

人工知能の現状と展望

西田 豊明 ●京都大学 大学院情報学研究所 教授

現代の人工知能ブームは、機械学習とデータマイニングが中心。膨大なデータからのパターン発見や選別のコストパフォーマンス向上が大きなメリットをもたらす分野への適用が有望。

人工知能は、知覚、行動、情動、コミュニケーション、推論、記憶、問題解決、判断と意思決定、学習といった、人に特有な知的な情報処理機能を、コンピューターを使って実現した人工システムである。以下では、人工知能の研究開発の歴史、現代の人工知能の特徴、より大きな歴史の潮流の中での人工知能の位置づけ、今後の展望について述べる。

■人工知能の研究開発の歴史

人工的な手段を用いて知能を再現したいという夢への取り組みが本格化したのは、1950年代になって、商用コンピューターが利用可能になってからである。1956年夏に、後にダートマス会議と呼ばれる集中討論会が開催され、集まった草分け研究者たちが、自らの研究分野を人工知能(Artificial Intelligence)と名づけた。2度の「冬の時代」を経て、人工知能技術の研究は順調に進展してきた。

1960年代の第1の人工知能ブームでは、誕生したばかりの、今から見れば極めて原始的なコンピューターを背景に、人工知能研究者たちはさまざまな夢を語り、希望に満ちていた。この時期、手法的に成功したのは、プログラマーが与えた問題解決のコツに従って問題空間から解を効率的に

探し出す発見的探索技術である。現在の人工知能技術の原型となる萌芽的なアイデアも一通り提案されたが、いずれも原始的な段階にとどまった。研究費獲得にともなって表明された機械翻訳や知能ロボットなどに関わる目標は、ほとんど達成されず、1回目の冬の時代を招いた。ただし、研究開発自体は地道に続けられ、人工知能技術はコンピューター技術の高性能化に後押しされて順調に発展していった。

1980年ごろからはじまる第2の人工知能ブームでは、専門家の知っていることを記述してコンピューターで実行するための知識表現言語を中心とした、知識の表現と利用に基づく「エキスパートシステム」が実現された。エキスパートシステムは、いくつかの限定された専門的タスクについては、専門家に匹敵する能力を示した。この手法は、処理能力の限定されたコンピューターには整合していたものの、専門家の知識をエキスパートシステムが理解できる記号表現に変換し、知識の更新に応じて更新し続けるためのコストが膨大であるという「知識獲得ボトルネック」の問題が露呈した。当時の技術では、この問題を解決することができず、2回目の冬の時代を招いた。

2010年ころからはじまる第3の人工知能ブームは、経験に基づいて自分の振る舞いを改良する

機械学習と、大量のデータに内在するパターンの発見手法であるデータマイニングを中心としている。機械学習の研究自体は1980年代から本格化した。2006年に発表されたディープラーニングによって、学習に有効な、対象の階層的な特徴情報を、人工知能システムが自力で見つけられるようになったため、機械学習システムの能力が格段に向上した。これが現在の人工知能ブームに拍車をかけている。

他方、見逃してはならないのは、以上の技術の潮流と並行して、プランニングや不確実性推論が継続して進行し、知覚情報処理、マルチモーダルインタラクション、自然言語処理、知能ロボティクスなど、人工知能の基盤を形成する隣接分野でも並行した研究が進展したことである。さらにその背後には、コンピューターとインターネット技術の指数的发展がある。

理論的には、現在のコンピューターはあらゆるコンピューターで行われる「計算」をすべてシミュレーションできるユニバーサルチューリングマシンを物理的に実現したものであるとみなされる。ユーザーはユニバーサルチューリングマシンを1台保有していれば、それに「プログラム」を与えるだけで他のユニバーサルチューリングマシンでできることすべてが再現できる。

実際は、実装されているメモリが有限なので上記の通りにはならないが、理論におけるユニバーサルチューリングマシンの存在のおかげで、メーカーはユニバーサルチューリングマシンたるコンピューターの実装に注力でき、ムーアの法則に象徴されるすさまじい勢いでコンピューターの性能向上と価格低下がもたらされたと考えられる。

また、インターネットも性能・普及率向上が顕著であり、企業がツールを統合してプロダクトを開発したり、クラウドソーシングによって自力で研究開発のためのデータを収集したり、既存の

ビッグデータを活用して人工知能サービスを開発したり、人間によるサポート体制を実現したりするためのプラットフォームとして、人工知能システムの発展に大きな貢献をした。

■現代の人工知能

いまの人工知能技術の適用範囲は、エンタテインメント（ゲームプレイ）、コミュニケーションパートナーとアドバイザー（話し相手、情報アシスタント・秘書、診断・アドバイス）、ネットワーク応用（社会のウォッチャー、フィンテック）、人間対応（店頭対応、ヒューマンケア）、業務自動化（自動運転車、保安・警備、リテイリング、物流、製造、製薬、サイエンス）、教育、芸術など、日常生活レベルから基盤業務レベルにわたって広がっている。

成功パターンは、①ゲームのように自己完結した世界で発見的探索と高速計算を巧みに使って人間の能力を超える（典型例は、AlphaGo）、②徹底的に情報化された世界で、これまで人間の知覚に依拠してきた作業を完全自動化して、徹底したハイパフォーマンス化とコストダウンを行う（典型例は、フィンテック、製薬、製造、物流、リテイリング）、③情報をきちんと解釈できる人間のために、膨大な資料の中から有用な情報をリアルタイムで探し出す（成功例は、IBM Watsonの医療・健康応用）、に大別される。いずれも、膨大な情報の中から情報をうまく選別する人間の能力を安価で高性能な人工システムで代替するということで経済的価値を創出している。ディープラーニングは、上に述べた特徴をさらに強力なものにしている。

逆に、すぐに成功することが難しいのは次のようなケースである。④人工知能が誤った判断をしたときのダメージが甚大になる恐れがある（たとえば、完全自動運転車）とき。⑤正解かそうでな

いかを短時間で客観的に判断できない、判断基準が人によってばらつく、何を最大化していいかわからない、などの理由で正解データを大量に集められないタスク（たとえば、総合的な評価や長期的なポリシーの策定）。⑥利用できる「身体」能力が貧弱なため、人工知能の高度な情報処理の結果をうまく反映できない場合（たとえば、給電なしで身軽で俊敏な作業を長時間持続できる知能ロボット）。⑦知覚、行動、情動、コミュニケーション、推論、記憶、問題解決、判断と意思決定、学習などの個々の知能計算を一体化して人間のようには機能させたい場合。

各コンポーネント単独では人間を上回る性能を出せても、まだ局所的な範囲にとどまっており、不完全で人間の知能の広さと汎用性にははるかに及ばない。SF映画に登場するような、一定の意思のもとで統合された行動ができ、進化し続ける人工知能が実現されるとしても、まだかなりの年月を要するであろう。

■より大きな歴史の潮流の中で

人間は、衣食住に支えられた安全で快適な生活を確保するために、社会的組織（「コーポレーション」）をつくり、相互協力してきた。職業はこの仕組みの中で生まれ、物資やサービスの価値を定量化し、交換したり蓄積したりするための社会的な手段として貨幣が使われてきた。人間は、また、さまざまな情報を表現し、利用するための手段として、言語を発明し、運用してきた。書き言葉を発明し、経験で得た知識を記録として書きとどめて後代に伝承し、発展させた。

人が人を支えるという枠組みは、質・量ともに限界があるので、人間社会は、道具やテクノロジーを発明し、限界を克服してきた。環境からの情報を感知して環境に働きかけるからくりを「マキナ」と呼ぼう。人類が培ってきたマキナは、自

然の力を利用したマキナ、機械仕掛けのマキナ、電気仕掛けのマキナ、コンピューター制御のマキナという4段階の発展段階を経て、いま知覚を備えた知的なマキナという第5の発展段階に達し、人の介在なしに自律的に行動するマキナの実現と活用が射程に入った。

初期のマキナは、人間の物理能力だけを拡張したが、やがて情報能力をも拡張するようになった。人工知能技術が発展するまでは、言語を理解し、言語で表現された知識を活用し、行使できるのは人間だけであったが、レベル4のマキナの出現により、人がいなくても知識が行使できるようになった。

当初のうちは、情報技術を活用するためには、コンピュータープログラミング用に特別に設計された言語（プログラミング言語）を使用し、知覚能力のないコンピューターが高い効力を発揮できるよう環境を整備することが必要であり、情報処理に使われるデータやプログラムを供給する手段を確保しなければならなかった。

現代は、インターネットにより地上の情報資源が相互接続されるようになり、データやプログラムの供給は自動化されたものの、人工知能の知覚・知能は限定的であるので、コーポレーションはグローバルな情報ネットワークに立脚する情報システムを人間が運用するという形態にとどまっている。

人工知能技術によりコンピューターが知覚・知能処理能力をもつようになるにつれ、上に述べた制約は次第に弱まりつつある。21世紀の前半のうちに、ほとんど完全に人工知能化されたコーポレーション（「AIコーポレーション」、経営責任者と少数の中心メンバー以外は人工知能に駆動されたロボットによって運営される組織）が登場し、電気、水道、ガス、移動、通信から構成される都市インフラを稼働させ、原料と部材の設計、生産、

組み立て、配送、オペレーション、メンテに至るまで自律的に実行できるようになるだろう。

人工知能以実行可能になった知識に基づいて社会の運用ができるようになると、人間の主要な役割は、AIコーポレーションが適切に稼働するように知識をメンテナンスし、それが適切に実行されているかどうかをモニターするとともに、AIコーポレーションがよりよいサービスを提供できるよう、新しい知識を創造し、社会実装することである。

■ 過渡期の人工知能

現在は、共生社会の前提となるAI社会への過渡期として位置づけられる。過渡期では、これまで人間によるコーポレーションが提供してきたさまざまなサービスが、クラウド上でコンポーネント化されていき、コンポーネント間インタフェースの規格化が進み、コンポーネントが少しずつ人工知能に置き換えられていって、ついに、AIコーポレーションの出現に至るといったシナリオが進行する。

他方、過渡期には従来の社会システムに対する変革が生じるので、社会でいろいろな軋轢が生じるのではないかという不安が表明されている。こうした不安の多くは、人工知能の高度化により、研究開発、実用化、製品化、運用における至る所でほころびが出はじめ、統治不能になるのではないかという危惧に起因していると考えられる。知覚・知能能力の高い人工知能がサービスに使われることで、消費者がサービス提供者の言いなりになってしまったり、社会基盤を担う人工知能システムが制御不能に陥り、日常生活の安全性を脅かしたりするのではないかという恐れがある。

人工知能が健全に発展していくためには、安全性を確保し、不安を解消していく必要がある。人

工知能の研究開発が人々をあまねく苦痛から解放し、豊かにするために行われなければならないという信念のもとで、人工知能を共生型のテクノロジーとして、人間社会のなかで調和的に定着させる努力を欠くことができない。人工知能倫理要項の制定は、社会における不安の表明に対応し、人工知能研究者からのメッセージを社会に発信することを目的としている。欧州議会や、米国IEEE標準化委員会¹、総務省AIネットワーク社会推進会議²などでガイドライン策定に向けた活動が開始されている。

参考文献

[西田 2012] 西田豊明。人工知能研究半世紀の歩みと今後の課題、情報管理, Vol. 55, No. 7, pp. 461-471 (2012)

[西田 2014b] 西田豊明。人間力・社会力を強化する情報通信技術：人工知能を中心に、情報管理, Vol. 57, No. 8, pp. 517-530 (2014)

[西田 2015] 西田豊明。人工知能がもたらす未来の「スマート」、CEL, Vol. 111 (2015年11月02日)

[西田 2016b] 西田豊明。いまのAIの実力、月刊金融ジャーナル (2016.9)

[西田 2016c] 西田豊明。人工知能の光と影 (上) 一日米欧、倫理問題対応急ぐ、日本経済新聞・経済教室 (2016年9月6日)

[西田 2016d] 西田豊明。人間調和型人工知能をめざして、招待講演、人工知能学会研究会資料、SIG-AGI-004-04 (2016)

[松尾 2016] 松尾豊、西田豊明、堀浩一、武田英明、長谷敏司、塩野誠、服部宏充、江間有沙、長倉克枝。人工知能と倫理、人工知能, Vol. 31, No. 5, pp. 635-641 (2016)

1. http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous_systems.html
2. http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/ai_network/



1996, 1997, 1998, 1999, 2000...

[インターネット白書ARCHIVES] ご利用上の注意

このファイルは、株式会社インプレスR&Dが1996年～2017年までに発行したインターネットの年鑑『インターネット白書』の誌面をPDF化し、「インターネット白書 ARCHIVES」として以下のウェブサイトで公開しているものです。

<https://IWParchives.jp/>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、データ、URL、名称など)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真・図の作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は掲載されていない場合があります。
- このファイルの内容を改変したり、商用目的として再利用したりすることはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用される際は、出典として媒体名および年号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレスR&D)などの情報をご明記ください。
- オリジナルの発行時点では、株式会社インプレスR&D(初期は株式会社インプレス)と著作者は内容が正確なものであるように最大限に努めました。すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

お問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

✉ iwp-info@impress.co.jp