

# UEDレポート

「The Era of AI（AI の時代）」  
に生きる

2026  
夏号

一般財団法人 日本開発構想研究所

## 目 次

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 1. 「The Era of AI (AIの時代)」に生きる .....      | 1  |
| 阿部和彦 ((一財)日本開発構想研究所 代表理事)                 |    |
| 2. AI時代における日本産業の勝ち筋 .....                 | 13 |
| 武藤 真 ((株)みずほ銀行産業調査部長、(一財)日本開発構想研究所 評議員)   |    |
| 3. AI時代における高等教育の再構築 .....                 | 29 |
| ー大学・学位・専門・知識はどこへ向かうのかー                    |    |
| 飯吉 透 (京都大学学術情報メディアセンター 連携研究部門 教授)         |    |
| 4. AIと交通計画・都市計画 .....                     | 33 |
| 岸井隆幸 ((一財)計量計画研究所代表理事、(一財)日本開発構想研究所 評議員)  |    |
| 5. 国土計画におけるAI活用の可能性 .....                 | 40 |
| 西澤 明 (地域・交通データ研究所代表、元 (一財)日本開発構想研究所 研究主幹) |    |
| 6. AIの数理と数学教育 .....                       | 45 |
| ーAIの時代をよりよく生きるためにー                        |    |
| 藤原毅夫 (東京大学 名誉教授)                          |    |
| 7. 研究現場からみたAI活用の実情と課題 .....               | 55 |
| ーAIに何を任せ、何を人間が考えるのかー                      |    |
| 李 尚元 (東京大学 大学院工学系研究科 助教)                  |    |
| 下河辺淳アーカイヴスについて .....                      | 66 |
| 下河辺淳アーカイヴスArchives Report バックナンバー .....   | 68 |
| 復刊UEDレポートバックナンバー .....                    | 69 |
| 研究所の概要 .....                              | 70 |

## 1. 「The Era of AI (AI の時代)」に生きる

阿部和彦 ((一財) 日本開発構想研究所 代表理事)

### 1. The Era of AI (AI の時代)

#### (1) なぜAI を取り上げたのか

AI (Artificial Intelligence) (人工知能) をテーマに UED レポートを発刊しようと考えたのは、2025年11月ごろであった。この年の正月を過ぎてから、AI の過熱する報道に接して、これは30年前の IT バブルに似ているなどと思った。革新と株高は「併走」するという経験則もあるようなので、この AI を巡る狂騒はひょっとして巨大な技術革新の波を背景にしているのかもしれないと思った。

米エンジェル投資家ジェイソン・カラカニス氏は、日本経済新聞 Foresight 欄のインタビューで以下のように語っている<sup>1</sup>。「1980年代、当時のパソコンは現在の貨幣価値で2万ドル(約310万円)ほど。平均年収の約3分の1だった。現在は500ドル程度で購入できる。スマートフォンはホームレスでさえ持っている。パソコンは当初、数百万人の生活に影響したが、高速インターネットは数千万人、モバイルは数十億人が利用者となった。新たな技術の波は常に前の波より大きいというのが経験則。AI は過去最大の波で、最後の波かもしれない。」

この技術の波は必ずや日本の経済、社会に浸透し、大きな変革をもたらすのではないかと思うようになった。そして我が研究所もその波の影響をまともに受けるのではないか、第1にオフィスの事務革命による生産性の向上として、第2にクライアントである国、自治体、学校法人等の業務革新と発注業務内容の変化を通して。

1980・90年代のオフィス事務革命時には、幸い受託事業も順調に拡大していた時期でもあったため、1981年 PPC 複写機「ゼロックス」を、1984年富士通のワープロ「MyOASYS」を、1993年パーソナルコンピュータ NEC「PC-9801」を導入した。そして、Internet Explorer の利用も可能な Windows 95 の出荷を待って、1999年には PC、所員全員を対象に一人一台の体制を整え、所内の LAN を構築した。これで何とか IT 革命に乗り遅れることなく、またクライアントとの意思疎通に齟齬をきたすことなく業務を遂行することができた。

AI の波にも乗り遅れることはできない。

#### (2) なぜ「The Era of AI (AI の時代)」なのか

ChatGPT(チャット GPT) が2022年11月に公開されたあと、「The Era of AI」を表題とする本が2冊出版されている<sup>2</sup>。2023年9月に「THE ERA OF AI: 企業における戦略導入を成功させるためのエグゼクティブ・ガイド」 Fan Cheng (著)。2024年1月に「The Era of AI: 人工知能時代の実践ガイド」 Emmanuel D. Success, Mark G. Wealth (著)。

朝日新聞は、「The Era of AI」をロゴとした特集記事をこの1年間(2025年5月～2026年5月)に28回掲載している<sup>3</sup>。最初の(AI の時代)は、自衛迫られるコンテンツ業界、価格設定 (AI が「足もとを見る」)、国連の倫理勧告など6回。2回目の(AI の時代 何を託すのか) は、AI ではない証明、脳が操るロボの腕、学べない会話の「空気」、肯定をくれるチャッピー、人の感性をも読むなど8回。3回目の(AI の時代) は、脳との関係、教育現場では(英語、体育、授業改善、学校外)、軍事に使わせない、人型 AI ロボ、サイバー攻撃、デマ大量投稿、ミュトスの衝撃等14回である。朝日新聞らしく、AI の時代を無条件で歓迎するのではなく、AI の時代の諸課題を炙り出そうとしている。

「The Era of AI」を象徴するような出来事が26年5月に起こっている。ローマ教皇レオ14世が、就任後初めて発表した「回勅」で、AI が人間の尊厳に与える影響をテーマにした。技術革新による生産性向上を認めつつも、「人間の労働」「民主主義」「社会的弱者」への影響を重視した内容であった<sup>4</sup>。

今回この UED レポートで「The Era of AI (AI の時代)」を使わせてもらったのは、ひとつには言葉の響きに惹かれたからであるが、この時代という言葉の中に、AI の驚異的な能力とともに、これまでの人間社会の仕組みに対して AI がもたらす破壊的な諸影響を含め、トータルに一つの時代としてとらえるといったニュアンスを嗅ぎ取ったからである。“「The Era of AI (AI の時代)」に生きる” は、好むと好まざるとにかかわらず、この AI の時代に生きざるを得ないという意味を含めている。

## 2. IT と AI の歴史から見る日本の位置

### (1) IT と AI の歴史

Copilot に列単位で手伝ってもらい、それらのだぶりを除き、IT と AI の歴史年表を作成してみた。

| ITとAIの歴史年表      |                                                                                                                                                  |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 年代              | ITの歴史                                                                                                                                            |                                                                                                                                              | AIの歴史                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |
|                 | 世界                                                                                                                                               | 日本                                                                                                                                           | 世界                                                                                                                                                                      | 日本                                                                                                 |
|                 | <b>1. 前史：計算と情報処理の原点（～19世紀）</b>                                                                                                                   |                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                         |                                                                                                    |
| ～19世紀           | 計算機の原点：パスカルの計算機(1642)、バベッジの解析機関（1830年代）                                                                                                          | 計算機の原点：そろばん・算盤                                                                                                                               |                                                                                                                                                                         |                                                                                                    |
|                 | <b>2. 第1世代コンピュータ：真空管の時代</b>                                                                                                                      |                                                                                                                                              | <b>1. 理論の誕生期</b>                                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 1940年代～1950年代前半 | 特徴：真空管を使用、巨大・高消費電力・高コスト、計算速度は当時としては画期的<br>代表例：ENIAC(1946)…世界初の汎用電子計算機(用途：弾道計算、科学計算、軍事用途) ☞ITは「国家・軍・研究機関の専有物」であった                                 | 戦後復興の中で、欧米からコンピュータ技術が導入される                                                                                                                   | AIの基礎はコンピュータ科学と数学から生まれた<br>1943年：ウォーレン・マカロック、ウォルター・ピッツ、人間の脳を数理モデル化「人工ニューロン」を提案、1950年：アラン・チューリングが「機械は思考できるか？」という問いを立て、チューリング・テストを提唱                                      | 基礎研究は限定的                                                                                           |
|                 | <b>3. 第2世代：トランジスタとプログラミング</b>                                                                                                                    |                                                                                                                                              | <b>2. 第一次AIブーム（1956～1960年代）</b>                                                                                                                                         |                                                                                                    |
| 1950年代後半～1960年代 | 技術進化：真空管→トランジスタ(小型化・省電力化・信頼性向上)<br>ソフトウェアの進化：高級言語の誕生(FORTRAN・COBOL)<br>☞ハードウェア中心から「ソフトウェア」の重要性が高まる                                               | 1956年：国産初の電子計算機「FUJIC（富士フィルム）」完成、<br>1960年代：IBMなど外資系コンピュータが普及、銀行、保険、政府での利用が中心(大型メインフレーム)<br>☞特徴：「計算機＝一部の大企業や政府のもの」                           | 「人工知能」という言葉の誕生(1956年ダートマス会議でジョン・マッカーシーがArtificial Intelligence(AI)という言葉初めて使用)<br>推論・探索・定理証明などが研究される チェスを指すプログラム、簡単な対話プログラムが登場<br>☞当時の考え→人間の知能は20年以内に機械で再現できる✕ 現実：計算能力不足 | 研究開始（追随型）東京大学や京都大学などの研究機関でAIの基礎研究が行われ、自然言語処理や機械学習の技術を模索                                            |
|                 | <b>4. 第3世代：IC・メインフレームと企業IT</b>                                                                                                                   |                                                                                                                                              | <b>3. 第一次AI冬の時代（1970年代）</b>                                                                                                                                             |                                                                                                    |
| 1970年代          | 技術：集積回路（IC）…メインフレームの普及<br>利用分野：銀行、保険、製造業…会計、在庫管理、人事管理<br>☞ITが企業経営の中核インフラになる                                                                      | 国産コンピュータの成長→富士通・NEC・日立など、「IBM互換機」を中心に市場を拡大、通産省がIT産業を強力支援→NEC「ACOS」富士通FACOM ☞特徴：メーカー主導のハードウェア産業として発展                                          | 期待が大きすぎた反動で、研究資金が削減される時代が訪れる、自然言語理解や一般知能が非常に難しいことが判明、コンピュータの性能が追いついていなかった<br>☞この停滞期は「AI冬」と呼ばれる                                                                          | 同様に停滞                                                                                              |
|                 | <b>5. 第4世代：パーソナルコンピュータ革命</b>                                                                                                                     |                                                                                                                                              | <b>4. 第二次AIブーム（1980年代）</b>                                                                                                                                              |                                                                                                    |
| 1980年代          | 大きな転換点：マイクロプロセッサ…個人向けコンピュータ（PC）<br>代表例：Apple II、IBM PC、MS-DOS、後のWindows<br>☞「ITの民主化」→一般個人が情報処理能力を手に入れる                                           | NEC「PC-9801」シリーズが日本市場を席巻、「オフィスコンピュータ（オフコン）」が中小企業に普及、ワープロ専用機（東芝など）も人気☞同時期：ソフトウェア産業（Sler）が誕生、受託開発（請負型）が主流になる☞特徴：「日本独自のPC文化（ガラパゴス化）」の始まり        | 専門家の知識を「ルール」として記述するエキスパートシステムが実用化<br>例：医療診断、工場の故障診断、金融判断支援<br>☞限られた分野では有効だったが、知識の更新が困難で、再び限界が見えた                                                                        | 同様に導入（企業内活用）<br>1982年通産省が「第5世代コンピュータプロジェクト」を開始                                                     |
|                 | <b>6. インターネット時代</b>                                                                                                                              |                                                                                                                                              | <b>5. 第二次AI冬の時代（1990～2000年代）</b>                                                                                                                                        |                                                                                                    |
| 1990年代          | 重要技術：インターネットの商用化…WWW（World Wide Web）、ブラウザ（Netscape, Internet Explorer）<br>社会への影響：email、Web閲覧、EC(Amazonなど)、検索エンジン(Google)<br>☞ITは「計算」から「情報共有・通信」へ | 1995年前後インターネット急速普及、Windowsの普及でPC環境が世界標準に、日本企業もIT化を推進(基幹システム整備)<br>☞トピック：Yahoo! JAPAN（1996）、楽天（1997）創業、NTTによる通信インフラの整備<br>☞特徴：インターネット+企業ITの拡大 | 機械学習の台頭：AI研究の中心が「手作業で知識を与える」から「データから学ばせる」へ移行する<br>統計的手法、ニューラルネットワークの再評価、サポートベクターマシン（SVM）、音声認識・文字認識の向上                                                                   | 応用中心（研究主導弱い）<br>1999年ソニー「AiBO」、<br>2000年ホンダ「ASIMO」、<br>2014年ソフトバンク「Pepper」<br>ロボットとの融合（AI×ロボット）で強み |
|                 | <b>7. モバイル・クラウド時代</b>                                                                                                                            |                                                                                                                                              | <b>6. 深層学習（ディープラーニング）革命（2010年代）</b>                                                                                                                                     |                                                                                                    |
| 2000年代          | モバイル：スマートフォン（iPhone 2007）…常時接続・位置情報・アプリ経済<br>クラウド：AWS、Azure、GCP、サーバーを「持たないIT」<br>開発手法の変化：ウォーターフォール→アジャイル / DevOps<br>☞ITはサービスとして利用するものへ変化        | 携帯電話インターネット（iモード）が爆発的普及、世界に先駆けたモバイル文化<br>☞技術：着メロ、メール、モバイル決済、フィーチャーフォン ☞一方で：ITバブル崩壊、受託開発中心の構造が固定化<br>☞特徴：「世界最先端のモバイル」+「遅れるグローバル競争」            | 1997年 IBMのDeep Blueがチェス世界王者カスパロフに勝利<br><br>☞AIが実社会で使われ始めた重要な時代                                                                                                          |                                                                                                    |
| 2010年代          | スマートフォンとクラウド：iPhone・Androidの普及、SNS（LINE、Twitterなど）が社会インフラ化<br>☞技術トレンド：クラウド（AWSなど）、ビッグデータ・AI、SaaS                                                 | iPhone・Androidの普及でガラケー衰退、SNS(LINE、Twitterなど)が社会インフラ化<br>☞日本の課題：レガシーシステム（古い基幹システム）、IT人材不足<br>☞特徴：グローバルIT企業に押される日本                             | この時代が現在のAIの土台→ブレイクスルー要因：大量データ（ビッグデータ）、GPUによる高速計算、多層ニューラルネットワーク<br>例：画像認識（人間超え）、音声認識、自動翻訳、自動運転技術 2012年画像認識コンテストでディープラーニングが圧勝→AIブームが再燃                                    | 明確に出遅れ<br>国家戦略として、<br>2017年「AI戦略」策定、Society 5.0（AI社会）を掲げる                                          |
|                 | <b>8. AI・データ駆動社会</b>                                                                                                                             |                                                                                                                                              | <b>7. 生成AI・大規模モデルの時代（2020年代～）</b>                                                                                                                                       |                                                                                                    |
| 2010年代後半～現在     | 技術トレンド：ビッグデータ、機械学習・深層学習、生成AI、IoT、ブロックチェーン<br>活用分野：医療診断、自動運転、音声認識・翻訳、業務自動化<br>☞ITは「人の判断を支援・代替する存在」へ                                               | DX（デジタルトランスフォーメーション）<br>政府主導（デジタル庁2021年設立）<br>☞注目分野：AI・データ活用、フィンテック、マイナンバー活用、スマートシティ<br>☞課題：デジタル化の遅れ（行政・企業）、セキュリティ、人材不足、遅れを取り戻すための国家レベルのIT改革 | 現在進行形のフェーズ AIが産業の主役に<br>特徴：大規模言語モデル（LLM）、画像・音声・文章を生成、マルチモーダルAI<br>代表的な技術：ChatGPTのような対話AI、画像生成AI、プログラム生成AI<br>☞AIは「判断する存在」から「創造する存在」へ進化している                              | 利用中心（基盤技術は海外依存）                                                                                    |

## （２）何故、日本はAI 開発で遅れを取ったのか

前頁の年表から見ても明らかなように、IT の時代には世界に伍して、あるいは、世界を先導するかのよう日本のIT 企業は元気であった。

2000年代に、携帯電話インターネット(i モード)が爆発的普及、世界に先駆けたモバイル文化を生み出していた。一方、2000年のIT バブル崩壊後、日本のIT 企業は受託開発中心の事業を展開していたが、その構造が固定化しており、欧米のソフトウェア中心の開発に遅れをとることとなった。

日本がAI で遅れた主な理由について、Copilotに聞いたところ、以下の7つの理由が挙げられた。

### ①第五世代プロジェクトの反動

1980年代に世界最先端だったが、成果が期待ほど出ず、「AI は実用化が難しい」という認識が広がり、研究投資が減少した。

### ②ソフトウェア軽視・ハード偏重

日本はもともと製造業、ハードウェア（精密機械）に強み。しかしAI はデータ+アルゴリズム(ソフト中心)。ソフト企業（Google など）に遅れ。

### ③データ不足と規制

日本は個人情報保護が厳しく、データ共有が進まない。

### ④スタートアップの弱さ

米国：AI ベンチャーが爆発的に成長。

日本：起業リスクが高く、大企業志向、革新的な企業が生まれにくい。

### ⑤研究と産業の分断

米国は、大学→企業→スタートアップの連携が強い。Google（スタンフォード発）、OpenAI（研究+企業連携）。

### ⑥英語圏の優位性

AI 研究はほぼ英語ベース→日本語中心の研究はLLM(大規模言語モデル)開発で不利。

### ⑦意思決定の遅さ

日本：慎重・合意重視、米中：スピード重視。その結果、新技術導入が遅れる。

遅れた理由をシンプルに言うと、1.ソフトウェア革命に乗り遅れた、2.データ&スタートアップが弱い、3.組織と文化がスピードに合わないということのようであった。

ただし日本は、工場自動化、医療AI、ロボット、高品質製造などでは世界トップクラスなので、今後は「生成AI × 日本の現場力」が勝負になると締めくくっていた。

## （３）IT 及びAI 開発における国の関与

米国と日本では、IT・AI 開発に対する国家の関与のスタイルと歴史的展開が対照的である。

世界初の汎用電子計算機 ENIAC(1946)は、弾道計算、科学計算等軍事用途で使用されるものであった。またインターネットの原型 ARPANET が国防高等研究計画局ダーパ（DARPA）から生み出されたものである(1968)。米国のIT 開発は、軍事・科学政策と直結しているが、研究主体は基本的に大学・民間であった。

日本は通商産業省(MITI)がIT 産業を統括し、企業は横並び「護送船団方式」でそれに従った。1982年に「第五世代コンピュータ計画(FGCS)」が開始された。これはAI を核にした次世代コンピュータ開発を目指すものであったが、国が技術方向（論理推論AI など）を指定するなど、巨額投資（総額540億円）だが柔軟性に乏しく、産業分野や学術分野への具体的な活用方法は示されないまま、約10年で終了した。この顛末は、目に見える物作りのハードウェアの価値のみを重んじて、目に見えない抽象的なソフトウェアの価値を理解し得なかった当時の日本型思考に起因していたと言える<sup>5</sup>。

米国は、1990～2000年代、民間主導でIT を普及させた。インターネット商業化（1990年代）をGAFAなど民間企業が主導した。米国政府は日本のFGCSに対抗し、NITRD(連邦AI およびIT 研究開発支出)<sup>6</sup>（1991～）などで基盤研究を強化・継続した。2010年代以降、AI 戦略が本格化するが、法規制よりもガイドライン、企業の自主的コミットメントが中心であった。

日本は、1990年代後半にIT 基本法などを整備するが、民間イノベーションは相対的に弱かった。2017年「AI 技術戦略」、2019年「人間中心のAI 原則」など策定、2020年代AI 戦略会議・広島AI プロセスなど国際的規範の形成を主導した。特徴としては、政府が戦略立案と調整の中心で、規範・倫理（人間中心）を強調するものであった。

みずほ産業調査Vol. 80<sup>7</sup>のAI 編では、国家が計算資源やデータ、モデルなどAI の中核要素を自立的に開発・運用する「ソブリンAI」への戦略投資を通じ、社会課題解決と産業競争力強化の実現に期待したいとしている。

きちんとした規範の元で、日本の原語・文化に習熟したAI を育てて、それを日本が強味とする各産業分野で活用していくということであろうか。

#### (4) 第四次産業革命

第四次産業革命という概念は、2016年に開催された世界経済フォーラムの年次総会において、創設者兼会長である**クラウス・シュワブ**が同名の著書『第四次産業革命』と共に提唱し、世界的に広く知られるようになった<sup>8</sup>。シュワブは、この革命が過去の産業革命（第一次：機械化、第二次：大量生産、第三次：自動化）の延長線上にあるのではなく、AIによる「自律化」と「最適化」で区別される独自の革命であるとしている。

もう少し一般的には以下のように説明される<sup>9</sup>。

第一次産業革命(18世紀後半～19世紀初頭)：蒸気機関・コークス製鉄法を基本技術とし、綿工業に始まり鉄鋼業の機械化が進み、工場制機械工業が成立、鉄道が普及。

第二次産業革命(19世紀後半～20世紀初頭)：電力・内燃機関・化学技術の技術革新が進み、自動車産業が勃興、大量生産、石油開発が進む。

第三次産業革命(20世紀後半～21世紀初頭)：コンピューター・インターネット・情報通信技術 ICT を基本技術とし、自動化・情報化が進み、テレビ・パソコン・スマホが普及。光ファイバー網が形成される。

第四次産業革命(21世紀～現在)：人工知能・IoT、クラウドコンピューティングを基本技術とし、人と機械の融合によるスマートファクトリー・デジタル経済が拡大する。電力とデータセンターが不可欠になる。この時代になると、工場自動化の一層の進展、オフィスへのAI コンシェルジェの進出、自動車の自動運転、家事や介護へのロボットの導入等が進むと考えられる。

先の**ローマ教皇の回勅**では、AI を「第四次産業革命」と位置づけ「人間の尊厳が脅かされている」と警笛を鳴らした。AI が雇用や個人の評判などを判断して「新たな形態の排除」を招く懸念や「過度な依存や既成の答えを求める傾向を助長し、創造性や判断力を弱める」可能性があるとして訴えた。AI の政治的な利用にも懸念を表明した。AI の「武装解除」という表現を使い「地政学的または商業的支配の欲求」から AI を解放すべきで、誰でもアクセスしやすいものであるべきだと述べた<sup>10</sup>。

第四次産業革命は人類を新しい地平へと導くものであるとともに、人間の尊厳を脅かすものである。また、気候危機の深刻化を加速し、人類を絶滅に導くものであるのかもしれない。

#### 3. 米国発 AI 開発の世界への波及

##### (1) 米国での AI 開発

###### AI 基盤モデルの開発

オープン AI が ChatGPT を2022年11月に公開して以降、23年3月には米グーグルが自社設計した「TPU」を使用し AI 基盤モデル「Gemini(ジェミニ)3」を公開、同12月には XAI (エックスエーアイ) がチャットボット「Grok」を X Premium+ユーザー向けに本格提供すると明らかにするなどオープン AI の対抗軸が形成されている。

また、新興 AI アンソロピックはアマゾン等の出資を受け、「クロード」シリーズをリリースしていたが、25年10月 Google とのクラウドパートナーシップを、同11月には NVIDIA、Microsoft との提携契約を発表した。26年5月米投資会社や米アマゾン・ドット・コムから650億ドル(約10兆円)の出資を受けたと発表した。

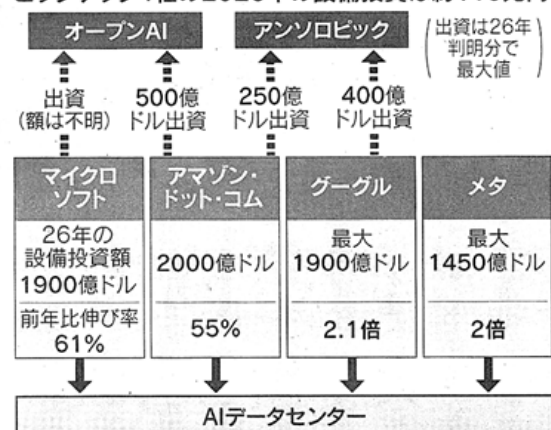
増資時に企業価値は9650億ドルと評価され、3月に8520億ドルとなったオープン AI を初めて逆転した<sup>11</sup>。対話型 AI 「クロード」の人気で収益も急拡大する。直近1カ月の業績をもとにした年換算売上高は470億ドルと、25年末の90億ドルから5倍超に増えた。関係者によるとオープン AI の年換算売上高は25年末から5割以上増えて300億ドル超になった。売上高でみても、急成長したアンソロピックが4月ごろにオープン AI を初めて追い抜いた。足元の年換算売上高は最大5割ほど上回る計算だ。

###### ビッグテック4社の設備投資の増加

AI の開発・運用には大量のデータを計算・処理するデータセンターが欠かせない。このため、米テックは異次元の AI 投資を行っている<sup>12</sup>。

マイクロソフト、アマゾン・ドット・コム、グ

ビッグテック4社の2026年の設備投資は約116兆円





ーグル（アルファベット）、メタのビッグテック4社の26年の設備投資額は、7250億ドル（約116兆円）である。日本政府の26年度当初予算額122兆3千億円に匹敵する額である。

また、ビッグテック4社の設備投資が急増している。26年は前年から76%増であった。この設備投資は経常赤字覚悟で行われている。26年1月～3月の営業CFは1507億ドルと過去最大であったが、投資CFはそれを上回り、379億ドルの赤字であった<sup>13</sup>。設備投資以外にデータセンターを利用する顧客であるAI企業に出資し、株評価益を得る相互依存関係を強めている。資金の循環構造はAI需要を過熱させている側面もある<sup>14</sup>。

### 巨大IPOを迎える資本市場

AIやAIデータセンターには、ビッグテックだけでなく、世界中からの投資が集まっている。投資は通常社債市場等の資本市場を介して行われる。

ビッグテック4社にオラクルを加えたハイパースケラー大手5社は、25年社債発行のなかったマイクロソフトを除きいずれも発行額でトップ10に入り、4社合計で1080億ドルと、24年の6倍に膨らんだ<sup>15</sup>。

テック4社の2026年5月15日現在の株式時価総額は約12.48兆ドルで、1年前より約2.93兆ドル、30%増加している<sup>16</sup>。

ナスダック総合株価指数により、ITバブルと現



1995年8月：インターネット接続可能なWindows95が発売された。2022年11月：ChatGPTが公開された。

在（25年12月末）のAI相場を比較すると、ITバブルのピーク比「4合目」付近とみられる<sup>17</sup>。

2026年は世紀のIPO（新規株式公開）の年となりそうである。スペースXを筆頭に世界の時価総額ランキングで上位になりうる米巨大新興テック3社が控えており、膨大なマネーが流動する<sup>18</sup>。

宇宙企業スペースXは6月のIPOを計画する。上場時の時価総額では2兆ドル（約320兆円）を目指しているとされる。米調査会社ピッチブックはロケットと衛星事業の成長を前提に1.5兆ドルの評価は正当化されるとはじく。生成AIの「チャットGPT」を手がけるオープンAIも近く上場申請するとみられる。ライバルで「クロード」を展開するアンソロピックは6月1日米証券取引委員会にIPOを申請した<sup>19</sup>。両社とも上場時の時価総額が1兆ドルを超える可能性がある。

上場に伴う3社合計の調達額は1900億ドル（約30兆円）規模<sup>20</sup>が見込まれる。25年の世界のIPO調達額1770億ドル<sup>21</sup>を上回る。これらがITバブルのIPOラッシュ（1999～2000）に対応するものだとすれば、26年6月はITバブルのピーク比「5・6合目」になっているのかもしれない。

尤も、バブル指摘は過小評価とする意見もある。米VC最大手、アンドリーセン・ホロウィッツのゼネラルパートナーを務めるベン・ホロウィッツ氏は日経のForesightで以下のように語っている<sup>22</sup>。

「現在、もっとも重要なのはAIによる出力であり、アプリケーション、基盤モデル、半導体、電力といった関連するあらゆる層の価値が高まる余地がある。需要はかつてなく大きく、企業価値が高まるのは当然だ。バブルとの指摘もあるが、新たな知性に対する巨大な需要を過小評価している」

「インターネットは最終的に成功し、アマゾン・ドット・コムやグーグルといった企業を生み出した。一方で、通信会社は巨大な通信容量を構築したものの、サーバーやストレージの性能に限界があり、十分に生かすことができなかった」「AIについては現在、多くの人が電力をボトルネックとして懸念するようになっている。」「既に投資家は投資先を整理し、準備を進めていると見ている。業務用ソフトを手がけるSaaSのほとんどの企業の株価が、業績が悪化していなかったにも拘わらず下落した。投資家はIPOに向けて現金化を急いでいる。むしろ既存企業に回るお金が減ることを心配している」

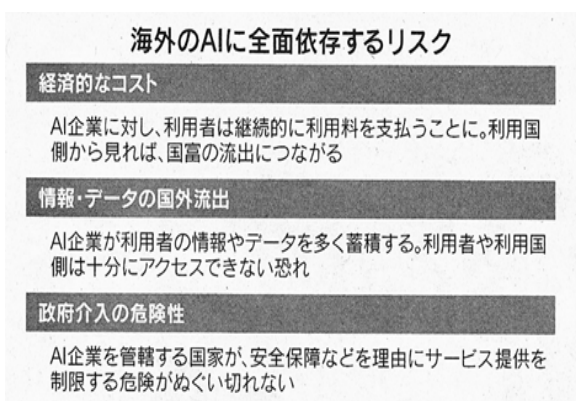
## (2) 米国製 AI に対する世界の対応 欧州

米国での AI 開発が加速度的に進展し、ChatGPT や Claude といった米国製 AI が世界を席巻するなか、米国に全面依存することは危ないという議論が欧州を中心に始めている。<sup>23</sup>



2月中旬、ミュンヘン安全保障会議の非公開セッションでは、次のような懸念が飛び交った。

- ・AI は技術革新にとどまらず、世界の権力構造も変える。
  - ・AI を支配する企業や国家に莫大なデータ、知識、資本が吸い上げられ、「植民地化」が進みかねない。
  - ・アルゴリズムの透明性を高めるなど、AI を監視、制御できる仕組みが急務だ。
- 具体的には以下の三つのリスクが考えられる。



カナダ・ドイツが企業連合を作る等、AI 中堅国で脱「米依存」の動きが見られる<sup>24</sup>。

## 中国

中国では、ChatGPT に遅れること2年余、2025年1月に中国新興 AI の DeepSeek が登場し、市場に衝撃を与えた。その後、中国のプレーヤーは増え続け、米国と異なる独自路線を歩みつつある。なかでもアリババ集団の Qwen は評価が高く、株価は1年で9割上昇した<sup>25</sup>。アリババは回路線幅5ナノの先端技術を用いた AI 向けの半導体を発表し、自律的に作業する「AI エージェント」の開発・運用など関連事業の強化を狙っている、この半導体の生産は、台湾の TSMC に委託する見通し<sup>26</sup>。

中国の半導体企業が技術開発や生産能力拡大を急いでおり、半導体企業トップ13人が2030年に国内自給率80%をめざす提言をまとめた<sup>27</sup>。

中国は、米中対立が深まる中、米国製 AI の排除を進め、独自の基盤づくりを急ぐ。世界シェアでは米国に遠く及ばないが、AI モデルの質では距離を縮めている<sup>28</sup>。

## 台湾・韓国

台湾や韓国では、米国の AI 開発の特需が集中している<sup>29</sup>。米マッキンゼー・アンド・カンパニーの試算によると、利用が急拡大する AI の需要を満たすには25～30年の間に5兆2千億ドル(約820兆円)の投資が必要で、うち6割に当たる500兆円超がサーバーなど電子機器に向けられる。この特需の恩恵を強く受けるのが台湾と韓国で、26年1～3月の対米輸出が急伸している。

台湾にはサーバー組み立てを受託する電子機器製造の鴻海精密工業や先端半導体の製造を担う台湾積層電路製造(TSMC)などが製造拠点を置く。米エヌビディアの半導体は TSMC に委託している。その AI 向け半導体や新型サーバー出荷が本格化して、輸出の急増につながった。

韓国には AI 向けの計算に必要な高性能半導体、広帯域メモリー(HBM)を供給するサムスン電子やSK ハイニックスがある。両社が韓国の半導体輸出を押し上げている。

AI 開発では米中両国が先行するのに対し、台湾、韓国には AI の「頭脳」となる半導体の生産が集中している。業界団体によると、先端品の生産能力は22年時点で台湾が69%を占めた。

また、台湾の株式市場では TSMC の時価総額に占める比率が4割超に上昇している<sup>30</sup>。台湾の半導体産業は、米中の地政学的課題の中心に位置しているのかもしれない。

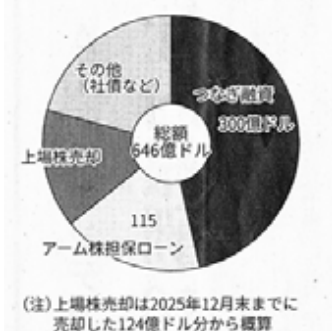


### (3) 米国 AI 開発投資の日本への影響

日本では欧州や中国のような発想や戦略は見られない。

むしろソフトバンクグループ(SBG)のように、米国の AI 開発に全面的に肩入れし、そこから巨大な利益を得ようとする企業も現れている。SBG は 2025 年米オープン AI への巨額投資(646 億ドル、10.3 兆円)等で耳目を集めた。26 年 3 月期の連結決算で、純利益が 5 兆円と過去最高を更新した<sup>31</sup>。日本企業としては稀有な存在で、世界中から資金を調達し、今回は米国の AI に総賭けしている。オープン AI は、競争力に陰りが見えているとも言われているが、年内に 1 兆ドルの時価総額で上場を計画している。

オープン AI への投資資金の調達方法



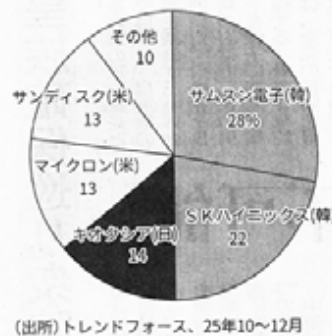
る。計画通り実現すれば SBG が持つ 13% の保有株の価値は日本円で約 20 兆円となり、10 兆円規模の利益をもたらす。正に、資本市場のマジックである。また、SBG 孫氏は、オハイオ州で 5000 億ドル(約 80 兆円)規模の AI 向けデータセンターへの投資計画(日米 21 社参画)を発表している<sup>32</sup>。

日本の株式市場で主役の交代が進んでいる<sup>33</sup>。日本株上位の顔ぶれがこの 10 年で様変わりしている。AI あるいは半導体関係では、SBG が 2016 年 5 月末には 7 位であったのが、2026 年 6 月 3 日には時価総額でトヨタを抜いて 1 位になった。3 位のキオク

シアは 17 年に東芝の半導体メモリ事業を分社化して設立され、24 年 12 月に上場しているのに 16 年には顔を出していない。この 10 年間で、激しいに株価の変動があり、企業が大きく入れ替わっている。

キオクシア<sup>34</sup>は半導体メモリーのうち、データの蓄積を担う NAND を生産する企業で、世界 5 社の一つである。韓国サムスン電子、韓国 SK ハイニックスに次ぐ 3 番手で、4 番手米マイクロン・テクノロジー、5 番手米サンディスクが続く。26 年 4 ~ 6 月期の連結純利益が前年同期の 48 倍の 8690 億円になる見通

キオクシアは NAND シェアで 3 番手



しだと発表した<sup>35</sup>。株式時価総額が上場から 1 年半で約 30 倍となり、日本株相場をけん引した。

5 位の東京エレクトロン<sup>36</sup>は、半導体製造装置およびフラットパネルディスプレイ製造装置を開発・製造・販売している。この分野でのシェアは国内首位、世界第 3 位(21 年現在)。国内半導体関連メーカーとして最大の時価総額および営業利益を誇る。時価総額 24.3 兆円。(16 年 88 位、1.3 兆円)

7 位日立は、AI 関連のデータセンター向け需要も取り込みつつ、電力インフラやビルシステムなどに独自の AI を実装し、一段の収益の拡大を目指す。27 年 3 月期の純利益は前期比 6% 増の 8500 億円、時価総額 23.9 兆円<sup>37</sup>。

10 位に村田製作所が食い込んだ。AI サーバーでは画像処理半導体(GPU)などの高性能化に伴い消費電力が急激に増えており、電圧を安定させる積層セラミックコンデンサ(MLCC)などが必要になる。村田製作所の主力商品 MLCC では、世界シェア 4 割を占める。特許報奨・特別報奨・有望特許報奨制度等を整え、世界首位を堅持している<sup>38</sup>。

その他、フィジカル AI 関連では、ルネサス、THK(ミズミ)の株価上昇率が高く、安川電機、ファナック等の産業用ロボットも注目されている<sup>39</sup>。また、消費財企業にも波及している<sup>40</sup>。花王は精密部品の洗浄、味の素は半導体の絶縁材料、サクラレパスはプラズマ装置の不具合の発見、日清製粉は電子部品の受託加工等である。AI 開発の特需は、日本産業の多方面に影響を及ぼしている。

#### 国内企業の時価総額ランキング(単位: 兆円)

2016 年 5 月末

2026 年 6 月 3 日

| 銘柄名     | 時価総額 | 順位 | 銘柄名            | 時価総額 |
|---------|------|----|----------------|------|
| トヨタ     | 19.5 | 1  | SBG            | 47.4 |
| NTTドコモ  | 11.0 | 2  | トヨタ            | 45.5 |
| NTT     | 10.1 | 3  | キオクシアHD        | 42.6 |
| JT      | 8.8  | 4  | 三菱UFJFG        | 37.2 |
| KDDI    | 8.4  | 5  | 東京エレクト         | 28.5 |
| 三菱UFJFG | 7.8  | 6  | FAST RETAILING | 24.9 |
| SBG     | 7.4  | 7  | 日立             | 23.9 |
| 日本郵政    | 6.4  | 8  | 三井住友FG         | 23.5 |
| ゆうちょ銀   | 5.9  | 9  | ソニーG           | 21.0 |
| ホンダ     | 5.7  | 10 | 村田製作所          | 20.4 |

#### （４）米国経済の異様な成長と国際不均衡の拡大 巨大投資と資本市場での世界からの資金調達

第四次産業革命とも言われる人工知能(AI)の技術革新を背景に、それに必要な設備投資資金を確保するために、またこの機会に乗り遅れまいとする世界の投資家が群がることにより米国資本市場が活況を呈している。

米マッキンゼー・アンド・カンパニーの試算によると、利用が急拡大する AI の需要を満たすには25～30年の間に5兆2千億ドル(約820兆円)の投資が必要である。アプリケーション、基盤モデル、半導体、電力(データセンター)といったAIを支える全ての機能に対する投資の総額であろう。

オープン AI とアンソロピックの AI 基盤モデル開発2社は、独自に出資金を集めつつ、本年中には株式市場に上場し、それぞれ時価総額1兆ドルを目指している。市場からは、6月上場のスペース X を含む3社で1900億ドルの調達を見込んでいる。

マイクロソフト、アマゾン・ドット・コム、グーグル(アルファベット)、メタのビッグテック4社の26年の設備投資額は、7250億ドルである。この設備投資は、主としてAIの開発・運用に必要な大量のデータを計算・処理するデータセンターの建設に向けられる。

そして、AI 半導体シェアの8割を握っているエヌビディアは、25年売上高2160億ドル、当期利益1200億ドル、時価総額は5兆4000億ドルである。

こうした巨大アクターを中心に AI 基盤モデルが開発され、関連投資が行われ、その資金調達を巡って米国資本市場が過熱することになる。

米国資本市場の株価の動向は、1995年以降の IT バブル期と酷似しており、新興 AI3社の IPO によって、バブルの頂点に至る1歩手前に位置する可能性が高い。そこから AI ブームが崩壊するか、崩壊せずに持続するかは27年を待つしかない。

#### 冷戦終結後の「平和の配当」とその終焉

米国で IT 景気が始まる1995年の前段で、米ソ冷戦終結に伴う「平和の配当」があった<sup>41</sup>。米ソ冷戦の終結で、米国の軍事費が国内総生産(GDP)比で6%台から3%まで圧縮された。そして、軍需から民需にヒト、モノ、カネが移転し、経済成長を急加速させることになる。

エヌビディアはこの93年の創業。軍事訓練に使う3Dグラフィックスを家庭用ゲーム機に移し込んで巨大市場をつくった。国防予算は大学の研究

資金に回され、西海岸の学生2人が膨大なデジタル情報の「検索エンジン」を96年に開発。2人は2年後にグーグルという名の会社を創設した。

米国の民間設備投資は93年以降、8年間にわたって年率9%という驚異的な伸びを示す。全地球測位システム(GPS)やインターネットといった軍用技術が開放され、経済成長率も80年代の3%から4%弱へ上向いた。

この「平和の配当」も、トランプのイラン攻撃で終止符を打つ。連邦議会に国防予算の4割増を要求。実現すれば軍事費はGDP比で5%と冷戦期の水準に近づく。

また、この米国の IT を中心とした成長は富の偏在を生み、貧富の差を拡大させ、中間層を消滅させることとなった。同時に、海外諸国の追い上げを受けて製造業が弱体化し、ラストベルトを寂れさせた。AI の時代も IT の時代以上に、富を偏在させ、貧富の差を拡大させることとなろう。

#### 国際不均衡の拡大と米国の金融危機

米国一国に集中した AI への投資と AI を中心とした経済成長は、新たな国際不均衡を生み出す。

欧州の有力シンクタンクである経済政策研究センター(CEPR)の論文集「新たな国際不均衡」では、ほぼ20年ごとに表面化する国際不均衡について、1つ目に、経常収支の不均衡が保護主義的な風潮を強めるから。2つ目に、金融危機の前触れでもあるからと、問題とする理由を挙げている<sup>42</sup>。

1980年代には日本対して保護主義の機運が高まり、日本では金融危機が発生した。2000年代の「チャイナ・ショック」の時期には、中国に対する保護主義的な動きが出始め、西側諸国が金融危機に襲われた。2020年代になり、米国を中心に保護主義が現れている。ただ金融危機は、少なくとも現時点では起きていない。マクロ経済学者の多くは目下、これから危機が起きるなら米国で引き金が引かれる公算が大きいと見込んでいる。

国際金融システムの中核にある国の対外債務残高が既に高水準にあり(米国政府が抱える債務は計40兆ドル(約6400兆円)、米国GDPの120%超、世界GDPの24%、08年時点は6%)、さらなる増加が予想されている。同時に、資産運用会社の投資対象の集中が進み、株価が過大評価されている。

米国が重大な危機に見舞われた時、大幅な金利上昇、物価の急上昇が起こり、選択的なデフォルト(債務不履行)等が起こる可能性がある<sup>43</sup>。

#### 4. AI の普及の影響

##### (1) AI の普及と就業環境への影響

2026年も AI の普及状況についてのアンケート調査は多いが、中でも内容を掘り下げるようなアンケートが目立ってきている。AI を導入することが当たり前の状況になってきたからかもしれない。**東京商工リサーチ調査<sup>44</sup>**

東京商工リサーチが6327社(資本金1億円以上の大企業455社、中小企業5872社)に実施した「生成 AI の広がりやがどんな影響を及ぼすのか」についての調査(26年4月実施)がある。生成 AI の業務活用を推進しているか、との質問に対し、会社または部門として「推進している」との回答は全体で34%、大企業では59%に達した。25年8月の前回調査では「推進」は全体で25%、大企業で43%だったので、1年足らずで AI 活用に対する企業の意識が大きく変化したことがうかがえる。

AI の業務活用について「推進」と回答した2088社に対し、「今後5年の人員構成にどのような影響を与えるか」と尋ねたところ、既存業務の効率化で「配置転換する可能性がある」が29%、総従業員数を抑制する可能性がある」が16%だった。

大企業(246社)に限ると「配置転換」が47%、「抑制」が11%。大企業を軸に配置転換が起こる可能性が浮かびあがった。

今後5年以内に、ホワイトカラーの従業員に対して早期退職を募集する可能性について、「ある」と答えたのは4%弱(211社)だった。

##### 日経・日経センター経済学者50人調査<sup>45</sup>

日本経済新聞社と日本経済研究センターが経済学者50人に AI の日本経済への影響を聞いた調査は興味深い。AI が向こう5年間で生産性を「引き上げる」との回答が82%に達した。仕事の効率化に期待が集まる一方、普及加速へ日本企業の組織改革を求める声も多かった。AI の導入による所得格差の拡大を懸念する意見も一定数あった。世界的に懸念されている「AI 失業」に関して、日本の失業率への影響を問うと「押し上げない」との見方が38%で「押し上げる」(10%)を上回った。

得格差の拡大を懸念する意見も一定数あった。世界的に懸念されている「AI 失業」に関して、日本の失業率への影響を問うと「押し上げない」との見方が38%で「押し上げる」(10%)を上回った。

米国では、SaaS(Software as a Service)の死が言われ、コンサルタントや IT 大手企業を始めとして、企業や政府機関の人員削減が現実起こっていることと較べると、米国と日本では就業、企業構造が異なるのではないかと感じさせる。

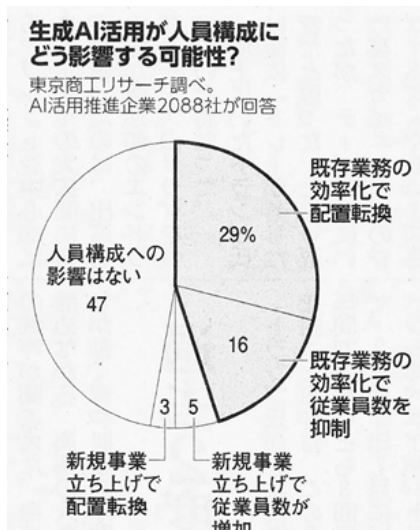
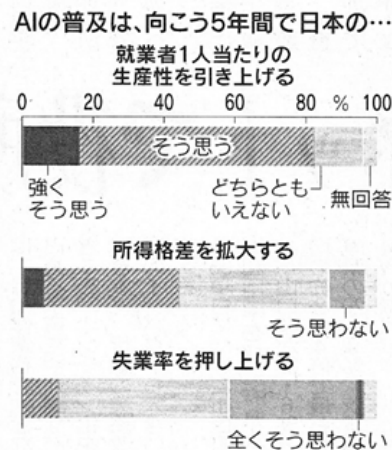
##### みずほ産業調査

みずほ産業調査74号<sup>46</sup>「生成 AI の動向と産業影響【総合編】～生成 AI は産業をどのように変えるか～」では、興味深い図を掲載している。横軸に産業別の平均月間給与額を取り、縦軸に AI(生成 AI 含む)による自動化影響の割合の関係を取って産業別に散布図にしたものである。縦軸は、13のカテゴリーのタスクについて、難易度レベル 4 まで自動化できると想定しベースラインを設定している。結果は、「①給与水準の高い産業において、AI による自動化影響がより大きい傾向がみられる、②自動化によりさらなる生産性向上が見込まれ、それが従業員に還元されるとすれば、給与格差は拡大する可能性がある」というもので、具体的には金融業・保険業、情報通信業、学術研究、専門・技術サービス業が散布図の右上に位置することとなった。(本誌15頁参照)

これは、米国における失業者の多い業種にほぼ対応しており、頷ける結果である。

##### 米国-失業、日本-配置転換

米国の場合は AI による事務の効率化の影響が即失業につながるが、日本の場合は、新卒者の採用には影響しそうであるが、既就業者は社内の配置転換等で対応している。また、規模別には大企業により影響が大きい。そのことは、今でも大きい給与格差をより拡大させることになるであろう。



## (2) 人員削減と事務所の効率化

### 米コンサルタント、IT 大手の人員削減

昨年後半ごろから、AI の普及が進む米国での人員削減の報道が出始めた。

米国企業のリストラが相次いでいる。民間統計によると、2025年1～9月に企業が表明した人員削減数は前年同期比 5 割増の約95万人に拡大した。米景気や失業統計はまだ悪化傾向を示していないものの、大企業は人工知能(AI)による効率化を先取りする形で人員を削減し「雇用なき成長」に向け動き出した<sup>47</sup>。

世界のコンサルティング大手で人員削減が広がっている。米マッキンゼー・アンド・カンパニーやアクセンチュアは間接部門を中心に数千～数万人規模を削減する。人工知能(AI)の進化で基礎的な調査などコンサルが担う業務の約 3 割は代替できるとの指摘もある。各社は雇用を抑制しサービスの高度化を急ぐ<sup>48</sup>。

米マイクロソフトが米国の従業員数の7%にあたる希望退職者を募ることがわかった。米メタも同日、世界で社員を10%減らすと通知した。それぞれ8000人規模の人員削減となる。人工知能(AI)投資の余力を捻出するため雇用を減らす<sup>49</sup>。

### SaaS(Software as a Service)の死

業務ソフトが人工知能(AI)に代替される「SaaSの死」への警戒が米株式市場を揺らしている。26年2月に入って、ソフト関連株が大きく下げた。金融や法律の専門情報企業、ソフト企業に資金を提供する銀行や投資ファンドなどにも影響は広がっている<sup>50</sup>。株価下落のきっかけとなったのがAI 開発新興の米アンソロピックの新技术公開だ。26年1月30日、AI ツール「Cowork(コワーク)」に新機能を追加し、法務・財務分析などの専門的な業務の自動化にも対応すると明らかにした。同ツールが既存の業務ソフトや情報サービスを代替するとの見方が伝わるとソフト株が急落した。セールスフォース、アドビ、中小向け会計のインテュイット、業務管理ソフトのサービスナウといった業務ソフトを提供する主要 4 社の時価総額は、1月30日以降に計635億ドル超(約10兆円)減った。

インターネット経由でソフトウェアサービスを提供する「SaaS」を人工知能(AI)が代替するとの見方が広がるなか、日本の関連企業で顧客の利便性を高める動きが相次いでいる<sup>51</sup>。ラクスは主力の経費精算サービスの申請伝票を自動生成する。

経費精算サービス「楽楽精算」で、自律的に作業する「AI エージェント」が経費の申請伝票を自動生成する機能を9月までに正式実装する。「AI に代替されないためには、生成 AI を使って顧客の要望に沿った機能を提供する必要がある」。

Sansan は営業データベースを外部の AI サービスと接続できるようにした。独自性を打ち出すことで生き残りをめざす。25年11月から、営業データベース「Sansan」を米マイクロソフトの「コパイロット」など外部の AI サービスと接続し、Sansan に蓄積された営業活動や企業情報を参照できるようにした。「AI と共存することでデータベースの価値を増加させる」戦略を取っているものと見られる。

### 会計事務所、法律事務所の効率化

あずさ監査法人と KPMG あずさサステナビリティ(東京・千代田)は温暖化ガスなどサステナビリティ情報の保証業務での人工知能(AI)活用を広げる<sup>52</sup>。ベテラン公認会計士の知見を AI に学習させ、保証に必要な企業向け質問を自動作成する。あずさはデータの異常値を見つける作業などで既に AI を使っている。新しい AI ツールは26年3月期の温暖化ガス排出量の保証業務から使う。異常性が高いデータについて企業に確認するための質問を生成する。企業の回答が妥当かどうか自動判断し必要な追加質問を作る。

企業法務を手掛ける大手法律事務所が人工知能(AI)の進化に適合した業務改革を急いでいる。AI は利用することが前提になりつつある。所内の利用促進にとどまらず、弁護士業務や報酬制度、人材戦略のあり方の再考を迫られている。

| 五大法律事務所はそれぞれAI活用を進めている |                                                                                |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 森・浜田松本                 | 対話型AI、法務AIサービス、内製開発の3種類のAI・テックを組み合わせて利用<br>米ハービーなど国内外のAIリーガルテックと提携し開発支援        |
| アンダーソン・毛利・友常           | 独自の対話型「みらいAI」を利用<br>AI推進と業務変革を担うナレッジ・マネジメントの専任弁護士チームを設置                        |
| 長島・大野・常松               | 対話型AIを広く導入。法務AIサービスを利用<br>出資するMNTSQ(モンテスキュー)でナレッジ共有。開発も支援                      |
| 西村あさひ                  | Copilotをグローバルで導入<br>MNTSQでナレッジ共有。AI利用監視など安全管理も強化                               |
| TMI総合                  | 対話型AI、法務AIサービスを全弁護士に導入。独自AIツールもテスト運用中<br>AI出力の違和感や信頼性の判断テストを実施。判断力を育てる方法を検討・検証 |

(注)取材に基づき作成



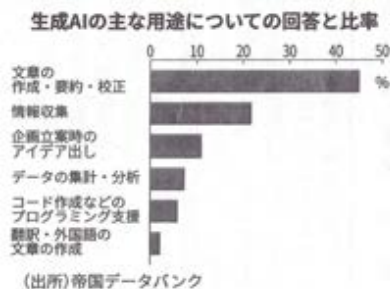
## 5. 研究所はどう対応すべきか

### (1) AI を使って業務の効率化を図る

研究所では現在、多様な IT 機器及びソフトを活用して研究活動を行っている。デスクトップとノートパソコンに Microsoft オフィス365やアドビを装備して作業を行っている。Zoom や Teams は日常的に活用している。特別に大きな国際会議等では、Startzoom や DeepL を使っている。事業所運営では、統合型会計情報ソフト TKC を導入して会計・税務処理を行っており、給与についてはマネーフォワードを、勤怠はアマノを活用している。

これら IT 機能を、AI を使って更に利便性を高め、業務の効率化を図るということであろうか。

帝国データバンクが生成 AI の主な用途を聞いたアンケート調査がある(26年3月実施)<sup>53</sup>。1万312社から回答を得て、3560社(34.5%)が生成 AI を業務で「活用している」と回答した。生成 AI を活用している企業での最多用途は「文章の作成・要約・校正」で、活用企業の87%が業務への効果を実感していた。



筆者も、試しに有料 AI ChatGPT を使ってみた(25年11月～26年1月の3か月間)。会議議事録の作成、論文等の要約、情報の収集、本の内容の紹介、英文の翻訳といったものであったが、AI の得意、不得意がある程度掴めた。

結論としては、これまで使っている IT ツールを含め、何が研究所に最も適した AI ツールであるかを検討し、AI の大きな波に乗り遅れないように利用を開始する必要があるというものであった。

### (2) 主要クライアントの業務改革に対応する

当研究所では、政府(国土交通省、内閣府等)、地方自治体(都道府県、市区町村)、学校法人を主たるクライアントとして受託事業を実施している。それぞれは、多かれ少なかれ、また早かれ遅かれ、AI の波を受け止めて業務の改革を進めるものと考えられる。それによって我々に発注する業務の内容が変わってくることも考えられる。そこに至るまでの時間は数年から7～8年位のインターバルはあると思われるが、確実に起こる未来である。

## 政府

政府は、26年度中に府省庁の業務に自立型の人工知能 AI を導入する<sup>54</sup>。政府専用の AI 基盤「源内」に組み込む。まずデジタル庁で試験的に利用する。将来は政府全体で500以上の関連アプリを作成し、業務にいかすことを見込む。

| 自律型AIが担う主な業務 |                      |
|--------------|----------------------|
| 政策立案         | 政策資料の作成、各委員会・審議会の運営  |
| 行政手続き        | 申請書類の確認、審査や行政処分の基準整理 |
| 補助金、助成金      | 不正・重複申請の確認、交付実績の資料作成 |
| 予算要求         | 概算要求資料の作成、費用対効果の試算   |
| 調達、契約        | 入札資料の作成、評価基準の設定      |

研究所は文科省による大学設置認可業務に関するコンサルティングを主要業務のひとつにしている。この行政手続きに AI が使われるようになると、現在実施しているコンサルティング業務は大きく様変わりすることとなる。

## 地方自治体

生成 AI (人工知能) を使う自治体が急速に増えてきた。導入自治体数は25年度までの2年間で4倍の852に増加し、全国のほぼ半数に到達。すべての都道府県、政令市は100%。各地が公務員の人材不足に直面する中、デジタル技術を使った業務効率化は不可欠となる<sup>55</sup>。

生成 AI の活用事例(複数回答)では「あいさつ文案の作成」が首位で、「議事録の要約」が続いた。3番目に多いのは「企画書案の作成」で、1年前との比較では「議会の想定問答の文案の作成」が4.2倍と伸び率が高かった。定型的だが職員が長時間かけて作業していた分野が、負荷削減効果が高く活用も進むようだ<sup>56</sup>。

このような導入状況の中で、当研究所の受託業務にどのような影響がでるかは極めて不透明であるが、都道府県、政令指定都市等の発注者が日常的に AI を使っているとする、受注する側もそれに対応する必要がある。

## 大学

大学を取り巻く環境は激変しており、大学は現在大きな岐路に立たされている。

- ・大学進学者数が2040年には46.0万人(2021年比約27%減、現在の定員規模の約73%)になる。(令和7年2月21日、中教審答申<sup>57</sup>)
- ・私立大学「250校削減」(令和8年4月23日、財政制度等審議会分科会)<sup>58</sup>

・私大の3割経営困難(日本私立学校振興・共済事業団)<sup>59</sup>

・文系人材80万人 AI時代に「余剰」<sup>60</sup>

このような状況下で、大学は大学・学部の将来像を考えていかなければならない。

一方、AI に関しては、入学試験、大学教育(成績評価)、就職活動、それに研究活動、それぞれの分野で既に深く浸透している。

入試、教育、就活等大学運営、経営のコンサルティングを行いつつ、大学設置認可業務に繋げていくことが求められる。

### (3) 新たな価値創造に向けて

AI をツールとして有効に活用し、業務の効率化を図る。それとともに、主要なクライアントである政府、地方自治体、大学は、AI を活用した業務改革が必至であるところから、あらゆる事態に対応できる柔軟な対応を図ることとしたい。

ただ、こうした受け身の対応だけでは AI の荒波を乗り越えることは恐らくできないのではないかと思う。それが何であるかは今のところ分からないが、AI を活用した新たな価値を創造し、研究所ならではの特色ある領域を確立することではないかと思う。今出来ることは、そうしたことができるレベルの高い専門家集団を作ることだ。

<sup>1</sup> 日本経済新聞(以下日経) 2025 年(平成 7 年) 11 月 26 日 AI モデル開発に巨額マネー 価格競争、投資回収難しく

<sup>2</sup> Amazon.co.jp | アマゾン公式サイト | 検索

<sup>3</sup> 日経テレコン記事検索

<sup>4</sup> 日経 2026 年 5 月 24 日 ローマ教皇「AI の武装解除を」

<sup>5</sup> 第五世代コンピュータ - Wikipedia

<sup>6</sup> Federal AI and IT Research and Development Spending Analysis  
<https://federalbudgetiq.com/insights/federal-ai-and-it-research-and-development-spending-analysis/>

<sup>7</sup> みずほ産業調査 Vol. 80「テクノロジーで切り拓く日本産業 2040〜有望領域を獲得し成長と自律を実現〜」AI 編〜官民連携によるソブリン AI への戦略投資を通じた競争力強化 みずほ銀行産業調査部 2026 年 3 月 31 日

<sup>8</sup> 第四次産業革命 - Wikipedia

<sup>9</sup> 産業革命 第一次 第二次 第三次 第四次 - 検索

<sup>10</sup> 日経 2026 年 5 月 24 日 ローマ教皇「AI の武装解除を」

<sup>11</sup> 日経 2026 年 5 月 30 日 アンソロピック計算資源確保へ 企業価値・売上高、オープン AI 超え

<sup>12</sup> 日経 2026 年 5 月 1 日 米テック、異次元 AI 投資

<sup>13</sup> 日経 2026 年 6 月 1 日 米ビッグテック稼ぎ上回る投資

<sup>14</sup> 日経 2026 年 5 月 13 日(夕) 本業外「AI 収益」頼み

<sup>15</sup> 日経 2025 年 12 月 25 日 米社債、AI 関連けん引

<sup>16</sup> 米国株資料より算定

<sup>17</sup> 日経 2025 年 12 月 24 日 AI ブーム見えぬ勝ち組

<sup>18</sup> 日経 2026 年 5 月 30 日 巨大 IPO、ゆがみ増幅

<sup>19</sup> 日経 2026 年 6 月 2 日(夕) アンソロピック上場申請

<sup>20</sup> 日経 2026 年 6 月 3 日 アンソロピック軍資金狙う

<sup>21</sup> 日経 2026 年 5 月 20 日 米新興 3 強にマネー集中・大手会計事務所アーンスト・アンド・ヤング(EY)の集計

<sup>22</sup> 日経 2026 年 5 月 26 日 バブル指摘は過小評価

<sup>23</sup> 日経 2026 年 4 月 14 日 AI 植民地化の激流 本社コメントーター秋田浩之

<sup>24</sup> 日経 2026 年 5 月 30 日 AI 中堅国、脱「米依存」

<sup>25</sup> 日経 2026 年 1 月 20 日 ディープシーク登場から 1 年

<sup>26</sup> 日経 2026 年 3 月 25 日 アリババが 5 ナノ AI 半導体 TSMC に生産委託へ

<sup>27</sup> 日経 2026 年 3 月 28 日 中国半導体「自給率 8 割に」

<sup>28</sup> 日経 2026 年 4 月 14 日 AI 植民地化の激流 秋田浩之

<sup>29</sup> 日経 2026 年 5 月 14 日 AI 特需、台湾・韓国に集中

<sup>30</sup> 日経 2026 年 5 月 14 日 台湾半導体産業資金流入一段と

<sup>31</sup> 日経 2026 年 5 月 12 日 「半導体やロボ」AI 全面に

<sup>32</sup> 日経 2026 年 3 月 22 日 孫氏の「大風呂敷」再び

<sup>33</sup> 朝日新聞(以下朝日)2026 年 6 月 4 日 東証初の 6 万 8000 円台 日経 2026 年 5 月 12 日 日本株、半導体・銀行が主役

<sup>34</sup> 日経 2026 年 5 月 16 日 キオクシア、技術でリード

<sup>35</sup> 日経 2026 年 5 月 16 日 キオクシア純利益 48 倍

<sup>36</sup> 東京エレクトロン - Wikipedia

<sup>37</sup> 日経 2026 年 4 月 28 日 日立、電力インフラに AI

<sup>38</sup> 日経 2026 年 5 月 14 日 村田製作所 知財戦略で勝

<sup>39</sup> 日経 2026 年 6 月 3 日 フィジカル AI 関連銘柄に熱気

<sup>40</sup> 日経 2026 年 4 月 30 日 AI 半導体特需消費財企業にも

<sup>41</sup> 日経 2026 年 5 月 9 日 世界が失う「平和の配当」 ワシントン支局長河浪武史

<sup>42</sup> 日経 2026 年 5 月 13 日 国際不均衡、また火種に チーフ・エコノミクス・コメンテーター マーティン・ウルフ

<sup>43</sup> 朝日 2026 年 6 月 5 日 米国忍び寄る債務危機 経済学者ケネス・ロゴフ

<sup>44</sup> 朝日 2026 年 4 月 27 日 AI 浸透「配転・人員減に影響」

<sup>45</sup> 日経 2026 年 3 月 14 日 「AI で生産性向上」82%

<sup>46</sup> みずほ産業調査 Vol. 74「生成 AI の動向と産業影響【総合編】〜生成 AI は産業をどのように変えるか〜」みずほ銀行産業調査部 2023 年 12 月 12 日

<sup>47</sup> 日経 2025 年 11 月 6 日 米企業で 95 万人削減

<sup>48</sup> 日経 2025 年 11 月 6 日 AI 進化 コンサルに荒波

<sup>49</sup> 日経 2026 年 4 月 24 日(夕) マイクロソフト 8000 人削減 メタも 8000 人、AI 投資を優先

<sup>50</sup> 日経 2026 年 2 月 7 日 「SaaS の死」揺れた米国株

<sup>51</sup> 日経 2026 年 2 月 26 日 日本企業「SaaS」の AI 代替回避へ 業務ソフト独自性磨く

<sup>52</sup> 日経 2026 年 5 月 8 日 サステナ保証に AI

<sup>53</sup> 日経 2026 年 5 月 23 日 AI 活用、9 割が効果実感

<sup>54</sup> 日経 2026 年 5 月 10 日 政府、500 業務に自律型 AI

<sup>55</sup> 日経 2026 年 5 月 30 日 生成 AI が公務員の相棒に 導入自治体、全国の半数

<sup>56</sup> 日経 2025 年 11 月 5 日 生成 AI 導入全市区町村の 3 割に、総務省調べ あいさつ文など 職員負担を軽減

<sup>57</sup> 我が国の「知の総和」向上の未来像〜高等教育システムの再構築〜(答申)(中教審第 255 号)  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1420275\\_00014.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1420275_00014.htm)

<sup>58</sup> 日経 2026 年 5 月 18 日 私大「250 校削減」案の意味

<sup>59</sup> 日経 2026 年 4 月 14 日 私大の 3 割経営困難

<sup>60</sup> 日経 2026 年 4 月 27 日 1 億人の未来図 文系人材 80 万人 AI 時代に「余剰」



## 2. AI 時代における日本産業の勝ち筋

武藤 真 ((株)みずほ銀行 産業調査部長、(一財)日本開発構想研究所 評議員)

### 1. はじめに — 背景と問題意識

人工知能 (AI) は、電力や蒸気機関に匹敵する「汎用技術 (General Purpose Technology)」として、社会経済の根幹を揺るがしつつある。2022 年末に OpenAI から「ChatGPT」が一般公開されて以降、AI は単なる技術的話題に留まらず、経済活動や社会政策、国家安全保障に至るあらゆる領域で、意思決定の前提に置かれる基盤テクノロジーへと変容した。

現在の AI モデルの多くは、2017 年に Google の研究者らが発表した Transformer アーキテクチャを基盤としている。Transformer は「データ、モデル、計算資源を大規模化するほど性能が向上する」スケーリング則に適した基盤を提供し、GPT、Gemini、Claude 等に代表される大規模言語モデル (LLM) の開発競争を牽引した (図 1)。論文は発表から 8 年で引用数が約 22 万件に達しており、自然言語処理にとどまらず、画像認識からひいては創薬・材料科学へと応用が広がっていることが、その産業横断的なインパクトを示している。

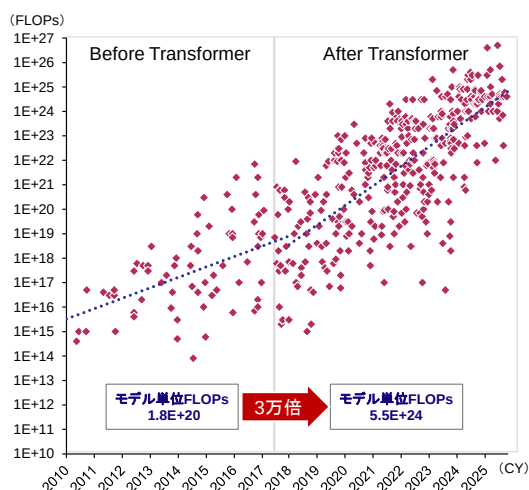
もともと、AI 実装のインパクトは産業ごとに一様ではなく、各産業が有する資本装備率・ソフトウェア装備率と研究開発集約度によって、AI 活用手段とスピードは大きく分岐すると考えられる。日本産業を資本装備率とソフトウェア装備率の分布、研究開発費比率の高低で類型化すると、医療・福祉や卸売・小売業のように人的資本依存度が高い「労働集約」型、不動産や電気・ガス等の大規模な固定資産を収益基盤とする「資本集約」型、農業、建設業のように物理的現場性が強い「労働集約×資本集約」型、情報通信業のような「知識集約×労働集約」型、などへと分類され、明確な構造的差異が観察される (図 2)。

AI 開発競争の趨勢を見れば、米国と中国がそれぞれ民間資本と国家資本を動員し、計算インフラ・ユーティリティ・人材の三要素を軸に覇権を競っている。米国のハイパースケーラー (大手クラウド事業者) の AI 関連資本支出 (CAPEX) は、FY2026 に約 6,000 億ドルと FY2022 比で約 4 倍に増加する見通しにあり、計算資源への大規模な先行投資が事実上の参入障壁を形成している。

一方、中国は国家主導で AI 産業基盤を整備し、DeepSeek に代表される高効率モデル開発で米国に追随する。この米中二極構造の中で、日本をはじめとした第三極の国々は、海外プラットフォームへの過度な依存という構造的リスクにさらされている。

この問題を端的に示すのが「デジタル赤字」の拡大である。日本のデジタル収支の赤字は、クラウドサービス、デジタル広告、ストリーミング等を提供する海外プラットフォームへの対価として年々拡大している。現状の AI における海外依存構造が固定化された場合、2040 年のデジタル赤字は、最大約 36 兆円規模に達するリスクが示唆されている (図 3)。これはもはや個別企業の競争力の問題ではなく、日本の国富流出・財政持続可能性に直結する国家課題にまで波及している。

図 1 AI モデルの計算量の推移

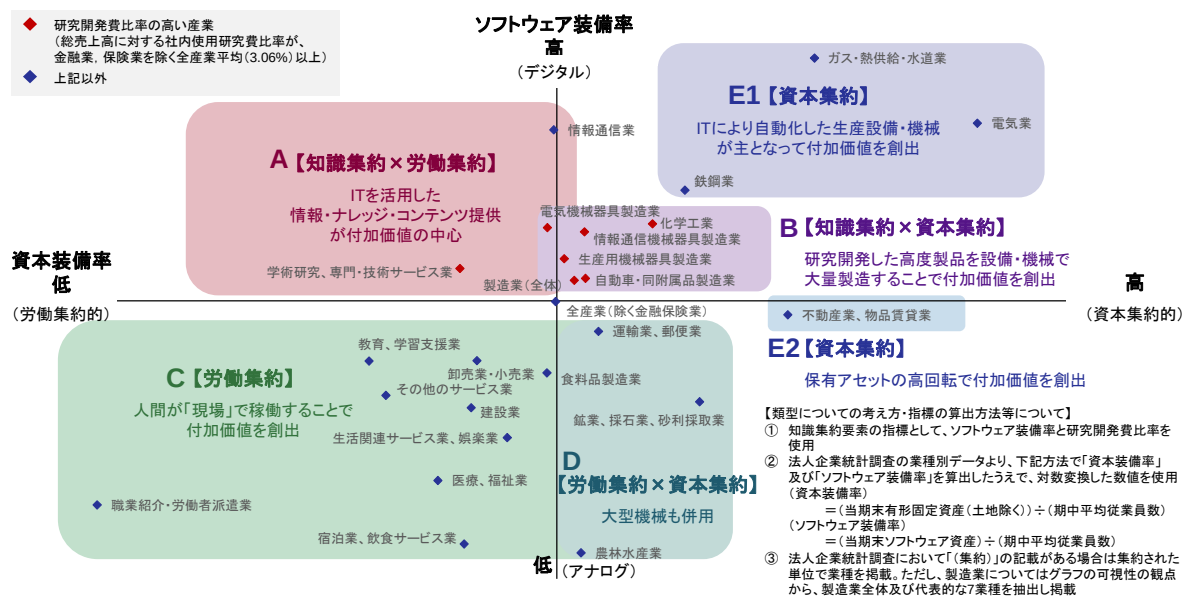


(出所) Epoch AI, 'Data on AI Models'.  
Published online at epoch.ai. Retrieved from  
'<https://epoch.ai/data/ai-models>' [online resource].より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>1)</sup>

こうしたマクロ経済上の影響に加え、AIは就労構造そのものにも不可逆的な変化を及ぼす可能性が高い。弊行の先行調査では、平均給与水準が高い産業ほどAIによる自動化影響の割合が大きい傾向が看取された（図4）。ただし、社会全体への影響は「自動化割合」だけでは決まらない。金融・保険、情報通信は自動化影響の割合が高い一方で就業者

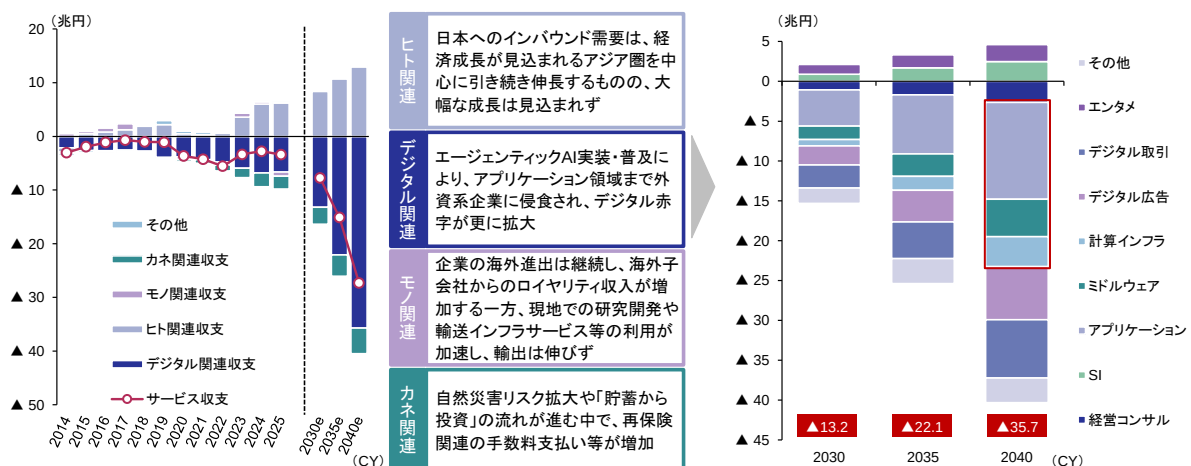
規模は相対的に限定的であり、就業者数の多い医療・福祉、製造業、卸売・小売業では、影響割合が中程度でも人数ベースの影響は大きい。高賃金産業でAI活用が先行し、就業者数の多い産業で実装が遅れる場合、産業間の生産性・給与格差が拡大するリスクがある。

図2 産業別の資本装備率・ソフトウェア装備率の分布と研究開発費比率に基づく類型



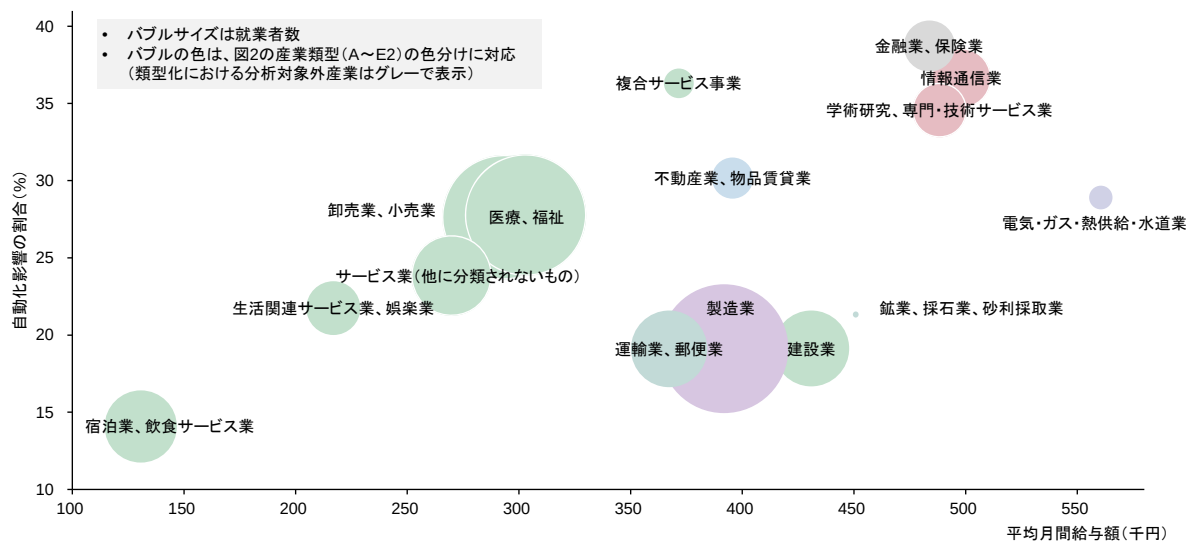
(出所) 財務省「法人企業統計調査(令和4年度)」および総務省「科学技術研究調査(令和4年度)」より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>2)</sup>

図3 日本のサービス収支の長期見通しとデジタル赤字の推計



(出所) (左図) 財務省・日本銀行「国際収支統計」、日本銀行資料、経済産業省「デジタル経済レポート」等、(右図) 経済産業省「デジタル経済レポート」より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>3)</sup>

図 4 産業別の平均月間給与額と AI（生成 AI 含む）による自動化影響の関係



(出所) 総務省「2020 年度国勢調査」、厚生労働省「毎月勤労統計調査令和 4 年確報」、  
Goldman Sachs Global Investment Research 注 3) より、みずほ銀行産業調査部作成 2)

2030 年以降、上記の構造変化に伴い、労働力の戦略的な再配置の重要性が高まる。AI が担いうる領域で省人化・生産性向上を実現し、創出された労働余力を IP 創出・体験価値・エッセンシャルワークの高度化へ振り向ける産業構造転換が求められる。この論点は、第 8 章において 2040 年の日本産業のあるべき姿として改めて論じる。

本稿の目的は、AI がもたらす構造変化を分析し、日本産業が採るべき打ち手に接続することにある。前半（第 2～4 章）では、AI 進化の潮流、付加価値の源泉変化、AI 供給基盤という三つの「影響」を整理する。後半（第 5～7 章）では、その影響を踏まえた「勝ち筋」として、製造業・ヘルスケアにおける現場知の AI 化、官民連携によるソブリン AI 投資、ASEAN への価値共創型展開を論じる。最後に、第 8 章で人口減少・財政制約下における 2040 年の日本産業像を提示する。

## 第 I 部 AI が日本産業に及ぼす構造変化 (第 2～4 章)

### 2. AI 進化の潮流

— メガ・プラットフォーマーの戦略転換

(1) Transformer 以降の大規模化とスケール  
ング則の限界

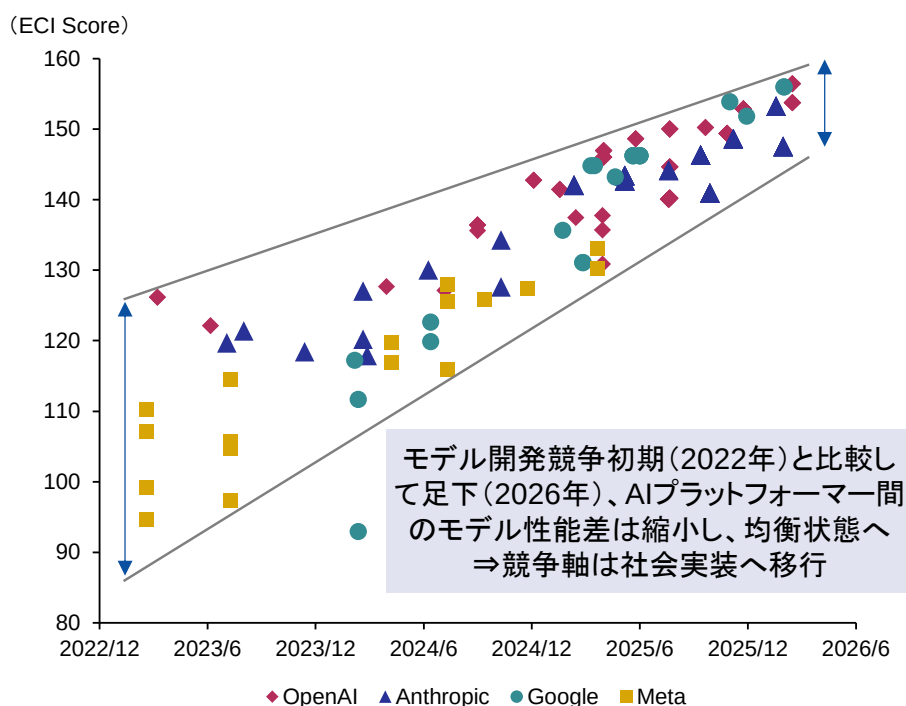
現在の AI 開発競争は、第 1 章で示した Transformer アーキテクチャを起点とするスケール  
ング則を前提に、大規模なモデル開発・計算資源投資が進んできた。「計算資源を積むほど性能が上がる」という確信のもと、OpenAI、Anthropic、Google、Meta といった主要 AI プラットフォーマーは、計算資源を提供するハイパースケーラー (AWS、Azure、Google Cloud 等) との提携・出資を通じて大規模なコンピューティングインフラ構築を進めている。前述のとおり、ハイパースケーラーの CAPEX は FY2022 から FY2026 にかけて約 4 倍に拡大する見通しであり、Google と Meta は広告事業からのキャッシュフローを原資に自社インフラ投資を加速させる一方、OpenAI や Anthropic はハイパースケーラーとのパートナー  
リングによって計算資源を確保している。

しかし、足下では重要な変化が生じている。Epoch AI が公表する ECI スコア (Epoch Capabilities Index: 複数モデルの相対的なベンチマーク性能) の推移を見ると、2022 年以降、各社の主要モデルが漸進的な性能改善を続けている一方で、モデル間の性能差が急速に縮小しており、スケール  
ング則のみに依拠した差別化は困難になりつつある (図 5)。

(2) モデル研究開発から社会実装へシフト  
モデル単体での差別化が困難になる中、AIプラットフォーム各社は、モデルの研究開発に閉じた競争から、社会実装の巧拙を問う競争へと軸足を移し、その実装手段の一つとして、「エージェンティック AI」の開発を進めている。エージェンティック AI とは、単一のプロンプトに応答するだけでなく、複数ス

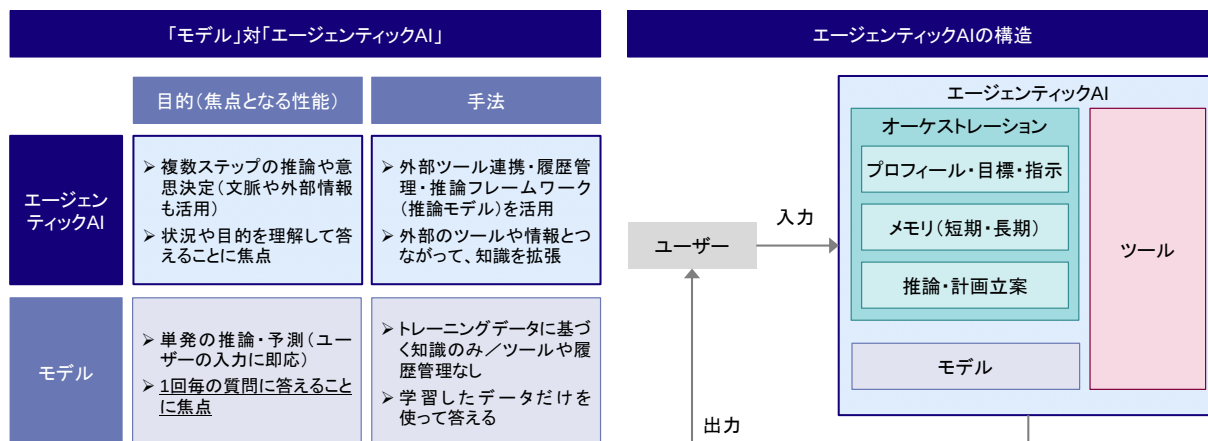
テップの推論や意思決定、タスク実行を自律的または半自律的に行うためのソフトウェア技術である。ウェブブラウジング、コード実行、外部ツール呼び出し、長期記憶といった機能を統合することで、従来は人間が担っていた複雑なワークフローをエンドツーエンドで代替できるポテンシャルを持つ (図 6)。

図 5 AI プラットフォーマーの主要モデルの ECI スコア推移



(出所) Epoch AI, 'AI Benchmarking Hub'. Published online at epoch.ai. Retrieved from 'https://epoch.ai/benchmarks/use-this-data' [online resource].より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>4)</sup>

図 6 エージェンティック AI の構造



(出所) Wiesinger, Julia, Patrick Marlow, and Vladimir Vuskovic. "Agents." Whitepaper. (2024).より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>4)</sup>

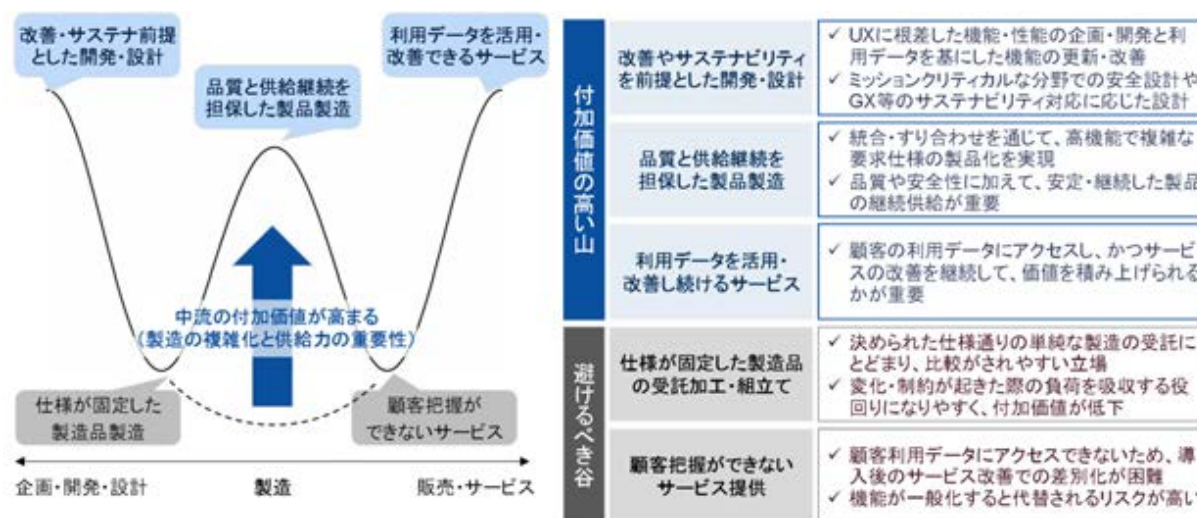


この戦略シフトが示唆するのは、AI 競争の焦点が「モデル性能の追求」から「産業実装の深度と、それを支えるデータ基盤の質」へと移行しているという環境変化である。各社はクラウドプロバイダーやコンサルティングファームとの連携を通じてユーザーの業務プロセスに入り込むことを図っているが、その過程で最も希少な経営資源として浮上しているのが「まだ AI がアクセスしていないデータ」、すなわち、物理世界に根差した産業現場の実世界データである。

こうした競争軸の変化は、産業のバリューチェーンを変容させつつある。従来のスマイ

ルカーブ(上下流に付加価値が集中する構造)は、AI とフィジカルの統合が進む 2040 年に向けて、製造の複雑化と供給力の要求に応える付加価値をもって「W 字型」へと変化し得る。すなわち、①改善やサステナビリティを前提とした開発設計、②品質と供給継続を担保した製品製造、③利用データを活用し改善し続けるサービス、の三領域が付加価値の山を形成し、中流の製造工程においても付加価値が回復、拡大する構造が出現する(図 7)。この構造変化は、長年ものづくりの中流を担ってきた日本産業にとって、逆転の機会と捉えられる。

図 7 将来のバリューチェーンの付加価値構造



(出所) みずほ銀行産業調査部作成<sup>3)</sup>

(3) 次の競争最前線:「まだ学習されていないデータ」の獲得

エージェント AI への戦略転換と並行して、AI プラットフォーマーが直面している次の壁が「学習データの枯渇」である。インターネット上のテキストデータを大量に学習することで飛躍的に成長してきた現在の基盤モデルは、高品質なウェブテキストの追加取得余地が縮小しているとの指摘がある。この学習データ量の限界を突破するための手段として、①合成データと②現場のドメインナレッジ・実世界データという二つのアプローチが注目されている。

この局面には日本産業にとって極めて重要な示唆を持つ。AI 実装のボトルネックが「デ

ジタル空間の知識」から「物理世界に根差した産業現場での知識」へと移行しているということは、長年にわたって現場知を蓄積してきた日本の製造業やヘルスケア領域等が、グローバルな AI エコシステムの中で主体的な役割を担い得ることを意味するためである。この点については第 4 章で詳細を議論する。

### 3. AI 時代の付加価値変化

#### — 全産業に普遍的なインパクト

(1) 「データ」を制する者が付加価値を獲得する構造

生成 AI の登場以降、企業の競争力を規定する「付加価値の源泉」が根底から変化しつつある。これまでの産業競争は、「より良い製品



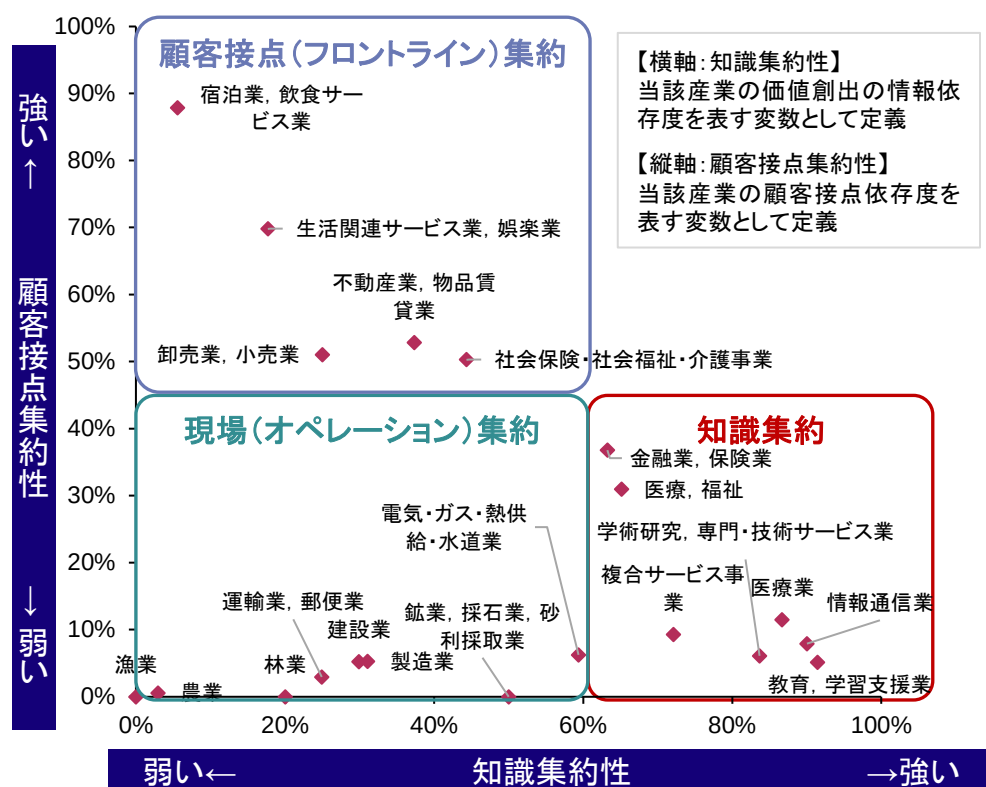
を作れるか」や「より効率的なプロセスを持てるか」という「プロダクト品質」と「オペレーション効率」に基づくものであった。しかし AI 時代においては、データ→モデル→ユースケースというバリューチェーンが確立され、競争の起点が「どれだけ独自性・希少性の高いデータを持っているか」という「データやノウハウの独自性」へと移行しつつある。

このメカニズムを理解する際に、カギとなるのが、汎用 AI モデルの性能差が縮小していくという前節の議論である。誰もが同品質の AI モデルにアクセスできる世界においては、AI を「何に」「どのようなデータで」実装するかが差別化の源泉となる。みずほ産業調査 Vol.74(「生成 AI の動向と産業影響【総合編】」、2023 年 12 月発刊) が整理した「データ」「人財」「共創」という三つの戦略要素は、まさに

この競争環境の変化を反映したフレームワークである。独自のデータ資産を持ち(データ)、それを活用できる人材を育成し(人財)、業界横断的なユースケースを共同構築する(共創)ことが、AI 時代における持続的な競争優位をもたらす三つの基盤要素を形成する。

この観点からすると、海外プラットフォームに依存した AI 活用は、利便性の裏側で「データと付加価値の外部移転」を生じさせるリスクをはらんでいる。企業が日々の業務で生成する顧客データ・製造データ・医療データ等の情報が海外事業者の管理基盤上で処理され、利用ログや運用知見が海外側に蓄積される中で、そこから生まれる付加価値が海外企業に帰属するという構図は、デジタル赤字の拡大メカニズムとしても解釈できる。

図 8 産業類型に応じた AI 実装による影響例



(出所) 総務省「労働力調査」(2024 年度) より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>4)</sup>

(2) 認知的タスクの自動化と産業への影響波及パターン

AI による産業インパクトは、業種・業態によって発現スピードとメカニズムが大きく異

なる。図 2 が資本装備率・ソフトウェア装備率・研究開発費比率から産業の構造条件を整理したものであるのに対し、図 8 は AI 影響の波及経路を把握するための分析枠組みであり、

図2の類型と一対一に対応するものではない。図8では、2軸の4象限を網羅的に埋めるのではなく、実務上の影響が大きい三つのAI実装経路、すなわち「知識処理の自動化」「現場オペレーションの高度化」「顧客接点の再設計」に絞って整理している。

まず、法律、金融、研究開発、コンサルティングといった「知識集約」型産業は、生成AI・エージェントAIの直接的な影響を最も早期に受けると考えられる。MITが独自調査した産業レベルでの生成AIのインパクトの推計では、「テクノロジー」や「メディア・テレコム」において、変化の感応度が高いと示唆される<sup>注4)</sup>。企業向けAPI提供やコンサルティングファームを介したデリバリー強化は、知識集約型産業へのAI実装を加速させる。

次に、製造、建設、インフラ、農業といった「現場（オペレーション）集約」型産業は、物理的な現場とデジタル情報の融合による変革が焦点となる。ロボティクスAIや視覚言語モデルは、カメラ・センサーから入力される映像や数値データをリアルタイムに解析し、異常検知、品質管理、予知保全を自動化する。ARデバイスは、現場作業員にリアルタイムの情報を伝達し、熟練技術者の判断ロジックを非熟練者でも実行可能にする狙いがある。製造業における変革のインパクトは即時的というよりも、センシングやアクチュエーション等のハードウェア側の進化に加えて、現場のデータ整備とAIとの統合、さらに組織変革を経たうえで、中長期にわたって顕在化される。

小売、飲食、観光、医療といった「顧客接点（フロントライン）集約」型産業では、AIによる顧客体験の個別化や高度化が競争軸となる。AIアシスタントが消費者の日常的な対話インターフェースに立ち、AIが自律的に提案を行うUX高度化が想定される。この分野では、AIを使いこなす側が「顧客との関係性」という競争優位を強化できるため、企業が顧客接点をAIプラットフォーマーのインターフェースに委ねるようになると、自社の顧客データが希薄化するリスクがある。

（3）ソフトウェア開発のAI代替と付加価値移転リスク

本節では、全産業に共通するAI影響の中でも、第5章の製造業の勝ち筋に直結する論点として、ソフトウェア開発のAI代替を取り上げる。OpenAIのCodexやAnthropicのClaude系モデルによるコード生成能力の向上は、開発者の生産性を引き上げるだけでなく、開発の担い手を専門人材から業務担当者へ広げる「ソフトウェア開発の民主化」を進めつつある。ここでいう民主化とは、コーディングの専門知識を持たずとも、誰もがAIの支援を受けて開発・実装・検証まで一貫して実行できる状況を指す。

この変化は、製造業のビジネスモデルにも影響を及ぼす。製造業のスマート工場化やIoT活用では、センサーデータの収集・分析・制御を担うソフトウェアプラットフォームが競争の核心となってきた。これまでは専用ソフトウェアを外部ベンダーや自社エンジニアに依存することが多かったが、エージェントAIによるコーディング支援が普及すれば、ユーザー企業自身がシステムを内製化・高速化できる余地が広がる。その結果、ソフトウェアプラットフォームを主力製品とするIoT企業の付加価値は圧迫され、製造業全体のソフトウェア関連の付加価値がAIプラットフォーマー側へ移転するリスクも高まる。

この付加価値移転リスクに対抗するためには、独自データと独自モデルの構築が有効である。汎用AIによるコード生成等の開発支援が普及するほど、自社の競争優位性は「誰も代替できないデータ」と「そのデータで磨き込まれた独自モデル」によって担保される。製造業が持つ現場の暗黙知・工程データ・品質データこそが、まさにそのような「代替不可能な独自資産」となる最有力候補である。この論点は第5章（1）で詳細を議論する。

#### 4. AI供給基盤 — 競争優位を左右する物理的制約

##### （1）AI供給の三要素：計算インフラ・ユーティリティ・人材

AIの社会実装を支える供給側の構造を「AI時代」の論点として正面から取り上げることが不可欠である。AI産業の供給基盤は、計算インフラ・ユーティリティ・AI人材の三要素

で構成される。いずれも希少性が高く、調達力の差が競争優位性に直結する構造的なボトルネックである。以下では、Stanford HAI「AI Index Report 2026」を主な参照元として三要素を整理する<sup>注 5)</sup>。

### ① 計算インフラ

グローバルの AI 計算容量（高性能 AI チップの累積処理能力を NVIDIA H100 相当数に換算した指標、H100-equivalent）は 2022 年以降年率 3.3 倍で成長し、2025 年 Q4 時点で約 1,710 万 H100 換算に到達した。チップ供給シェアは NVIDIA が計算容量全体の 60%超を占め、Google・Amazon の自社設計チップが残余の多くを占める構造である。一方、これら先端 AI チップの製造（ファウンドリ）は TSMC 一社にほとんど全量が集中しており、サプライチェーンの各層に対する数十年規模のノウハウ蓄積と多額の資本投資を要する高い参入障壁が、台湾単一ファウンドリへの依存という構造的脆弱性として恒常化している。

### ② ユーティリティ

AI データセンターのグローバル電力容量は 2025 年 Q4 時点で約 29.6 GW に到達し、これはニューヨーク州のピーク需要（約 31 GW）に匹敵する規模である。周辺設備を含むオールイン AI システムの累積電力需要はスイス一国の消費量に相当する。IEA 予測では、全世界のデータセンター向け電力需要は 2030 年に向けて 1,000 TWh 規模に近付く見通しであり、電力、CO<sub>2</sub>、水消費の三重制約が大規模 AI 運用の持続可能性を左右する。

### ③ AI 人材

AI 著者・発明家の地理的分布は、2025 年時点で米国に 220,520 人と突出して集中し、インド(50,460 人)、ドイツ(48,520 人)が続く。日本は 6,280 人（第 15 位）にとどまる。加えて、米国への AI 研究者の流入は 2017 年以降 89%減少（直近 1 年で 80%減）しており、グローバル人材獲得競争が一段と激化している。中国は論文数、被引用数、特許付与で世界首位に立ち、研究開発活動は米中二極に偏在する。

### （2）日本の供給基盤の課題と対応方向

日本の供給基盤の現状を三要素で見ると、課題は計算インフラ・ユーティリティ・AI 人材のいずれか一つではなく、三要素が同時に制約となり得る点にある。計算インフラでは、国内通信キャリア及びハイパースケーラーによるデータセンター投資が進む一方、先端 GPU の調達力、電力容量、土地・系統接続等の立地制約が拡張に歯止めをかけている。エネルギー面では、電力コスト、系統容量、脱炭素要請の三つが同時にボトルネックとなる。AI 人材については、基盤モデルを開発できる研究者層に加え、産業データを理解し業務実装に落とし込む人材の不足が課題である。

こうした制約に対し、政策面では半導体・AI 基盤への支援が拡大している。2024 年 11 月に日本政府が公表した「AI・半導体産業基盤強化フレーム」では、2030 年度までに 10 兆円超の公的支援が表明された。ラピダスへの半導体製造基盤支援と組み合わせることで、計算資源の国産化・調達の自律性確保という方向性が示されている。ただし、公的支援だけで供給制約が解消するわけではない。電力確保、省エネ型データセンター設計、AI 人材育成、産業データ基盤整備を一体で進めることが、日本の供給基盤強化の実装課題である。

### （3）供給基盤が競争優位を左右する構造

AI 供給基盤の整備は、単なるインフラ政策に留まらない。自国内で計算資源を確保できるかどうか、「ソブリン AI」実現の前提条件となる。機微な政府データ・医療データ・防衛関連データ等を、自国のセキュリティポリシーに沿ったインフラで処理できる環境なくして、AI の国家戦略的活用は不可能である。また、米国のチップ輸出規制強化等に挙げられる半導体や計算資源の調達リスクが顕在化しつつあり、サプライチェーンの複線化・国産化は経済安全保障の観点からも急務である。

AI 供給体制として、チップ→計算インフラ→モデル→アプリという 4 層構造に分解した際、日本がどの層に自国資源を投下し、どの層をアライアンスで補完するかという「供給基盤の設計思想」を早急に確立することが求められる。この点は後述の「ソブリン AI」戦

略と不可分の論点である。

第2～4章で見た構造変化は、①競争軸がモデル性能から実世界データ・現場知へ移ること、②計算インフラ・ユーティリティ・AI人材が新たな供給制約となること、③労働力の再配置が避けられないこと、の三点に集約される。第5章以降では、この変化の情勢も踏まえながら、日本産業の勝ち筋を「現場知のAI化」「ソブリンAI」「ASEAN展開」として具体化する。

## 第Ⅱ部 日本産業の勝ち筋と戦略基盤 (第5～8章)

### 5. 日本産業の勝ち筋

#### ー 製造業とヘルスケア領域におけるAIユースケースの開拓

第Ⅰ部（第2～4章）で示したとおり、AI時代の競争軸は「独自データと現場知の優位性」とそれを安全に活用する供給基盤の確保へ移行しており、日本の勝ち筋には、構造的な強みを持つ産業領域における競争力強化が求められる。AIのユースケースを開拓し、その成果をソブリンAIや海外展開へ接続する。そこで、グローバルに見ても高い効用が見込まれるのが、日本が深い産業基盤を有する製造業とヘルスケア領域の二領域である。

製造業は、第2章（3）で論じたとおり、AIプラットフォームが必要とする「未学習の実世界データ」を豊富に有し、GDP比約20%（G7最高水準）を占める日本の基幹産業である。長年蓄積された現場の暗黙知をAIに実装するユースケースは、模倣困難な競争優位の確立と輸出競争力の維持に直結する。ヘルスケアは、世界に先駆けて超高齢社会に突入した社会課題先進国の日本ならではの課題であり、問診AI・予防医療等のユースケースが医療提供体制の構造的課題を解決しうる。

なお、これらのユースケース開拓の成果は、国家財政の持続可能性にも寄与する。製造業をドメインとするAIは、産業競争力を維持して税収基盤・経常収支の安定化に、ヘルスケア領域をドメインとするAIは、医療の質・ア

クセスを維持しつつ、医療資源の効果的・効率的な活用を通じた医療費の適正化と社会保障制度の持続可能性向上に、それぞれ間接的・直接的に貢献する。令和7年度予算において社会保障費は約38.3兆円（一般会計の約33%）を占め、AI活用による適正化のインパクトは大きい。

#### （1）製造業：現場の「暗黙知」のデータ化とAI移植

##### ー なぜ製造業か

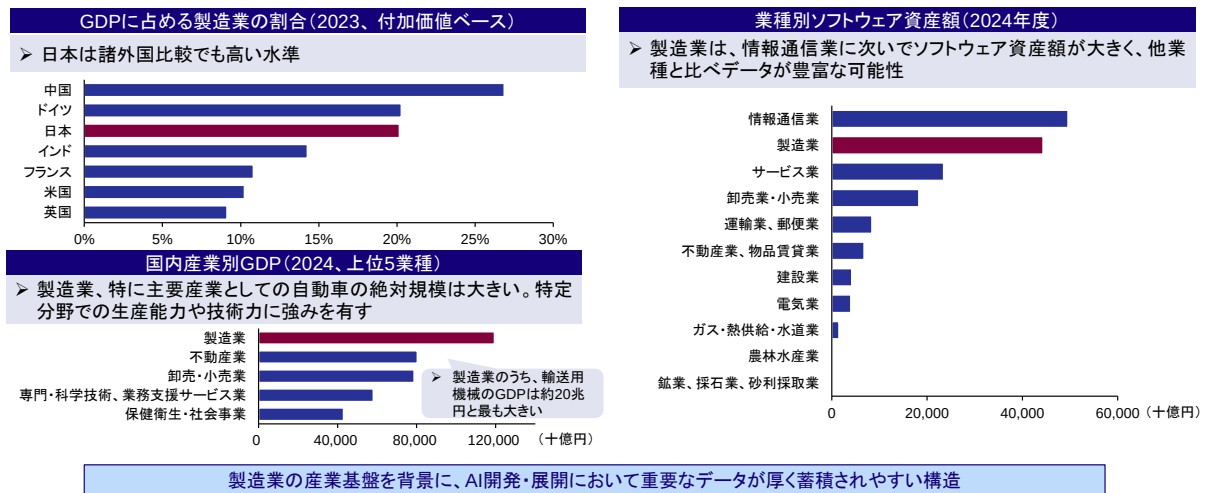
製造業を日本産業の中でも戦略領域とする根拠は三点ある。第一に、日本の製造業はGDP比約20%を占める日本の基幹産業である。第二に、業種別ソフトウェア資産額において製造業は業種2位に位置し、デジタル化への素地は十分に存在する（図9）。第三に、最も重要なのが、製造業が長年にわたって蓄積してきた「現場の暗黙知」が、第2章（3）で示した、世界のAIプラットフォームが必要とする「未学習の実世界データ」そのものということである。

日本の製造業には、熟練工の「経験と勘」に根差した品質管理や工程最適化のノウハウが莫大に蓄積されている。これらの能力は言語化が難しく、個人に培われた感覚と状況判断にも強く依存するため、従来は属人的な技能として継承されてきた。しかし、これこそがAIプラットフォームと向き合う上で「日本の製造業がもつ競争優位性の源泉」であり、これをデータ化してAIに実装できれば、模倣困難な製造能力を次世代に継承することが可能になる。

##### ー 現場知をAI学習に活用

現場の暗黙知をAI活用するために、専門人材による判断整理、LLM等を用いた知識抽出、センサー、ログ取得を組み合わせたデータ化が必要と考える。加えて、実データだけでは不足しやすい異常事態等の学習すべき領域は、合成データやデジタルツインで補完し、検証と改善の精度を高めることが重要である。

図 9 AI 開発・展開における日本の強み



(出所) UNdata (左図上)、内閣府「国民経済計算」(左図下)、財務省「法人企業統計調査」(右図) より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>1)</sup>

(2) ヘルスケア領域：医療の質・アクセスと社会保障の持続可能性を両立する AI 活用 — なぜヘルスケア領域か

ヘルスケア領域を製造業と並ぶ重点領域として選定する理由は、医療提供体制の持続性・公平性の担保と財政インパクトの規模の大きさにある。令和7年度予算において医療・介護・年金等を含む社会保障費は約38.3兆円にのぼり、一般会計歳出の約33%を占める最大項目である。この歳出の増加は、高齢化の進展により今後さらに加速することが確実であり、「AIを活用し、医療の質・安全性・アクセスを損なうことなく、受診行動や医療資源配分の適正化を進められるか」は日本の財政持続可能性に直結する問いである。

日本の医療体制の特徴として際立つのが、G7平均と比較した「外来受診頻度の高さ」である。日本の外来受診頻度は11.1件/人と、G7平均の5.7件/人の約2倍に達する。この構造的課題を問診AIなどのデジタルソリューションによって適正化し、外来受診頻度をG7平均水準に近づけるシナリオでは、年間約13兆円規模の外来医療費適正化効果が試算される。

— データ駆動型ヘルスケアシステムの構築  
問診へのAI適用はあくまで入口である。データ駆動型ヘルスケアの本質的な目標は、疾

病の早期発見・早期介入による「病気の発症・重症化を予防する社会」の実現、すなわち予防医療の強化にある。日本が有する健康診断データ・医療レセプトデータ・PHR(Personal Health Record)を統合的に活用し、個人の発症リスクを精度高く予測してレコメンデーションを行うAIシステムが実装されれば、重篤化前の介入が可能となり、入院・手術・高額医薬品の使用頻度を低下させる効果が期待できる。

## 6. 戦略基盤①

— 官民連携による「ソブリンAI」への戦略投資

### (1) ソブリンAIの必然性

「ソブリンAI」とは、自国の法律や価値観、セキュリティ要件のもとで、自国が制御、管理できるAIのインフラ、モデル、データガバナンスの総体を指す概念である。AIが社会経済の基盤テクノロジーとなった今、AIインフラを海外プラットフォーム等に過度に依存することは、エネルギーの大半を輸入に依存するのと同等のリスクを内包する。

第一の論点はデジタル赤字の構造的拡大リスクである。前述のとおり、クラウドサービスやAIを利用するためのAPI、デジタルコンテンツへの対価として海外へ流出する資金は年々拡大し、2040年には▲36兆円規模に達す



るリスクがある（図 3）。この赤字は単なる利用料の支払い超過ではなく、国内企業の業務データが海外事業者の管理基盤上で処理・蓄積され、運用ノウハウや改善サイクルが海外側に集約された結果、そこから派生する付加価値が海外に帰属していくという構造から生じるものである。AI インフラやモデルを部分的にでも自前で備える必要性は、この付加価値帰属の構図に根差している。

第二の論点は機微データの所在と管理権をめぐる主権上のリスクである。行政、防衛、医療、先端産業技術等のデータが海外クラウドや AI サービス上で処理・学習される場合、契約上は学習利用をオプトアウトできても、データの物理的所在地、準拠法、有事のアクセス権限等は他国の法域に委ねられるリスクがある。経済安全保障法制の観点からも、機微データを扱う AI システムについては、運用上の透明性確保が必須要件となる。

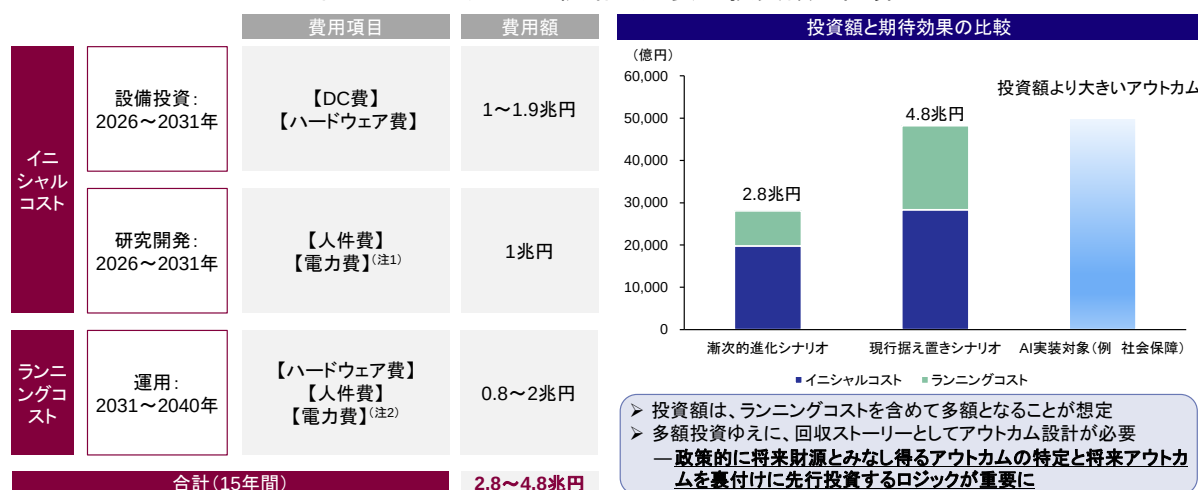
第三の論点は、官民役割分担の明確化である。ソブリン AI の実現に向けては、ベースモデルの開発、計算インフラの整備、データガバナンスの標準化を進め、その基盤の上に産業特化のユースケースを構築するまでを、官

民一体となって推進することが求められる。防衛や社会インフラの領域にも AI 活用が進展する中、自国が「信頼できる AI」を活用することで、社会的アウトカムの創出が可能となる。

## （２）投資規模と財源論

ソブリン AI 実現に向けた投資規模は、2026 年から 2040 年の累計で 2.8 兆円（漸次的進化シナリオ）～4.8 兆円（現行据え置きシナリオ）と試算される（図 10）。この規模感には GX（グリーントランスフォーメーション）経済移行債の前例—政府が GX 実現のために先行投資を行い、将来の炭素税収・排出量取引収益で回収するスキーム—と類比しながら理解すると、財源論の整合性が見えやすくなる。投資規模の算出にあたっては、研究開発費として、ベースモデル開発費、分野／領域特化モデル学習費、タスク特化モデル学習費を計上し、加えて設備投資費と運用費を、2026～2040 年累計で積み上げた。漸次的進化シナリオはハードウェア等の性能改善による学習コスト低下を、現行据え置きシナリオはハードウェア等の性能維持を前提とする。

図 10 ソブリン AI 戦略に必要な投資額の試算



（出所）公開情報より、みずほ銀行産業調査部作成<sup>1)</sup>

財源の根拠は「将来アウトカムの現在化」にある。ソブリン AI への投資から生み出されるアウトカムは複数の経路で国家財政に還元される。医療費適正化を通じた財政負担の伸びの緩和経路では、弊行試算によると、ヘル

スケア領域をドメインとする AI による外来受診適正化効果（約 13 兆円／年）が最大規模となる。間接的な歳入増経路では、製造業・自動車産業の AI 活用による競争力維持（自動運転市場優位性確立に伴う経済波及効果とし

て約 2.7 兆円／年）が挙げられる。赤字抑制経路では、デジタル赤字の拡大回避（約 6.9 兆円／年の赤字増加を回避）という効果を見込む。これらの経済損失を抑制する効果を合計すると、年間換算で約 20 兆円超のアウトカムが生まれる計算であり、同様に収益拡大効果の合計は約 11 兆円超を見込むことから、ソブリン AI への先行投資は十分に成立すると考えられる（図 11）。

### （3）ソブリン AI 実現に向けた実装設計

ソブリン AI 投資の実効性を高めるためには、「何を国産化、主権化するか」の優先順位設計が必要になる。前述の 4 層構造（チップ→計算インフラ→モデル→アプリ）において、全層の自前化は非現実的であり、リソースの集中投下と戦略的アライアンスの組み合わせ

が現実的な設計に必要となる。

チップ層については、ラピダスによる 2nm 世代の国産半導体製造という長期投資目標と組み合わせながら、短中期は NVIDIA や TSMC 等との調達アライアンスで確保する。計算インフラ層については、国内データセンターへの官民共同投資と電力・土地の整備が喫緊の課題である。モデル層については、汎用基盤モデルの全面自前化は費用対効果の観点でハードルがあるため、オープンソースモデルのファインチューニングや領域特化モデルの開発に集中投資するアプローチも考えられる。領域特化モデルの開発においては、各省庁・研究機関・産業界が保有するドメインデータを安全に活用できる「データ連携基盤」の整備が鍵となる。アプリ層については、民間が主導する多様なユースケース創出が求められる。

図 11 ソブリン AI によって生み出される日本社会への期待効果の一例（2040 年）

| 損失抑制効果       |                                                                                                                  |                          | 収益拡大効果       |                                                                                                                                        |                             |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| ユースケース／アウトカム | 【ヘルスケア】<br>社会保障費の抑制                                                                                              | 13兆円/年<br>(外来医療費の適正化)    | ユースケース／アウトカム | 【自動車】<br>自動運転市場での<br>優位性確立                                                                                                             | 2.7兆円/年<br>(自動車産業の経済波及効果)   |
| アウトカムの算出ロジック | ▶ 医療提供体制の構造的課題となっている入院・外来受診の頻度を、問診AIなどのデジタルソリューションで適正化することで、抑制される医療費をアウトカムと想定<br>・ 外来受診頻度 日本:11.1件/人⇄G7平均:5.7件/人 |                          | アウトカムの算出ロジック | ▶ 自動運転技術へのキャッチアップを通じて維持される日系 OEM の国内生産(内需・外需向け)と国内における経済波及効果をアウトカムと想定<br>▶ 日本の内需と米国に対する輸出(外需)のうち、各国の自動運転比率(2040年)から新車販売市場規模を算出         |                             |
| ユースケース／アウトカム | 【デジタル支出】<br>国富流出の防止                                                                                              | 6.9兆円/年<br>(AI関連の海外支出抑制) | ユースケース／アウトカム | 【モデル輸出】<br>ASEAN へのモデル輸出                                                                                                               | 8.1兆円/年(注2)<br>(AIによる生産性向上) |
| アウトカムの算出ロジック | ▶ AI の基盤テクノロジー化によって想定されるデジタル赤字の一層の拡大を、ソブリンAI実現によって抑制<br>▶ リスクシナリオとベースシナリオの赤字額の差分を、ソブリンAI実現によって回避可能な損失と想定         |                          | アウトカムの算出ロジック | ▶ ASEAN5主要産業(製造業、小売・卸売業、農林漁業)について、各国・各産業のGDPと職種構成比を基に、年ごとのAI導入率を職種別の導入難易度を考慮して推計<br>▶ ASEAN5主要産業それぞれの、AI導入率による生産性向上率を乗じた付加価値額をアウトカムと想定 |                             |

（出所）みずほ銀行産業調査部作成<sup>1)</sup>

## 7. 戦略基盤②

### — 「AI エコシステム」の ASEAN 展開

#### （1）日本の ASEAN におけるプレゼンス

ASEAN は 2024 年現在、総人口約 7 億人・GDP 成長率 4～5%台を維持する高成長フロンティアの一つであり、AI 実装の需要が高まっている地域でもある。日本はこの地域において、外交・経済関係を通じて培った信頼関係を基盤にもつ強みを有する。シンガポールのシンクタンク ISEAS-Yusof Ishak Institute の「The State of Southeast Asia Survey Report」によれば、ASEAN から最も信頼される大国と

して日本は調査開始（2019 年）以来ほぼ一貫して首位を獲得しており、域内の日系現地法人数も拡大傾向を継続している<sup>注 6)</sup>。

日本が ASEAN 側の資本やアセットなども活用しつつ、日本産業の成長と ASEAN 側の社会課題解決にも資する価値共創型での AI 展開を官民連携で実現できれば、日本は共存共栄の関係を築くことができる。2025 年 10 月に発足した「日 ASEAN・AI 共創イニシアティブ」は、この方向性を実践する制度的枠組みの嚆矢として位置付けられる。

## （２）価値共創型の AI 展開モデル

日本が ASEAN と「共に AI エコシステムを育てる」価値共創型モデルを構築する具体的な推進項目は、①計算資源整備（データセンター建設・電力基盤整備への共同投資）、②モデル共同開発（ASEAN 各国の言語、文化、産業のデータを組み込んだローカルモデルの協働構築）、③ユースケース探索（農業、製造、医療、行政等の各国固有の優先課題に即したユースケース設計）、④アプリケーション構築（現地のスタートアップや企業との共創によるサービス実装）という一体的な打ち手である（図 12）。

この展開モデルの差別化要因はソブリン型の設計思想にある。日本主導で構築する AI エコシステムは、データが当該国の主権下に留まること、モデルの制御権が当該国に帰属すること、ガバナンス設計が当該国の法制度に準拠することを最初から設計に組み込む。クラウドサービスでは原理的に保証しにくい「技術自律性」の提供を可能として、ASEAN の政府・中央銀行・基幹産業に対して信頼を勝ち取る論拠となる。

## （３）投資回収とスケールメリット

ASEAN 展開の経済効果は多面的である。直接的な効果として、ASEAN 主要 5 カ国（タイ、インドネシア、ベトナム、フィリピン、マレーシア）の製造業、小売・卸売業、農林漁業の主要産業への AI 導入による生産性向上は、日本の経済利益拡大効果として年間約 8.1 兆円規模の市場拡大につながると試算する（図 11）。算出方法は「対象国・対象産業の市場規模×職種別の導入難易度に基づく AI 導入率×AI 導入による生産性向上率」の総和であり、AI ソリューション、データ基盤、運用支援等を通じて日本企業が取り込み得る付加価値を産業別に積み上げた。

加えて、間接的な効果として、より長期的かつ大きな意味を持つのが「デファクトスタンダード」の確立である。日本が構築した AI エコシステム、ガバナンス、領域特化モデルが ASEAN で広く採用されれば、信頼性や透明性を重視した協力圏として、日本と ASEAN の共創ネットワークが独自の技術的、規範的地位を確立することも可能となる。これは短期的な投資対効果を超えた地政学的アドバンテージであり、日本が次の 30 年にわたって国際社会で影響力を持ち続けるための費用対効果の高い戦略的投資の一つと考えられる。

図 12 日本の強みを活かした ASEAN 展開における打ち手

|          | 寄与する強み                         | 官                                                                  | 民                                                                    |
|----------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| アプリケーション | ②産業連携基盤<br>③共創の枠組み             | ➢ 共創イニシアティブの中で、日本とASEAN双方の強みを活かせる産業（製造業）を実装領域として明記し、デファクトスタンダードを確立 | ➢ 現地法人を実装フィールドとして、ローカライズされたワークフローに合わせた最適なアプリケーションを開発し、産業連携基盤を販路として展開 |
| データ      | ①国家間の信頼度<br>②産業連携基盤<br>③共創の枠組み | ➢ 共創イニシアティブの中で、AI運用を前提としたデータ標準化やデータの越境可否などのルールメイクを実施               | ➢ 国内のソブリンAI構築を通じて培ったデータ整備ノウハウを現地法人に横展開し、運用までのサイクルを高速化                |
| モデル      | ①国家間の信頼度<br>③共創の枠組み            | ➢ 主権運用できるモデル要件（監査可能性、安全性等）を共同開発し、モデルの共同評価・テストの体制を確立                | ➢ 共同開発したモデルの早期実装を見据えてエージェンティックAIやRAGなどの周辺技術も含めた運用環境を整備               |
| 計算資源     | ①国家間の信頼度<br>③共創の枠組み            | ➢ セキュリティ・BCP・運用人材育成等、継続運用を前提としたパッケージを提供<br>➢ ODA等の経済支援も選択肢         | ➢ 従来からの強みであるエネルギー領域に加えて、データセンターとの一体運用を通じたAI最適なエネルギーマネジメントを提供         |

（出所）みずほ銀行産業調査部作成<sup>1)</sup>

## 8. おわりに

### 一 人間と AI が協働する 2040 年の日本産業

#### （１）AI の脅威論を超えて

AI 時代を語るとき、「仕事が奪われる」「産業が消滅する」という脅威論が先行しがちである。しかし本稿が提示してきた分析の角度

から見れば、AI は日本産業にとって脅威である以上に、構造的課題を突破するための最大のトリガーである。

日本が直面する大きな構造的課題のひとつは、人口減少に伴う労働供給の制約である。2040 年には生産年齢人口が 2020 年比で約 1,000 万人減少する見通しにあり、労働力の縮小は経済の潜在成長率を直接的に押し下げる。この文脈において、AI による認知的タスクの自動化は「雇用の喪失」ではなく、「人口減少下においても経済水準を維持するための必然的なデジタル基盤」として認識されるべきである。特に、ホワイトカラーの生産性向上—文書作成、データ分析、意思決定支援等の AI 実装—は、1 人の労働者が担える業務領域を大幅に拡張し、少子高齢化による労働力不足を構造的に緩和する。

製造現場においても同様である。技能実習制度改革や外国人労働力の活用に解決策を閉じることなく、現場作業のロボット・AI を用いた自動化による、人的資源の高付加価値シフトが期待される。現場知を AI に接続し（第 5 章（1））、ロボットが汎用的な肉体労働を担い、人間が創造的・社会的・判断的な仕事に集中する分業構造の実現こそが、製造業の 2040 年ビジョンである。

## （2）労働の再配置と産業構造転換

AI・ロボットによる自動化で生じる労働余力は、付加価値構造の転換のため戦略的に再配置されるべきものである。この再配置の方向性として、三つの軸が考えられる。

第一は知的財産（IP）創出への投資である。日本が強みを持つアニメ、ゲーム、デザイン、伝統工芸等のコンテンツ産業は、AI が大量に学習しても人間の創造性、感性、歴史的・文化的背景への共感なしには代替できない「人間固有の価値」を持つ。AI が定型的なコンテンツ生成による同質化を進めるほど、真に人間的な創造物の希少価値は高まる。労働余力を IP 創出に向けることは、脱炭素・デジタル化に次ぐ新たな産業の柱を形成する可能性がある。

第二は体験価値・ウェルネスの提供である。観光、温泉、ガストロノミー、スポーツ、医

療、介護といった「人間が人間にサービスする」本質的な対人価値は、AI やロボットによる効率化が進む世界において相対的な希少価値を高める。日本の豊かな自然や食事等の文化は、この体験価値を提供する産業の比較優位性として機能する。インバウンド観光の拡大は、ドル建て収入による貿易収支改善という財政的意義と、日本の文化や産業の国際的なブランド価値向上という間接的効果を両立させる。

第三はエッセンシャルワークの持続と高度化である。医療、介護、教育等のエッセンシャルワークは、人口高齢化の進展とともに社会的需要が増大する一方、人手不足が深刻化している。AI による業務効率化でエッセンシャルワーカーの負担を軽減し、人間が担うべき「感情的サポートや対面ケア」の質を向上させることが、社会の基盤機能の持続において不可欠である。

テクノロジー活用を前提とした社会最適な分業と協業体制—AI と人間がそれぞれの強みを発揮する役割分担—は、AI 時代の産業政策の核心的な設計課題である（図 13）。

## （3）日本産業への期待：「三位一体戦略」の結実

本稿が示した日本産業の勝ち筋は、以下の「三位一体戦略」として統合される。

第一の軸：現場知の優位。製造業とヘルスケア領域を中心とした現場の暗黙知を AI に移植し、グローバル AI プラットフォーマーが持ち得ない「日本固有のドメイン特化 AI」を構築する。これが、日本産業が AI エコシステムの中で「データ提供者・協働者」として対等なポジションを維持する根幹となる。

第二の軸：ソブリン AI の確立。官民連携による計算インフラ整備やデータガバナンス基盤の構築、領域特化モデルの開発を通じて、デジタル主権を段階的に回復する。先行投資のアウトカムとして歳出抑制・歳入増・デジタル赤字縮小という財政的還元を実現し、持続可能な投資サイクルを確立する。

第三の軸：ASEAN を中心とする海外展開。日本が ASEAN 含む同盟国・同志国で培ってきた信頼関係を基盤に、ソブリン型の設計思

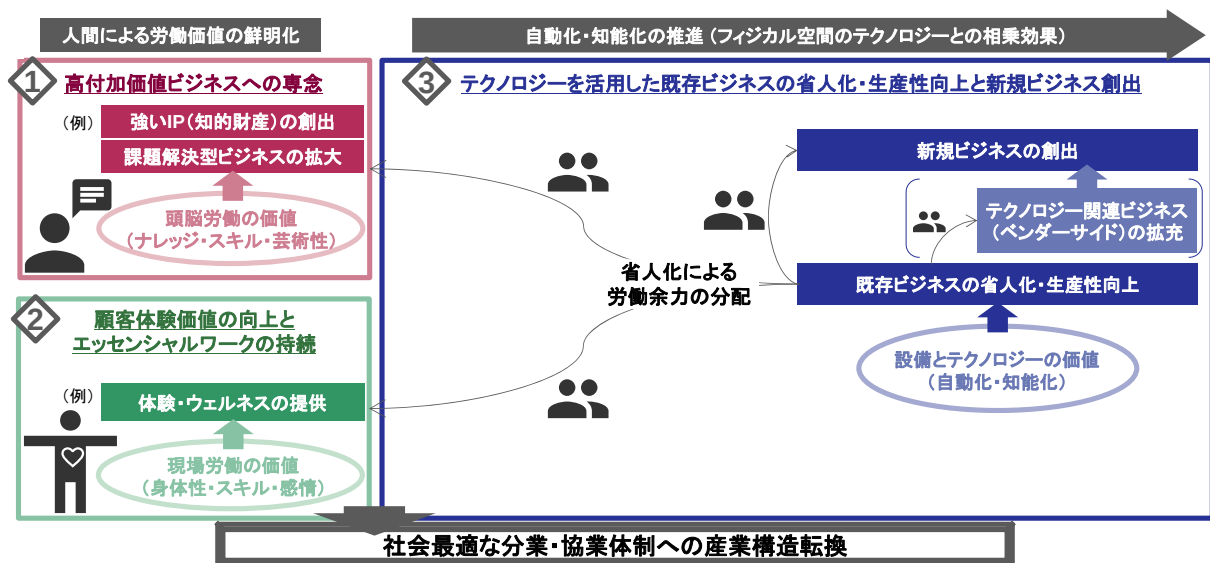
想に基づく価値共創型の AI エコシステムを展開する。これにより、米中二極に対する「第三の選択肢」としての地位を確立し、図 11 で示した 8.1 兆円規模の市場拡大と長期的な国際的影響力の確保を同時に達成する。

2040 年の日本産業の姿を展望するならば、それは「AI と人間が協働し、現場知を核とした独自の競争優位を持ちながら、国内の財政的持続可能性を維持しつつ、ASEAN を中心と

した同盟国・同志国との経済圏の中で成長と自律を両立させる日本産業」の姿である。

AI を外生的な技術潮流として捉えるのではなく、日本が既に有する産業基盤、制度基盤、対外関係を踏まえて、日本産業の競争力強化の文脈の中で AI 実装戦略を設計することが、「The Era of AI (AI の時代)」における日本の勝ち筋である。

図 13 テクノロジー活用による省人化・生産性向上と、人間の労働に期待される価値創出の方向性



(出所) みずほ銀行産業調査部作成<sup>2)</sup>

(脚注)

注 1) 本稿中の図表は、みずほ銀行産業調査部が過去に発行した参考文献 1) ～4) に掲載された図表を引用したものである

注 2) 図表中の用語・略語、指標の定義、分類、算出方法、参考文献等の詳細については、各図表末尾に示す参考文献番号に対応する引用元レポートを適宜参照されたい

注 3) Per your request, we have attached charts which were published in our report(s). When using these charts, please ensure that you have confirmed with any non-GS source that you are able to use the data in the form provided in the exhibit (if applicable) and that you appropriately source it to the non-GS source or Goldman Sachs Global Investment Research, as the case may be. GS-produced content or views must be clearly identified so as to be distinct from your own

content/views. In addition, note that you may not include the GIR charts in any material that constitutes advertising, marketing or solicitation or that advocates a particular position you are taking (e.g., in connection with a proposed transaction you may be making) nor use these charts in connection with any litigation or regulatory action. If you are unclear about whether a particular use is appropriate, please let us know

注 4) マサチューセッツ工科大学 (MIT) "The GenAI Divide STATE OF AI IN BUSINESS 2025"

注 5) Sha Sajadieh, Loredana Fattorini, Raymond Perrault, Yolanda Gil, Vanessa Parli, Lapo Santarlaschi, Juan Pava, Nestor Maslej, Russ Altman, Erik Brynjolfsson, Carla Brodley, Jack Clark, Virginia Dignum, Vipin Kumar, James Landay, Terah Lyons, James Manyika, Juan Carlos Niebles, Yoav Shoham, Elham Tabassi, Russell Wald, Toby Walsh, Dan Weld. "The AI



Index 2026 Annual Report,” AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University, Stanford, CA, April 2026. The AI Index 2026 Annual Report by Stanford University is licensed under Attribution-NoDerivatives 4.0 International.

注 6) Lin, J. et al., The State of Southeast Asia: 2026 Survey Report (Singapore: ISEAS – Yusof Ishak Institute, 2026)

(参考文献)

- 1) みずほ産業調査 Vol.80 (「テクノロジーで切り拓く日本産業 2040～有望領域を獲得し成長と自律を実現～【個別編】AI」、2026 年 3 月発刊)
- 2) みずほ産業調査 Vol.74 (「生成 AI の動向と産業影響【総合編】」、2023 年 12 月発刊)
- 3) みずほ産業調査 Vol.80 (「テクノロジーで切り拓く日本産業 2040～有望領域を獲得し成長と自律を実現～【総合編】」、2026 年 3 月発刊)
- 4) Mizuho Short Industry Focus Vol.265 (「AI 進化をめぐるプラットフォームの戦略 -AI プラットフォーマーは脅威なのか」、2026 年 3 月発刊)

### 3. AI 時代における高等教育の再構築

—大学・学位・専門・知識はどこへ向かうのか—

飯吉 透（京都大学学術情報メディアセンター 連携研究部門 教授）

生成 AI の急速な発展は、高等教育の存在意義そのものを問い直し始めている。これまで大学は、専門知識や専門技能を教授し、それを職業へと結び付ける制度として機能してきた。しかし、AI が専門的な知的業務を担い始めた現在、その前提は大きく揺らいでいる。高等教育は何を担うべきなのか。大学教育はどのように変容しなければならないのか。本論考では、AI 時代における高等教育の将来像について考察する。

#### 1. 揺らぐ「学問と職業を結びつける世界観」

AI の進展は、近代以降維持されてきた「学問と職業を結びつける世界観」を大きく揺るがしている。従来、高等教育は高度な知識や技能を修得するための教育課程として機能してきたが、生成 AI は知的労働の一部を代替する存在となりつつあり、大学で学ぶ意義そのものが再定義を迫られている。既に社会においては、AI の活用を前提とした業務遂行や評価が進み、「AI を使うか否か」ではなく「AI と共にどのように働くか」が問われている。このような状況において、高等教育は変化を外在的に傍観する立場に留まることは許されず、学生が直面する現実に対応する形で、その役割やあり方を再定義・再構築する必要がある。

#### 2. 専門知識だけでは安心できない時代

2010年代半ばには、AI やロボットによって代替されるのは主として単純作業や定型業務であり、専門職は比較的安全であると考えられていた。しかし、生成 AI の登場によって状況は大きく変化した。

近年の研究や各国の政策文書を見ると、AI の影響を最も強く受ける職種の中には専門職が含まれている。法律・金融・コンサルティング・情報処理など、高度な知識を必要とすると考えられてきた分野でさえ、AI が多くの業務を代替できるようになりつつある。

法務分野を例に取れば、契約書のレビューや条項チェックは、これまで専門家が長い時間をかけて行ってきた仕事であった。しかし現在では、AI が大量の文書を短時間で解析し、高い精度で支援を行ったり代行することが可能になっている。もちろん最終的な確認・判断は人間が責任を負う必要があるが、専門知識をベースとした業務の一部が急速に自動化されていることは否定できない。

この変化は、「専門知識を身に付ければ安定した職業に就ける」という近代以降の大学教育の基本的な前提を崩し始めている。

#### 3. AI が奪うのは「最初の仕事」

すでに欧米ではその兆しが見え始めているのが、AI がエントリーレベルの仕事を奪う可能性である。大学卒業後の若者は、見習いとして仕事を経験しながら現場で能力を高め、徐々に中堅人材へと成長してきた。資料作成・情報収集・データ整理・文書要約・定型分析などは、そのための重要な訓練であった。

ところが、これらは AI が最も得意とするタスク領域でもある。企業や官公庁などの雇用側から見れば、このような業務は AI に任せの方が効率的であり、新卒人材を大量に採用する必要性が今後低下していく可能性がある。

問題は、最初の仕事の機会が失われることによって、次世代の中堅人材を育成する仕組みそのものが機能しなくなることである。企業は即戦力を重視し、日本でも拡大傾向にある中途採用の増強に移行するかもしれない。その結果、大学を卒業後、そのまま就職し社会へ出るという従来のキャリアモデルは、変容を余儀なくされるだろう。

#### 4. 大学は「より贅沢な教育の場」になるのか

大学教育そのものも大きく変わる可能性がある。四年間フルタイムで大学に通うことは、本来非常に高コストな選択である。学費だけ

ではなく、生活費や時間も必要になる。それでも多くの人が大学進学を選んできたのは、学位が安定した職業への「切符」として機能してきたからだ。

しかし、そのような保障機能が弱まるならば、人々は働きながら必要な学びだけをオンデマンドに選択する方向へ向かうだろう。将来的には、基礎的な教育を短期間で修了し、その後は仕事を続けながら学びを積み重ねるという高等教育の形態が一般化する可能性がある。学位も、一定期間内に一括して取得するだけではなく、小さな学修成果を蓄積して到達するものへと変化していくと考えられる。

その一方で、大学院は現在以上に社会人教育の場としての性格を強めるだろう。実務経験を積んだ人々が学び直しのために進学し、現場で得た知識と高度な専門教育を結び付ける場になると考えられる。例えば、MBA（経営学修士）や教育学修士などの大学院プログラムは、学部卒業直後ではなく、企業や学校等の現場で数年の実務経験を積んでから進学する人が比較的多いが、今後はこのような傾向がより多くの大学院プログラムに波及していくだろう。

学部教育では教養や基礎的な業務や研究を行うための技能や知識を学ばせ、大学院教育では主として職業経験を持つ人々をより高度な専門家として育成する。将来的には、このような役割分担が進む可能性がある。

## 5. 教育における AI 活用のための3つの観点

教育における AI の活用を考える際には、「effect with」、「effect of」、「effect through」(Salomon & Perkins, 2005)という三つの概念が有用である。「effect with」は、AI を用いることでその場で達成される成果であり、第二の「effect of」は、AI 活用経験が学習者の能力として内在化される効果である。第三の「effect through」は、AI によって学び方そのものが変容する可能性を指す。これらに共通するのは、学習成果そのものではなく、学習プロセスの質に焦点を当てている点である。高等教育においては、AI による教育の効率化や高度化を追求するだけでなく、学生の思考力や判断力をいかに育成するかが本質的な課

題となる。そのためには、AI に委ねる部分と学習者が主体的に担う部分を意図的に組み合わせ、「学びのオーナーシップ」を確立させ、リフレクションを通じて学びを内在化させる教育設計が求められる。

## 6. 知識よりも「つくる経験」

AI が「情報処理」だけでなく「知識処理」も得意とする時代には、実際に何かを設計・制作し、試行錯誤しながら完成させる経験の価値がより高まると考えられる。この点で、我が国の高等専門学校（高専）の教育プログラムは示唆に富んでおり、国内外の注目を集めている。高専では理論を習得させるだけではなく、設計・製造・評価実験・改善という一連のプロセスを経験させる。知識を学ぶだけではなく、知識を使って何かを作り出すことを教育の中心に置いている。

一方、分野によってその程度は異なるものの、多くの大学教育は依然として理論や知識の習得を重視している。AI が「知識処理」を担うようになれば、知識を使って「価値ある何か」を創造する経験を、大学教育のカリキュラムの中心に据える必要があるだろう。

しかしながら、大学改革が容易には進まないのは周知の通りである。AI が日進月歩で急速に進化する一方で、ステークホルダー間における慎重な合意形成を前提としている大学制度は遅々として進まない。AI 時代において、大学が自らの役割やあり方をスピーディーに適宜変容していけるのかは、大学自身の死活問題であり、これから先に向けた大きなチャレンジだと言える。

## 7. マイクロクレデンシャルと学位の再定義

リスキリングやリカレント教育という言葉に代表されるように、AI 時代には、生涯にわたって学び直し学び続けることが重要になる。しかし日本では、社会人が仕事を続けながら学位を取得する文化や制度は十分に定着していない。このような中で注目されているのが、マイクロクレデンシャルである。

マイクロクレデンシャルとは、個人がオンデマンドで知識や技能を学んだ成果やその価値を公的に認証する仕組みだ。マイクロクレ

デンシヤルの普及推進を図るために、我が国でも本年初頭に学産官の協力の下、「日本マイクロクレデンシヤル機構」が設立された。

(<https://www.micro-credentials.jp>) マイクロクレデンシヤルを積み重ねて学位（マイクロクレデンシヤル）の取得へとつなげる仕組みが整えば、誰もが人生のさまざまな段階で必要に応じて柔軟に学び続けることができる。

また、学位そのものの意味も変わっていく可能性がある。従来、学位は「特定の知識や能力」を習得したことを証明する大きなパッケージとして機能してきた。しかし、AI が多くの情報・知識処理や技能を代替するようになれば、「大学を卒業した」という証明だけでは不十分となり、個人として「本当に何を知っていて、何ができるのか」を十分に示す必要が生じる。その意味で、学位が意味するパッケージ内容の「見える化」が、喫緊の課題となるであろう。

このような学位の「見える化」のためにマイクロクレデンシヤルが果たせる役割は大きく、さらに「学位を越えて積み上げられる新たな知識や技能」を個別詳細に示すことが可能なマイクロクレデンシヤルの価値と活用は既に欧米や ASEAN 地域で高まっており、我が国においても急速な社会的普及と浸透が望まれる。

## 8. 人間にしかできない高度な能力の評価

もし AI に代替されにくい高度な能力が特定できるのであれば、これからの高等教育を再定義していく上で、非常に役立つことは確かであろう。近年、創造力・コミュニケーション能力・協働力・判断力など、いわゆるジェネリックスキルと呼ばれる一連の能力を高度なレベルで育成することが重要である、と世界的な高等教育の潮流の中では言われてきた。

しかし、このような能力を個別独立的に評価し認証することは容易ではないし、その意味づけや価値づけも難しい。例えば、プログラミングのような技能であれば比較的明確にレベル毎の評価基準を設けて認証することが可能だが、「創造力認定証」や「コミュニケーション能力認定証」等が、一体どれほど意味

を持つかは疑問であり、ましてや「高等教育レベルで」ということになれば、さらにそのような能力認定は困難で疑わしくなると思われる。

結局、このような高度な能力は状況的文脈と切り離して評価することが難しい。ジェネリックスキルは、文字通り「汎用的な能力」であるが、実際にその能力を適正に評価するには、それが研究開発の場面なのか、ビジネスの場面なのか、地域活動の場面なのか等々、具体的な状況的文脈と結び付けながら評価していくしかないのではないだろうか。

さらに言えば、AI 時代のジェネリックスキルは、一人の人間固有の能力に加えて、人間と人間、人間と AI が協働する中で、相乗的なジェネリックスキルがどのような相互作用によって、より高い成果や価値を生み出せるかも重要になる。

## 9. 人文・社会科学系教育の未来

人文・社会科学系は、AI 時代の高等教育において最も厳しい問いを突き付けられる学問分野である。理工系や医薬系では、修得された技術的な知識や技能をその分野で標準的とされる資格や国家資格などで、比較的正確に評価して明示することができる。しかし、人文・社会科学系では、「何ができるようになるのか」を定義すること自体がそもそも難しい。

その一方で、人文・社会科学系には、経済的・技術的な尺度だけでは測れない価値や役割がある。人間をより深く理解し、文化を継承し、社会を見渡し省察し、人間らしく精神的にも豊かな生活を送ることは、AI 時代における社会では、ますます重要性を増すと思われる。

とは言え、大学という従来の高等教育システムの中で、人文・社会科学系の教育・研究がこれから先も生き永らえていくためには、「適者生存」的な変化と進化を遂げなくてはならない。孤高な学問分野としてのみ生き残りを図ったり、学位分野であることに固執するのではなく、その学問分野固有の学問的資産や観点・アプローチが、AI 時代における社会的・個人的な価値創造や問題解決にどのように多様に貢献できるかについても、積極的

に關与し取り組んでいく必要がある。

#### 10. 「教育を受ければ上へ行ける」社会の終焉

戦後日本では長らく、「高等教育を受けるために大学に行き、よい就職をして、高収入を得る」という社会的成功モデルが広く受け入れられ、今日では大学進学率は60%程度にまで上昇している。

しかし、AIはそのようなモデル構造そのものを揺るがしている。高度専門職でさえ AI による代替が可能になっていく中で、高等教育によってより得やすくなるはずだった高い社会的・経済的地位は、もはや絶対的なものではなくなりつつある。

その一方で、例えば、大学に行く行かないにかかわらず、AI による多面的な支援を得ながら地域事業を営むことや、第一次産業に携わりながら必要とされる学びだけを自ら継続することも、今後は有望な生き方となる可能性が高い。

高等教育の価値が失われるのではない。人生における幸福のあり方や成功モデルが多様

化し、大学進学だけが高等教育を受ける唯一の道ではなくなるのである。21世紀の高等教育において、オープンエデュケーションやマイクロクレデンシャルのような理念や仕組みが台頭してきたのは、謂わば高等教育システムが硬直化した直線的なパイプライン型から、社会や人生の隅々まで随時溶け込んでいける柔軟で面的なネットワーク型に拡張・変容されるためであり、AI 時代を生きる個々人こそが、そのような新しい高等教育システムを必要とし享受すべきなのである。

#### 【参考文献】

- 1) Frey, C.B., & Osborne, M.A. (2017). "The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 114(C), pp.254-280, Elsevier.
- 2) Salomon, G., & Perkins, D.N. (2005). "Do Technologies Make Us Smarter? Intellectual Amplification with, of and Through Technology", In Preiss, D.D. & Sternberg, R.(Eds), *Intelligence and Technology*, pp.71-86, Mahwah, NJ: LEA Publishers.



## 4. AIと交通計画・都市計画

岸井隆幸（（一財）計量計画研究所 代表理事、（一財）日本開発構想研究所 評議員）

### 1. （一財）計量計画研究所と交通計画・都市計画

本稿をお読みいただく予備知識として、まず、私が所属している（一財）計量計画研究所The Institute of Behavioral Sciences（以下、IBS）とはどういう組織なのか、また、実際どういう業務に取り組んでいるのか、について簡単にご紹介することから始めたい。

IBSは1964年7月15日、行政管理庁（現総務省）認可の財団法人（所員14名）として設立されている。そもそもは日立製作所と日本ビジネスコンサルタントからの出捐を基礎とした団体で、当時開発が進んでいた大型計算機を社会に活用することを目的としていた。寄付行為には「我が国及び諸外国の政治、経済、社会事象の数量的な調査研究を行い、わが国諸官庁をはじめ諸企業の合理的政策決定並びに科学的計画に関する知識普及に資することを目的とする」と記されている。設立時には行動科学・統計数理・交通・経済・システム・防衛科学といった6つの研究室（その後、都市計画研究室、言語情報研究室、環境・資源研究室等が創設される）があり、初代の理事長はORで有名な早稲田大学政経学部河辺旨教授（交通経済学）であった。理事には文部省統計数理研究所林知己夫教授（社会調査サンプリング方法の確立・数量化理論の開発等で知られる統計学者）・同石田正次教授（数理統計学者）・東京大学経済学部大石泰彦教授（近代経済学者）・同教養学部京極純一助教授（政治学者）・同宇宙航空研究所穂坂衛教授（日本のCG・CAD分野のパイオニア）・港湾審議会計画部会長鮫島茂氏（内務省を経て（株）日本港湾コンサルタント創設）・明治大学工学部後藤以紀教授（東大教授・工業技術院院長なども務めた電子工学者）、北川宗助（NBC代表取締役）といったそうそうたるメンバーが並び、コンピューターの進展を背景に多分野にわたる研究を進めようとしていた。実際、設立当初は外務省や防衛庁などからも研究を受注していた。ただ、自動車交通の急増を受けてパ

ーソントリップ（PT）調査や物流調査が普及するにつれ、徐々に都市交通分野の業務がその中心となり、1989年には総務省及び建設省の共管団体となった。また、当初は日立のHIPACやHITACを主たるコンピューターシステムとして活用していたが、今は特定のコンピューターメーカーと繋がっているわけではない。

こうしたIBS60年の歴史の中で最も長く理事長（代表理事）を務められたのは7代目の黒川洸先生（筑波大学・東京工業大学名誉教授）で、次いで長く務められたのは5代目の井上孝先生（東京大学名誉教授）である。このお二人の在任期間を合わせると30年、つまりIBSの半分となる。両先生ともに日本都市計画学会の会長を務められていたことからわかるように、わが国の交通計画・都市計画の分野を牽引されてきた研究者・実践者であり、自ずと今日のIBSの業務範囲もこうした分野を中心にして今日に至っているといえよう。例えば、東京圏のPT調査や物流調査は50年近くの蓄積をもって携わっているし、国土交通省が実施する全国規模のPT調査や道路交通センサスといった調査もお手伝いをし続けている。

もちろん、60年という時の流れを受けて我々が主たる業務対象としてきた交通計画・都市計画のテーマも変化してきている。戦後の復興期、経済高度成長期は自動車の急速な普及を背景に幹線道路の計画立案、そのための将来交通量予測（どこにどういった幹線道路をつくるべきか）が大きな課題であり、他の国々の調査事例を学びながら大規模な交通調査を実施し幹線道路の交通量推計を各地で展開してきた。一方、高度成長の負の側面として公害問題・環境問題が顕在化してくると自動車による騒音問題・大気汚染問題などにどう対処するか、といった課題が浮かび上がってきたし、市民参加の計画プロセスが重視されるようになってからはパブリックインボルブメント（PI）・モビリティマネジメント（MM）・社会実験などの分野も業務対象となった。さらに政権交代の際にガソリン

税の取り扱いが話題となり「費用対効果(B/C)」の分析が重要視されるようになり、今日でもこうした効果分析の業務は多い。そして近年では我が国全体の人口減少を受けて、単純な将来の自動車交通需要予測に関連する業務(何車線の幹線道路をどこに創れば、どれぐらいの自動車交通が走るのか、結果としての環境負荷やB/Cはどうか)だけではなく、より質が高くきめの細かい交通政策へ向かった取り組みや歩行者のための空間を重視した地区交通計画の取組、あるいは自動運転を視野に入れたデータオリエンテッドな交通政策も求められるようになってきている。

また、社会が成熟してくるにつれて人々のニーズは「量から質へ」と転換してきており、公民連携の仕組みも進んで「より複合的な問題解決」が求められるようになった。例えば、大都市圏地域では都市再生の動きが活発で各地で民間提案のまちづくりが進められようとしており、公共空間と民有地空間の協調関係が問われるようになってきた。一方、地方部では人口減少・高齢化といった状況を受けて立地適正化計画や地域の足である公共交通をどのように維持するかといった話題が重要になってきている。さらに「分権」を背景に国土計画・大都市圏計画といった広域的計画の存在感に陰りがある中で、地域間の連携、広域的な役割分担を視野に入れた行政・民間企業・市民の協調に基づく施策をどのように実現するのか、といった課題も残されており、リニア中央新幹線に関連する業務や大都市圏計画に関連する業務にも取り組んでいる。

このように課題が多様化するにつれて、業務の進め方も様々な他の組織と連携して取り組む(具体的にはJVで受注する)という例も増えてきているが、IBSとしては強みである「これまで培ってきたPT調査や物流調査のノウハウ」や「国の政策立案のお手伝いをして身につけた大局観」を最大限に生かして、「経年的あるいは地域をまたいだ比較分析」・「データに基づいた質に関する定量的分析と予測」・「広域的視点を持った政策提言」そして「実効性のある施策プログラムの立案」により積極的に取り組んでいきたいと考えている。

なお、現在は水道橋、小石川後樂園に隣接す

るビルのワンフロアを拠点<sup>1)</sup>として活動しているが、総勢は100名強、このうち研究業務に中心的に取り組んでいる職員の約1/3弱(20名)は博士号を有している。学位を持っている方を採用するという方針ではないが、中央省庁や地方自治体、民間企業から研究を受託して大学の先生方とご一緒に研究に取り組む機会も多く、多くの職員は業務の傍ら論文を書いて学位を取得している。「現場から離れることなく、できれば社会の一步先を歩んでいたい」という心意気で業務にあたっている組織である。

## 2. 生成AIの登場

このように交通計画・都市計画を中心業務として活動してきたIBSであるが、近年、他の分野と同じようにAIへの対応が大きな課題になりつつある。もちろん、業務の一環として自ら新たなAIの開発に取り組むということもある<sup>2)</sup>。しかし一方で近年優れた生成AIが登場してきたので、Chat GPTをはじめとする様々な生成AIソフトを研究所として導入することも行っている。こうした生成AIに関しては、従来のように「必要な資料を自ら様々なHPを検索してたどり着くことを繰り返す」という作業に比べれば「AIが総覧的に資料の存在場所を明らかにしてくれる」ので検索の効率が上がる。もちろん、現在の生成AIは頻繁に間違いを犯すし、プロンプトの入れ方で答えが変わるように100%正しいという保証は全くない。ただ、引用・参照されたURLに戻ればその妥当性を自ら判断できるので第一ステップとしては非常に効率が良いといえよう。

今後はこうした「初期業務の効率化」にとどまらない生成AI活用の方法があるのか、が課題となる。そこで今回、本稿を執筆するに際してまずは「生成AIは交通計画の立案にどのように役に立ちますか？」と直接ChatGPTに質してみた。その結果「生成AIは交通計画の立案において、分析の高度化と意思決定支援に役立つ。人流や渋滞、公共交通利用などの大量データを統合・解析し、需要予測や混雑パターンの把握を効率化することで、将来予測の精度向上が期待できる。また、新路線整備や料金政策など複数の施策シナリオを生成し、その効果比較を迅速に行える。さらに対話形式で結果を共有できる

ため、市民参加や合意形成にも資する。ただし、データの質やバイアスに留意し、人間の判断と併用することが重要である。」という答えが返ってきた。

そこで次に意地悪な質問として、「先の文章の誤りを指摘してください。その上で、生成AIは交通計画立案に役に立たないという論旨の文章を示してください。」と指示すると、「元の文章の問題点として、①生成AIによる需要予測の「精度向上」を前提としているが、実際には学習データの偏りや不確実性に強く依存する点が過小評価されている、②シナリオ比較が「妥当な政策評価」に直結するかの検証が不十分である、③市民参加の質が向上する保証がない、④意思決定支援における説明可能性や責任所在の問題が考慮されていない、などが挙げられる。」として「生成AIは交通計画立案において必ずしも有効とは言えない。出力は既存データの偏りや欠損の影響を受けやすく、現実の複雑な交通行動を正確に反映できない可能性がある。また、生成されるシナリオの根拠は不透明で、政策判断に必要な説明責任を果たしにくい。さらに、対話的な利用は一見参加を促すが、誤解や表面的な理解を広げる恐れもある。そのため、交通計画の信頼性や合意形成の質を高める手段としては限界がある。」という答えが返ってくる。要するに、どこまでが真偽かは別として、「装置」である生成AIは質問者（正確には質問者が入力した言葉）に寄り添った答えを導いてくれるのである。

同じようなステップを「都市計画」を対象に行ってみると、最初の肯定的な答えは「生成AIは都市計画の立案において、データ分析と構想検討の効率化に役立つ。人口動態や土地利用、交通、人流など多様なデータを統合・解析し、将来需要や都市構造の変化を把握できる。また、再開発や土地利用転換、インフラ整備などの複数シナリオを生成し、その影響を比較検討することで、計画の質を高める。さらに、対話形式で分かりやすく情報共有できるため、行政・専門家・市民間の合意形成を支援する。ただし、前提条件やデータの偏りに注意し、専門家の判断と併用することが重要である。」となり、それを否定する答えを求めると、「生成AIは都市計画立案において必ずしも有効とは言えない。

出力は既存データや学習傾向に依存し、複雑な社会・経済・空間の相互作用を十分に再現できない可能性がある。また、生成されるシナリオの根拠は不透明で、長期的な都市の方向性を判断するには信頼性が低い。さらに、対話的な利用は理解を深める一方で、表面的な議論や誤認を広げる恐れもある。そのため、都市計画の質や合意形成を高める中核的手段としては限界がある。」であり、最終的には「生成AIは適切に活用すれば都市計画に役立つ。例えば、人口・土地利用・交通データの整理や可視化、初期的な需要分析や施策案の幅出しに用い、その結果を専門家が検証・補正することで、検討の効率と多様性を高められる。また、対話型インターフェースを通じて市民の意見収集や論点整理を支援すれば、合意形成の透明性向上にも寄与する。つまり、最終判断を人間が担う補助ツールとしての活用が重要である。」というところにたどり着くのである。当たり前といえば当たり前、質問者の意図を見透かして丁寧に答えてくれているといえるであろう。

### 3. AIとの付き合い方

やや言葉遊び的なやり取りをご紹介したが、このステップを見ても生成AIは単純な問いに対しては極めて分かりやすさを重視した回答をもたらすし、また、質問者が意図を明らかにしている時にはその要請に従って答えを出すことができることがわかる。この特性は、SNS上での情報発信あるいはWEB検索状況が勝手に解析されて、要請もしないのにその人の関心に寄り添った内容のコンテンツが順次大量に画面上に流れてくるという昨今のWEBの仕組みに通じるものがあるように思う。基本的に統計的な手法を駆使して高い確率に基づく回答を表示するのだが、使い方によっては質問者の意図に沿ったデータを好んで収集することになる、というやや危うい仕組みが内包されているように思われる。

では、我々はこうした生成AIにどう向き合うべきなのであろうか？先に述べたように初期作業の単純な情報収集の装置として利用するだけであるなら極めて有効であるかもしれない。しかし、「価値」に関する問いなど、判断を必要とする回答を要求する場合には注意が

必要である。仕組み上、どうしても多数派の意見が抽出される可能性が極めて高いし、聞き方によっては聞き手の意向に寄り添う答えを探り出そうとするのである。その意味ではここはむしろ割り切って「少数意見を拾い上げる方法」として使うべきなのかもしれない。

一方、現在頻繁に使われている「AI活用」という言葉は必ずしも「生成AIの活用」のみを指すわけではなく、様々な分野で人間が独自に判断していたものをできる限り「装置」に代替させるというプロセスの全体像を指している。したがってAIをどう使いこなすかは、そもそも「判断を迫られているものが何なのか」、つまり「問題設定」と相まって考える必要があり単純な一般論での議論は避けなければならないであろう。

先に記したように、今や従来求められていた新設幹線道路の計画設計（特に幅員構成決定）のために必要な「極めて一般的な平日一日の将来自動車交通量」を推計することが「交通計画の問題設定」であるという状況は変わりつつある。もちろん都市計画道路の整備率は未だに2/3程度<sup>3)</sup>にすぎず、新設・改良が必要な道路はまだまだあるが、同時にこれまで整備してきた「ストックの維持管理」の問題（日常的な維持管理をより合理的に進める取り組みや施設そのものの老朽化対策や延命化対策など）も大きな社会課題となりつつある。

さらに「より質に注目した交通の状況」を「様々な時間帯」を想定しながら考察し、加えて「新たな施策の効果や問題点を早期に把握する」ことによって「よりダイナミックに政策展開」を考えていくことも求められつつある。また「参加による納得」<sup>4)</sup>という民主主義のプロセスの重要度は増しつつあり、「参加」によって「行動変容」が起きるというモビリティマネジメントの考え方の重要度も高まりつつある。こうした様々な社会課題に対してどのようなプロセス・手法で分析し次の方向性を見出すのか、その過程において「AIと呼ばれている装置」による「作業の効率化」や「判断の自動化」が省力化・迅速化にどう寄与するのか、が問われているように思われる。

#### 4. AIと今後の交通計画

最後に今後、交通計画や都市計画においてAIが重要な役割を果たす可能性がある分野・領域は何か、そこでAIをどう活用すべきか、IBS内でもAIに携わる機会が多いメンバーと意見交換したのでその結果をご紹介します。なお、都市計画の領域は非常に幅広いので、今回は交通計画という分野に限って議論を行っている。

##### (1) 交通計画テーマの多様化・詳細化

繰り返し述べているように、一言で「交通計画」と言っても今や取り扱う対象領域はかなり広い。「平均的な一日を対象にして幹線道路の全自動車交通量を推計する」といった一般的な交通量予測のみならず、休日やイベント時や大規模災害発生時などいわば「非平常時」の交通状況を予測してその対策を検討することも求められるし、明日の〇〇時までに目的地に着くためにはどの道路を選択すべきかといった局所的でかつ時間限定的な交通状態の短期予測も求められる。さらに自動車ではなくLRTやバスといった「公共交通」に着目した予測、あるいは自動車であっても今後も増加が予想される「物流車両」に特化した分析の重要性も増している。加えて「道路」といっても幹線道路ではなくまちづくりと一体となった「地区レベルの交通体系」の在り方の検討、流動量にとどまらず「駐車」や「人の集中」を対象とした滞留解析、歩行者交通流動予測も含んだウォークブルを目指した道路空間再構築問題、あるいは特に問題を含んでいる「踏切や交差点」などに特化した対応策の検討なども現代の「交通計画」がカバーしなければならない領域である。

このように交通計画の課題は多様化し、しかもそれぞれ時空間的により詳細な分析・予測が求められるようになった。こうしたニーズに応えるべくすでに様々な技術開発が行われ、実際、今はカーナビゲーションシステムに頼って運転することが当たり前になっているし、今後は運転行為そのものの自動化も着実に進むと考えられる。

こうした「対象領域の多様化」と「ニーズと対応の時空間的詳細化」は、天気予報が1883年「全国一般 風ノ向キハ定リナシ 天気ハ変リ易シ 但シ雨天勝ち」と日本全国の予想をたっ

た一つの文で表現するものから始まり<sup>5)</sup> やがて都道府県レベルに、さらにはより局所的な天候の変化をピンポイント・リアルタイムに予測するような段階まで広がってきた状況によく似ている。もちろん、より詳細な計画ニーズに対応するにはそもそもより詳細なデータの把握が必要で、天気予報の場合、計器の表示を職員が直接読み取り記録していた段階から、1974年にはAMeDAS（アメダス）と呼ばれる地上における気温、降水量、風速、湿度などのデータを自動的に収集する仕組みが整えられ、1977年には日本初の静止気象衛星「ひまわり」が打上げられ気象衛星によるより広域的なデータ収集が一気に進むことになった。

また、気象庁は1959年官公庁として初めて科学計算用のコンピューターを導入したが、コンピューターの性能が上がるにつれ数値予報の予測精度は大きく向上し、今日では地球全体の大気の動きを数値的にシミュレーションし、スマホ上にピンポイントの場所の天候、気温、降水量、風速などを時系列として示せるまでになってきている。まさに入手された大量のデータをコンピューターの力を借りて短時間で処理することにより実現できたシステムであり、その最前線がAIということになる。その意味では、交通計画分野においてもより詳細で大量のデータを収集し、分析し、将来を予測し、対応を考えるというステップの「省力化」の手段としてコンピューターあるいは自律的な判断を内包するシステムとしてのAIがあると考えられることでもあるであろう。

## （2）AIの類型と交通計画課題

AIはすでに各種ニーズに応じて様々に展開されているが、人工知能学会が作成したAIマップβ2.0によれば、大きくは「予測・制御系」、「認識・推定系」、「生成・対話系」、「分析・要約系」、「設計・デザイン系」、「協働・信頼形成系」に区分されそれぞれの課題に応じて様々なAI技術が展開される、と説明されている。例えば「予測・制御系」というのは「短期中期の将来状態を予測」あるいは「予測に基づいて機器などを制御」といった課題に対応するAIを指し、「認識・推定系」とは「画像や音などを認識」し「現在・過去の状態を推定」とい

った課題に対応するAIである。AIマップβ2.0ではこうした類型と実際の様々な課題を結びつけることによって適切なAI技術を見出すことができる」と示唆している。

これまで述べてきた従来型の交通量推計（これまでIBSが得意としてきた分野）の延長線上にある課題、例えばリアルタイムに混雑状況进行分析してすぐに移動体に指示を出すようなナビの業務はAIに向いている業務であるが、これはこの分類に従えば「予測・制御系」となる。

一方、きわめて頻度が低い現象ではあるが特異点として大きな問題を引き起こす交通事故を取り扱う分析業務（例えば、ヒヤリハットの出現状況分析など）はその性格から大量のデータを取り扱う必要があるため、「AIによる省力化」が強く求められる業務といえるかもしれない。交通事故はあつてはならない現象で、実態としても出現率はかなり低くなってきているが、ただ特異点とはいえ一度出現すると人命にかかわる大きな問題を引き起こすことになる。従って多くの特異点の共通項を見出して解決策を探ることが重要な手順となり、このプロセスの省力化・迅速化は「認識・推定系」や「分析・要約系」のAIに助けを求めることになるのかもしれない。

また、今はまだその多くの手順がアナログで行われている駅前広場の計画設計や複雑な交差点の設計といった空間設計課題に対しては「設計・デザイン系」のAIが活躍する機会が増えてきそうである。

一方で主体の意思と大きく関係するモビリティマネジメントのような業務はAIに任せるというよりは人間が介在した上で利用するというプロセスがより有効かもしれない。人々の心、感情が介在する意思決定は「冷たいコンピューターが仮想現実の映像とともに訴える」だけでどれだけの満足感が得られるだろうか。初期段階ではついついほだされるが、最後まで顔を見せてくれない、肩を抱いてくれない状況よりは「温かい人間の涙や肌触り」の方が効果が高そうな気がする。「そうあってほしい」と思うのはやや「感情的」になりすぎているだろうか。

最後に今一度Chat GPTを活用してまずは「交通計画を説明するイメージ図」を作っても



らった（図－１）。確かにいろいろなテーマを描こうとしているように感じられる。それでは「AIを活用した交通計画のイメージ図」とを注文すると図－２が出てきた。

交通計画の伝統的な課題である「将来予測」と近年急速に発展している「ビッグデータ活

用」・「自動運転」・「MaaS」・「デジタルツイン」などとの親和性が高いと判断したようで、「交通状態予測とリアルタイム交通マネジメント」をイメージした図が出てきた。

やはり天気予報か…生成AIは質問者（IBS）に寄り添った答えを出してくれる。



図－１ 交通計画を説明するイメージ図（ChatGPT 作成）



図－２ AIを活用した交通計画のイメージ図（Chat GPT 作成）

### 【注】

- 1) IBSは東京事務所の他に仙台にも事務所を構えている。こちらもすでに設置してから40年を超えており、仙台を中心とした東北地域の業務に取り組んでいるところである。
- 2) 例えば、ヒヤリハットの検知や時系列データを活用した渋滞予測モデルなどにAIを組み込むことに取り組んでいる。詳細は以下の論文をご参照いただきたい。  
宮内弘太・絹田裕一・矢部努・井村祥太朗・江田裕貴・溝口哲平・斎藤史恵・菅原智子・阿波夏美  
「交通計画へのAIモデルの活用～ヒヤリハット検知や渋滞予測への適用を例に～」IBS Annual Report（研究活動報告）2025、p 17-24
- 3) 全国の都市計画道路の改良済み率は67.2%（2023年度末）、東京都でも65.7%（2024年度末）にすぎない。
- 4) 一つの不整形なカステラを兄弟が平等に分ける方法は何か？一つの答えは「親が概ね半分に切って、それぞれを兄と弟が慎重に半分に切り、お互いに相手が切り分けたものの中から大きいと思うものを先に取っていく」ことではないか。客観性は定かではないが「プロセスへの参加」によって「納得の合意」が導かれる。詳細は、拙著「中心市街地活性化 協働・共遊に向かって」区画整理2002年12月号 p 19-25。
- 5) 気象庁HPに掲載されている「気象業務の歴史」  
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/intro/gyomu/index2.html> （2026.06.07検索）

### 【参考文献】

- 1) 伊藤晶毅「生成AIは交通計画に使えるか：交通系データベースと連携したデータ分析の可能性を探る」第72回土木計画学研究発表会企画セッション「IT・AIの活用と総合交通政策」、2025.11
- 2) 人工知能学会「AIマップβ2.0」AIマップタスクフォース、  
<https://www.ai-gakkai.or.jp/aimap/latest-ja>

## 5. 国土計画における AI 活用の可能性

西澤 明（地域・交通データ研究所代表、元(一財)日本開発構想研究所 研究主幹）<sup>1</sup>

### 1. はじめに

はじめにお断りしておくが、私はAIの専門家ではなく、国土計画のほうも現場を離れて10年以上になる。しばしばChatpGPTを利用している程度であり、国土計画とAIの関係を体系的に述べることはできないので、最近の雑感にとどまることをご了承いただきたい。

### 2. 国土計画にAIを活用する場面

#### (1) 総合計画としての国土計画とAI

私は、AIとは、膨大な量の情報を取得し、超高速で処理をして知識を蓄積し、それをもとにこちらの問いかけに対して答えてくれるものと理解している。あるいは、こちらの問いかけに対して、ネット上で情報を収集（つまり検索）して、その結果をもとに適切と思われる回答を作成してくれるものもある。

私がChatGPTを利用するときは、後者の使い方、例えば「e-Taxで法人税の申告をするとき、作成する必要がある帳票は何か」と聞けば、税理士法人のウェブサイトを見つけてきて、「申告書である別表何、別表何、・・・を作成する。」と教えてくれる。

このような使い方は、質問（知りたいこと）の対象が明確かつ限定的であり、回答も明確に特定できる場合である。しかし、国土計画はこれとは対極にある。対象の地域は国土のすべてであり、人々のくらし、産業・経済、インフラ、防災など多岐にわたる。さらに、計画の期間は長く、成果が発現するにも時間を要する。特定の分野に限っても計画（施策）と成果を明確に対応づけることが難しい。全総計画や国土形成計画の全体像の作成をAIに委ねることは無理であると思われる。

また、AIは創造的な作品や新しい計画の概念を生み出すことはまだ苦手である。AIが「日本

列島改造論」のようなコンセプトを作り出すのは現実的ではないだろう。

#### (2) 部分の計画

総合的な計画をAIが立案するのは難しいとして、計画の一部分、すなわち特定の分野の計画をAIに考えてもらうのはどうだろうか。AIはいろいろな事例を集めて、適切にアドバイスすることが得意のようなので、部分の計画なら可能かもしれない。例えば地域振興の成功事例なら沢山、情報がありそうである。しかし、成功事例の裏にはその地域の特性や時代背景があるから、その成功がどの地域なら再現可能なのか、現在や将来においても実現できるものなのかは分からない。一方、失敗事例もあるはずで、本来なら成功事例と失敗事例の両方を分析して、成功要因を知る必要があるが、そもそも失敗事例の情報は少ない（国土審議会の資料でも失敗事例はでてこない）ので、AIに計画内容の適否を考えてもらい、提案してもらうのは難しいだろう。

#### (3) 対話型AIの回答のバイアス

もし、国土計画の内容について対話型AIと会話して意見を聞いたら、会話の内容を通してAIが学習し、こちら側の意見や情報に迎合するような回答をしてくるおそれがある。

例えば、ある施策には大きな弊害がある（実際にはそのような事実はなく誤解であったとしても）とAIに言い続けると、AIはそれを事実であると認識し、こちら側の問いかけに対してその政策には弊害があると回答してくることがある。AIの回答を鵜呑みにすることは危険である。

私の現在の仕事のメインは、GTFSという公共交通に関する標準フォーマットのデータの

<sup>1</sup> 筆者は、元国土交通省国土政策局国土情報課長、元東京大学大学院情報理工学系研究科附属ソーシャル ICT 研究センター特任研究員

普及や作成である。GTFSデータはGoogleマップで経路検索ができるようにするために必要なデータあり、国内ではコミュニティバスを運営する自治体やバス事業者がGTFSデータを作成・公開をしている。私はこれまでChatGPTにGTFSデータの国際仕様や作り方、データの利用方法について多くの質問をしてきた。その条件の下で、今回、ChatGPTに「国土計画におけるChatGPTを活用する方法を教えて」と聞くと、回答の中に「GTFSデータ解析」が含まれていた。GTFSデータを重視していただくのはありがたいが、質問者がGTFSに関心があることを知っていて、回答に含めたのではないかと思う。

#### (4) AIのブラックボックス性

AIは多くの情報を基に答えてくれるが、出典をすべて明らかにしてくれるわけではない。国土計画に限らず政策には根拠が必要であり、行政は根拠を説明する責任がある。「AIが言っているから」では説明にならないので、AIの意見を参考にした場合でも、根拠は自分で整理しておく必要がある。国会や議会の答弁をAIに書いてもらうことはよいが、必ず人が内容を確認する必要がある。

#### (5) 道具としてのAI

国土計画の分野で、現在、AIが活躍できそうなのは道具として使用することである。

AIはネット上の情報を検索して集めてくるのは得意なので、情報収集には使える。ただし、集められた情報が網羅的とは限らないし、偏りがある可能性もあるので、必要に応じて他の情報源と併せて利用することが必要である。

また、検索語の選び方で結果が変わってくるので、検索語に工夫が必要である。複数の検索語や検索語の組み合わせを試してみる必要がある。

プレゼン作成ツールとしてAIをありがたく使うのは時間の節約になる。適切なデータを与えると見栄えがよいプレゼン資料を作ってくれる。ただし、データの解釈やプレゼン内容が正しいかどうかをきちんとチェックする必要がある。

また、何かのデータを分析したいときに、データを与えて分析の目的を伝えると適切な分

析方法を教えてくれる。実際にデータ分析もやってくれる。これも分析方法の適用が適切かは専門書等で確認する必要があるが、分析方法を提案してくれるだけでも有益である。

自分でプログラムを作ってデータ分析やデータ処理をしたいときでは、「〇〇（プログラム言語名）で××するにはどうしたらよいか」と聞くと、サンプルコードを示してくれる。これは、プログラミング初心者としては非常に助かっている。

### 3. AIの回答の誤りと出典の制限

実は、ChatGPTの回答には誤りも多い。

5月29日に令和7年国勢調査の人口速報集計が公開された（e-StatのサイトでエクセルファイルとCSVで公開されている）ので、ChatGPTに「令和7年国勢調査の人口速報集計による葛飾区の人口は何人か」ときくと、回答は「467,845人」で情報源として東京都のHPに掲載されている統計表を示した（e-Statは情報源としては表示されなかった）。しかし、この数は間違いなので「東京都のHPの統計表では人口は467,614人である」と指摘すると、ChatGPTは「ご指摘ありがとうございます。私の前回の回答は誤りでした。」と回答してきた。その後のやりとりによると、一次データに当たらずに別の集計値を参照したか、誤って読み取ったことが原因らしいとのことである。間違いデータが何を参照した結果なのかは（事後では）分からないとのことであった。

また、ChatGPTで探してくれるのはhtmlやPDF等のコンテンツに限られているようである。CSVデータは一部のデータに限られているようである。私の地域・交通データ研究所では、全国鉄道運行本数データを公開している。これは、全国の鉄道路線の平日の運行本数（特急料金やライナー料金など運賃以外の料金が必要な列車を除く）を区間ごと、駅ごとに集計したもので、路線の形状データや駅の座標を含むgeojsonファイルと路線の形状データを含まない（駅の座標は含む）CSVファイルで公開している。

試しに、ChatGPTに「名鉄の太田川駅の平日の運行本数は何本か」と聞くと、回答してくれるがその出典は経路検索サービスを行ってい

| 路線 | 平日                   |
|----|----------------------|
| 05 | 29 41 52 56          |
| 06 | 03 30 33 49 54       |
| 07 | 09 19 22 28 42 49 58 |
| 08 | 08 18 21 41 51 54    |
| 09 | 11 20 22 37 47 52    |

駅探サイトの太田川駅時刻表（平日、常滑方面）

<https://ekitan.com/timetable/railway/line-station/435-10/d2?dw=0>

る駅探のサイトに掲載されている太田川駅の時刻表であり、それを集計した数とのことである（表形式の時刻表から運行本数を数えるには、時刻表の形式を理解する必要があるが、それをChatGPTが理解しているのには敬服する。）。

全国鉄道運行本数データを知っているかときくと、知っているとの回答であるが、本当に知っていたのか、慌てて検索してみたら出てきたのかは分からない。そこで、その CSV データから太田川駅の運行本数を教えてと聞くと、CSV ファイルをアップロードしてくれと言う。「このチャットでは外部サイト上の CSV ファイルを直接ダウンロードして解析する機能が利用できないため」というのが理由で、東京都の国勢調査の CSV ファイルは直接参照できたが、運行本数データの CSV ファイルは直接参照できないようである。この仕様では、一次データにアクセスしてデータを調べることが難しそうで、データの又引きとなると数値が間違っていたり、解釈が間違ってしまうおそれがある。

前項でプログラムのコードを教えてくれるので便利と書いたが、実はこれも、間違うことがしばしばある。

教えてくれたコードでプログラムを作成しても動かないことがあり、ChatGPTに「エラーがでる」と聞くと、国勢調査データのときと同様に「前回の回答は間違っていました。正しいコードはこれです。」という回答がくる。それ

を何回か繰り返して、やっとプログラムが動くことが多々ある。

この原因を考えると、可能性があるのは、すぐに回答しようとして十分に調べないで回答してしまうのではないかということである。これは、「待たせたくない」との理由なのか、AIのリソースを節約したいとの理由なのかは分からない。

また、聞き方がよくない場合もあって、条件をきちんと記して質問したほうがよい。ただ、条件が多すぎると、ChatGPTのほうに偏った解釈をして、変な回答になることがある。これは諮問者側が自然言語で正確に条件を記述するのが難しいことも利用だと思われる。

#### 4. 人間の感覚との差

AIが人々の間で話題になるきっかけの一つが、囲碁や将棋のAIがプロ棋士に勝てるかが話題になったことであろう。ChatGPTに将棋AIの歴史を聞くと、2010年頃にはアマチュアトップクラスを超え、2013年の将棋電王戦（プロ棋士とAIの対局）では団体戦でコンピュータ側が勝ち越し、2015年には当時最強の将棋ソフトと言われていたPonanzaがプロ棋士に圧勝した。その後、ニューラルネットワーク評価関数と自己対局学習により将棋AIの棋力は人間を大幅に上回るようになっている。現在では、プロ棋士も研究にAIを多用している。

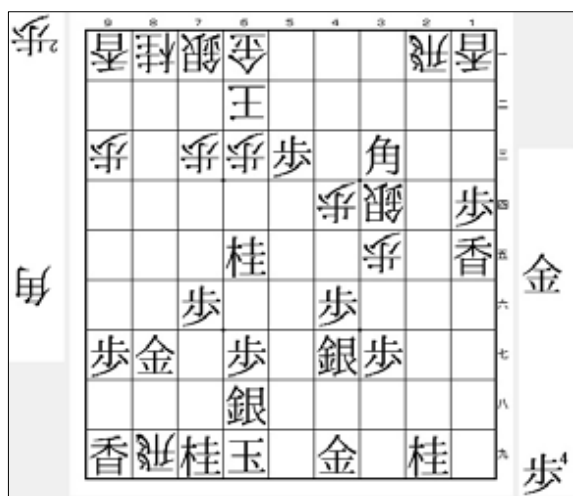
見る将（自分で将棋を指すのではなく、もっぱらプロの対局を見ることを趣味とする人のこと）である私として、将棋AIとの接点は、プロの対局の形勢判断と候補手である。NHK杯のテレビ対局では画面に先手・後手のどちらが優勢かが点数で示され、次の候補手が表示される。しかし、解説のプロ棋士は「AIはこの手を候補に出していますが人間はこうは指さないですね。」とか、優勢を示す点数についても「実際にはこんなには差はついていません。」ということがある。AIと人間の感覚には差があり、人間が選ぶ差し手としてどちらを選ぶべきかは議論があるところであろう。

藤井聡太名人に糸谷哲郎九段が挑戦した第84期名人戦七番勝負は、藤井名人が4勝0敗で名人位を防衛した。毎日新聞ではその観戦記が連載されているのだが、第2局の最終譜<sup>注1)</sup> から



引用したい。

図は最終盤で、先手が藤井名人、後手が糸谷九段で、既に先手が勝勢である。



第84期将棋名人戦第2局82手目の局面

先手：藤井名人、後手：糸谷九段（挑戦者）

（後手が2一飛と逃げたところ。局面の図はShogiGUIで作成）

少し長くなるが、椎名誠一氏の観戦記を引用する。

「3三に角を打たれて5一から飛車を2一に回ったのが図の局面。終局が近付いているのは疑うべくもなく、何も考えずに指せば2二歩だ。後手の飛車の侵入を許さなければ先手玉は何の危険もなく名人が勝つだろう。この局面で名人はじっくり9分考えて4四角成と指し、対戦相手の糸谷は『うん』とうなずいた。糸谷のうなずきは(様になる投了図を作ってくれてありがたい)という名人に対する感謝とリスペクトが入っているように思えた。」

つまり、2二歩と押さえられると完封負けの形になるが、先手が4四角成から後手玉を攻める手段をとったので、その間に後手も飛車が成って、金を取り王手をかけることができ、後手もあと一歩までに肉薄したという形になった。観戦記をもう少し引用する。

「図から終局までの手数はお互に局者の『勝ち方と負け方の美学』が一致し、体操選手が難易度の高い技を何気なく決めながらピタリと着地したような爽快感があった。」

おそらく将棋AIではこのような思考で差し手を判断することはできないだろう。実は、私

も水匠という将棋AIで図の局面での最善手を検討してみたのだが、第1候補は藤井名人が指した4四角成で、2二歩は第3候補だった。結果的に藤井名人と水匠は同じ手を選んだが、その思考は異なると思われる。

国土計画は人々のくらしに直結するものであり、その内容には人々の理解と共感が必要である。国土計画に限らないが、AIと人間の感覚の違いは気に留めておく必要があるだろう。

## 5. 一次データの重要性

3. で人口データや鉄道の運行本数データについて述べたが、AIが有用であるにしても一次データが非常に重要であることは変わらない。現状ではAIが人口や運行本数の一次データを作成してくれることはない。統計局や自治体が国勢調査を実施したり、駅探が時刻表情報を集めてサイトに掲載したり、当方が時刻表の運行本数を数えて（これは主に冊子の時刻表で数えている）、CSVやgeojsonファイルを作成しなければAIもデータを取得できないのである。

国土計画においても必要な一次データがなければAIを活用できない。

国勢調査などの統計データについては、かねてよりe-Statが充実しており、便利にデータを利用できるようになっている。

また、地理情報については、国土地理院のデータや国土数値情報のデータが無償で公開されているが、更新頻度や粒度の点で改善を希望するところもある。国土数値情報の土地利用データは100mメッシュであり土地利用の区分数も少ない。また、商業施設等の情報は公的には整備されていない。これらの新鮮で詳細な情報は民間事業者が提供しているが有償（自治体等で使用するには手ごろな価格ではない）であるため、国や自治体がこのようなデータを容易に利用できるような制度があるとよい。

一方、公共交通分野は事業者の多くが民間企業であり、詳細なデータが公開されていないものがある。鉄道の運行本数についてはどの事業者も時刻表を公開しているので業で集計できるが、輸送量データ（輸送密度ともいう。できれば各駅間の一日の輸送人数がほしい。）は、国土省の鉄道統計年報で公開されているが、年度が終わってから公開まで2年近くかかるし、



区間が大雑把である。一部の民鉄では駅間の輸送量データを公開しているが、全事業者で公開してほしい。

バスについては、毎年度の輸送実績報告書で路線ごとの輸送人数が運輸局に報告されているが、営業上の秘密でもあり公開されていない。しかし、地域公共交通の維持の施策のためには、データに基づく施策の立案が必要であることから、最近、地域公共交通の活性化及び再生に関する法律が改正されて、一定の条件下では交通事業者は地方公共団体からの情報提供要請に応じなければならないこととなった。さらに、現在、国交省が実施しているCOMmmmmONSプロジェクトではICカードによる乗降実績データの標準化がなされており、このようなデータが公開され容易に利用できるようになることが期待される。

#### 【脚注】

注1) 令和8年5月29日付、毎日新聞

## 6. AIの数理と数学教育

### —AIの時代をよりよく生きるために—

藤原毅夫（東京大学名誉教授）<sup>注1)</sup>

#### 1. はじめに：AIをめぐる誤解

現在では、多くの人は何らかの形でAI（Artificial Intelligence、人工知能）を利用した経験があるだろう。あるいは、気付かないうちに利用しているかもしれない。例えば、筆者はこの原稿をWordで書いているが、その途中で文章や漢字のチェックが入っている。オンライン会議システムZoomは、多言語の要約機能を持っている。これらはすべてAIの機能である。

AIの能力が格段に上がったと評判になり、OpenAIのChatGPTが無料で利用できるようになったとき、筆者も試みに使ってみた。「統計手法『箱ひげ図』を開発したのは誰か？」と尋ねたところ、答えは見事に外れた。学習データに当該文献（あるいは信頼できる情報）が含まれていなかったためである。Wikipediaには、開発者名として誤った名前（しかも著名な数理科学者の名）が掲載されていた。<sup>注2)</sup>

その後1年ほど経ったとき、たまたま筆者自身の統計の本文<sup>文献1)</sup>の中の一節を入力し、「源氏物語風に書き換えて下さい」と頼んでみた。すると予想以上に出来栄が良かったため、枕草子風、奥の細道風、徒然草風など、いくつかの文体でも試してみた。いずれも、筆者が高校時代に学んだ古典文の特徴をうまく織り込みながら書き換えてくれた。つい調子に乗って、俳句を、文章の趣旨を生かしながら四季の趣を織り込んで作るよう指示したり、さらに漢文や漢詩にまで変換させて遊んだ。

俳句までは筆者にもそれなりに鑑賞でき、結果を判断できる。しかし、漢詩は本当に漢詩になっているのだろうか、単に漢字が一行に5つ並んでいるだけで良しとしたのではなかろうかという疑問を持った。

#### (1) AIは「考えている」のか？

私たちは、自身が分かっていることの正否は判断できるが、分からないことの正否は判断できない。これは当たり前だが極めて重要なことである。知らないことに関しては、相手の肩書

（権威）や結果のもっともらしさを、正否と置き換えていることが多い。

AIの利用に関しても、我々は結論をAIに委ねがちである。そのAIを作っている人や企業が信用できるから、結果がもっともらしいから、等々の理由によるのであり、内容が正しいかどうかを十分には検討しないことが多い。我々が正しいと受け入れているのにはそれなりの理由、あえて言えば次のような誤解があるからではないだろうか。

誤解①：AIは “理解している”

誤解②：AIの出力は “正しい”

誤解③：AIは “自分で学ぶ”

#### (2) なぜこの問題を取り上げたのか

AIは政策や行政による重要な判断に関与するようになった。その結果、広い利用者が注意をする必要が出てきた。安易な判断は、責任の所在を不明確にし、公平性を担保できないからである。AIを使うためには、それが何をやっているのか、どのように問題を扱っているのか、問題によって得手不得手はあるのか、等を知っていることが重要である。

本稿では、AIの基本はいくつかの数学であるということを説明し、利用者には判断する力が必要であるという当たり前なことを基に、数学教育について考える。第2節では、AIの基本技術は数学が支え、AIの本体であるコンピュータの電子技術の進歩が欠かせないことを説明する。第3節では、AI時代の数学（数理）教育はこれまでと同じでいいのかを考える。第4節はまとめである。

## 2. AIを支える4つの数学と工学

### (1) 線形代数（表現の数学）

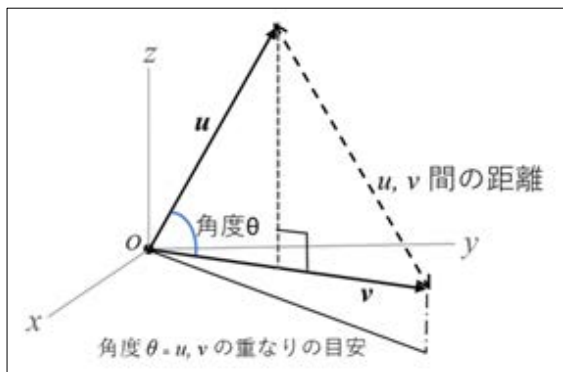
文書、統計データ、あるいは画像など、これらすべてを「情報」という。AIに情報が入力されると、それをデータとして取り扱うために、まず数値化される。

文書を考えてみよう。文書の文字は初めから

「コード化（数値化）」されている。この文字の並びを「語の集まり（分かち書き）」として認識していく。分かち書きにはいくつかの可能性があるので、最も自然な区切り（配列）を決定する。たとえば「ここではきものをぬいでください。」という文は、「ここで/はきもの（履物）を/ぬいで/ください/。」とするか、「ここでは/きもの(着物)を/ぬいで/ください/。」かを、前後の文脈から確率的に選び取る。

この作業では、「語」あるいは「文」は数値化されているわけである。抽象的あるいは一般的な名称を数値化し、いくつかの数値の組として表す。丁度、地図上の点の位置を、2つの数字「経度と緯度」で表すのと同じである。この2つの数字の組をベクトルという。「語」とか「文」の場合には、それらを評価する何千何万という数値が必要であるから、ベクトルの要素は何千何万となる。すなわち何千何万次元のベクトルで表される。

図1 2つのベクトル $u, v$ の間の距離と重なり



ベクトルで表された特徴量を、「距離」と「重なり」で評価する。以下に簡単な計算例を示す（読み飛ばしてもよい）。

数値化の例を猫と子犬で見よう。それらの特徴を、例えば「生き物」軸（生物なら1、無生物なら0）、「大きさ」軸（巨大なら1、見えないほど小さければ0）、「可愛さ」軸（可愛ければ1、怖ければ0）、「懐き易さ」軸（すぐ懐くなら1、懐かなければ0）の上での値を用いて表す。この順番で猫と子犬を評価すれば、次のようになったとしよう。

[猫を表すベクトル] = (1, 0.2, 0.9, 0.1),

[子犬を表すベクトル] = (1, 0.2, 0.9, 0.9).

ここでは、4番目の座標で初めて両者は区別されている。これはそれぞれを表す座標の場所の違いである。原点からの距離は

$$[\text{猫}] \text{の距離} = \sqrt{1^2 + 0.2^2 + 0.9^2 + 0.1^2} = 1.36,$$

$$[\text{子犬}] \text{の距離} = \sqrt{1^2 + 0.2^2 + 0.9^2 + 0.9^2} = 1.63$$

となる。さらに

[猫]と[子犬]の間の距離（違い）

$$= \sqrt{(1-1)^2 + (0.2-0.2)^2 + (0.9-0.9)^2 + (0.1-0.9)^2} = 0.8$$

となる。2点間の距離は「2つの概念の違い」の大きさを示す。それでは両者はどのくらい似ているだろうか。2つのベクトルの重なり具合は

$$\text{猫} \cdot \text{子犬} = (1 \times 1 + 0.2 \times 0.2 + 0.9 \times 0.9 + 0.1 \times 0.9) /$$

$$(1.36 \times 1.63) = 0.88$$

と定義する。これは一般次元のベクトルの長さと重なり（内積）の定義によっている。「重なりはどのくらい似ているかという目安」であり、1に近いほど似ているといえる。ここでは4次元空間の中の点を扱ったが、実際には意味空間の次元は何千何万次元である。

このようにして、対象の違いや類似性が数値として比較できるようになる。ここで例示したのは、言葉の取り扱いである。統計データであれば、1つのデータはいくつかの特徴量で表現されているから、それはベクトルであり、まったく同じように処理される。

画像は2次元空間での点の集まりである。画像の色を3つ（RGB）に分解した上で、分解した画像の画素を、0, 1の2値あるいはもっと細かい多値で表現することでデータが数値化される。そこに現れた図形の形や大きさを評価することにより、それらが何の画像であるかという判定がなされる。<sup>注3)</sup>

ベクトル空間という概念を用いて、3つの違った種類のデータ（文書、統計データ、画像）を、同じように取り扱うことができることを示した。このような大次元のベクトルの性質を扱う数学が線形代数である。従って、巨大なデータで表された統計を取り扱う場合にも、線形代数が必須であることが分かる。以上のような共通した取り扱いを可能にした線形代数を「表現の数学」と意味付けたのは、以上の理由による。

“AIが理解しているように見える”のは、それがこのような計算にのっとっているのであって、“私たちの理解”とは異質なものである。

## (2) 確率・統計(偶然を記述するための数学)

データをベクトルとして表現できたら、それを判断に結びつけなくてはならない。

統計を利用する立場では、観測事実からその原因となる事象が起こっている確率を推論する。

「たまたま(偶然に)」起きていることを、「確率」という言葉で記述する。しかし、確率というのは極めて不確実な土台に過ぎない。

従来の統計学(古典統計学)では事象の確率は既知で確定しているものと考えていたが、実際にはその確率自体が観測によって知られるものである。例を挙げてみよう。(ここは読み飛ばしてもよい。)

ある病気の罹患率は1万人に2人、すなわち何も検査情報がない段階で、この人が罹患している確率は0.02%である。検査で陽性と出たときに「本当に罹患している確率」はこれとは異なる。今病気の検査では罹患者に関して、90%の精度で実際に罹患しているかを判定できる。ただしこの検査では非罹患者に対して1.5%の確率で罹患者であるという判定がでる(擬陽性)。

この患者の最初の検査結果が、陽性と出たとする。この患者が陽性である確率は0.0002である。これを用いて本当に罹患しているかどうかを計算すると、本当に罹患している確率は0.0119(罹患率1.19%)、約1%であることが計算から分かる。すなわち、陽性と出たとしても、かなりの確率で本当の病気ではないことが分かる。検査の精度が90%と比較的高くても、検査結果の正確性はかなり低い値でしかない。ここでは**ベイズ推定**という統計的推定法を用いた。

検査で陽性と出ても実際に罹患している可能性は1.19%と低い。そこで、この患者に対して治療を開始する前に、もう一度同じ検査をする必要があると、担当医師は判断した。2回目の検査では、感染の確率を0.0119であるとしてベイズ推計を行うと、感染している確率は0.418、すなわち罹患率41.8%という結果が得られる。従って2回目の検査でも陽性という結果が得られた場合には、実際に罹患している確率は0.418、すなわち約42%まで上昇する。この

ように、情報を追加することで判断の確からしさが大きく向上されるのである。新しい情報によって確率を更新する方法を**ベイズ更新**という。

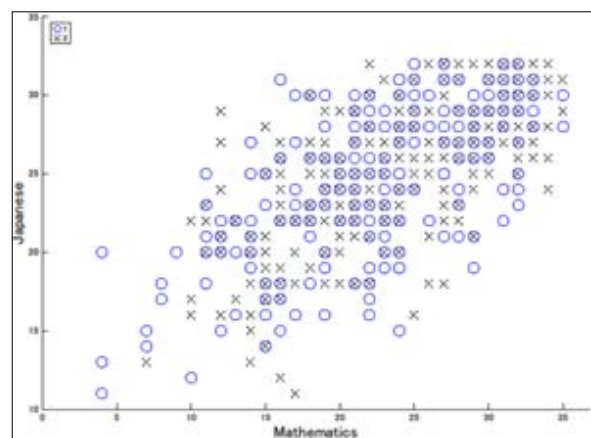
統計学のベイズ推定、ベイズ更新という手法を使ってサンプルの確度(ここでは罹患率)を上げていくことができる。文献2)

統計データは、(1)で述べたような数値データ(ベクトル)が常に一定値に収束するわけではない。例えば(1)の例の子犬に対するデータが必ず(1, 0.2, 0.9, 0.9)となるわけではない。ある子犬は、子犬のくせに大きかったり、あるいは丸まって寝てばかりで可愛くないということはいくらでもある。犬種によってはなかなか懐かない。だから、いろいろな子犬によって、個々のサンプルを示す点(値)は、どこかの範囲に分布している。分布がいくつかのグループに分かれていることもあるだろう。例えば小型犬種の場合と大型犬種の場合の様に。

ベイズ推定はデータ1点の確度を上げるために用いるばかりではない。データ点がある分布に従っていると仮定して、その分布を特徴づけるパラメータを推定することにも使われる。その分布あるいは確率が分からないから、最初、分布やそのパラメータ値を仮定し、与えられた情報からそのパラメータ値を推定し、更新するという使い方ができる。

実際のデータの例を図2に示そう。

図2 実データの分布の例



データはばらつきを持ち、個々の値ではなく確率的な分布として理解される。(文科省作成の中学生績モデルデータから作成。横軸は数学、縦軸は国語の成績。)

丸印 (○) は男子生徒、バツ印 (×) は女子生徒。

統計データを使用する場合、最初に与えられた情報がそのままの形で理解し易いとは限らない。再び子犬のデータについていえば、「大きさ」と「可愛さ」はそれぞれ独立な要因と考えるよりも、例えば(大きさ)×0.3+(可愛さ)×0.7を要因とした方が、データを整理するときに見易くなる。このような新たな変数を**潜在変数**という。適切な潜在変数を見つけることができれば、変数の数を4から3に減らすことができる。これは統計解析における「**回帰分析**」「**主成分分析**」等の手法であり、線形代数が効果的に用いられる。図2の成績データでみると、回帰分析の結果、男女に差はみられないことも定量的に分かる。

文章をAIに直してもらおうと個性が薄れたと感ずることがある。AIが学習データにもとづいて、最大多数が書く標準的表現—すなわち統計的に最も有りそうな(平均的=普通の人を書く)表現—を選び取るからである。

“AI は正しい結果を与える”と見えるのは、上の説明のように、「最も確からしい結果」を選ぶ仕組みが用いられているからである。すな

わち「AIの正しさ=多数が正しいと思う解の選択」である。

統計学という数学は、データに基づき、中にある不確かさを「確率」という数字を使って定量化し、その出来事(事象)のより**確かな分布**を推定することを可能にする。

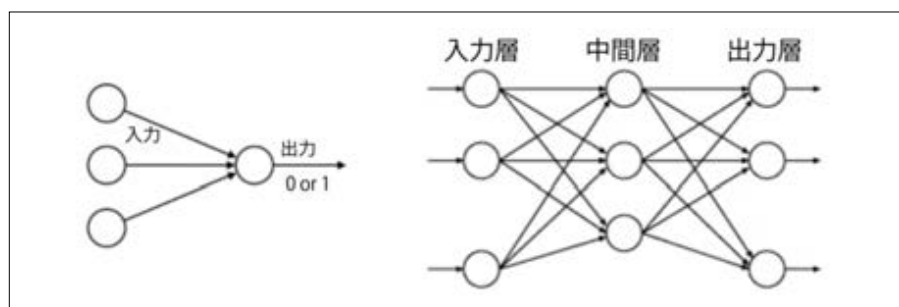
### (3) 最適化 (学習のための数学)

次に、この判断の精度をどのように高めるかを考える。

「AIが学習する」というと、人間のように理解を深めていく過程を想像しがちである。とりわけ「機械学習 (Machine Learning)」とか「深層学習 (Deep Learning)」という言葉は、そのような印象を強める。しかし、実際には、AIの学習とは、予測と正解(もっともらしい解)のずれ(誤差)を小さくするように内部の調整値(パラメータ)を修正していく過程である。

AIの学習過程を見てみよう。(ここは読み飛ばしてもよい。)

図3 脳のニューロンを模した人工パーセプトロン(左)とニューラルネットワーク(右)



入力の重み付き和に基づいて判定が行われ、これを組み合わせることでニューラルネットワークとして構造を持つモデルが構成される。

ニューラルネットワークなどのモデルは多段構造を持つ。各データに対して予測を行い、その誤差を評価し、誤差が小さくなるように調整を繰り返す。この操作を多数のデータに対して実行することで、モデルは全体として誤差が小さくなる方向に安定していく。ニューラルネットワークの構造はデータをどのように表現するかという側面も持っている。近年広く用い

られているTransformerと呼ばれるモデルもその一つであり、自然言語処理の分野で画期的な性能を示した。

しかしこの過程は常に最適な結果を保証するものではない。「AIの学習」とはAIが自ら理解を深めるというのではなく、誤差(もっともらしい解との違い)を減らすよう設計された調整過程が実行されている過程であると理解す

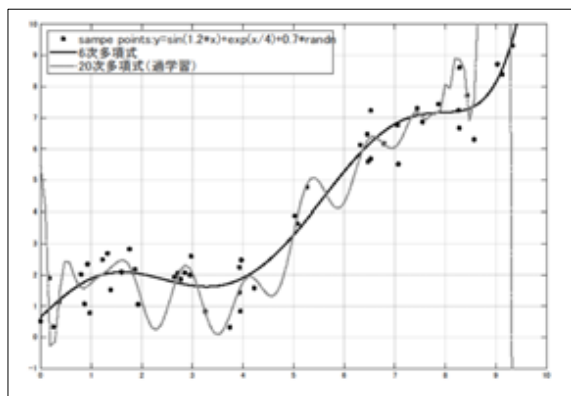


るのが適切である。

図4 過学習：標本点は

$$y = \sin \frac{x}{2} + e^{x/4} + 0.7 \times (\text{標準正規分布する乱数})$$

で作成



実線は標本点の分布を6次多項式で最適化したもの。鎖線は20次多項式による最適化で、乱数で散らばした“揺らぎ”部分を再現しようとした「過学習」の振る舞いを示している。

「学習」の過程では、誤差の調整を繰り返すうちに、結果が不安定になることがある。誤差の蓄積、学習データの偏りや量の不足、あるいはモデルの複雑さ（ニューラルネットワークの層が多すぎる）などが原因である。これを**過学習（Overfitting）**という。AIには、過学習に陥らないように解の最適化を決める過程が組み込まれている。AIの大きな発展は、様々な手法（自動微分や逆伝搬法など）により「学習」の繰り返しを安定に実行できる技術によって支えられている。それが、さらに多層な構造を持ったモデルを可能にした。一方ではモデルの複雑さは、内部の動作の解析を難しくし、AIがブラックボックス化する要因にもなっている。

“AIは自ら学習している”ように見えるのは、複雑なモデルが可能になったことの成果であるとともに、AIがブラックボックスとなってしまい、実際に何をしているのか分からなくなったためである。

#### （4）エントロピーと尤度（限界と効率のための数学）

AIは万能ではなく、データに含まれる情報の量

や不確実性、さらに計算資源の制約によってその性能が制限される。（3）までは誤差（不確実さ）を、「得られた解」と「より確からしい解」との差としてとらえ、その量を小さくすることを考え、その数学を説明してきた。これをより一般的にみると、**エントロピー（不確実さの指標）**あるいは**損失関数の最小化**、そして**尤度（ゆうど）**を指標として解を選択するという過程であった。尤度とは「どこで止めれば最ももらしい結果（最大尤度）が得られるか」を与える判定基準である。

“AIが考えている”ように見えるとき、AIの内部では**損失関数を最小化**するようにパラメータを更新し、その結果として解（出力）を生成している。

#### （5）数学の実装が受ける制約（AIを支える工学技術）

数学的理論は、計算機上で実装されて初めて機能する。しかしそこには計算資源や通信、エネルギーの工学的制約が存在する。

大規模モデルでは、データや計算量の増大のため、プロセッサ（処理装置）の微細化が試みられる。またデータを上手に個々のプロセッサに割り付けてやらないと、1つのプロセッサに割り当てられた計算が終わっても、他のプロセッサでの計算が終わらず、処理が終わったプロセッサは手持ち無沙汰に待たねばならない。このような結果、計算そのものよりも、プロセッサ間の**負荷の均等化**やデータの受け渡し（通信）がAIの性能を左右する。そのため並列計算や専用ハードウェア（GPU<sup>注4</sup>）などが用いられる。

さらに、プロセッサを繋ぐ（あるいはプロセッサ内の）導線も発熱するので、省電力化（より小さい、あるいは導線部分も短くするような構造、あるいは冷却システムの効率化や、「軽量」なAIモデルの開発）などの工学的課題解決への努力は、AIの発展に必須である。特に省電力はAI産業にとっても最重要課題である。三菱総研の2024年発表の資料によると<sup>文献3</sup>、「生成AIの「社会浸透」と「基盤モデルの大規模化」という2つの要因により、2040年の日本の総計算量は2020年比で最大十万倍以上に達する可能性がある」という。「省電力化した分だけしかAIのための電力使用増をしてはいけない」と

というような国際的な取り決めがいずれ必要になるかもしれない。

### 3. AI時代における数理教育

前節で述べたように、AIの仕組みを理解するためには、(1)数値による表現、(2)確率的な不確実性の扱い、そして(3)誤差を減らす調整過程についての理解が重要となる。これらはAIを適切に活用するうえでも重要な視点である。しかし、従来の数学教育において必ずしもこれらが明示的に意識されてきたとは言い難い。今後は、AI時代に向けて、数学に基づいた考え方(ここでは広い意味で**数理**と呼ぶ)を基礎的素養としてどのように位置づけ、教育の中で培っていくかを検討する必要がある。

従来の数学教育では、

(1) 定理の証明を中心とした体系的理解、  
(2) 手計算による計算技能の習得、  
が重視されてきた。しかし、AIの基盤となる数理の観点からは、これらの位置づけには再検討の余地がある。すなわち、これらを学習の出発点とするのではなく、その役割や順序を見直す必要がある。

具体的には、

(1) 抽象的な証明に先立ち、具体的なデータや例を通じて構造を理解すること、  
(2) 手計算による処理よりも、大規模データに対する数値計算を通じて現象を把握すること、  
を教育の中心に据える必要がある。

証明や手計算は依然として重要であるが、それらは**数理的構造の理解**を支える手段として位置づけ直されるべきである。本節では、これらの観点を踏まえ、①第2節で述べた数理との対応、②教育で留意すべき点、③到達目標の設定、という3つの視点から具体的に検討する。

さらにまた、カリキュラム編成の上で、従来の教育では学問分野を網羅的に扱うことが重視されがちであった。それに対して本稿で強調したいのは、**到達点を明確にし、要所に目標を設定した教育の重要性**である。細部の完全な理解にこだわらずに、まず全体の構造と到達点を示し、学習の流れを把握させることが、理解を

深めるうえで有効であると考え。本稿では、AIの基盤となる数理的な考え方を教育の対象として明確にし、その「**教育における配置と構造**」を整理して図5～7に示す。

#### (1) 表現のための数理(線形代数)

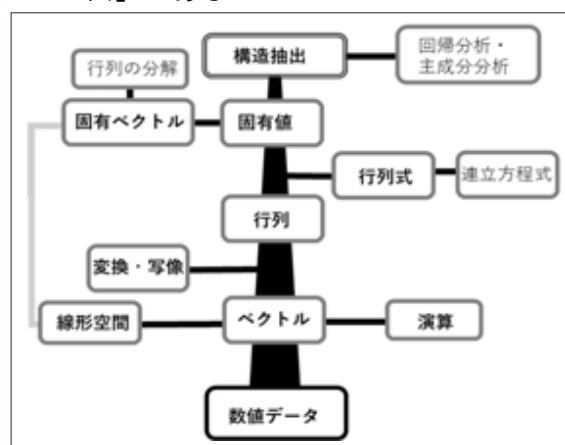
①様々な情報(画像、文章、統計データ)を大規模な数値データとして表現し解析するとき、「線形代数」が重要な役割を果たしている。

情報を多次元空間のベクトルとして扱うことにより、それらをより客観的に扱うことが可能になるとともに、相互の関係を明確に定義できる。「学生、生徒の健康、学力などの統計データ」「日本各地の気象統計」などは関心も高くかつ容易に手に入るデータであるから、大規模数値データの取り扱いを一般論としてではなく、具体的な日常の関心事として取り扱うことができる。具体的問題を扱うとき大規模行列は不可欠であるが、これまでの数学教育では、手計算可能な小さな行列あるいはガウスの掃き出し法の理解までに限られ、それ以降は抽象的なベクトル空間として議論された。

②具体例として、一つのデータと別のデータの関係を「**線形写像**」という性質で示すことができれば、具体的なデータの比較という立場に新しい視点を加えることができる。

また、具体例をもとに、多数の原因因子の相互の関係を見ることができる。与えられた

図5 線形代数における数理構造  
: 学習ターゲットはデータからの「構造抽出」である



原因因子の軸のままでデータの分布を見るよりも、少し傾けた方が（回転した方が）データ分布の性質が際立って見えてくる。このことを、実データで示してみたい。これで線形写像、1次変換が視覚的に理解できよう。

③これだけの経験をもとに、一般的な方法としての**回帰分析・主成分分析**に導くことは容易になるだろう。限られた講義時間の中では、  
[数値データ]→[ベクトル]→[変換]

→[回帰分析・主成分分析]  
という一本の流れに沿って学ぶことが全体のストーリーを作るうえで重要である。その中で、数学として線形代数を学ぶために、諸項目を配置すれば、より広い内容を効率的に扱うことができる。

こうして知識の要点となる一本の筋を明確にして、その一本の幹に重要な事項をいくつかの枝葉のように配置すれば、新しい体系的カリキュラムを構築することができるのではないだろうか。到達点を設定した上での、事項の再整理という視点で、学習過程を再構築したい。

## （２）確率事象のための数理（統計学）

世の中の（自然現象も社会現象も）多くの現象は、「偶然」という要素を避けて通ることはできない。

①「**偶然**」とは何か、偶然を客観的にとらえるために人間が考え出したのが「**確率**」という数値的表現である。

現象は（「我々の宇宙の創成」や「現在の地球上の生命に繋がる生命の誕生」を除いて）1回しか起きないということではなく、何度も繰り返される。様々な現象（実験）は、丁寧にやっても全く同じ結果を得るのは難しい。現象は確率的なばらつきを持つものとして理解することが重要となる。

コイントスで表が出るか裏が出るかはもとより、人口における男女比など多くの社会現象は確率的な性質を持っている。さらには、確率ありきで議論を構築する現代の方法論を学ぶ糸口になる。予測可能かどうかという視点が確率・統計の入り口となるだろう。何回サイコロを振れば、各目の出方が1/6に近づくのか、まずは実際にサイコロを振って実験させてみ

たい。

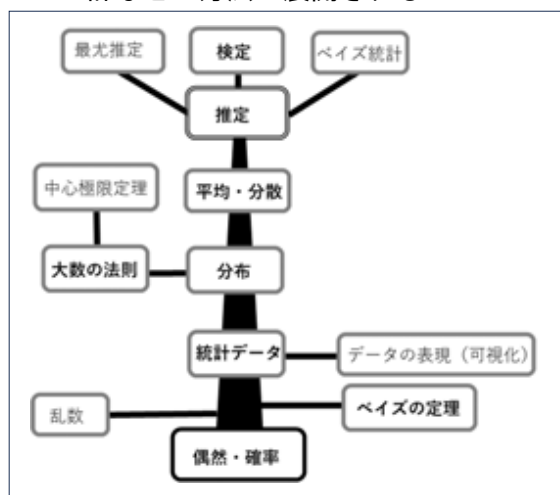
②偶然に従う数の列を作るにはどうすればよいか（**乱数と疑似乱数**）、また乱数の系列は唯一ではないということから、多くの問題で解が一つではないということ、同じことを繰り返しても、結果が違うということが分かってくるだろう。「メンデルの遺伝の法則の研究」の実験を振り返るのは、良い例題となるだろう。従来の数学教育では一つの正解を求める形式が中心であるが、現実の問題では複数の可能な結果があり、その中でどれがより妥当であるかを評価する必要がある。多くの人々が、「数学は解が一つ」と理解していると思うが、「不確定」なものを扱う数学の体系は新鮮な驚きであるかもしれない。

確率はもともと決まっているものなのか（**事前確率と事後確率**）ということから、**ベイズの定理**を学ぶことは必須であるが、「**ベイズ統計**」に本格的に踏み込むのは難しい。「**最尤推定**」をきちんと講義するのは難しいが、**エントロピー**や**情報量**という言葉はしばしば耳にするようになってきたので、その意味はしっかり学んでおくのが良い。

③重要となるのが、「もっともらしさ」をどのように評価するかという視点である。仮説のもとでデータがどの程度整合的であるかを考えるという枠組みは、統計的な「推定」や「検定」の基礎となっている。

図6 統計における数理構造

：学習ターゲットである「推定」を中心として、最尤推定、仮説検定、ベイズ統計などの方法が展開される



限られた講義時間の中では  
 [偶然・確率]→[平均]と[分散]→  
 [分布、正規分布]→もっともらしさ（尤度）  
 というような一本道にそって確率・統計を学ぶ  
 必要がある。これらに対して、**誤差とは何か**を  
 考えること、「最小二乗法」や「中心極限定理」  
 あるいは「推定・検定」などの話題が豊かな枝  
 葉となってくれるだろう。**ベイズ更新**がAIの基  
 本にあり、最適化という問題の入り口になるか  
 らである。統計学の中で、微積分と線形代数が  
 主要な技法の一つであることを度々経験する  
 だろう。

### （３）最適化という数理（最適化法）

我々が日常の問題の解を見つけようとする  
 とき、「**試行錯誤**」という方法をとることは多  
 い。この考え方は自然であり、重要なものであ  
 る。

山の上から麓を目指すとき、①最も急な斜面  
 に沿って下る（**最急降下法**、**勾配降下法**）とい  
 う方法がとられることは多い。一般の場合、山  
 の高さに対応する指標（等高線、評価関数、目  
 的関数）を考えることができれば、問題はより  
 明確になる。「徐々に解に近づく」という考え  
 方は、従来の数学教育の中での一度で正解を求  
 める問題形式とは異なるものであるから、明示  
 的に扱う必要がある。

②正解に近づくに従い、局所的に平坦な場所  
 にとどまってしまう可能性（**局所最適解**）があ  
 り、また**大域的最適解**の近くの広い範囲にわた  
 って指標の変化が小さくなるなど、様々な現象  
 が現れることがある。これらの結果、最急降下  
 法だけでは解の探索が遅く困難になる。それ  
 に対して種々の加速法が試みられている。大域  
 的最適解に到達できるという保証がある場合に  
 は、落ち着いて正解を探すことができるし、そ  
 の価値も明確になる。一方で、数値的な取扱い  
 は、誤差が蓄積されるから試行回数が多ければ  
 良いというわけでもない。**最尤推定**は、統計モ  
 デルのパラメータを決定する基準の一つであ  
 る。最適化問題の具体例としては、物理で用い  
 られる**モンテカルロ・シミュレーション**、ある  
 いは**画像修復**などは分かり易いだろう。AIの具  
 体的な仕組みに踏み込むことは数学学習とし  
 ては適切とは言えないが、近似計算の回数を重

ねても不安定にならないということが根本に  
 あるのだということは、話題として取り上げる  
 ことはできるかもしれない。

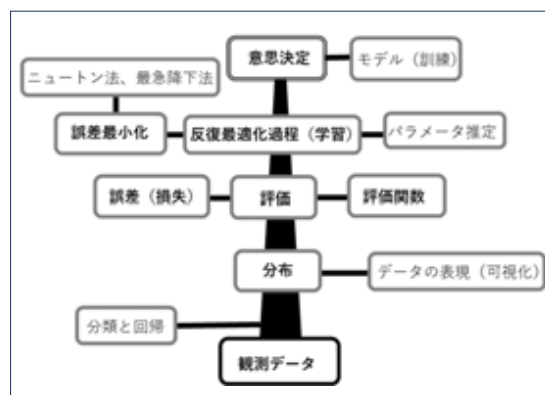
③具体的な最適解探索の方法は、個々の問題  
 によって多様である。現在の状態から少しずつ  
 改善していく勾配降下法のような方法は、この  
 考え方を具体的に示すものである。

例えば  
 ニュートン法→最適解の存在と実行可能性  
 （凸最適化問題、線形計画法、非線形最適  
 化）

といった流れの中で、代表的な加速法の考え  
 方を示すことができる。最適化法というのは、従  
 来の教育の中では、多くは取り上げられなかつ  
 た問題であろう。時間が許せば、**時系列解析**の  
 問題にも、足を踏み出すきっかけ程度には触れ  
 てみたい。

図７ 機械学習における数理構造

：学習ターゲットを「意思決定」とし、誤  
 差最小化に基づく反復最適化過程に  
 よってこれを実現する



### （４）数理的思考を支える実データと計算環境（大規模データから学ぶために）

（１）～（３）の考え方を実際に身につけ役立  
 せるためには、公的機関（政府統計や世界銀行  
 など）が提供する実データを用いた学習が重要  
 ではないだろうか。実データは、それだけで学  
 習者の新しい興味や意欲をかきたてる可能性  
 が高い。それ以上に、「信頼できるデータ」の  
 価値ということも学ぶべき問題である。  
 そのようなデータを教材として用いると、①従  
 来行われてきたような、“紙と鉛筆”で学ぶ線  
 形代数や“作られた少数のモデルデータ”での



統計学では済まされなくなるだろう。しかし初めて生きた数学を経験することができる。

②さらには“分布とは”、“ノイズとは”、“誤差とは”というように具体的な視覚的概念として目の前に現れてくる。

③実問題に対しての計算を行うということは、**数理の様々な分野の横断的な連結**を促す可能性が高い。これまで繰り返し述べてきたが、主成分分析は線形代数のなかの座標変換という問題とともに、主たるベクトル空間、**固有値の分布と特異値分解**というこれまで教育の中であまり触れられてこなかった問題への糸口を与えることができる。

AI時代の（大学）数理教育は、理工系学部のみならず人文社会系学部において「**演習**」をどうするかという大きな問題にかかわってくる。理工系学部では数学の講義には必ず演習が付随している。学生数が増えた結果、演習の担当は教員スタッフだけでは不足、大学院生をTA（Teaching Assistant）として雇用して担当してもらっている。これは単に人手不足のための対応ではなく、大学院生の教育の一環として、また経済基盤の整備・安定化として重要であると考えられている。TAの経験は教育経験として評価される。

一方、文系では、大学院学生の絶対数が少ないこととともに既存の教育のなかで数理科学的基本が培われていないことにより、絶対的な人手不足の状態にある。これまでは、人文社会系の数学教育は、あまり必要を感じていなかった人が多いこともあり、教養として学ぶかあるいは理工系の数学を単純にスケールダウン（単純化）して行うという色合いが強かった。人文社会系人材が主体的にAIを使えるようにするというのを、教育の目標に明示的に掲げる必要があるだろう（**教養から実務へ**）。

数理・情報教育のカリキュラムを体系化し全学的に展開するために、2017年に東京大学の中に**数理情報教育研究センター**が設立された。筆者たちは、経済学部の中に文科系専門学部生のための数学講義を開設して担当してきた。そこでは従来型の演習の代わりに、PCによる計算や描画を通して、『**計算＝実験的方法**』により**数学を学ぶ**』という試みを行ってき

た。計算アプリとしては**MATLAB**を用いることにした。<sup>注5)</sup>講義で使用するプログラムは全て予め教員側で用意し、学習者が自由に使い書き換えができるような形で提供した。<sup>注6)</sup>

数理教育は微分積分を前提にしなくてはならない。微分積分学と線形代数とは大学教養課程で選択科目として講義されるのが標準であったが、これらの内容や重要性も、これまでとは違っていくだろう。

#### 4. おわりに

線形代数や微積分、統計学、最適化手法といった各分野が、それぞれの体系を持った木として立ちながらも、それらを支える工学技術という共通の地平において、茂った枝を互いに伸ばし、複雑に絡み合っている。この交差点にこそAIの計算技術の本質がある。これらを具体的な例に引きながら、知識が有機的に結合した体系的な教育課程を構築することで、学生はバラバラな数式の中に一本の確かな道筋を見出すことができるはずだ。これらの内容を限られた教育時間の中で実現するためには、教育内容の選択と重点化が不可欠となる。限られた時間の中では、従来重視されてきた内容の一部を精選し、上記の内容に重点を移していくことが求められる。

AI時代を迎えて、数学（数理科学）は専門家だけのものではなくなりつつある。それは、AIを使いこなすための基礎的な「読み書き能力」として、多くの人に求められるものになったからである。

#### 【脚注】

注1) 東京大学大学院工学系研究科教授（物理工学専攻）を定年退職の後、大学総合教育研究センターおよび数理・情報教育研究センター特任教授を務め、2022年に退職。

注2) 2026年4月時点では、英文 Wikipedia では直っているが、日本語版ではまだ訂正されていない。

注3) 自動運転におけるデータ処理はこのようにして行われる。

注4) GPU（Graphics Processing Unit）は高精細なPCゲームや動画編集のために作られた専用プロセッサ。

注5) MATLAB を選んだ理由は、2019年から東京大学全学で（学部、大学院）学生、教員、研究員、職員の区別なく誰もが使える環境ができたということに加えて、数学との親和性が非常に良く、初学者にとっての障壁が低いからである。実際、講義のはじめに1.5回分くらいの時間をかけてインストールから文法の説明をして、講義と演習に使用することが可能だった。MATLAB はバージョン管理が必要ではなく、AI に関する様々なプログラムを提供している。欠点を挙げれば、有料であるため（バージョン管理が必要ないということはこういうことだ）、社会に出たとき使える環境があるかどうかは分からない。

注6) この講義では、最適問題と統計解析を学ぶことを目標に、そのための線形代数と微分積分に重点を置いた。統計学に十分踏み込むことはしなかった。どのようなテーマを選び、どのようなプログラムを準備したかに興味のある方は、以下を参考にしてほしい。

「データ科学のための微分積分・線形代数」藤原毅夫、藤堂眞治（東京大学出版会、2021）

### 【参考文献】

- 文献1) 「MATLAB を用いた統計手法」藤原毅夫、島田尚（東京大学出版会、2025）
- 文献2) トーマス・ベイズ（1701または1702—1761）はイギリスの長老派牧師で数学者。今日われわれが見るようなベイズの定理にまとめ、さらに発展させたのはピエール＝シモン・ラプラス（1749-1827）。
- 文献3) 三菱総合研究所 2024年8月28日の Web ページに述べられた提言「生成 AI の普及が与える日本の電力需要への影響」



## 7. 研究現場からみた AI 活用の実情と課題

### — AI に何を任せ、何を人間が考えるのか —

李 尚元（東京大学大学院工学系研究科 助教）

#### 1. はじめに

AI は、いまや研究の現場にも深く入り込んでいる。実際、筆者が共同研究者として関わった研究の一つに、AI の一種である敵対的生成ネットワーク（GAN）<sup>注1）</sup>を用いて、模擬的な地震動を生成する試みがある。その共同研究で、後輩が初めて GAN によって模擬地震動を作り出したとき、筆者は本物と見分けがつかないことに驚かされた。波形一つひとつの自然さだけでなく、生み出される地震動の多様性までもが、衝撃的なほどであった。ところが、生成された波形を、ゆっくりした揺れから細かく速い揺れまで、周期ごとの成分に分けて調べてみると、本物にはない偏りが見えてきた。長い周期（ゆっくりした揺れ）の成分が不自然に強く出ていたり、短い周期（速い揺れ）の側でも特定の成分が過剰に含まれていたりしたのである。波形を眺めるだけでは本物と見分けがつかないのに、その中身まで立ち入ると、工学的にそのまま利用するにはなお課題が残っていた。その後、こうした偏りを取り除くための研究が重ねられた。研究現場で AI を使っていると、こうした場面にしばしば出会う。AI は確かに強力であるが、決して万能ではない。本稿は、この素朴な実感を出発点としている。

近年、AI という言葉を目にしない日はほとんどない。生成 AI や画像生成をはじめ、さまざまな場面でその可能性が語られ、特に大規模言語モデルの登場以降、AI は専門家だけの技術ではなく、多くの人々が日常的に触れる道具になりつつある。気がつけば AI は、仕事や研究だけでなく、日々の生活の内側にまで静かに入り込みつつある。

一方で、メディアを通して AI について耳にする話の多くは、AI によって事業を進める企業、投資家、あるいは AI そのものを研究する研究者など、AI の発展や普及と強く関わる立場から語られている。もちろん、それらの議論が誤っているわけではない。実際に AI は急

速に発展し、社会や研究のあり方に大きな影響を与えつつある。しかし、その語り口には、どうしても期待や可能性が強調されやすい面がある。

筆者自身は、AI を推し進める側の人間ではない。博士課程を終えるまで、研究に生成 AI を用いることのなかった、いわば最後の世代にあたる。その一方で、大学で教える立場になってからは、生成 AI を当たり前のように使う学生を指導する、最初の世代でもある。さらに研究面では、建築・構造工学の分野で、地震時の構造物の耐震性能評価や、観測データを用いた構造モデルの更新などに、AI や機械学習を実際の研究手法として用いている。つまり筆者は、AI を使わずに学び、AI を使う世代を導き、自らも研究に AI を使うという、いくつかの立場の境目に立っている。ただし、AI そのものを開発する専門家でもなければ、その普及によって直接の利益を得る立場でもない。

こうした位置から見ると、AI は万能な存在ではない。むしろ、強力であると同時に、扱える範囲や前提条件に強く左右される、データと数式の上に成り立つモデルである。したがって本稿で述べる AI も、社会全体を一挙に変える万能技術としての AI ではなく、研究や設計の現場で、計算、推定、判断を支援する道具としての AI である。その意味で本稿は、AI の可能性を過度に強調するものでも、逆にその危うさだけを指摘するものでもない。研究現場で実際に AI を使う中で感じられる便利さ、難しさ、そして人間の専門知がなお必要とされる場面を、できるだけ冷静に見つめてみたい。

AI に向き合う多くの人にとって大切なのは、必ずしも全員が最先端に立つことではないように思う。むしろ、急速に変化する流れに遅れないようにしながらも、一度立ち止まり、何が本当に変わりつつあるのか、何を AI に任せるべきで、何を人間や専門知の側に残

すべきなのかを考える姿勢が重要ではないだろうか。そうした意味で本稿は、AI そのものを専門とする読者に向けたものというより、AI の専門家ではないけれども、それぞれの分野で AI とどう向き合うかを考えている読者を念頭に置いている。分野が違って、こうした問いは、共通しているはずだからである。本稿は、AI をいかに導入し、いかに広く普及させるかを論じるものではない。むしろ、研究現場で AI を使うときに何が便利で、どこに限界があり、専門知や人間の判断がどのような場面が必要になるのかを整理するものである。AI の活用のあり方は分野や現場によって異なるからこそ、本稿も、建築・構造工学の研究現場から見た一つの報告として位置づけたい。

以下では、AI が研究や業務の一部を実質的に担う場面に注目し、AI が何を可能にして何を苦手とするのか、そのうえで何を AI に任せ、何を人間が考えるべきかを、順に考えていきたい。

## 2. 「AI を使う」ことの二つの側面

AI の使われ方は実際には非常に多様であり、単純に二つに分けきれるものではない。文章生成、画像生成、自動運転、医療支援など、AI はすでに多くの領域に入り込んでいる。しかし本稿では、議論を見通しよくするために、AI の使い方を、機能の種類ではなく、AI が仕事や研究の中でどのような位置を占めるかという観点から整理したい。一つは、人間の作業を支援し、効率を高める補助道具としての AI であり、もう一つは、専門分野の判断や研究・業務の一部を担い、その出力やモデルそのものが検証すべき成果物となる AI である。

もちろん、これは厳密な分類ではない。AI をめぐる議論では、文章作成を助ける AI も、構造物の応答を予測する AI も、同じ「AI を使う」という一言で語られることが多い。しかし両者では、出力の扱い方、求められる正確さ、責任の所在、検証の方法、そして人間との関係が異なる。この違いを図 1 に整理した。本稿では、この区別を意識しながら AI 活用を考えていきたい。

### 2. 1 補助道具としての AI

第一は、補助道具としての AI である。文章作成、翻訳、要約、情報整理、プログラム作成、資料作成、アイデア出しなどが典型例である。研究者であれば、論文の構成を考える、英語表現を整える、プログラムのエラーの原因を探す、文献調査の入口を作る、議論の論点を整理する、といった場面で用いることができる。

この場合、AI の出力はそれ自体が最終的な成果物というより、人間が確認し、修正し、利用するための中間的な材料である。AI が書いた文章やプログラムがそのまま使えるとは限らないが、利用者が内容を確認し、自分の目的に合わせて直すことができれば、作業の出発点としては十分に役に立つ。ここでは、出力がなぜそのように生成されたのかを厳密に説明できることよりも、利用者がその出力を評価し、必要に応じて修正できることの方が重要になる。

この側面の AI は、大規模言語モデルの発展によって、近年目に見えて性能が向上した。現在の大規模言語モデルは、文章中の語と語の関係を効率よく捉える Transformer と呼ばれる深層学習モデルを基盤とし<sup>1)</sup>、大量のデータと計算資源を用いた学習によって性能を高めてきた<sup>2)</sup>。以前の AI は、特定の作業には強いが、柔軟な対話や文脈理解には弱いという印象が強かった。しかし現在の大規模言語モデルは、自然な文章を生成するだけでなく、複数の情報を整理し、利用者の意図をくみ取り、プログラムを書き、数式を扱い、時には数学的な推論を補助することもできる。文章生成能力が注目されやすいが、数理的な

|        | 補助道具としての AI<br>作業を支援し効率を高める | 専門的な成果物としての AI<br>判断・研究の一部を担う |
|--------|-----------------------------|-------------------------------|
| 典型例    | 文章作成・翻訳・要約<br>プログラミング補助     | 応答予測・状態推定<br>異常検知・条件選択        |
| AI の出力 | 人が確認・修正する<br>中間的な材料         | 検証すべき<br>成果物の一部               |
| 重視する点  | 利用者が評価・<br>修正できると           | 信頼性・再現性・<br>適用範囲・適合性          |
| 人間の役割  | 専門性を前提に<br>作業範囲を広げる         | どこに組み込むかを<br>設計する             |

図 1 AI 活用の二つの側面

構造を扱う能力や、プログラミングを通じて計算を組み立てる能力も、同じくらい重要である。少なくとも、文章作成、情報整理、プログラミング補助といった日常的な知的作業の効率が大きく高まったことは、多くの利用者が実感しているところであろう。

補助道具としての AI そのものは、本稿が主に扱う対象ではない。しかし、多くの人が最初に出会うのはこの側面であり、現在の AI 活用を考える出発点にもなる。そこで一点だけ、見落とされがちな点に触れておきたい。すでにある分野の専門性を持つ人にとって、補助道具としての AI は、専門性を弱めるものではなく、むしろ専門性を前提として作業範囲を広げる道具になりうる。専門家は、AI の出力をそのまま受け入れるのではなく、自分の知識に照らして確認し、必要に応じて修正できるからである。

ただし、このことは AI の利用が常に望ましいという意味ではない。まだ専門的な基礎を十分に身につけていない段階では、AI が出すもっともらしい答えが、かえって学習の機会を奪ったり、誤った理解を固定したりすることもある。AI を当たり前のように使う学生を指導する世代として、筆者自身もこの点に難しさを感じている。AI をどの段階で、どのように使うべきかは、教育の場面における別の慎重な議論を必要とする。また専門家であっても、倫理的な観点、仕事に対する責任、そして自身の長期的な成長という観点から、どこまで AI に任せるのかを個別に判断する必要がある。

## 2. 2 専門的な成果物としての AI

第二は、専門的な成果物としての AI である。この場合 AI は、単に作業を速くする補助道具ではなく、専門分野における判断や研究・業務の一部を担うモデルそのものになる。そのため、その出力やモデルの性質は、あとから人間が修正するための中間的な材料というより、検証されるべき成果物の一部となる。たとえば、医療画像から病変の可能性を評価する、工場の設備異常を検知する、災害時の被害や避難行動を予測する、といった用途である。筆者の専門に近い例でいえば、地震時の建物の揺れを予測する、観測データから構造

物の状態を推定する、次に計算すべき条件を選ぶ、といった使い方が当てはまる。

このような場面で特に注意すべきなのは、出来合いのブラックボックス（内部の仕組みが見えないモデル）をそのまま当てはめ、精度の良し悪しだけで有効性を判断してしまうことである。十分な精度を示すことはもちろん重要だが、専門的な判断の一部として AI を用いる場合、単に「よく当たる」だけでは不十分なことが多い。なぜその結果が得られたのか、既存の理論や経験的な知見と矛盾していないか、どの範囲まで適用できるのか、条件が少し変わっても同じように信頼できるのか。こうした問いに答える必要がある。冒頭で触れた、見た目には自然なのに周波数特性に偏りを抱えていた模擬地震動も、こうした確認が欠かせないことを示す一例であった。ブラックボックスとして用いる限り、これらを説明することは必ずしも容易ではない。

しかし、研究や実務における AI の役割は、人間の作業を肩代わりするブラックボックスにとどまらない。見方を変えれば、AI モデルは、入力と出力の関係を表す非常に柔軟な関数（関数近似器）であり、また現象に含まれるばらつきを確率分布として表す数理モデルでもある。入力と出力の複雑な関係を高次元の関数として近似し、場合によってはその不確かさまで扱うことができる。この側面に注目すると、AI は単なる自動化技術ではなく、複雑な現象を近似し、限られたデータから推定し、次の実験や解析を計画するための数学的な道具として位置づけられる。実際、近年の機械学習や深層学習の背後には、統計学、確率論、情報理論といった豊かな数理的背景がある。

本稿で主に扱うのは、この後者の側面である。すなわち AI を、文章作成や情報整理を助ける補助道具としてだけでなく、複雑な現象を近似し、不確かさを評価し、研究や実務における判断を支える数理モデルとして用いる立場である。この立場では、AI の予測精度だけでなく、説明可能性、再現性、適用範囲、そして既存の理論や工学的知見との整合性が重要になる。そのためにはまず、AI の能力がそもそも何の上に成り立っているのかを確認

しておく必要がある。次章では、この点を考えたい。

### 3. AIの可能性を支える前提

AIについて語るとき、「AIによって社会や仕事のあり方が根本から変わる」といった表現を目にする。この表現は、ある意味では正しい。人間が直接扱うには複雑すぎる高次元のデータの中から関係性を見つけたり、膨大な候補の中から有望なものを探したりすることは、AIが得意とする領域である。しかし同時に、この表現は誤解も生みやすい。AIが超人的な知能によって、学習していない世界の真理を自由に発見しているわけではないからである。

多くの場合、AIが可能にしているのは、人間に原理的に不可能なことというより、人間が行うには時間や費用がかかりすぎることを、あるいは明示的な数式や手順として書き下すことが難しいことを、データに基づいて近似することである。過去の購買履歴から関心を持ちそうな商品を推薦する、大量の文章から関連情報を探し出す、医療画像や検査データから注意すべき特徴を抽出する、センサーデータから異常の兆候を見つける、といった使い方がその例である。研究の場面でいえば、多数の解析結果から応答の傾向を学習する、複雑な波形から特徴を抽出する、高次元の確率分布を表現する、膨大な候補の中から有望な条件を探す、といった使い方があ

る。ここで重要なのは、AIが何もないところから全く新しい知識を生み出しているというより、学習したデータの範囲に基づいて、もっともらしい出力を構成しているという点である。もちろん、その出力が有用でないという意味ではない。十分な量と質のデータがあれば、その中に含まれる関係性をうまく取り出し、人間が扱いやすい形で示せることこそ、現在のAIの大きな力である。ただしその力は、どのようなデータを、どの程度の量で学習し、どのような条件で使うのかに強く依存している。

大規模言語モデルは、その分かりやすい例である。現在の大規模言語モデルは、自然な文章を生成し、質問に答え、プログラムを書

き、複雑な情報を整理できる。その能力は、ときに人間の知識や創造性に近いものを獲得したように見える。しかし、そこから直ちに、AIが人間には到達できない真理を自由に発見していると考えるのは、やや飛躍がある。その背景にあるのは、膨大なテキストやコードを極めて大規模なモデルに学習させるという枠組みである。近年、巨大なデータセンターや計算資源をめぐる競争が激しくなっているのも、基本的には、より多くのデータをより大きなモデルで学習させることが性能向上につながる、という考え方に支えられている。もちろん、大規模言語モデルの発展は、学習方法やモデル構造、推論時の工夫など、さまざまな技術的蓄積に支えられており、データ量とモデル規模だけで説明できるものではない。それでも、現在広く使われているAIの多くが、基本的には学習データから関係性やパターンを獲得し、それを新しい入力に適用するものであることに変わりはない。

この性質は、AIが信頼できる範囲を見極めるうえで本質的である。AIは、学習データが十分にあり、使うときの条件がそのデータの範囲に近い場合には、非常に高い性能を示すことがある。学習した範囲の内側で予測することを内挿、その外側へ踏み出すことを外挿と呼ぶ。図2に模式的に示すように、内挿の領域では、AIの予測は真の関係をよく近似する。ところが、学習データに含まれていない条件や、極端な条件、データの分布そのものが変化した状況—すなわち外挿の領域—では、予測が急に不安定になることがある。やっかいなのは、外挿の領域においても、AIはしば

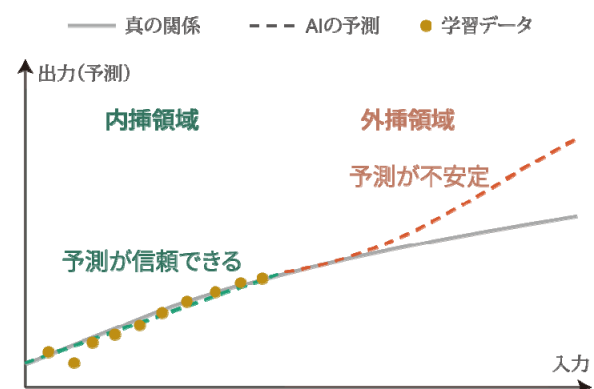


図2 内挿と外挿における予測の信頼性

しばなめらかで、もっともらしい予測を返してくることである。出力の見た目だけからは、それが信頼できる内挿なのか、危うい外挿なのかを判別しにくい。

この区別は、社会的な影響の大きい専門分野で AI を用いる場合に、とりわけ重要になる。過去のデータに対して高い精度を示したからといって、未知の条件に対しても信頼できるとは限らない。医療、防災、金融、工学など、判断の誤りが大きな影響を持ちうる分野では、AI がどの範囲で学習され、どの条件で使われるのかを慎重に確認する必要がある。筆者の専門に近い建築・構造工学でいえば、ある範囲の地震動や建物モデルに対して学習した AI が、まったく異なる地震動、損傷状態、構造形式に対しても同じように有効であるとは限らない。したがって AI モデルを用いる際には、平均的な予測精度を見るだけでなく、どの範囲で学習されたモデルなのか、どの条件では不確かさが大きいのか、物理的に不自然な挙動を示していないかを確認する必要がある。

もちろん、AI をデータの範囲だけに閉じ込めないための試みも進められている。物理法則や支配方程式、シミュレーション、専門知識を、学習やモデル構築に取り入れる方向である。ただしその場合でも、AI が何をデータから学習し、何を物理法則や専門知識によって補っているのかを区別して考える必要がある。この方向性については、次章以降で具体的に取り上げたい。

要するに、AI はどれほど高度に見えても、基本的にはデータとモデルの前提の上に成り立っている。この当たり前の事実は、AI への期待が高まるほど忘れられやすい。しかし、AI を過信せず、また必要以上に恐れずに使うためには、まず AI がどの範囲で信頼できるのかを見極めることが欠かせない。この前提に立ってこそ、単なる流行としてではなく、研究や実務の中で本当に意味のある AI 活用を考えることができる。

#### 4. 専門分野における AI 活用の課題と方向性

前章で確認したように、AI が信頼できる範囲は、どのようなデータをどれだけ学習した

かに強く依存する。本章では、この点を踏まえ、社会的な影響の大きい専門分野に AI を適用する場合を考えたい。まず、AI の学習に用いられるデータの由来と特徴を確認し、そのうえで専門分野で生じる課題を整理する。最後に、それらの課題に対応するための方向性として、データと専門知を組み合わせる考え方について述べる。

##### 4. 1 データの由来と特徴

専門分野で AI を用いる場合、学習に使われるデータは、大きく分けて、①実際の観測から得られるデータ、②実験によって得られるデータ、③数値シミュレーションによって作るデータの三つがある。観測データは現実の情報を含む一方で、取得できる量や条件が限られ、ノイズや欠測を含むことも多い。実験データは条件をある程度制御できるが、費用や時間の制約がある。シミュレーションデータは条件を変えながら作成できる一方で、あくまでモデルに基づくデータであり、現実そのものではない。しかも、高忠実度なシミュレーションほど、一つのデータを得るための計算コストは大きくなる。

このように、データはその由来によって性質が異なる。大量のデータがあっても、それが限られた条件のシミュレーションから作られたものであれば、現実の観測データに対して同じように成り立つとは限らない。観測データであっても、特定の時期、場所、条件に偏っていれば、対象全体を代表しているとは限らない。データの量だけでなく、その範囲、多様性、偏りを確認することが重要である。一方で、観測データが少なくても、その背後にある既存の理論や専門知識をうまく利用できれば、限られたデータから意味のある推定が可能になる場合もある。

##### 4. 2 専門分野における三つの課題

このようにデータの由来と特徴に目を向けると、専門分野に AI を適用する際の課題は、「データが少ない」という一言だけでは整理しきれないことが分かる。ここでは、主な課題を次の三つに分けて考えたい。

第一は、観測データの不足である。社会的な影響が大きい現象や、まれにしか起こらない極端な条件については、十分な観測データ



を得ることが難しい。通常時のデータは比較的集めやすい一方で、事故、損傷、破壊、大災害、極端な荷重条件といった事象は、頻繁に観測できるものではない。しかし、将来のリスク評価や、設計・運用上の意思決定において重要になるのは、まさにそうした条件である。

第二は、計算と試行のコストである。現実には観測しにくい条件を、数値シミュレーションや実験によって補おうとしても、解析を高忠実度化するほど、また実験を精密にするほど、一回あたりの時間や費用は大きくなる。そのため、シミュレーションや実験で不足を補うといっても、無制限に行えるわけではない。どの条件を計算・試行し、どの範囲を重点的に調べるのかを考える必要がある。

第三は、説明性の要求である。専門分野では、AI の平均的な予測精度が高いだけでは十分ではない。なぜその結果になったのか、どの範囲で信頼できるのか、どの条件では注意が必要なのかを説明できることが重要になる。とくに、社会的影響の大きい判断に AI を用いる場合には、結果が一見もっともらしく見えるだけでは不十分であり、その根拠と限界を確認できることが求められる。

建築・構造工学を例にすれば、建物が通常の範囲で揺れるデータは、観測やシミュレーションによってある程度得られる。しかし、大地震時の強い非線形応答、部材の損傷、構造物の破壊、想定外の境界条件や劣化状態に関するデータは限られている。実験ですべての条件を再現することは現実的ではなく、実被害のデータも量や条件が限られる。高忠実度解析を大量に実行するには計算時間がかかるため、シミュレーションですべてを補えるわけでもない。三つの課題が、同時に立ち上がる典型的な場面である。

#### 4. 3 課題に対応するための方向性

これらの課題に対して、近年さまざまな方向性が検討されている。重要なのは、それぞれの方法が、ある一つの課題だけに対応するわけではないという点である。ここでは、主に対応する課題と、副次的に関わる課題を区別しながら、三つの方向性として整理したい。三者の対応関係を図3にまとめた。

第一は、既存の理論や専門知を AI の学習に取り入れる方向性である。これは主に、観測データの不足と、説明性の要求に対応する。たとえば、対象とする現象が満たすべき方程式や制約条件をモデルの学習に組み込み、データだけでなく既存の理論ともつじつまの合う結果を得ようとする方法がある。その代表例が Physics-informed neural network (PINN) である<sup>注2)</sup>。一方、専門知識のすべてが明示的な方程式として書けるわけではない。そのような場合には、物理的に妥当な範囲や過去の実績、不確かさに関する情報を事前知識として扱い、観測データと組み合わせるベイズ的な考え方<sup>注3)</sup>が有効になる。この方法は、限られたデータから推定を行えるだけでなく、その推定にどの程度の不確かさが残るのかを併せて示せる<sup>4)</sup>。少ないデータからの推定と、結果の不確かさの提示—この方向性が、データ不足と説明性の双方に関わるゆえんである。

第二は、シミュレーションを用いて、不足しているデータを補う方向性である。これは主に観測データの不足に対応するが、計算と試行のコストにも部分的に関わる。現実には取得しにくい条件のデータを、数値解析や仮想環境の中で生成し、AI の学習や評価に用いる。強化学習や、シミュレーションで生成したデータを用いた fine-tuning も、広い意味ではこの方向に含まれる。とくに、計算コストの低い低忠実度モデルで大まかな関係を学習しておき、高価な高忠実度解析や実機での試行を最小限に抑えるという工夫は、データ不足を補うと同時に、計算・試行のコストを

| ● 主に対応する課題                      | △ 部分的に関わる課題 |          |        |
|---------------------------------|-------------|----------|--------|
|                                 | 観測データの不足    | 計算・試行コスト | 説明性の要求 |
| 理論・専門知の組み込み<br>PINN・ベイズ更新       | ●           |          | ●      |
| シミュレーションで補完<br>強化学習・fine-tuning | ●           | △        |        |
| 代理・縮約モデル<br>計算の効率化と低次元化         |             | ●        | △      |

図3 課題と対応方向性の関係

軽減することにもつながる。ただし、シミュレーションは現実そのものではないため、そこで得られた結果をどのように現実と対応づけるかが、つねに問われる。

第三は、代理モデルや縮約モデルによって計算を効率化する方向性である。これは主に計算と試行のコストに対応するが、説明性にも部分的に関わる。高忠実度な実験や数値解析をすべての条件について行うことが難しい場合に、必要な部分を軽量の代理モデルで近似し、限られた計算資源の中で探索や不確かさ評価を行う。さらに、モデルを低次元化したり、重要な変数を整理したりすることは、現象の見通しをよくし、結果の解釈を助ける場合がある。計算を軽くするだけでなく、対象の理解を深める手がかりにもなりうるという点で、この方向性は説明性にも結びついている。

これら三つの方向性に共通するのは、AI をデータだけに委ねるのではなく、データの不足、計算・試行のコスト、説明性の要求といった専門分野の制約を意識しながら、既存の理論、シミュレーション、確率モデル、専門知識と結びつけようとする点である。もちろん、これらを用いればすべての問題が解決するわけではない。既存の理論がどの範囲で成り立つのか、シミュレーションが現実をどこまで再現しているのか、代理モデルをどの範囲まで信頼できるのかといった問いは、依然として残る。それでも、専門分野でAIを意味のある形で使うためには、単にデータを集めてモデルに入力するだけでなく、その分野で蓄積されてきた知識とAIをどうつなぐかを考える必要がある。次章では、この方向性を踏まえ、研究現場における具体的な活用例を見ていきたい。

## 5. 専門分野におけるAI活用の実例

本章では、前章で整理した課題と方向性を念頭に置きながら、構造工学分野における二つの研究例を紹介する。内容はやや専門的に

なるが、注目したいのは個々の手法の詳細ではなく、AIを単なるブラックボックスの予測器として用いるのではなく、限られたデータや計算コスト、既存の理論や専門知識とどのように結びつけているかである。いずれの例も、図3に示した課題と方向性の対応の中に位置づけて読むことができる。

### 5. 1 転移学習による高忠実度解析の代理モデル

第一の例は、地震時の構造物応答を対象とした代理モデルの研究である<sup>5)</sup>。建築・構造工学では、建物が多数の地震動を受けたときにどのように揺れるのかを評価することが重要である。本来は実際の建物から多くの観測データを得られればよいが、大地震時の応答や損傷に関する観測データは限られている。そこで、現実の観測を補う手段として、数値シミュレーションが重要な役割を担う。

とくに、建物の損傷や非線形挙動を詳しく評価するには、有限要素モデルなどの高忠実度な構造解析モデルを用いた時刻歴応答解析が有効である。これは、地震動を入力し、建物の各部材の加速度や変形を時間に沿って計算する解析である。しかしここで、計算コストの問題が生じる。地震リスク評価では、一つの地震動だけでなく、多数の地震動に対する応答を調べる必要があり、しかも高忠実度なモデルほど、一回の解析に時間がかかる。「観測データが少ないのでシミュレーションで補う」という方針をとっても、そのシミュレーション自体を大量に実行することが難しくなる。前章でいえば、観測データの不足と計算コストが同時に現れる場面である。

この課題に対して、転移学習—ある問題で学習した知識を別の問題に引き継ぐ手法—を用いた代理モデルの構築が試みられている。考え方は比較的分かりやすい(図4)。まず、計算コストの低い簡略な(低忠実度)モデルで、多数の地震動に対する応答を計算し、地震動と構造物応答の基本的な関係をAIに学習させる。次に、その学習済みモデルを出発

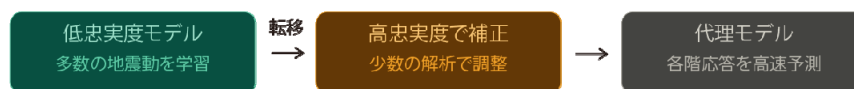


図4 転移学習による代理モデル構築の流れ

点として、少数の高忠実度解析の結果だけを用いて補正し、高忠実度モデルの応答を予測する代理モデルを構築する。低忠実度モデルで得た知識を、高忠実度モデルの学習に引き継ぐ（転移）わけである。実際にこの方法は、20階建ての建物を対象に、少数の詳細解析から各階の揺れを予測する代理モデルとして実現されている。

この例で大切なのは、AI モデルそのものの中身が見えるかどうかではなく、それをどう組み立てるかに専門的な判断が入っている点である。たとえば、低忠実度モデルとして一質点系—建物全体を一つのおもりとばねに置き換えた最も単純なモデル—を選んだ背景には、それが建物の最も基本的な揺れ方をよく近似できるという工学的な見通しがある。したがって、AI モデル単体は一見ブラックボックスに見えても、低忠実度モデルと高忠実度モデルの関係、地震動の多様性、応答の時間的特徴、計算コストを踏まえて、AI を解析の一部として設計しているのである。図3の整理でいえば、観測データの不足をシミュレーションで補い（第二の方向性）、そのシミュレーションの計算コストを代理モデルと転移学習で抑える（第三の方向性）試みにあたる。

## 5. 2 潜在空間とベイズ更新によるモデル更新

第二の例は、潜在空間とベイズ更新を用いた構造モデル更新の研究である<sup>6, 7)</sup>。構造物の解析モデルは、設計時の材料特性や部材寸法、境界条件などに基づいて作られる。しかし実際の構造物には、施工誤差、材料のばらつき、経年劣化、モデル化の単純化など、さまざまな不確かさが含まれる。そのため、観測データを用いて解析モデルのパラメータを更新し、現実の挙動に近づけることが重要になる。これはモデル更新と呼ばれる問題である。

ここでベイズ更新を用いれば、既存の知識を捨ててデータだけに委ねるのではなく、専

門知識を含む事前情報と観測データを統合し、パラメータの不確かさまで含めて推定できる。ただし、実際の構造物の応答は、単純な一つの数値ではなく、時間とともに変化する波形や、多数の観測点で得られる高次元データであることが多い。これをそのまま比較しようとする、大量のデータが必要になり、候補となるパラメータごとに応答を評価する計算コストも大きくなる。

この課題に対して、変分オートエンコーダ<sup>注4)</sup>などの生成モデルを用いて、高次元データを潜在空間に写す方法が提案されている（図5）。潜在空間とは、高次元データの主要な特徴を、より少ない次元で表す空間である。長い時刻歴応答波形をそのまま比較するのではなく、その特徴を低次元の潜在変数として表し、その空間で観測データとシミュレーションデータの近さを評価する。これにより、高次元データを直接扱うよりも、限られたデータから不確かさを評価しやすくなる。さらにベイズ更新と組み合わせることで、一つの最適なパラメータを求めるのではなく、パラメータがどの範囲にあり得るのか、観測によって不確かさがどの程度減ったのかを、確率分布として表せる。これは説明性の要求にも関わる。ここでいう説明性とは、AI の内部を完全に解釈できるという意味ではなく、結果を不確かさの範囲や、更新前後の変化として示せるという意味である。

この研究では、シミュレーションで作成した応答データから生成モデルを学習し、観測データとシミュレーションデータを潜在空間上で比較する。その比較結果をベイズ更新の枠組みに組み込むことで、構造モデルのパラメータとその不確かさを更新する。非線形地震応答解析モデルの更新や、高次元の時系列データを扱う問題にも応用され、観測データと更新後のモデル応答がどの程度一致し、不確かさがどの程度残るかを評価している。図3の整理でいえば、シミュレーションでデータを作り（第二の方向性）、潜在空間によっ



図5 潜在空間とベイズ更新によるモデル更新の

て高次元データを低次元化して扱いやすくし（第三の方向性）、ペイズ更新によって専門知識と観測データを統合して不確かさを示す（第一の方向性）—三つの方向性を組み合わせた例といえる。

以上の二つの例に共通するのは、AI を専門分野にそのまま持ち込むのではなく、専門分野で生じる制約に合わせて使い方を設計している点である。第一の例では、高忠実度解析の計算コストを抑えつつ多数の地震動に対する応答を評価するために、転移学習と代理モデルが用いられた。第二の例では、限られた観測データとシミュレーションから不確かさを含む構造モデルを更新するために、潜在空間とペイズ更新が用いられた。

これらは、AI の能力そのものを過大に評価する例ではない。むしろ、AI が有効に働くためには、データ、計算、専門知識の関係をどう設計するかが重要であることを示している。専門分野における AI 活用とは、単に新しいモデルを導入することではなく、その分野の制約に合わせて、データ、計算、理論、経験の関係を組み直すことでもある。

## 6. AI に何を任せ、何を人間が考えるのか

前章までに見てきたように、AI を用いることで、これまで時間や費用の制約から十分に扱えなかった問題に近づくことができる。一方で、AI は学習データの範囲、計算資源、モデル化の前提、そして対象分野の知識に強く依存する。したがって問われるべきは、AI によって何でも自動化できるかどうかではなく、どの部分を AI に任せ、どの部分を人間が考えるべきかを見極めることである。

### 6. 1 作業の代替から、判断の設計へ

AI の発展によって、相対的に価値が小さくなる作業は確かにある。文章を整える、情報を整理する、プログラムを書く、図表を作る、ソフトウェアを操作する、計算環境を整える—こうした作業は、すでに AI によって大きく効率化されつつある。今後は、特定のソフトウェアを扱う細かな操作や、計算機・実験装置を動かす手元の技巧も、ある程度は AI に補助されていくかもしれない。その意味で、特定の道具に詳しいこと、特定の作業を手早く

こなせること「だけ」の価値は、相対的に小さくなっていく可能性がある。

しかし、これは専門性そのものが不要になるという意味ではない。むしろ、専門性の中心が移っていくということだと思う。これまで人間が直接行ってきた作業の一部を AI が担うほど、人間には、その作業をなぜ行うのか、どの条件で行うのか、得られた結果をどう解釈するのかを判断する力が求められる。AI が計算を速くこなし、もっともらしい結果を示すようになるほど、その結果をどこまで信頼し、どこから疑うべきかを決める人間の役割は、かえって重くなる。本稿の冒頭で触れた、見た目には自然な模擬地震動が、周波数を調べると不自然な偏りを抱えていると見抜くこと—それ自体が、ここでいう判断にほかならない。

専門分野で AI を使う場合、AI に任せるべきものは、単に人間にとって面倒な作業ではない。どのデータを学習に用いるのか、どの範囲を学習データの外側と考えるのか、どの計算を高忠実度モデルとして残し、どの部分を代理モデルで近似するのか、どの物理法則や経験的知見をモデルに反映するのか。これらは、対象分野を理解していなければ判断できない。前章の二つの例も、まさにこうした判断の積み重ねであった。第一の例では、どこに計算資源を割くか—低忠実度モデルで広く学び、高忠実度解析は少数に絞る—という設計が要であった。第二の例では、どの専門知識を事前情報として与え、高次元の応答をどの程度まで圧縮し、結果を不確かさとしてどう示すかが工夫されていた。AI を単なるブラックボックスとして使うのではなく、制約の中で AI をどこに、どのように組み込むかを設計する。それが、これからの専門性の中心になる。

### 6. 2 AI 時代に求められる専門性

このように考えると、AI 時代に重要になる専門性とは、過去の経験をそのまま繰り返す力ではない。また、経験年数が長いこと自体が価値を持つわけでもない。とはいえ、経験が不要だということではない。必要なのは、積み重ねた経験を客観的に整理し、判断の根拠として使える形にする力である。ある条件で



なぜこのモデルを使うのか、どの仮定は許容でき、どの仮定は危険なのか、どの結果は物理的に自然で、どの結果は再検討すべきなのか。こうした判断基準を言語化し、モデル化し、他者と共有できる形に整えることが、これからの専門性の重要な役割になる。

AI を用いれば、作業の速度は大きく上がる。しかし、速くなることは、必ずしも判断の質が上がることを意味しない。むしろ、短時間で多くの結果が得られるようになるほど、その中から何を採用し、何を棄て、どの方向に探索を進めるのかを決める力が重要になる。AI は候補を増やし、計算を補助し、複雑な関係を近似することができる。しかし、何を目的とし、何を制約とし、どの不確かさを許容し、どのリスクを重く見るのかを決めるのは、依然として人間の側である。

この点で、経験を積んだ専門家の役割は、過去のやり方を守ることではない。むしろ、自分たちの分野で蓄積されてきた知識を、AI と接続できる形に整理することにある。経験に基づく判断を、漠然とした勘や慣習のままにするのではなく、どのような条件で成り立つ知識なのか、どのようなデータやモデルと結びつけられるのかを明らかにする。AI を使いこなすうえで求められるのは、単に経験が多いことではなく、その経験を根拠ある判断へと翻訳し、専門知と AI をつなぐ構想力である。

### 6. 3 次の世代に引き継ぐべきもの

専門性を身につける途上にある若い世代にとっても、AI との向き合い方は重要である。AI を使えば、文章作成、計算、プログラミング、調査など、多くの作業を短時間で進められる。これは大きな利点であり、AI を使わないこと自体に意味があるわけではない。しかし、AI の出力を評価する基礎がなければ、その答えが妥当なのか、どこに誤りがあるのか、どの条件では使ってはいけないのかを判断できない。AI を使う力と、AI なしで考える基礎力は、対立するものではない。むしろ、後者があるからこそ、前者が意味を持つ。

したがって、次の世代に引き継ぐべきものは、単なる手順や操作方法だけではない。もちろん、基礎的な計算能力、実験や解析の経

験、ソフトウェアを扱う力は、今後も重要である。しかしそれ以上に重要なのは、なぜその方法を使うのか、どのような前提のもとで結果を解釈するのか、どの条件では別の方法を考えるべきなのかを判断する力である。AI が作業の一部を担うほど、教育や研究の現場では、手順そのものだけでなく、その背後にある考え方を意識して伝える必要がある。

筆者自身は、博士課程まで AI を用いずに学んだ世代であり、いま、生成 AI を当たり前を使う学生を指導する世代でもある。その立場から見ると、AI を使う便利さと、それを評価する基礎を身につけることの大切さは、決して矛盾しない。難しいのは、後者を、AI が答えを出してくれる時代にどう伝えるかである。AI の時代に問われているのは、人間の役割が残るかどうかではない。重要なのは、人間がどのような判断を担い、どのような専門知を AI と組み合わせて使うのかである。AI は専門性を消すものではなく、専門性の使い方を変えるものである。その変化を受け身で眺めるのではなく、自分たちの分野の問題に引き寄せて、データ、計算、理論、経験をどう結びつけるかを設計していくことが、これからの研究や実務に求められるのではないだろうか。

## 7. おわりに

本稿では、研究現場から見た AI 活用の実情と課題を考えてきた。AI について語られる言葉は、その可能性が前面に出すぎることもある。そこで本稿では、AI を万能の存在としてではなく、研究や実務の中で用いられる一つの数理モデルとして捉え直すことを出発点とした。

AI がどれほど高度に見えても、それは学習したデータの範囲に基づいてもっともらしい出力を構成するモデルであって、人間に到達できない真理を自由に発見しているわけではない。AI が強力であることと、常に信頼できることは同じではない。とくに、観測データが乏しく、計算コストが大きく、判断の誤りが重い影響を持つ専門分野では、精度だけでなく、どの範囲で信頼できるのか、既存の理論や工学的知見とどう結びつけるのかを問う必要がある。



AI の発展によって、人間の役割が単純に小さくなるとは言えない。むしろ、AI が作業を速く担うほど、どこまでを AI に任せ、どこから人間が判断するのかを見極める力が重くなる。AI 時代に求められる専門性とは、経験の長さや作業の速さではなく、経験を判断の根拠として整理し、AI の出力を検証しながら目的に応じて使い分ける力である。

AI は人間の専門性を不要にするのではなく、その専門性をどこで、どのように使うのかを問い直す契機になる。だからこそ、AI の時代に必要なのは、華やかな未来像だけでも、過度な警戒だけでもない。それはデータ、モデル、計算資源、そして人間の判断の上に成り立つ道具であり、その前提を理解し、専門知と組み合わせ、必要な場面で検証しながら使うことで、初めて研究や実務を支える有効な道具になる。AI に何を任せ、何を人間が考えるのか——この問いを持ち続けることが、AI を一時的な流行ではなく、研究や実務を支える道具として使いこなすための出発点になるのではないだろうか。

#### (脚注)

- 注 1) 敵対的生成ネットワーク (Generative Adversarial Network, GAN)。本物そっくりのデータを作ろうとする「生成役」と、それを見破ろうとする「判定役」を競わせる——いわば贋作者と鑑定士を競わせる——ことで、しだいに本物と見分けのつかないデータを作れるようにする生成モデルの一種。
- 注 2) Physics-informed neural network (PINN)。ふつうの AI はデータだけから学習するが、PINN は物理法則 (支配方程式) も守るように学習させる点に特徴がある。これにより、データに合うだけでなく、物理的にも筋の通った答えを得ようとする深層学習の枠組みである<sup>3)</sup>。
- 注 3) ベイズ的な方法では、あらかじめ分かっていること (事前知識) を出発点とし、観測データが得られるたびに見立てを少しずつ修正していく。結果は一つの値ではなく、「どの範囲に、どのくらいの確からしさで

収まりそうか」という幅のある形で表せる。

- 注 4) 変分オートエンコーダ (Variational Autoencoder, VAE)。複雑なデータを少数の特徴 (潜在変数) に「要約」し、その要約から元のデータをほぼ復元できるように学習する生成モデルの一種。データの本質的な特徴を少ない情報でつかむための道具である。

#### (参考文献)

- 1) Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L. and Polosukhin, I.: Attention Is All You Need, Advances in Neural Information Processing Systems, 2017.
- 2) Kaplan, J., McCandlish, S., Henighan, T., Brown, T. B., Chess, B., Child, R., Gray, S., Radford, A., Wu, J. and Amodei, D.: Scaling Laws for Neural Language Models, arXiv, 2020.
- 3) RAIssi, M., Perdikaris, P. and Karniadakis, G. E.: Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, Journal of Computational Physics, 2019.
- 4) Beck, J. L. and Katafygiotis, L. S.: Updating models and their uncertainties. I: Bayesian statistical framework, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 1998.
- 5) Ishikawa, K., Matsumoto, Y., Yaoyama, T., Lee, S. and Itoi, T.: Transfer Learning-Based Surrogate Modeling for Nonlinear Time-History Response Analysis of High-Fidelity Structural Models, arXiv, 2025.
- 6) 李尚元、松本雄馬、八百山太郎、肥田剛典、糸井達哉：変分オートエンコーダによるベイズ更新を用いた非線形地震応答解析モデルの更新手法の提案、日本建築学会構造系論文集、2023.
- 7) Lee, S., Yaoyama, T., Kitahara, M. and Itoi, T.: Latent space-based stochastic model updating, Mechanical Systems and Signal Processing, 2025.

## —下河辺淳アーカイヴスについて—

### 1. 「下河辺淳アーカイヴス」について

下河辺淳氏は、戦後の国土計画・国土政策の中心的役割を担い、日本の復興とその後の社会資本整備の発展に大きく寄与され、また内外の政策研究機関の育成、発展にも尽力されました。

2002[平成14]年に総合研究開発機構（NIRA）大来記念政策研究情報館の特殊コレクションとして「下河辺淳アーカイヴ」が公開されましたが、2007[平成19]年8月に総合研究開発機構法が廃止され、NIRAで管理することが困難になったため、同年秋に下河辺氏個人に移管されました。

その後、一般財団法人日本開発構想研究所が下河辺氏からの寄贈を受け、2008[平成20]年1月に「下河辺淳アーカイヴス」として開設いたしました。同氏の業績を顕彰し、その著作物および関連する資料について収集・保存・管理を行うとともに、その資料情報を公開し、閲覧に供しています。

### 2. 「戦後国土計画関連資料アーカイヴス」について

下河辺氏が財団法人国土技術研究センターに寄託されていた国土計画・国土政策関連の資料、各種文献等について、同氏の許諾を得るとともに、同センターのご厚意により当アーカイヴスに収蔵しました。

全国総合開発計画や首都機能移転問題、社会資本論等多岐にわたる資料群を広く皆様にご活用いただくため、公開に向けて順次整理を進め、2013[平成25]年に開設いたしました。

### 3. 著作物・関連資料の展示

著作物、資料、関連情報等を収集・保存・管理するとともに、広く公開しております。

公開時間：平日（月曜日～金曜日） 10：00～17：00

※書誌をご覧になりたい方は、事前に電話（03-3504-1760）でご連絡下さい。有料になりますが、出来るだけコピーの便宜はお計りいたします（コピー不可の書誌があります）。

### 4. ホームページ上での資料情報の公開

#### —ホームページをリニューアルしました—

一般財団法人日本開発構想研究所のホームページリニューアルに伴い、2024年11月より、「下河辺淳アーカイヴス」ならびに「戦後国土計画関連資料アーカイヴス」の検索サイトが新しくなりました。従来どおり、キーワード検索、「タイトル」「出版物名」「著者名」「発行年」での検索も可能です。登録情報は随時更新してまいります。スマートフォンやタブレット端末でもお使いいただけますので、ぜひご利用ください。

＜下河辺淳アーカイヴスアドレス(URL)＞<http://www.ued.or.jp/shimokobe/>

＜戦後国土計画関連資料アーカイヴスアドレス(URL)＞<http://www.ued.or.jp/sengo/index.php>

## 下河辺 淳 — その歴史、その仕事 —



1923（大正 12）年千葉県市川市に生まれる。東京大学在学中に終戦となり、戦災を受けた東京の都市社会調査を行う。1947（昭和 22）年同大学第一工学部建築学科卒業。同年戦災復興院技術研究所に勤務し、住宅問題、都市計画の調査・研究を手がける。

1952（昭和 27）年より経済審議庁に出向し経済計画の策定に参画。1957（昭和 32）年からは建設省で、特定地域の総合開発、特に河川総合開発計画に着手。東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、有明海等の内海の総合調査に取り組んだ。

1962（昭和 37）年に工学博士。経済企画庁総合開発局へ。同年策定の全国総合開発計画（一全総）から 1998（平成 10）年の第 5 次全国総合開発計画（五全総）まで、一貫して国土政策・国土行政に深くかかわる。1977（昭和 52）年国土事務次官、1979（昭和 54）年退官。

1979（昭和 54）年、認可法人の政策研究機関である総合研究開発機構（NIRA）の第 2 代理事長に就任。12 年間の在職中に、世界のシンクタンクとの研究交流の輪を広げ、また国内シンクタンクの協力を得て、約 450 余の研究プロジェクトを手がけた。総合的なプロジェクトとして取りまとめたものに『事典 1990 年代日本の課題』『事典アジア太平洋—新しい地域像と日本の役割』がある。また大都市問題（東京論、土地・住宅問題、首都機能、世界都市）も力を注いだ研究のひとつである。1991（平成 3）年退任、翌年まで顧問を務める。



1992（平成 4）年、株式会社東京海上研究所理事長に着任。企業の未来についてさまざまな視点から研究を進め、深い関心を寄せたテーマ「ボランティア経済」について、三部作（『ボランティア経済の誕生』『ボランティア経済学への招待』『ボランティア経済と企業—日本企業の再生はなるか？』）としてとりまとめた。2001（平成 13）年より研究顧問、サロン会長を務め、2003（平成 15）年 6 月退任。

1994（平成 6）年には、これまでの国土政策を集大成し、国土計画の歴史から 21 世紀の国土に至る長期的視点を盛り込んだ『戦後国土計画への証言』を出版。また、1995（平成 7 年）から 1 年間にわたって、阪神・淡路復興委員会委員長を務め、同地域の復興施策をまとめ上げた。このほか、日中経済知識交流会顧問、日英 2000 年委員会委員、日米欧委員会日本委員会委員、社団法人日本プロサッカーリーグ（Jリーグ）裁定委員会委員など、各種団体の要職を務める。



2003（平成 15）年 7 月、下河辺研究室会長、有限会社青い海会長に就任。

2014（平成 26）年 6 月、下河辺淳氏の個人事務所「下河辺研究室」「有限会社青い海」を閉室。

2016（平成 28）年 8 月 13 日逝去（享年 92 歳）。

\*「下河辺淳アーカイヴス」では、下河辺氏に関する関連資料や情報等について、随時収集を行っております。本件についての情報提供、資料のご寄贈等ございましたら、下記までご連絡いただきますようお願い申し上げます。

一般財団法人日本開発構想研究所 「下河辺淳アーカイヴス」 TEL：03-3504-1760 FAX：03-3504-0752  
E-Mail:shimokobe-arck@ued.or.jp

# 下河辺淳アーカイヴス Archives Report バックナンバー

| 巻号     | 発行<br>年月 | タイトル                          | 主な内容                                                                                                                                                                | 版型／<br>頁数 |
|--------|----------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Vol.22 | 2026・06  | 世界の中の沖縄—平和な島を目指して             | 「下河辺メモ」と普天間基地返還合意後の30年（江上 能義氏×及川 耕造氏×坂口 一氏）／沖縄を平和の島へ—その実現の困難な歴史と現状—（宮本憲一氏）／沖縄県公文書館における「下河辺文書」の意義と役割（仲本和彦氏）／所蔵資料から見る、下河辺淳と沖縄（島津千登世）                                  | A4/60     |
| Vol.21 | 2025・06  | 災後の時代にどう生かすか<br>阪神淡路大震災30年の検証 | 「創造的復興」の夢と現実—阪神・淡路大震災30年の教訓（御厨貴氏×飯尾潤氏×神田榮治氏×加藤正文氏）／下河辺淳氏の国土・土地政策を検討する（宮本憲一氏）／下河辺さんとの思い出（堀内正美氏）／戦後国土計画関連資料アーカイヴスより（島津千登世）                                            | A4/58     |
| Vol.20 | 2024・06  | ボランティア・エコノミー                  | 「ボランティア—経済」研究の経緯と展望（根本博氏）／「戦後国土計画関連資料アーカイヴスについて」（島津千登世）／「戦後国土計画関連資料アーカイヴスより—1 列島改造」（島津千登世）                                                                          | A4/66     |
| Vol.19 | 2023・06  | 「文化首都」再考                      | 鼎談「『文化首都』再考」（石毛直道氏×端信行氏×中牧弘允氏）／「国土政策は文化とどのように向き合ってきたか」（幾度明氏）／「その日その日を楽しんでやりなさい」（佐藤友美子氏）／関西文化学術研究都市と「下河辺メモ」（島津千登世）                                                   | A4/72     |
| Vol.18 | 2022・06  | 地域から考える国づくり                   | 「地域から考える国づくり」（青山公三氏）／「復帰50年の沖縄から国づくりを考える」（江上能義氏）／「下河辺DNAを残す手づくりシンクタンク」（嶋津隆文氏）／「斜面地居住を考える～都市再生の現場から」（檜嶺貢氏）／「冗談亭日常・下河辺さんのことなど」（中谷健太郎氏）／「データで見る、下河辺淳と『地域』のかかわり」（島津千登世） | A4/66     |
| Vol.17 | 2021・06  | 相生相剋一人、自然、そして国土               | 「下河辺さんのこと」（小野寺浩氏）／「人、自然そして国土～人と自然研究会報告」（渡辺綱男氏、亀澤玲治氏、鳥居敏夫氏）／「脱炭素社会への疑問～私は炭素でできている」（中村桂子氏）                                                                            | A4/66     |
| Vol.16 | 2020・06  | 365日の川を想う—流域圏構想               | 「ふたたび流域へ」（竹村公太郎氏）／「＜流熱派＞への変わらぬ期待」（岸由二氏）／「所蔵資料にみる『下河辺淳と流域圏構想』」（島津千登世）                                                                                                | A4/56     |
| Vol.15 | 2019・06  | 下河辺淳：国際交流の足跡                  | 「下河辺淳：国際交流の足跡」（島津千登世）                                                                                                                                               | A4/62     |
| Vol.14 | 2018・06  | 首都機能移転と「下河辺メモ」                | 「首都機能移転と『下河辺メモ』」（島津千登世）                                                                                                                                             | A4/56     |
| Vol.13 | 2017・06  | 追憶—異彩のプランナー 下河辺淳氏を偲ぶ—         | 〔追悼寄稿〕木幡和枝氏、今野由梨氏、近藤共子氏、高島由美子氏、富田玲子氏、中村桂子氏、日根野真弓氏、比屋根米子氏、藤田桂子氏、下河辺千穂子氏                                                                                              | A4/52     |
| Vol.12 | 2016・06  | 下河辺淳の地方へのまなざし                 | 鼎談「下河辺淳の地方へのまなざし～虫の目・鳥の目・魚の目」（榛村純一氏×辻一幸氏×戸沼幸市氏）                                                                                                                     | A4/47     |
| Vol.11 | 2015・06  | 震災復興～阪神・淡路大震災 20年の教訓～         | 対談「震災復興～阪神・淡路大震災 20年の教訓～」（五百旗頭真氏×御厨貴氏）／「阪神・淡路復興委員会と下河辺淳氏」（島津千登世）                                                                                                    | A4/40     |
| Vol.10 | 2014・06  | 下河辺淳所蔵資料からみる「沖縄」              | 鼎談「沖縄県政と下河辺淳氏」（吉元政矩氏×坂口一氏×上原勝則氏）／「『沖縄問題同時検証プロジェクト』を振り返る」（御厨貴氏）／「沖縄問題を解決するために（下河辺メモ）」（江上能義氏）                                                                         | A4/41     |
| Vol.9  | 2013・06  | 戦後国土計画関連資料アーカイヴスの開設           | 「戦後国土計画関連資料アーカイヴスの開設にあたって」（下河辺淳）／「戦後国土計画関連資料アーカイヴスについて」（島津千登世）                                                                                                      | A4/41     |
| Vol.8  | 2011・12  | 「頭脳なき国家」を超えて                  | 対談「『頭脳なき国家』を超えて」（小川和久氏×下河辺淳）                                                                                                                                        | A4/29     |
| Vol.7  | 2011・06  | 38億年の生命誌—生きものとしての人間を考える       | 対談「38億年の生命誌—生きものとしての人間を考える」（中村桂子氏×下河辺淳）                                                                                                                             | A4/25     |
| Vol.6  | 2010・12  | 日本経済—その来し方行く末—                | 鼎談「日本経済—その来し方行く末」（香西泰氏×小島明氏×下河辺淳）                                                                                                                                   | A4/27     |
| Vol.5  | 2010・06  | 日本列島の未来                       | 対談「日本列島の未来」（御厨貴氏×下河辺淳）                                                                                                                                              | A4/35     |
| Vol.4  | 2010・03  | 水と人のかかわり                      | 鼎談「水と人のかかわり—流域に生きる」（青山俊樹氏×定道成美氏×下河辺淳）                                                                                                                               | A4/27     |
| Vol.3  | 2009・11  | クルマ社会の未来                      | 対談「クルマ社会の未来」（志田慎太郎氏×下河辺淳）                                                                                                                                           | A4/21     |
| Vol.2  | 2009・07  | 日本の食と農を考える                    | 対談「日本の食と農を考える」（石毛直道氏×下河辺淳）                                                                                                                                          | A4/21     |
| Vol.1  | 2009・03  | 21世紀の日本とアメリカ                  | 対談「21世紀の日本とアメリカ」（山本正氏×下河辺淳）                                                                                                                                         | A4/21     |

※Vol.1「21世紀の日本とアメリカ」を除き、若干の余部がございます。

ご希望の方は、一般財団法人日本開発構想研究所「下河辺淳アーカイヴス」までご連絡下さい。

一般財団法人 日本開発構想研究所 復刊UEDレポート バックナンバー

| 巻号   | 発行<br>年月 | タイトル                                        | 主な内容                                                                                            | 版型/<br>頁数 |
|------|----------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 第24号 | 2026・01  | 災害と社会、地球環境に関する広域的研究論文報告集                    | 17論文収録〔星野克美氏、熊澤栄二氏、糸長浩司氏、外岡豊氏、橋本隆雄氏、中林秀仁氏、青木誠治氏、神田順氏、野末雅寛氏、富樫豊氏、大塚彩美氏、岡田成幸氏〕                    | A4/160    |
| 第23号 | 2025・06  | 21世紀中葉におけるわが国の高等教育の在り方                      | 8論文収録〔阿部和彦氏、梶田叡一氏、荒井克弘氏、弦間正彦氏、鳥飼玖美子氏、岩尾洋氏、田村秀氏、長島有公子・景山紘翔氏〕                                     | A4/80     |
| 第22号 | 2024・06  | 今、再び「ウェルビーイング」を考える                          | 8論文収録〔阿部和彦氏、広井良典氏、添田隆昭氏、小澤いぶき氏、Biruk Tilahun Demissie氏他(エチオピア)、Chhado Drukpa氏(ブータン)、藤原整氏、小畑晴治氏〕 | A4/94     |
| 第21号 | 2023・06  | 荒ぶる地球・激動する世界におけるくにつくり                       | 8論文収録〔阿部和彦氏、木村実氏、瀬田史彦氏、薄井充裕氏、小畑晴治氏、大木健一氏、戸沼幸市氏、金子健氏〕                                            | A4/80     |
| 第20号 | 2022・06  | 研究所が歩んで来た半世紀をふりかえるー財団法人日本開発構想研究所 50 周年に寄せてー | 研究所内外の約100名の執筆者に、50周年の祝辞と半世紀の研究所の活動に寄せて思うことを語ってもらった                                             | A4/244    |
| 第19号 | 2021・06  | ポストコロナの持続可能な都市と国土ーSDGs と NUA を巡って           | 7論文収録〔岡部明子氏、志摩憲寿氏、外岡豊氏、梅田勝也氏、小畑晴治氏、大木健一氏、阿部和彦氏〕                                                 | A4/104    |
| 第18号 | 2021・別冊  | 新宿研究会活動報告                                   | はじめに、シンポジウム(田島泰、木村晃郁、椎原晶子、梅澤隆)、追想(中山弘子、青柳幸人)、参考報告、むすび                                           | A4/90     |
| 第17号 | 2020・06  | コロナ・パンデミックに対応できる国づくり、まちづくり                  | 8論文収録〔戸沼幸市氏、大西隆氏、石川幹子氏、川上征雄氏、大木健一氏、小畑晴治氏、梅田勝也氏、阿部和彦氏〕                                           | A4/72     |
| 第16号 | 2019・06  | グローバルとローカルの交叉する世界の国土・地域政策                   | 14論文収録〔麦島健志氏、野田順康氏、城所哲夫氏、瀬田史彦氏、片山健介氏、岡部明子氏、志摩憲寿氏他〕                                              | A4/112    |
| 第15号 | 2018・06  | 大学改革と地方創生ー地方大学振興のあり方ー                       | 1座談会7論文収録〔天野郁夫×合田隆史×梶田叡一×荒井克弘×鎌田積×戸沼幸市6氏の座談会、鳥飼玖美子氏、金城正英氏他〕                                     | A4/100    |
| 第14号 | 2017・06  | 下河辺淳とその時代を語るー下河辺淳研究の勧めー                     | 1鼎談1対談6論文収録〔大西隆氏・栢原英郎氏・養原敬氏鼎談、今野修平氏、川上征雄氏、大内浩氏、後藤春彦・鈴木輝隆氏対談他〕                                   | A4/100    |
| 第13号 | 2016・06  | 地方再生と土地利用計画ー市町村による総合的な土地利用計画制度の提案ー          | 2会議録、6論文収録〔梅田勝也氏、水口俊典氏、土屋俊幸氏、養原敬氏、安曇野市・篠山市・桜川市の土地利用計画事例〕                                        | A4/102    |
| 第12号 | 2015・06  | 戦後70年の国土・地域計画の変遷と今後の課題                      | 1鼎談7論文収録〔今野修平氏・藤田隆成氏・川上征雄氏鼎談、北本政行氏、梅田勝也氏、橋本武氏他〕                                                 | A4/98     |
| 第11号 | 2014・06  | 土地利用計画制度の再構築に向けてー人口減少社会に対応した持続可能な土地利用を考えるー  | 7論文収録〔大村謙二郎氏、交告尚史氏、高鍋剛氏、梅田勝也氏、西澤明氏・明石達生氏・大橋征幹氏他〕                                                | A4/72     |
| 第10号 | 2013・06  | 大学の国際化とグローバル人材の育成                           | 6論文収録〔潮木守一氏、森田典正氏、南一誠氏、藤井敏信氏、吉崎誠氏、角方正幸氏他〕                                                       | A4/54     |
| 第9号  | 2012・06  | 大震災後の国づくり、地域づくり                             | 7論文収録〔大和田哲生氏、橋本拓哉氏、中山高樹し、今野修平氏他〕                                                                | A4/78     |
| 第8号  | 2011・06  | みちを切り拓くコミュニティの力ー超高齢化・人口減少の中で、未曾有の大震災と遭遇ー    | 7論文収録〔広井良典氏、巽和夫氏、村井忠政氏、檜谷恵美子氏、森反章氏他〕                                                            | A4/68     |
| 第7号  | 2010・07  | 地域経営                                        | 8論文収録〔平松守彦氏、望月照彦氏、西尾正範氏、鈴木豊氏他〕                                                                  | A4/94     |
| 第6号  | 2009・11  | 大都市遠郊外住宅地のエリアマネジメント                         | 1会議録7論文収録〔小林重敬氏、中城康彦氏、梅田勝也氏、佐竹五六氏他〕                                                             | A4/94     |
| 第5号  | 2009・03  | ネットワーク社会の将来                                 | 1対談8論文収録〔石井威望氏×戸沼幸市氏、斉藤諦淳氏、澤登信子氏、藤井敏信氏他〕                                                        | A4/96     |
| 第4号  | 2008・07  | グローカル時代の地域戦略                                | 1対談8論文収録〔下河辺淳氏×戸沼幸市氏、大村虔一氏、石井喜三郎氏、今野修平氏他〕                                                       | A4/88     |
| 第3号  | 2008・01  | 諸外国の国土政策・都市政策                               | 9論文収録〔城所哲夫氏、片山健介氏、村上顕人氏、大木健一氏他〕                                                                 | A4/86     |
| 第2号  | 2007・07  | 大学改革と都市・地域の再構築                              | 10論文収録〔天野郁夫氏、福井有氏、牧野暢男氏他〕                                                                       | A4/88     |
| 第1号  | 2007・01  | 人口減少社会の研究ー人口減少社会の将来像、国のかたち、地域のかたち           | 10論文収録〔正岡寛司氏、坂田期雄氏、天野郁夫氏、今野修平氏他〕                                                                | A4/74     |

※2008・01号「諸外国の国土政策・都市政策」、2011・06号「みちを切り拓くコミュニティの力」を除き、若干の余部がございます。  
ご希望の方は、総務室までご連絡下さい。



当研究所は、昭和 47 年 7 月からの歴史を踏まえ、平成 24 年 7 月に、財団法人日本開発構想研究所(特例民法法人) から、国の「公益法人制度改革」に伴い「一般財団法人日本開発構想研究所」に名称を変更いたしました。

評議員及び役員等一覧

【評議員】

【役 員】

【顧問等】

## 基本理念

一般財団法人日本開発構想研究所は、くにつくりから、まちづくり、ひとづくりまで、活力に満ちた明日の社会の形成に役立つ学際的な研究調査を、人と人とのふれ合いを大切に、地道に進めるために設立された研究機関です。

そのため、多彩な研究者からなる内部スタッフを擁し、必要に応じて外部専門家の協力を得つつ総合的かつ実践的な研究を行うシンクタンクとしての歩みを進めています。

(令和7年6月)





- 銀座線虎ノ門駅B 4 出口より徒歩1 分
- 日比谷線虎ノ門ヒルズ駅B 4 出口より徒歩1 分
- JR 新橋駅から徒歩1 5 分

UEDレポート

[発行所] 一般財団法人 日本開発構想研究所

〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-16-4 アーバン虎ノ門ビル7 階

TEL. 03-3504-1766(代)

FAX. 03-3504-0752

E-mail : office@ued.or.jp

URL : https://www.ued.or.jp

2026年6月発行

