



技術戦略研究センターレポート

# TSC Foresight

2023年7月

## 人工知能分野の技術戦略策定に向けて －社会実装推進のために－

Vol. 114

はじめに.....	2
1章 解決すべき社会課題と実現したい将来像.....	4
1-1 社会課題と将来像.....	4
1-2 解決・実現のための方法.....	8
2章 解決・実現手段の候補.....	10
2-1 解決・実現のための課題.....	10
2-2 分析等から得られた具体的実現手段の候補.....	12
2-3 技術開発の方向性.....	18
3章 おわりに.....	19

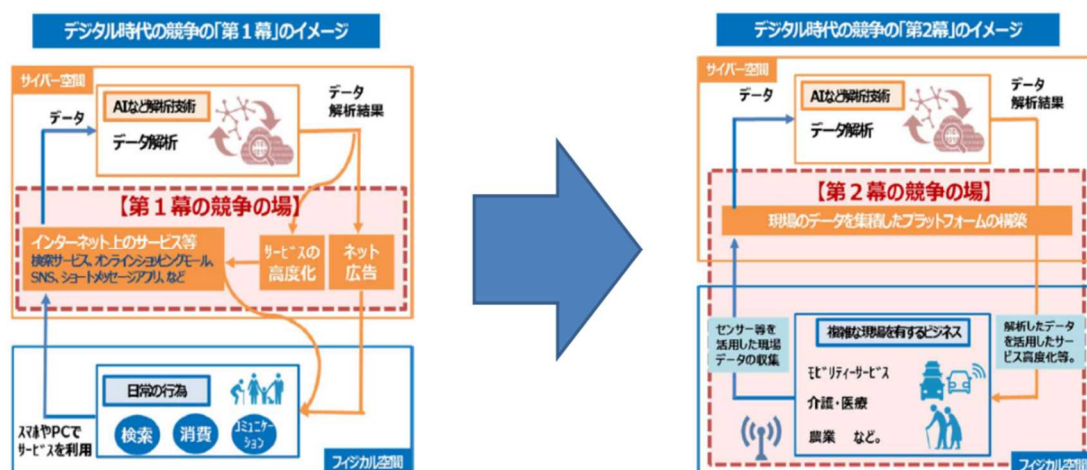
TSCとはTechnology Strategy Center（技術戦略研究センター）の略称です。

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
技術戦略研究センター（TSC）

## はじめに

日本が目指す未来社会である Society 5.0<sup>1</sup>の仕組みにおいては、フィジカル空間のセンサーからの膨大な情報(ビッグデータ)がサイバー空間に集積され、サイバー空間では、このビッグデータを人工知能(以下、「AI」という。)が解析し、その解析結果がフィジカル空間の人間や現場に様々な形でフィードバックされることで、これまでには出来なかった新たな価値が産業や社会にもたらされることが期待されている。

『デジタル時代の新たな IT 政策大綱』<sup>2</sup>において、図 1 に示すように、今後、デジタル時代の国際競争の場は、「第 1 幕」におけるサイバー空間中心の市場から「第 2 幕」の健康・医療・介護、自動走行、製造現場などの複雑なフィジカル空間のビジネスへ移行すると予測されている。この移行により、これまでの日本企業が培ってきた「すり合わせ」、「現場力」、「総合力」などが発揮できる可能性があり、それこそがデジタル時代の国際競争における日本の勝ち筋との認識がなされている。



出典: デジタル時代の新たな IT 政策大綱(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、2019)を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

図 1 国際競争の場の推移予測

これまで日本においては IT 化の進行が遅れていたが、新型コロナウイルスの感染拡大以降、テレワークが普及したことに伴い、企業の IT 化が進展している。その一方で、データとデジタル技術を活用して、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・

<sup>1</sup> Society 5.0 とは(内閣府) [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

<sup>2</sup> デジタル時代の新たな IT 政策大綱(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、2019)  
<https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12187388/www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20190607/siryou1.pdf>

風土を変革し、新たな価値を生み出し、競争上の優位性を確立するデジタルトランスフォーメーションにまでは至っていない。AI はデジタルトランスフォーメーションを実現するための重要な技術であるが、『AI 戦略 2022』<sup>3</sup>でも指摘されているように日本における AI の社会実装は進んでいるとは言い難いのが現状である。

NEDO 技術戦略研究センターでは、AI に関する様々な技術戦略を検討してこれまでに TSC Foresight を発行してきた。その後、機械学習、ニューラルネットワーク、深層学習、基盤モデルなどの AI 関連技術は著しく発展してきており、また、HPC (high-performance computing: 高性能計算) や量子コンピュータといった AI での利活用に必要なビッグデータを処理する計算資源の発展も急速に進んでいる。そのため、AI を取り巻くこれらの技術動向を踏まえて、本レポートでは、AI の社会実装推進に向けた課題と解決の方向性をまとめた。

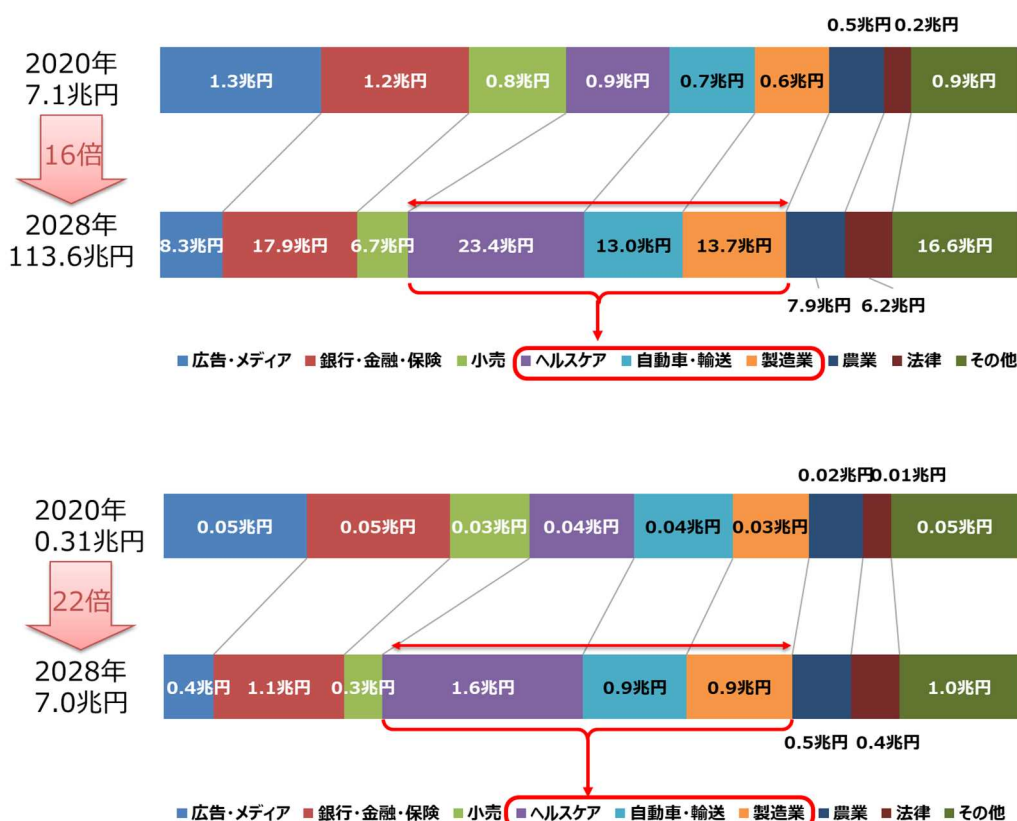
---

<sup>3</sup> AI 戦略 2022 (統合イノベーション戦略推進会議、内閣府、2022)  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/index.html>

# 1章 解決すべき社会課題と実現したい将来像

## 1-1 社会課題と将来像

世界におけるAI関連のエンドユーザ市場の規模(売上高)は、図2に示したように、2020年の約7.1兆円から2028年には約113.6兆円(16倍)に、日本におけるAI関連のエンドユーザ市場規模は、2020年の約0.31兆円から2028年には約7.0兆円(22倍)にそれぞれ成長すると予測されている。これらの市場予測において、世界市場、日本市場ともに、現在の「広告・メディア」、「銀行・金融・保険」などのサイバー空間でのビジネス領域の割合が高い状態から「ヘルスケア」、「自動車・輸送(以下、「モビリティ」という。）」、「製造業」などのフィジカル空間が中心となるビジネス領域の割合が高い状態に変化するものと考えられる。



出典： Artificial Intelligence Market Size, Share & Trends Analysis (Grand View Research、2021、p.67: Fig.22、p.98: Table 62)を基に NEDO 技術戦略研究センター作成  
(米ドル発表額を 113.86 円/ドル(2021 年 12 月時点)で換算)

図 2 AI 関連のエンドユーザ市場規模予測(上段:世界市場、下段:日本市場)

図 1 に示した国際競争の「第 2 幕」の複雑なフィジカル空間のビジネスにおいて、日本の勝ち筋とされている健康・医療・介護、自動走行、製造現場は、図 2 の「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」の分野に相当する。現在、多くの分野では労働人口が 200 万人以下であるが、「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」の分野については、表 1 に示すように労働人口が多い状況にある<sup>4</sup>。一方、日本では、晩婚化や未婚化の進展に伴って、現在では少子化が加速しており<sup>5</sup>、今後、これらの分野での労働人口不足による労働生産性の低下とそれに伴う競争力の低下が深刻化する懸念がある。こうした状況に対し、AI は、労働生産性の向上のための手段として大いに期待される技術であり、事実、図 2 に見られるように、将来は「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」の分野で AI 関連のエンドユーザ市場の拡大が予想されている。これらのことから、AI は上記の懸念に対する打ち手として期待されているところである。

表 1 ヘルスケア、モビリティ、製造業の労働人口(2021 年)

分野	ヘルスケア	モビリティ	製造業
労働人口(万人)	884	510	903

出典: 令和 3 年労働力調査年報(総務省)を基に NEDO 技術戦略研究センター作成

このように労働人口減少の打ち手として期待されている AI であるが、現状では日本における AI の社会実装は進んでいないことが『AI 戦略 2022』において指摘されている。AI の導入についての日米の比較において、大企業の AI 導入の割合は米国とほぼ同等になったとの調査結果<sup>6</sup>がある一方で、中小企業に関する調査では AI の導入が進んでいないとの結果<sup>7</sup>があり、日本における企業への AI 導入は企業規模による二極化の傾向となっている。特に、フィジカル空間が中心となる分野である「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」における中小企業の割合は 99%以上<sup>8</sup>であり、これらの分野は、表 1 に見られるように現状は労働人口が多いことから、今後労働人口が減少することにより大きな影響を受けると予想される分野である。そのため、これらの市場における日本の国際競争力の維持・向上を図ることが必要であり、特に中小企

<sup>4</sup> 令和 3 年労働力調査年報(総務省) <https://www.stat.go.jp/data/roudou/report/2021/index.html>

<sup>5</sup> 令和 4 年版少子化社会対策白書(内閣府、2022)  
<https://www8.cao.go.jp/shoushi/shoushika/whitepaper/measures/w-2022/r04webhonpen/index.html>

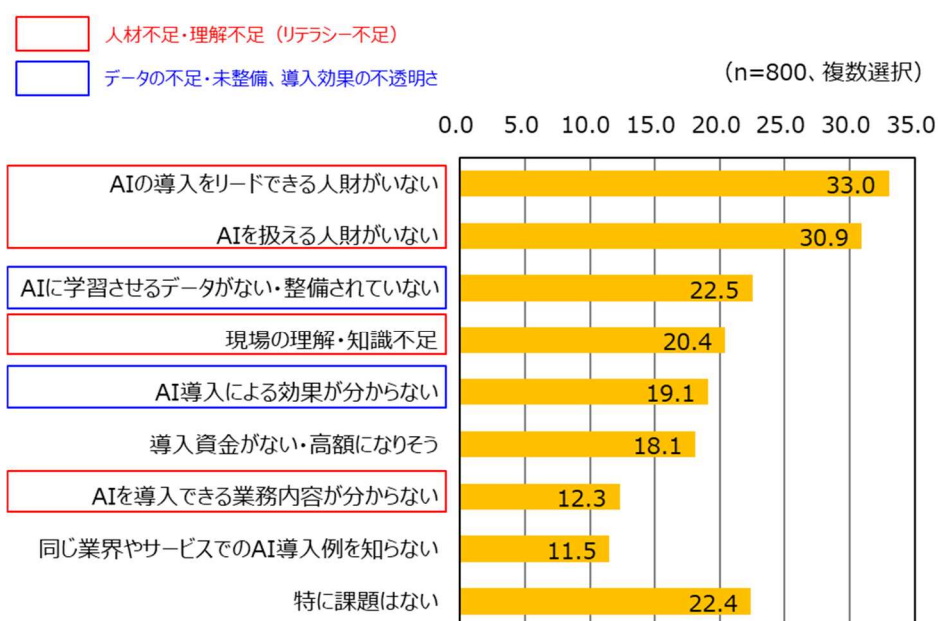
<sup>6</sup> 2022 年 AI 予測(日本)(PwC、2022)  
<https://www.pwc.com/jp/ja/knowledge/thoughtleadership/2022-ai-predictions.html>

<sup>7</sup> 2022 年最新 AI 導入状況調査(ソニービズネットワークス、2022)  
<https://sonybn.co.jp/news/2022/0530/>

<sup>8</sup> 中小企業の企業数・事業所数(2016 年 6 月時点)(中小企業庁、2018)  
[https://www.chusho.meti.go.jp/koukai/chousa/chu\\_kigyocnt/index.htm](https://www.chusho.meti.go.jp/koukai/chousa/chu_kigyocnt/index.htm) 本資料中の「医療、福祉」、「運輸業、郵便業」をそれぞれ本文中の「ヘルスケア」、「モビリティ」の分類として記載。

業へのAIの社会実装をいかにして推進させるのかが、日本が取り組むべき重要な社会課題といえる。

さらに、図3に見られるように、AIに関する意識調査<sup>9</sup>ではAI未導入企業においては、人材不足やリテラシー不足、データの不足・未整備、導入効果の不透明さなどについて懸念点があり、これらの解消には人材の確保やAIの導入に係る体制構築のための投資が必要である。そのため、これらの課題を解決できる技術の開発及び技術に係る環境の整備も課題である。



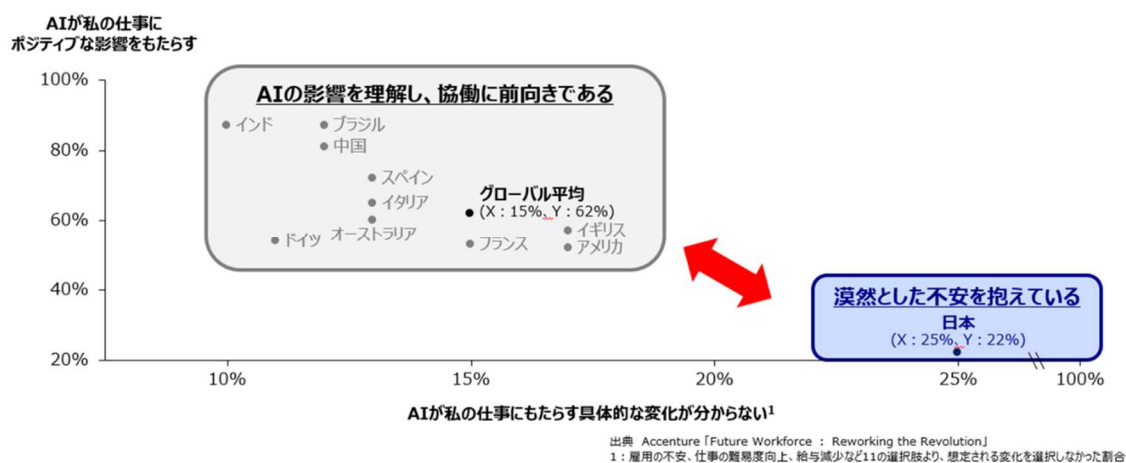
出典:管理職を対象にした、AI(人工知能)に関する意識調査(アデコ、2021)を基に  
NEDO 技術戦略研究センター作成

図3 AI導入における課題

<sup>9</sup> 管理職を対象にした、AI(人工知能)に関する意識調査(アデコ、2021)  
<https://www.adecogroup.jp/pressroom/2021/0204#>



また、図4に見られるように、別の調査<sup>10</sup>では日本人は諸外国と比較してAIが自身の仕事にどのような影響をもたらすかについての具体的なイメージを持っておらず、AIに対してポジティブな感情を抱いている割合もグローバル平均に対して相対的に低いことが報告されている。これは、日本人がAIを利活用する上で漠然とした不安を抱えている状態であることを示唆しており、AIの社会実装にとってこの漠然とした不安を解消することは日本において重要な課題である。



出典: 人とAIの『協働』実現に向けたスキル習得と意識変革(アクセンチュア、2018)

図4 AIの利活用に関して日本人が抱く漠然とした不安

以上のような社会課題及び技術に係る課題を踏まえ、本レポートでは、「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」分野の中小企業を中心にAI導入が拡大し、労働人口が減少する中でも日本の産業競争力が維持・向上している社会を目指すべき将来像とした。

<sup>10</sup> 人とAIの『協働』実現に向けたスキル習得と意識変革(アクセンチュア、2018)

[https://financialservicesblog.accenture.com/applied-intelligence-and-reskilling-japans-workforce?lang=ja\\_JP](https://financialservicesblog.accenture.com/applied-intelligence-and-reskilling-japans-workforce?lang=ja_JP)

## 1-2 解決・実現のための方法

フィジカル空間を主な対象とする中小企業を中心に AI が導入されることで、労働人口が減少する中においても日本の産業競争力を維持・向上できる社会を実現するためには、次の 2 点が必要である。

1 点目は、中小企業が安全・安心に AI を導入できる総合的な技術環境の構築である。すなわち、容易かつ安全に AI の導入を可能にするとともに、日本人が抱いている AI の利活用に対する漠然とした不安を解消し、安心して AI を利活用できる技術が必要である。また、実際に中小企業が AI を活用する際にはサイバー空間で解析される膨大なビッグデータを処理することや少ないデータからでも的確な処理を行うことが必要になるため、効率的にデータを処理できる技術も必要である。

2 点目は、社会受容性の向上である。中小企業が AI を導入するにあたっての問題として挙げられている人材不足やリテラシー不足を解決するためには、AI 人材の育成・確保や AI ガバナンスの取組強化、AI の社会実装推進のための仕組みなどに関するエコシステムを日本全体として産官学の連携により早急に構築することが必要である。また、このエコシステムを通して、必要な国際連携等についても検討し、適切な関係構築を図ることが AI の社会実装のためには重要である。現在、米国・欧州・中国・英国・カナダなどの主要な国・地域においては、表 2 に示すように AI の重要性を強く認識して各国・地域の産官学がそれぞれ重要施策を決定して精力的な取り組みを行っており、AI を取り巻く国際競争は激しさを増している。一方で、このような厳しい国際競争の中において、日本が世界の AI 市場での優位性を獲得していくためには、技術面だけではなく、AI の社会受容性を向上させ得るような AI を取り巻く様々な環境の構築が必要不可欠である。このような取り組みは、日本単独ではなく、他国における政策やエコシステムの構築の状況を参考にしつつ国際協力の枠組みの中で進めることが効果的である。



表 2 主要な国・地域の政策動向の概要

国名	政策動向の概要
米国	中長期的な視野に立ち、産業界のみでは困難な取り組みを念頭に置いて AI 技術に関するファンディング戦略 <sup>11</sup> を策定。
欧州	2021 年 4 月に AI 全般に対する世界初の法律である EU AI Act <sup>12</sup> を発表し、規制を強化。
中国	研究機関の専門家の意見を取り入れつつ、トップダウン方式で AI 開発政策 <sup>13</sup> を展開し、地方行政にまで浸透。
英国	2021 年に公開した AI 国家戦略 <sup>14</sup> で AI エコシステムへの投資や AI の効果的な管理など三つの柱を掲載。
カナダ	世界クラスの人材と最先端の研究能力を商業化に結び付け、カナダが有するアイデアと知識の国内での実用化を指向 <sup>15</sup> 。

なお、AI の社会実装推進に向けたエコシステムの構築に関して国際連携をする際には、次のようなことに留意する必要がある。まず、国際連携を検討する国内の「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」の各分野の業務を選定する。その際の選定基準として、AI による経済的効果や生産性向上効果を考慮する。次に、連携する国と地域を選定する。その際の選定基準として、対象業務において AI に係るメリットを共有できるか、その国・地域に政策的・技術的強みがあるかを考慮する。ただし、連携に当たり参考とする政策については、当該国・地域の地政学的特性や文化的な背景等をよく勘案することが重要である。

<sup>11</sup> 2016–2019 Progress Report: Advancing Artificial Intelligence R&D (National Science & Technology Council, 2019) <https://www.nitrd.gov/pubs/AI-Research-and-Development-Progress-Report-2016-2019.pdf> など

<sup>12</sup> Artificial Intelligence Act (European Parliament, 2023) [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS\\_BRI\(2021\)698792\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698792/EPRS_BRI(2021)698792_EN.pdf) など

<sup>13</sup> 新一代人工知能発展規則(中華人民共和國中央人民政府、2017) [https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm?gs\\_ws=tsina\\_636394431999454091](https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm?gs_ws=tsina_636394431999454091) など

<sup>14</sup> National AI Strategy (Secretary of State for Digital, Culture, Media and Sport, 2021) <https://www.gov.uk/government/publications/national-ai-strategy> など

<sup>15</sup> Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy (Government of Canada, 2022) <https://ised-isde.canada.ca/site/ai-strategy/en> など

## 2 章 解決・実現手段の候補

### 2-1 解決・実現のための課題

1 章では、フィジカル空間が中心となる市場における 3 分野について、その大部分を構成する中小企業への AI の社会実装推進のための方法として、安全・安心に AI を導入できる総合的な技術環境の構築と、社会受容性の向上が重要であることを述べた。ここでは、安全・安心に AI を導入できる技術についての課題を検討する。

中小企業で AI の導入が効果的に進むためには、フィジカル空間からの膨大な情報がサイバー空間に集積され、そのビッグデータを AI が解析した結果が中小企業に適切にフィードバックされることが重要である。

サイバー空間からフィジカル空間へのフィードバックの過程において、ビッグデータが「収集～保管～加工～学習～利活用」という一連のフローを経てフィジカル空間に高付加価値として適切にフィードバックされるためには、それぞれの過程において、図 5 に示すような様々な問題が障壁となっており、それぞれの問題に対する次のような技術的な課題が存在している。

安全・安心にデータの利活用ができるために、

- ① 個人情報や企業秘密の流出防止
- ② 解析結果導出過程に関する説明のブラックボックス化の解消

の技術が必要である。

また、効率的にデータが利活用できるために、

- ③ 解析に必要なデータ量の不足を補う技術
- ④ 解析モデルを作成する際の膨大なパラメータを処理できるモデルの構築
- ⑤ 膨大なパラメータを高速に処理できる計算資源の確保

が必要である。

特に、⑤に関しては、最新の研究結果<sup>16</sup>から、AI の大規模な汎用モデルを構築する際の事前の訓練にかかる演算回数が  $10^{22} \sim 10^{24}$  というレベルに達すると、AI の性能が一気に上がることがわかってきつつある。そのため今後は、汎用モデルの構築のための大規模な事前訓練の重要性が増すことが予想され、それに伴い十分な訓練に必要なデータ処理能力を有する計算資源を確保することが大きな課題となる。

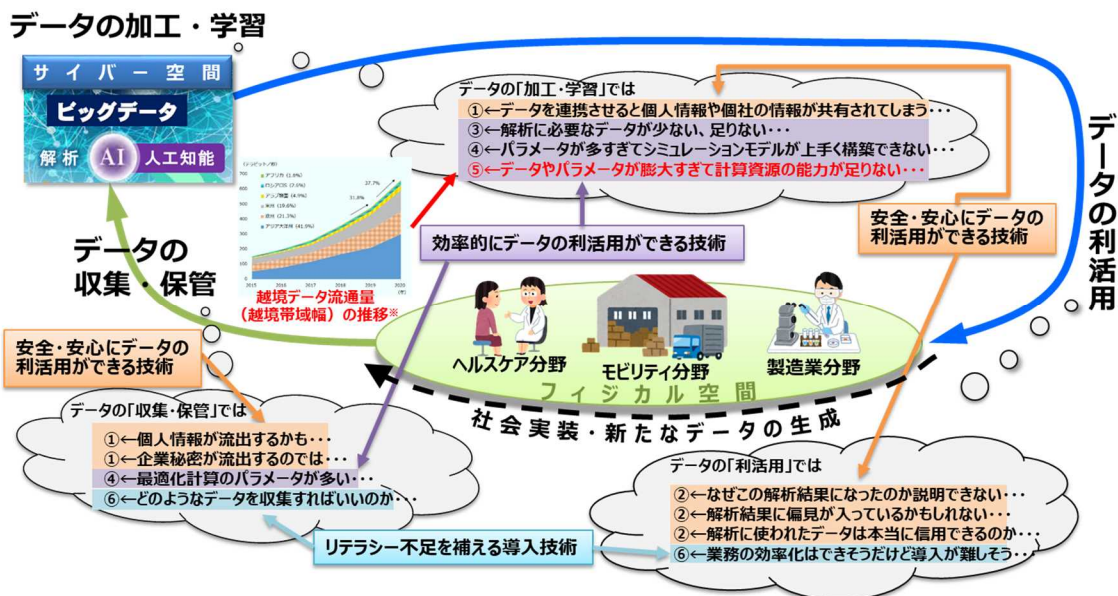
これらの他に、AI を含めた IT 人材の不足や AI 関連の資機材に掛けることができる資金の不足などの問題を解決するため、特に中小企業における AI 未導入企業が

---

<sup>16</sup> Characterizing Emergent Phenomena in Large Language Models (Google research Blog, 2022-12-10) <https://ai.googleblog.com/2022/11/characterizing-emergent-phenomena-in.html>

AI を導入する際の問題として挙げられていた「理解不足(リテラシー不足)」や「人材不足」を補うことが必要であることから、

⑥ 最低限のリテラシーで AI を導入できる技術も重要な技術的課題である。



※グラフの出典: コロナ禍のもと拡大するデータ流通量、地域・分析レポート(JETRO、2021)  
<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2021/0902/78a87b2350725717.html>

図 5 データ処理に係る一連のフローにおける様々な問題

## 2-2 分析等から得られた具体的実現手段の候補

前節の課題を解決するための具体的実現手段の候補について、科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)による AI 技術を俯瞰した戦略プロポーザル『人工知能研究の新潮流～日本の勝ち筋～』(2021)<sup>17</sup>で取り上げられている注目すべき九つの研究開発領域における研究開発動向を参照して、社会課題解決及び将来像実現のための具体的実現手段としての技術を次のように抽出し、整理した。

まず、安全・安心にデータの利活用ができる技術として(1)「秘匿化・プライバシー保護」、(2)「説明可能な AI」を、効率的にデータの処理ができる技術として(3)「スモールデータ駆動」、(4)「シミュレーションと機械学習の融合」、(5)「膨大なパラメータを高速に処理するコンピューティング技術」を、具体的実現手段としての技術の候補とした。さらに、リテラシー不足等に伴う導入時の技術的経済的負担を軽減するべく(6)「最低限のリテラシーで AI を導入可能にする技術」も必要な技術の候補として加えた。以下、それぞれの技術について前節の課題との関係を踏まえて技術の概要を記載する。

---

<sup>17</sup> <https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2021-RR-01.html>

### (1) 秘匿化・プライバシー保護技術

データ内容の秘匿化を行い、個人情報等のプライバシーを保護しながらデータ分析と共有を可能にする技術である。このような技術としては、秘密計算、差分プライバシー、連合学習が挙げられる。また、秘密計算に係る技術としては、秘密分散、暗号化された回路(Garbled Circuit)、準同型暗号、ハードウェア実装の各技術がある。それぞれの技術の概要を表3にまとめた。

表3 秘匿化・プライバシー保護技術

技術		概要
秘密計算	秘密分散	一つの秘密情報に関するデータセットを、複数のデータ部分(シェア)に分解して複数の参加者に送信し、各参加者が送信されたシェアを計算処理する。その結果を収集し、復元して結果を得る。単独のシェアのみは無意味なデータであるため、そこからは秘密情報を復元することはできないが、複数のシェアを集めることで秘密情報を復元することができる。
	暗号化された回路 (Garbled Circuit)	計算したい関数を回路で表現し、回路の全てのゲートを、全ての入力パターンで暗号化し、2 か所以上に分散して計算することで秘密計算を実現する方式。鍵管理で多く用いられている。
	準同型暗号	各参加者の個別の元データを準同型で暗号化したデータを対象としてそのまま演算する。その結果を復号化することで、元データを演算した結果と同じ結果が得られる。暗号化されたデータを用いるため、秘密情報が漏洩しない。
	ハードウェア方式	ハードウェア上に、信頼された隔離実行環境(TEE: Trusted Execution Environment)を構築し、そこに参加者から入力データを集め、この環境内のみで計算処理をして参加者に結果を返す。計算参加者は許されたデータや計算結果についてだけ TEE にアクセスでき、また、限定された操作しかできない。
差分プライバシー		学習済みのモデルに用いられた訓練データには、個人情報が含まれており、他の情報(例えば別のモデル)と組み合わせることにより個人情報を差分として特定できる可能性がある。そこで、学習データにノイズを加える(必然的に処理結果にもノイズが加わる)ことで、差分を見えにくくして個人情報の特定を防ぐ。
連合学習		①各組織で個別データの学習により個別モデルを作成し、②複数組織の個別モデルのパラメータや更新情報のみを共有・統合したモデルを作成し、③統合したモデルを各組織に返して追加学習する。この①～③を繰り返して高精度なモデルを作成する。秘密データ自体を共有することなく高精度なモデルを作成できる。

出典: プライバシー強化技術の概説と動向(日本総合研究所、2021)<sup>18</sup>を基に  
NEDO 技術戦略研究センター作成

<sup>18</sup> <https://www.jri.co.jp/MediaLibrary/file/column/opinion/pdf/13005.pdf>

## (2) 説明可能な AI 技術

AI で利活用するデータの信頼性を向上させる技術である。AI における機械学習は、膨大なデータの学習結果を用いた帰納的な処理過程を経て判定結果を得るため、どのようにしてその判定結果に至ったのかを明確に説明することが一般的には困難である。このような AI のブラックボックス問題は、AI システムに対する信頼性の妨げになるため、判定結果を説明可能とする AI 技術が求められている。説明可能な AI 技術による解釈や説明は近似的なものになるため、その近似から外れる振る舞いが起こり得たり、意図的に出力結果を騙すような説明も作られてしまう可能性があり、説明可能な AI 技術の評価についても課題がある。表 4 に代表的な説明可能な AI 技術としてのアプローチをまとめた。

表 4 代表的な説明可能な AI 技術としてのアプローチ

説明可能な AI 技術としてのアプローチ	解釈性向上の方法
精度が高いが解釈性が低いブラックボックス型の解釈性を高めるアプローチ	ブラックボックス型を近似するようなホワイトボックス型モデルを外付けする方法。
	ブラックボックス型がある判定結果を出したときに、その結果が出た決定因子を示して解釈性を高める方法。
	人間が定めた分類の着眼点が分かっているときなど、人間の知見をモデルの制約として与えつつ学習させることで、結果の解釈性を高める方法。
解釈性は高くても精度に限界のあったホワイトボックス型の精度を高めるアプローチ	ホワイトボックス型で用いられる、決定木的な場合分けと、重回帰分析式を合わせて最適化する、異種混合学習技術(因子化漸近ベイズ推論)によって精度を高める方法。

### (3) スモールデータ駆動技術

多くのデータを入手することや収集することが困難な分野において限られたデータから AI を用いて適切な解析結果を得る技術である。少ない試行回数しか得られない実験データ、自然災害に関連するデータなどのスモールデータからの学習に際して、類似する他のデータの学習で得られた知識を転用するなどの精度向上を可能にすることによる効率的なデータの処理が必要である。これらの技術としては、転移学習及びファインチューニングの技術が挙げられる。それぞれの技術の概要を表 5 にまとめた。

表 5 スモールデータ駆動技術

技術	概要
転移学習	ある問題に対して十分な量のデータがない場合、事前トレーニング済みのモデルを使用して新しい問題に対して出力層のパラメータのみを変更して再調整することにより予測モデルをトレーニングする手法。
ファインチューニング	学習モデルのニューラルネットワークにおける出力層の最終部分に新たなモデルを付け加えるとともに、出力層のパラメータと入力層に近い部分のパラメータも変更することにより、全体モデルの微調整を行う手法。既存・追加モデルの全てのデータを再学習することなく、少ないデータでも汎化性能をより向上させることが可能な手法。

### (4) シミュレーションと機械学習の融合

人間の知識に基づく推論(シミュレーション)とデータに基づく推論(機械学習)を組み合わせることで計算処理の効率化・高速化を図る技術であり、演繹的手法のシミュレーションと帰納的手法の機械学習において、それぞれの不足機能を互いに補完できる技術の確立が必要である。これには、機械学習によりシミュレーションの一部を代替・補正するシミュレーションをベースとした融合と、シミュレーション全体を機械学習モデルに置き換える機械学習をベースとした融合がある。それぞれの概要を図 6 に示す。

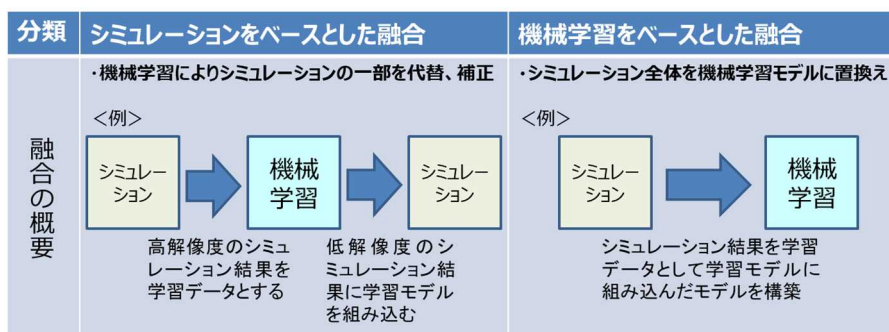


図 6 シミュレーションと機械学習の融合



#### (5) 膨大なパラメータを高速に処理するコンピューティング技術

2-1 節で述べたように、AI に用いる膨大なパラメータを要する計算や学習の処理を低電力で短時間に処理することは、今後重要となる技術課題である。そのためコンピューティング技術として、HPC と量子コンピュータが挙げられる。

HPC は、強力な演算処理装置のクラスターを使用してビッグデータを並列処理することによって、複雑な問題を超高速に計算することを可能にする技術である。

一方、量子コンピュータは、膨大なデータに対して想定される複数の解の候補の中から、量子特有の「重ね合わせ」と「干渉」の性質を用いて特定の物理状態を示す新たな解を浮かび上がらせる「同時並列計算」により、計算効率を上げることが期待されている技術である。現在、量子コンピュータとしては、最適化問題の解法を得意とする「量子アニーリング方式」と任意の計算機能を持つ「量子ゲート方式」の 2 種類が研究・開発されている。

量子アニーリング方式は、比較的ノイズに強く、中小規模の社会課題で実証実験が行われており、実用段階の例も存在している。その反面、高速化が証明済みの実用アルゴリズムがなく、高速化に対する理論的な裏付けが必要となっている。

量子ゲート方式は、劇的な高速化が証明されているアルゴリズムがいくつかあり、小規模システム NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum Computer: ノイズのある中規模量子コンピュータ) で試用が始まっている。その反面、ノイズに弱く、現状では大規模データの入力が困難であり、実用化のためには大規模化だけでなくノイズの抑制が必須である。

また、これらの他に、量子技術に着想を得た「量子インスパイアード方式」の活用例も存在している。

量子アニーリング方式・量子ゲート方式ともにハードウェア・ソフトウェアの両面において世界の主要国・地域で精力的な研究・開発が行われている状況であるが、現段階で実用化されている量子コンピュータの技術と HPC を組み合わせて利用する機械学習の研究<sup>19</sup>も行われており、今後、これらの膨大なパラメータを高速に処理するコンピューティング技術と AI との融合により、膨大なパラメータを要する計算や学習を低電力で短時間に処理できるようになれば、AI の利活用の幅が劇的に向上することが期待される。

<sup>19</sup> 「量子ソフトウェアと HPC・シミュレーション技術の共創によるサステナブル AI 研究拠点」プロジェクトへの参画について(日本総合研究所、2022)

<https://www.jri.co.jp/company/release/2022/1025/>

(6)最低限のリテラシーで AI を導入可能にする技術

最低限のリテラシーで AI を導入可能にする技術としては、

- ・人が認識し易い視覚をインターフェースとしている VR(Virtual Reality: 仮想現実)や AR(Augmented Reality: 拡張現実)などの仮想空間技術(総称は XR: Extended Reality)
- ・質問と回答という自然言語をインターフェースとしている大規模な言語データや画像データなどの学習に基づく GPT-4 に代表されるような基盤モデルの技術

が現在、大きな注目を集めている。これらの技術を活用することにより、IT や AI 関連の詳細な知識・経験がない人でも操作・利活用を容易に実施できるようになることが考えられる。

VR は、サイバー空間に仮想世界を作り出す技術であり、AR はサイバー空間とフィジカル空間の重ね合わされた空間や現実世界をベースとした仮想世界を作り出す技術である。これらの技術は、フィジカル空間における各種器材の設定や入出力結果を VR や AR などの XR 技術によりサイバー空間での操作を通じて確認することができるため、AI の習熟を容易化できることが期待される。また、サイバー空間にフィジカル空間と同様の環境(デジタルツイン)を構築して、サイバー空間での機器の操作をフィジカル空間での実際の機器の操作に反映できれば、遠隔地の機器の操作をあたかも手元で操作しているように実施することができる。そのため、これらの技術を活用することにより、AI に関するリテラシーが不十分な環境や AI 人材が不足している環境であっても比較的容易に AI を導入できる可能性がある。

一方、ChatGPT(Chat Generative Pre-trained Transformer)は、基盤モデルの中でも大規模言語モデルに属する GPT-3.5 をファインチューニングして作成したモデルとして発表され、チャット機能による利用の手軽さと人が作成したかのような自然な文章による回答が実現することから、著しい注目を集めている。現在では、さらに大規模なパラメータを持ち、大量のテキストと画像を学習したマルチモーダルモデルである GPT-4 も登場しており、ChatGPT にもその機能の一部が追加されるなど進化を続けている。これらの技術を活用すれば様々な処理を容易に実行できる環境の整備やローコード/ノーコードでのプログラム開発などが期待でき、AI の導入を容易にし、AI 普及を大きく進展させ得る技術である。しかしながら、これらの開発は国外の企業が大きく先行しており、訓練データが欧米中心であることから日本での利活用では正確な結果が得られないことがある。また、著作権や個人情報の利用の適否についても議論があるところであり、今後、これらの課題を克服する国産での技術開発が期待される。

以上の各技術が図5で示した様々な問題に対してどのように対応しているかを図7にまとめた。

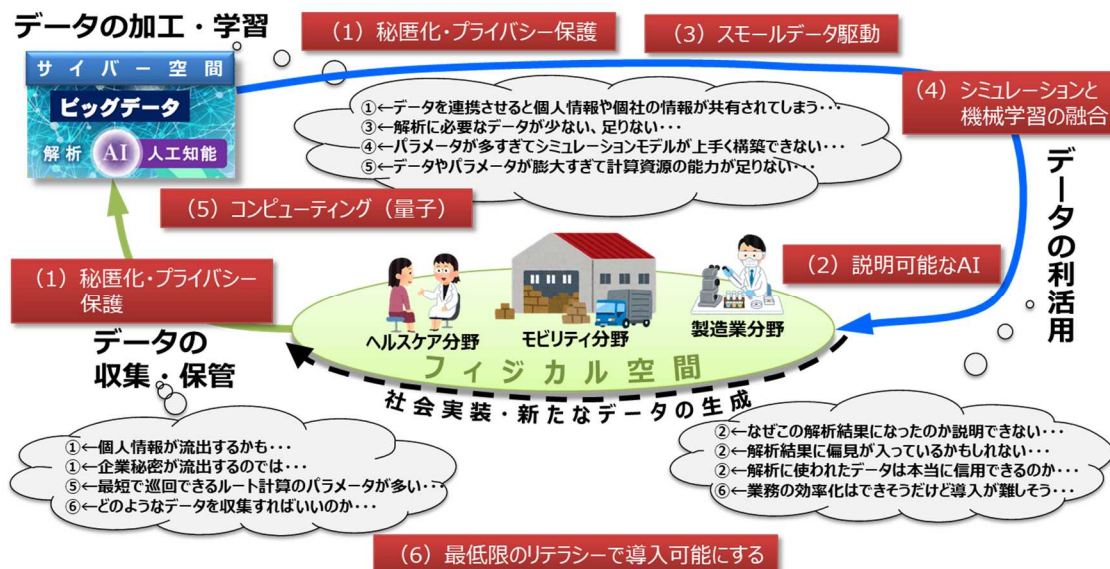


図7 様々な問題への対策としての各技術の対応

## 2-3 技術開発の方向性

2-2 節では、中小企業への AI 導入のために必要となる技術を抽出した。抽出した各技術は個別に開発が進んでおり、単独で実装・実用化されている技術があるものの、AI の社会実装をより促進するためには、必要な技術を取捨選択して組み合わせ、容易に導入・運用できるようにこれらの技術を標準パッケージとして開発していく必要がある。特に、現在大きな注目を集めている ChatGPT や GPT-4 のような基盤モデルを、経済安全保障の観点から国産技術として開発して AI の操作性を著しく容易化する技術開発は日本にとって喫緊の課題である。これらの技術開発が成功し、AI の社会実装が加速度的に推進することが、世界市場において日本がデジタル時代の国際競争力を維持・向上できるための重要な鍵となり得るものと考えられる。

しかしながら、これらの技術のみでは AI の社会実装を推進させることは困難であり、AI に関するリテラシーの向上や人材育成、さらには中小企業が抱える業務課題を分析して AI の導入を効果的かつ確実なものにできるコンサルタントやシステムインテグレータなどを含めた取り組むべきエコシステムの構築も必要である。その際には、関連する国際標準化の動向、法規制・倫理の動向、金融支援、成功事例の受発信などを包含して総合的に構築することが必要である。

### 3章 おわりに

本レポートでは、デジタル時代の国際競争の場が「第2幕」とも言える複雑なフィジカル空間のビジネスにシフトしていることを指摘し、労働人口の減少がビジネスに及ぼす影響が大きい「ヘルスケア」、「モビリティ」、「製造業」の3分野に注目して、それらの3分野において大きな割合を占める中小企業へのAIの実装推進に向けた課題と解決の方向性について検討した。中小企業の多くは、AI導入の必要性は認識しているものの、そのためのデータの扱いやリテラシーなどの様々な問題のために導入が進んでいないといった課題があることから、それらを解決するための技術について具体策を整理した。

AIの社会実装推進に必要な各種技術の抽出に際しては、JST CRDSによる戦略プログラム『人工知能研究の新潮流』を参照した。これより、「安全・安心なデータの利活用」に関する技術と「効率的なデータの利活用」に関する技術の開発が重要であることを指摘し、具体的な実現手段について整理した。さらに、最低限のリテラシーで導入を可能にする技術の候補として、仮想現実等のXR技術や基盤モデルによるデータの処理などの技術についても整理した。また、抽出した各技術については、必要な技術を取捨選択して組み合わせる導入・運用できるようにそれぞれの技術をモジュールとする「標準パッケージ」の作成が重要となることを指摘した。

AIの社会実装は技術開発のみで実現できるものではなく、社会受容性の向上も不可欠である。そのために必要となる環境の整備等に関する検討も行い、早期に構築を目指すことが望まれるエコシステムについても提示した。

技術戦略研究センターレポート

# TSC Foresight Vol.114

人工知能分野の技術戦略策定に向けて

2023年 7月 21日発行

TSC Foresight Vol.114 人工知能分野 作成メンバー

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構  
技術戦略研究センター(TSC)

■センター長 岸本 喜久雄

■センター次長 植木 健司  
飯村 亜紀子 (2023年7月4日まで)

■デジタルイノベーションユニット

- ・ユニット長 伊藤 智
- ・統括研究員 桜井 茂行  
多田 達也 (2022年3月まで)
- ・主任研究員 吉野 順也
- ・研究員 仙洞田 充  
角井 素貴
- ・専門調査員 藤原 淳史
- ・フェロー 林 秀樹 国立大学法人横浜国立大学 客員教授  
遠藤 直樹 元 東芝デジタルソリューションズ株式会社  
橋田 浩一 国立大学法人東京大学大学院 教授  
高木 宗谷 元トヨタ自動車株式会社 理事  
平井 成興 元 NEDO 技術戦略研究センター ユニット長  
山口 佳樹 国立大学法人筑波大学 准教授  
西森 秀稔 国立大学法人東京工業大学 特任教授

●本書に関する問い合わせ先  
電話 044-520-5150 (技術戦略研究センター)

●本書は以下 URL よりダウンロードできます。  
<https://www.nedo.go.jp/library/foresight.html>

本資料は技術戦略研究センターの解釈によるものです。  
掲載されているコンテンツの無断複製、転送、改変、修正、追加などの行為を禁止します。  
引用を行う際は、必ず出典を明記願います。