3月	神奈川県横浜市(みなとみらい地区)	日産自動車、DeNA
	2018年3月	福岡県北九州市	九州工業大学、北九州市、北九州産業学術推進機構
	2018年3月	京都府、大阪府、奈良県 (けいはんな学園都市)	関西文化学術研究都市推進機構、RDMM推進機構
	2018年4月	岡山県赤磐市	SBドライブ、宇野自動車
	2018年4月	神奈川県藤沢市	ヤマト運輸、DeNA
	2018年5月	東京都千代田区、江東区	大和自動車交通
	2018年5月	神奈川県藤沢市	小田急、神奈川中央交通、慶應義塾大学、SBドライブ
	2018年8月	東京都千代田区、港区	日の丸交通、ZMP(初の公道における自動運転タクシー)
ラストマイル 自動運転 (経産省、国交省)	2018年度	茨城県日立市	日立市、SBドライブ等
	2017年12月	石川県輪島市	輪島市、輪島商工会議所、ヤマハ発動機等
	2018年4月	福井県永平寺町	永平寺町、福井県、ヤマハ発動機等
	2017年6月、 2018年2月	沖縄県北谷町	北谷町、ヤマハ発動機等(非公道における実験)
トラックの 隊列走行 (経産省、国交省)	2018年1月	新東名	豊田通商、国内トラックメーカー等(高速道路における後続無人で3台以上の隊列走行)
SIP事業等 (内閣府)	2017年3月	沖縄県南城市	SBドライブ、先進モビリティ(バス自動運転)
	2017年6月	沖縄県石垣市	SBドライブ、先進モビリティ(バス自動運転)
	2017年10月	関東地方等の高速道路や 東京臨海地域周辺的一般道等	国内外の自動車メーカー、 自動車部品メーカー、大学等
	2017年11月	沖縄県宜野湾市、北中城村	SBドライブ、 先進モビリティ(バス自動運転)
国家戦略特区 事業(内閣府)	2016年2月	神奈川県藤沢市	藤沢市、ロボットタクシー
	2016年3月	宮城県仙台市	仙台市、東北大学、ロボットタクシー
	2016年11月	秋田県仙北市	仙北市、DeNA
	未定	羽田空港周辺	東京都
道の駅等を 拠点とした 自動運転サービス (国交省/内閣府 SIP)	2017年12月	秋田県上小阿仁村	道の駅「かみこあに」
	2017年9月	栃木県栃木市	道の駅「にししかた」
	2017年11月	滋賀県東近江市	道の駅「奥永源寺・溪流の里」
	2017年11月	島根県飯南町	道の駅「赤来高原」
			その他9カ所

出典:各種公開資料より作成

国内の自動運転の活用シーンの背景には、日本の社会的条件が関係する。公共交通機関が発達している都市部と比較して、地方都市では自動車が重要な交通手段となっている。しかし、高齢化と過疎化が深刻であり、自家用車の運転も公共交通の存続も難しいことから、自動運転に対する期待が高い。第5章で説明するAI社会実装調査におけるヒアリング調査では有識者から、今後、アジアの国々でも高齢化が進むため、日本の社会に合わせて開発したAIアプリケーションを輸出できるのではないかという意見も出ており、産業競争力としても期待される。

以下に、表3-3-4中の実証実験主体の一つであるZMPに対するヒアリング結果を示す。

自動走行タクシーの実現を目指す 株式会社ZMP

■事業概要

ZMPは、ロボットタクシー、物流支援ロボット、ドローン等のロボット技術を開発するベンチャー企業である。

タクシー事業者の日の丸交通株式会社と提携し、2020年にSAEレベル4の自動走行によるロボットタクシーの実現を目指す。実証実験を積極的に行っており、2017年12月には東京都江東区で、日本で初めて公道での運転席に人がいない状態で自動走行の実証実験を行った。また、2018年8月には、東京都千代田区・港区で、自動運転タクシーの運行実験を行った。自動車メーカーが進める自動運転の開発は、ドライバーの運転を支援する自動運転機能が中心だが、ZMPはサービスにフォーカスし、運転しない人が乗ることができる自動走行タクシーを開発している。この場合、事故のリスクがあるときには、運転手に引き継ぐのではなく機械が判断して車を停める機能が必要となる。

また、ターゲットとする地域については、グローバル市場が前提の自動車メーカーとは異なり、日本国内での実用化を図る。まずは自動車の交通量や歩行者が多い都内の市街地で自動走行を実現することで、車社会の米国とは異なる技術パッケージが独自性として強みとなり、日本と条件が似たアジアで役立てられると考える。

ZMPは物流事業にも取り組み、自動走行台車「CarriRo(キャリロ)」や配送ロボット「CarriRo Delivery」を手がける。2017年12月に日本郵政と南相馬市で宅配の実証実験を行ったほか、2017年6月には宅配寿司「銀のさら」を展開する株式会社ライドオン・エクスプレスと資本提携を行い、自動走行ロボットによる寿司の宅配の実現を目指している。

■自動運転の課題

日本では、遠隔型自動運転システムの公道実証実験が行えるようになった^{*37}。しかし、運転席に免許を持った人が必要で事故が起きたら人の責任になるという発想の根底が変わらず、その前提だけでは自動運転は広まらないとZMPは指摘する。ZMPは、自動運転タクシーを開発する立場として、責任は人ではなくシステムが負う、という位置づけの自動運転車の認可を望む。ただし、民間企業だけが責任を負うのでは産業が育たないため、社会のインフラとして国の関与にも期待しているという。

※37 「遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る道路使用許可の申請に対する取扱いの基準」警察庁(2017年6月1日)

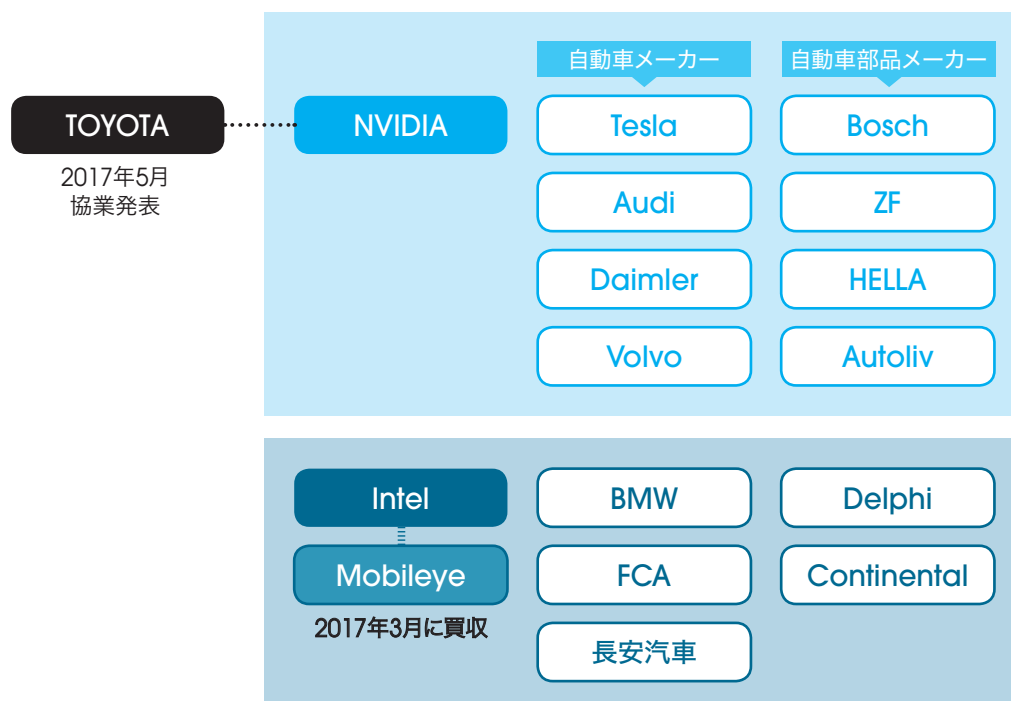
日本企業の競争力強化のためには、実証実験を行うだけでなく早期の実用化が必要である。世界的な競争において後れを取ると、海外企業の日本市場参入によってコア部分の市場を専有されるリスクも高まるだろう。社会実装のロードマップにおいては2020年が重要なポイントとなっている。政府も東京オリンピック・パラリンピックに向けて実現を進めるという姿勢が強い。期限を妥協せず、オリンピックの機運に乗り、スピード感を持って推進することが重要なテーマとなると考えている。

また、物流においては、ロボットが歩道を自動走行することを想定した法制度が存在しないことが課題であるという。荷量の増加や労働環境の悪化、人手不足など深刻な問題を抱える物流業において、ロボットを使った自動化による支援は社会的な意義もあると意気込む。

② 自動運転に関するAIチップの動向

自動運転分野では、車載用半導体メーカーへの注目度も高い。AIを活用する高度な自動運転技術の開発が進むにつれ、NVIDIA(米国)、Intel(米国)といったAIチップメーカーの存在感が急激に高まっている。大手GPUベンダーのNVIDIAは、自動車分野の取り組みを加速させ、Tesla(米国)、Volkswagen(ドイツ)、Daimler(ドイツ)、Volvo Cars(スウェーデン)に続き2017年5月にはトヨタとの提携も発表した。Intelは、自動車メーカーではBMW(ドイツ)、Fiat Chrysler Automobiles(オランダ)、長安汽車(中国)と組むほか、2017年3月に画像処理・検知技術などの自動運転技術を有するスタートアップ企業のMobileye(イスラエル)を買収した(図3-3-9)。

■ 図3-3-9 自動運転を巡る半導体業界の動き



出典:各種公開情報より作成

以下に、AIチップの先進メーカーであるNVIDIAに対するヒアリング結果を示す。

自動運転の実現を支えるSoC (System on Chip) のサプライヤー NVIDIA

■事業概要

NVIDIAは米国に本社を置く半導体メーカーである。AI、超並列コンピューティングに用いる高性能GPU (Graphics Processing Unit) や自動運転プラットフォームの開発で世界をリードする。

自動運転における画像認識技術については、早い時点で欧米先進自動車メーカーなどとGPUでAI画像認識ベンチマークを行った。これにより「全交通標識の認識において、たった4時間のAI学習で96%の認識率を達成」、「濃霧など悪天候下でも人間以上の精度で遠方の先行車両を認識」、「自動運転車が走行可能なフリースペースをリアルタイム認識(画素単位で車、人、交通標識等を識別するセグメンテーション)」などを確認することができた。またKITTI等の運転支援用公開ベンチマークでも優れた認識精度を短期間で達成した。これらにより各自動車メーカーはAI、特に「ディープラーニング」が自動運転に不可欠であるという確証を得た。

自動運転システムは「認知」、「判断」、「制御」の3要素で構成される。ここには先のベンチマークでも確認された画像認識など「認知」に不可欠な「ディープラーニング」、大量のデータをリアルタイムに高速実行する「超並列コンピューティング」、また高位判断、制御、機能安全など自動運転全体の処理を統括する「高性能CPU」の3つが必要になる。NVIDIAの自動運転用SoCはこの3つの必要要素を高いレベル(高性能、高機能、高信頼性)で実装している。「ディープラーニング」はGPUもしくはより電力効率の高いDLA (Deep Learning Accelerator) で実行される。「超並列コンピューティング」はGPUで実行される。実際最新のスーパーコンピューターの性能番付けTOP500(2018年6月)で1位、3位、5～7位はNVIDIA GPUを採用しており、そのアーキテクチャーはそのまま自動運転用SoCにも適用されている。いわば車載スーパーコンピューターともいえる性能、機能を有している。

NVIDIAはさらに自動運転開発の全工程(「データ収集」、「AI学習」、「検証」、「運用」)において「End to End」のサポートを実現している。

高精度AI画像認識のためには大量の学習データが必要である。「データ収集」工程では1台当たり毎時1TBのデータを収集する車載プラットフォーム、収集したデータを選別、ラベル付け、保存するサーバー環境等を構築している。

「AI学習」はGPUプロセッサの独壇場であり、GPUを8個内蔵したDGX-1コンピューターはCPUを140個使用したサーバーに相当する性能をもつ。学習環境をサポートするライブラリ群や、学習済のニューラルネットを最適化し最大効率の画像認識等を可能とするTensorRT環境も提供する。

「検証」はこれらの工程の中でも最も重要なものである。自動運転に要請されるISO26262機能安全を満たすためには、設計時に想定されたあらゆるシナリオに対し「検証」を実施する必要がある。データ収集車から集めたリアル・データのみではあらゆるシナリオがカバーしきれない。NVIDIAはGPUの3Dグラフィックス応用で培った技術を使用して精緻な仮想シーン画像を生成するDRIVE SIM技術を開発した。これを実際の自動運転ECUを内蔵するConstellationコンピューターに入力し、あらゆるシナリオを検証する環境を提供。Constellationを1万台使

用すれば1年で実車30億マイルの走行に相当する検証を実現できる。これは一般的に行われている年間数十台の試走車によるフィールドテストの約1,000倍の走行距離に当たる。

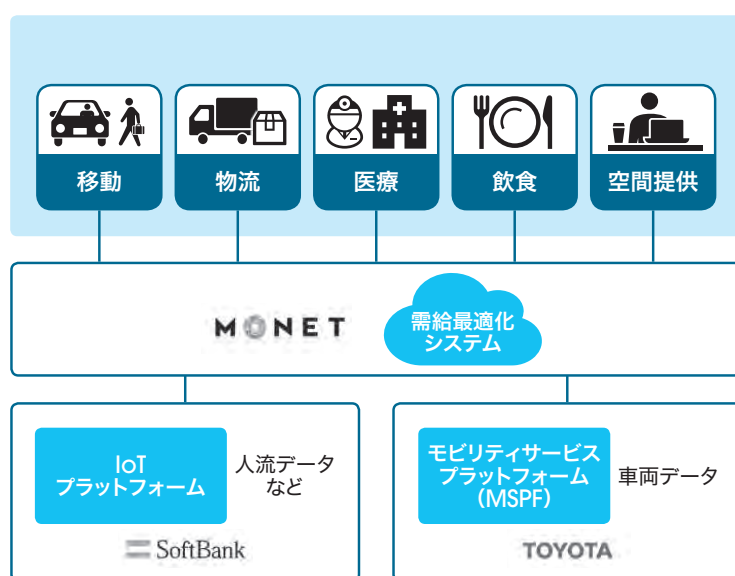
「運用」では数百万台に及ぶ量産車の走行データを収集し、ダイナミックに変化する交通環境や、未学習の環境をクラウドで追加学習する。学習済みの更新ニューラルネット・データは定期的にOTA (Over The Air) により各量産車にダウンロードされる。

③その他の動向

名古屋大学発ベンチャー企業のティアフォーは、オープンソースの自動運転ソフトウェア「Autoware」を開発している。「Autoware」は、名古屋大学、長崎大学、産業技術総合研究所による共同成果の一部として、自動運転の研究開発用途向けに無償で公開されている。また、ティアフォーは、米国のNVIDIAとの協業で完全自動運転の小型電気自動車を開発し、2018年春以降に愛知県内で実証実験を行う計画がある。この動きに対し、メーカー側がAIベンチャー企業との提携を進める動きもみられる。

トヨタ自動車とソフトバンクは2018年10月、新しいモビリティサービスの構築に向けて戦略的提携に合意し、共同出資会社 (MONET Technologies <モネ テクノロジーズ> 株式会社) を設立することを発表した (図3-3-10)。トヨタ自動車は、2016年より提唱しているモビリティサービスプラットフォーム (MSPF) の実現に向け、2017年8月にAI企業であるPKSHA Technology に対して10億円出資したほか、2015年に10億円を出資していたPreferred Networks に対して105億円を追加出資している。ソフトバンクとの提携もMSPFの一環であり、スマートフォンやセンサーデバイスなどからのデータを収集・分析して新しい価値を生み出すソフトバンクの「IoTプラットフォーム」を連携させ、未来のMaaS (Mobility as a Service) 事業を開始するとのことである。併せて、2020年代半ばまでに同社のモビリティサービス専用次世代電気自動車 (EV) 「e-Palette (イーパレット)」によるトヨタ独自のMaaS事業を展開するとのことである。

■ 図3-3-10 トヨタ自動車とソフトバンクの連携イメージ



出典:ソフトバンク プレスリリース^{※38}

※38 <https://www.softbank.jp/corp/group/sbm/news/press/2018/20181004_01/>

3.3.3 インフラにおける利用動向

(1) 分野動向

道路、鉄道、空港・港湾、治水、生活インフラなど社会基盤においては、その長寿命化や維持管理の効率化を目的として、異常検知や設備保守運用の高度化などにAIを適用する取組みがみられる。

(2) 活用状況

インフラにおけるAIの活用には、設備の故障・異常検知、保守運用高度化などがあり、その事例を表3-3-5に示す。

表3-3-5 インフラにおけるAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
異常検知	2017年6月 発表	産業技術総合研究所	産業技術総合研究所は、首都高技術、東日本高速道路、テクニート共同で、インフラ構造物の打音検査をAIでアシストし、異常度マップを自動生成する「AI打検システム」を開発した。機械学習を用いて異音を解析し、トンネルの壁面などを検査することが可能である。
	2017年9月 サービス開始	富士通、 川崎地質	道路の下の陥没を調査する川崎地質は、探査で生成される膨大なレーダー画像データの解析に富士通のAI技術「Zinraiディープラーニング」を活用。手作業の10分の1の時間で、100%に近い精度を保って異常反応を抽出できた。
	2018年2月に 実証実験開始	NTTドコモ 東武鉄道	携帯電話ネットワークを利用するドローンを活用して、鉄道インフラを予防点検する実証実験を開始。ドローンに搭載したカメラを使い、目視による点検が困難な橋梁上部や低水路内の橋脚を点検する。取得した点検画像の一部は、NTTドコモの画像認識技術によって自動解析を行い、実用性を検証している。
	2017年7月 提供開始	パナソニック、 パナソニック システムソリュー ションズ ジャパン	道路、橋梁、ダム、鉄道、エネルギーなどの各種インフラ設備に対して、ロボティクスと画像処理技術を活用したインフラ点検サービス「Smart Image Sensing」を提供する。パナソニックグループの強みであるロボットや4K画像など、撮像デバイスと最新の画像処理技術を活用する。今後、AIによる分析を通じて、異常検知や予兆監視のサービスを提供する方針としている。
保守運用 高度化	2018年6月 発表	国交省および 地方港湾局	2018年度から、港湾物流の最適化に向け、AI（人工知能）を活用したコンテナ蔵置計画の提案など、AIによるビッグデータの分析手法を構築するための実証を始める。最適な蔵置を行うことで、コンテナ船の大型化に伴って増えている荷役時間の削減、ターミナル周辺での渋滞緩和につなげる。
	2018年5月 発表	清水建設	名古屋工業大学と協同で、AIが試行錯誤しながら自己学習することで最適解を導く強化学習手法により、トンネル線形に応じたシールド機操作の計画値、セグメントの配置計画を導き出す、「シールド掘進計画支援システム」を開発。
	2018年10月 提供開始	日立製作所	上下水道設備などの水インフラにIoT（モノのインターネット）を導入し、効率化を促す技術の開発を行う。設備の状態や水質に関するビッグデータ（大量データ）を解析し、自動で設備を管理運営するシステムを実現する。

出典：各種公開情報より作成

3.3.4 農業における利用動向

(1) 分野動向

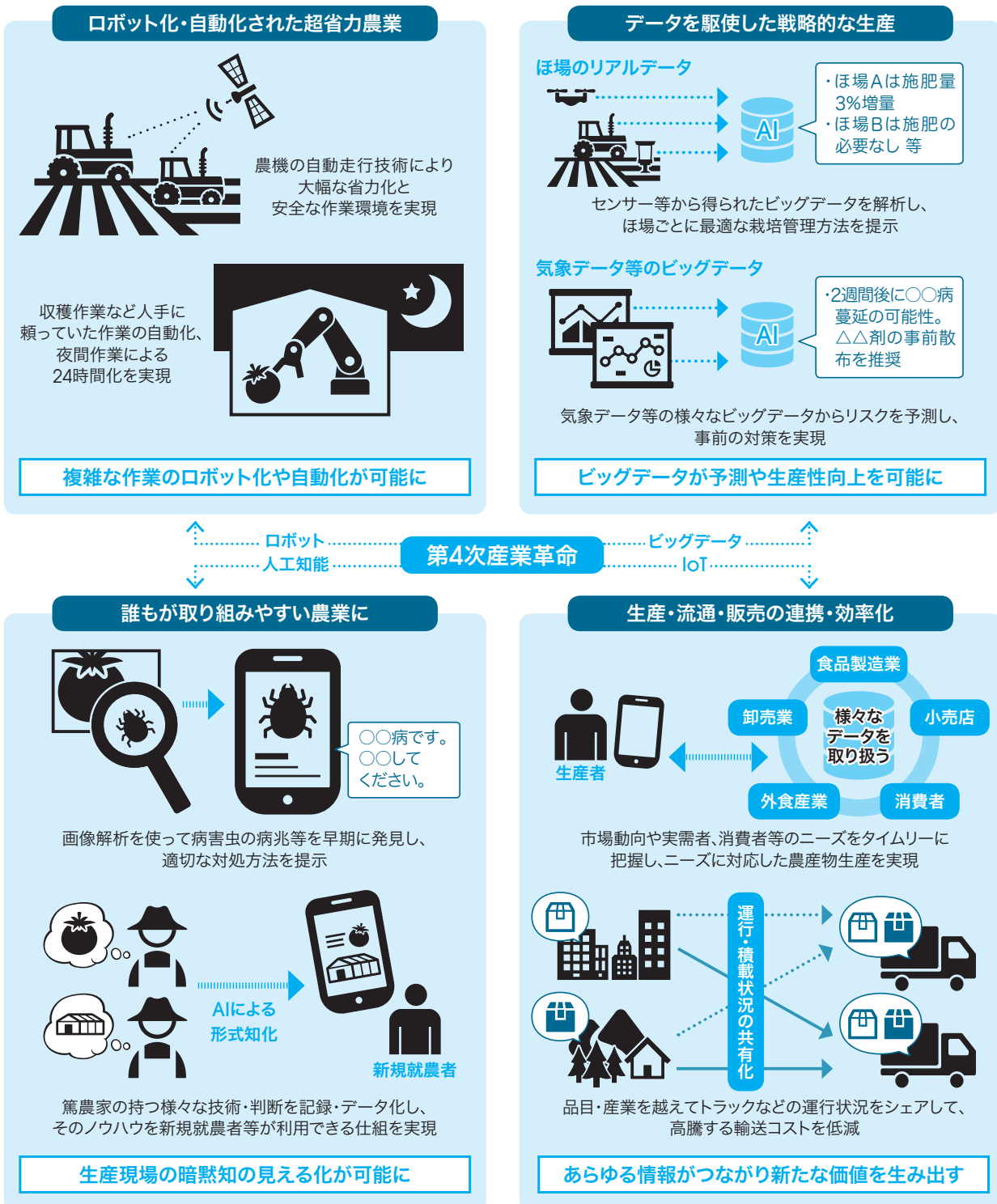
日本の食料自給率（カロリーベース）は38%（2016年度）^{※39}であり、総農家数は1990年の482万戸から2015年は216万戸に減少しており^{※40}、高齢化が進展するなど、労働力不足も深刻さを増している。こうした背景から、農業でのAI活用は、先端的技術の活用による省力化や高品質生産が求められる。

※39 農林水産省 2017年8月発表

※40 2015年農林業センサス 農林水産省

農業の分野は、個人の零細事業者が多く高齢化が進んでいるなどの理由から、一部の農業法人を除くと投資余力やIT活用意識が薄く、また利益面からも投資対効果が得にくい。そのため、政府の取り組みや補助が期待される。農林水産省は、ロボット技術やICTを活用したスマート農業を実現するため、2013年11月に「スマート農業の実現に向けた研究会」を立ち上げた。この研究会では、第4次産業革命における基盤技術であるAIやIoT、ビッグデータ、ロボットなどの技術を農業分野で活用し、生産性の飛躍的な向上、サプライチェーン全体の最適化等を可能にすることで、スマート農業を早期に実現し新たな価値を創出することが検討されている(図3-3-11)。

■図3-3-11 農業における人工知能やIoTの活用の可能性(イメージ)



出典:「人工知能やIoTによるスマート農業の加速化について(案)」農林水産省(2016年11月)

矢野経済研究所では、国内のスマート農業市場推移を予測している(図3-3-12)。スマート農業の国内市場は、2017年度ごろまでは農業クラウド・複合環境制御装置・畜産向け生産支援ソリューションなどの栽培支援ソリューションが牽引し、2018年度以降は、業務効率化を実現する販売支援ソリューションや経営支援ソリューション、農機の無人運転を実現するシステム(精密農業)などが成長する見込みである。2023年度の同市場規模は333億3,900万円まで拡大すると予測する。

「栽培支援ソリューション」、「販売支援ソリューション」、「経営支援ソリューション」、「精密農業」、「農業用ロボット」それぞれの区分においてIoTやAIといった先進技術の採用が見込まれ、スマート農業の実現を加速させると見込まれる。具体的には、センシング技術により気象、土壌、生育等のデータを取得してAIで解析することによりこれまで認識できなかった複雑な因果関係を解明し、最適な管理を行う精密農業や、画像認識により色づいた実など収穫すべきものを自動的に判別し収穫まで行う自律型農業ロボットなどが想定される。

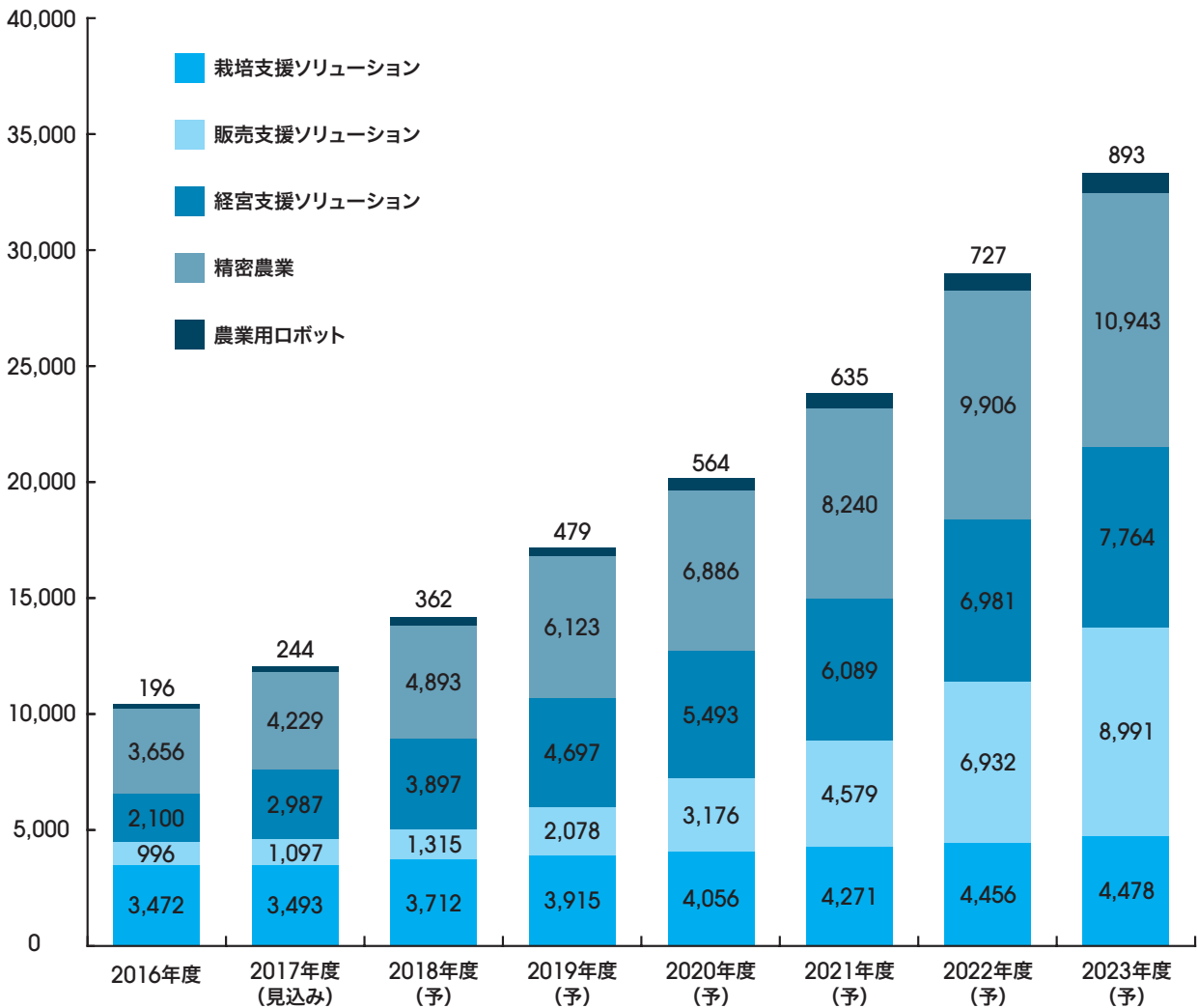
「未来投資戦略2018」においても、スマート農業に関する施策の中で、「熟練者の作業ノウハウのAIによる形式知化」、「遠隔監視による農機の無人走行システム実現」、「ドローンとセンシング技術やAIの組み合わせによる農薬散布、施肥等の最適化」、「自動走行農機等の導入・利用に対応した土地改良事業の推進」、等がAIの応用として期待されている。

このような取組みを進めるためには、AIベンダーやロボットメーカーがICT技術を提供し、農業法人や団体がまとまった投資やデータの蓄積を行い、農業資材メーカーなどが協力し、政府や自治体が補助金の付与や支援を行うなど、これまでの農業にはなかった異業種間の連携が必要となる。

2017年8月には、農家が生産性の向上や経営の改善にデータを活用するためのプラットフォームの構築を行う「農業データ連携基盤協議会」が設立され、同年12月には農業データ連携基盤のプロトタイプの利用が開始された。内閣府 SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)が推進し、NEC、富士通、NTT、ソフトバンク・テクノロジー、日本マイクロソフト、クボタ、ヤンマー、全国農業共同組合連合会、日本農業法人協会などが参画している。

■ 図3-3-12 スマート農業国内市場規模推移と予測

(百万円)



出典：「2017年版 スマート農業の現状と将来展望～省力化・高品質生産を実現する農業IoT・精密農業・農業ロボットの方向性～」矢野経済研究所(2017年9月)※41

(2) 活用状況

AI活用の方向性としては、温度、日照、降水などの各種センサーデータや作物の育成情報の画像データ、及びドローンで撮影した画像を分析し、病害予測、生育状況管理、収穫時期の予測、最適収量予測、計画営農などを実現するもの、また、ロボットを活用し、作物の自動選別、自動収穫を行うものなどがある。次表に示すように実証実験中や研究中のものが多い(表3-3-6)。

※41 事業者売上高ベースで、2017年度は見込値、2018年度以降は予測値。市場規模には農業向け POS システム、農機等のハードウェア、農業用ドローン等は含まれていない。

■表3-3-6 農業でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
病害予測	2017年8月 販売開始	ポッシュ	農業支援システム「Plantect」で、温度湿度、CO ₂ 、日射の各センサーからのデータからAIを用いてトマトの病害 予測分析を行う。
病害予測、 最適収量予測	2018年以降	オプティム	2017年10月から静岡県藤岡市で降水量、気温、日照などのセンサーデータ管理により圃場管理の最適化に取り組む実証実験を行う。詳細は本文を参照。
生育情報管理	2017年12月 設立	ソフトバンク オプティム	帯広で、ドローンで空撮による地域全体の生育分析、センサーで得る外気温や湿度、照度、土壌温度や土壌水分などの分析を行い、統合された作物の生育管理を行う。
計画営農	2018年中を目途	クボタ	データ活用による営農計画を支援する「KSAS」を提供。今後、気象情報とセンサーなどのデータから病害虫や水管理における問題予測、計画営農へのAI活用を検討している。
自動選別	2018年中を目途	竹内園芸	カメラを使い苗の選別を自動化する。従来は目視で行っていた成長具合や奇形の有無の判断をAIで行う。
自動収穫	2019年度の 商品化を目指す	パナソニック	トマトの収穫ロボット。AIにより茎の後ろの陰れた実も検出、画像認識による赤みの判別を行い、適収穫度の実を選択して刈り取る。自律走行などの機能を備える。

出典：各種公開情報より作成

表中のオプティムは、2017年12月に「スマート農業アライアンス」を設立した。農家に加え、企業、金融機関、自治体、大学など、スマート農業に関わる企業や団体の参加を募る。この取組みには、ドローンとAI活用による減農薬技術により育成した高付加価値作物のオプティムによる買取りを行う「スマートアグリフードプロジェクト」、スマートフォン、タブレット、スマートグラス、ドローン、フィールドセンサー、IoT農機具などを活用し、作業負担軽減や技術伝承の問題を解決する「スマートデバイスプロジェクト」がある。

3.3.5 健康・医療・介護における利用動向

(1) 分野動向

少子高齢化に伴い、各個人が、最適な健康管理・診療・介護を持続的にかつ効率よく受けられる環境の構築が求められており、その各段階において、AIの活用が期待されている。

例えば、病気を予測し、病気になるのを未然に防ぐ予防医療、医師個人の判断に加え、データ解析や蓄積された集合知にもとづく診断の実施、病気の細かいタイプや患者個人の体質などにより最適化した医療を行う個別化医療、治療法研究の加速による治療困難とされた病気の治療法発見、及び、健康寿命を延ばし、介護者の負担を軽減する介護サービス提供などである。

平成29年6月に発表された厚生労働省の「保健医療分野におけるAI活用推進懇談会」の報告書では、「AI(人工知能)の実用化が比較的早いと考えられる領域」として、ゲノム医療、画像診断支援、診断・治療支援、医薬品開発(創薬)、「AIの実用化に向けて段階的に取り組むべきと考えられる領域」として、介護・認知症、手術支援を挙げ、合計6領域でAI開発を進めるべき重点領域と位置付けている。

一方、健康・医療・介護のデータは多種・多様^{※42}であること、それらは、機微な個人情報であることから、その取扱いには十分な配慮を要する。そのため、データの利活用の基盤に関しては、国が管理するデータの公開や、「4.4.2 データ流通に関する制度改革」に示すように、次世代医療基盤法の施行など、個人情報の取り扱いに配慮しつつ、データの利活用を促進する仕組みが整備され始めた。

また、AIを活用した医療機器の市販化については、企業及び審査側も慎重な姿勢であるが、海外でAIを活用した医療機器の認可が始められている状況も鑑み、継続して検討が進められている。平成30年3月には、独立行政法人医薬品医療機器総合機構によって、AIを活用した医療機器の有効性や安全性の評価指標、審査の科学的側面などが報告書にまとめられた^{※43}。

医療分野での研究事例としてはまず、画像認識技術による画像診断支援がある。例えばディープラーニングを使った画像認識により、画像中に病変があるかないか、その病変（腫瘍）が悪性か良性か、などを、高い精度で判別できる。これにより、医師の負担を軽減し、見落としや誤診を防止し、広く高精度の診断・医療を提供できる効果が期待される。

また診療の支援としては、医療データ、医療文献や研究論文などの大量のデータを解析することで、病名の特定、最適な治療方法の提案に加え、予防医療などに役立てられるとして研究が進められている。

さらに医薬品開発（創薬）については、ディープラーニングなどの技術を使って、創薬の基本となる標的となるタンパク質の探索などのシミュレーションを行う手法が研究されており、研究期間の短縮や成功率の向上が期待されている。2016年11月には、企業、大学・研究機関によって、ライフインテリジェンスコンソーシアム（Life Intelligence Consortium；LINC）が設立された。2018年9月時点で、23大学・研究機関、86社・団体、3オブザーバー団体が参画している。ここでは、製薬のみならず、化学、食品、医療、ヘルスケア関連のライフサイエンス分野を広く扱う。

加えて、医療機器の性能維持・向上のため、その使用状況をAIで分析し遠隔で故障を予知し、医療現場での機器の稼働停止を未然に防ぐ遠隔機器監視、最適な画像を提供するための機器への条件設定などにも応用され始めている。

また、健康介護分野での事例としては、個人の行動様式や疾病パターンにもとづく将来の健康状態の予測や個人の特性に合わせた介護（行動パターンの予測などによる転倒防止なども含む）などがある。

(2) 活用状況

医療分野でAIを活用する事例として、「3.2.1.(1)②医用画像の認識と診断への応用」で紹介したディープラーニングによる診断支援に加え、表3-3-7を紹介する。また、健康・介護分野でAIを活用する事例として、表3-3-8を紹介する。

※42 健康時の健診（検診）データ、個人の診療履歴（血液、X線画像などの検査結果、処方箋を含む）、介護記録、調剤記録等が病院、介護施設等に保存されている。また、研究機関には、薬の効用や副作用についての研究開発データ、論文や実験データ、遺伝子（ゲノム）情報、国には、レセプトや特定健診及び介護のデータベース等がある。加えて、個人の体温・血圧などのバイタルデータや過去の病歴などを蓄積し、個人の健康管理に使用するPHR（Personal health Record）等もある

※43 平成29年度次世代医療機器・再生医療等製品評価指標作成事業人工知能分野審査WG 報告書<http://dmd.nihs.go.jp/jisedai/Imaging_AI_for_public/H29_AI_report_v2.pdf>

■表3-3-7 医療でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
画像による 診断支援	2018年中に 薬事申請の予定	日立製作所	コンピューター断層撮影装置 (CT) などの画像を集め、AIで脳や肺などの診断を支援する。
	2017年11月発表 (研究開発中)	エルピクセル	医療画像診断支援技術「EIRL (エイル)」を発表。脳MRI、胸部X線、乳腺MRI、大腸内視鏡、病理などの医療画像診断支援技術の研究開発を進めている。
	2017年9月設立	AIメディカル サービス	内視鏡画像に特化し、消化器に対するがん関連病変の内視鏡検査において、医師の診断を支援するシステムの実現を目指す。
	2019年 完成の計画	エーザイ	東京大学、UEIとの共同研究による臨床検査システムを開発。がん組織を透明にし、組織の構造が分かる3次元の画像を作りAIでがんの有無を見分ける。医師の調べる手間を省き、医療現場の生産性向上を支援する。
画像による 診断支援 及び診療支援	2017年に 実証実験実施	エクスメディオ	患部画像を送付すると画像認識により臨床アドバイスを送る自動診断サービスや、医師から提示された文章から適切な論文を推定する関連論文検索AIなどの開発を行い、医療者向けサービス「ヒポクラ」の中で実用化。2017年11月に、実証実験を行う梶原町と、プロジェクトを支援するみずほ銀行と協定を締結したことを発表した。
診療支援	2017年1月から 共同研究開始	FRONTEO ヘルスケア	がん研究会、がん研究所と共同研究開始を発表。AIが患者の症状・特性に合わせた治療法に関わる論文を探索し、医師の判断を支援するシステムを目指す。2018年8月にAIのアプリケーション「Concept Encoder Articles」の本格提供を開始した。
診療支援、 及び創薬など	2018年1月より 約2年間	富士通	医療分野でAIを活用するための共同研究講座「医療情報AIシステム学講座」を京都大学に設置する。京都大学医学部附属病院の電子カルテに蓄積された患者データなどの各種医療情報と、富士通の「Zinrai」を使い、新たな診療支援や創薬の実現など、高度医療化に向けた研究開発を進める。
創薬	2018年1月から 開始	DeNA、 塩野義製薬、 旭化成ファーマ	3社の共同研究を実施。旭化成ファーマと塩野義製薬が所有する化合物情報を用いて、AI創薬の実現可能性を技術的に検証する共同研究を開始する。化合物最適化段階の大幅なコスト及び時間低減につながる技術を開発し、検証することを目的とする。
在宅療養	2019年度までに システム開発、 20年度以降の 導入を目指す	福井大学	AIで在宅療養患者への支援を効率化する。看護師や医師とのチャットの分析から治療情報などの把握、センサーデータから患者の運動量や睡眠量を把握し筋肉の量と質の低下具合などを推測する。さらに、これらの情報を集積し、訪問看護師の質問にシステムが答える機能の構築を目指す。
生活習慣病 予防	2019年度中の 試作完成を 目指す	広島大学	診療報酬明細書 (レセプト) や健康診断などのデータをAIで学習し、糖尿病や心筋梗塞、脳卒中などの重症化リスクを個別に予測し、保健指導に活かす。
画像解析による 医療研究支援	2017年9月 発売開始	シンフォニア テクノロジー	2015年に近畿大学、三重大学との共同研究で、iPS細胞増殖時に発生する不要細胞を画像解析により検出する技術を開発した。2017年に不要細胞を自動でレーザーによって除去する装置を発売開始した。
医療機器の 遠隔監視	2019年中に 実用化の予定	富士フイルム	内視鏡や超音波診断装置などの使用状況をAIで分析し遠隔で故障を予知する。医療現場での稼働停止を未然に防ぐ。

出典：各種公開情報より作成

■表3-3-8 健康、介護でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
健康	2018年1月発表	FiNC	ヘルスケア分野で、個人の生活習慣やライフスタイルの違いに合わせたパーソナライズド健康アドバイスを提供するためのAI技術で特許を取得。
	2018年以降	フィリップス・ジャパン	ソフトバンクとの協業によりヘルスケア分野でのAI活用の共同開発を行う。フィリップスグループが運営するIoTプラットフォーム「HSDP(Health-Suite Digital Platform)」向けのアプリケーション開発も視野に入れる。
介護	2017年11月発表	ニチイ学館、NEC	AIによる個々の高齢者に合ったケアプランの提案を行う。ケアマネジャーが人手で作成する負担を軽減するとともに、AIが効率的な運動機能改善など、より効果の高いケアプランを抽出する効果が期待される。2社で技術実証を進める。
	2017年4月設立	エイアイビューライフ	看護・介護現場を見える化する介護ロボット「A. I. Viewlife」を提供。広角赤外線センサーを搭載しており、居室の全エリアを対象に危険予兆動作と危険動作を検知できる。さらに、一定期間の生活動作データを蓄積し、学習検知型アルゴリズムを用いることで、徘徊・排泄などを予測し、通知する。
	2018年4月発表	芙蓉開発	AI介護ソフト「安診ネット カイゴ」を発売。高齢者の体温・脈拍・血圧をはじめとするバイタルサインデータをAIが解析し、個人の特性を加味して異常値を検知するなどのサービスである。個人別の基準域から外れた異常値を検知することで、疾病の早期発見に役立っている。
	2017年11月提供開始	ワイズマン	高齢者のおむつ利用を最適化するための「おむつ最適化支援AI」を提供。利用者に合わせておむつの組み合わせと交換回数についてAIがプランを策定する。適切な吸収量・サイズのおむつを使用することで交換回数を減らすことができる。

出典：各種公開情報より作成

3.3.6 防犯・防災における利用動向

(1) 分野動向

防犯分野におけるAIの活用は、監視カメラ等の映像をもとにしたリアルタイムでの不審者の特定・追跡や防犯ロボット（ドローン）が中心であり、施設から街・都市全体への防犯へと広がることが期待されている。2020年の東京オリンピック・パラリンピック開催に向けたセキュリティ対策の一環としてAIの活用が検討されており、東京オリンピック・パラリンピックをモデルとして全国規模に展開される可能性もある。

防災という観点では、集中豪雨による河川の氾濫や都市の浸水、崖崩れ、大雪、台風などにより毎年引き起こされている甚大な被害の予測と対策が期待されている。河川の水位の監視は従来、水位計を使って行われており、重要な河川では画像監視も利用される。また、道路わきの法面の監視は、人による見回りで行っているケースも多いが、最近は高速道路などでセンサーを使い、先行して斜面の変動や移動を感知するIoTの仕組みも導入されている。今後はAIにより、より精度の高い予測や新たな対策の開発が期待される。その中には、SNS等の情報を分析することによる災害予測、機械翻訳を用いた外国人への災害情報提供なども含まれる。

(2) 活用状況

防犯・防災分野でAIを活用する事例には表3-3-9がある。

■表3-3-9 防犯・防災分野でのAI活用事例

利用分野	時期	団体・企業名	概要
防犯	2018年1月 報道	神奈川県警	AIを使った取締りのシステム導入を検討していると報道された。ディープラーニングを使い、犯罪学や統計学の数式を学習したうえで、過去の事件事故の発生場所や時間、気象条件、地形、SNSのデータなど、様々なデータを分析する。連続発生した事件の容疑者が同一かどうかの分析、容疑者の次の行動の予測、事件事故が起きやすい時間帯と場所を確率で示すなどの機能を持つシステムが想定されている。2020年の東京オリンピック・パラリンピックまでの試験運用を目指す。
	2017年12月から 有識者研究会を発足	警視庁	AIでの分析と予測による犯罪被害防止のためのシステム導入の検討を進めている。
	2016年10月 サービス開始	NEC	防犯カメラなどの映像から特定の時間・場所に出現する人物や、特定の動作をしている人物を高速・高精度に検索するAIシステム「Neo-Face Image data mining」を提供する。さらに、2018年6月には大量の映像から人物の出現パターン（時間・場所など）を数値化し、不審者を高精度で自動分類できる技術を開発した。
	2016年10月 販売開始	富士通	AI技術「Zinrai」を活用した都市監視システム「Citywide Surveillance」を提供する。監視カメラ映像から都市の全体的な車や人の動きを把握し、防犯に役立てることができる。また、事前に登録された人物の顔の検知などにも対応する。2017年9月には、NTTドコモや富士通研究所と、本ソリューションをMobile Edge Computingシステムで使用する実証実験を行った。
防災	2018年2月に 会議を開催	気象庁	2030年を見据えた方向性について会議を開催。2030年の防災のイメージとして、台風や大雨、火山噴火の兆候といった予測データを避難所や避難ルートといったビッグデータと組み合わせ避難活動に活かし、AI翻訳を活用した外国人向けアプリの利用、地方自治体や防災関係機関への早期の正確な情報提供による体制確保や避難指示などを想定する。さらに、AIやIoTを活用した豪雨や火山噴火の兆しなどの検出や速報技術の向上を目指す。
	2017年12月に 実証実験	東京都港区	機械翻訳を利用した多言語による自動問合せシステムの実証実験を行った。港区に勤務する、または居住する外国人に市民サービスの問合せ対応を行うものだが、緊急・防災に際しての利用意欲が高かったことが報告された。
	2017年10月 設立	慶應義塾大学(山口真吾研究室)、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)、防災科学技術研究所(NIED)、ヤフー、LINE	「電腦防災コンソーシアム」を設立。コンソーシアムが描くAIを使った防災のイメージは、「AIを用いた災害時の被害状況の早期把握・自動分析システム」、「AIを用いた被災者・避難所の困窮状況の情報集約・分析システム」、「AIを用いた首都直下地震時の帰宅困難者の自動把握・分析システム」、「AIを用いた現場報告やククロロジーの自動整理・分析システム」となっている。政府・地方自治体などと連携することによって、防災力強化を実現する政策提言を目指す。

出典：各種公開情報より作成

3.3.7 エネルギー分野における利用動向

(1) 分野動向

2016年の電力小売自由化によりエネルギー業への参入企業は増加し、太陽光発電など過去とは異なる電力供給源の開発も進められている。需要量の高精度な予測にもとづく効率的な電力供給は、事業者の利益獲得のポイントとなるため、AIやIoTの利用は拡大すると考えられる。計測機器や計測システムの高機能化、スマートメーターの普及等により、電力の発電や送電、使用に関わる様々なデータを取得・蓄積できるようになっていることはAIの利活用にとって追い風となる。また、発電所などにおいて、収集したデータをAIに学習させることで、運転を最適化する取組みも行われている。発電所・送電網などの電力インフラの健全性の維持のため、異常検知や点検作業をAIで効率化あるいは代替する取組み等も行われている。

(2) 活用状況

エネルギー分野でAIを活用する事例には表3-3-10がある。

■表3-3-10 エネルギー分野でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
電力需要予測	2017年8月 提供開始	NEC	過去の電力消費量、天候、カレンダー情報などから先々の電力需要量を30分単位で高精度に予測する。独自のAI技術「異種混合学習技術」を活用する。2017年8月から電力事業者の運用の効率性を高める「設備管理高度化ソリューション」の提供を開始している。
	2017年11月に 発表	東芝	電力供給エリア内の多地点における気象予測値を作成し、気象情報と電力需要実績値の関係を効率良く機械学習させるスパースモデリング技術を開発した。さらに、ディープラーニングを用いた需要予測を実施し、これらの予測結果値を、AIを利用して最適に組み合わせることで、高精度な需要予測を実現した。東芝は、東京電力ホールディングス主催の「第1回電力需要予測コンテスト」において、2017年10月に最優秀賞を受賞している。
	2018年5月に 発表	日立製作所 丸紅	丸紅は、日本国内で展開する電力小売事業においてAIを活用した高度な市場分析モデルを導入している。日立製作所のIoTプラットフォーム「Lumada」を活用し、国内電力小売事業の市場分析手法を高度化する独自モデルを構築した。丸紅の実績・ノウハウにもとづくアルゴリズムを活用したデータ解析手法と、日立製作所が小売・流通分野などの需要予測向けに開発した機械学習エンジンが用いられている。
運用効率化	2018年2月 サービス開始	東京電力フュエル & パワー	東京電力ホールディングスと協力し、IoTを活用した火力発電所運用支援サービスを提供。さらに、2018年5月には、日本タタ・コンサルタンシー・サービスと、AIによる火力発電所運営の最適化モデルの開発・導入に向けた基本合意書を締結した。発電所運営の効率化・最適化によって、環境負荷低減や化石燃料の使用量削減に取り組む。
設備保守運用 効率化	2017年11月 開発開始	東京電力 パワーグリッド	架空送電線の健全性確認にあたり、ヘリコプターで撮影したVTRによる点検作業をAIが行うことで、異常検知の高度化と、点検作業時間の50%以上の短縮を行う。AIを活用した設備保全効率化サービスの展開を目指す。
	2018年3月 発表	関西電力	同社の発電所の運用・遠隔監視サービスにおいて、遠隔監視では不具合対応が後手になるという課題に対して、機械学習・ディープラーニングなどのAIを活用した「早期異常検知システム」を開発、不具合については後手どころか先手を打てるようになった。

出典：各種公開情報より作成

3.3.8 教育における利用動向

(1) 分野動向

教育分野におけるIT活用が進む中、個人の学習傾向に合わせてプログラムを提供する適応学習(アダプティブ・ラーニング)、解答の採点、学生からの質問の対応などに、AIを応用する取組みがみられる。

政府は、「Society 5.0時代に向けて、AI、IoT等の革新的技術をはじめとするICT等も活用しながら、持続可能な社会の創り手を確実に育成していく」という方針を掲げている^{※44}。文部科学省、経済産業省、総務省の未来投資会議構造改革徹底推進会合「企業関連制度・産業構造改革・イノベーション」会合(雇用・人材)(2018年2月)で討議が行われた「学校教育におけるICT、データの活用」では、「AI、IoT等の革新的技術を初めとするICTの学校現場での活用」というテーマのもと、「個に応じた指導(アダプティブ・ラーニング)を徹底する」という施策を掲げている。また2020年に改訂予定の「学習指導要綱」においても、「主体的・対話的で深い学び(アクティブ・ラーニングの視点からの授業改善)」が基本方針になっており、新しい教育を実現する手段としてICT/ITやAIの活用が、EdTech(Education×Technology)として着目されている^{※45}。

(2) 活用状況

教育分野でAIを活用する事例には表3-3-11がある。

表3-3-11 教育分野でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
適応学習	2016年3月 サービス開始	サイトビジット	司法試験や行政書士講座などの受講者を対象に、AIを活用して、受講者に応じたオンライン学習サービスを提供する。オンライン上に蓄積されている学習履歴を機械学習を使って分析することで、理解度などを把握したうえで個人に合わせた問題を提示する。2017年4月にSACTと提携し、人材事業を強化した。
採点	2018年1月 販売開始	EduLab	記述式解答の採点を効率化する試みとして、手書きの解答の文字を正しく認識し、テキストデータ化する技術を開発している。手書き文字をディープラーニングによって認識することで、認識率98.66%を実現し、その結果、手入力した場合と比較して平均83%の作業時間を削減している。
	2017年9月 リリース	サインウェーブ	AIが自動で採点を行う「英語手書き認識採点システムSiF」を提供する。英語の手書き答案をスマートフォンやタブレットで撮影またはプリンターなどでスキャンして送付すると、画像認識技術を活用し単語や構文、表現方法なども考慮して採点を行う。さらに、英会話の解答を採点するAIを搭載した学習システム「ELST(English Listening & Speaking Testing)」も提供する。
対話型 トレーニング	2017年10月 提供開始	デジタル・ナレッジ	対話的なeラーニングで、英語4技能「読む・聞く・話す・書く」を強化。音声合成機能で設問を読み上げて出題、生徒の回答(スピーキング・ライティング)を「意味・文法」の2つの評価軸で採点し、AIが次のトレーニングを促す機能を提供する。
次世代型 個別学習塾 システム	2017年3月 発表	学研	先進の人工知能(AI)による理解度分析と、モチベーションを高める役割を担う学習メンター、そして、勉強する楽しさに目覚める最適化教材の組み合わせにより、子供が自分から学ぼうとする姿勢をひきだして『優れた学習者』の育成を行うことができる、学習塾システムを開発。

出典：各種公開情報より作成

※44 未来投資会議 構造改革徹底推進会合「企業関連制度・産業構造改革・イノベーション」会合(雇用・人材)「学校教育におけるICT、データの活用」(2018年2月)文部科学省、経済産業省、総務省

※45 教育分野では「ディープラーニング」は「深い学び」を指す。「深層学習」ではないことに注意。

3.3.9 金融業における利用動向

(1) 分野動向

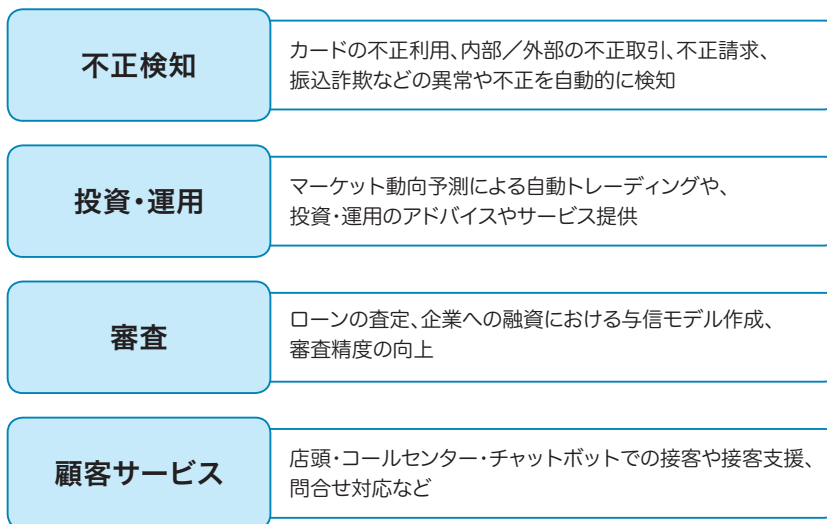
金融分野におけるAIの活用は、アルゴリズムによる株式取引から資産運用、個人向けの金融サービス、保険サービスまで多岐にわたっている。

金融業でのAI活用を概観するうえで欠かせないのが、Fintechの動向である。Fintechは、IT技術を使った革新的な金融商品・サービス創出の潮流を意味し、AIはFintechの中核技術の一つとなる。Fintechは、現在メガバンクが牽引役となっているが、2016年以降は地方創生の推進なども要因として重なり、多くの地方銀行がFintechの取り組みを本格化している。

(2) 活用状況

金融業におけるAIの活用領域としては、不正検知、投資・運用、融資などの審査、接客やコールセンターなどの顧客サービスが挙げられる(図3-3-13、表3-3-12)。

■ 図3-3-13 金融業のAI活用場面



出典:各種公開情報より作成

(a) 不正検知

膨大な取引データの中から、不正取引、不正送金、詐欺、保険金不正請求、クレジットカードの不正利用など不正な金融取引を自動検知する技術である。AIによるカードの不正利用のリアルタイム検知などの技術はすでに実用化されているが、従来は人が不正を判定するルールを設定していた。ディープラーニングを活用することにより不正検知のアルゴリズムの精度がさらに高まったという実証実験結果が報告されている。

(b) 投資・運用

すでに世界中の多くの金融機関が取引にAIを活用している。コンピューターが株式の売買を行うアルゴリズム取引は、AIが投資手法を学習し精度の改善を行うなど技術的にも高度化している。米国の投資銀行であるGoldman Sachsのニューヨーク本社では、取引のプログラム化を進め2000年には600人いたトレーダーが2017年には2人になったと報道されている。日本の証券会社のトレーディングシステムも自動化が行われている。

個人向けの投資・運用サービスのロボアドバイザーについては、サービス提供企業が急増している。現時点では簡単な質問から投資リスクに対するスタンスなどベーシックな情報を得て、金融商品の性質にもとづいて答えを返すものが多く、複雑な技術は使っていないケースが多いとみられる。今後はAI技術の活用による高度化が図られる可能性もある。

(c) 審査

ローン審査、融資審査などは、企業の業績データや取引履歴、個人であれば資産や収入などの情報から、過去の事例を参照してリスクが少なく最適な金額や条件を決めるもので、AIによる分析に適した分野である。経済指標やGIS(地理情報システム)データといった外部ビッグデータを多角的に活用することでより信頼性の高い審査を行う動きも起きている。ベテランの知見で行っていた業務の支援と精度向上に加え、信用情報が乏しい若者や個人事業主向けの信用審査などのサービス拡大にもつながる。

AIによる新しい融資サービスの一つにはトランザクションレンディングがある。ネットショップの売上データ、決済データ等、ネット上のビッグデータをもとにAIがリスクを判定し、融資の審査を行うサービスである。海外で実用化が進んでいるサービスであるが、日本でも2017年から実用化が始まっている。

(d) 顧客サービス

顧客サービスへのAI応用は、2014~2015年ごろに都銀など大手金融機関がコールセンター業務支援のため、相次いでIBM Watsonを導入したことで注目された。昨今はコールセンターでの活用以外にも、人手不足への対応として地方の店舗で人の代わりにAIが対応したり、問合せ対応に自動応答のチャットボットを活用したりする事例がある。

AI活用に関しては、課題も指摘されている。数分間のうちにダウ平均が1,000ドル近くも暴落する現象「フラッシュ・クラッシュ」は、コンピューターが相場の一定の局面で一斉反応する結果起きており、AIによるトレーディングによって金融ショックを増幅させるリスクが生じている。また、近年大手金融機関の大規模な人員削減が進められている。これは、マイナス金利による収益低下、店舗利用者や窓口利用者の減少、Fintechによる異業種参入などにより、コスト削減が大きなテーマとなっているためである。業務の自動化、省力化を進めるうえでAIの活用は有効であるが、雇用の縮小につながる影響は懸念されるところである。

表3-3-12 金融業におけるAIの活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
不正検知	2017年9月	三井住友 フィナンシャル グループ	アンチマネーロンダリング業務において、疑わしい取引の中から当局への報告対象となるものを選別する業務にAIを活用する取り組みに着手すると発表。開発パートナーはSASジャパンである。
	—	JCB	クレジットカードの不正検知にAIを活用。盗難やカード偽造のような犯罪に対しては不正検知用のシステムを利用、加盟店による過剰支払いの不正に関してはテンソル・コンサルティングのAIエンジンを使い、不良加盟店を見つけるモデルを開発した。2017年12月からNTTデータと共同してAIを活用した加盟店管理システムの構築に着手している。
投資・運用	2016年12月 導入	三菱UFJ 国際投信	機関投資家向けにAIによる銘柄選択や市場予測をもとに投資判断を行う投資信託の運用を開始した。ディープラーニングを用いて株式市場の値動きを予測する。2018年8月には、AIが選定した銘柄のみで構成される新しいインデックスファンド・シリーズ「eMAXIS Neo(イーマクス・ネオ)」を設定した。
	2017年9月 サービス開始	みずほ証券	日本を含むアジアの一部の機関投資家向けにAIによる個別企業の株価予測システムを提供する。
審査	2018年1月 導入	リコーリース	少額のリース案件を、機械学習を使ったAI審査に切り替える。顧客の支払履歴、取引情報などのデータからリスクを評価する。
	2017年12月 導入開始検討	住信 SBI ネット銀行	住宅ローンなどの個人向けローンや中小企業向けローンを対象としたAI審査サービス導入の検討を行うと発表した。2018年度中の実用化を目指す。開発パートナーは日立製作所である。
	2016年10月 サービス開始	ジャパンネット銀行	クラウド会計サービスのfreeeと提携し、会計データを活用して融資を行うサービスを開始。審査にはAIが活用され、業績をリアルタイムで分析し、無担保や無保証での即日融資が可能になる。2017年10月に、freee上で振込依頼を行う機能の提供を始めた。
	2017年9月 サービス開始	みずほ銀行 (Jスコア)	みずほ銀行とソフトバンクは2016年11月に個人向け融資サービスを行う合弁会社Jスコアを設立した。Jスコアは、銀行口座の入出金情報や携帯電話の支払い情報など、約150の質問項目を入力すると、AIが信用力を点数化(スコアリング)し、融資の金利を設定するサービスを2017年9月から提供している。2018年6月には、Jスコアはヤフーが運営する「Yahoo!ショッピング」及び「ヤフオク!」との情報連携を開始した。
顧客 サービス	2017年2月 導入	三井住友銀行	IBM Watsonをコールセンター全席に導入したと発表。2014年に導入に着手し、オペレーターの質問への回答業務をサポートする。また、2018年5月に行内での照会応答業務の迅速化・効率化を目的に、日本マイクロソフトと共同開発した対話型AI自動応答システムの活用の加速と、ITベンダーへの提供を発表している。
	2017年6月 導入	大和ネクスト銀行	銀行代理店や社内からの商品・サービスに関する問合せにチャットボットが答える仕組みを導入したと発表。開発パートナーは大和総研、ユーザーローカルである。
	2017年8月 導入	楽天カード	ホームページ上のFAQで一般ユーザー向けにチャットボットの活用を開始。会話エンジンはアイフォーカス・ネットワークのシステムを採用した。
	2018年11月 サービス開始	ジャパンネット銀行	LINEのカスタマーサポートサービス「LINE カスタマーコネク」を用い、AIを活用した対話型チャットボットによる問合せ対応を開始した。

出典:各種公開情報より作成

なお、銀行や証券会社、生保・損保業界では、「InsurTech (Insurance × Tech)」という新たな動きがある。大手各社が専門部署を設置、新商品の開発やハッカソンの開催など、Fintechが普及し始めた時と類似した動きが起きている。InsurTechにおいてデータやAI活用の取組みが進んでいるのは損害保険である。保険商品の提案や損害や事故における保険金算出において、自動車の走行データや調査情報など保険対象にまつわるデータの蓄積があるため、AIによる分析を適用しやすい。他方、生命保険の場合は対象となるデータがバイタルデータ、検診結果などの健康状態、出産等のイベントとなるが、これらのデータは蓄積が乏しく、データとしてまとまった形で生保会社が利用できるようになっていないものが多い。

損保業界でのAI活用の取組みの一つを挙げると、2017年11月よりあいおいニッセイ同和損害保険は、大日本印刷、インテリジェント ウェイブとの協業により、損害保険の損害認定業務にAIを活用する共同研究を開始している。契約情報、事故情報、調査情報など複合的なデータ、媒体も紙・イメージ・写真などを活用し、AI適用の有用性を検証する。

生保業界のAI活用としては、富国生命保険がIBM Watsonを使って保険の給付金等の支払い業務の査定を一部自動化した結果、査定に必要な人員を3割削減した事例がある。診断書などのテキストデータから、傷病名、手術名、入院退院日などのキーワードを抽出し、傷病名や手術名による分類や記入漏れのチェックなどを自動化している。

3.3.10 物流における利用動向

(1) 分野動向

物流業では、EC (Electronic Commerce ; 電子商取引) の利用拡大などを背景に荷物量が増加し^{*46}、到着日時指定など荷主のニーズが多様化する一方で、労働人口の減少によりドライバーや倉庫作業者は不足している。大手物流各社が宅配便の配送料引き上げを行うなど、業界の課題は顕在化している。物流業の業務効率化や自動化を目的に、自動走行技術を用いた自動輸送・配送や、AIを用いた倉庫作業の改善などが進められている。

経済産業省は、政府における物流施策や物流行政の指針を示した「総合物流施策大綱 (2017年度～2020年度)」にもとづき、今後推進すべき具体的な物流施策をとりまとめた「総合物流施策推進プログラム」を2018年1月に発表した。ここで示された推進すべき具体的な施策の一つに「新技術 (IoT、BD (ビッグデータ)、AI等) の活用による“物流革命” (=革命的に変化する)」が挙げられている^{*47}。「近年の物流分野においては、積極的な設備投資により資本装備率^{*48}が上昇傾向にあるが、IoT、BD、AI等の新技術の活用は、物流生産性の向上を図るうえで有効な手段であることから、これら新技術の積極活用により“物流革命”を目指す必要がある。このため、RFID等の早期普及、隊列走行・自動走行、ドローン、自動運航船等の物流分野における早期社会実装を目指す」と方針が示されている。

(2) 活用状況

① 調達物流

調達物流の分野においては、長距離輸送における、ドライバー不足の解消、物流コストの上昇対策、安全性向上、環境負荷低減などを目的として、2台目以降を無人化する隊列走行に期待が集まっている

※46 国土交通省「平成28年度 宅配便等取り扱い個数の調査」

※47 経済産業省「総合物流施策推進プログラム」(2018年1月)

※48 総資本(機械装置等)を労働力で除した指標

る。また、海上を利用した輸送にAIを活用することで、航行を高度化・自動化する取組みも検討されている。調達物流にAIを適用する事例には表3-3-13がある。

■表3-3-13 調達物流でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
調達物流	2022年のシステム搭載が目標	商船三井	2022年をめどに衝突を自動回避するシステムを船舶に搭載する目標を掲げる。AIが衝突の危険性のある他船や障害物を画像で診断し、減速や方向転換する技術を実用化する。さらに、RollsRoyce社と共同研究を行い、RollsRoyceが提供するアドバンス型障害物認識システムを、瀬戸内海で運航するフェリーに試験搭載し、様々な海域データを収集・分析する。
	—	ヤマト運輸	ヤマト運輸は、高速道路においてトラックの2台目以降を無人化する隊列走行の開発を進めている。また、国土交通省と経済産業省が2018年1月に行った、後続車両有人によるトラック隊列走行の実証実験に参加した。
	2022年の商業走行開始が目標	豊田通商	経済産業省から受託を受け、トラックの隊列走行に関する研究開発などに取り組む。2018年6月にテストコースで後続車無人隊列システムによるトラック3台での実証実験を行った。2019年1月には公道での走行実験を行う予定。

出典：各種公開情報より作成

② 拠点内物流

拠点内物流においては、AIやロボットを活用した物流業務の自動化が進みつつある。ピッキングなどの作業において、必要な部品や商品がある棚をロボットが作業者の前に運ぶことで作業者が移動する手間を省く取組みや、作業者の動線を分析し棚の配置を最適化する取組みがみられる。拠点内物流にAIを適用する取組みには表3-3-14がある。

■表3-3-14 拠点内物流でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
拠点内物流	2018年5月に発表	日立製作所	異なる機能を持つ複数の物流ロボットを効率的に動かす複数AI協調制御技術を発表。品物を運ぶロボットと仕分けするロボットをAIで一体的に制御して作業の最適化を図り、荷分け作業の時間を38%短縮することに成功した。グループ会社の日立物流などで実証を進め、2～3年後の実用化を目指す。
	2018年4月発表	日立製作所	主に流通・物流などの倉庫業務における業務データや作業実績、サプライチェーン全体の情報を分析・学習し、作業効率を継続的に改善する「Hitachi AI Technology / 倉庫業務効率化サービス」を提供開始した。
	2018年4月導入	大和ハウス工業 ダイワロジテック	大和ハウスグループのダイワロジテックと共同で、AI・IoT・ロボットを活用した物流施設を複数の荷主企業がシェアする「Intelligent Logistics Center PROTO」を開設。GROUND社が提供する自動搬送ロボットButlerを活用するほか、荷主企業の協力を得ながら、AI・IoT・ロボット等の先端テクノロジーを取り入れ実証を行うR&D機能を担い、技術やサービスを他の物流施設にも展開する。

出典：各種公開情報より作成

③ 販売物流

販売物流では、配送効率の最大化や自律飛行ドローン、自動走行ロボットなど、様々な分野でAIの活用が行われている。販売物流にAIを適用する取組みには表3-3-15がある。

■表3-3-15 販売物流でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
実証実験 実施	2018年4月 実証実験開始	ヤマト運輸	ディー・エヌ・エーと共同で、自動運転車両を用いた物流サービス「ロボネコヤマト」の実証実験を行った。
	2018年7月～ 2019年2月 実証実験	ZMP	宅配ロボット「CarriRo Delivery」を開発している。自律走行技術などを利用し、半径1～2km程度を配送範囲と想定して、ラストワンマイルでの配達を支援するソリューションの提供を目指している。ローソン、慶應義塾大学の協力を得て実証実験を行っている。
	2018年8月 検証実験地域を 決定	国土交通省	ドローンを使った過疎地での配送の実証実験を行う。少子高齢化や人口減少に伴って地域内荷量が減少し、積載率の低いトラックによる非効率な輸送が行われている等といった課題を抱える地域が対象となる。全国5カ所程度で安全性や費用対効果などを検証する。

出典：各種公開情報より作成

3.3.11 流通業における利用動向

(1) 分野動向

流通業ではEC市場が拡大し続けている^{*49}。ECでは、顧客データの入手や蓄積が容易であることから、それらのデータを利用し、利益の増大を目的としたAI活用が進んでいる。実店舗においても、店舗内に設置したカメラによる画像取得などデータ取得の方法が多様になってきており、AI活用に利用されるようになってきている。

流通業におけるAI利用の最大の目的の一つにはマーケティングや顧客の個別対応などによる売り上げの増大がある。元々、データマイニングにより分析が行われている分野であり、より高い効果を期待してディープラーニングによる分析に取り組む企業が多いとみられる。

ただし、薄利多売の流通業においては、特に実店舗での導入において、「AIの利用によっていくら売上が上がるのか」という費用対効果が問われる。技術的に、購買情報、位置情報、画像データなどを駆使したレコメンデーションが行えるとしても、単価が安いものの購買促進目的では割に合わない場合も少なくないと考えられる。

他方では、店舗スタッフなど、深刻化する労働力不足を補うために、決済や顧客サービス等の分野でAIを活用するという方向性も見られる。

流通業では、具体的にどのような成果を得るためにAIを用いるのかというビジョンの設定が求められている段階といえる。

※49 経済産業省Webサイト「電子商取引実態調査」<http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/statistics/outlook/ie_outlook.html>

(2) 活用状況

ECにおけるAI活用分野には、購入促進、レコメンドエンジン、顧客分析、物流の効率化などがあり、データと開発基盤を持っている大手のWeb企業で導入が進んでいる。また、それらの機能をツールとして販売している企業もある(表3-3-16)。

■表3-3-16 AIを活用したツールの提供事例

利用分野	企業名	概要
購入促進	Emotion Intelligence	購買行動解析・販促サービス「ZenClerk」を提供。感情を解析するAIが顧客の気持ちに合わせ、最適なタイミングで販促を促す。2018年5月には、不動産業界向けのリアル接客支援ツール「ZenClerk Lens」の開発・販売に向け、DGコミュニケーションズとの業務提携を発表した。
	WACUL	Google Analyticsのアクセス解析データを自動で分析し、具体的な改善方法を提示する。2018年5月に、Webサイト上のCVと売上額などのビジネス指標を紐づけ、CVの価値をより適切に評価できる機能を追加した。

出典:各種公開情報より作成

実店舗でのAI活用分野は、店舗マーケティング利用や、顧客対応、棚割り業務支援など多岐にわたり、ベンダーから多数のソリューションが提供されている(表3-3-17)。

■表3-3-17 実店舗における流通業でのAI活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
店舗マーケティング	2017年11月 導入	パルコ	商業施設「PARCO_ya」で来店人数計測カメラと年齢・性別判定カメラを設置し、取得、蓄積したデータをAIにより解析しマーケティングに活用する。開発パートナーはABEJAである。
	2015年10月 提供開始	ABEJA	小売・流通向けのSaaS「ABEJA Insight for Retail」を提供している。小売店に設置されたカメラの動画を分析し、マーケティング施策の立案などにつなげる。同社の詳細は本文を参照。
	2015年11月 導入	ビジョンメガネ	顧客属性や顧客行動などの分析データをマーケティング施策の効果検証や売り場づくりに活用する。開発パートナーはABEJAである。
個客対応	2017年9月 導入	はるやま商事	感性や好みを個別に解析するAI「SENSY」を使い洋服が似合うかどうかの判定を行う。就活スーツが似合うかの判定をLINEで提供するサービスをリリースした。
社内の 問い合わせ 対応	2017年2月 発表	イオンリテール	店員向けの社内向けコールセンターで自動対応を導入。音声または文字で入力する。2017年に従業員約2万人にスマートフォンを配備する。対話システムにはWatsonを採用した。

利用分野	時期	企業名	概要
店舗運営の自動化	2017年6月に発表、開発段階	ファミリーマート、LINE	入店時にスマートフォンをかざして認証を行う。顧客属性に応じて店内ディスプレイにて商品をレコメンドする。会計は画像認証で、LINE Payでの決済で買い物を完了する。消費者の購買行動を予測し、店員に行うべき業務の提案を行う。
商品の詳細情報提供	2016年11月～2017年1月に実証実験	セブン&アイ・ホールディングス	コンビニエンスストアの陳列棚の商品にスマートフォンをかざすと、商品情報が表示される。外国語での情報提供、アレルギーの人向け詳細情報の提供を目的とする。NTTの画像認識技術により3次元の物体を認識する。
棚割り業務支援	2018年3月発表	NTTドコモ	スマートフォンなどで商品陳列棚を撮影すると、画像にどの製品が何個あるかを検出する。在庫状況の把握、指示通りに陳列が行われているかの確認などが行える。
	2018年9月販売開始	NEC	店頭棚割画像解析サービスを提供。スマートフォンで撮影した画像をクラウドに送信することで画像認識により商品を自動で識別し、棚割のデータ化を効率化する。
在庫最適化	2015年導入	ローソン	過去の販売実績やその日の天候などを踏まえ、AIが最適な商品数を算出し提案する発注システムを全店舗に導入した。
問い合わせ対応	2017年11月導入	セブン&アイ・ホールディングス	国内のショッピングセンターで初めて、人体型ロボット「アクトロイド」を案内所に導入した。ロボットはAIと連携し、精度の高い会話ができる。
レジの自動化	2013年発売開始	ブレイン	画像認識により会計を行うレジシステム。セルフサービスタイプのパン屋向けに、画像認識で商品の種類を判別し合計金額が算出される「BakeryScan」を販売する。2017年中に100台以上を販売した。
	2017年7月実証実験	サインポスト	画像認識による自動レジ「ワンダーレジ」を開発。認識エリアに商品を置くと、画像から自動的に商品名と金額を認識し、合計金額が計算される。
物流の自動化	—	シーオス	物流トラックの配車システムにAIを活用。過去の配車データをビッグデータとして解析し、配車の傾向を読み取り、計画もとに未配車データに対して配車の指示をする。

出典：各種公開情報より作成

ECサイト、実店舗ともに利用が増えているのが、チャットボットによる対話システムである。社外（顧客向け）社内（従業員向け）双方のFAQや問合せ対応を、対話システムにより自動化するものである（表3-3-18）。

■表3-3-18 チャットボットの活用事例

利用分野	時期	企業名	概要
問い合わせ 対応	2017年 導入	アスクル	ECサイト「LOHACO」のFAQにチャットボットを採用し、問合せ対応の工数を削減。2017年4月に対話システムとしてWatsonを導入したと発表した。
	2018年7月 サービス開始	ファースト リテイリング	商品の提案や店舗在庫の確認を自動で回答するチャットボット「UNIQLO IQ」を2017年9月に試験運用を開始し、2018年7月から本サービスを公開している。

出典:各種公開情報より作成

その他にも、画像認識を査定に活用する買取サービスが登場している。画像認識は、コンサートのチケット転売を防ぐための来場者の顔認証にも利用されている例がある(表3-3-19)。

■表3-3-19 画像認識を活用したネット取引の事例

利用分野	時期	企業名	概要
ネット取引	2017年6月 サービス開始	バンク	画像認識を使い、スマートフォンで撮影した画像を送るだけで査定が行われる個人の持ち物を買取るサービス「CASH」を提供。
	2017年11月開始 2018年8月終了	メルカリ	フリマアプリの最大手メルカリが上記CASHと同様のサービス「メルカリNOW」を開始するが、約8カ月で終了。

出典:各種公開情報より作成

以下に、小売・流通向けのプラットフォームを提供するABEJAに対するヒアリング結果を示す。

AIプラットフォーム「ABEJA Platform」を提供する 株式会社ABEJA

■事業概要

ABEJAでは、AIプラットフォーム「ABEJA Platform」にて、AIの継続的なインテグレーションに必要なデータ取得、蓄積、学習、デプロイ、運用(推論・再学習)の実装が可能な包括的なパイプラインを提供している。ダイキン工業、武蔵精密工業、コマツなどと協業し、100社以上でAIの本番運用を実現した。また、同プラットフォームをコア技術として小売・流通向け、製造業向け、インフラ業向けの業界特化型SaaS(Software as a Service)である「ABEJA Insight」を提供し、パルコ、Francfranc、ICI石井スポーツなど国内大手小売・流通企業を中心に、約100社520店舗以上(2018年8月末時点)の導入実績がある。2017年3月にはシンガ

ポール共和国にも現地法人を設立し、ASEANを中心としたグローバル展開も進めている。

「ABEJA Insight for Retail」の主眼は、「マーケティング」のために必要なデータをテクノロジーの活用で可視化することであり、カメラ画像から取得した解析結果は「最も主とするインプットデータの一つ」となる。その精度向上としてディープラーニングを活用する。各種カメラで取得した画像をインプットし、「カウンティング(来店者人数自動計測)」、「棚前滞在率測定」、「デモグラフィック(来店者の年齢性別属性推定)」を解析する。アウトプットとしては、ダッシュボード画面で、来客人数、購入人数、客単価、買上率などのデータを可視化することができるほか、時間や客層別の傾向分析も行え、店舗の課題解決やマーケティング施策の計画につなげられる。なお、2018年5月には、リピート客を推定する「リピート推定」機能の提供も開始した。

今後、ABEJAはコア技術である「ABEJA Platform」のビジネスへの適用を促進するためのパートナープログラム「ABEJA Platform Partner Ecosystem」を展開し、国内外問わず多様な業界に対してディープラーニングをはじめとするAIの社会実装を推進している。

■ AI活用における課題

ABEJAによれば、AI導入を「決められない」ユーザー企業が多いことが最大の課題であるという。リスクやメリット、事業のコストなどを含めて判断できる人がいない。AIの精度についても、95%で十分なのか99.99%が必要なのか、決められる人がいない。現場にいくほど完璧を目指す傾向があり、社長が95%でよいといっても現場では100%でないと使えないという議論になることもあるという。

AIの活用のためには知見のある人材が必須だが、経営・ビジネスと技術の両方が分かる人材が必要になる。経営者とのディスカッションを通じて、経営課題をユースケースに落としこめる、経営コンサルのスキルがありAI技術も理解している人材となると、非常に不足しているという。

データの利用に関しては、アノテーション^{※50}の作業の負担は大きいため、ABEJAは2017年12月からABEJA Platformの一つの機能として、「ABEJA Platform」のユーザーに対してアノテーションツールと人材委託サービスの提供を開始、2018年9月には、アノテーションツールの機能を大幅に拡張し、人材委託サービスとともに、アノテーションサービス単体での提供も開始した。アノテーションを行うリソースは、国内企業以外に、インド、ベトナム、タイなど海外パートナーを含め合計1万人規模の人材を確保しているが、リソースを割り当てると早々に空きはなくなった。アノテーションは労働集約的な作業だが、それによって学習済みモデルの精度が変わる。まだ重要性が理解されていないことは課題であり、国などによる支援にも期待しているという。

3.3.12 行政における利用動向

(1) 分野動向

政府や地方自治体では、行政サービスのスピードアップ、利便性向上、付加価値の高い業務への注力などを目的としてAIを活用する動きが起きている。

チャットボットや対話システムによる質問への回答システム、職員向けの内部業務用のシステム、

※50 アノテーションとは、AI、特にディープラーニングを活用するための運用工程の一つであり、大量のデータを識別及び分類し、教師データ(正解データ)を作成する工程である。精度の高い学習済みモデルを生成するうえで重要な工程である一方で、自動化が難しい領域であり、人手によるデータの識別及び分類が必要となる。

市民に外部公開するシステムなどの実証実験の実施や導入検討が行われている。三菱総合研究所は、個別のシステム開発だけではなく、自治体向けに標準的に利用できるシステムとして「AIによる住民問合せサービス」を開発する。自治体からの要望を吸い上げソリューション開発に活かすことを目的とし、2017年7月に、全国46の地方自治体と「行政情報標準化・AI活用研究会」という組織を立ち上げた。

(2) 活用状況

行政でAIを利用する事例には、表3-3-20がある。

■表3-3-20 行政におけるAIの活用事例

利用分野	時期	省庁・自治体名	概要
行政事務自動化	2018年度以降5年間で 試行導入から本格導入を 進める	特許庁	特許行政事務のうち、特許・実用新案 ^{※51} ・意匠・商標それぞれについて、受付、方式審査 ^{※52} 、分類付与 ^{※53} 、実体審査 ^{※54} までを対象として、AIの適用可能性の検討を行った。AI技術導入の可能性ありと判断されたのは、質問応答、紙出願の電子(テキスト)化、出願書類の印影確認、書類の誤記確認、先行図形商標の調査である。関連技術が存在しないと判断されたのは、意味の理解、内容を踏まえたうえでの高度な判断といった、機械的には行えない業務である。
国会答弁の 下書き作成	2016年末～2017年3月 実証実験	経済産業省	国会答弁の下書きをAIによって作成する実証実験を行った。AIに、過去5年間の国会の議事録を読み込ませて学習させる。そのうえで、想定質問を入力すると、参考になる情報(過去の関連質疑や論拠など)をAIが提示できるかを実験した。2018年1月時点では、経済産業省は、あいまいな発言の理解能力が不足していることをAIの課題とみており、導入に向けた検討を進めている。
問合せ対応	2017年秋実証実験、 2018年3月実用化	大阪市	戸籍に関する窓口業務へのAI導入を進める。養子縁組や国際結婚など戸籍に関する審査や判断を行う際に、職員が端末にキーワードを入力すると、AIが民法や戸籍法などの関連法規や過去の事例を用いて回答案を示す。また、議事録作成の時間短縮のためにAIの活用を検討するとも発表している。
保育所入所選考	2017年実証実験	さいたま市	保育所入所の割り振りを決める業務にAIを活用する実証実験を行った。世帯年収、祖父母の同居、母親の勤務時間などの条件による優先順位、きょうだいで同一施設に入居したいか、など様々な条件から申請者と保育施設の最適なマッチングを行う仕組みである。これまで20～30人の職員が多くの日数をかけていた業務だが、2017年8月には富士通研究所が開発したシステムは数秒で結果を算出し、人の判断とほぼ変わらなかったという。
問合せ対応	2016年9月実証実験	川崎市、掛川市	三菱総合研究所の「AIによる住民問合せ対応サービス」の実験として、子育てに関する行政サービスを対象としたチャットボットの実証実験を川崎市と掛川市で同時に実施した。川崎市の実施報告書によると、サービスに満足したという回答は約半数、約9割の利用者が今後も継続して利用したいと回答した。2018年2月と3月に三菱総合研究所は、上記2カ所を含む30以上の自治体で実証実験を行い、10月からの商用サービス化を目指している。

出典：各種公開情報より作成

※51 特許・実用新案：特許は「物(プログラムを含む)・方法」を保護対象とし、実用新案は「物品の形状、構造又は組合せ」を保護対象とする。

※52 方式審査：特許申請が手続的、形式的な要件を満たしているかどうかについての審査。

※53 分類付与：検索性の向上などのために、各特許文献に、技術情報に対応した分類を付与すること。

※54 実体審査：出願された技術などが、特許権の取得に該当するかどうかの判断をするための審査。

3.3.13 その他の利用動向

(1) RPA (Robotic Process Automation)

RPA (Robotic Process Automation) は、ホワイトカラー職種の業務オペレーションに対する、ソフトウェアロボットによる業務自動化の取組みである。これは、操作画面上から処理手順を登録しておくだけで、通常必要となるプログラム開発をせずとも、多様なアプリケーション等を活用し、これまで人が行っていた特定業務を人間同様に処理することができる。

PRAがAIであるかどうか、については見方が分かれるところである。一般には、狭義のRPA^{*55}と、広義のRPA^{*56}の2つが存在する。広義のRPA (RPAはAIを含むとする) には、3つの段階が存在するとされる(表3-3-21)。Class1では、ルール化が可能な定型業務の自動化を、Class2では機械学習やAIを含む一部非定型業務の自動化を、Class3では分析・判断・意思決定などの高度な自動化を実現する。狭義のRPAとは、Class1部分のみを指す。現在、企業で採用され始めているのは、ほぼすべてClass1のRPAである。これは、AIというよりExcelでユーザーが登録した作業を自動で繰り返し処理するマクロファイルのようなものである、と表現するのが適当であろう。

■表3-3-21 RPAの3つの段階

段階	概要	概要
Class1 定型業務の 自動化	<ul style="list-style-type: none"> ・ルール化が可能な単純作業、大量集約的な業務の自動化 ・データ入力や、複数アプリケーションの連携及び横断処理が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・人事・経理・総務・情報システムなどの間接部門(バックオフィス)の事務・管理業務 ・販売管理や経費処理、アプリケーションを横断する入力処理など
Class2 一部非定型業務の 自動化	<ul style="list-style-type: none"> ・構造化されていないデータの収集や分析が必要な業務の自動化 ・機械学習やAIを用いたRPAによって、オートメーション化の範囲と質の向上が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティログの分析、様々な要因を加味した売上予測、Webのレコメンド広告など、多種のデータをもとに分析を自動化する処理
Class3 分析・判断・意思決定 などの高度な自動化	<ul style="list-style-type: none"> ・自然言語処理、ビッグデータ分析、個別最適化処理の自動化 ・機械学習やAIを用いたRPAによって、オートメーション化の範囲と質の向上が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘルプデスクや、季節や天候に左右される仕入れ管理、経済情勢を加味した経営判断など、大量データを学習して最適判断が必要な個別最適化された業務

出典:「RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)市場の実態と展望2018」矢野経済研究所(2017年11月)

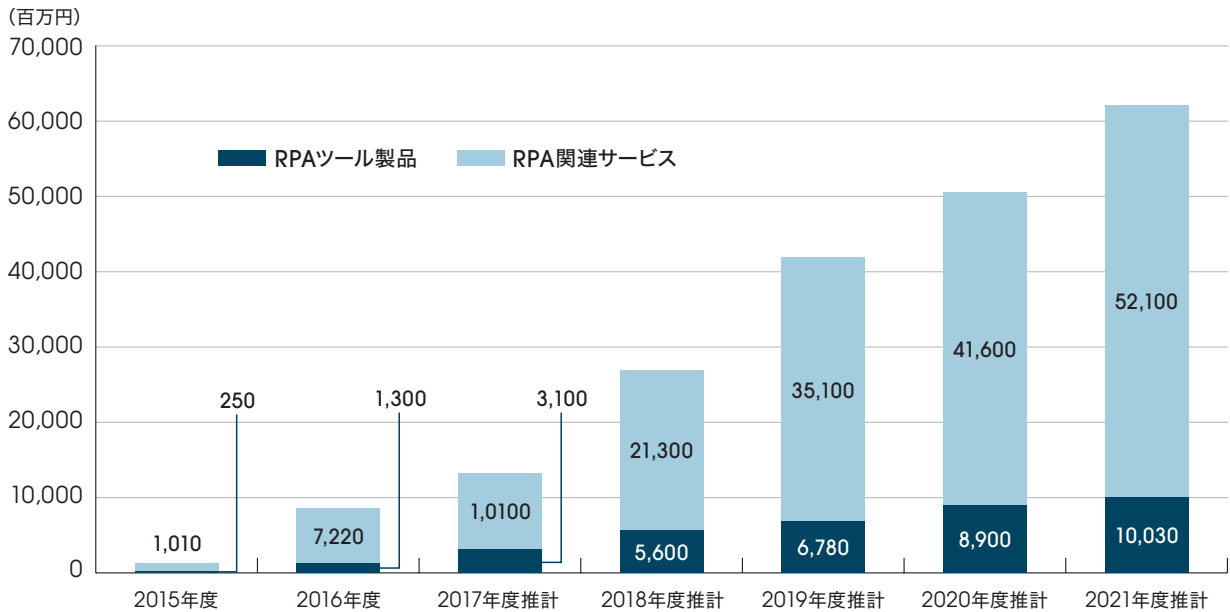
矢野経済研究所では、RPA市場規模を予測している。RPA市場規模は、2017年度に132億円であると推計しているが、高い伸び率で市場は成長し、2021年度には、621億3,000万円まで成長すると推計する(図3-3-14)。

市場の状況は、欧米での注目度の高まりや、国内の有力ベンダーの展開を受け、2016年前半には、国内でもコンサルティング企業を中心にサービス提供の取組みが進んだ。2016年7月には、日本RPA協会の設立を受け、大きく注目が集まった。2017年には、金融・製造・小売業を中心にツール導入が進んだとみられる。

※55 RPAはAIを含まないとする定義。

※56 RPAはAIを含むとする定義。

■ 図3-3-14 RPA市場規模の推移(2015～2021年度) ※57



出典:「RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)市場の実態と展望2018」矢野経済研究所(2017年11月)

RPAは、汎用性の高さから活用領域が多岐にわたる。全業界に共通する基幹業務におけるRPA活用では、人事・財務経理・IT・サプライチェーンの業務領域で活用が進んでいる(表3-3-22)。

■ 表3-3-22 RPA適用領域例(業務領域別)

業務領域	RPA活用業務例
人事	<ul style="list-style-type: none"> 給与計算とチェック、福利厚生業務 休暇申請の処理・管理 複数のERPに対する従業員情報のメンテナンス 人事考課結果の入力管理
財務経理	<ul style="list-style-type: none"> 請求書処理や売掛金・買掛金などの仕訳 督促や回収業務 財務マスターデータの作成 固定費分析などの財務レポート作成
IT	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェアのインストール及びメンテナンス ファイル管理やサーバー監視 プリンターのセットアップ 各アプリケーションに対する新規アカウント作成
サプライチェーン	<ul style="list-style-type: none"> 在庫管理や所在監視などに関わる業務 作業依頼や指図管理の指示出し 物流管理、返品処理業務 契約管理業務

出典:「RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)市場の実態と展望2018」矢野経済研究所(2017年11月)

これらに加え、各業界の特徴的な業務についてもRPAの活用が進む。現時点で特に積極的に採用されている業界として、金融・保険・小売・通信・医療が挙げられる(表3-3-23)。

※57 RPA関連企業売上高ベース。

■表3-3-23 RPA適用領域例(業界別)

業務	RPA活用業務例
金融	<ul style="list-style-type: none"> ・ローン審査やクレームの照合処理 ・新規口座開設の認証やデータ確認 ・フォーム記入やレポート作成
保険	<ul style="list-style-type: none"> ・新規契約事務手続き ・保険請求処理 ・各種情報にもとづいた適正保険料の算定
小売	<ul style="list-style-type: none"> ・在庫状況や商品情報管理 ・Web注文情報の入力 ・ERPへの顧客や受注情報の入力
通信	<ul style="list-style-type: none"> ・顧客データの収集とアプリへの情報連携 ・顧客システムからのバックアップ情報収集 ・競合企業の価格情報抽出
医療	<ul style="list-style-type: none"> ・患者データの連携や保管処理 ・診察記録や看護記録の作成及び送信 ・医療費の請求処理
政府	<ul style="list-style-type: none"> ・各種申請手続きの照合処理 ・下請け業者への業務割り振り ・システム移行に伴う情報連携と統合

出典:「RPA(ロボティック・プロセス・オートメーション)市場の実態と展望2018」矢野経済研究所(2017年11月)より作成

(2) スマートスピーカー／音声認識

2017年は、日本のスマートスピーカー元年となった(表3-3-24)。2017年10月にGoogleの「Google Home」、LINEの「Clova WAVE」、11月にAmazonの「Amazon Echo」が相次いで発売された。米国では、Amazon Echoが2014年、Google Homeが2016年に発売されていたが、2017年は日本市場での本格展開が開始されたことになる。それぞれ音声認識エージェントを搭載しており、音声入力によって音楽を流したり、検索ができたり、対応するスマート家電のコントロールができたりする。ソニーやオンキヨーなどの国内メーカーもスマートスピーカーを発売したが、それらはGoogleの音声認識エージェント「Googleアシスタント」を活用する。Microsoftは、ハードウェアとしてスマートスピーカーは持たないが、音声認識エージェント「Cortana」を提供している。Appleは「HomePod」を2018年2月に発売した(日本での発売時期は未定)。

■表3-3-24 代表的な音声認識エージェント

企業名	スマートスピーカー製品名	音声認識エージェント
Amazon	Amazon Echo	Alexa
Google	Google Home	Googleアシスタント
LINE	Clova WAVE	Clova
Microsoft	—	Cortana
Apple	HomePod	Siri

出典:各種公開情報より作成

スマートスピーカー業界で最も強力なポジションを築くのは、Amazonである。特徴は、エコシステムの構築のためSDKを公開し、サードパーティのハードウェアメーカーへサービスを開放している点である。アプリに相当する「スキル」の数は、グローバルでは2017年11月末で約2万4,000に達する。日本国内で、Amazon Echoが発売された時の国内のスキル数は265だったが、2018年1月17日の時点では450を突破したと発表されている。スキルの種類や提供企業は多彩であり、メディア、エンターテインメント、交通(航空、鉄道、バスなど)、旅行サービス、食品デリバリー、銀行、保険会社などがある。2017年8月に、AlexaとMicrosoft Cortanaの連携が発表され、2018年8月にプレビュー版が公開となり、オフィス分野との連携も進むと考えられる。

音声認識は、自動車でも活用が進む。運転中に、モニターに視線をそらしたり手で入力を行うことなく、安全に情報を得たり音楽をかけたりできるため、音声との親和性が高い。自動車メーカーは、ドライバーと車がコミュニケーションするスマートカーの開発を進めており、トヨタ自動車、日産自動車らが相次いでAlexaの導入を進める。2018年2月現在、すでに日産のEVリーフの充電状況やバッテリー状態、エアコン、充電の操作を行うスキルが提供されている。

これらのスマートスピーカーの役割は、音声による「対話」より、音声を使った「操作」が主体となる。現時点では、人の会話を理解し、対話が行えるほどの自然言語処理能力はないが、アプリや家電の操作、ニュースや天気の確認、銀行口座残高の確認など、エージェントへの指示を理解する能力は一定のレベルに達している。

スマートスピーカーの登場によって、機械とのインターフェースが「声」になる傾向は加速すると予想され、これはAIの利用シーンを大きく拡大する可能性がある。コンシューマー向けのスマートスピーカーからスタートしたが、将来的にはオフィス内や接客用途など商用での幅広い展開や、「操作」だけではなく「会話」を行える技術の高度化が予想される。

3.4 ▷ 海外における利用動向

本節では、AI技術の産業への応用の海外での具体的事例を紹介する。

3.4.1 製造業における利用動向

海外でも同様に、AI活用分野としては、画像解析による外観検査・検品、工場内の作業監視によるミスの防止、製造設備のセンシングデータを分析した異常検知などが挙げられる(表3-4-1)。

■表3-4-1 製造業でのAI活用事例(海外)

企業名	時期	国名	概要
Rockwell Automation	2017年11月発表	米国	製造オペレーションのモデル化、監視、最適化を行うAIモジュールを開発すると発表。例えば、ボイラーの温度変化が上流工程での変更により問題ないものであるか、修正が必要な異常なものであるかを自動的に判断する。
Siemens	2017年11月提供開始	ドイツ	世界でクラウドベースの産業用オープンIoTオペレーションシステム「MindSphere(マインドスフィア)」の最新バージョン「MindSphere v3」をリリース。同社の詳細は本文参照。
3D Signals	Webページ公開	イスラエル	ディープラーニングを適用した超音波センサーを使ったソリューションを用い、工場内の設備の稼働音を判断し、機器故障の事前検知を行う。これまで熟練工が行っていた業務をAIが代替する。
Citrine Informatics	Webページ公開	米国	AIを活用した大規模な素材データベースを運営する。素材の組合せによる特性などを予測できるため、製品開発などの期間を短縮できる。

出典:各種公開情報より作成

工場のスマート化における世界的な動向を見るうえでベンチマークとすべき重要な企業の一つとして、ドイツのSiemensが挙げられる。Siemensは、Industrie 4.0の主軸企業で、スマート工場を推し進めている。同社に対するヒアリング結果を以下に示す。

Industrie 4.0をベースにスマート工場を推進する Siemens

■事業概要

Siemensは、物理的なバリューチェーンを全体にわたってデジタル化することが最終的な目標であるとして、産業のデジタル化への取組み「デジタルエンタープライズ」を推進している。PLM^{*58}による製品の設計企画やシミュレーション、MES^{*59}、MOM^{*60}による生産計画、製造、さらには工場稼働しているシーケンス制御、インバーター、モーション制御、モーター制御

※58 Product Lifecycle Management : 製品ライフサイクル管理

※59 Manufacturing Execution System : 製造実行システム

※60 Manufacturing Operations Management : 製造オペレーション管理

など、これらを一体で活用できるものが「デジタルエンタープライズ」である。同社の製品は、PLMといったソフトウェアから、PLCなどのFA機器まで広範囲にカバーしており、設計から製造、生産現場に至るまで、多くのノウハウ・ツールを持つ。設計を担うPLMから、製造実行系のMES/MOM、製造現場の自動化等を支援するFAまで、ソフトからハードまでを一気通貫で提供できるプロバイダーであるといえる。

■スマート工場プラットフォームの概要

Siemensは、2017年11月に世界でクラウドベースの産業用オープンIoTオペレーションシステム「MindSphere (マインドスフィア)」の最新バージョン「MindSphere v3」をリリースした。MindSphereは、工作機械などに設置したセンサーから振動や温度などのデータを収集し、工場の稼働状況をデジタル化して管理するためのIoTプラットフォームである。データ分析によって予防保全、エネルギーデータ管理、リソースの最適化などにつなげることができる。

Industrie 4.0を主導するシーメンスだが、その根本にモジュール化、標準化の思想があるという。これまで、ネットワークプリンターなどのオフィス機器が、ネットワークを介して自由に接続できるようになってきたが、それと同じように、工場においてもネットワークを介して自由にあらゆる機器等を接続できることが重要としている。そのためには、工場における各種機能を定義し、モジュール化していく必要があり、同社においてもその取組みを進めている。

MindSphereは、AWSやMicrosoft Azureなどといったオープンなクラウド上でも展開でき、また、設計・製造等に係わる各種ソフトウェア群についてもモジュール化している。ソリューションとしては垂直統合的に一気通貫で提供できるだけのポートフォリオを維持しているが、それは上流から下流までを独自のソフトウェアで賄おうとするものではなく、モジュールとして必要に応じて提供できる構成となっている。

■その他の戦略

2017年3月には、米国の電子系設計ソフトウェア開発企業Mentor Graphicsを45億ドルで買収した。「デジタルエンタープライズ」の取組みを加速させるため、従来のFA領域や機械製造に留まらずMentor Graphicsの持つ半導体設計等電子設計自動化(EDA)にもポートフォリオを拡大するものであり、業界の注目を集めた。製造業におけるIoT化をさらに進めていくSiemensの戦略といえる。

3.4.2 自動車産業における利用動向

自動車産業における自動運転分野では、自動車メーカー及びGoogleなどのIT大手に加え、ベンチャー企業が参入し、また、大手企業による買収も活発であり、自動運転の早期実現に向けた競争が加速している。産官学共同の取組みもみられ、ドイツではドイツ経済エネルギー省(BMWi)が主導し、自動走行システムにはどの程度の性能が期待されるのか、要求水準をどのように確認するのかを明らかにするためのプロジェクト「Pegasus(ペガサス)」が進められている。OEMではBMW、Volkswagen、Audiなど、サプライヤーではBosch、Continentalなど、研究機関ではFKA(アーヘン工科大自動車技術研究所)などが参加している。

欧州や米国での自動運転による宅配の事例には表3-4-2がある。

■表3-4-2 自動運転による宅配の事例

企業名	時期	国名	概要
Starship Technologies	2017年4月報道 (各種メディア)	エストニア	Domino's Pizzaとの提携で小型の自走式ロボットを開発し、ドイツなどでサービスを開始した。Domino's Pizzaの他にもDoorDash ^{※61} やPostmates ^{※62} なども宅配サービスの提携を結ぶ。同社の発表によると、2017年8月には世界100都市でテストを行っているという。
Ford	2017年8月発表	米国	2017年8月にミシガン州アナーバーでDomino's Pizzaと共に自動運転車での宅配のサービスを行うと発表。

出典:各種公開情報より作成

自動運転による公共交通サービスは、ドイツで開始されている。ドイツ鉄道は、2017年11月に、バート・ビルンバッハ市でSAEレベル3の自動運転車を使った公道での運行を開始した。ドイツで初めての自動運転バスで、小型の電気自動車を使い約700mの距離を時速約15kmで走行する。自動運転バスには、緊急事態に備えて職員が搭乗する。ドイツ鉄道は、2018年に同様のバスをハンブルグ市に導入する計画だ。

世界の自動車メーカーは、ライドシェア、カーシェア企業に対して、提携、出資、買収するといった動きを見せている。自動車は、個人が「保有」するものという考えから、ライドシェア、カーシェアで「利用」するもの、移動というメリットを享受するためのサービスを受けるものへと価値観が変化している。自動車メーカーの取組みには表3-4-3、表3-4-4がある。

■表3-4-3 自動車メーカーのライドシェアへの取組み

自動車メーカー	ライドシェア企業	取組み
トヨタ自動車	米 Uber	2016年に出資を発表
	中 滴滴出行	2016年11月に提携、滴滴出行は中国ライドシェアの最大手
ホンダ	マレーシア Grab	2016年に投資
日産自動車	中 滴滴出行	2018年2月に提携
FCA	米 Waymo / Google (提携)	2018年1月に提携範囲を拡大すると発表、ドライバーレスの自動運転車によるライドシェアサービスを行う方針
Daimler	独 Fliinc (買収)	2017年9月に買収
	米 Via (出資)	2017年9月に投資。合併会社を設立し、欧州でサービス開始
Ford	独 Chariot (買収)	2016年9月に買収
	米 Lyft (提携)	2017年9月に提携を発表。2021年までに自動運転車を使った事業に取り組む方針
GMW	米 Scoop	2016年6月に投資
VW	イスラエル Gett (出資)	2016年5月に3億ドルを出資すると発表
GM	米 Lyft (出資)	2016年1月に5億ドル投資。自動走行車を使ったサービスを共同開発する。また、「Express Drive」として、Lyftプラットフォームを使ったレンタカーサービスを提供する
Baidu	米 Uber	2014年12月に投資

出典:各種公開情報より作成

※61 米国のレストランの料理宅配サービス。

※62 米国の食料品デリバリー。

■表3-4-4 自動車メーカーのカーシェアへの取組み

自動車メーカー	カーシェア企業	取組み
トヨタ自動車	米 Getaround	2016年11月に投資
BMW	独 Sixt (提携)	合併会社DriveNowでカーシェアサービスを提供
FCA	伊 ENI、Trenitalia (提携)	カーシェアサービス「ENJOY」をイタリアで提供
PSA	仏 Tripndrive (提携)	2016年3月に提携
Renault	—	カーシェアサービス「Renault MOBILITY」を提供

出典:各種公開情報より作成

自動運転分野にはベンチャー企業が多い。Reutersによると2017年秋の時点で、シリコンバレーだけで75社、世界全体で240社のスタートアップ企業がある。シリコンバレーにあるDrive.aiは、企業や政府、ライドシェアサービス向けにディープラーニングを用いた自動運転ソフトを開発している。ハンガリー発のAIMotiveは、完全自律移動運転用のソフトウェアを開発し、2017年12月には日本に進出した。英国では、2015年にFiveAIが誕生している。フランス発のNAVYAは、自動運転シャトルバスを開発している。日本でも、ソフトバンクグループのSBドライブが、NAVYAの自動運転シャトルバス「NAVYA ARMA」を導入し実証実験を行う。2013年設立のnuTonomyは、米国とシンガポールに主要拠点をもち、2017年8月に、世界初の自動運転タクシーの公開試験をシンガポールで行った。同社は「自動運転サービスの需要先としてはカーシェアリングなどのサービス企業も重視している。シェアリングカーは今後爆発的に普及し、やがて公道のシェアカーでもレベル4、5自動運転が活用されるようになるだろう。2025年には世界の100都市においてレベル4、5自動運転車が走っていると考えられる」とコメントしている。OEMメーカーや部品メーカーがベンチャーに提携・投資したり買収したりする動きも進んでいる。表3-4-5に、自動運転ベンチャーと大手企業の最近の動向を掲載する。

■表3-4-5 自動運転ベンチャーと大手企業の動向

ベンチャー企業	大手企業	時期
Cruise Automation (米)	GM(米)により買収	2016年3月
TetraVue (米)	Bosch(独)が出資	2017年2月
nuTonomy(米)	Delphi Automotive(米)が買収	2017年10月
Aurora(米)	現代自動車(韓)、Volkswagen(独)と提携	2018年1月発表

出典:各種公開情報より作成

完全自動運転(SAEレベル5)の実現に向けた各社の動きとして、Googleは自動運転車開発部門Waymoにおいて、人が関与しない完全自動運転の自動運転車の開発を進める方針である。Googleが自動運転の開発に着手したのは2009年である。2013年に社内で運転席に人が座ったスタイルでの自動運転車の走行実験を行ったところ、スマートフォンの操作や居眠りなど、突然運転しなくてはならなくなった場合に対応できない行動を取り、いざという時の状況認識ができない人が多かったという。そのため、危険な状況で人間が操作を引き継ぐのは極めて困難だと考え、人が関与し

ないという開発方針を決定している。Waymoは、2017年11月にドライバーのいない無人の自動運転車両の公道実験をアリゾナ州フェニックス近郊で開始したと発表した。これまでのテストは運転席に人が乗った状態で行っていたが、いよいよ無人での走行実現に乗り出している。また、同時に自動運転車を使ったライドシェアサービスを推進するため、公道実験を行う予定であると表明した。実現イメージはUberを使うように自動運転車を呼び出し利用できるサービスになるだろうとの見方を示している。

米国のGeneral Motors (GM) は、2018年1月に完全自動運転の量産車を、2019年までに公道で走行させる計画を発表した。完全自動運転の量産車は、ドライバーなしで運転する自動車として設計されており、車内にはステアリングやアクセル・ブレーキはもとより、手動操作のスイッチ類も備えない。

GMは、Google (Waymo) らのライバルに対抗して自動運転車の投入規模を拡大し、優位性を保とうと動いている。2017年に自動運転のEV車300台をテスト用に走らせる計画をスタートしており、この台数は世界最大規模である。カーシェアリングにおいては2016年にLyft社に5億ドルを投資し提携を結んでいる。2018年中には、数千台の自動運転車を走らせる実験を行う計画である。

Audiは、2017年7月にSAEレベル3の自動運転車を発表し、同年秋からドイツで販売を行っている。SAEレベル3以上の自動車を市販するのは同社が世界初となった。高速道路での走行で時速60km以下の場合に自動運転を実現する機能を備える。運転席に人は座るが、ステアリングから手を離して運転操作を自動車に任せられる。ただし、今すぐその機能を利用できるわけではない。ドイツは2017年6月に道路交通法の改正を行い、自動車に運転操作を任せるSAEレベル3の走行が認められたが、車両認証に関わる法律はまだ対応していない。そのため、SAEレベル3の自動運転機能を搭載した状態で自動車は出荷されるが、実際に機能を利用できるのは法律が改正されてからになる。

BaiduはIT企業であるが、2017年9月にはオープンソースによる自動運転車プラットフォーム「Apollo (阿波羅)」を発表し、「自動運転のAndroid」ともいべき地位獲得を図っている。このプラットフォームを用いて、2018年7月には大手バス車体メーカー金龍客車との協力により生産された自動運転小型バスの大量生産と試験運用を実現する計画を発表した。また、北汽 (BAIC) との提携により、2021年までにSAEレベル4の高度自動運転車を量産する見通しである。

3.4.3 インフラにおける利用動向

インフラの異常検知にAIを適用する取組みには、ノルウェーのeSmartSystems、設備運用にAIを利用する事例にはドイツのKONUXがある(表3-4-6)。

■表3-4-6 インフラ分野でのAI活用事例(海外)

利用分野	企業名	時期	国名	概要
異常検知	eSmartSystems	イベント等で公表(2015～2018年)	ノルウェー	ドローンの画像をAIで解析し、送電線設備の異常を検出するシステムを利用している。MicrosoftのAI技術を活用し、1時間以内に10万枚の画像を分析する。
設備運用	KONUX	Webページ公開中	ドイツ	AIを利用して鉄道のネットワークを可視化し、メンテナンスを効率よくできるサービスを提供している。具体的には、分岐機にセンサーを搭載してリアルタイムでモニタリングし、機械学習の予測アルゴリズムによって、過去の振動や圧力などから潜在的な障害を検出することができる。成果としては、検査及び保守コストを25%以上削減した例もみられる。KONUXは、鉄道分野のみならず、産業用機械を利用する企業に対して、AIやセンサーによって資産管理をデジタル化する試みを行っている。

出典:各種公開情報より作成

3.4.4 農業における利用動向

米国では、AI技術を使い農作業を行うロボットベンチャーが登場している。米国は農地が広大であり、ロボットを使った作物の管理による効率化の効果が大きいものとみられる。また、ドローンを活用し、上空から得た画像認識によって作物や土壌の状況を分析するサービスも登場している。米国以外では、ドイツやカナダの企業が農業分野におけるAI開発を行っている(表3-4-7)。

■表3-4-7 農業でのAI活用事例(海外)

企業名	時期	国名	概要
Blue River Technology	Webページで公開中	米国	スタンフォード大学(Stanford University、米国)出身の研究者によって2011年に創業されたベンチャー企業である。画像認識技術などを活用し、雑草にピンポイントで農薬をスプレーしたり雑草の除去を行ったりする農業用ロボットを提供する。2017年9月に大手農業機械メーカー「Deere & Company(ディア・アンド・カンパニー)」の傘下に入って以降、製品ジャンルのさらなる拡充を図っている。
Harvest CROO Robotics	2013年秋に試作品を作成	米国	イチゴの収穫を行うロボットを提供する。同社によると、ロボットが一日8エーカー(3万2,374㎡)を収穫し、30名分の労働を代替できる。
Trace Genomics	Webページで公開中	米国	農家を対象に土壌の健康度を測定するサービスを提供する。同社に土壌のサンプルを送付すると、有害な病原体や有用な微生物などのレポートを行い、機械学習によって土壌の強みと弱みの情報をクライアントに提供する。
FarmShots	Webページで公開中	米国	衛星やドローン撮影した画像から、病気、害虫、植物の栄養不良を検出するサービスを提供する。同社によると、肥料の使用量を最適化することで使用量を40%削減できるといふ。
PEAT	Webページで公開中	ドイツ	ディープラーニング技術を使い、画像認識により、植物の害虫や疫病、養分欠乏などを診断するスマートフォンアプリ「Plantix」を開発した。ユーザーから送られてくる画像をもとに、害虫や疫病などのパターンを学習し、2017年12月時点で240種類の害虫や植物の病気を自動で診断することができる。
SkySquirrel Technologies	Webページで公開中	カナダ	ワイン農園向けに、ドローンによる作物の管理サービスを提供する。ドローンで得た映像から、ブドウの葉にカビやバクテリアによる病気が発生していないか、健康状況を分析する。同社によると、24分で50エーカー(20万2,342㎡)をスキャンし、95%の精度で分析結果を提供するという。2018年1月にVineView Scientific Aerial Imaging Inc.と合併して、VineViewが発足した。

出典:各種公開情報より作成

3.4.5 健康・医療・介護における利用動向

「3.2.1 認識技術の利用動向」で紹介したように、ディープラーニングによる診断支援システム・機器の中には、研究レベルから実用レベルに移行が進むものも現われ、2018年になって、アメリカ食品医薬品局(FDA)の市販の認可を受ける事例が出てきた。ここでは、それら以外の事例として、IBM、AmazonやGoogleなど、IT及びAIの主要企業の事例を紹介する。

IBMは、2015年に医療保健業界向け事業Watson Healthを立ち上げた。米国では6年ほど前から、癌の治療や研究に携わる民間の研究機関Memorial Sloan Kittering Cancer CenterとIBMが共同でWatsonの特徴である自然言語技術を使ってガイドライン、医療文献、患者の症例を学習させ、治療の選択肢を医師に提供する「Watson for Oncology」の開発を行っている。

2017年6月にIBMが行ったWatson for Oncologyと治験マッチングシステム「Watson for Clinical Trial Matching」の臨床的有用性を実証するデータの発表によると、推奨治療法についてWatsonと腫瘍委員会による結果が最大96%の症例で一致したという。

他方、2013年から進めていたテキサス大学(University of Texas、米国)のMDアンダーソン癌センターとの協業は2016年末には中止されている。

Watsonは、医療分野での経験が長いからこそ問題も明らかになっているともいえる。IBMは引き続きWatson Health事業を強化する姿勢であり、医療データ獲得や技術強化を目的として企業の買収を進めている。公衆衛生管理ソフトウェアのPhytel、医療クラウドサービスのExplorys、医療画像処理のMerge Healthcare、ヘルスケアデータ分析のTruvenを相次いで買収している。

Amazonは、2017年にシアトルで「1492」と称するヘルステックチームを立ち上げたと報道された。システムとハードウェアの両面からプロジェクトを進めているとされ、システム面には既存の医療データシステムのデータを消費者や医師へ提供できる仕組みの構築や、遠隔医療の実現が含まれる。また、スマートスピーカー Amazon Echoやバーコードリーダー Dash Wandなどのデバイスの医療分野での活用についても研究しているとみられる。2017年5月には医薬品の販売を専門に扱う部署も新設した。

Googleの医療研究子会社Verilyは2017年4月に大規模な医療研究プロジェクト Project Baselineの立ち上げを発表した。1万人の米国人モニターを募り、心臓モニタリング用ウェアラブル端末によるリアルタイムデータ、レントゲン、ゲノム、血液、唾や涙など詳細なデータを収集・分析する。心臓疾患や癌などの病気予防の手がかりを探るのが目的である。また、同社は2017年7月に、血液検査により癌早期発見技術を開発するベンチャー Freenomeに投資し、ラボを設立している。Freenomeの技術は、血液中のDNAの断片を機械学習によって分析し、癌の兆候を発見するというものである。

同じくGoogle傘下のDeepMindは、英国のMoorfields Eye Hospital NHS Foundation Trust、University College London Hospitals (UCLH)、NHS Foundation Trustといった英国国民保健サービス(NHS)と提携し、画像を中心とした医療データの提供を受け、AIを活用した分析の研究を行っている。

高齢者の介護は、世界一高齢化が進んでいる日本だけの課題ではない。一人っ子政策で子供の負担が大きい中国や、将来的に社会の高齢化問題に直面する韓国やシンガポール、欧州などでも大きな問題になると予測され、AIを使った介護の取組みが始まっている。表3-4-8に事例を示す。

■表3-4-8 健康・医療・介護分野でのAI活用事例(海外)

利用分野	企業名	時期	国名	概要
医療	IBM Watson Health	2015年設立	米国	癌の治療や研究に携わる民間の研究機関Memorial Sloan Kittering Cancer CenterとIBMが共同で、Watsonの特徴である自然言語技術を使ってガイドライン、医療文献、患者の症例を学習させ、治療の選択肢を医師に提供する「Watson for Oncology」の開発を行っている。詳細は本文を参照。
	Amazon 1492	2017年設立	米国	シアトルで「1492」と称するヘルステックチームを立ち上げた。システムとハードウェアの両面からプロジェクトを進めているとされ、システム面には既存の医療データシステムのデータを消費者や医師へ提供できる仕組みの構築や、遠隔医療の実現が含まれる。また、スマートスピーカー Amazon Echoやバーコードリーダー Dash Wandなどのデバイスの医療分野での活用についても研究しているとみられる。2017年5月には医薬品の販売を専門に扱う部署も新設した。
	Verily (Googleの 医療研究子会社)	2017年4月 設立	米国	大規模な医療研究プロジェクトProject Baselineの立ち上げを発表した。1万人の米国人モニターを募り、心臓モニタリングウェアラブル端末によるリアルタイムデータ、レントゲン、ゲノム、血液、唾や涙など詳細なデータを収集・分析する。心臓疾患や癌などの病気予防の手がかりを探るのが目的である。また、同社は2017年7月にFreenomeに投資し、ラボを設立している。Freenomeの技術は、血液中のDNAの断片を機械学習によって分析し、癌の兆候を発見するというものである。
	DeepMind (Google傘下)	2016年開始	英国	Moorfields Eye Hospital NHS Foundation Trust、University College London Hospitals (UCLH)、NHS Foundation Trustといった英国国民保健サービス (NHS) と提携し、画像を中心とした医療データの提供を受け、AIを活用した分析の研究を行っている。
介護	上海新松機器人 自動化有限公司 (Siasun Robot and Automation)	2017年10月 発表	中国	同社は大手ロボットメーカー。2017年10月に高齢者用の介護ロボットを発表した。ロボットは家庭内の生活をサポートし、コミュニケーションや健康診断を行う。
	パナソニック、 チャンギ総合病院	2015年7月 公表	シンガ ポール	ロボットの活用に取り出しており、パナソニックの自律搬送ロボット「HOSPI」、自律型車椅子などを導入している。なお、パナソニックは、2018年1月に同ロボットにディスプレイを搭載した「Signage HOSPI」を用いた実証実験を成田国際空港で行った。
	Accenture	2017年8月 実証実験 開始	英国	2017年8月から3カ月の間、AIによって高齢者の介護と日常生活の管理を支援するプロジェクトを実施した。Amazonのクラウドサービス「AWS」をベースにしたAIプラットフォーム「アクセンチュア・プラットフォーム」を通じて、70歳以上の高齢者の生活習慣や行動を学習し、身体的・精神的支援を行った。高齢者の家族や介護士はプラットフォームから、薬の服用など日常的な習慣を確認できるほか、異常な行動パターンが検知された場合、通報を受けることができた。一方、高齢者はAmazon Echoを通して、家族や介護士に要望を伝えたり、地元のイベントや仲間作りに役立つ情報を得たりすることができた。

出典:各種公開情報より作成

3.4.6 エネルギー分野における利用動向

エネルギー事業者においてはAIを活用したエネルギー生産の効率化と安定供給、消費する企業においてはAIを活用した省エネの取組みがみられる。前者の例としてはChevron、後者の例としてDeepMindが挙げられる(表3-4-9)。

■表3-4-9 エネルギー分野でのAI活用事例(海外)^{※63}

利用分野	企業名	時期	国名	概要
エネルギー生産	Chevron	投資家向けレポートで公表	米国	米国の大手石油開発企業である同社は、本社のあるカリフォルニアで、AIを用いた油田の監視によって、石油の収集効率を上げ、機器の故障を未然に防いでいる。新規油田の探査においても、石油貯留層を採掘すべきか否かの判断にディープラーニングを活用している。
省エネ	DeepMind	2016年7月公表	米国	Googleの関連会社であるイギリスのDeepMindは、すでに機械学習によってGoogleグループが利用する電力を15%削減し、数億ドルのコスト削減を見込んでいる。さらにAIを用いてイギリス全体を最適化することでインフラ投資を必要とせずに電力コストを10%カットする取組みを行っている。それ以外にも、2017年5月にイギリスのNationalGrid(送電網会社)と提携し、電力コストを削減する取組みも発表している。

3.4.7 教育における利用動向

AIを用いた適応学習の活用は海外で先行している。代表的な取組みの一つとしてKnewtonの事例を表3-4-10に示す。その他には、米国のSchoolology、DreamBox、McGraw-Hill Education傘下のALEKSなどが適応学習サービスを提供している。また、採点にAIを活用し、効率化を図る取組みもみられる。

■表3-4-10 教育分野でのAI活用事例(海外)

利用分野	企業名	時期	国名	概要
適応学習	Knewton	2012年1月 Knewton Adaptive Learning Platform 関連製品を発表	米国	学習者の学習履歴、他の学習者の学習行動データ、人間の学習の仕組みに関する数十年にわたる研究をもとに、適応学習を提供している。2017年2月時点で世界1,400万人以上の学習者を対象に、理解度や進度、設定した学習目標に応じた、次の学習ステップを提案しており、リコメンド実績は280億回以上に及ぶ。また、Knewtonのサービスを活用することで、指導者は、学習者の進捗状況を分析することができ、学習者一人ひとりに合わせた最適な学習環境を整えることができる。Knewtonの理論は、心理統計学や項目応答理論、認知学習論、インテリジェントチュータリングシステムに関する研究成果にもとづくものとなっている。2018年1月には、高等教育を網羅した適応学習コース「alta」を提供し始めた。
採点	中国政府など	2018年5月 報道	中国	2018年に、中国国内の6万校の教育機関にて、AIによる学生の論文の評価が採用され始めたと報道されている。中国政府などが開発したAIは、作文の全体的な論理や意味を分析し、スコアを付ける。その後、作文のスタイル、構造、テーマなどに対してAIが改善点を提案するという。

出典:各種公開情報より作成

※63 <<https://www.nextplatform.com/2017/01/24/refining-oil-gas-discovery-deep-learning/>>

3.4.8 金融業における利用動向

FintechとAIの活用を推進する米国企業の例として、Capital One、Goldman Sachs、JPMorgan Chaseにおける取組みを紹介する(表3-4-11)。

■表3-4-11 金融業でのAI活用事例(海外)

企業名	時期	国名	概要
Capital One	2016年3月 提供開始	米国	<p>同社は、世界に6,500万以上の口座を持つ大手金融企業である。クレジットカード事業においては、ビッグデータを分析し、顧客ごとに異なるリスク特性を特定し、リスクに合った金利及び使用限度額を設定する。また、カード以外にも住宅ローンやコールセンターへの問合せなどあらゆるデータを収集・分析し、顧客の嗜好に沿った店舗のクーポンの発行、ポイントプログラムの提供、コールセンターでの個別対応といったサービスを提供する。</p> <p>最近の取組みでは、2016年3月にAmazonの音声アシスタントAlexaを用いたオンラインバンキングサービスの提供も開始した。2017年3月には、携帯電話のSMS(テキストメッセージ)を使い、チャットボットで口座情報や最近の支払履歴、口座の銀行番号、口座間の送金手続きなどを行えるアプリ「Eno」のパイロット展開を開始した。</p>
Goldman Sachs	—	米国	<p>大手投資銀行のGoldman Sachsは、AIによる取引アルゴリズムを活用した株取引の自動化を推進している。また、不正行為を監視・防止するため、会話分析ソリューションを手がけるAIベンチャーDigitalReasoningのソリューションを用いている。これにより、トレーダーのメールやドキュメントなどの内容の意味やニュアンスを解析し、インサイダー取引などの不正行為を発見することができる。不正行為の摘発だけでなく、こうした行為を防止する抑止力になると期待される。</p>
JPMorgan Chase	—	米国	<p>米国銀行最大手のJPMorgan Chaseは、ビッグデータやロボット工学、クラウドインフラを専門とするチームを設置するなどして、事務業務の自動化に注力している。具体的には、機械学習とクラウド技術を活用した「Contract Intelligence (COIN)」と称するソフトウェアを用い、商業融資の契約内容を審査する作業を自動化した。大幅な時間短縮と解釈ミスの削減が実現したという。</p>

出典:各種公開情報より作成

3.4.9 物流における利用動向

物流分野では、調達物流、拠点内物流、販売物流それぞれの分野で、AIを活用する取組みがみられる(表3-4-12)。

■表3-4-12 物流分野でのAI活用事例(海外)

利用分野	企業名	時期	国名	概要
調達物流	RollsRoyce	—	英国	AIによる自動航行と陸からの遠隔操作を組み合わせたハイブリッド型の操船システムを開発している。多数の船舶が存在する航路のない港湾内など、自動航行による危険性が生じる場合は、オペレーターが陸から遠隔操作する。2016年8月までEUが支援した研究開発プロジェクト「MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks)」の取組みの一つとして進められていた。2017年10月にRollsRoyceはGoogleと契約を結んでおり、機械学習を用いてAI技術を強化している。
	Otto	—	米国	配車アプリを提供するUberの傘下にあるOttoは、既存のトラックに搭載可能な自動運転システムの開発に取り組んでいる。2016年10月には、米国のコロラド州にて約200kmの距離を、ドライバーがまったく操縦せずに5万本のパドワイザー缶を運搬することに成功した。なお、2018年7月にUberは自動運転トラック事業を終了することを発表した。
拠点内物流	Geek+	—	中国	AI搭載物流ロボット「EVE」をAlibabaをはじめとする企業に提供している。2017年時点で20以上の顧客の物流倉庫などで約1,000台のロボットが導入されている。また、2017年8月には日本法人も設立している。
	Fetch Robotics	2015年9月 日本販売開始	米国	倉庫内のピッキング業務を行うロボットを開発している。棚に並んだ商品を掴むロボットアームを備えたFetch、Fetchに併走してピックアップされた商品を輸送する「Freight」、人間に併走して人間がピックアップした商品を輸送する「Follow pick」といったロボットを提供する。画像認識を活用しロボットアームで商品を掴み正確にピックアップできるほか、自律移動型で進行方向上にある障害物を避けつつ目的地まで到達できる。2015年9月から日本市場でも販売している。
販売物流	SF Holdings (順豊控股)	2018年3月 暫定免許交付	中国	中国はドローン配送の規制緩和が進められており、2018年3月には中国民用航空局華東地区管理局が宅配大手SF Express (順豊速運) を保有するSF Holdings (順豊控股) に、ドローンを使った商品配送の暫定免許を交付した。これにより、合法的に実際の配達を行うことができるようになった。
	JD.com (京東商城)	2017年実証実験	中国	インターネット通販大手のJD.com (京東商城) は無人カートによる配送技術を開発し、2017年には中国の大学構内での自動配送の実験を行っている。無人配送車で配送の「ラストワンマイル」をカバーする取組みである。

出典:各種公開情報より作成

3.4.10 流通業における利用動向

米国では、Amazonを筆頭に流通業でAIが活用されている。Amazonは、ECにおけるAI活用に留まらず、無人店舗Amazon Goやスマートスピーカー Amazon Echo、音声対話エンジン Alexaなど、ユーザーのデータ獲得と新たなソリューション開拓を進めている。中国では、スマートフォン決済が普及しキャッシュレス化が進んでいる。無人店舗やキャッシュレス決済に関しては中国が先端的な取り組みを行っており、電子決済アプリWeChat PayとAlipayが広く普及・浸透している。また、無人店舗や無人レジも実用化が進んでおり、顔認証などのAI技術が使われている。

Amazonは、2018年1月にシアトルで無人店舗Amazon Goの第1号店をオープンした。2016年12月に計画を発表していたが、いよいよ本格的にスタートした。2018年中にさらに6店舗の開設を予定している。Amazon Goは、スマートフォンを持っていれば、入店から支払いまで店員と接することなく、レジを通る必要もない。AI技術としては、画像認識を全面的に採用し、「商品のパッケージ」、「利用者の手」などを識別する。そのほか、マイクによる音声認識、赤外線、圧力、重量センサーなどによる商品の数や移動のトラッキングなど、複数の技術を組み合わせる。Amazonは、2017年8月には米国高級食料品スーパーのWhole Foods Marketを137億ドルで買収し、注目を集めた。ネット通販の巨人であるAmazonは、実店舗との融合により、自社提供サービスの拡大や相乗効果発揮を狙っているとみられる。

デバイスの販売においても、Amazon Echoによってスマートスピーカー市場で強力なポジションを獲得し、音声認識の活用を個人レベルで身近にした。Amazonは音声対話エンジンのAlexaをサードパーティが自社製品に組み込めるエコシステムを構築しており、今後多様な場面で音声操作、音声対応の活用が見込まれる。

Amazonは、Webサイトでの購買履歴に始まり、Amazon Echoの利用データを含め様々な方法でユーザーの行動履歴を日々収集し続けている。Amazon Goは、データ収集における実店舗での購買行動分析情報の入り口とみられ、単なる自動店舗の経営というだけではない意味を持っていると考えられる。

Walmartは、2017年7月に生体認証技術と表情認証技術を活用し、店舗の中で不満を持つ顧客を検出する実証実験を開始した。店内のカメラやレジ待ちの行列のカメラで、消費者の表情や動作を認識し、サービス向上へ役立てる。AIにより「不満がある」と認識された顧客がいた場合は、店員に報告され、顧客の不満軽減による客離れ防止、SNSへの不満書込み防止、ECを上回る購買体験の向上などを旨とする。

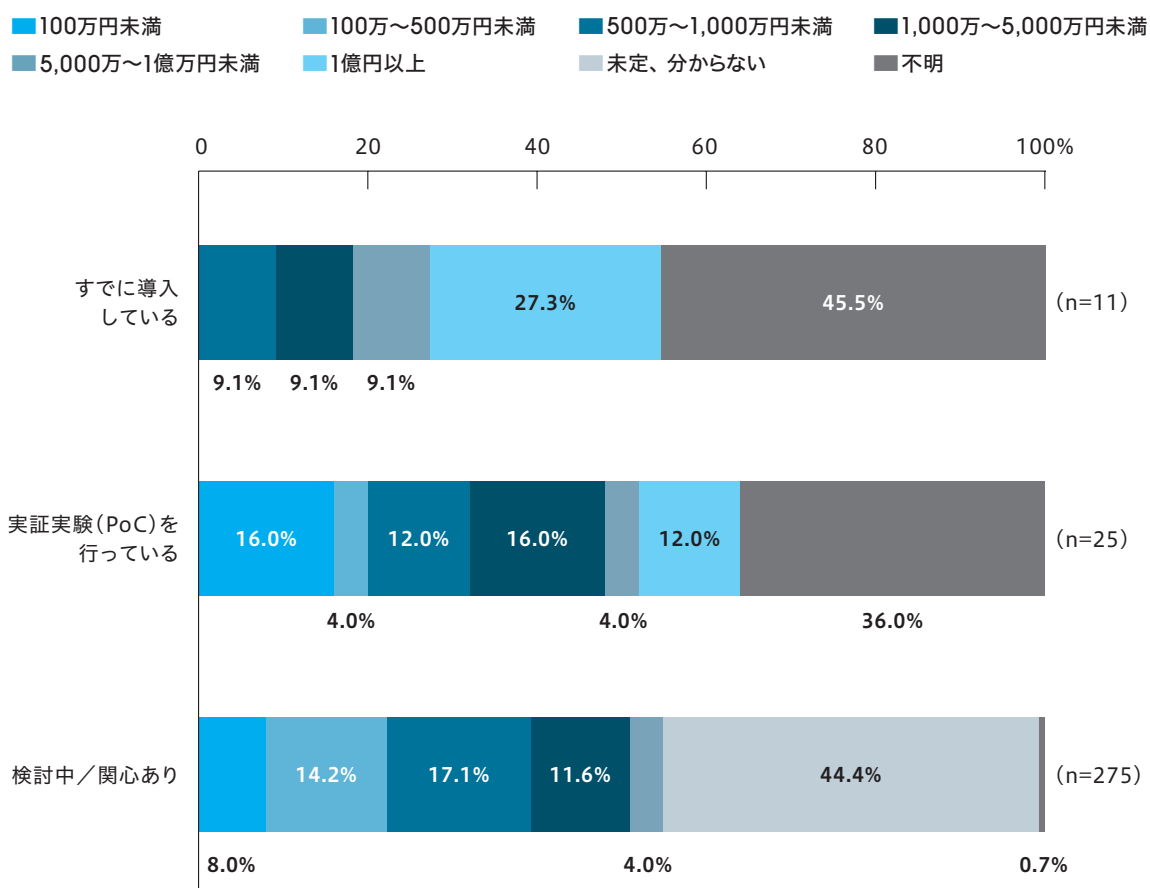
Macy'sは、IBMのWatsonを使い、米国10カ所の店舗でモバイルショッピングアシスタントアプリ「Macy's On Call」の実証実験を行っている。スマホのアプリ上で商品、在庫、店舗、サービス、施設などに関する質問を自然言語で入力すると回答を得られる。

3.5 ▷ AI導入予算・AI市場の規模

3.5.1 AI導入予算の規模

本項では、各企業がAIの導入に関し、どの程度の予算をかけているかを、「平成29年度AI社会実装推進調査(第5章参照)」の結果にもとづいて説明する。図3-5-1は、ユーザー企業のAI導入予算に関するアンケート回答をAI導入段階別に分類したものである(「検討中/関心あり」の回答者に対しては、導入する場合の想定予算を確認)。

■ 図3-5-1 AI導入予算(導入段階別)^{※64}



AIをすでに導入している企業では、「不明」を除くとAI導入予算が「1億円以上」の回答者が27.3%と最も高い割合となっている。これはAIを導入している回答者のすべてが売上高300億円以上の企業であり、そのうち売上高が1,000億円以上の企業が11社中8社を占めていることが影響していると思われる。

※64 AI導入の予算にはコンサルティング、SI、HW等を含む。

3.5.2 AI市場の規模

AIの技術進展を背景にAIの産業応用が広がりつつある。それに伴いAI市場に関する調査が実施されており、本項ではAIに関わる製品・サービス市場、AI利用による経済効果としてまとめた。これら調査結果からの共通するポイントとして、「AI市場の成長が著しく、様々な産業分野での応用が期待される」、「AIに関わる製品・サービスの供給側の市場と比較して、導入側の経済効果は非常に大きくなる」ことが挙げられる。

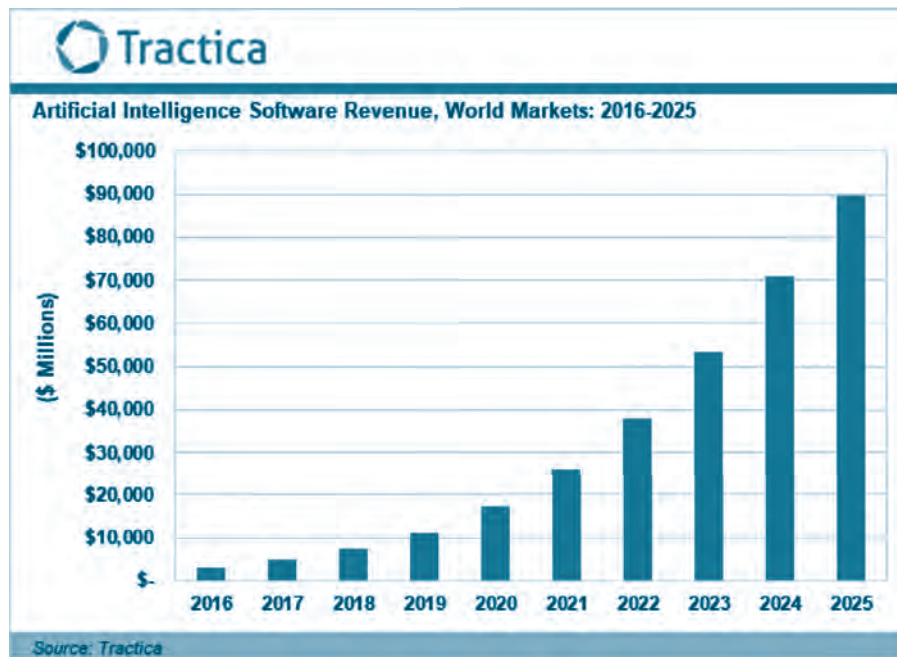
(1) AIに関わる製品・サービス市場

AIに関わる製品やサービス市場推計は多数行われているが、対象とするAIの範囲が多様であるため、各調査間の市場規模には大きな差異が生じている。以下に各調査結果の概要をまとめる。

① AIソフトウェア製品・サービスの世界市場

Tractica(米国)は、2016年から2025年までのAIソフトウェア製品・サービス世界市場を推計している。図3-5-2のとおり2016年の32億ドルから2025年には898億ドルと約30倍に拡大する見込みである。2017年5月に同社が行った予測に比べ、関連するユースケースの拡大に起因して上方修正されている(2017年5月の予測は、2016年は14億ドル、2025年は598億ドル)。

■ 図3-5-2 AIソフトウェア世界市場



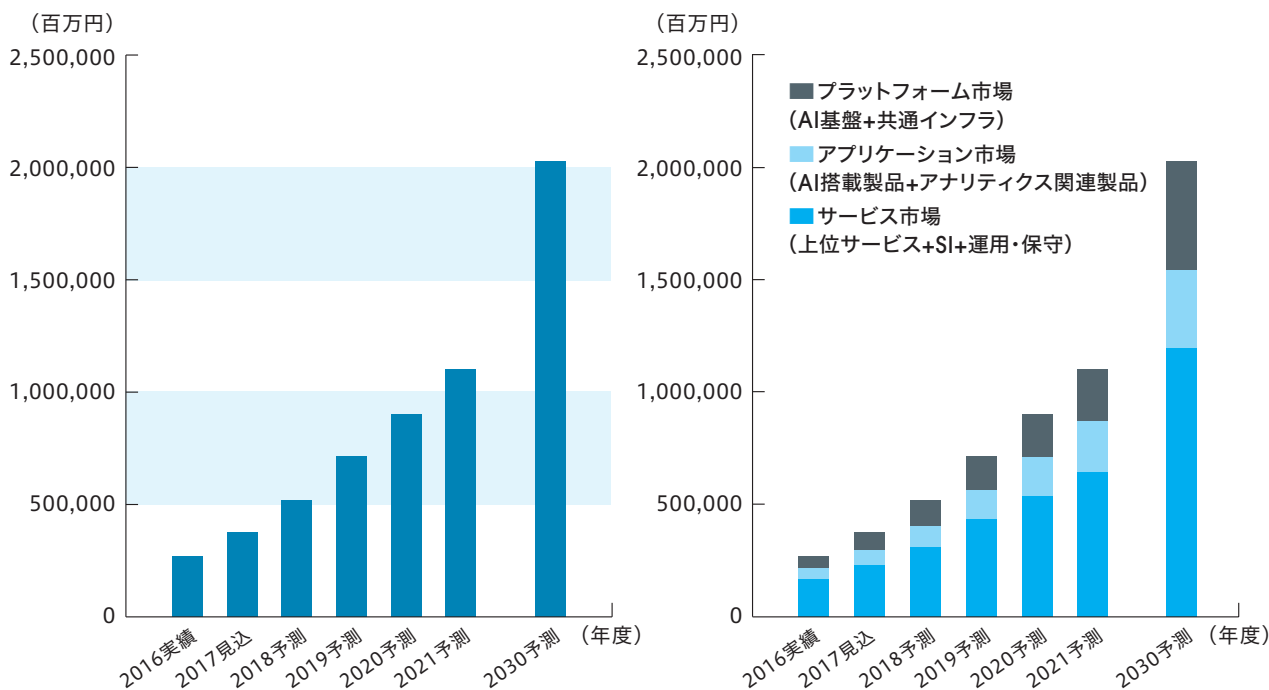
出典:Tractica“Artificial Intelligence Software Market to Reach \$89.8 Billion in Annual Worldwide Revenue by 2025”

②日本のAI市場

富士キメラ総研によると2016年度は、大手ITベンダーや専門ベンダーが、自社で培ったAI関連技術をソリューションとして体系化し、それをもとに、多くの実証実験(PoC)が開始された年になった。続く2017年度はAIの本格運用に向けた導入期になったという。今後実証実験が進むにつれ実稼働に移行する案件が増加すると見込まれ、2019年度から2021年度にかけて市場は成長期を迎えると予測する。

図3-5-3の左図のとおり、2016～2030年度までのAIのシステムやサービスの売上市場規模は2016年度の約2,700億円から2021年度の約1兆1,000億円に伸長すると見込まれており、2030年度には2兆250億円規模に達する見込みである[1]。

■ 図3-5-3 AI市場とシステム別市場予測



出典：富士キメラ総研「2018人工知能ビジネス総調査」

図3-5-3の右図は市場をサービス市場(SI;システムインテグレーション)、運用保守、上位サービスなど)、アプリケーション市場(アナリティクス関連製品やAI搭載製品など)、プラットフォーム市場(AI基盤や共通インフラなど)に分け、その推移を推定したものである。

まずサービス市場は、全体の6割程度を占めるSIがその中心であることは変わらず、そのまま市場が拡大するとみており、AI実装に向けたコンサルティングや導入検証を経て、AI環境の本格的な構築が進むと予想している。

次にアプリケーション市場は、クラウド化が進むと予測している。2016年度はデータマイニング、テキストマイニングなどアナリティクス関連製品が中心であったが、今後は営業支援システム、デジタルマーケティングなど、クラウド(SaaS)化が進んでいるAI搭載製品の伸長が進むとみている。その結果、2016年度のクラウド利用の割合はアプリケーション市場全体の30%程度で、残りはソフト導入であったが、2030年度にはクラウド利用が約60%とソフトウェア導入の割合と逆転するとみている。なお、2016年度には、全体の16%であったアプリケーション市場は、2021年度には21%まで増加すると予測している。

またプラットフォーム市場も、クラウドやAPIで提供されるAI/コグニティブサービスに対する需要が高まっている。2016年度は、クラウドでの利用がPoCなど小規模にとどまり、実稼働基盤としてはハードウェア/ソフトウェアを自ら導入してオンプレミスで構築するケースが多くみられた。将来的には機械学習やディープラーニングなど高演算処理が可能なクラウド(PaaS)が普及し、その利用が8割弱となるとみている。

③ ロボティクス関連の世界市場

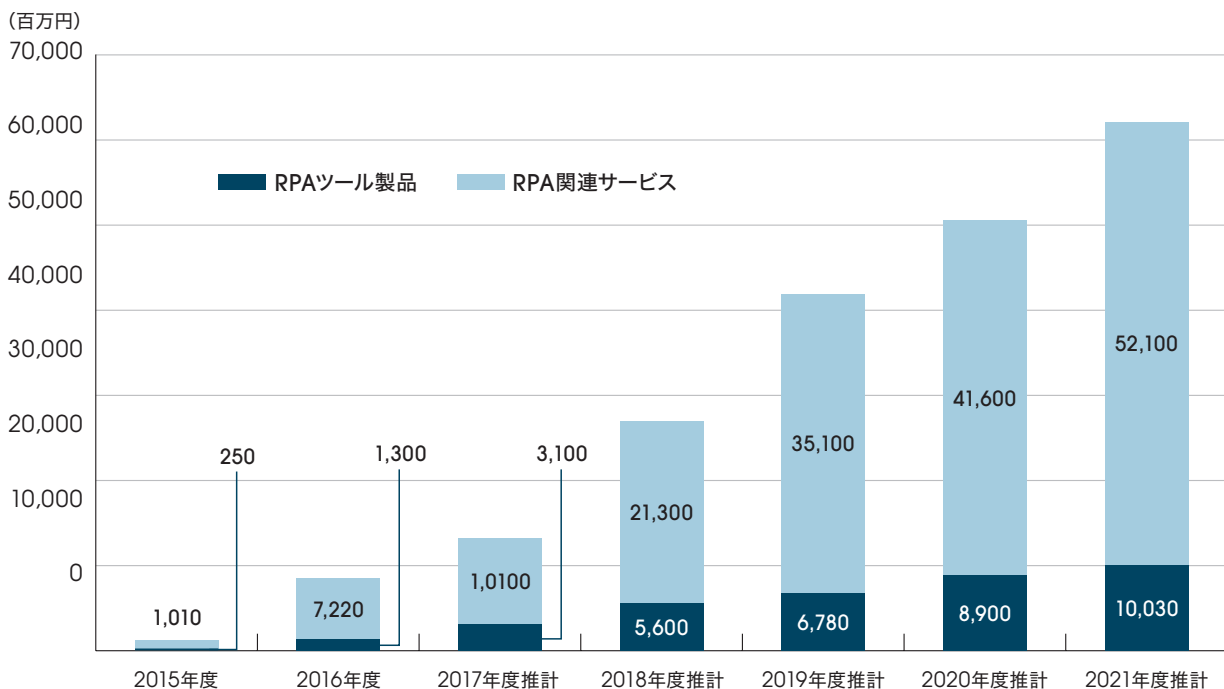
IDC Japanは、世界のロボティクス関連市場の予測を行っている^{*65}。これによると、2018年、全世界のロボティクスソリューション及びドローンソリューションの総支出額は、2017年と比べて22.1%増加し、1,031億ドルになる見通しである。この支出額は2021年には2倍以上の2,184億ドルに達し、2016年～2021年の年間平均成長率(CAGR: Compound Annual Growth Rate)は25.4%とIDCでは予測している。

IDCは、2018年のロボティクスの支出額が940億ドルに達すると見ており、2017年～2021年の予測期間を通じて、関連市場の総支出額の90%以上を占めると予測している。ロボティクスの支出額の中で、最大のシェアが見込まれるのは産業用ロボットソリューション(70%以上)であり、これに次いで、サービスロボット、コンシューマーロボットとしている。

④ 日本のRPA市場

ロボットによる、主にホワイトカラーの従事してきた業務を効率化・自動化する取組みをRPA(Robotic Process Automation)と呼び、矢野経済研究所では、その市場を予測している。従来ホワイトカラーがPCのキーボードやマウスで行ってきた定型作業を、ソフトウェア型の仮想ロボットに記憶・代行させることが可能になる。ここでは、RPAに関わるツールやコンサルティングサービス、システム開発・保守・メンテナンスなどのシステム・サービス市場を対象とする。上記の産業用ロボット、対話型ロボットなど、ハードウェア型のロボットは含めていない。図3-5-4のとおり2017年には132億円の市場が、2021年に621.3億円へと成長する見込みとしている。

■ 図3-5-4 RPA市場規模の推移(2015～2021年度)再掲



出典: 図3-3-14と同じ

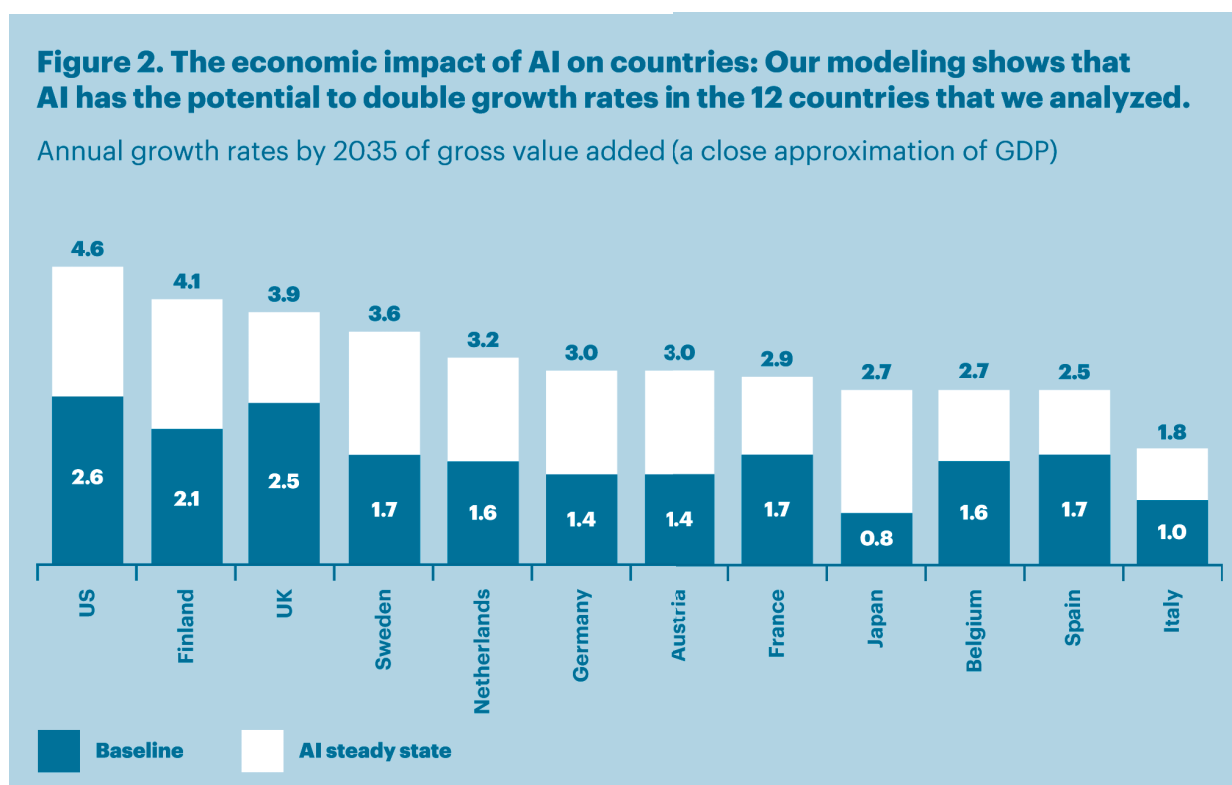
※65 世界ロボティクス関連市場予測を発表 (IDC) <<https://www.idcjapan.co.jp/Press/Current/20180213Apr.html>>

(2) AI利用による経済効果

ここではAI利用によって生じる経済効果についての3つの調査結果概要をまとめる。

Accentureの調査によれば、企業がAIを最大限に活用することで2035年までに収益を平均で38%向上できる可能性がある。企業のAI活用が進むことで、先進12カ国(日本、米国、フィンランド、英国、スウェーデン、オランダ、ドイツ、オーストリア、フランス、ベルギー、スペイン、イタリア)における16の業界(情報通信、製造、金融サービス、卸売・小売、運輸・倉庫、専門サービス、ヘルスケア、建設、農林水産、宿泊・飲食、水道・電気・ガス、アート・エンターテインメント、福祉サービス、公共サービス、教育、その他サービス)で、新たに年間14兆ドルの粗付加価値(GVA: GDP-税+補助金)の創出が可能になると予想している。なお、2035年までの世界各国のGVA成長率を倍増させるという予想も示されているが、その中でも日本は3倍以上の伸びとなっている(図3-5-5)。

■ 図3-5-5 AIによる主要国のGVA成長率の増加



出典: Accenture "How AI boosts industry profits and innovation" (2017/6)

PricewaterhouseCoopers (英国、PwC) の調査^{※66}によると、AIにより世界のGDPは2030年には14%以上増加(15.7兆ドル増加)し、中国では26.1% (7兆米ドル相当)、北米では14.5% (3.7兆米ドル相当)の増加になるという可能性が示されている。

マッキンゼー・グローバル・インスティテュートは、AIがビジネスにどのような影響を及ぼすかを航空会社、Eコマースなど19の産業分野の400事例を分析^{※67}し、年平均3兆5,000億ドル~5兆8,000億ドルの経済的価値を創出すると予測した。特にインパクトが大きい産業分野としては旅行

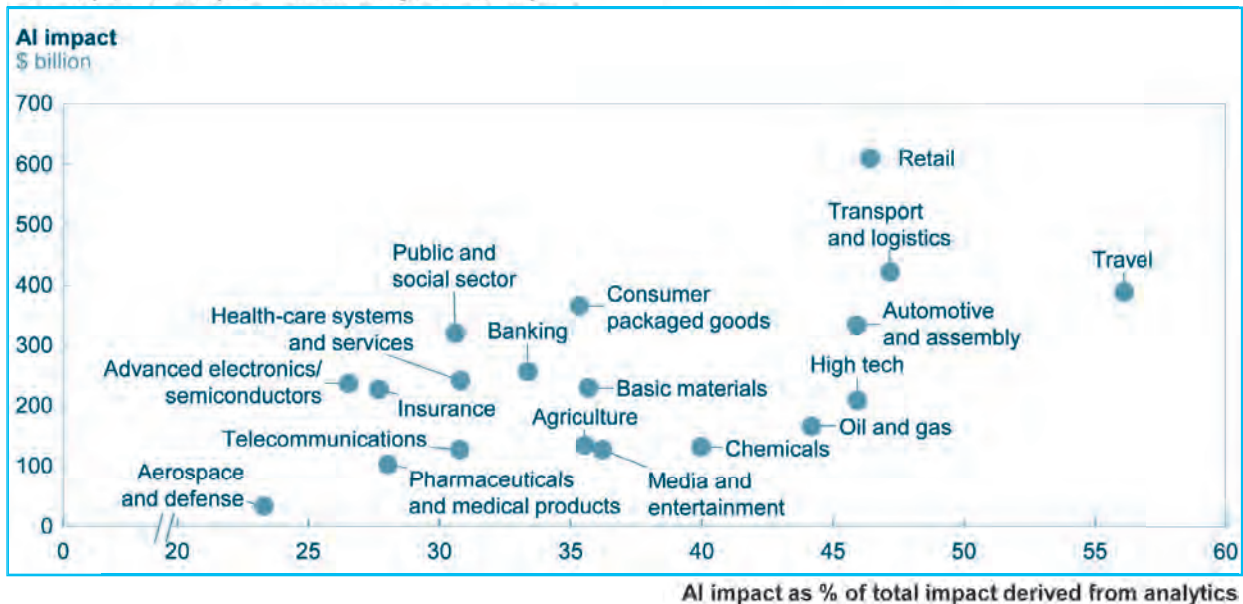
※66 PwC "Sizing the prize" (2017/6)

※67 McKinsey Global Institute "Notes from the AI frontier - Insights from hundreds of use cases" (2018/4)

業や小売業が上がっている(図3-5-6)。また、調査事例の69%がディープニューラルネットワークの活用により成果を向上可能と述べている。

■ 図3-5-6 AIが与える産業ごとのインパクト(年間)

AI has the potential to create annual value across sectors totaling \$3.5 trillion to \$5.8 trillion, or 40 percent of the overall potential impact from all analytics techniques



出典: Exhibit from "NOTES FROM THE AI FRONTIER INSIGHTS FROM HUNDREDS OF USE CASES", April 2019, McKinsey Global Institute, www.mckinsey.com. Copyright ©2018 McKinsey & Company, All rights reserved. Reprinted by permission.

◆ 参考文献

[1] 富士キメラ総研『2018工知能ビジネス総調査』, 2018

3.6 ▷ 今後の展望

本章で示すように、各産業分野におけるAI利用は着実に進展しており、実証実験レベルのみならず、多くの実用化事例も見られる。注目分野である自動運転に関しては、国内外で積極的な取り組みが進んでおり、政府も支援している。今後、安全についての検証性や説明性、社会の受容性などの課題解決を行い、実用化を進めていく必要がある。

国別の状況を見ると、中国のAIへの取り組み姿勢が顕著であり、AIベンチャーの勃興や中国政府のAI産業に対する積極的な支援策などにより、米国を追い越す勢いである。対して日本はAI分野において米中に大きく水をあけられている状況といえる。国内外のAI市場に関しては、昨年と比べやや緩やかではあるが、依然として高率の伸びを見せており、今後も有望な市場と考えられる。

なお、IPAがユーザー企業に対して行ったアンケート(資料A 企業におけるAI利用動向アンケート調査)では、AIの導入目的について効率化や生産性向上が上位となっており、収益向上への期待がうかがえる一方、実際の導入状況は導入済みが3.1%、実証実験中が7.1%と低く、導入への慎重姿勢も見受けられる。AIを適用する業務分野については、社内業務・一般業務から、コールセンター・問合せ対応、データ分析の高度化、営業・マーケティングなど幅広いニーズが挙げられている。AI導入の課題としては、「AIについての理解が不足している」が突出しており、ユーザー企業のAIリテラシー向上の必要性が明らかになっている。

今後もAIの国内外／産業別のAI利用状況を調査し、経年比較・分析を行うことにより、産業別・応用領域別のAIの社会実装状況の把握、実装課題の抽出、世界における日本のAI産業の立ち位置の明確化などを行っていくことが必要である。

特集 ▶ データで見る中国のAI動向

本書を作成するにあたって実施した利用動向や制度政策動向の調査においては、中国の政府や企業がAIに注力する状況が顕著に現れていた。そこで本書では、その勢いや方向性を感じ取れるよう、中国のAI動向を特集としてとりまとめることとした。

AIの研究開発及び利活用において、世界で最も先行するのは米国である。Google、Facebook、Amazon、Microsoft、AppleなどWeb上にビッグデータを持つ大手企業が、AI、特にディープラーニング技術の研究開発に必要となるビッグデータの収集とAIによる分析、自社サービスへのフィードバックと一層の精度向上を繰り返している。米国には、大手企業だけではなくAIベンチャー企業も数多くあり、米国AIのイノベーションに寄与している。これらの企業の取組みは、インターネットから始まったが、Googleがグループ傘下のWaymoで自動運転、Sidewalk Labsでスマートシティに取り組むなど現実社会にも進出を図っている。Amazonは、2018年1月にシアトルでAIやIoT技術によって無人化した店舗Amazon Goの第1号店をオープンさせた。デバイスの販売でも、Amazon Echoの提供とそのエコシステムの拡大により、スマートスピーカー市場で強力なポジションを獲得している。

これに対して、米国に迫る勢いで存在感を増しているのが中国である。中国では、米国とも日本とも異なるAI産業の発展の状況がみられる。AI企業としては、「BAT」^{*1}と呼ばれる3社がよく知られるが、ベンチャー企業も数多い。CB Insightsが2017年12月に発表したAI分野で活躍する全世界のスタートアップ企業「THE AI 100 2018」の100社を国別に見ると、米国が76社で最も多く、2位が中国の8社、日本から選出されているのはPreferred NetworksとLeapMindの2社である。

中国の急成長の背景には、政府による積極的かつスピーディな政策の推進と支援の実施、膨大な人口とインターネットやスマートフォンの利用者数、スマートフォンによる決済やネット通販、監視カメラネットワーク、音声などビッグデータの活用、多くの若手AI技術者の育成などがある。中国政府は、2017年7月に「新世代人工知能発展計画（次世代の人工知能開発プラン）」として方針を発表し、「（中国は）2020年までに世界トップレベルのAI技術を持つ国になり、2030年までに世界のAIイノベーションの中心地になる」としている。その後、2017年11月には4つのターゲット分野を定め、各分野のAIリーディングカンパニーを選定し、開発を後押ししている。この4分野とそれに対応する企業名は、医療分野がTencent、スマートシティがAlibaba、自動運転がBaidu、音声認識はiFLYTEKとなる。

一方で日本は、世界的な社会・経済の競争力強化を支えるAIにおいて後れを取っているといえる。とはいえ、ビッグデータと強力なコンピューターパワー、豊富な資金力や人的資源を背景とした米国や中国と同じ土俵で争うことは難しい。また、一般の企業においてはAIへの関心は高いものの、本章「資料A」に示すIPAの調査によると利用率は3%（実証実験を行っている企業を含めても1割）にすぎず、AIに対する理解不足も課題となっている。本節で紹介する先行する海外企業の技術やサービスを積極的に利用しながら、日本の強みを発揮できる分野で社会実装を加速させることが不可欠であろう。世界一のスピードで少子高齢化が進む日本においては、AIは労働力不足への対応、労働生産性の向上、高齢者のサポートなどの課題解決に向けた切り札となりうる。規制緩和、法制度の整備、

*1 Baidu：百度（バイドゥ）、Alibaba：阿里巴巴（アリババ）、Tencent：騰訊（テンセント）の3企業を指す。

ベンチャーのインキュベーション、人材育成など課題は多いが、海外の動向を参考に、官民をあげた取組みとして積極的に推進していくことが肝要である。

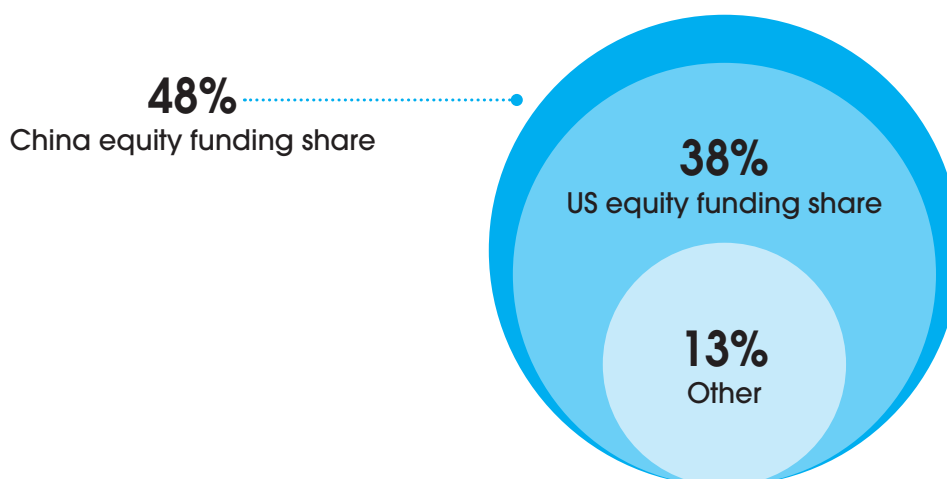
1 世界におけるAIの動向と躍進する中国

(1) AIスタートアップ企業の資金調達状況

米国調査会社のCB Insightsが2018年2月に発刊したレポート「State of AI 2018」によると、2017年のAI関連のスタートアップ企業の資金調達額合計152億ドルのうち、中国の占める比率が48%となり、米国の38%を超えて世界一となった(図3-F-1)。同レポートによると、2016年の比率では中国は11.3%であり、急速に拡大したことが分かる。

■ 図3-F-1 2017年AIスタートアップ資金調達額の国別割合

US vs China total equity funding to startups in 2017



出典:「State of AI 2018」CB Insights(2018年2月)

また、同レポートは、顔認証やAIチップの分野への投資が拡大していると指摘している。

顔認証の分野の主要プレイヤーは、Megvii (Face++ 旷視科技)、SenseTime (商湯科技)、CloudWalk (云从科技) である。最大の資金を得たのはMegviiで、2017年10月に4.6億ドルを調達した。また、CloudWalkは広州地方政府から資金の支援を受けた。表3-F-1にそれらのスタートアップの資金調達状況を示す。

■ 表3-F-1 中国顔認識技術スタートアップの資金調達状況

企業名	本社所在地	設定	資金調達状況
Megvii	北京	2011年	2017年10月に4.6億ドルを調達
SenseTime	北京	2014年	2017年7月に4.11億ドルを調達
CloudWalk	広州	2015年	広州の地方政府から3.01億ドルを調達

出典:各種公開資料より作成

中国が官民をあげて推進するのは、顔認証技術やAIチップに留まらず、AI技術全般である。中国科学技術部は、2017年11月に「次世代AI発展計画推進弁公室」を設立し、第1期国家次世代AI開放・革新プラットフォームとして医療、スマートシティ、自動運転、音声認識の4分野の発展を図る計画を定めた。顔認証技術やAIチップは、要素技術として、公安・交通・金融・教育・軍事など、中国政府が主導する分野でも応用されやすいため、早い時点で投資が進んでいると推測される。

(2) 未公開企業の潜在力

CB Insightsが2017年12月に公開したレポート「The AI 100 2018」では、世界の株式非公開のAI関連企業の中から注目企業100社を選出している。同社によると、資金調達、投資元、採用、ニュースやSNSでの露出、Webトラフィック、提携、関連マーケットなど各種データを活用するアルゴリズムを使って選んでいるという。

国別では、入選企業の多い順に表3-F-2のとおりとなった。米国が76社と他国に比べて圧倒的に多く、2位は中国で8社選出されている。「The AI 100 2017」では1位米国78社、2位中国4社であり、中国が存在感を増していることがうかがえる。

■表3-F-2 「THE AI 100 2018」国・地域別企業数

国・地域	企業数
米国	76社
中国(香港を含む)	8社
イスラエル	4社
イギリス	5社
日本	2社
カナダ	2社
フランス	1社
スペイン	1社
台湾	1社

出典: 「THE AI 100 2018」CB Insights

中国AI企業の実態を鑑みるにあたり、同じCB Insights社が日々更新しているユニコーン・カンパニーに関する別の資料も参照する。ユニコーン・カンパニーとは、評価価値十億ドル以上の有望な未公開企業を指すが、こちらの企業の多くがAI技術を駆使して事業展開しているため、中国AI市場の実態を把握するのに一見に値すると思われる。2018年10月10日現在、このリストに278社収録されており、国別で見るとトップ5は表3-F-3のとおりである。

中国のユニコーン・カンパニーは79社(全企業数の28.4%)であり、評価価値合計は2,580.7億ドル(入選企業価値合計の29.6%)に達し、他の国を遥かに凌いで米国を追う姿勢を示している。このリストに入選された日本のユニコーン・カンパニーは1社(Preferrred Networks)のみである。

■表3-F-3 ユニコーン・カンパニー(AI分野に限らない)の国・地域別企業数

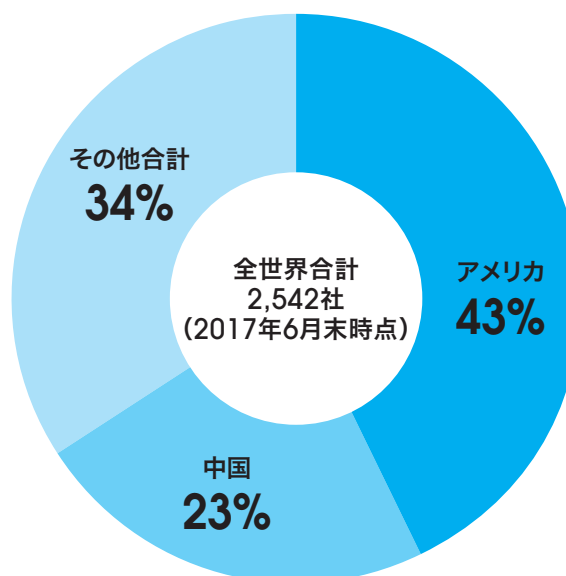
No.	国・地域	企業数
1	アメリカ	132社
2	中国	79社
3	イギリス	14社
3	インド	14社
5	ドイツ	6社
	その他(2社以下の国の合計)	33社
	合計	278社

出典:CB Insights社「THE Global Unicorn Club」(2018年10月10日参照)より作成

(3) 米国と中国のAI関連企業数

騰訊研究院(Tencentグループ)の調査によると、2017年6月末段階で、全世界でAI事業に携わる企業は約2,542社存在し、内訳としては米国1,078社(構成比約43%)、中国592社(同約23%)、その他(スウェーデン、シンガポール、日本、イギリス、オーストラリア、イスラエル、インドなどの国の合計)872社(同約34%)であった(図3-F-2)。

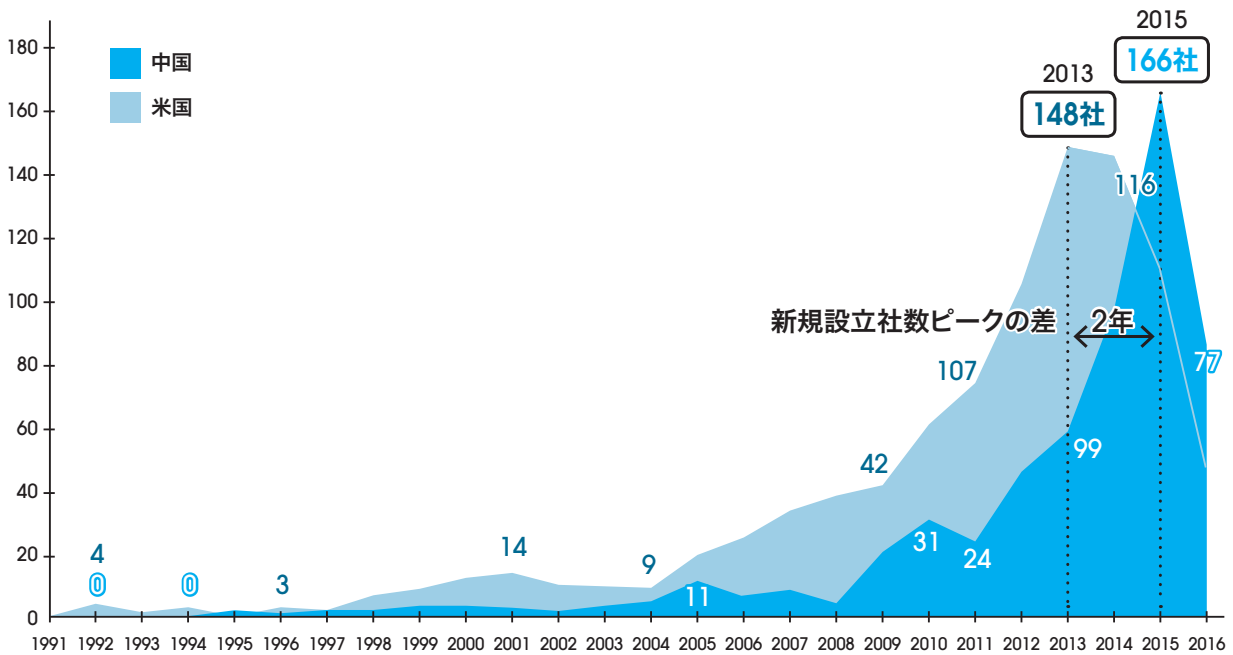
■図3-F-2 米国と中国のAI関連企業数



出典:騰訊研究院資料をもとに作成

1991年からの新規設立社数推移(図3-F-3)で見ると、米国は2013年(148社)、中国は2015年(166社)にピークを迎えた。2014年以降は、中国の新規設立社数が米国を上回る傾向にある。中国で最も早く設立されたAI企業の設立年は1996年とされており、米国から5年間後れを取っているが、中国AI企業の勢いは強い。

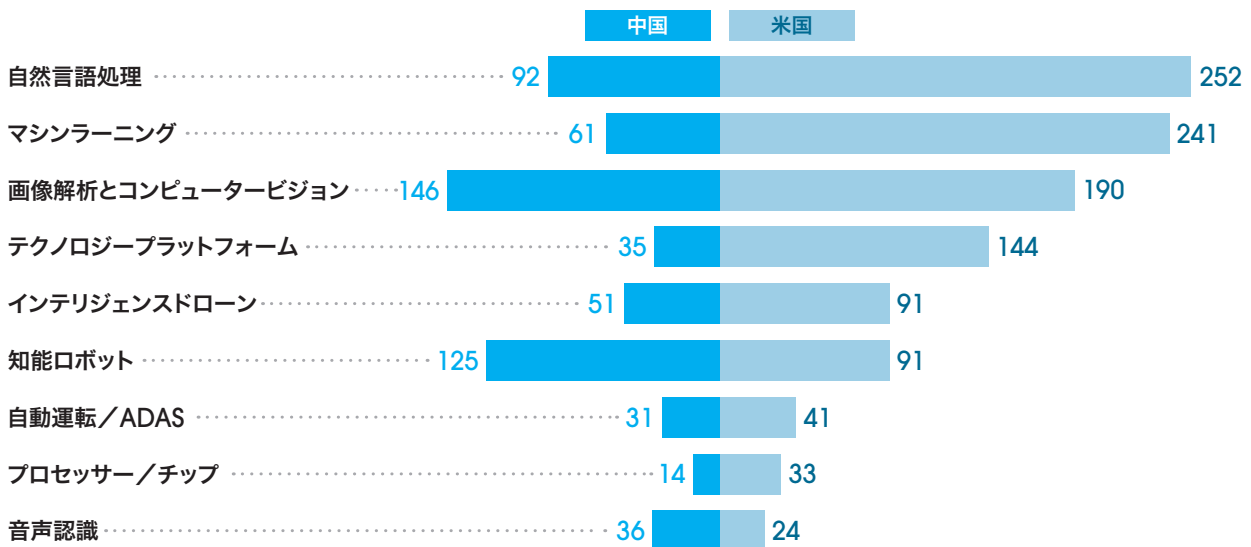
■ 図3-F-3 1991年以降の中国・米国AI関連企業新規設立社数の推移



出典：騰訊研究院資料に加筆

さらに、分野別の企業数を見ると、基本的には米国企業のほうが社数が多いが、図3-F-4のとおり、
 知能ロボットと音声認識においては、中国企業のほうが多い。

■ 図3-F-4 2017年分野別の中国・米国AI関連企業数



出典：騰訊研究院資料をもとに作成

(4) AI分野の特許出願数

AI分野の特許出願数は、米国が世界第1位、中国が世界第2位となっている。経済産業研究所「人工知能等が経済に与える影響研究」プロジェクトの「人工知能技術の研究開発戦略：世界特許分析による実証研究」によると、2015年～2016年の年平均AI関連特許出願数は、出願先国別に見ると、米国 (USPTO：米国特許商標庁) 1,550件、中国 (SIPO：中華人民共和国国家知識産権局) 306件、

日本(JPO：経済産業省特許庁)96件、PTC(国際特許)234件、欧州(EPO：欧州特許庁)102件である(表3-F-4)。

■表3-F-4 出願先別AI関連特許取得数(2015～2016年の年平均)

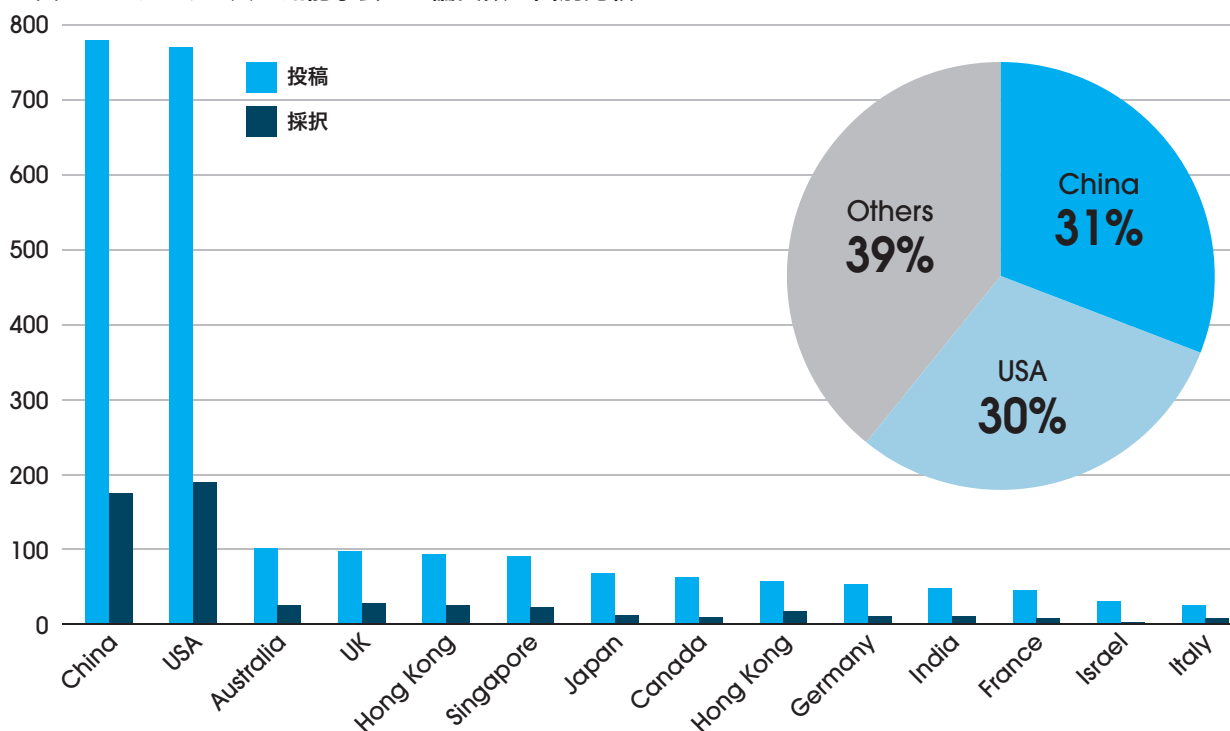
AI技術分野	米/USPTO	中/SIPO	日/JPO	PTC	欧/EPO
生物学(ニューラルネット等)	259	232	40	104	42
知識	738	45	25	58	26
数学	194	14	5	16	12
その他(量子コンピューティング等)	359	15	26	56	22
合計	1,550	306	96	234	102

出典：経済産業研究所「人工知能技術の研究開発戦略：世界特許分析による実証研究」※2をもとに作成

(5) アメリカ人工知能学会の投稿状況

JST(国立研究開発法人科学技術振興機構)のレポートによると、2017年2月に開催された、AIに関する米国で最大規模の会議「アメリカ人工知能学会AAAI(Association for the Advancement of Artificial Intelligence)」において、中国からの投稿数が31%と米国の30%を抜いた(図3-F-5)。日本は、投稿数で中国、米国、オーストラリア、シンガポールに次いで6位である。参加者を国籍別にみても、1,833名中米国964名(2016年708名)、中国275名(同156名)、日本92名(同48名)、韓国68名(同15名)、英国51名(同44名)である。参加者の5割以上が米国であるが、中国は15%を占め、人数の伸びも大きい。JSTは「中国が質量共に存在感を高めている」とコメントしている。

■図3-F-5 アメリカ人工知能学会での論文数の国別比較



出典：「第31回アメリカ人工知能学会報告」JST

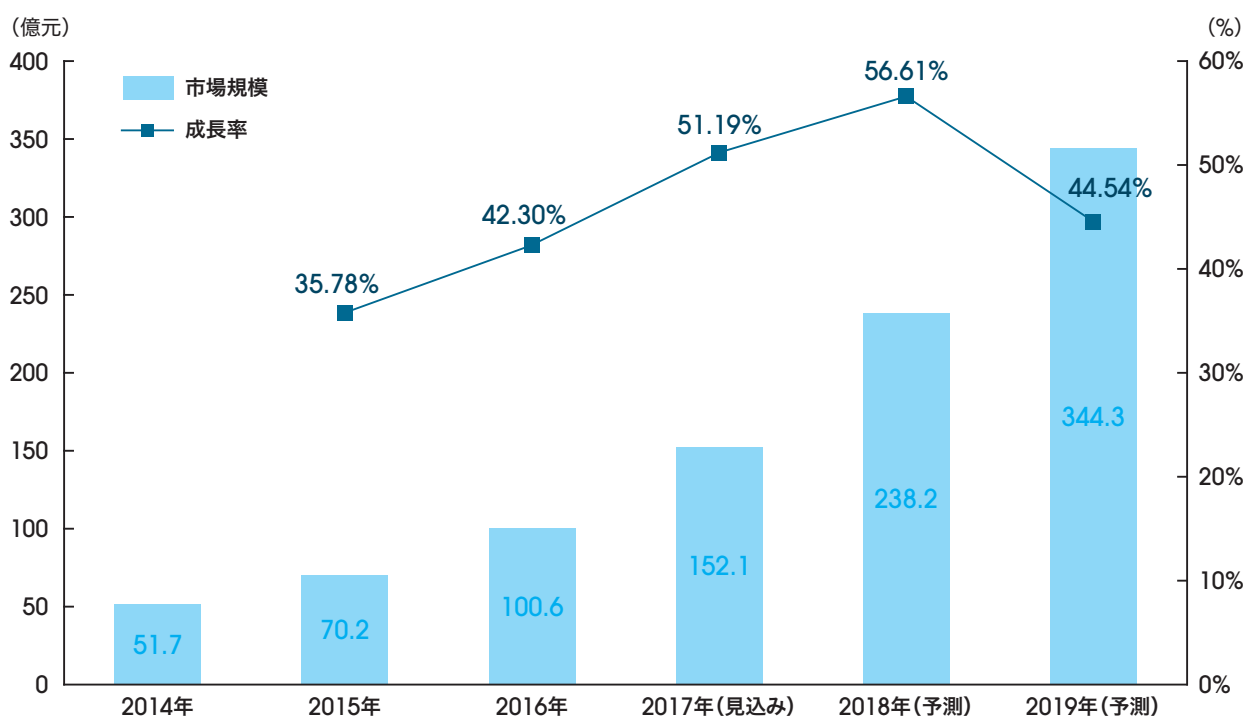
※2 独立行政法人経済産業研究所『人工知能技術の研究開発戦略：世界特許分析による実証研究 RIETIディスカッション・ペーパー：17-E-066「Trends and Priority Shifts in Artificial Intelligence Technology Invention: A global patent analysis」』藤井秀道・馬奈木俊介(2017年5月)

2 中国人工知能市場規模

(1) 市場規模推移

艾媒諮詢(iiMedia Research)の調査によると、2017年末時点で中国の人工知能市場の規模は150億人民元を突破。かつ成長率も再び50%強を記録し、過去最高を更新した(図3-F-6)。米国に比べて、中国の人工知能産業は発足が遅いものの、大手有力企業が牽引役を果たして注力した結果、4~5年の間産業全体的に著しく成長した。また、今後の数年間にも高い伸びを示すと見られている。

■ 図3-F-6 2014~2019年中国人工知能市場規模推移



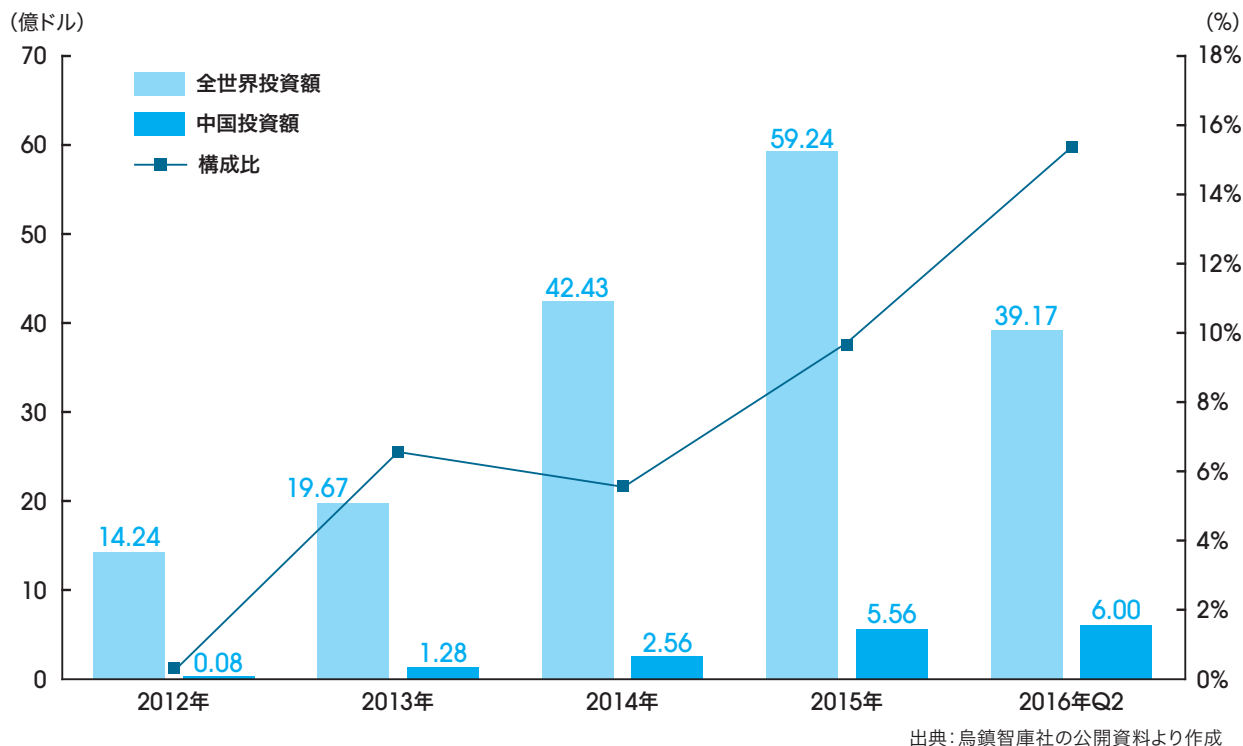
出典: 艾媒諮詢(iiMedia Research) 資料より作成

見た目の市場規模はそれほど大きくないとも見えるが、多くのベンチャー企業は技術開発中で製品実用化に至っていないことを考慮すると、実際はさらに大きい市場が潜んでいるという見方もできる。それを裏づける事実として、ここ数年AI市場へのファンド投資は既存市場規模を上回るほどの規模で、米国・中国の2国中心に行われた経緯がある。

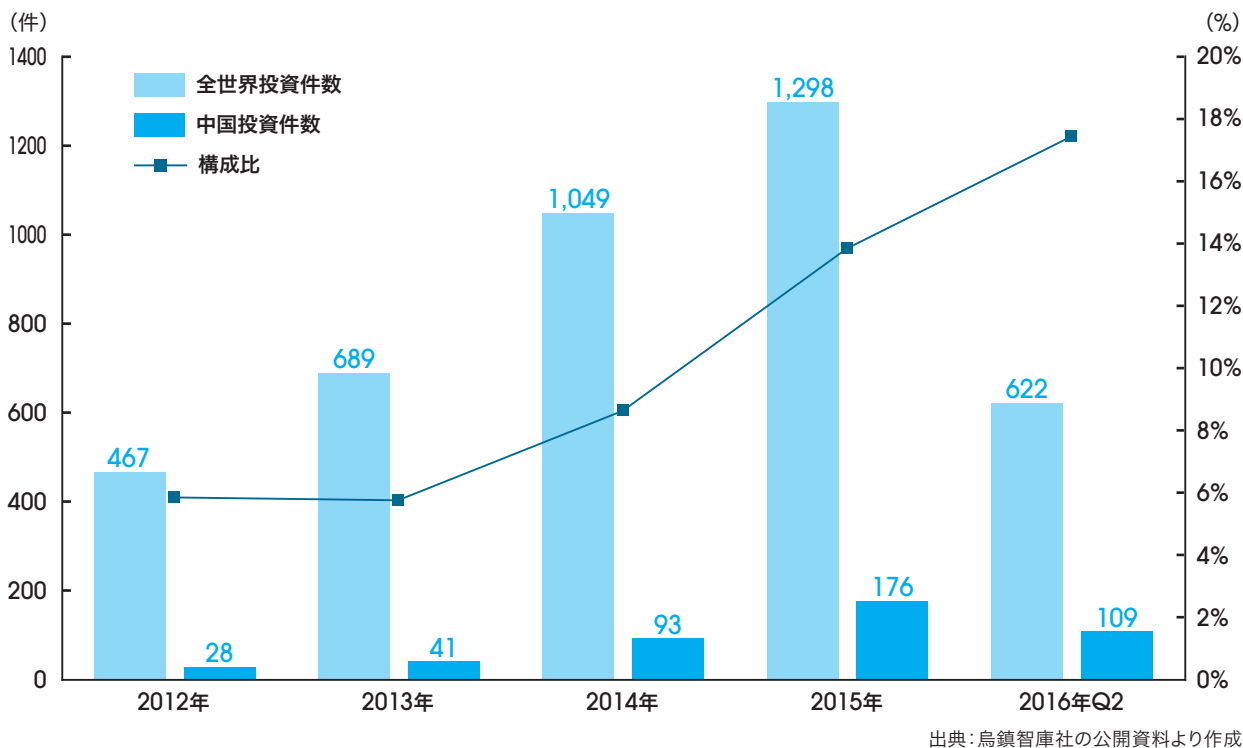
(2) ベンチャー投資額推移

烏鎮智库社の発表にもとづき、直近5年間の全世界と中国のベンチャー投資実績(投資額、投資件数)を図3-F-7、図3-F-8に示す。2013年から、世界全体に占める中国のベンチャー投資額や投資件数ともにその構成比が急増し、2016年Q2時点では17%前後を占めるようになったことが分かる。

■ 図3-F-7 2012～2016年世界・中国人工知能関連ベンチャー投資額推移

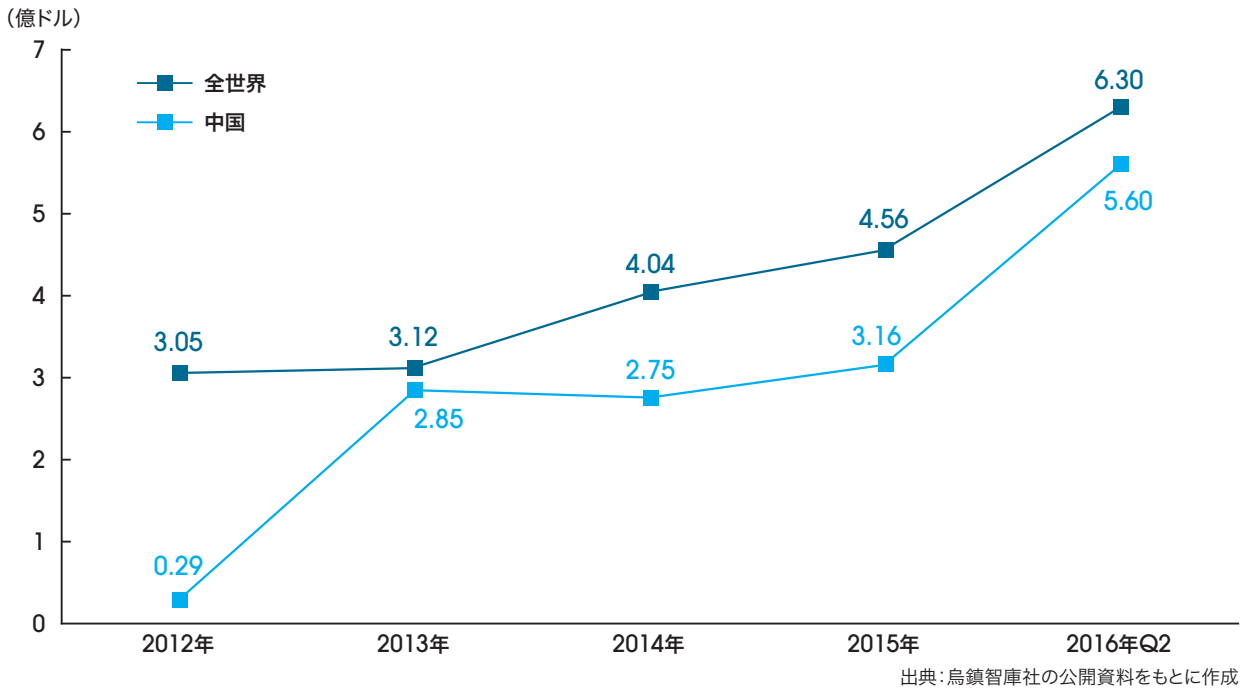


■ 図3-F-8 2012～2016年世界・中国人工知能関連ベンチャー投資件数推移



また、1件当たりの投資額で見た場合、2013年以降中国ベンチャー企業の融資能力はますます世界平均値に近づき、アメリカなど主要先進国と同期した形で推移しているといえる(図3-F-9)。

■ 図3-F-9 2012～2016年世界・中国人工知能関連ベンチャー投資平均投資額推移



一方、ITJUZI社の統計によると、2017年6月末で、中国AI市場へのファンド投資額は米国の51.1%に次いで、世界全体の33.1%を占めるようになった。

3 中国のAIリーディングカンパニー

中国のAI企業は、今や全世界においても存在感を強めている。

本特集の「1.(1) AIスタートアップ企業の資金調達状況」で紹介したように、中国政府は、2017年11月に「次世代AI発展計画推進弁公室」を設立し、第1期国家次世代AI開放・革新プラットフォームとして医療、スマートシティ、自動運転、音声認識の4つのターゲット分野を定めた。その際、各分野のリーディングカンパニーを選定し発表した。それらは、医療分野がTencent、スマートシティがAlibaba、自動運転がBaidu、音声認識はiFLYTEK(アイフライテック)である。BAT以外で選ばれたiFLYTEKは、1999年12月に安徽省合肥で設立されたAIベンチャーだが、中国語の音声認識の分野では実績豊富で、高精度の技術を開発している。音声認識のみに留まらず、2017年8月に精華大学とiFLYTEKが開発したロボットが中国の医師国家試験の筆記テストに合格したことが話題になったが、これは大量の医学知識を学習したうえで、テストの問題と選択肢について分析を行い、回答を出す技術が発揮された結果である。

BAT3社やiFLYTEKはいずれも株式を上場しており、その上場情報を表3-F-5に示す。各社は自社の強みを発揮し、AI市場において先手を打った施策を進めている。

■表3-F-5 リーディングカンパニー4社の上場情報

会社名	上場時期	上場場所	銘柄コード
Baidu	2005年8月5日	米NASDAQ	BIDU
Alibaba	2014年9月19日	米NYSE	BABA
Tencent	2004年6月16日	SEHK	TCEHY
iFLYTEK	1999年12月30日	SZSE	科大訊飛

出典:各種公開資料より作成

以下、その4社について、産業領域(インフラ、テクノロジー、アプリケーション)にまたがる産業チェーン)の構築状況、AI研究所の設立状況、人材育成策、AI業界のM&Aの4項目について、取組みを整理する。

(1) Baidu

2017年7月、Baiduは「百度AI開発者大会」で、「All in AI」戦略を打ち出した。数多くの第三者AI技術開発者とともに、自社の未来をすべてAIにかけ、中国AI市場の未来を切り開いていくと表明した。

●産業チェーン構築

Baiduは、モバイルインターネット市場で取った後れをAIで取り戻そうという志向が強く、BATの中で最もAIに注力しており、数多くの製品・プラットフォームを展開している。表3-F-6に、Baiduの各製品をインフラ、テクノロジー、アプリケーション等の産業領域別に整理した。

■表3-F-6 BaiduのAI産業チェーン構築

領域	主要製品
インフラ層	DuerOS用チップ
テクノロジー層	①Paddle- Paddle(深層学習プラットフォーム) ②BML(機械学習プラットフォーム)
アプリケーション層	B2B ①Appolo計画(自動運転用ソフトウェア開発プラットフォーム) ②DuerOS(対話式AI型OS) ③BaiduBrain(総合的AI開発プラットフォーム) ④Deepspeech2(音声認識システム)
	B2C ①百度識図(画像認識) ②百度自動運転車 ③度秘(Duer)(パーソナルアシスタント) ④DuLight(視覚障害者専用パーソナルアシスタント) ⑤BaiduEye(ウェアラブルデバイス) ⑥Dubike(AI自転車) ⑦DuLife(ウェアラブルデバイス) 等

出典:各種公開資料より作成

●AI研究所の設立

2013年当時、Baiduの研究院長であった余凱氏は「All in AI」戦略を貫くよう提案し、表3-F-7に示すように、同社はこれまで数多くのAI関連研究所を設立してきた。なお、表3-F-6に示した製品の多くは、これらの研究所の成果物である。

■表3-F-7 BaiduのAI研究所

設立時期	場所	研究所名
2013年1月	北京	深層学習研究室
2014年3月	シリコンバレー	AI研究室
2014年7月	北京	ビッグデータ研究室
2017年1月	北京	AR研究室
2017年6月	シリコンバレー	度秘事業部シリコンバレー研究開発チーム

出典:各種公開情報より作成

●人材育成

Baiduでは、研究所設立とともに2014年から「少帥計画」を公表し、30歳以下の優秀技術系社員向けに百万元以上の年収を約束した。そのため、短期間に数百人に及ぶAI人材がBaidu社に殺到するようになった。しかしその後、大きな人事異動など様々な要因からAI人材がBaiduを離れ、転職または独立してベンチャーを立ち上げるケースが多くなりみられた。中国AI市場に数多くのベンチャー企業を送り込んだという意味ではBaiduは大きく貢献したと言える。

●AI業界におけるM&A

Baiduは、「All in AI」戦略の実行スピードを上げるため、対外的な投資・買収を数多く実施している。表3-F-8にその活動を示す。

■表3-F-8 AI業界におけるBaiduのM&A活動

時期	種類	研究所名
2016年12月	買収	マーケティングの北京受教信息科技有限公司を約1億元で買収
2017年2月		音声技術の塗鴉科技 (TUYA SMART) を約1億ドルで買収
2017年4月		米コンピュータービジョンベンチャーのxPerceptionを買収
2017年7月		音声ベンチャーのKitt.AIを買収
2013年4月	投資	音声技術のsinovoiceに投資
2014年12月		イスラエルの映像キャプチャーのPixellotに300万ドルを投資
2016年9月		Baidu Ventureを設立し、AR・VRなど新技術のために2億ドルを用意
2017年2月		VR/AR/MR関連の3Dイメージングの8iに2,700万ドルを投資
2018年2月		CITICなどと共同でスマート家電のbroadlinkに総額3.43億人民元を投資

出典:各種公開資料より作成

(2) Tencent

Tencentは、BaiduほどAIに対して先駆的ではなかったが、2016年後半からついに本格的に市場参入した。2017年11月の「テンセントグローバルパートナーズ」で初めてTencentのAI戦略「AI in All」を公表し、AI技術を同社の強みであるアプリケーション(ゲーム、SNS等)に活用し、マネタイズを重視した目標を強調した。

Baiduと同様に、産業チェーン構築、AI研究所、人材育成、M&A活動を、それぞれ表3-F-9、表3-F-10、表3-F-11、表3-F-12にまとめる。

■表3-F-9 TencentのAI産業チェーン構築

領域	主要製品	
インフラ層	無し	
テクノロジー層	① Tencent cloud (AIクラウドサービス) ② Angel (高性能コンピューティングプラットフォーム) ③ NCNN (深層学習プラットフォーム)	
アプリケーション層	B2B	① 雲搜 (検索技術プラットフォーム) ② 文智 (中国語言語理解プラットフォーム) ③ 優図 (画像認識型ディープラーニングプラットフォーム)
	B2C	① Wechat AI (音声認識・自然言語処理・画像認識ツール) ② DREAMWRITER (ニュース編集機) ③ 絶芸 (囲碁AI) ④ 天天P図 (画像編集) ⑤ 叮当 (パーソナルアシスタント)

出典:各種公開資料より作成

■表3-F-10 TencentのAI研究所

分類	上場時期	場所	研究所名
自社研究所	2012年12月	深セン	優図実験室
	2015年7月	深セン	知能計算・検索実験室
	2016年11月	深セン	人工知能実験室
	2017年7月	シアトル	シアトルAI実験室
共同研究所	2015年4月	哈爾濱	騰訊-哈爾濱工業大学共同実験室
	2015年11月	香港	微信-香港科技大学共同実験室

出典:各種公開資料より作成

■表3-F-11 Tencentの人材育成策

時期	施策
2017年5月	香港中文大学Computer Science&Engineering学科の教授賈佳亞氏を特別採用
2016年11月～2017年3月	前後して、元百度研究院副院長 張潼氏を人工知能実験室主任に、元Microsoft Research Asia 研究員 俞棟氏を副主任に、元IBM技術者 劉威氏をコンピュータービジョンセンター総監にそれぞれ登用
2016年11月～現在	博士共同育成プロジェクト、Rhinocerosエリート院生計画、AI lab学術フォーラムなどを実施し、名門大学の優秀卒業生を募集
2012年12月～現在	Tencent cloudと優図実験室が共同で「AIアクセラレーター」を設立し、AI関連ベンチャーにインキュベーターサービスを提供

出典:各種公開資料より作成

■表3-F-12 AI業界におけるTencentのM&A活動

時期	種類	活動
2013年9月	投資	入カソフトのSougouに投資
2014年7月		AIベンチャーのScaled Inferenceに投資
2015年4月		データ分析のSkyMindに数百万ドルを投資
2015年5月		医療AIのCloudMedxに630万ドルを投資
2016年2月		画面認識のDiffbotに数百万ドルを投資
2016年4月		ヘルスケアのiCarbonXに投資
2017年7月		AR/VR技術のObenに500万ドルを投資

出典:各種公開資料より作成

(3) Alibaba

EC事業で大成功を収めたAlibabaは、AIはあくまでも技術ツールの一つであるとの認識を表明している。中国で拡大する無人店舗や、店舗内カメラの映像を活用した顧客分析や遠隔操作による在庫管理などを行うスマートリテールショップなどは代表的な取組みである。2017年10月には、AIなどの先端技術開発に3年で150億ドルを投じると発表した。米国、ロシア、イスラエル、シンガポールに研究所を設立し、研究員を100人採用する計画である。AI、IoT、量子コンピューティングなどの研究を強化するとしている。

以下同様に、産業チェーン構築、AI研究所、人材育成、M&A活動をそれぞれ、表3-F-13、表3-F-14、表3-F-15、表3-F-16にまとめる。

■表3-F-13 AlibabaのAI産業チェーン構築

領域	主要製品	
インフラ層	無し	
テクノロジー層	①PAI 2.0 (機械学習プラットフォーム) ②DTPAI (データマイニングプラットフォーム)	
アプリケーション層	B2B	①城市大脳 (都市全体管理・最適化システム) ②AliGenie (音声技術開発プラットフォーム) ③小Ai (歌手試合優勝予測) ④阿里緑網 (アグルト画像検出機能) ⑤阿里万象 (顧客サービスアシスト)
	B2C	①天猫精霊X1 (インテリジェンスステレオ) ②阿里小蜜 (パーソナルアシスタント) ③安娜、小俊、糖糖 (Alipayの言語理解サービス機能) ④ET機器人 (音声認識、映像認識、感情分析等)

出典:各種公開資料より作成

■表3-F-14 AlibabaのAI研究所

分類	上場時期	場所	研究所名
自社研究所	2007年4月	杭州	阿里研究院
	2014年10月	杭州	iDST (データ科学・技術研究院)
	2016年12月	杭州	人工知能実験室
	2016年3月	杭州	VR実験室
	2017年7月	杭州	螞蟻金服-人工知能実験室
共同研究所	2016年10月	北京	金融科技実験室 ※清華大学と螞蟻金服の共同実験室
	2017年1月	カリフォルニア	RISE実験室 ※螞蟻金服とUniversity of California Berkeleyの共同実験室

出典:各種公開資料より作成

■表3-F-15 Alibabaの人材育成策

時期	施策
2012年3月	「阿里星計画」を打ち出し、全世界に対し優秀人材を募集
2013年8月	Purdue University教授の漆遠を採用し、iDSTの3大責任者の一人に登用
2013年4月	元Google研究員の閔万里氏を採用し、人工知能首席科学者に登用
2014年12月	著名作家の涂子沛氏を採用し、iDSTの3大責任者の一人に登用
2014年7月	Michigan State University教授の金榕氏を採用し、iDSTの3大責任者の一人に登用
2016年7月	Microsoftパートナーの周靖人氏を採用し、Alicloud首席科学者に登用
2016年7月	IEEE Fellow受賞者の華先勝氏を採用し、iDSTのコンピュータービジョン責任者に登用
2017年5月	AI業界識者のMichael I.Jordan氏を雇用し、螞蟻金服シンクタンク首席に登用
2017年6月	元Amazonシニア科学者の任小楓氏を採用し、iDST副院長に登用
2017年3月	「NASA計画」を発表し、機械学習、AIチップ、IoT、OS、バイオ認識の新しい開発チームを構築

出典：各種公開資料より作成

■表3-F-16 AI業界におけるAlibabaのM&A活動

時期	種類	活動
2014年7月	投資	元Alibaba M Studio責任者の祝銘明氏が創立した音声識別のRokidに投資
2014年11月		深層学習のFace++に投資
2015年6月		ソフトバンク傘下のロボットベンチャーSBRHに145億円を投資
2017年8月		AIチップのcambriconに投資
2017年8月		AIチップのDeephiに投資
2017年10月		達摩院を設立し、今後の3年間で1,000億人民元を投資し、世界各地で研究所を設立予定
2017年11月		AIチップのKneronに数千万ドルを投資

出典：各種公開資料より作成

(4) iFLYTEK

iFLYTEK社は、複数のAI領域で事業を展開するBAT3社と異なり、音声認識技術に特化した企業であり、この分野で高い実績をあげている。設立が1999年と比較的早く、2000年代からAIの開発に取り組んでいる。MIT Technology Reviewが選出した「50 Smartest Companies 2017」では6位にランクインしており、海外においても知名度が高い。以下同様に、産業チェーン構築、AI研究所、M&A活動をそれぞれ表3-F-17、表3-F-18、表3-F-19にまとめる（人材育成はコメントのみ）。

表3-F-17 iFLYTEKのAI産業チェーン構築

領域	主要製品
インフラ層	音声認識チップ
テクノロジー層	①訊飛開放平台（オープンプラットフォーム） AIUI、身分認証、ロボット、ゲームなどの業界ソリューションを提供しながら、法人・個人開発者に訊飛のノウハウを共有し、共同で技術開発を図る。 ②AIUIマンマシンインターフェースモジュール ハードウェア・ソフトウェアを一体化させた遠距離音声識別システム
アプリケーション層	■教育ソフト ①暢言智慧校園（音声コントロール対応学校管理システム） ②暢言智慧課堂（教学用ソフト） ③暢言智能語音（二言語対応教学ソフト） ④訊飛啓明標準化考場解決方案（試験現場セキュリティ管理システム） ⑤訊飛啓明網上閱卷系統（オンライン試験審査システム） ⑥訊飛啓明招生考試管理平台（学生募集・試験管理システム） ⑦国家普通語智能測試系統（中国語能力評価システム） ⑧訊飛聽說智能測試系統（聴力試験管理システム） ⑨中国少数民族漢語水平等級考試系統（少数民族向け中国語能力評価システム） ⑩音楽等級考試智能模擬測試系統（音楽専門能力評価システム） ⑪大学英语筆記考試智能閱卷与分析系統（大学生向け英語筆記試験オンライン審査システム） ⑫英語聽說智能考試与教学系統（英語聴力能力教学・試験システム） ⑬大学英语四・六級口語考試系統（大学英语能力4級・6級口頭試験システム） ⑭普通話模擬測試与学習系統（中国語能力学習・模擬試験システム） ⑮智学網（教学補佐プラットフォーム） ⑯熊宝報聽写（教科書朗読補佐ソフト） ⑰熊宝背課文（教科書暗唱補佐ソフト） ■通信業向けソリューション ①音声合成エンジン ②音声識別エンジン ③声紋識別エンジン ■ハードウェア ①曉曼機器人（知能ロボット）
	2B ■ツール（ソフトウェア） ①訊飛輸入法（入力ソフト） ②録音宝（音声⇒テキスト転換ソフト） ③開心熊宝（インタラクティブ児童教育ソフト） ④靈犀（知的アシスタント） ⑤聽說無憂（英語学習ソフト） ■音楽アプリ ①個性彩鈴（カスタマイズ可能な着メロアプリ） ②蝦咪音樂Bar（音声コントロール可能なカラオケアプリ） ③叮咚智能音箱（アシスタント機能付きスマートステレオ） ④音楽語音搜索（音楽検索エンジン） ■ハードウェア ①開心熊宝雲夥伴（アシスタント知能ロボット） ②開心熊宝雲電話手表（アシスタント型ウェアラブルデバイス） ③阿爾法小蛋、阿爾法機器人（アシスタント知能ロボット） ④訊飛智能護眼灯（音声喚起可能な护眼型デスクライト） ⑤小飛魚（運転用アシスタント） ⑥曉訳翻譯機（多言語知能翻訳マシン） ⑦音声⇒テキスト転換機 ⑧iTV（音声制御機能付きリモコン） 2C

出典: 各種公開資料より作成

■表3-F-18 iFLYTEKのAI研究所

分類	時期	場所	研究所名
自社研究所	2005年	合肥	科大訊飛研究院を設立
	2008年	合肥	国家863計画成果産業化基地を設立 ※国家プロジェクトの請負
	2010年	合肥	国家知能語音高技術産業化基地を設立
	2011年	合肥	語音及語言信息処理国家工程実験室を設立
共同研究所	1980年	合肥	人機語音通信実験室を設立 ※国家智能計算機研究開発中心と共同設立
	2000年	合肥	中国科学技術大学、中国社会科学院と共同実験室を設立
	2002年	合肥	科大訊飛エンジニアリング修士クラス、科大訊飛科学研究ワークステーション、軟件学院 育成基地の3つを設立 ※中国科学技術大学と共同設立
	2005年4月	合肥	Nuanceと共同実験室を設立
	2006年	北京	清華一訊飛音声技術共同実験室を設立
	2014年	合肥	中国声谷を設立 国有企業である安徽省信息産業投資控股有限公司と共同設立

出典：各種公開資料より作成

■表3-F-19 AI業界におけるiFLYTEKのM&A活動

時期	種類	活動
2014年8月	投資	業務用ロボットの雲迹科技に投資
2016年4月		知的ロボットのRooboに投資
2016年8月		AIチップのcambriconに投資
2016年10月		教育用VRの訊飛幻境に投資
2016年11月		知能テレビゲームの小Y游戲に投資
2017年1月		英語作文分析ツールのRealSkillに投資
2017年5月		知能化ステレオの叮咚音響に投資
2017年6月		音声制御マウスの咪鼠科技に投資
2017年8月		自動運転の主線科技に投資
2018年1月		AI情報メディアの機器之心に投資

出典：各種公開資料より作成

●人材育成

同社では、中途採用を行うことが少なく、基本的に「721育成モデル」にもとづいて人材を社内で育成している。また、中国科学技術大学、清華大学から毎年優秀な卒業生を優先採用している。

4 中国の有力AIベンチャー企業

前項で説明したリーディングカンパニー4社に加え、中国のAIベンチャー企業も、各分野において猛スピードで成長しており、そのうちの多くはグローバルにおいても高い競争力を持っている。特に知能ロボット、音声認識の2分野においては、中国ベンチャー企業の数も多く、中国国内の膨大なユーザー数(例えば携帯電話経由のネットユーザー数は11億人)にもとづくデータ量やフィードバックを武器に、ユーザー体験を常に改善し、素早く最新技術を導入して開発を行っている。

まず、本特集の「1.(2) 未公開企業の潜在力」で示した「The AI 100 2018」に選ばれた8社のベンチャー企業の概要を表3-F-20に示す。

■表3-F-20 CB InsightS「The AI 100 2018」に選ばれた中国AIベンチャー8社の概要

社名	分野	概要
Beijing Byte Dance Telecommunications (北京字節跳動科技)	ニュース&メディア	SNSや閲覧傾向の分析などから個人の好みを把握し、独自のデータマイニングやレコメンド技術を利用したニュース情報アプリを提供。
Cambricon Technologies Corporation (寒武紀科技)	ハードウェア	ディープラーニング用のチッププロセッサであるCambricon-1Aを提供。
CloudMinds Technology (達闡科技)	ロボティクス	クラウドベースのスマートロボット、クラウドネットワーク、大規模機械学習プラットフォーム、スマートターミナル及びロボットのコントロール技術を提供する
Megvii Technology (北京曠視科技)	業種共通	顔認識技術のプラットフォーム「Face++」の運営とモバイルゲームスタジオを運営する。
Shanghai Liulishuo Information Technology (流利説)	教育	世界有数のAIを活用した教育サービスのテクノロジーを持つ。主力製品のLiulishuoは、ディープラーニングを用いて開発されたAI英語教師アプリで、パーソナライズされた適応学習機能を持つ。
Mobvoi(羽扇智)	業種共通	音声認識技術を有し、音声検索機能を持つスマートウォッチTicwatchや、飛行機・電車・レストラン・ホテル・旅行者用のナビゲーションなどの情報を提供するツールChumen Wenwenを提供する。
SenseTime group(商湯科技)	業種共通	ディープラーニング技術をコンピュータービジョンに適用し、顔認識技術を開発する。モバイル、金融サービス、セキュリティ、自動運転などの分野に画像認識技術を提供する。
UBTECH Robotics(優必選科技)	ロボティクス	人型ロボットの開発における有力企業。

出典:各種公開情報より作成

このほかにも、多くのAIベンチャー企業が活動している。表3-F-21は、①自然言語処理、②マシンラーニング、③画像解析とコンピュータービジョン、④音声認識、⑤プロセッサ・チップ・センサー、⑥知能ロボット、⑦テクノロジープラットフォーム、⑧インテリジェンスドローン、⑨自動運転/ADAS、⑩知的インタラクティブシステム等10分野の有力ベンチャー企業をまとめたものである。

表3-F-21 中国有力AIベンチャー企業リスト

No.	ブランド名	企業名	事業分野	本部所在都市
1	trio.ai(三角獣)	三角獣(北京)科技有限公司	自然言語処理	北京
2	来也	北京来也網絡科技有限公司		北京
3	語義Cloud	聚燭信息技術(上海)有限公司		上海
4	半個医生	杭州蕙泉健康諮詢有限公司		杭州
5	BOSON	上海玻森数抛科技有限公司		上海
6	商鵲網	南京雲在商鵲信息科技有限公司		南京
7	小機器人	上海智臻智能網絡科技股份有限公司		上海
8	風報	上海風報企業征信服務有限公司		上海
9	風語者機器人	北京中通網絡通信股フェン有限公司		北京
10	头条	北京字節跳動科技有限公司		北京
11	GOWILD	深セン狗尾草智能科技有限公司		深セン
12	易手邦	北京中微通信信息技術有限公司		北京
13	CLOUD CLONE	杭州云分身機器人科技有限公司		杭州
14	第四範式	第四範式(北京)技術有限公司	マシンラーニング	北京
15	BAIDU IDL	北京百度網訊科技有限公司		北京
16	ALI IDST	阿里巴巴(中国)網絡技術有限公司		杭州
17	華為雲	華為軟件技術有限公司		南京
18	滴滴出行	滴滴出行科技有限公司		天津
19	京東	北京京東参百陸拾度電子商務有限公司		北京
20	地平線	深セン地平線機器人科技有限公司		北京
21	DIX	深セン市騰訊計算機系統有限公司		深セン
22	TUPUTECH	広州図普網絡科技有限公司		画像解析と コンピュータービジョン
23	SENSETIME	北京市商湯科技開発有限公司	北京	
24	YITU	上海依図網絡科技有限公司	上海	
25	Yi+	北京陌上花科技有限公司	北京	
26	FACE++	北京曠視科技有限公司	北京	
27	DeepGlint	北京格靈深瞳信息技術有限公司	北京	
28	ReadSense	上海閱面網絡科技有限公司	上海	
29	雲从科技	広州雲从信息科技有限公司	広州	
30	PERCIPIO.XYZ	上海図漾信息科技有限公司	上海	
31	MALONG	深セン碼隆科技有限公司	深セン	
32	DeepCare	北京羽医甘藍信息技術有限公司	北京	
33	酒味曠	佛山市味曠購信息技術有限公司	佛山	
34	intell ifusion	深セン雲天励飛技術有限公司	深セン	
35	infer VISION	北京推想科技有限公司	北京	
36	12siana	図瑪深維医療科技(北京)有限公司	北京	
37	TURNICON	図麟信息科技(上海)有限公司	上海	
38	UNISOUND	北京雲知声信息技術有限公司	音声認識	北京
39	YOUNGTONE	上海優同科技有限公司		上海
40	車羅卜	北京棠駕科技有限公司		北京
41	思昂教育	北京凌声芯語音科技有限公司		北京
42	科大訊飛	科大訊飛股フェン有限公司		合肥
43	AISPEECH	蘇州思必馳信息科技有限公司		蘇州
44	捷通華声	北京捷通華声科技股フェン有限公司		北京
45	雲歌信息	杭州雲歌信息科技有限公司		杭州
46	馳声	蘇州馳声信息科技有限公司		蘇州
47	出門問問	北京羽扇智信息科技有限公司		北京
48	ThinkIT	北京中科信利技術有限公司	北京	
49	OLAMI	威盛電子(上海)有限公司	プロセッサー・ チップ・センサー	上海
50	DEEPHI	北京深鑿科技有限公司		北京
51	VIMICRO	北京中星微電子有限公司		北京
52	Cambricon	北京中科寒武紀科技有限公司		北京
53	NVIDIA	商輝達半導體(上海)有限公司		上海
54	MEDIATEK	聯發博動科技(北京)有限公司		北京
55	地平線	深セン地平線機器人科技有限公司		北京
56	NOVUMIND	北京異構智能科技有限公司		北京
57	大立科技	浙江大立科技股フェン有限公司		杭州
58	CISTA	上海芯攝達科技有限公司	上海	

(続く)

59	SAISUN	瀋陽新松機器人自動化股フェン有限公司	知能ロボット	瀋陽
60	DFROBOT	上海智位機器人股フェン有限公司		上海
61	EFORT	埃夫特智能裝備股フェン有限公司		蕪湖
62	TAMI	塔米智能科技(北京)有限公司		北京
63	UBTECH	深セン市優必選科技有限公司		深セン
64	Merber Technology	北京曼宝科技發展有限公司		北京
65	ECOVACS	蘇州科沃斯機器人電子商務有限公司		蘇州
66	Xrobot	深セン市銀星智能科技股フェン有限公司		深セン
67	roobo	北京智能管家科技有限公司		北京
68	iRayrobot	阿亦睿機器人科技(上海)有限公司		上海
69	ESTUN	南京埃斯頓自動化股フェン有限公司	南京	
70	CANBOT	深セン市紫光傑思谷科技有限公司	深セン	
71	BeagleData	天雲融創數拋科技(北京)有限公司	テクノロジー プラットフォーム	北京
72	elensdata	北京一覽群智數拋科技有限責任公司		北京
73	PerfxLab	澎峰(北京)科技有限公司		北京
74	henghao data	広州衡昊數拋科技有限公司		広州
75	ideepmind	深思考人工智能機器人科技(北京)有限公司	北京	
76	第四範式	第四範式(北京)技術有限公司	北京	
77	DJI	深セン市大疆創新科技有限公司	インテリジェンス ドローン	深セン
78	FLYPRO	深セン飛豹航天航空科技有限公司		深セン
79	XAIRCRAFT	広州極飛科技有限公司		広州
80	KeyShare	湖南基石信息技術有限公司		長沙
81	ehang	広州億航智能技術有限公司		広州
82	ZEROTECH	零度智控(北京)智能科技有限公司		北京
83	GDU	普宙飛行器科技(深セン)有限公司		深セン
84	JIYUAV	極翼機器人(上海)有限公司		上海
85	SKY Intelligence	西安斯凱智能科技有限公司		西安
86	AIBIRD	武漢智能鳥無人機有限公司		武漢
87	YUNEEC	昊翔電能運動科技(昆山)有限公司	蘇州	
88	AEE	深セン一電科技有限公司	深セン	
89	千牛無人機	湖南千牛無人機科技有限公司	岳陽	
90	MOLA	上海九鷹電子科技有限公司	上海	
91	百度自動運転	北京百度網訊科技有限公司	自動運転/ADAS	北京
92	地平線	深セン地平線機器人科技有限公司		北京
93	MOMENTA.AI	北京魔門塔科技有限公司		北京
94	UISEE	馭勢科技(北京)有限公司		北京
95	Smarter Eye	北京中科慧眼科技有限公司		北京
96	Holomatic	禾多科技(北京)有限公司		北京
97	tusimple	北京圖森未來科技有限公司		北京
98	MINIEYE	深セン佑駕創新科技有限公司		深セン
99	ZongMu	縱目科技(上海)股フェン有限公司		上海
100	uinnova	北京優諾科技有限公司		北京
101	vidoo	天津鋒時互動科技有限公司	知的インタラクティブ システム	天津
102	HISCENE	亮風台(上海)信息科技有限公司		上海
103	seengene	北京悉見科技有限公司		北京
104	NOITOM	北京諾亦騰科技有限公司		北京
105	SENSCAPE	觸景無限科技(北京)有限公司		北京
106	ORBEC	深セン奧比中光科技有限公司		深セン
107	img	北京英梅吉科技有限公司		北京
108	USENS	杭州凌感科技有限公司		杭州

出典:各種公開資料より作成

5 個別技術分野ごとの有力企業

中国の有力AIベンチャー企業の中から個別技術分野ごと(ロボット、ドローン、音声認識、自然言語処理技術、自動運転、Deep Learning、CVIP(Computer Vision and Image Processing))に抽出し、資本金設立時期などの企業主要諸元、主要製品・技術及びその会社の強みを説明する(表3-F-22～表3-F-28)。

(1) ロボット：瀋陽新松機器人自動化股フェン有限公司

■表3-F-22 瀋陽新松機器人自動化股フェン有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	瀋陽新松機器人自動化股フェン有限公司／SAISUN
登録地	遼寧省瀋陽市渾南新区
登録資本金	156,024万人民元
企業属性	その他股フェン有限公司（株式上場済）
設立時期	2000年4月30日
URL	http://www.siasun.com
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・各種ロボット（工業用、運搬用、アシスト、掃除、特殊用途くトラスマニピュレーター等）、医療用、エネルギー分野向け等） ・物流用運搬装置、自動化製造ライン、3Dプリンター、知的交通用装置等
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・中国科学院傘下企業 ・業界初の上場市場、年商約25億人民元 ・中国ロボット協会会長企業、中国ロボット標準化全体企画リーグ企業 ・「第一回革新的企業」入選企業 ・自動車、家電、通信、金属加工、インテリア、太陽光発電、食品・医薬、エネルギー・石油化学、紡績・印刷・物流、教育、半導体など多数の業界において導入実績を有する。

出典：各種公開資料より作成

(2) ドローン：深セン市大疆創新科技有限公司

■表3-F-23 深セン市大疆創新科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	深セン市大疆創新科技有限公司／DJI
登録地	広東省深セン市南山区
登録資本金	3,000万人民元
企業属性	有限責任公司（台湾／香港／マカオ法人独資）
設立時期	2006年11月6日
URL	http://www.dji.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・民生用ドローン／専門用ドローン ・ドローン用メガネ、撮影安定システム、ドローン用パワーシステム、ドローン用コントローラー ・その他ドローン用周辺装置
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・企業価値100億米ドル以上、年間売上約180億人民元 ・海外市場の売上が高く、100以上の国へ輸出 ・米国におけるシェアNo.1、全世界におけるシェア約70%

出典：各種公開資料より作成

(3) 音声認識：北京雲知声信息技术有限公司

■表3-F-24 北京雲知声信息技术有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	北京雲知声信息技术有限公司／UNISOUND
登録地	北京市海淀区
登録資本金	1,846万人民元
企業属性	有限責任公司（中外合弁）
設立時期	2012年6月12日
URL	http://www.unisound.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・ハードウェア（AIチップ、スマートロボット） ・応用ソリューション（スマート家電、スマート車載、スマート医薬、スマート教育） ・「モノのインターネット」に関する協力型開発オープンプラットフォーム
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ファンドから計約6億人民元融資し、企業価値10億米ドル、年間売上約6,000万人民元 ・音声技術の関連特許を約50件登録 ・安静環境下中国語音声認識正確率：約96% ・騒音環境下中国語音声認識正確率：約80% ・対応言語：中国語、広東語、英語、ドイツ語、スペイン語等

出典：各種公開資料より作成

(4) 自然言語処理技術：蘇州思必馳信息科技有限公司

■表3-F-25 蘇州思必馳信息科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	蘇州思必馳信息科技有限公司／AISPEECH
登録地	江蘇省蘇州工業園区
登録資本金	2,000万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2007年10月26日
URL	http://cn.aispeech.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・音声入力ソフト ・AIOS（各OSで作動し、音声技術をパッケージングしたmeta operating system） ・応用ソリューション（スマートカー、スマート家電、スマートロボット向け） ・ヒューマニゼーション型知能音声対話技術プラットフォーム
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・Alibabaを始め、複数のファンドが約4億人民元投資 ・上海交通大学と智能語音技術実験室を共同設立 ・Man-Machine Interaction関連技術の論文を80以上も国際主要メディアで発表し、ISCA等から優秀賞を受賞 ・AIOS（Artificial Intelligence Speech Operating System）を提供して、Alibaba系列の高徳、阿里汽車、蝦米音楽や喜馬拉雅などと協力し、智能車載デバイス専用OSの「YunOS Carware」を共同開発

出典：各種公開資料より作成

(5) 自動運転・ADAS：馭勢科技(北京)有限公司

■表3-F-26 馭勢科技(北京)有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	馭勢科技(北京)有限公司/UISEE
登録地	北京市房山区
登録資本金	1,034万人民元
企業属性	有限責任公司(中外合弁)
設立時期	2016年2月3日
URL	https://www.uisee.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ■製品 ・L1～L3無人運転自動車、場所限定したL4無人運転自動車、物流用無人運転自動車、自動パーキングシステム ■技術 ・自動運転車用深層学習アルゴリズム、マルチセンサーによる融合的アルゴリズム、意思決定・コントロールアルゴリズム、位置推定アルゴリズム ■プラットフォーム ・遠隔モニタリング・コントロールシステム、Man-Machine Interactionシステム、自動運転車用運営システム
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・シリーズAまで約5,000万人民元融資、設立1年目で価値5億人民元突破 ・ZHENFUND、Sinovation Ventures等有力ファンドが投資 ・創業メンバーにはIntel、Google出身者が多い ・Reddot Award 2017入賞 ・杭州来福士広場、広州空港で無人運転自動車を運営

出典：各種公開資料より作成

(6) Deep Learning：北京深鑑科技有限公司

■表3-F-27 北京深鑑科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	北京深鑑科技有限公司/DEEPhi
登録地	北京市海淀区
登録資本金	2,000万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2016年3月3日
URL	http://www.deephi.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・スマートIPC(深層学習加速モジュール)、スマートNVR/DVRモジュール(深層学習加速モジュール) ・映像構造化サーバー(深層学習加速モジュール)、深層圧縮ツールDECENT、ニューラルネットワークコンパイラDNNC、FPGAプラットフォームにもとづくDPU、「雨燕」深層学習処理プラットフォーム
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・Alibaba、Samsung Venturesなど大手ファンドが投資、現在まで約5億人民元を融資 ・企業価値10億人民元以上 ・清華大学から技術サポートを受ける、主要創業メンバーは全員清華大学出身者

出典：各種公開資料より作成

(7) CVIP：広州図普網絡科技有限公司

■表3-F-28 広州図普網絡科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	広州図普網絡科技有限公司/TUPUTECH
登録地	広東省広州市天河区
登録資本金	100万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2014年4月1日
URL	http://www.tuputech.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ■製品 <ul style="list-style-type: none"> ・「最美搜衣」（衣装検索エンジン）、商業施設における顧客認識、流動分析システム ■技術 <ul style="list-style-type: none"> ・アダルトコンテンツ識別、暴力コンテンツ識別、政治人物識別、物体・場面識別 ・生放送モニタリング、顔面認識、文字認識、画像の芸術的処理
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・現在まで2億人民元強を融資 ・創業者は元TencentのQQメール責任者、Wechat開発参加者 ・毎日10億枚以上の画像を処理できる ・浙江大学とAI Labを共同設立、多数の動画サイトや政府機関と業務提携

出典：各種公開資料より作成

6 産業応用分野ごとの有力企業

中国の有力AIベンチャー企業の中から産業応用分野ごと（金融、医療、セキュリティ、家電、交通、無人コンビニ）に抽出し、資本金設立時期などの企業主要諸元、主要製品・技術及びその会社の強みを説明する（表3-F-29～表3-F-34）。

(1) 金融：深セン市前海第四範式数拠技術有限公司

■表3-F-29 深セン市前海第四範式数拠技術有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	深セン市前海第四範式数拠技術有限公司
登録地	深セン市前海深港合作区
登録資本金	1,516万人民元
企業属性	有限責任公司（中外合弁）
設立時期	2014年9月17日
URL	https://www.4paradigm.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ■技術 <ul style="list-style-type: none"> ・「AI - Driven Enterprise Core System」（企業向けAIシステム構築ツール） ・「AI Prophet (SaaS)」（上記システムのSaaS版） ・「PROPHET」（AI開発のオープンプラットフォーム） ■製品 <ul style="list-style-type: none"> ・金融業界ソリューション ・10億単位位の過去取引履歴データベースにもとづく不正取引の検知、破産予測、資産予測、リスク認識流失予防等。ユーザー一人一人にリアルタイムにプレジジョンマーケティング、人工知能にもとづくカスタマサービス ■コンサルティング <ul style="list-style-type: none"> ・AI構築の事前調査、企画策定、実施をオンデマンドサポート
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・Sinovation Ventures、sequoia capなど大手ファンドが投資、企業価値約5億人民元 ・創業者の一人はBaidu「鳳巢システム」の元責任者 ・中国工商銀行、中国銀行、中国建設銀行から戦略的投資を受けた ・光大銀行クレジットカードセンターとAI実験室を共同設立

出典：各種公開資料より作成

(2) 医療：深セン碳雲智能科技有限公司

■表3-F-30 深セン碳雲智能科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	深セン碳雲智能科技有限公司
登録地	深セン市前海深港合作区
登録資本金	1,287万人民元
企業属性	有限責任公司（中外合弁）
設立時期	2015年10月20日
URL	http://www.icarbonx.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・Meum™（デジタルヘルスマネジメントプラットフォーム） ※スマートフォンAPPを通して栄養、スポーツ、美容の3つの健康指標を監視
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・「THE AI 100 2017」入賞 ・Tencentなどから14億人民元を融資、企業価値10億米ドル ・病理診断業界でSomaLogic、HealthLoop等に投資 ・創業メンバーに遺伝子技術BGI出身者が複数名いる ・イスラエルAI開発企業Imagu Vision Technologiesを買収 ・南欧マルタで子会社設立 ・SomaLogic、HealthTell、PatientsLikeMe、AOBiome、GALT、Imagu、天津強微特生物科技有限公司の7社と「デジタルライフアライアンス」を設立し、この7社に4億米ドルを投資 ・全世界でMeum™のユーザー数は100万人突破

出典：各種公開資料より作成

(3) セキュリティ：北京曠視科技有限公司

■表3-F-31 北京曠視科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	北京曠視科技有限公司
登録地	北京市海淀区
登録資本金	3,000万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2011年10月8日
URL	https://www.faceplusplus.com.cn/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ■技術 <ul style="list-style-type: none"> ・Brain++（深層学習アルゴリズムエンジン） ■製品 <ul style="list-style-type: none"> ・Megvii C1（顔面撮影・追跡モニタリングカメラ） ・KoalaCam（顔面認識機能付き受付ロボット） ・Face++（顔面認識人工知能開発オープンプラットフォーム） ・FaceID（顔面認識とQCR身分検証にもとづくサービスプラットフォーム） ・Image++（深層学習にもとづく画像認識サービスプラットフォーム） ■ソリューション <ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティ、金融、物件管理、商業施設などの分野向けに各種顔面認識、画像認識技術サービスを導入したトータルソリューションを提供
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ANT FINANCIALなど有力ファンダから総額33億人民元の投資を受けた、企業価値約15億米ドル ・同社のセキュリティソリューションは万科集団、Sinovation Ventures、ANT FINANCIAL、中国民生銀行などで導入された ・「50 Smartest Companies 2017」入賞（第11位）

出典：各種公開資料より作成

(4) 家電：杭州古北電子科技有限公司

■表3-F-32 杭州古北電子科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	杭州古北電子科技有限公司
登録地	杭州市濱江区
登録資本金	1,315万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2013年7月30日
URL	http://www.broadlink.com.cn/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ■ハードウェア ・スマートリモコン、スマートコンセント、スマートWi-Fi、PM2.5モニター、スマートセンサー、スマートカーテン、スマート空気浄化機 ■ソフトウェア ・「智慧星」（スマート家電の音声制御ソフト） ・「易控」（既存家電をリモートコントロールさせるソフト） ■ソリューション ・CloudThink（インターネットゲートウェイ、空気浄化、音声制御、セキュリティ、照明の5つを統合したホームオートメーションシステム） ・BroadLink DNA（ブランドをまたいだコントロール・データ共有プラットフォーム）
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・企業価値10億人民元弱、E C大手の京東も株主、シリーズDまで4.8億人民元を融資 ・創業メンバー2人はメルボルン大学で博士号取得 ・多数の大手家電メーカーとBroadLink DNAを通して提携し、ブランドをまたいだコントロール・データ共有を実現

出典：各種公開資料より作成

(5) 交通：滴滴出行科技有限公司

■表3-F-33 滴滴出行科技有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	滴滴出行科技有限公司
登録地	天津経済開発区
登録資本金	5,000万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2015年7月29日
URL	http://www.didichuxing.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・「滴滴出行」（グローバル・ワンストップ総合交通プラットフォーム） タクシー、白タク、カーシェアリング、公共バス、ドライバー代行、カーレンタル、中古車取引、自動車保険など自動車関連のほぼすべてのサービスを提供 ・「滴滴出行SDK」 第三者向け交通サービスSDKプラットフォーム
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・企業価値500億米ドル、シリーズFまで41のファンドから1,560億人民元を融資 ・テンセント系の滴滴打車、アリババ系の快的打車が合併した巨大企業 ・創業メンバーには元Alipay責任者、レノボ会長の親族がいる。 ・登録ユーザー数4.5億人、年間サービス提供回数約75億回 ・新エネルギー自動車や自動運転技術の開発にも注力 ・Wechatの常駐機能として10億人にサービス提供

出典：各種公開資料より作成

(6) 無人コンビニ：深蘭科技（上海）有限公司

■表3-F-34 深蘭科技（上海）有限公司の会社概要

項目	内容
企業名	深蘭科技（上海）有限公司
登録地	上海市長寧区
登録資本金	620万人民元
企業属性	有限責任公司
設立時期	2012年8月3日
URL	https://www.deepblueai.com/
主要製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ■製品 ・「quiXmart」：スマート無人小売システム ・「TakeGo」：胡麻信用と事業提携したスマート事後決済システム ・「Metamind」：スマート顧客サービスシステム ■ソリューション ・小売向け、エンタテインメント向け、ロボット向け、スマートコミュニティ
強み評価	<ul style="list-style-type: none"> ・シリーズAまで3.4億人民元を融資 ・同社はCEOが設立した3社目のベンチャー企業 ・ANT FINANCIALと業務提携 ・日本、オーストラリア、ニュージーランド、米国へ市場参入実施中 ・Amazon Goよりも市場参入が早い

出典：各種公開資料より作成

7 AIに関する中国政府の制度、政策

(1) 中国政府のAI産業に対する姿勢

中国中央政府の産業促進政策は、社会主義国家としての特色もあり、マクロ的な中期計画や目的志向的な指導意見が述べられているが、今後の中国の方向性を明確化するものでもある。政策の大枠が示された後には、地方政府を含め、実施細則、重点プロジェクト支援、コア技術、推進プロセスまでを細かくタイムリーに指導するため、企業支援に大きな役割を果たしている。

政府の優遇施策には、地方政府による税免除・低減、補助金、融資サポート、法律・税務面の支援、特定プロジェクトごとの支援、中央政府と地方政府の連携による産業センターなど研究開発のインフラ整備、複数の政府機関（発展改革委員会、工業和信息化部、科学技術部など）が共同出資で政府系ファンドを作り投資を行うものなどがある。地方政府が具体的な優遇対象を決める立場にある。ベンチャー企業に対しても、事務所の提供、法律・税務面のサポート、トレーニング、さらに技術、ビジネスチャンスのマッチングなどを行う。ただし、中国政府は優遇策によって効果の最大化を図る目的で、有力な大企業に優遇策を集中する傾向も見られる。

AIなどの先端分野の産業振興に関しては、中国政府は新技術に対してとてもオープンな姿勢であり、国家競争力向上につながるものであるなら国を挙げて政策の方向性を考案する。政策の立案や修正においては、多くの企業の意見を幅広くヒアリングし、十分に取り入れながら実情にあった政策とする。政策は政府と企業が共同で作成しているともいえる。

地方政府は、中国国内の他の地域に対して機先を制して先進の産業を育成することを狙うため、中央政府よりさらに急進的で、実施細則の考案も迅速である。自動運転のような先進分野において、成功事例が出れば有力企業の工場や拠点の誘致のため、先を争って土地・税収・融資などの面で大きな

優遇策を提供することもありえとみられる。

自動運転を例にとると、2017年7月に、Baiduの自動運転車が無許可で公道の走行試験を行い、公安局から処罰を受けた。わずか5カ月後に北京政府は「自動運転車両道路試験促進関連工作に対する北京市の指導意見」と「北京市自動運転道路試験管理実施細則（試行）」を執行した。迅速な規制緩和により、自動運転の進展を支援する方針を示したものである。

また、工業・信息化部と地方政府がタイアップし、自動運転専用試験基地の構築にも力を入れている。SAEレベル4（高度自動運転）用の試験場を含め、大手企業と地方政府の提携により構築されるものも多い。自動運転の大規模な実証実験など、一企業だけでは行えないものは地方政府が支援を行い、その結果データの蓄積や技術の進展が進んでいる。

(2) AI促進政策一覧

2015年4月から今まで、中国では特に製造業のレベルアップを図り、AIを含む先進的製造技術の導入を目指して、「中国製造2025」を中心に一連の促進政策が発表された（表3-F-35）。

■表3-F-35 AI促進政策一覧^{※3}

No.	公布時期等	公布政策名	公布機関	政策番号
1	2015年4月から毎年	智能製造モデルプロジェクト	工業・信息化部	工信庁装函(2015)204号 工信部装函(2016)261号 工信庁装函(2017)215号
2	2015年5月1日	中国製造2025	国務院	国発(2015)28号
3	2015年7月1日	インターネットプラス行動の積極的推進に関する指導意見	国務院	国発(2015)40号
4	2016年3月17日	国民経済と社会発展第十三次五カ年計画綱要	国務院	無
5	2016年4月12日	5つの重要課題の実施指南	工業・信息化部、発展改革委員会、科学技術部、財政部	無
6	2016年5月18日	インターネットプラス AI三カ年行動実施方案	発展改革委員会、科学技術部、科学技術部、中共中央網絡安全和信息化領導小組弁公室	工信部科(2017)315号
7	2016年5月20日	製造業とインターネットの融合発展の深化に関する指導意見	国務院	国発(2016)28号
8	2016年7月28日	第十三次五カ年 国家科技創新計画	国務院	国発(2016)43号
9	2016年8月1日	中国製造2025国家級モデル区	工業・信息化部	無
10	2016年8月1日	装備製造業標準化・品質向上計画	国家質量監督檢驗檢疫総局、国家標準化管理委員会、工業・信息化部	国質検標聯(2016)396号
11	2016年11月29日	第十三次五カ年 国家戦略的新興産業発展計画	国務院	国発(2016)67号

※3 No.6の「インターネットプラス AI三カ年行動実施方案」は、中国語で“‘‘互联网+’’人工智能三年行动实施方案”であり、「互聯網+」人工智能三年行動実施方案とも訳される。No.22の「智能汽車双発展戰略（意見募集版）」は中国語で「智能汽车创新发展战略」であり、「知能自動車創新發展戰略（意見徵收稿）」とも訳される。

12	2016年12月8日	智能製造發展計畫（2016-2020年）	工業・信息化部、財政部	工信部聯規(2016)349号
13	2016年12月1日	中国智能網聯汽車技術發展路線図	中国智能網聯汽車産業創新聯盟（業界組織であり、政府機関ではない）	無
14	2017年1月6日	智能製造綜合標準化・新モデル応用重点プロジェクト	工業・信息化部	工信庁装函(2017)8号
15	2017年1月23日	第一回知的生産システムソリューションプロバイダー推薦目録	工業・信息化部	工庁装(2017)946号
16	2017年4月1日	汽車産業中長期發展計畫	工業・信息化部、發展改革委員会、科学技術部	工信部聯装(2017)53号
17	2017年6月1日	国家車聯網産業標準体系建設指南	工業・信息化部、国家標準化管理委員会	工信部聯科(2017)332号
18	2017年7月1日	新世代人工智能發展計畫	国務院	国発(2017)35号
19	2017年10月11日	2018年「インターネットプラス」、人工智能革新發展、デジタルエコノミー等重要モデルプロジェクトの実施に関する通知	發展改革委員会	発改弁高技(2017)1668号
20	2017年10月31日	ハイエンド智能再製造行動計畫（2018-2020年）	工業・信息化部	工信部節(2017)265号
21	2017年12月14日	新世代智能産業の發展促進に関する三カ年計畫	工業・信息化部	工信部科(2017)315号
22	2018年1月1日	智能汽車創新發展戰略（意見募集版）	發展改革委員会	意見募集中のため無し
23	2018年1月16日	智能製造標準体系建設指南（2018年版）（意見募集版）	工業・信息化部、国家標準化管理委員会	意見募集中のため無し
24	2018年4月10日	大学におけるAI革新行動計畫	教育部	—
25	2018年4月21日	河北雄安新区規画綱要	中国共産党中央委員会と国務院	—

出典：各種公開資料より作成

(3) 主要政策-1 新世代人工知能發展計畫

この計畫は中国AI産業發展の指針であり、2020年～2030年までを3つのステップに分け、今後の注目分野、実現目標、AI産業市場規模、関連産業市場規模まで細かく規定している。表3-F-36にその概要を示すが、「(中国は)2020年までに世界トップレベルのAI技術を持つ国になり、2030年までに世界のAIイノベーションの中心地になること」を目標としている。

■表3-F-36 新世代人工知能発展計画の概要※4

時期	注目分野	目標	AI産業市場規模の目安	関連産業市場規模の目安
2020年	<ul style="list-style-type: none"> ・ビッグデータ ・自律知能システム ・クロスミディアム知能 ・群知能 ・ハイブリッドエンハンスド知能 ・AI基礎理論 等 	AIの技術・応用レベルは世界先進レベルと同期し、経済発展の大きな牽引役とする。	1,500億人民元	1兆人民元
2025年	<ul style="list-style-type: none"> ・知的生産 ・インテリジェント・メディシン（医薬） ・インテリジェントシティ（都市） ・インテリジェントアグリカルチャー（農業） ・国防建設 ・AI関連法規制 ・AI安全評価・管理監督体系 等 	AIの基礎理論研究を飛躍的に発展し、一部の技術・応用レベルは世界一を誇り、中国産業グレードアップ・発展モデル転換の原動力とする。	4,000億人民元	5兆人民元
2030年	<ul style="list-style-type: none"> ・脳型知能 ・自律知能 ・ハイブリッド知能 ・群知能 ・社会統治 ・国防建設 ・インダストリアルバリューチェーン 等 	AIの理論研究、技術、応用レベルが全体的に世界一を誇り、世界主要AI革新大国を実現する。	1兆人民元	10兆人民元

出典：新世代人工知能発展計画より作成

(4) 主要政策-2 「インターネットプラス」、人工知能革新発展、デジタルエコノミー等重要モデルプロジェクトの実施に関する通知

2017年に通知されたこの政策では、インターネットプラス、人工知能革新発展、デジタルエコノミーの3分野において、優秀な大手企業がさらにスピーディに発展を遂げられるよう、補助金を付与することを目的としている。詳細金額は未公表だが、1社当たり数百万人民元～数千万人民元、合計数十億人民元～数百億人民元と想定される。うち、表3-F-37は人工知能革新発展関連の状況である。このように、中国政府はAI産業にファンドよりも率先して巨額投資をする姿勢を表明している。

※4 中国語で「新一代人工智能发展规划」という。日本では「新一代人工知能発展計画」とも訳される。

■表3-F-37 インターネットプラス、人工知能革新発展、デジタルエコノミー等重要モデルプロジェクトの実施に関する通知 補助金付与対象の条件

分類	補助金付与対象分野	統括政府機関
インターネットプラス	①クラウドコンピューティング ・新世代クラウドコンピューティングOS産業化 ・エッジコンピューティングに向けたクラウドサービスサポートプラットフォームの建設・応用 ・ヘテロジニアス・コンピューティングに向けたクラウドサービスサポートプラットフォームの建設・応用 ②モノのインターネット ・位置情報にもとづいたIoT超低電力消費チップ（モジュール）産業化・大規模応用 ・自動運転、工業分野に向けたハイエンドセンサーの産業化 ③「インターネットプラス」協同製造サービスプラットフォーム	各地方の 発展改革委員会、 中央管理企業
人工知能革新発展	①コア技術の研究開発・産業化 ・深層学習知的チップの産業化 ・深層学習応用に向けたオープンソースプラットフォームの建設・応用 ②基礎資源公共サービスプラットフォーム ・高正確性顔面認識システムの産業化及び応用 ・高感度性音声認識システムの産業化及び応用 ③インテリジェント無人システム応用プロジェクト ・高信頼性無人航空機製品の産業化 ④知的ロボット研究開発・応用プロジェクト	
デジタルエコノミー	①行政事務情報システム統合共有応用モデルプロジェクト ②ビッグデータを採用した革新応用プロジェクト ③デジタルエコノミー公共インフラ ④中国－アセアン情報港プロジェクト ⑤「一帯一路」デジタルシルクロード建設合作プロジェクト	関連中央政府 機関、各地方の 発展改革委員会

出典：各種公開資料より作成

8 人材育成政策

中国政府はAIの国際市場における主導権を奪取するべく、リーディング人材の育成、海外からの呼び寄せ、大学でのAI学科の開設などを通して、高度なAI人材の争奪戦に本腰を入れている。

(1) 新世代人工知能発展計画

まず「新世代人工知能発展計画」では人材育成に関して、表3-F-38のように規定している。

■表3-F-38 新世代人工知能発展計画の人材育成施策

項目	内容
リーディング人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 可能性のあるリーディング人材を支援・育成し、AI基礎研究、応用研究、運営保守等細分分野の専門技術人材の育成を強化する。 AI理論、方法、技術、製品、応用など複数分野を貫通した複合型人才、「AI+経済、社会、管理、標準、法律等」複数分野横断的な複合型人才育成を重視する。 重要研究開発プロジェクト・基地・プラットフォームの建設を通して、AIのハイエンド人材を集中させ、一部の領域においてハイレベルの研究開発チームを形成する。 国内の革新的人材、チームに対して世界一流のAI研究開発機構との業務連携を奨励・引導する。
海外からの呼び寄せ	<ul style="list-style-type: none"> 特別な採用ルートや特殊な採用優遇を執行し、AIのハイエンド人材の的確な導入を実現する。特に、神経認知、機械学習、自動運転、スマートロボットなど国際的なトップレベルの科学者とハイレベルの開発チームの導入に重点を置く。 プロジェクト単体提携、技術コンサルティングなど柔軟的な人材導入手法を取る。 「千人人材計画」等既存の人材導入計画を活用して、AI分野の優秀人材導入を強化する。 ヒューマンリソース原価計算の関連政策を充実し、企業、科学研究機構の海外人材導入活動を奨励する。
大学におけるAI学科の開設	<ul style="list-style-type: none"> AI分野の合理的な学科構築を充実し、国内大学でAI学院の建設を加速させ、AI専攻の博士・修士課程の募集人数を増やす。 国内大学には、既存の学科（特に数学、コンピューティング、物理学、生物学、心理学、社会学、法学等）と融合して「AI+α」式の複合型の人材育成方式を模索する。 AI分野において産学研連携を強化し、大学、科学研究機構と企業とのAI学科の協力を奨励する。

出典：新世代人工知能発展計画より作成

(2) 策定中の「AI版千人人材計画」

千人人材計画とは2008年に中国政府が決定した人材導入政策であり、国家発展と関連する戦略的目標を巡り5～10年間をかけて、重点プロジェクト、重点学科、重点研究所、中央企業(国有企業)、金融機構、ハイテク産業園区等を受け、さらに海外ハイエンド人材の採用(もしくは交流)を重点的に実施することを目的とする。

この計画は「海外高層人材引進工作小組」という組織が統括しており、そのメンバーは中央組織部、人力資源・社会保障部が教育部、科学技術部、中国人民銀行、国有資産監督管理委員会、中国科学院、中央統戦部、外交部、発展・改革委員会、工業・信息化部、公安部、財政部、僑務弁公室、中国工程院、自然科学院基金委員会、国家外国専門家局、共産主義青年団、科学技術協会など多数の中央政府機関と合同して構成されていた。さらに、「中央組織部人材工作局」で「海外高層人材引進工作専項弁公室」を設立し、千人人材計画の具体的実施を担当する。現在まで、12回にわたり、各分野の優秀人材を合計6,000人採用することができた。

AI分野の多くの専門家から、AI分野においても、「AI版千人人材計画」の実施が提唱されており、すでに中国政府は具体的に検討し始め、近い将来に発表するという説もある。

LinkedIn中国の公開レポートによると、中国のAI技術者のうち9%は留学・海外勤務の経験がある。海外から中国に採用されたAI人材の構成は表3-F-39のとおりである。

■表3-F-39 中国における海外からのAI人材の採用実態

国名	構成率
アメリカ	43.9%
イギリス	15.3%
フランス	10.4%
オーストラリア	7.7%
カナダ	7.1%
ドイツ	6.5%
日本	5.3%
インド	3.8%

出典:LinkedIn中国2017年7月公開レポートより作成

(3) 中国AI人材主要育成大学TOP20

LinkedIn中国の2017年7月の公開レポートをもとに、AI産業で働く中国人技術者の出身校をまとめ、同じ出身校の技術者の人数順でトップ20のランキングを作成した。表3-F-40のとおり、北京(6校)と上海(5校)の2都市に集中している。

■表3-F-40 中国AI人材主要育成大学トップ20

ランキング	大学名	所在都市
1	上海交通大学	上海市
2	清華大学	北京市
3	北京大学	北京市
4	浙江大学	浙江省杭州市
5	復旦大学	上海市
6	北京郵電大学	北京市
7	北京航空航天大学	北京市
8	華中科技大学	湖北省武漢市
9	哈爾濱工業大学	黒竜江省哈爾濱市
10	同済大学	上海市
11	中国科学技術大学	安徽省合肥市
12	北京理工大学	北京市
13	中山大学	広東省広州市
14	武漢大学	湖北省武漢市
15	南京大学	江蘇省南京市
16	中国人民大学	北京市
17	西安交通大学	陝西省西安市
18	上海財経大学	上海市
19	上海大学	上海市
20	華南理工大学	広東省広州市

出典:LinkedIn中国2017年7月公開レポートより作成

中国では2017年時点で約5万人以上のAI人材を有しており、上記大学や研究開発機構(例えば中国科学院等)からも毎年数千人のAI関連人材を輩出し、さらにアメリカをはじめとする先進国からもAI人材の交流・採用が大規模に行われている。そのため、アメリカとの人材数の格差は縮小傾向にあると考える。

9 倫理的問題及び安全性への対応

中国において、AIの倫理的問題や安全性に関する理論研究は、スタートしたばかりであり、実際の活動はまだまだこれからであると言わざるを得ない。

(1) 倫理的問題

現状では、倫理・安全性に関する理論の構築に向けて、新世代人工知能発展計画では表3-F-41のとおり将来計画を述べている。この目標を達成するのは、早くとも2030年となる見通しである。

■表3-F-41 倫理的問題の解決目標

時期	倫理的問題解決目標
2020年	一部領域において、AIの倫理規範及び法規制を基礎的に確立させる。
2025年	AI関連法規制、倫理規範、政策体系を基礎的に設立し、AI安全評価・管理モニタリング能力を形成させる。
2030年	より成熟したAI関連法規制、倫理規範、政策体系を整備させる。

出典:新世代人工知能発展計画より作成

(2) 安全性

倫理的問題とも関連しているが、新世代人工知能発展計画では、具体的には以下の施策が考案されている。

AI関連法律、倫理的問題、社会的問題の研究を強化し、AI産業の健康的発展に寄与できる法規制、倫理・道徳的枠組みを確立する。

AI産業と関係する民事・刑事責任特定、プライベート・知的財産権保護、情報の安全的利用などの法律問題について研究を行い、追跡・責任追及制度を樹立し、AIの法的組織体及びその権利、義務、責任を明確化する。

自動運転、サービス型ロボット等重点分野において、安全管理法規の研究を加速させ、新技術の高速な応用に資する法律的基礎を固める。

AIの倫理的問題を研究し、倫理・道徳の多角視点判断構造及びMAN-MACHINE協同実施の倫理的枠組みを構築する。

AI製品の研究開発者に関する道徳規範・行為規則を制定し、AIの潜在的被害と収益の評価体制を強化し、複雑な環境における突発事件の解決対策を考案する。

AIのグローバルガバナンスに積極的に参与し、国際的な共同課題の研究を強化することで、AI関連法規制、国際的規則に関する国際協業を深める。

国家安全や秘密保持分野に対するAIの影響を研究・評価し、人員・技術・もの・管理を貫通した安全保護体系を整備し、AIの安全モニタリング・早期警報システムを構築する。

AIの技術発展に対する予測、研究判断、追跡研究を強化し、問題意識志向で技術と産業のトレンドを的確に把握する。

リスク意識を深め、リスク評価・リスクヘッジを重視し、先手を打った予防策・引導策を強化する。短期的には就職への影響、長期的には社会倫理への影響に注目し、AIの発展を制御可能な範囲内に抑える。

健全・公開・明らかなAIモニタリング体系を構築し、設計者責任と応用者監督を両立させた二層管理監督体系を施行し、AIのアルゴリズム、製品開発、成果応用に対する全局的なモニタリングを実現する。

AI産業・企業の自粛を促すなどして管理を強化し、データの乱用、個人情報の侵害、倫理道徳に反した行為への刑罰を重くする。

AIのネットワークセキュリティ技術の研究開発、AI製品とそのネットワークの安全保護を強化する。

動的なAI研究開発応用評価体制を構築し、AIの設計、製品とシステムの複雑性、リスク性、不確定性、説明可能性、潜在的経済影響などの問題を巡り、体系的なテスト方法・指標体系を開発し、分野横断型AIテストプラットフォームを構築し、AI安全認証を推進し、AI製品・システムのコア機能の性能を評価する。

出典：新世代人工知能発展計画より作成

資料A 企業におけるAI利用動向アンケート調査

本アンケート調査は、第5章で解説している「平成29年度AI社会実装推進調査」において実施したものである。本調査では、AIの導入状況をより正確に把握するために、導入していない企業に対する設問も厚くすることで未導入企業の回答を促している。また、ユーザー企業（AIの利用対象となる企業）の集計からAIベンダー企業を除外することにより、AIベンダーが自社製品を社内で試用しているケースなどをユーザー企業に含めないようにしている。

A.1 調査目的及び調査概要

企業を対象にAIの利活用についてアンケート調査を行った。調査目的と調査概要を表A-1に示す。

表A-1 調査目的及び調査概要

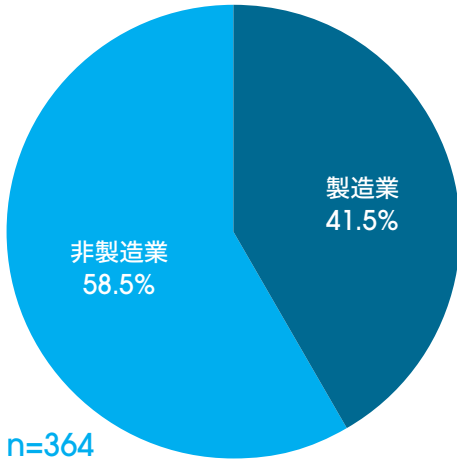
No.	項目	概要
①	調査目的	この調査は、民間企業等（事業者団体等を含む。以下「企業」という）のAIの活用実態と課題を把握することを目的としている。
②	調査対象	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済産業省の情報処理実態調査で調査対象となっている26業種（製造業、非製造業）の中から5,000事業者を調査対象として、質問票を郵送にて送付した。回答は郵送及びWeb受付を併用した（回収率7.3%）。 ・ 回答者の部門及び役職は経営層又はICT関連事業部門の責任者もしくは担当者となっている。
③	調査対象期間	2018年1月25日～2018年2月9日
④	調査件数	364件（信頼水準95%としたときの標本誤差は±5.14%）
⑤	留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 調査対象企業に小規模企業は含まれていない。また、日本の産業統計と比較すると回答企業には大企業が多い。 ・ 本調査でいうAIにはRPA※1など、高度なAI技術でないものを含む。 ・ 四捨五入の関係により、数値の合計値が一致しない場合がある。 ・ 回答企業の属性について、ベンダー企業は3.8%、ユーザー企業は96.2%となっており、ベンダー企業の結果については補足的内容として記載する。 ・ 複数回答と記していないものは単数回答となっている。

※1 RPA：Robotic Process Automation。ホワイトカラー職種（バックオフィス・間接部門）の業務オペレーションに対する、ソフトウェアロボットによる業務自動化の取組み。

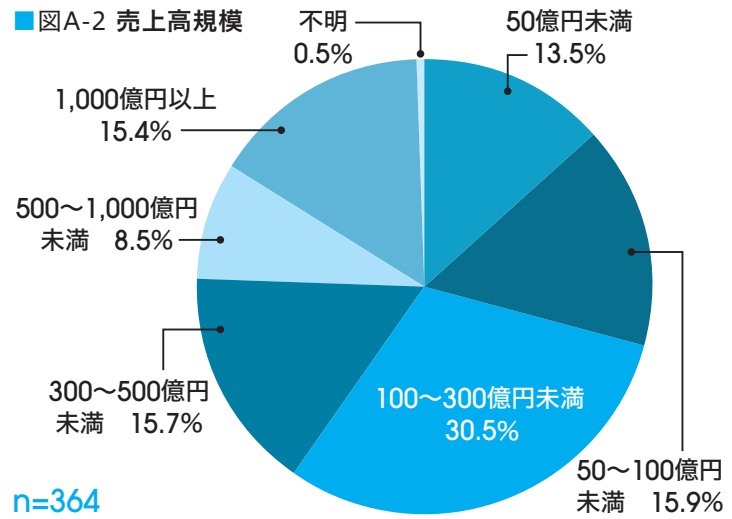
A.2 回答企業の属性

アンケートに回答した企業の属性を「図A-1業種」、「図A-2 売上高規模」、「図A-3 従業員規模」、「図A-4 AIに対する立場」に示す。

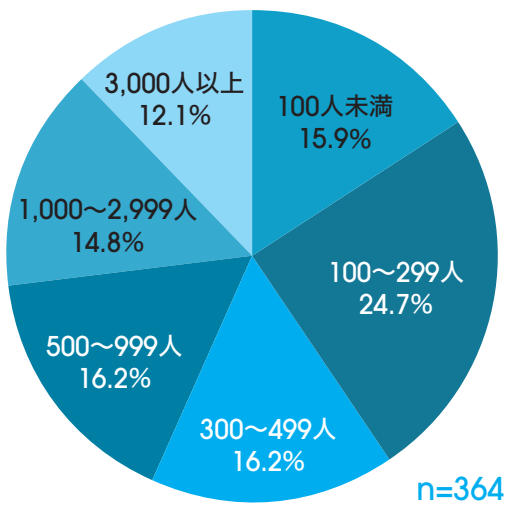
■ 図A-1 業種^{※2}



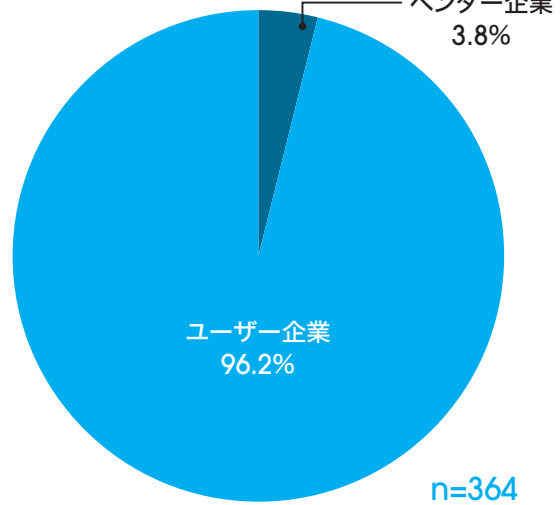
■ 図A-2 売上高規模



■ 図A-3 従業員規模



■ 図A-4 AIに対する立場



※2 製造業は次の業種を含む。食料品・飲料・たばこ・飼料製造業、繊維工業、パルプ・紙・紙加工製造業、化学工業、石油・石炭・プラスチック製造業、窯業・土石製品製造業、鉄鋼業、非鉄金属製品・金属製品製造業、電気機械器具製造業、情報通信機械器具製造業、輸送用機械器具製造業、その他の機械器具製造業、その他の製造業。非製造業は次の業種を含む。農林漁業・同協同組合、鉱業、建設業、電気・ガス・熱供給・水道業、映像・音声情報制作・放送・通信業、新聞・出版業、情報サービス業、運輸業・郵便業、卸売業、小売業、金融・保険業、医療業(国・公立を除く)、教育(国・公立を除く)、学習支援業、その他の非製造業。

A.3 AIの利活用状況

ユーザー企業にAIの利活用状況を尋ねたところ、すでに導入している企業の比率は3.1%となった。「実証実験(PoC)を行っている」(7.1%)を合計しても10.2%に留まる(図A-5)。

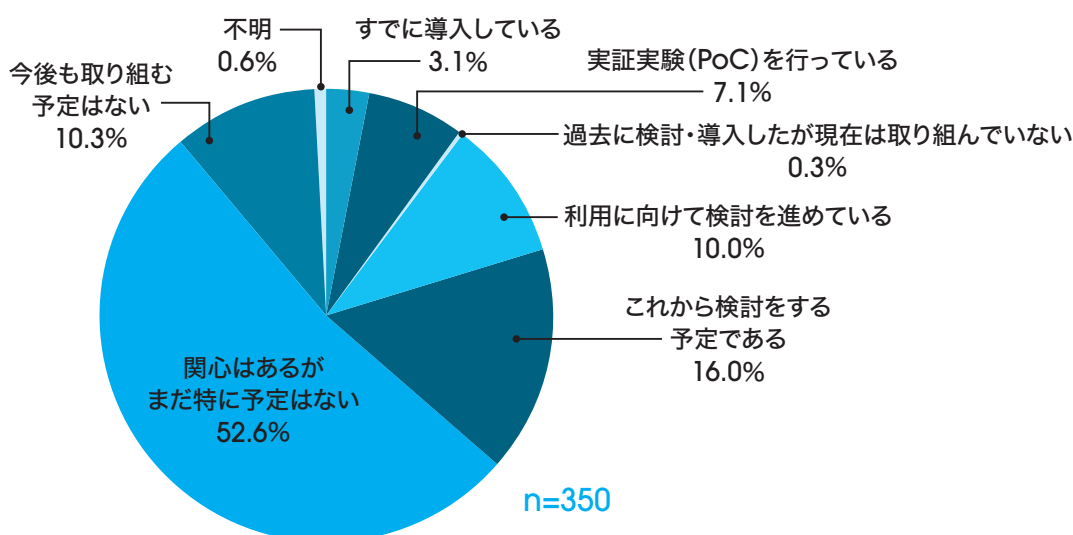
ただし、「利用に向けて検討を進めている」(10.0%)、「これから検討をする予定である」(16.0%)、「関心はあるがまだ特に予定はない」(52.6%)を合計すると78.6%となり、AIに対する関心は非常に高いといえる。

『AI白書2017』のアンケート調査ではAIに「取り組んでいる」と回答した企業の割合は23.0%であり、今回の調査の「すでに導入している」と「実証実験(PoC)を行っている」を合計した10.2%より倍以上高い割合となっていた。この理由としては、以下の3点が推定される。

- ・『AI白書2017』の調査対象が上場企業3,787社である一方、今回の調査対象は非上場企業を含めた。売上高規模が大きい企業のほうが利用率が高い傾向にあるため、非上場企業の分、利用率が低下した。
- ・本調査では、AIの導入状況をより正確に把握するため、導入していない企業に対する質問も厚くすることで未導入企業にも回答してもらえるように工夫した。
- ・ユーザー企業の集計からAIベンダー企業を除外することにより、AIベンダーが自社製品を社内で試用しているケースなどをユーザー企業に含めないこととした。

※『AI白書2017』のアンケート回答企業(国内)298社のうち「情報サービス業」が51社(17.1%)であったことに対し、本調査のユーザー企業の回答企業350社のうち「情報サービス業」は8社(2.3%)。

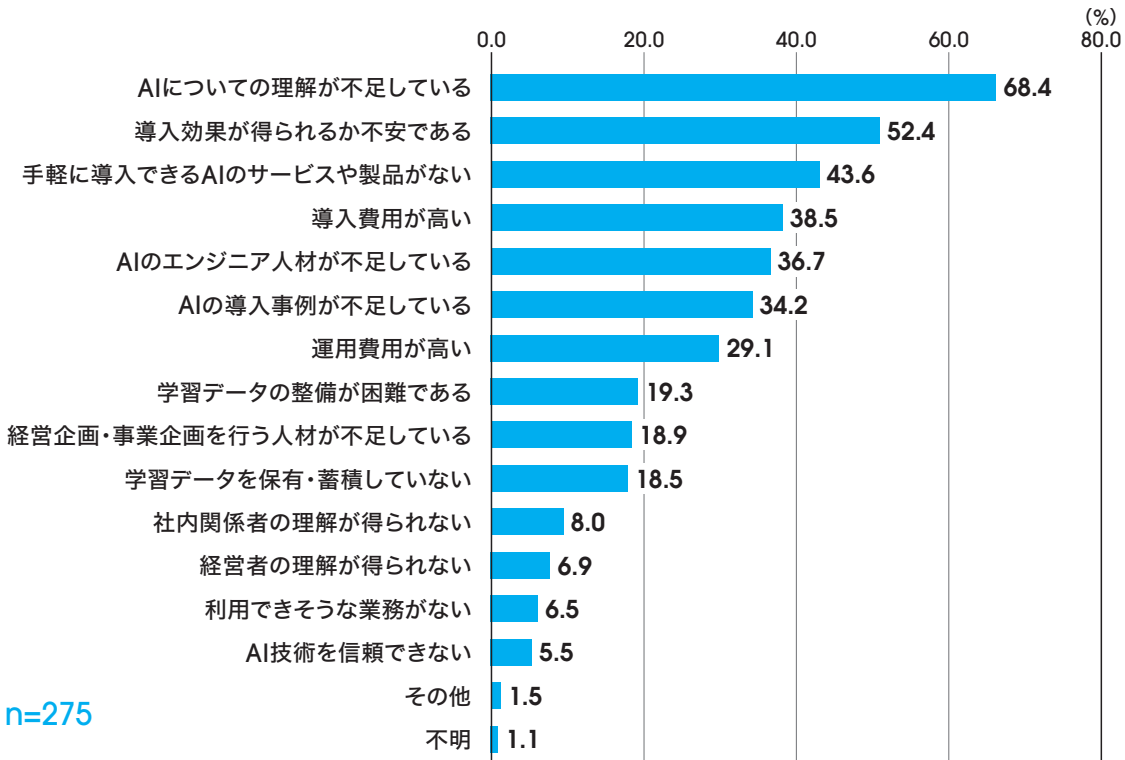
■ 図A-5 企業におけるAIの利用率^{※3}



「検討を進めている」、「検討予定」、「関心はある」と回答した企業において、実際にAIを導入する場合の課題について尋ねたところ、「AIについての理解が不足している」が最多で68.4%に達した(図A-6)。次いで「導入効果が得られるか不安である」が52.4%である。多くの企業が、AIに関心はあっても理解できていない、また導入効果に対しても不安を持っているという状況である。

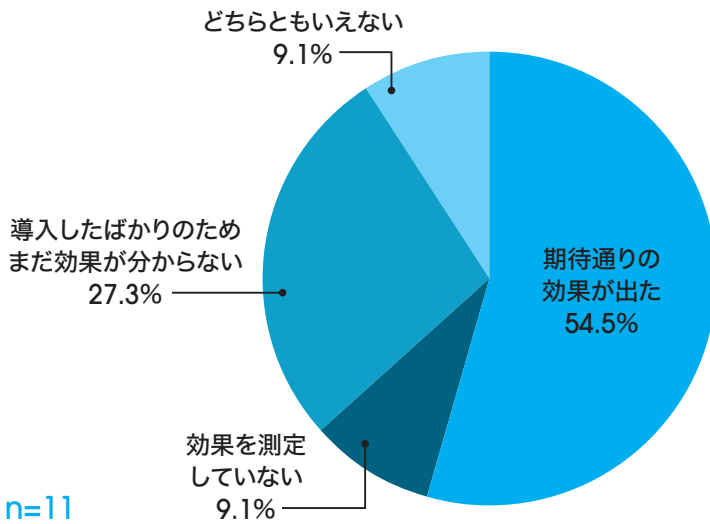
※3 回答企業のうち、AIを用いたビジネスを行う企業を除いた、ユーザー企業350件が集計対象。(350件は信頼水準95%としたときの標本誤差±5.24%)

■ 図A-6 AIを利用する際の課題(複数回答)



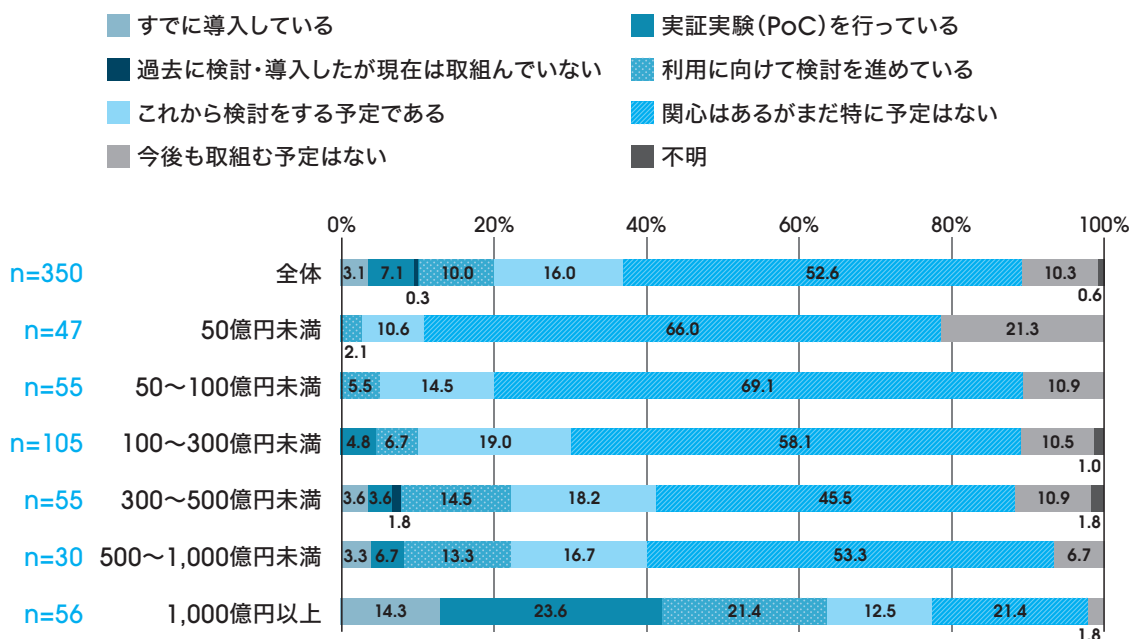
また、「すでに導入している」企業に、AI導入の効果を評価してもらうと、54.5%が「期待通りの効果が出た」と回答している(図A-7)。

■ 図A-7 AI導入の効果



売上高規模別にAIの利活用状況を見ると、売上高規模の大きな企業ほど「すでに導入している」と「実証実験(PoC)を行っている」を合計した割合が高く、売上高1,000億円以上の企業では42.9%に達している。現段階ではAIの導入、実証実験の中心は大企業といえる(図A-8)。AIを利用しているのは一部の先進的な大手企業が中心であり、中堅中小企業への利用層の裾野の拡大はまだみられない。

■ 図A-8 AIの利活用状況(売上高規模別)※4

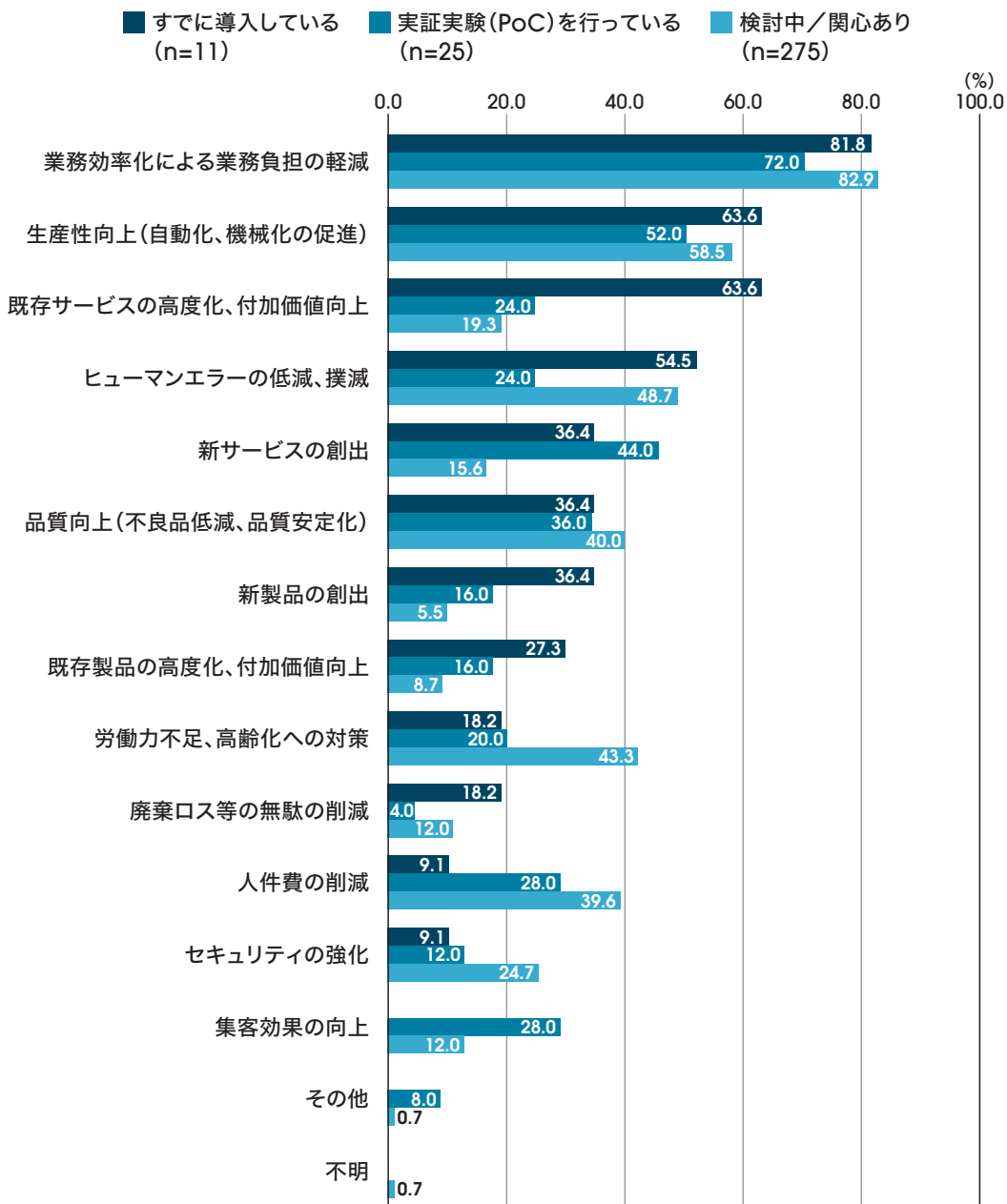


A.4 導入目的

AIの導入目的を尋ねたところ、「すでに導入している」、「実証実験(PoC)を行っている」、「検討中／関心あり」のいずれの段階においても「業務効率化による業務負担の軽減」(すでに導入している：81.8%、実証実験(PoC)を行っている：72.0%、検討中／関心あり：82.9%)がトップになっており、「生産性向上(自動化、機械化の促進)」(すでに導入している：63.6%、実証実験(PoC)を行っている：52.0%、検討中／関心あり：58.5%)が続いている(図A-9)。

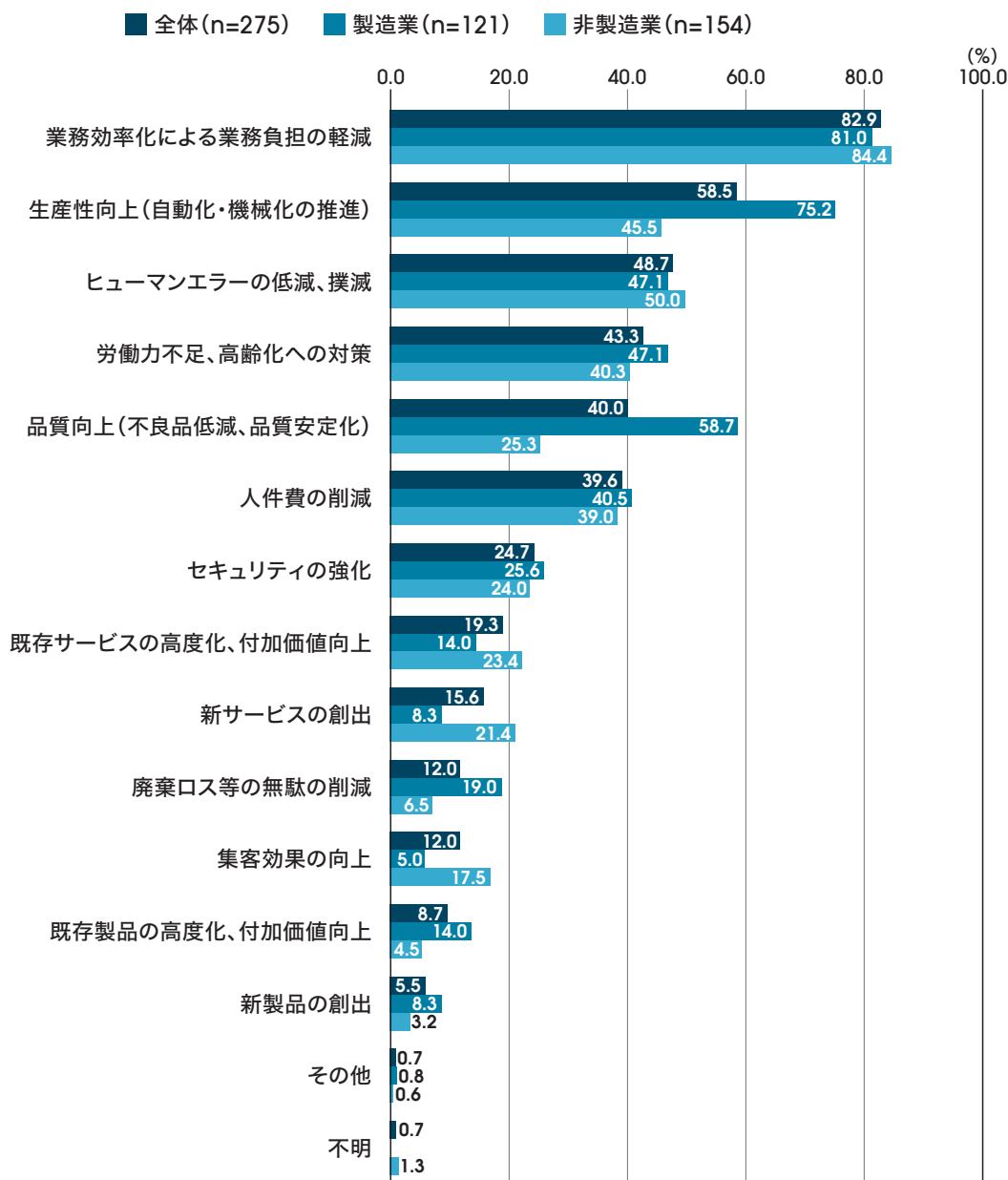
※4 全体には売上高不明の2社を含む。

■ 図A-9 AIの導入目的(導入段階別)



検討中/関心ありの企業における業種別AIの導入目的をみると、製造業と非製造業でポイント差が大きくなったのは「品質向上(不良品低減、品質安定化)」(製造業:58.7%、非製造業:25.3%で製造業プラス33.4ポイント)、「生産性向上(自動化、機械化の促進)」(製造業:75.2%、非製造業:45.5%で製造業プラス29.7ポイント)、「新サービスの創出」(製造業:8.3%、非製造業:21.4%で非製造業プラス13.1ポイント)である(図A-10)。

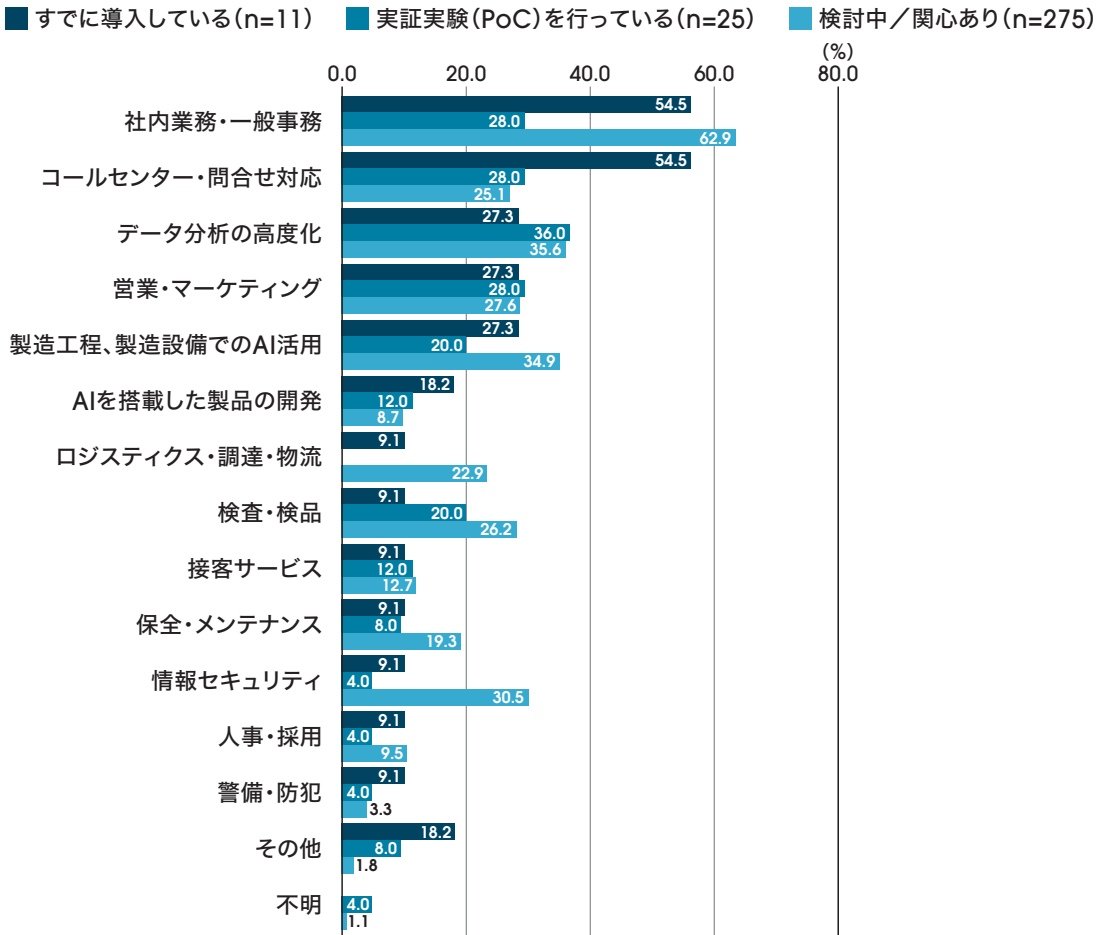
■ 図A-10 検討中／関心ありの企業におけるAIの導入目的(業種別)(複数回答)



A.5 AIを適用する業務分野

導入段階別にAIを適用する業務分野を尋ねたところ、「社内業務・一般事務」(すでに導入している：54.5%、実証実験(PoC)を行っている：28.0%、検討中／関心あり：62.9%)、「営業・マーケティング」(すでに導入している：27.3%、実証実験(PoC)を行っている：28.0%、検討中／関心あり：27.6%)、「製造工程・製造設備でのAI活用」(すでに導入している：27.3%、実証実験(PoC)を行っている：20.0%、検討中／関心あり：34.9%)、「データ分析の高度化」(すでに導入している：27.3%、実証実験(PoC)を行っている：36.0%、検討中／関心あり：35.6%)の4つはいずれの段階でも割合が高い。「コールセンター・問合せ対応」は、他の分野と比べると「すでに導入している」企業(54.5%)と「実証実験(PoC)を行っている」企業(28.0%)では割合は高いが、「検討中／関心あり」の企業(25.1%)では割合は低くなっている(図A-11)。

■ 図A-11 AIを適用する業務分野(導入段階別)

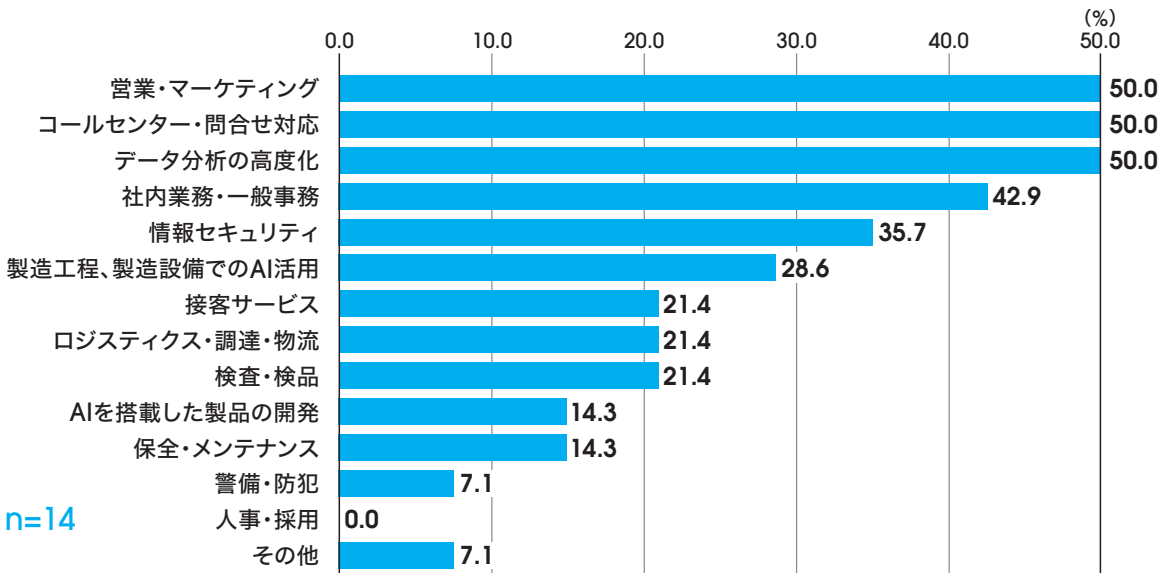


【AI技術やAIを使ったソリューション、製品の提供について】

ベンダー企業は、標本の大きさが14と小さいため、参考として調査結果を掲載する。

ベンダー企業に、提供するAI技術やソリューション・製品の活用分野を尋ねた。その結果、「営業・マーケティング」、「コールセンター・問合せ対応」、「データ分析の高度化」が50.0%と最も高い割合になった(図A-12)。

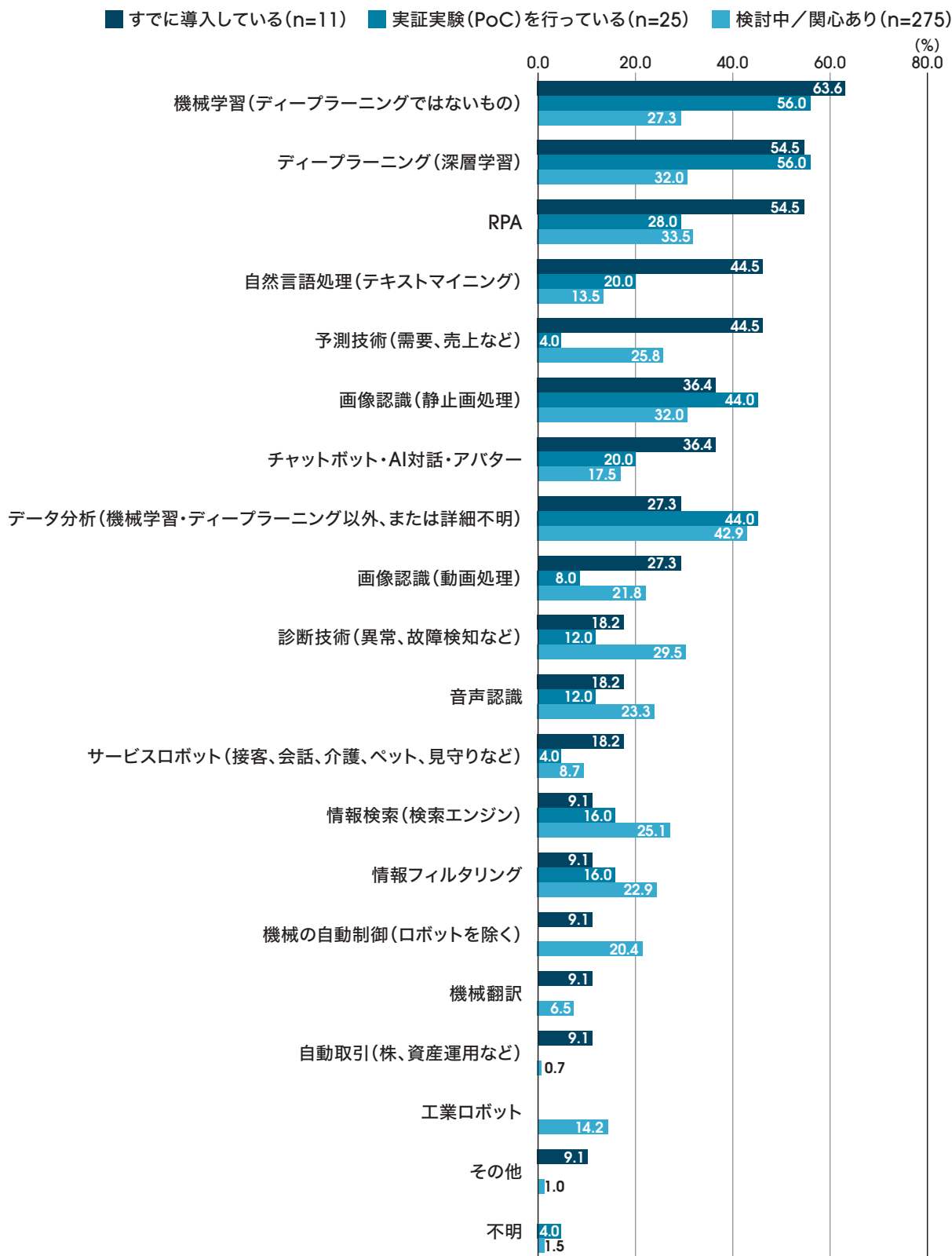
■ 図A-12 ベンダーが提供する技術やソリューション・製品の活用分野(複数回答)



A.6 活用中／検討中のAI技術

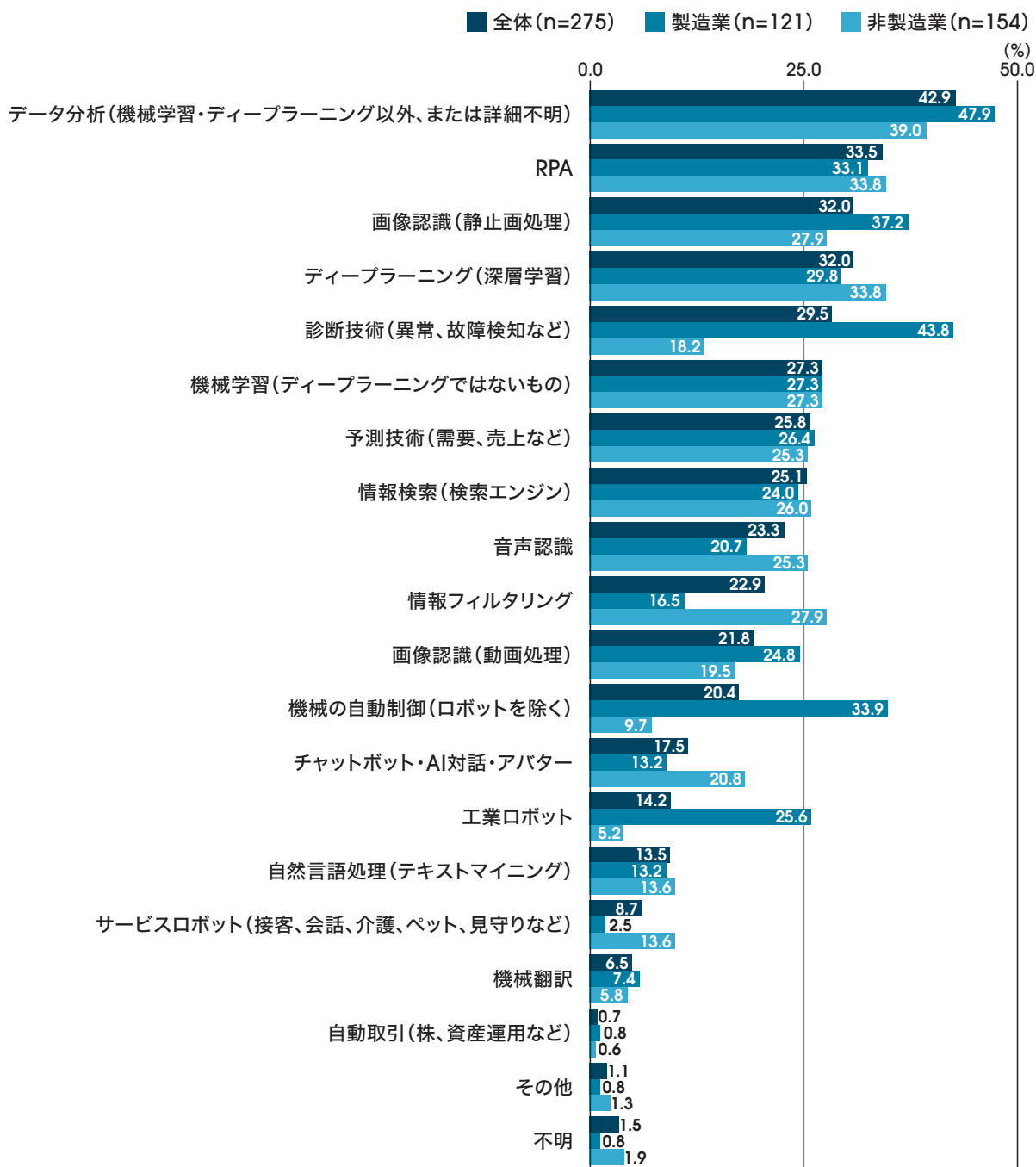
導入段階別に活用中／検討中のAI技術を尋ねたところ、「ディープラーニング(深層学習)」(すでに導入している：54.5%、実証実験(PoC)を行っている：56.0%、検討中／関心あり：32.0%)と「RPA」(すでに導入している：54.5%、実証実験(PoC)を行っている：28.0%、検討中／関心あり：33.5%)は、いずれの段階の企業でも割合が高くなっている(図A-13)。

■ 図A-13 活用中／検討中のAI技術(導入段階別)(複数回答)



AIについて検討中／関心ありの企業に、検討したい／関心があるAI技術を尋ねた。業種別にみた上位3項目は図A-14のとおりである。製造業では、「データ分析(機械学習・ディープラーニング以外、または詳細不明)」(47.9%)が最も高い割合となり、「診断技術(異常、故障予知など)」(43.8%)、「画像認識(静止画処理)」(37.2%)が続く。非製造業では、製造業同様、「データ分析(機械学習・ディープラーニング以外、または詳細不明)」(39.0%)がトップであるが、「ディープラーニング(深層学習)」と「RPA」が33.8%で続いている。

■ 図A-14 検討中／関心ありのAI技術(業種別)(複数回答)

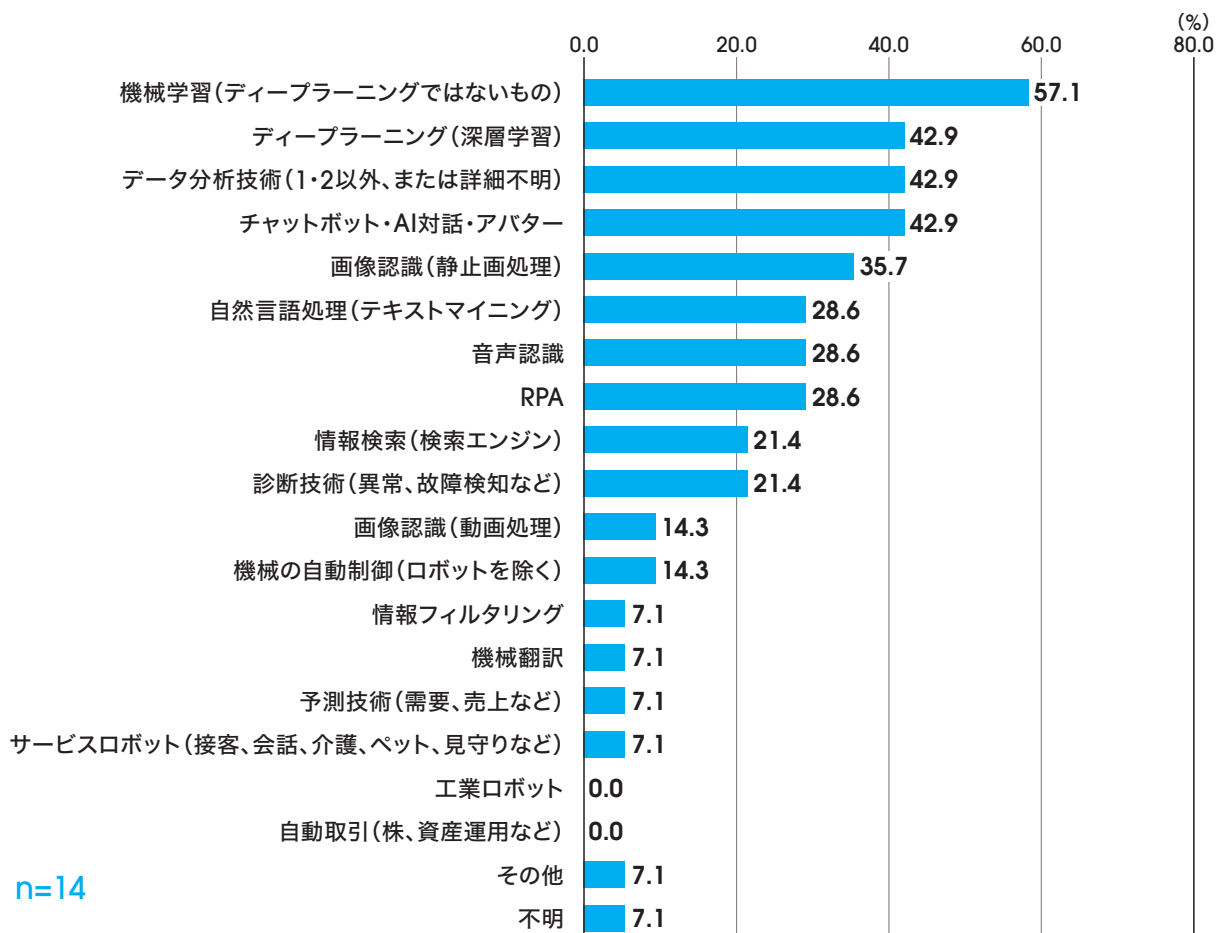


【提供する技術やソリューションで活用しているAI技術】

ベンダー企業は、標本の大きさが14と小さいため、参考として調査結果を掲載する。

ベンダー企業に、提供するAI技術やソリューションにおいて、活用しているAI技術を尋ねた。その結果、トップは「機械学習(ディープラーニングではないもの)」(57.1%)であった(図A-15)。

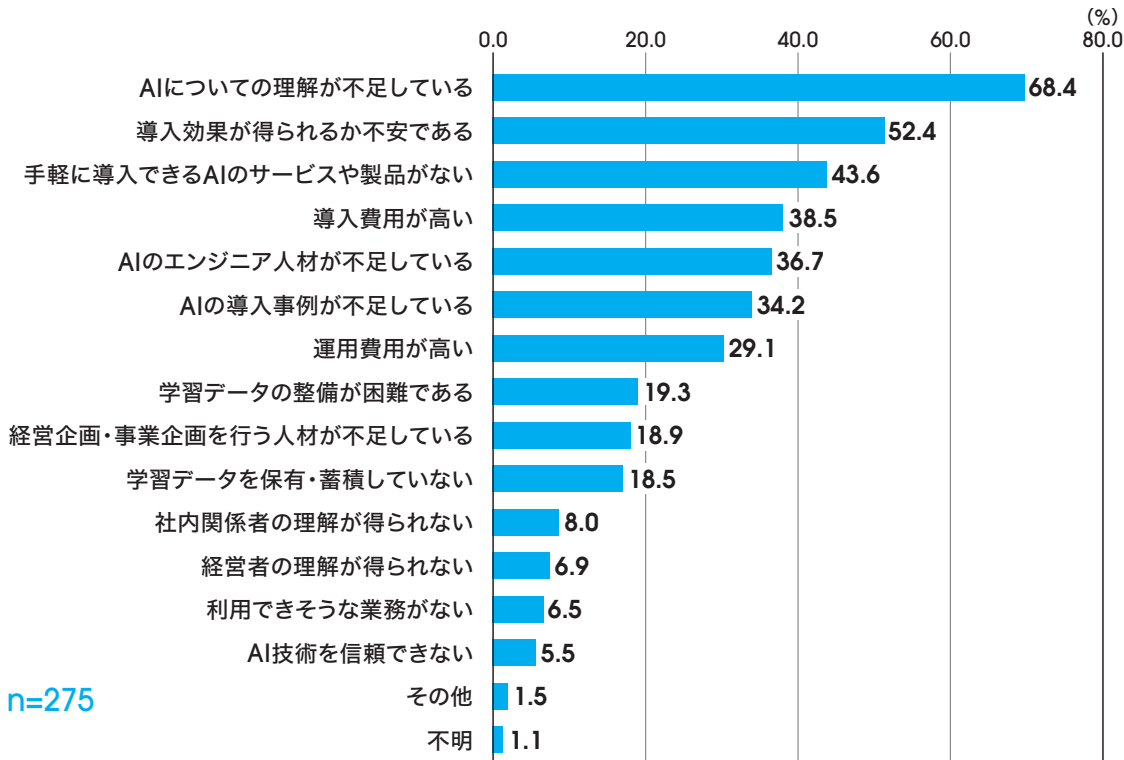
■ 図A-15 活用しているAI技術(複数回答)



A.7 AIを導入／検討する上での課題

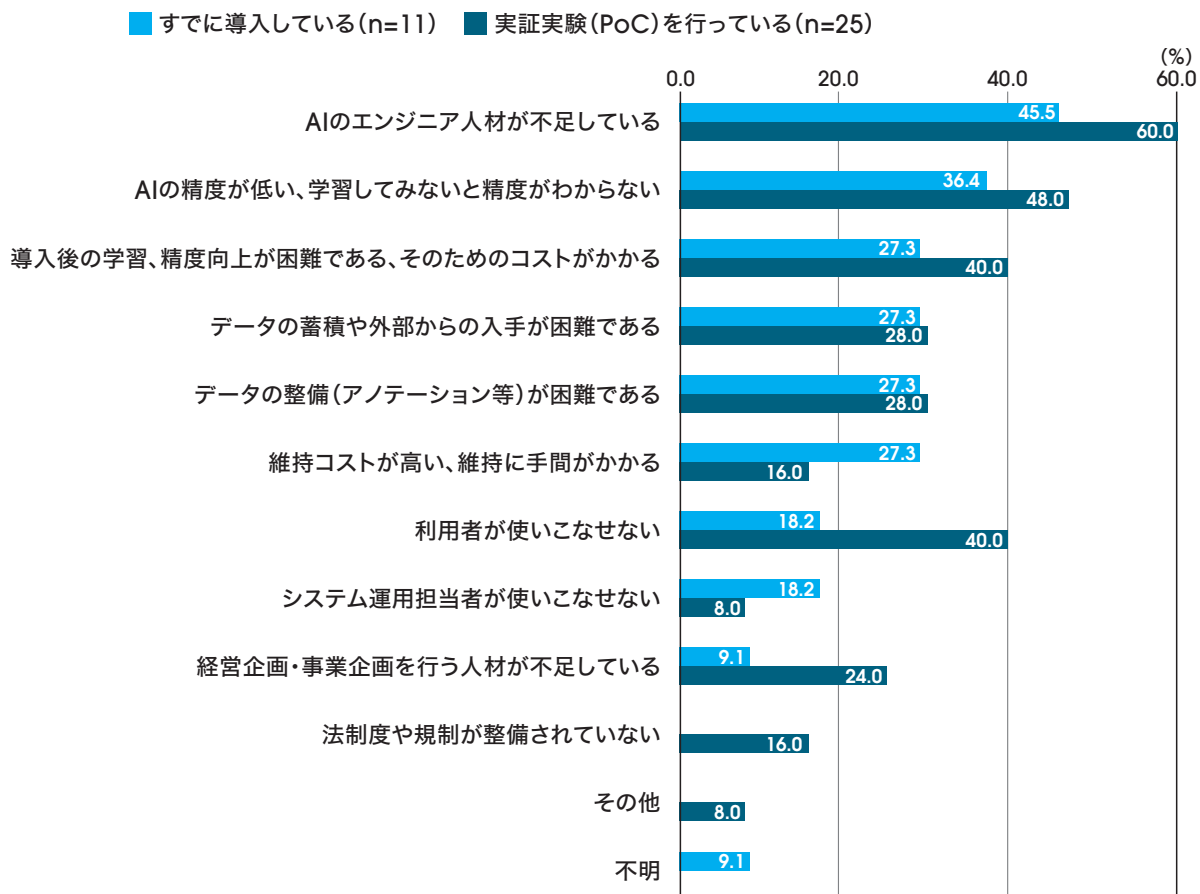
AIについて「利用に向けて検討を進めている」、「これから検討をする予定である」、「関心はあるがまだ特に予定はない」という企業に対し、AIを導入するにあたっての課題を尋ねたところ、「AIについての理解が不足している」が68.4%で最も高い割合になった。「導入効果が得られるか不安である」(52.4%)、「手軽に導入できるAIのサービスや製品がない」(43.6%)が続いている。AIの利活用を進めていくためには、まずAIに対する知識・理解を深めていく取組みが必要である(図A-16)。

■ 図A-16 AIを導入するにあたっての課題(複数回答)



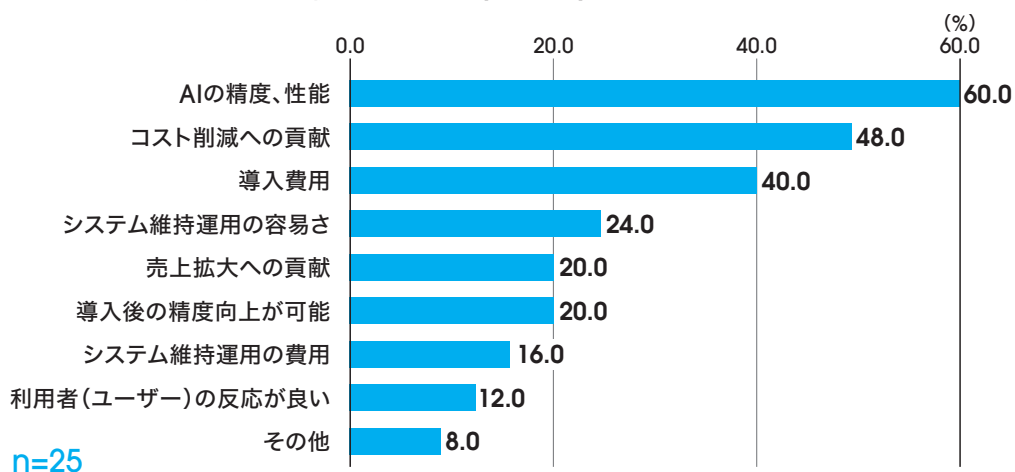
「すでに導入している」、「実証実験(PoC)を行っている」企業について、AIを導入するにあたっての課題を尋ねたところ、ともに「AIのエンジニア人材が不足している」(すでに導入している：45.5%、実証実験(PoC)を行っている：60.0%)の割合が高かった。また、「AIの精度が低い、学習してみないと精度がわからない」(すでに導入している：36.4%、実証実験(PoC)を行っている：48.0%)も両段階で挙げられている(図A-17)。

■ 図A-17 AIを導入／検討する上での課題(導入段階別)(複数回答)



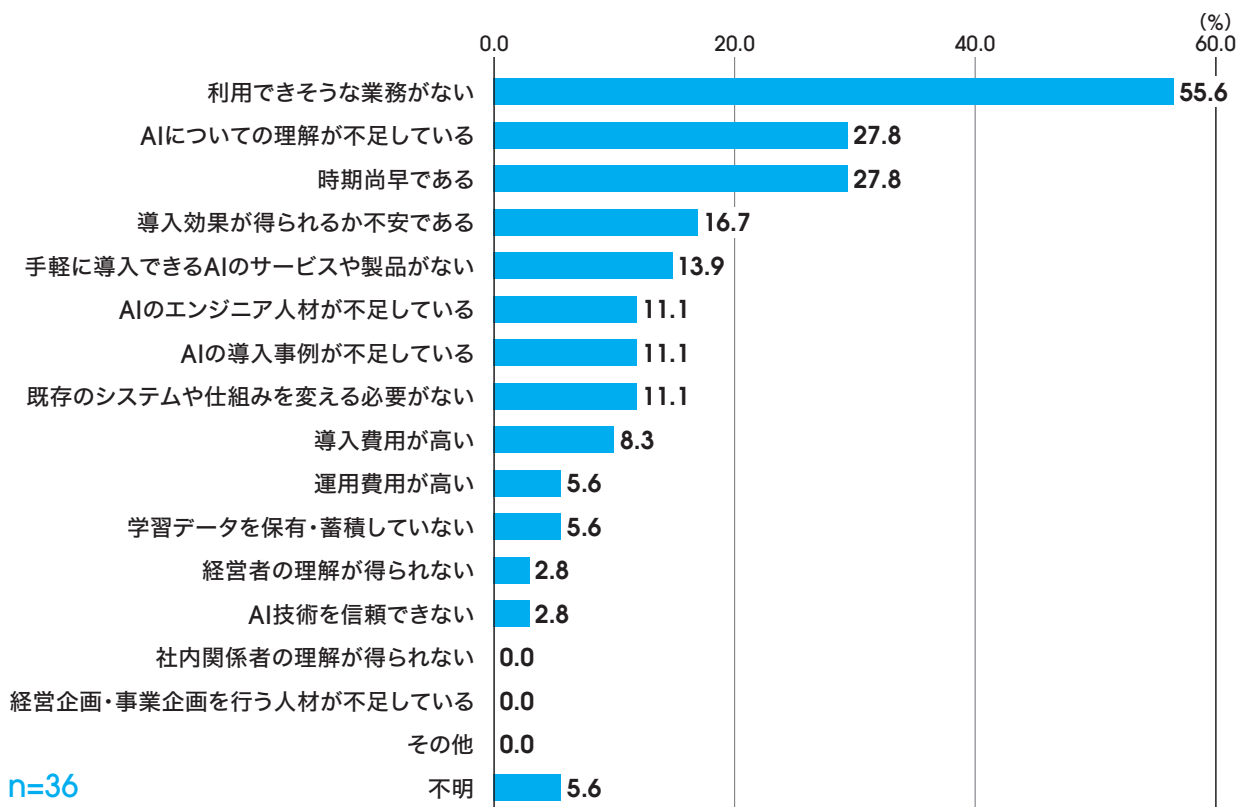
実証実験(PoC)を行っている企業がPoC実施後に実導入するかを決定する際に重視するポイントを尋ねたところ、最も高い割合になったのは「AIの精度、性能」(60.0%)であった。「コスト削減への貢献」(48.0%)、「導入費用」(40.0%)が続いている(図A-18)。

■ 図A-18 PoC実施後に重視するポイント(3つまで)



AIについて「今後も取り組む予定がない」と回答した企業に検討しない理由を尋ねたところ、トップは「利用できそうな業務がない」(55.6%)であった。「AIについての理解が不足している」と「時期尚早である」が27.8%で続いている(図A-19)。

■ 図A-19 AIの利用を検討しない理由(複数回答)

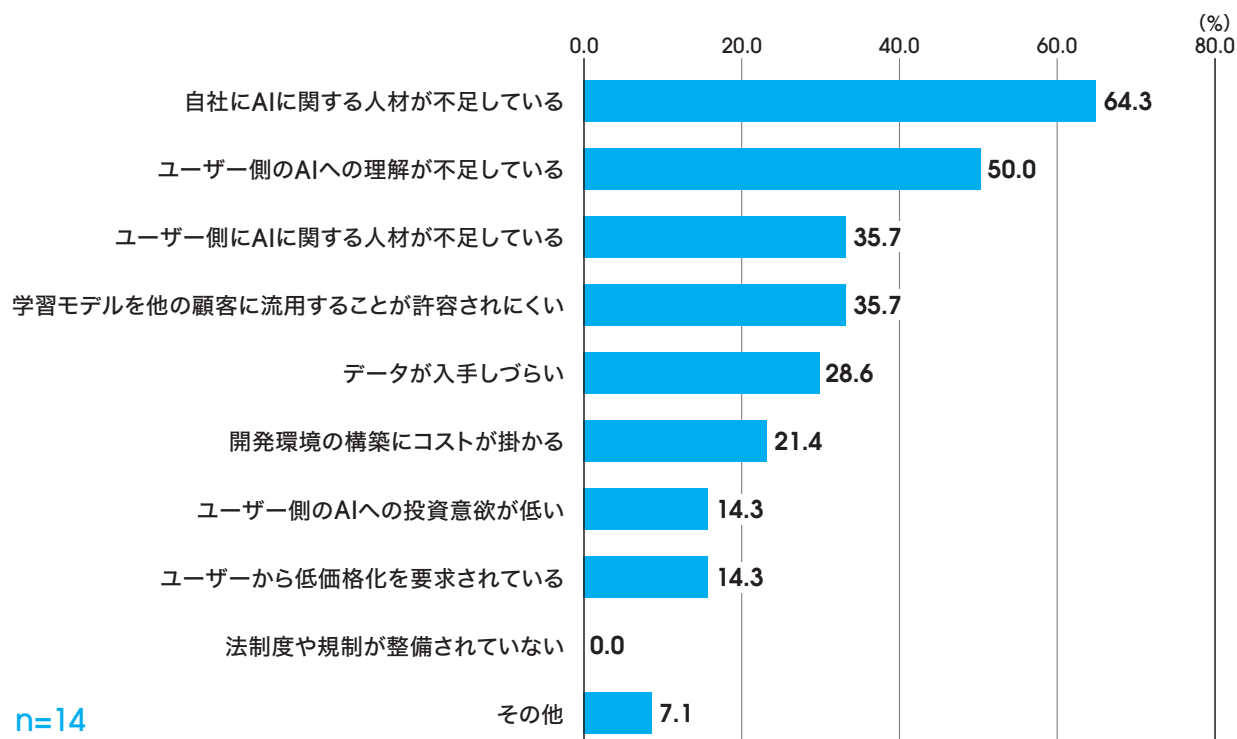


【AIベンダーがビジネスを推進する上での課題】

ベンダー企業は、標本の大きさが14と小さいため、参考として調査結果を掲載する。

ベンダー企業にAIビジネスを推進するうえでの課題を尋ねた。その結果、「自社にAI人材が不足している」が64.3%と最も高い割合になった。「ユーザー側のAIへの理解が不足している」が50.0%、「ユーザー側にAIに関する人材が不足している」と「学習モデルを他の顧客に流用することが許容されにくい」が35.7%で続いている(図A-20)。AIビジネスを推進するうえでは、ベンダー企業側、ユーザー企業側ともにAIに関する人材が不足していることが課題になっている。

■ 図A-20 AIベンダーがビジネスを推進する上での課題(複数回答)

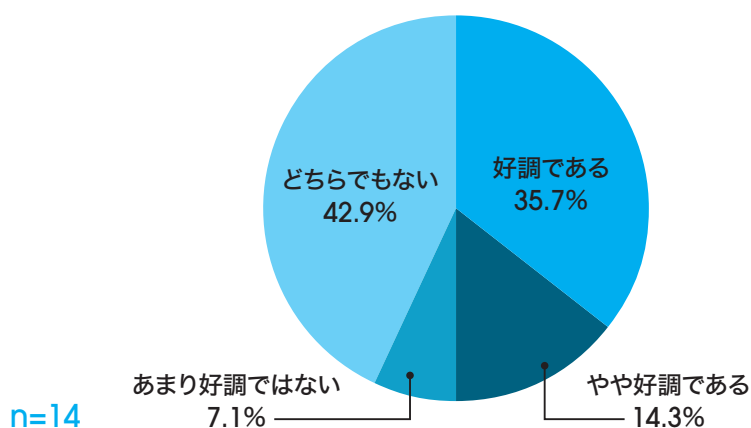


【AIベンダーのビジネスの状況】

ベンダー企業は、標本の大きさが14と小さいため、参考として調査結果を掲載する。

ベンダー企業にAIビジネスの状況について尋ねたところ、「好調である」と「やや好調である」の合計が50.0%であった(図A-21)。

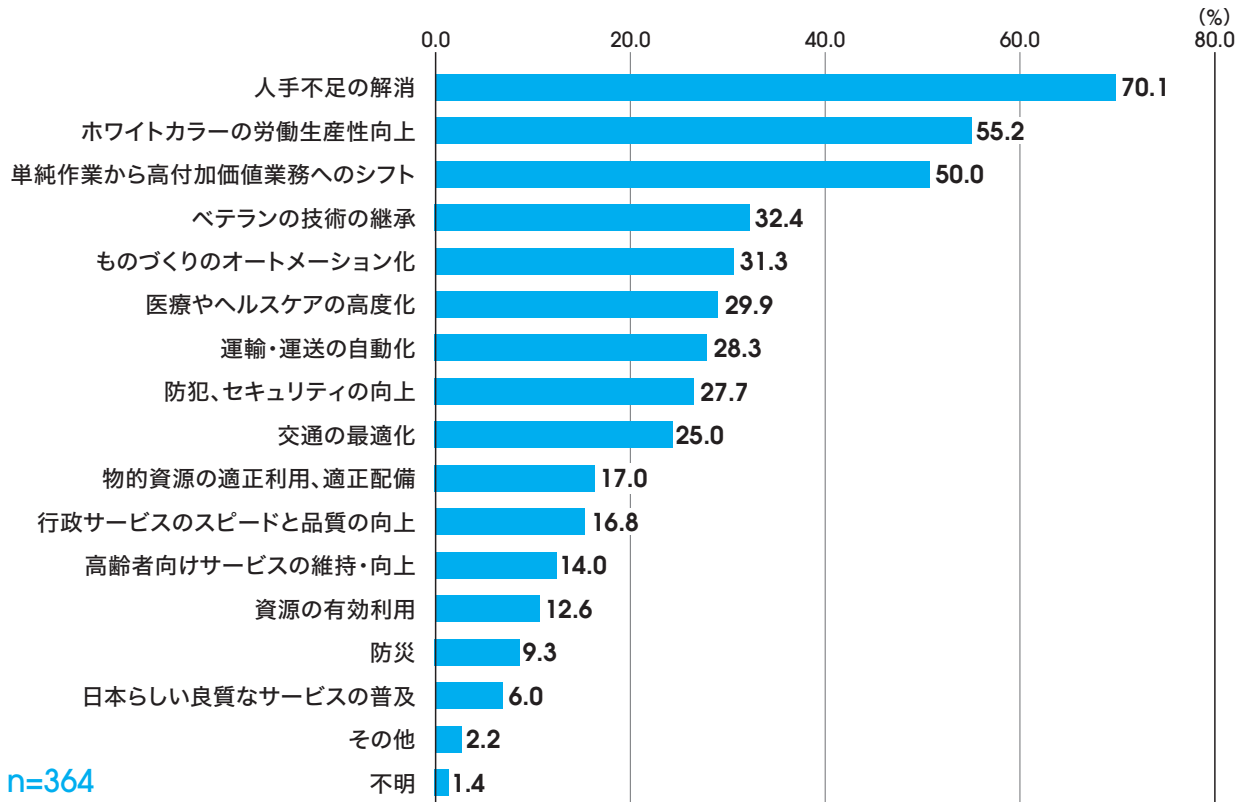
■ 図A-21 AIベンダーのビジネス状況



A.8 AIが解決すると期待する社会的課題

AIが今後解決すると期待する社会的課題を尋ねたところ、最も高い割合になったのは、「人手不足の解消」(70.1%)であった(図A-22)。「ホワイトカラーの労働生産性向上」(55.2%)、「単純作業から高付加価値業務へのシフト」(50.0%)が続いている。AIの導入目的について図A-9で示したが、上位は効率化や生産性向上であった。AIへの期待が導入目的につながっているといえる。

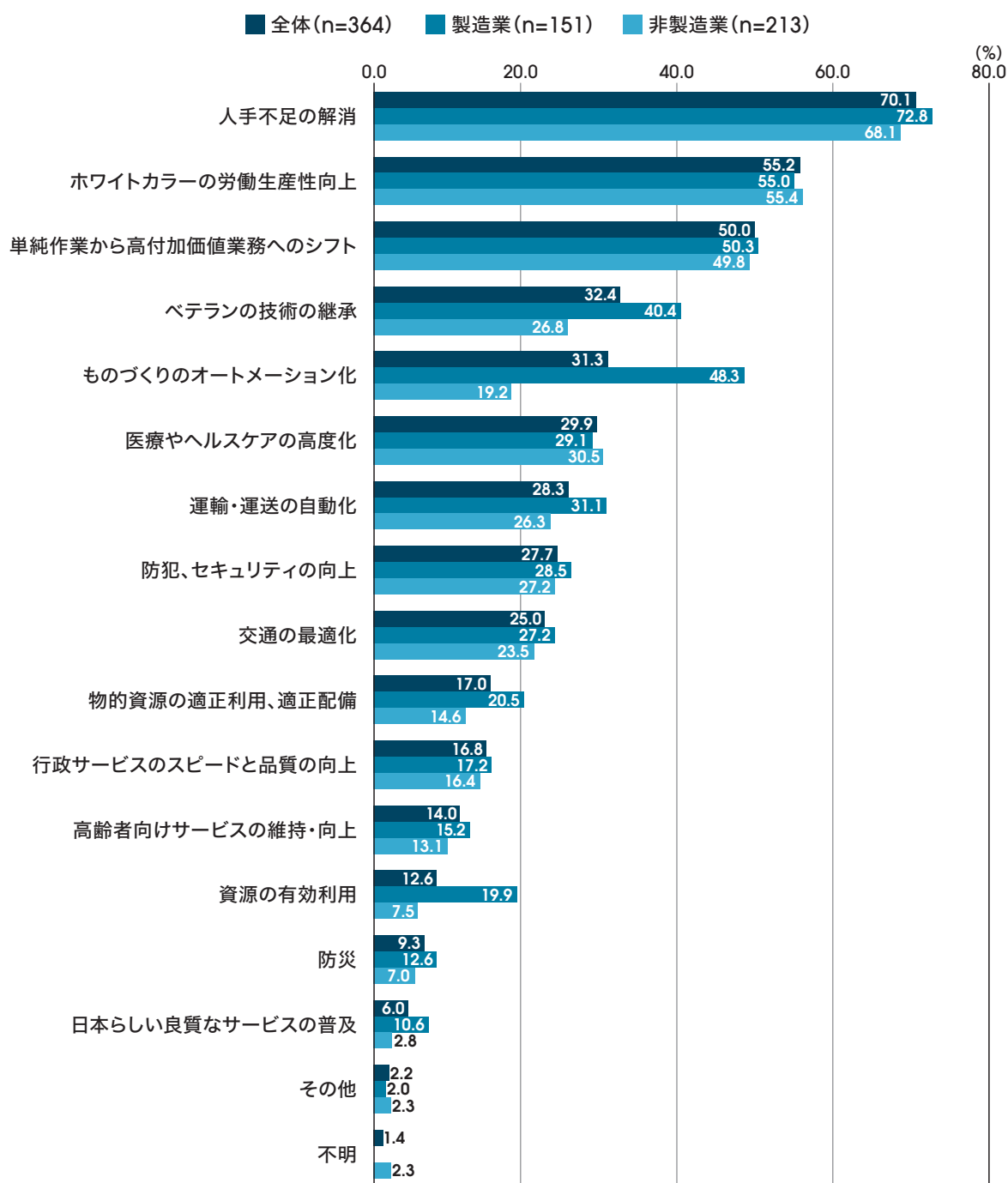
■ 図A-22 AIが解決すると期待する社会的課題(複数回答)^{※5}



AIが解決すると期待する社会的課題を、業種別にみる。「人手不足の解消」(製造業：72.8%、非製造業：68.1%)、「ホワイトカラーの労働生産性向上」(製造業：55.0%、非製造業：55.4%)、「単純作業から高付加価値業務へのシフト」(製造業：50.3%、非製造業：49.8%)は、業種を問わず高い割合を占めている(図A-23)。一方、製造業と非製造業を比較した際にポイント差が大きな項目は、「ものづくりのオートメーション化」(製造業：48.3%、非製造業：19.2%で製造業プラス29.1ポイント)、「ベテラン技術の継承」(製造業：40.4%、非製造業：26.8%で製造業プラス13.6ポイント)、「資源の有効活用」(製造業：19.9%、非製造業：7.5%で製造業プラス12.4ポイント)である。

※5 本アンケートは法人としての回答をお願いしたが、回答者の意見として、AI全般の現状認識を尋ねている。

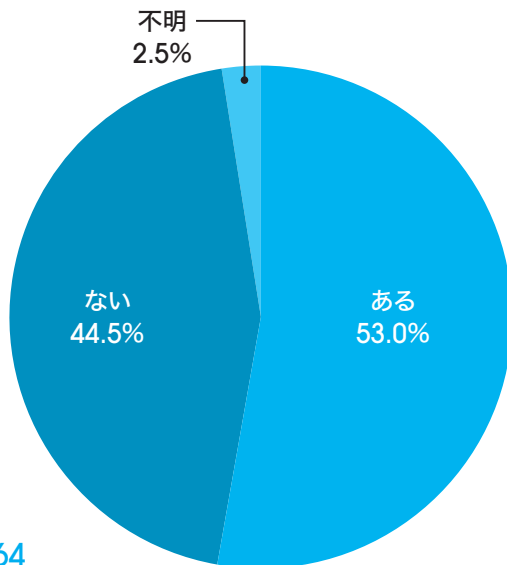
■ 図A-23 AIが解決すると期待する社会的課題(業種別)



A.9 AIに対する懸念点

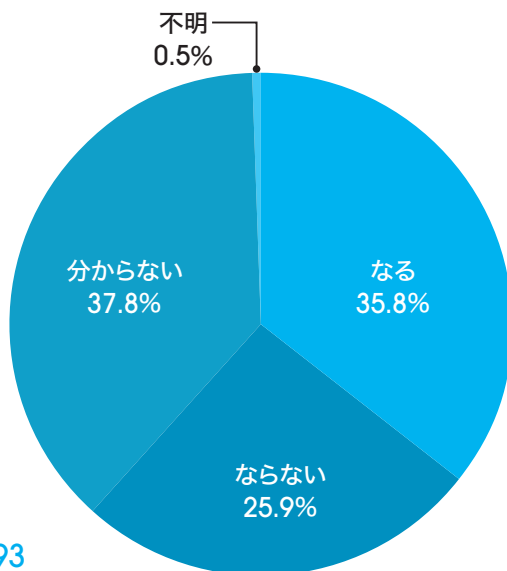
AIに対しては、安全性や信頼性、事故発生時の責任、雇用などの問題が議論されている。これらの点も含め、AI導入において懸念があるか質問したところ、「ある」と回答した企業は53.0%と過半数を超えた(図A-24)。

■図A-24 AIに対する懸念点^{※6}



「ある」と回答した企業に対し、さらにその懸念点がAI利用を妨げる要因となるかについて尋ねたところ、懸念点がAIの利用を妨げる要因になると回答した企業は35.8%であった(図A-25)。

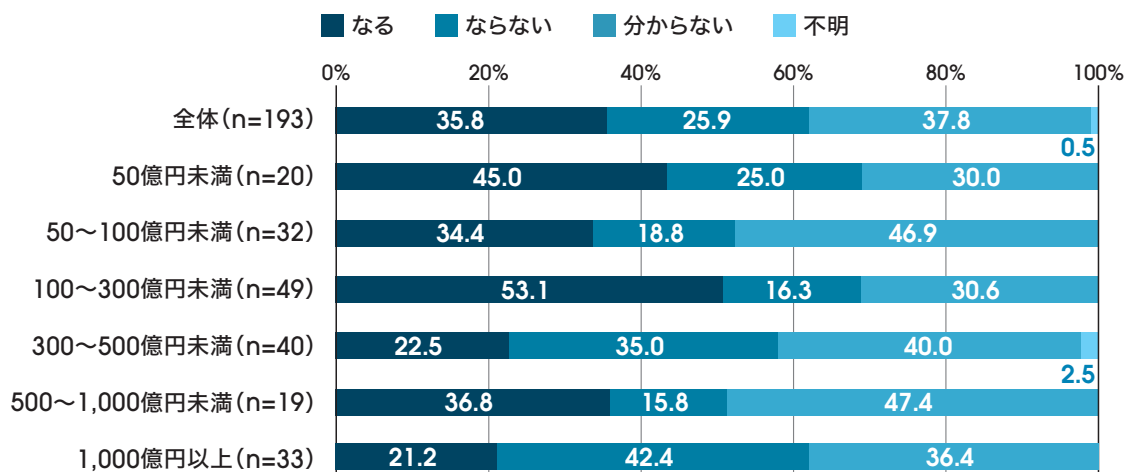
■図A-25 AIに対する懸念がAIの利用を妨げるか^{※7}



ただし、懸念点がAI利用を妨げる要因となるかについて売上高規模別にみると、売上高1,000億円以上の企業では、懸念点がAIの利用を妨げる要因とは「ならない」が42.4%と「なる」の21.2%を大きく上回る(図A-26)。

※6※7 本アンケートは法人としての回答をお願いしたものであるが、回答者の意見として、AI全般の現状認識を尋ねている。

■ 図A-26 AIに対する懸念がAIの利用を妨げるか(売上高規模別)



以下では、AIに対する懸念点として挙げた自由回答をまとめた (n=184)。

「責任の所在が不明瞭である」、「信頼性・安全性に不安がある」といった内容を含む回答の割合が高く、約3割ずつを占めた。次いで、「AIが下す判断の精度に不安がある」、「処理プロセスがブラックボックス化している」という回答が続き、それぞれ約1割となっていた。

以下、具体的な回答内容について例示する。

◆責任の所在が不明瞭である。

- ・AIが下した判断をもとに業務を行った結果、事故や損害が発生した場合に責任の所在が不明瞭である。
- ・責任について、AIを利用する企業または開発企業が負うかを法整備等で定める必要がある。
- ・AIが決定した判断や行為を監視する役割が必要と考える。

◆信頼性・安全性に不安がある。

- ・特に人命に関わる医療分野や、高度な内容の業務を行う場合に、AIの信頼性・安全性について不安がある。
- ・悪意のある第三者がデータを改ざんしたり、AIが作成したモデルを意図的に崩すケースなど、AIの悪用を不安視している。
- ・信頼性・安全性に関する不安から、AIが行う業務の範囲を定めるべきである。
- ・AIが十分な信頼性・安全性を確保するには時間や労力が必要と考える。

◆AIが下す判断の精度に不安がある。

- ・データが不足した場合や誤ったデータを学習した場合に、AIが下す判断の精度の低下を危惧する。
- ・完全に新しい領域にAIを導入するケースでは、データが存在しない、あるいは不足していることが多いため、AIの判断の精度が低くなると考える。

◆処理プロセスがブラックボックス化していてAIの出力結果を検証できない。

- ・誤作動時などに、AIが下した誤った判断を検出する方法の模索が課題と考える。

◆AIに依存し、人間のノウハウや判断力が低下する。

◆高付加価値業務にシフトすることができない人材の雇用創出が問題となる。

◆自社のデータが外部に流出するなど、セキュリティに不安がある。

◆AI技術開発に強みをもつ海外ベンダーに競争力が一極集中する。

◆AIを管理する難易度が高い。

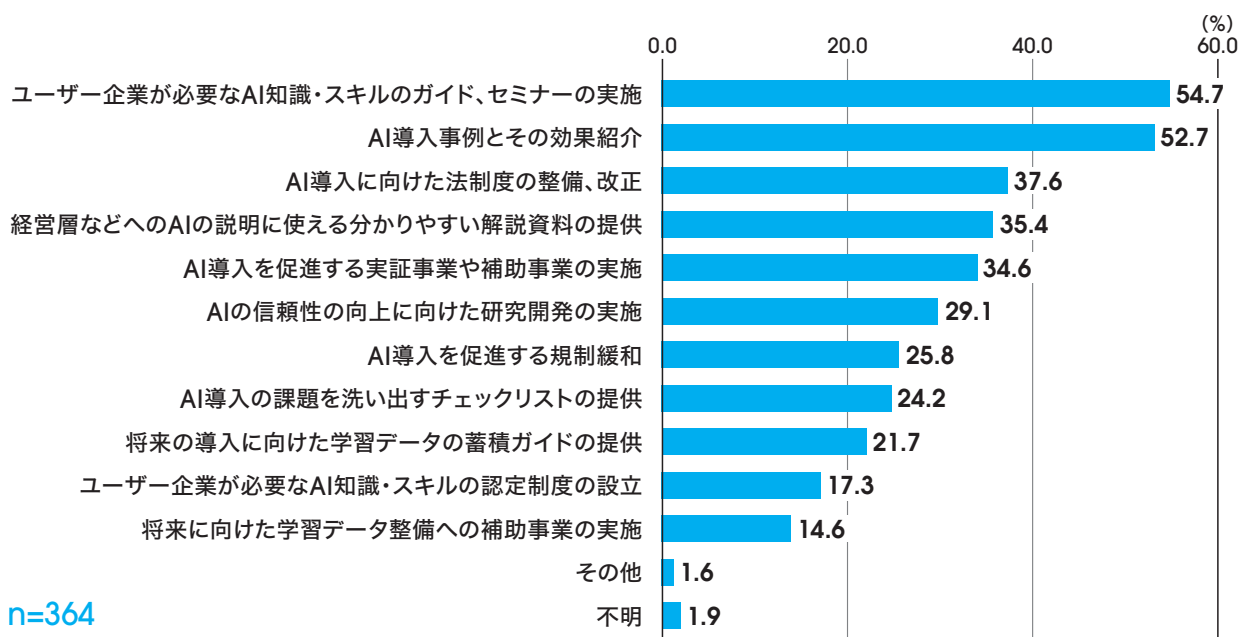
◆AIを保守・メンテナンスする人材が不足している。

- ◆費用が高い。
- ◆災害など緊急時の対応に不安がある。
- ◆AIは臨機応変な対応が可能かを疑問視している。
- ◆AIは社会的モラルを学習することが可能かについて、不安がある。

A.10 公的機関への要望

AIの利活用について国やIPAに対する要望を尋ねたところ、最も高い割合になったのは「ユーザー企業が必要なAI知識・スキルのガイド、セミナーの実施」(54.7%)であった。「AIの導入事例とその効果紹介」が52.7%、「AI導入に向けた法制度の整備、改正」が37.6%で続いている(図A-27)。

■図A-27 国やIPAへの要望(複数回答)^{※8}



A.11 AIへの関心、活用に関する意見

AIへの関心、活用に関する考えや意見などについて尋ね、以下に自由回答をまとめた^{※9}(n=71)。

- ◆中小企業でも導入可能となる、低価格なAIを希望する。
- ◆AIを完全には理解しきれていない。そのため、AIの長所・短所についての説明や、導入事例や具体的なソリューションを知りたい。
- ◆直感的に理解可能で、AIを解説した分かりやすい資料が欲しい。
- ◆どんなデータを集積すべきか決めるなど、AI活用に向けたデータ環境の整備が必要である。
- ◆学習用データは個人情報保護などとの関係で法整備が必要と考える。
- ◆AIを信頼することに不安がある。
- ◆昨今AIブームが高まっているが、マスコミはAIについて正確性よりも話題性重視で報道しており、AIへの正しい理解が必要である。

※8※9 本アンケートは法人としての回答をお願いしたものであるが、回答者の意見として、AI全般の現状認識を尋ねている。

MEMO

日本の人工知能

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

辻井潤一

科学においても、科学者の生まれ育った文化的な土壌が彼らの発想や研究内容に影響を及ぼす。真理探究を目指す科学に比べると、社会課題の解決や新たなビジネスの創出を目指す技術の研究開発では、それが行われる地域、社会の状況、産業構造がより直接的な影響をもつ。

AIには、知的能力の計算論的な解明という科学の側面と、社会課題の解決やビジネス創出を目指す技術を作り出す工学の側面とがある。AI研究の醍醐味は、この科学と工学との相互連環にあるが、本稿では、AIの技術的・工学的な側面に焦点を当て、現代日本という社会を前提に、そこでの技術戦略を考える。巨大IT企業が主導してきた米国のAI、膨大な人口とマーケットを持つ中国のAIと、日本が目指すAIとはおのずと重点の置き方に違いがある。

1 実世界AI、協調型AI

国立研究開発法人・産業技術総合研究所の人工知能研究センター(AIRC)では、その設立(2015年)にあたり、実世界に埋め込まれるAI(実世界AI)、人間と協調するAI(協調型AI)を目標に掲げた。実世界AIには、2つの側面があった。一つは、知能の研究というより、実世界の課題を解決するAI技術に重点を置くということ。もう一つは、サイバー空間のAIから、(1)実世界からデータを取り込むセンサー技術、(2)実世界に働きかけるロボット技術という、日本が強い隣接分野とAI技術とを統合していくことで、物理空間にかかわりをもつAI技術を目指すこと、サイバーフィジカル・システム(CPS)という文脈でのAI技術を目指すということ、であった。

自律性は、AIを特徴づける最大のものであるが、逆にAIの有効性を限定するものでもある。実世界AIがより広い分野で活用されるためには、閉じた自律性ではなく、もう一つの自律系である人間と協調できる開いた自律系であるべきというのが、2つ目の協調型AIである。

画像、音声、センサーからのデータなどを解釈し、意味を与える認識系の技術は、深層学習の出現で急速な発展を遂げている。また、試行錯誤から望ましい動作を学習していく強化学習、あるいは、与えられた手本から動作を学習する逆強化学習の進展は、行動系の技術を進展させた。この2つの技術の進展により、AI技術は、サイバー空間に閉じたAIから、IoT×AI、Robot×AIという実世界AIへと進化している。また、サイバー空間から飛び出した実世界AIは、サイバー空間に閉じたAIに比べると、人間社会に直接的でより大きな影響を及ぼすことから、人間とAIとの関係の根本的な見直しが必要となる。この見直しは、社会制度の変革、AI時代の責任と倫理など、幅の広い分野で同時並行的に行われているが、技術的な観点からは、人間と共存する協調型AIの技術に収斂していく。

このように、現在のAI研究は、国際的にも、我々の当初目標であった実世界AIと協調型AIという2つの軸を中心に発展してきている。この国際的な流れの中で、日本はどのような戦略で次のAI技術の研究開発に取り組んでいくのがよいか？ 以下では、我々の研究センターで行ってきた議論をもとに、私見を述べる。

2 日本の強み

日本が、AIで中国の後塵を拝しているという危惧をよく耳にする。

中国には、Alibaba、Baidu、Tencentなどの企業のほか、Toutiaなど急成長を遂げている企業がある。これらの企業は、世界各地に研究所を設立するなど、国際的にAI人材を集めつつある。ただ、彼らの成功を支える技術を見ると、いわゆるAI技術の割合はさほど大きくはない。また、使われるAI技術にも飛びぬけて独創的なものがあるわけでもない。これらの企業の成功は、技術をビジネスに展開する力、巨大な国内マーケットと収集できるデータ量の大きさ、新ビジネスを作り出す起業家精神、AIビジネスの社会展開を容易にする緩い規制など、技術以外の社会的、文化的な要因が大きい。また、中国の大学、公的研究機関には、2025年に向けての国家的戦略で、AI・ロボットに膨大な公的資金が流れ込んでいる。このようなAI産業が育つための社会的な変革をどのように引き起こすかが重要となるが、本稿の範囲を超える。以下では、技術の方向づけに関する議論を中心とする。

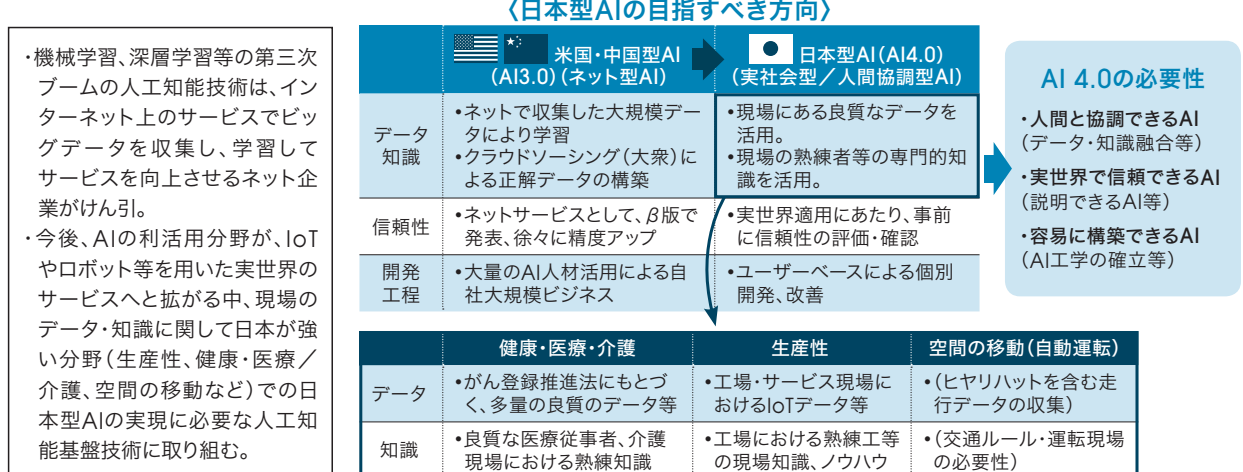
日本には、中国が持つ巨大なマーケットとそれに伴うデータの収集力はない。しかしながら、成熟した社会である日本には、医療・介護・交通などのすぐれた社会システムや、きめ細かなサービスを提供する観光産業、先進的な技術を持った製造業など、国際的に強い競争力をもつ業界がある。また、物性科学、生命科学、物理学など、多くの分野で、世界最高水準の研究者の集団がいる。このような日本社会がもつ強みを活かすことで特徴のあるAI技術を作り出していくことが、日本のAI戦略では重要であろう。

昔のAIが、プロ棋士同士の棋譜データベースを必要としたように、データにもとづく現在のAIはお手本となるデータ(訓練データ)を必要とする。古典的なAI技術であるWebサーチの推薦システムでは、ユーザーからのクエリやクリック履歴を大量に収集することで、お手本データを作り、個々のクエリに対して優先度付きの推薦リストを返す。このようなサイバー空間でのマス・マーケットをターゲットとしたAIでは、膨大なユーザー集団を抱えることで、ユーザーのプロファイルや行動履歴のデータを収集することが成功の鍵となった。

しかしながら、膨大なユーザー集団からのデータ収集というアプローチは、製造業、医療、科学技術研究の加速のためのAI技術には、通用しない。このような多様な分野に適用される実世界AIでは、個々の生産現場や個々の病疾患、個々の科学技術分野ごとに質の良いデータを収集する必要がある。日本は、このための良質なデータを収集できる現場と分野専門家という人材を多く持っており、マス・マーケット型のサイバー空間AIとは違った技術を発展させるポテンシャルを持っている(図1)。

同様の議論は、介護のAI技術にも当てはまる。ほかの社会に先行して高齢化が進む日本は、介護AI技術を発展させるための多くの現場を持っている。経済成長期に集中的に建設されたインフラの劣化も日本の社会課題であるが、これを解決するインフラ維持のAI技術も同様である。日本は、これらの分野でのAI技術をほかの社会に先行して開発し分野をリードするポテンシャルを持っている。

■ 図1 「日本型AI」に向けた取組みの必要性



出典:「日本が取り組むべき今後のAI基盤技術の方向」(平成30年5月23日 産業技術総合研究所人工知能研究戦略本部)

3 日本の人材、分野の専門家

「AI技術を使いたいが、データがない」とか、「米国や中国の巨大IT企業とは、収集できるデータ量で負ける」とか、AI技術とデータに関する議論が盛んである。

実世界AIでの「使えるデータがない」には、2つの側面がある。一つは、お手本データ（訓練データ）がないこと、すなわち、「人間の解釈がついた訓練データがない」ということ。もう一つは、データの文脈依存性、すなわち、実世界AIのためのデータが個別環境に強く依存することである。ある環境のデータで訓練されたAI技術は、別の環境では使えず、新たな環境でのデータを集めなければならない。このデータの文脈依存性は、対局の環境とは全く関係なく、盤面にすべての情報がある碁には見られなかった性質である。

訓練データの不足は、データを解釈し意味に結び付ける知識の問題と密接に絡み合っている。ImageNetを使った画像認識技術が急速に進展した背景には、WordNetというオントロジーが存在し、そのオントロジーのクラス（人間、車、猫、など）を膨大な画像にアノテーションすることで大量の訓練データを用意できたことがある。WordNetのクラスは、一般人が容易に判断できたから、クラウドソーシングで比較的安価に大量の訓練データが作れた。実世界AIでは、このような訓練データを作成すること自体が課題となる。

製造業、介護の現場にセンサーを持ち込めば、大量の生データを取得できる。しかし、これらの生データを解釈し意味を与えたデータは少なく、多くの場合、人手で意味付与（アノテーション）を行わなければならない。このアノテーションは、ImageNetの場合とは違って、当該分野の熟練した技術者や介護者など、その分野の専門家が必要であり、大きなコストがかかる。また、熟練した技術者や介護者を集めるだけで、良い訓練データが作成できるわけでもない。多くの場合、専門家による意味づけも個々の専門家によって変動する。この変動を極小化するために、専門家が暗黙裡に持っている知見を明示的に取り出し、共通化していく必要がある。

また、個々の製造業や介護現場には、大きな多様性がある。専門家が同じ意味、解釈を与える「もの」や「こと」も、個々の現場環境や観察手段によって表面上は違ったデータとなる。このデータの文脈依存性を克服し、データの転用可能性を担保していくには、専門家の解釈を支えている知識、すなわち個々の観察データよりも高い抽象レベルの知識、を扱う必要がある。

4 2つのボトルネック

実世界AIの開発に、実世界の課題に取り組む分野の専門家の関与が必要なことは、ある意味、自明である。ただ、AI研究者は分野に依存しないAI技術の開発に注力し、分野専門家をループに入れる技術は置き去りにされてきた。

「知識は力なり」を標榜した第2期のAIブームでも、知識の形式的な記述系と推論アルゴリズムに研究の重点が置かれ、記述される知識そのものは、当該分野の専門家のインタビューや専門家の内省により獲得できる、とされていた。

このアプローチは、(1) 専門家の関与に必要な時間とコストが大きいこと、(2) 形式性の高い規則で明示的に記述できないノウハウ的な知識が膨大にあること、(3) ノウハウ的な知識は専門家による差が大きいこと、などが原因となり失敗に終わる。いわゆる知識獲得のボトルネック (Knowledge Acquisition Bottleneck) である。

「データは力なり」とする現在のブームは、専門家のノウハウ的な知識をデータから自動的に学習することで、一見、これらの困難を回避しているかに見える。ただ、(1) のインタビューや内省のコストは、訓練データを作成するアノテーション・コストという形で残っている。(3) の専門家ごとの

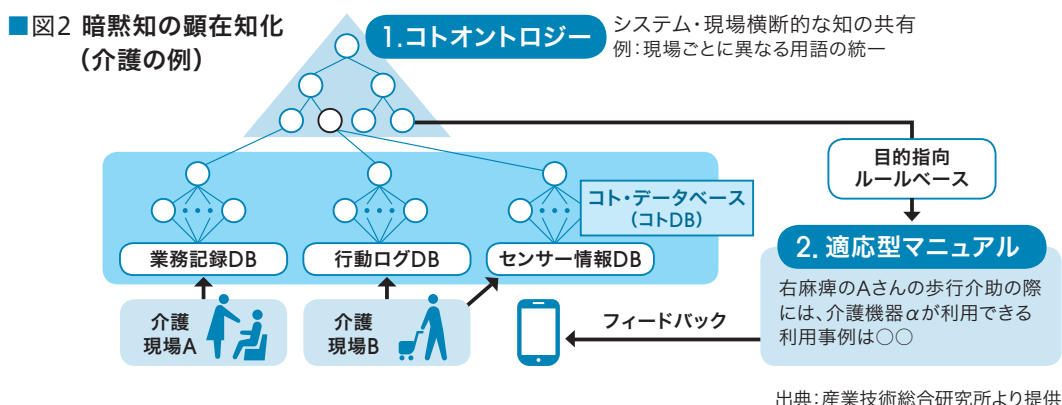
差異は、アノテーションの揺れとして残り、良質の訓練データ作成の難しさとなっている。また、(2)の暗黙的なノウハウ獲得は学習で解消されつつあるが、獲得結果がブラックボックス化し、信頼性や操作性の欠如という別の課題として残されている。(1)(3)は、データ獲得のボトルネック(Data Acquisition Bottleneck)あるいは、データ・アノテーションのボトルネック(Data Annotation Bottleneck)と呼ぶべきものであろう。

この知識とデータ獲得のボトルネックは、いずれも、分野の専門家が持つ知見をAIシステムに移行する段階の困難である。そもそも、優れた分野専門家の層が薄い社会では、実世界AIの研究開発はできない。データ取得の環境と優れた専門家集団をもつ日本は、これらを積極的に活用するための技術、2つのボトルネックを解消するAI技術の開発に力を注ぐべきであろう。

5 人を活かすAI

実世界AIでは、実世界での課題解決に従事する専門家の知見をAIシステムに流し込むことが必要である。現在のAI技術は、専門家の知見をデータへのアノテーションという、極めて狭いチャンネルで行っている。日本がもつ優れた専門家集団を活かすためには、このチャンネルを多様化する技術、例えば、次のような技術の研究開発が必要となろう。

1. シミュレーション技術とデータ中心のAI技術の融合：シミュレーションは、専門家の知見にもとづいて対象をモデル化し、対象を計算機内で再現する手法である。いわば専門家の理解にもとづくトップダウン的な対象のモデル化手法であり、データ中心の機械学習・深層学習と相補的なものである。日本には、生命科学、物理・化学分野の専門家が開発してきたスーパーコンピューター上のシミュレーター・プログラムから、化学プラントや電力網シミュレーター、エンジンのシミュレーターまで、様々な分野に大きな貯えがある。シミュレーターが生成するデータは、専門家による意味づけが明確なデータでもある。専門家集団の知の集積であるシミュレーターとデータからの学習技術によるモデルとを組み合わせる技術の開発は、今後のAI技術にとって重要となろう。
2. 暗黙知の顕在化、オントロジー構築：データへのアノテーション付与は、専門家の暗黙裡の知見を取り出す手段である。ただ、単純にアノテーションを専門家に依頼するだけでは、専門家ごとの揺れがない良質な訓練データは作成できない。深層学習、(逆)強化学習が得意とする認識系・行動系の問題では、専門家自身もうまく説明できない統合的で直観的な判断がある。専門家ごとの揺れの解消には、この暗黙知をデータ分析により顕在化し、それを専門家集団として共有していく必要がある。共通オントロジーの構築という、第2期のAIがトップダウン的に取り組んだ課題をボトムアップなデータ分析と融合する手法を確立する必要がある。データ分析を抽象度の

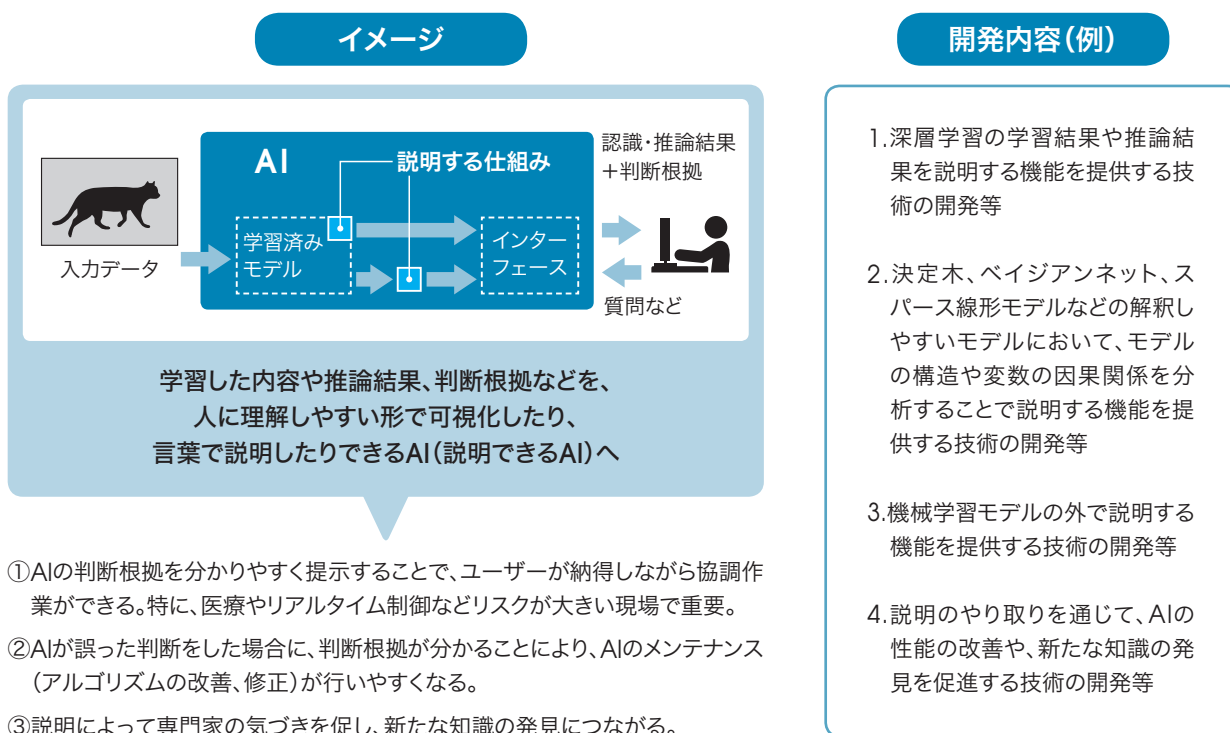


高いオントロジーと結び付けることは、データの文脈依存性を克服し、異なる環境で収集されたデータの相互流用性を高めることにつながる(図2)。

3. 学習結果の透明化手法：深層学習や入力と出力を直接結び付けるEnd-to-Endシステムは、データからの学習結果がブラックボックス化する。これを透明なものにしていくことは、前項のデータ分析をトップダウン的な知識の整理と結び付けるうえでも重要となる。データ分析としての透明度が高い機械学習手法(例えば、ベイジアン・モデル、決定木、ランダムフォレストなど)と深層学習を融合する技術、あるいは、深層学習の結果を説明するための技術など、米国DARPAの説明できるAIのプロジェクト(XAI)で研究開発が進められている技術は、専門家の知見をより積極的に活用していくためにも重要であろう。専門家が持つ暗黙知は、本来、統合的で直観的な、明示的な説明が困難なものである。これを体現する学習結果がブラックボックス化するのは自然なことであるが、これをできる限り透明化することで、共有できる顕在知化する技術が必要となろう(図3)。

■図3 XAI(AIの説明性向上)

- ・機械学習によりAIの性能が向上しているが、AIの判断の理由・根拠などが説明できないことが実用化のボトルネックとなっている。そのため、AIの説明性の向上が社会的に要請されている。
- ・特に、医療やリアルタイム制御(例：自動運転)などのリスクが大きい現場においては、医師などのユーザーがAIの判断を理解し納得して利用できることが重要。
- ・説明のやり取りを通じたAIの性能の改善や新たな知識の発見にもつながる。



出典：DARPA「Explainable Artificial Intelligence」^{※1}より産業技術総合研究所作成

※1 <<https://www.darpa.mil/attachments/XAIProgramUpdate.pdf>>

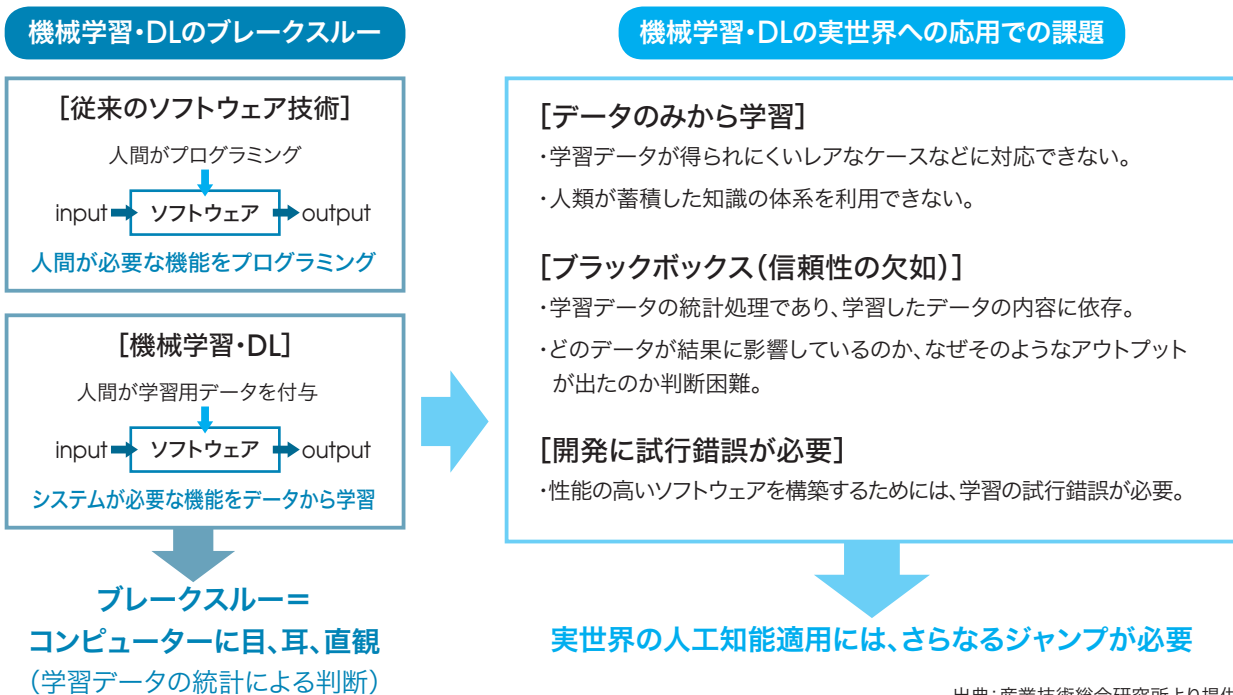
4. 逆強化学習、模倣学習などの発展形、規則の直接教示：試行錯誤によって最適な行動を学習するボトムアップ的な強化学習は、単純な動作の学習には有効であるが、複合的な動作系列の学習には多くの課題を残している。専門家という手本をうまく活用することで膨大な試行錯誤を避ける逆強化学習や模倣学習をさらに発展させることが必要であろう。また、人間の学習が、習熟度の高い専門家からの言語的な教示で無駄な試行錯誤なく素早く行われるように、規則の直接的な教示で学習を加速させる技術の開発が必要となろう。
5. 専門家の知見を反映したモデル構築：物質の特性を推測したり、蛋白質と化合物の相互作用を予測したりするタスクでは、その分野の専門家が持つ知見を深層学習のモデル構築に反映させることで、性能が向上する。また、言語処理においても、深層学習以前の系列学習の手法 (CRF: Conditional Random Field) をLSTMに組み込んだり、文法構造が持つ階層構造をニューラルネットの構造に反映させたりすることで、精度が向上する。専門家が自らの知見をモデル構築に反映させること、深層学習のモデル記述言語を一種のプログラム言語として当該分野の専門家が自らの知見を反映したモデルを開発していくことが今後必要となる。このためには、専門家が深層学習などの技術を道具として直接自らの知見をモデル化できる必要がある。現在の技術をさらに工学として体系化し、ツールとしてユーザービリティを向上する必要があるであろう。
6. 第2期と第3期AIの融合：専門家の知見を反映した規則集合による推論系と第3期のデータからの推論系の融合は、次世代AIの課題を集約するものであろう。論理推論や知識グラフ (オントロジー) による推論をニューラルネットに組み込む手法などに、新たな展開がみられるが、医療診断など、より専門性が高く、複雑度の高い知識系でも有効に機能する技術の開発が必要になろう。人間の思考には、D.KahnemanのいうSlowな思考 (熟考型の思考) とFastな思考 (直観的な反射型の思考) が混在している。前者は第2期AIブーム、後者は現在のデータにもとづくAIが取り扱う思考、推論形式である。医療診断などでは、この両者を自然に融合していく技術が必要となろう。
7. 専門家との対話システム：アノテーションの付与が、有効なデータをシステム側が人間に提示していく能動学習 (Active Learning) は、訓練データ作成のコストを下げる手法として有効である。訓練データの作成だけでなく、判断や行動の過程においても、人間と対話できるAIシステムは、協調型AIの究極の形であろう。このためには、透明度が高いシステムの発展形として、自らの学習結果や判断結果を専門家が理解できる説明として生成する能力、あるいは、人間が持つ意図や人間からの新たな情報を加味することで、判断・行動を結果させる能力など、人間による制御可能性を向上させる技術を開発する必要があるであろう。

6 AIの信頼性、AI工学

日本が優位性をもつ製造業や医療、介護などへのAI適用では、マス・マーケットを対象とした推薦型AIシステムに比べて、はるかに高い信頼性が要求される。また、現在、AIシステムの構築には、構築に従事する技術者の経験と勘や、開発過程での試行錯誤に依存する部分が多い。AIシステム開発のための系統的な方法論の確立も大きな課題となる(図4)。

■ 図4 AI技術の進展と課題

- ・機械学習(深層学習を含む)は、人がプログラミングするのではなく、人がデータを提供することにより生成される、データの統計処理を行うソフトウェアであり、第三次人工知能ブームを引き起こすブレークスルーとなった。
- ・しかしながら、これらの技術は、実世界に応用していくためには、技術上の限界があり、今後、さらに一段と超えた高度な人工知能技術が必要。



AIシステムの信頼性にはいくつかの軸がある。前節の透明度が高く、動作機構が分野専門家にとって理解可能なシステム、あるいは、判断が説明できるシステムは、システムに対する人間の信頼度を向上させるうえで、重要な軸となる。

もう一つの大きな軸は、訓練データにかかわる軸である。この軸はさらに複数の軸に細分して考えることができる。訓練データは、入力と出力の具体的例を大量に与えることで、構築されるAIシステムの仕様を与えている。一つの軸は、この訓練データが、システムが動作する可能な環境を十分にとらえているか、という軸である。AIシステムは、動作する環境の変化に応じて適切な行動・判断をする自律性を持つが、変化する環境の範囲があらかじめ限定できない場合には、訓練データと実際の動作環境との差が深刻な誤動作の原因となる。

自動運転車やドローンなどの場合、AIシステムが実世界で遭遇する場面があらかじめ限定しがたいため、訓練データでは尽くされていない、予期せぬ場面での誤動作が生じうる。シミュレーション技術の活用により、起こりうる可能な場面でのデータを生成しそれを訓練データとして学習するなど、専門家をもつ対象の合理的な理解とデータからの学習機能とを組み合わせる技術が必要となる。

もう一つは、訓練データという外延的な仕様記述がもつ弱点に関係している。内包的な仕様記述の理想形として、論理式での仕様がある。これとプログラムの論理表現との関係でプログラムの正当性が証明(Verification)できる。このような論理による正当性が証明できない場合でも、内包的な定義がある場合には、その定義にあったテスト・データを網羅的に生成し、動作の正しさを確認することができる。

これに対して、訓練データという外延的な仕様記述では、正解のついたテスト・データを別に用意し、それに対する動作を確認する検証(Validation)を積み重ねるしか今のところ方策がない。これには、アノテーションのついたテスト・データを大量に用意するというコストの問題が生じる。深層学習での識別器性能を向上させるGAN(Generative Adversarial Network)の手法を信頼性向上のためのデータ生成に使うなど、今後の研究に待つところが多い。

信頼性に関する問題には、AIシステムの自律的な判断と行動が、人間社会が持つ倫理、道徳、法律などと整合性が取れるかという、技術と社会との接点にかかわるものもある。また、実世界AIでは、AI技術と制御技術、AI技術とセンサー技術などを組み合わせた総合システムとしての信頼性を議論する必要がある。これらは、この論考の範囲を超えるが、これらはAI技術が社会全般に浸透していく過程で避けられない課題となろう。

データからの学習を基盤としたAI技術は、これまでのトップダウン的なソフトウェア開発とは全く逆の、ボトムアップ的なシステム構築方法論になっている。近年喧伝されてきたプロトタイピング、アジャイルなシステム構築という、トップダウン的なシステム構築法に対するアンチテーゼ的な方法論の典型といってもよいであろう。しかしながら、現在のAIシステム開発は、開発者の経験と試行錯誤に依拠する部分が大きく、システム構築のための方法論やそのためのツールなどは未成熟である。このことが、実世界AIに必要な分野専門家が関与する際の障害となっている。これを解決して系統的なシステム構築の工学体系にしていくことは、日本のAI戦略にとっても重要であろう。

7 おわりに—人材育成、社会変革

AIによる社会変革は急速に進みつつあるが、これまでの変革は大きな変革の序章であろう。この変革がIT企業が中核となって進んでいくのか、AI技術を使う側の組織が中心となっていくのかは、AI技術を取りまく社会や産業構造に依存する。日本やヨーロッパ諸国の多くは後者のモデルを採ろうとしているように見える。米国や中国では、IT企業が中心に社会変革を主導しているように見える。ただ、この場合も、巨大化したIT企業がその資金力を使って投資やM&Aを繰り返し、他業種へと進出しており、技術的にはAI技術と他産業のもつ技術との融合が進展している。

日本が強い製造業へのAI技術の適用は、製造業がもつ技術とAI技術との融合を進めることで、日本が特徴あるAI技術を生み出すポテンシャルを持った分野である。また、医療や介護の分野では、国の関与が大きい福祉国家である北欧で、国家主導でデータ収集とその活用が進み、これらの分野でのAI技術が発展している。日本でも、国の方向づけと資金の投入によって、これらの分野でのAI技術が発展する可能性を持っている。医療や介護は、巨大IT企業による民間主導だけではできない社会変革を伴う。同様に、農業のように国ごとにその在り方が変わる分野でも、日本が特徴のある技術を生み出す可能を持つ。

明らかに不足しているAI人材の育成は急務の課題であるが、それにとどまらず、AI以外の分野の専門家の活用、他分野の技術とAI技術の融合的な技術を開発できる人材の育成など、多様な分野での変革を視野に入れた人材育成を行っていく必要がある。AIによる社会変革は、いま始まったばかりである。

MEMO