

レクチャーシリーズ 「人工知能とは」 [第8回]

人工知能とは (8)

What's AI? (8)

武田 英明
Hideaki Takeda

国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系
Informatics Principle Research Division, National Institute of Informatics.
takeda@nii.ac.jp

Keywords: artificial intelligence, social intelligence, collective intelligence, knowledge, WWW.

1. ま え が き

本連載も8回目となり、これまでの執筆者の説明の中にたいいてい答えは用意されている。改めて勉強させられることが多くて、著者がこの続きを書くのはもはや蛇足ではないかと不安を覚えつつ、せっかくの機会なので、これまでの執筆者との相違点を中心に記していきたいと思う。なお、類似のことを違う言葉で言い換えたりするのはかえって紛らわしくなるので、著者が大筋で同意する答えはそのまま引用して、話を進めることにする。

2. 人工知能が目指す知能とは

問い：人工知能とは何ですか？

答え：人工的につくられた、知能をもつ実体。あるいはそれをつくろうとすることによって知能自体を研究する分野である。(中島氏)

堀氏が指摘するように、この答え(ほかの人の答えにも)「知能」が含まれている。では、ここでいう知能とは何であろうか。実は、この文章の中の「知能」はあくまで人工知能という研究分野における「知能」であり、その背景なしの一般的な意味での「知能」でない^{*1}。

人工知能という概念(分野)はコンピュータサイエンスの歴史の中でも比較的古参であり、その中で「知能」は定義され、またその定義は変遷してきた。

人工知能という研究分野は1956年のダートマス大学での会議で明示的に現れている。世界初の汎用電子式コンピュータといわれるENIACが1946年稼働であることから考えても、コンピュータサイエンスの草創期から存在している。当然当時の貧弱な計算パワーではできることが限られていたわけで、それでも人工知能という分

野がつくられたのは、ある意味、コンピュータにかける人々の期待と見ることができよう。ちなみに1964年のACMの分類にはすでに应用の一つとして人工知能は位置付けられている^{*2}。

さて、初期の人工知能のターゲットされた分野は定理証明、ゲーム、探索であり、さらにはコンピュータビジョン、自然言語などが続いた。つまり、ここでの「知能」は定理証明をする能力であったり、ゲームをする能力であったり、探索する能力であるということである。

人間がもつ知能一般から見るとかなり特殊な能力である。

なぜ、このようなものがターゲットになったか。それは当時のコンピュータにおいてもきっと可能であり、かつ人間の知能の働きらしいものを選んだということであろう。確かに定理を証明する、ゲームをプレイするというのはいかにも人間の知能の発露らしいではないか。コンピュータサイエンスというのは多くの分野でプラグマティズムであり、実現可能性のあるところを研究するというのは悪くない。ただ、コンピュータサイエンスの分野と異なり「知能」などという抽象的あるいは哲学的用語を入れてしまっただけに、混乱を招いている。

問い：人工知能における知能とは何ですか？

答え：コンピュータによって実現の見込みがありそうな人間の知能の一部。

上の答えが歴史的には主流といってよいだろう。したがって、この見込みのありそうな知能はコンピュータ技術の発展によって、どんどん変わる。技術の発展という動き続ける白波の波頭が人工知能の研究分野といえよう。これが現在の人工知能学会全国大会の多様な分野を自然に受け入れているゆえんであろう。

ただ、これで知能に関する議論を終えては、はぐらか

*1 これを明示化するために浅田氏は「自然知能」という普通に考えれば不思議な名称を導入している。浅田氏のいう自然知能がここでいう普通の知能のことである。

*2 1964年の分類, <http://www.acm.org/about/class/1964>. 1991年の分類では計算方法論の1分野になっている(以降同じ)。

されたようで不満であろう。人工知能の視点からの知能をもう少し見ていこう。

最初に設定された人工知能のトピックスは単に人間の知能の特殊な部分というだけでなく、知能のレベルという視点から見ると中途半端なものであるという点も興味深い。つまり、発明をしたり小説を書いたりする創造性豊かな能力より低く、かといって単にものが数えられるかといった原始的な能力よりは高い。

人間の知能は重層的になっている。浅田氏の議論で詳細に説明されているとおり、人間の知能というものは生物としての知能のうえに成り立っているものである。一方、ほかの生物と異なり、人間は高度な社会を形成して、その中で生きている。人間には、このような社会をつくり、そしてこの社会の中に生きる知能というものが存在する。

この視点から見ると、どちらかといえば初期のトピックスは社会に生きるために必要される知能のほうである。ゲームをする能力とはルールに基づいてある設定された目的に向かうという能力であり、社会で生活するうえで重要な能力の一つである。コンピュータビジョンも初期のトピックスは積木といった人工的なオブジェクトの認識であった。つまり、人工知能研究が目指していたものは人間の知能のうち、社会的な営みをするに必要な知能の実現であったといえる。

もっとも、人工知能の原点がここであっても、そこから技術発展に応じて対象が変化していく。人工知能の研究者の多くはこの社会における知能の実現を目指していった。

このように考えていくと、溝口氏が以下のように知能を定義したのは、人工知能研究の初期から流れに沿っている。1～4は明らかに社会な存在として必要とされる知能である。

問い：知能を構成する要素にはどんなものがありますか？

答え：知能の要素をあげてみると、以下の六つがあると思われる。1. 推論と思考, 2. 学習と記憶, 3. 問題解決, 4. 言語とコミュニケーション, 5. 自己認識とメタ認知, 6. 先の五つのすべての基盤となる記号処理を支えるための、実世界と記号の双方向変換機能。(溝口氏)

この方法への拡張は人間の専門家の代行をさせようというエキスパートシステムの興隆と衰退という流れを経て、いったんいわば挫折する。その反動もあり、もう一つの方向への拡張、すなわち生物として知能の方向への拡張に多くの注目が集まるようになった。それは主にロボット研究との関係で進展していったことは浅田氏の説明にあるとおりである。

このような経緯によって今の人工知能の研究のテリ

トリーはつくられてきた。このシリーズでは両者のアプローチが紹介されており、それが全体で一つの知能を構成するかのように説明された。それを端的に示す図は溝口氏の図1であろう。

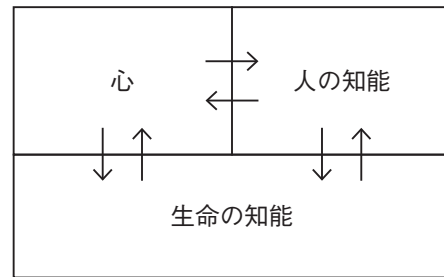


図1 自然知能の階層 (溝口氏)

一見問題ない図に思えるが、ここに実は誤解を生む仕組みが紛れ込んでいる。生命の知能と人の知能（これは前述の二つのアプローチに対応）が隣接するように描かれているが、このギャップはまだ大きい。これはあくまで扱うトピックスの関係性を描いているだけであり、これが一つの知能だという捉え方をするのは適切ではない。

生物としての知能は個別の生物に対する知能として扱うのは当然である。したがって、外部との関係性をできるだけ絞って、内因を探るということになる。しかし、社会に生きる知能は個々の人間に対する知能として切り離して考えることは適切ではない。人が社会に適応して生きていくことができるのに、何を外から学んだかを知るのは容易ではない。溝口氏は知能の問題を分解していったときになぜ「知識」が出てこなかっただろうかと率直に述べているが、知能を個々の存在とし単純に個の内因と外因に分けて考えると、知識は外因になってしまい、知能から分離されてしまうからである。ここに社会に生きる知能としての人工知能研究のボトルネックがあったし、またブレークスルーがある。

人工知能の初期の問題設定に戻って考えると、別に物理的に個にあたるような知能をつくりたかったわけではない。社会における知能を実現したかっただけである。個の知能という^(ひ)軛を外したところで、人工知能はあり得る。

ただ、エキスパートシステム開発における知識ボトルネック問題に象徴されるように、社会における知能研究では、探求すべき研究対象が何であるか判然としなかった。生物としての知能研究には生物という明確な研究対象があるが、社会における知能研究にはそれに対応するものはなかったというわけである。

そこで World Wide Web (以下 Web) の出現である。Web の歴史は語らなくてもよいだろう。とにかく Web は人類のもつありとあらゆる情報・データを吸収して成長を続けている。これは大きな技術展開であり、我々は初めて社会における知能を追求するための研究対象を手

に入れた。社会における知能は、Web時代において「コンピュータによって実現の見込みがありそうな人間の知能の一部」になったのである。

これをここでは社会的知能ということにしよう。そして人工的な社会的知能として人工知能をこの先では考えよう。以下はこれまでの質問を「人工知能」を「社会的人工知能」に「知能」を「社会的知能」と読み替えて見ていく。

3. 社会的人工知能とは

問い：社会的人工知能における知能とは何ですか？

答え：人間が社会で生きていくうえで必要な能力。

社会における人間は他の人間との関係が必須である。他の人間あるいは総体としての社会と切り離してしまっただけではその能力は消えてしまう。人間とその関係性で捉えるのが適切である^{*3}。むしろ関係する個を全体として見る人間の集団・コミュニティ・社会を対象にしたほうが知能を捉えるのに適切なこともある。つまり社会的知能を考えるうえで生物として個体に限定する必要はない。つまり社会的知能の担体は個人であることは必須ではないということであり、社会的人工知能も同様である。

問い：社会的人工知能が実現することが期待される知能はどのようなものか。

答え：まだよくわからない。集団的行為、創造的行為、議論行為といったことはその一部であろう。

社会的な知能とは何であるか、それは我々の社会がどんなものであるかを知ることと同値である。巨視的に見れば文明をつくることなのである。ただ人工知能における社会的知能は、実現の見込みがありそうな知能なので、いきなり究極的な知能を目指す必要はない。今の技術水準から見て、複数の人やエージェントが共同して何かを行うといった集団的行為、何かをつくり出すという創造的行為、お互いに意見を交わし合う議論行為はスコープに入るだろう。さらにはその組合せとして新たな知識をつくる行為が可能となる。

問い：社会的人工知能は実現可能か。

答え：はい。

Google検索は社会的人工知能の成立の可能性を示している。知能としては記憶だけであるが、我々人間が社

会的能力として必要とされた記憶能力に類似した能力を発揮している。IBM社のWatsonはもう一歩進んで問合せに対する回答能力をもった社会的人工知能といっていよう。あるいは大規模コーパスに基づく翻訳システムも異なるタイプの社会的人工知能の萌芽といえよう。

興味深いことに、これらのシステムは人間の能力の模倣としてつくられてはいないが、結果として人間の能力に似た能力を提供している。これはこれまで諸氏が明に暗に述べてきたように、人工知能は自然の知能の模倣ではなく機能として同等のものをつくるという立場とよく合致している。

4. 知能と知識

問い：社会的人工知能の実現にはどうしたらよいか。

答え：人間間のインタラクションと社会における人間の振舞い、社会の構造や活動、知識の観察・収集・分析を通じて行う。

社会といっても、原始的なムラ社会からグローバル化した高度な現代社会まで多様である。原始的なムラ社会であれば、言語能力、対人能力、協調的活動能力など求められる能力は比較的少数であろうが、一方、今の日本にあるような現代社会ではより多種多様な能力が求められている。すべてをいきなり解くのではなくて、取り組みやすいところから順次組上に乗せていけばよいだろう。

ここでは対象を大きく三つのカテゴリーに分けた。人間間のインタラクションと社会における人間の振舞いは人間が直接関わる活動で、これは生物として人間との接点になる。一方、社会の構造や活動は、社会的な人間にとって生きていく環境でありかつ、先の活動によってつくられるものである。知識はこの両者、人間の社会的活動と社会を結び付ける手段である。

今、Webによって我々の社会的活動はかなり多く観察・収集されるようになった。多くのデータを集めるだけでもわかることはたくさんあるが、さらに先に進むにはモデルが必要である。それがヒューリスティックに人類が長年かけてつくり上げてきたのが知識である。知識によって、我々の社会的活動は解釈可能かつ実行可能になっている。

問い：知識とは何なのか？

答え：知識とは社会を維持するために社会の記憶を伝達する媒体(メディア)である。

この考えはDawkins [Dawkins 76] が導入したミーム(meme)やその考えに触発されたStefik [Stefik 86] の知識メディアと同じである。知識は言葉のないところでは身振り手振り、話し言葉があるところでは口伝で、書

*3 これは生物としての知能が環境に依存するという点と同形である。が、生物における環境は多くは所与であり関係の仕方もおおむね不変であるのに対して、社会の存在や社会との関係はより相互的かつダイナミックなものである。

き言葉があるところでは文書で表現される。これからはコンピュータを使って表現されるだろう。

伝える必要がないところには知識は存在しない。例えば、無人島に流れ着き孤独に過ごす人には知識は存在しない。自分の体験・経験に意味があるという話することも書くこともない以上、外在化されないという点において知識は存在しない*4。この人が知識をもっていないのではなくて、知識は伝達するために初めて存在すると考えるからである。

問い：知能と知識の関係は何か？

答え：知識は外在化された知能の一部である。

知識は我々の社会の歴史的活動の所産であり、社会的知能の重要な一部である。人間は知識を学ぶことで社会的知能を身に付ける。

データで記述できるような知識が知能という能力の一部になるというのは奇異に思えるかもしれない。しかし、これはプログラムコードのアナロジーなら理解できるだろう。プログラムコードはそれ自身はデータであるが、解釈可能なプロセッサがあれば実行可能になる。

また知識を解釈できる（理解できる）にはまた知識が必要である。プログラムコードのアナロジーでいえば解釈するためのプロセッサのためにまたプログラムコードが必要ということである。このような重層性が社会的知能を多様かつ豊かにしている。また、このような重層性をほどこいていくと、その先には生物的知能との接点があるだろう。

問い：知識は研究可能か？

答え：はい。しかし、まだ始まったばかりである。

知識は研究対象になり得て、現在も研究されている。しかし、その研究のレベルはまだずっと低い。科学を第1の科学を理論科学、第2の科学を実験科学、第3の科学をシミュレーション科学と段階的に分けるとするならば、まだ第1の科学に届いているかが怪しい。人工知能におけるオントロジーの研究は提唱されて20年以上経つが [Gruber 92]、まだ思弁的科学（第0）の域にある。非単調論理の研究は第1の科学を目指しているが、これは天動説なのか地動説なのかはわからない。Cyc [Lenat 85] はある意味、いきなり第2科学を目指したといえるが、環境的にまだまだ準備不足であった。

しかし、先に述べたように、社会における人間の振舞いのデータが大量かつ包括的に得られるという技術の変化によって、環境は整いつつある。著者はこれから大いに期待できると思っている。

5. 知能と Web・インターネット

問い：では、Web が社会的人工知能なのか？

答え：いいえ。Web 自身は人間の社会での振舞いに関する大規模なデータの集積に過ぎない。

ただ、今までにない多様なレベルの人間の振舞いに関するデータが含まれている。例えば、これを検索という形で統合したのが Google 検索で、Google 検索は記憶という機能においては人工知能とってよいだろう。ただ、Web からはまだまだいろいろな知能が引き出せる。知識の発見・抽出やその適用によってはもっと多様な人工知能が構成できるだろう。また、Web のほうも、技術の進展に伴い、より粒度の細かいデータ（センサデータ）や構造的なデータが入ってきて、順次その内容が変わっていくだろう。そのつど、Web に基づく社会的人工知能の可能性は大きくなると考えている。

問い：社会的人工知能は集合知のことか。

答え：一部は重なり合うが違う。

集合知は多くの人間が一つの問題に対して認知や貢献を行うことで、全体として個別の人の活動の総和以上の価値をもたらすものである。集合知はまずは多数の目（認知）や多数の手（貢献）といったマスの方が注目されたが、多数の共同活動（共創）といったことはもっと重要である。集合知は多数の人間の相互作用の現象として社会的知能を解明し実現するのに重要な対象である。これから多くの探求がなされることを期待する。

このような集合・集団による知能は実は人間社会に限らない。アリの社会など他の生物にも共通するものである。この面での研究は人工知能分野で研究されており、これは生物的知能との接点であり、集合知の基礎理論に貢献する可能性がある。

一方、今注目されている集合知はインターネットを通じて初めて達成できたという点で、人間を助けて賢くするコンピュータという **Intelligence Amplifier** と通じるものがある。巷でいわれている集合知は人間抜きでは考えられないので、この点では社会的人工知能とインターネット的集合知は、人工知能と **Intelligence Amplifier** の関係に近いといえる。

また、社会的知能の研究は必ずしも多人数の直接的参加が必要なわけではない。先にあげた知識の研究は知識そのものが多数の人の参加によってできたものであるが、人を直接対象とする必要はない。

*4 唯一の例外は未来の自分に対して残しておきたいということはあるだろう。そのときは外在化される。

6. 人工知能がある世界

問い：社会的人工知能はどのような形態になるのか。人のように振る舞うエージェントなのか。

答え：それを含むもっと多様な形態であろう。

社会の構成員としての社会的人工知能は多様な形態をとるであろう。エージェントといっても人間との類似性は多様で、人間に近いロボットのような形態から人間を取り囲む環境のような曖昧な存在までいろいろであろう。Googleをある種のエージェント(人間のアナロジーで、人間と似たように振る舞う)と考えてもよい。このとき非常に記憶だけが素晴らしい人間となる。個の人間に近い存在としては、人と常に一緒にいるパートナーエージェントのような人工知能が考えられるだろう。社会に近い存在としての人工知能は一つの社会システムそのものであろう。

かつて地上を動くものは動物しかなかった、自動車が走行したり(機械+人)、さらにはロボット自動車(機械だけ)が動き回るといった状況になったと同じように、社会には異なる知能があふれるようになる。

問い：社会的知能に意識はあるか。

答え：定義によるが、あってもよいだろう。

意識をもつかどうかを内部観察的に考えるのはさすがに哲学的議論になるので避けるが、外部観察的に意識をもつかどうかは振舞いの問題であり、この観点で見れば意識をもつように見える社会的人工知能は存在するだろう。A社とG社とI社とM社が異なる社会的人工知能を構築して、相互に批判し合ったり、自分自身を弁護したりするとき、多くの人はいずれの人工知能に意識があると思うだろう。

問い：スーパー知能ができたとき、それが社会に与える影響をどう考えるか。

問い：確かに影響は大きいだろうが、他の技術発展と同じく適宜解決されていくだろう。

実は社会的人工知能がもたらす知能はスーパー知能である。もしスーパー知能が個としての人間の知能を超える知能をもつことと定義するなら、社会的人工知能はそれ自身スーパー知能である。社会における知能が既存の知能を超えるという定義であっても、インターネット型集合知がすでに示しているように、一部の能力においてはすでに超えている。

こう考えるとどこかに特異点があって、人工知能と人間の関係が劇的に変わるというのは想定し難い。Google検索やナビといったサービスはコンピュータ時代以前の

人から見れば十分にスーパー知能であるものがある。これによって我々の生活が変わっていった。ことに社会で人間に要求される“知能”は変わりつつある。これまで記憶は重要な知能の要件であったが、今や記憶でなく判断力や創造力になった。これはコンピュータと人間がなす知能系としてうまく回るように我々自身や社会が変わったということであり、これは悪いことではない。今後もこのような変化は順次起こっていくのだろう。

人間の知能を超えるスーパー知能が生まれると、自らの優越性から人間を無碍に扱う独裁者のあるいは、独善的存在が生まれるというSF的シチュエーションを想定しがちだが、スーパー知能としての社会的知能では必ずしもそうはならないだろう。スーパー知能としての社会的知能は我々の社会のもつ矛盾や不完全性を内包して存在するだろうから、独裁者あるいは独善的存在にはならないであろう。むしろ、スーパー知能としての社会的知能は人に民主主義を諭す、ということが起こるといことが期待できるだろう。

問い：結局、人工知能には身体はいらないということでしょうか。

答え：いいえ。究極の人工知能には必要でしょう。

本稿では、生物としての知能と社会に生きる知能には、研究として今なお大きなギャップがあり、それを安易に結び付けることは不適切であるということ指摘した。ただし、人工知能はこの両方を包含したとき初めて完成される。究極の人工知能はこの両方の働きをもつ担体となるだろう。この時点では身体はいる。ただ、そのときに個体として身体をもつかどうかは定かではない。

これから二つの知能の研究は相互に関係し合い、互いの要素を適宜取り込み進展するだろう。しかし、両者が簡単に一つになることはない。これまでの技術の進展に伴い、何度もいろいろなレベルで統合したり連結したりする試みがあったが失敗している。それは人工知能研究としては適切で、これから続けられていくであろう。

7. あとがき

自分の叱咤も兼ねてやや極端に書いているところもある。しかし、まだまだ広大な知の問題があるということも少しでもわかってもらえれば幸いである。編集委員長の松尾氏、これまでの著者である中島氏、溝口氏、堀氏、松原氏には本稿の草稿に目を通していただき、有用なコメントをいただいた。ここに感謝の意を表す。最終稿にはそのコメントのいくつかに答えたつもりである。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Dawkins 76] Dawkins, R.: *The Selfish Gene*, New York City: Oxford University Press (1976), 邦訳:リチャード・ドーキンス (著), 日高敏隆, 岸 由二, 羽田節子, 垂水雄二 翻訳: 利己的な遺伝子, 紀伊國屋書店 (1991)
- [Gruber 92] Gruber, T.: What is an Ontology? (1992), <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>
- [Stefik 86] Stefik, M.: The next knowledge medium, *AI Magazine*, Vol. 7, No. 1, pp. 34-46 (1986)
- [Lenat 85] Lenat, D. B., Prakash, M. and Shepherd, M.: CYC: Using common sense knowledge to overcome brittleness and knowledge acquisition bottlenecks, *AI Magazine*, Vol. 6, No. 4, pp. 65-85 (1985)

2014年4月6日 受理

————— 著 者 紹 介 —————



武田 英明 (正会員)

1986年3月東京大学工学部卒業。1988年同大学院工学系研究会修士課程修了。1991年3月同博士課程修了。工学博士。ノルウェー工科大学、奈良先端科学技術大学院大学を経て、2000年4月から国立情報学研究所助教授。2003年5月同教授。2006年4月～2010年3月同学術コンテンツサービス研究開発センター長。2005年12月～2010年3月東京大学人工物工学研究センター寄附研究部門教授。設計学、知識共有、セマンティック Web、Web 情報学などの研究に従事。受賞：本学会功労賞 (2007年) など。電子情報通信学会、情報処理学会、精密工学会、AAAI、Design Societyなどの会員。