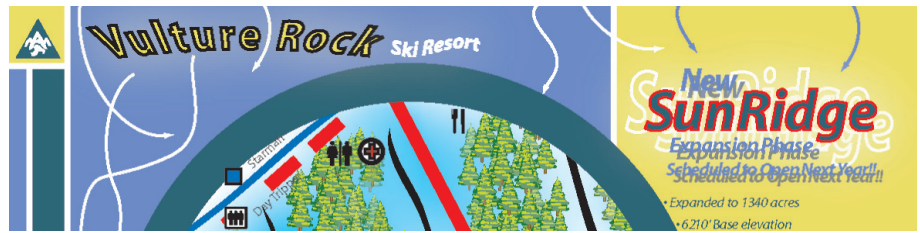


特集 1



知能ロボット ー人工知能研究からの歴史的視点ー

金出 武雄

カーネギーメロン大学ロボット研究所
Takeo.Kanade@cs.cmu.edu

天野 真家

(株) 東芝 研究開発センター
shinya.amano@toshiba.co.jp

人工知能の事始めとその成果

ロボットの知能化をロボット研究の視点からより、人工知能 (AI) 研究の歴史的視点から眺めてみるとおもしろい。

AIの研究分野とは何か、その目的は何かの定義は人によって異なるし、それをここで議論しても始まらない。ただ、一般的にいつて、「我々人間が知能をもってして実行していると思われる活動をコンピュータにも行わせたい」という希望や要求がその根底にあるのは明らかである。そのような人工知能の可能性が十分あることは、計算理論・情報理論のパイオニアである A. Turing や C. Shannon はコンピュータの初期時代に見抜いていたことであった。

AIの研究が本格的に始まった契機は 1956 年のダートマス会議とされている。その前年に、当時は助教授やポスドクのレベルであった J. McCarthy と M. Minsky, それと B. Rochester, C. Shannon の 4 人によって書かれた「人工知能に関するダートマス・サマー研究プロジェクトの提案書」に応じて、集まった 10 人の教員・研究者と各 2 人まで連れてきてよい大学院生による 2 カ月のプロジェクトであった。さまざまな分野の研究者たちが集まったが、その中には McCarthy, Minsky と並んで AI の元祖とされる H. Simon, A. Newell も含まれていた。

その会議の様子を記したものによると、参加者たちは計算機の進歩とともにいずれは人間の知能と同じような働きをする機械を作ることができるという信念を得て帰ったとある。さらに、重要なことはそのビジョンが心理、音声の研究者として高名な J. C. R. Licklider に影響を及ぼしたことである。彼は 1962 年国防総省の Advanced Research Project Agency (先進研究プロジェクト機関ー通称 ARPA) の Information Processing Technology Office (通称 IPTO) の初代室長に就任し、AIー彼の言う Man Machine Symbiosisーの分野の研究に MIT, スタンフォード, CMU を中心として継続的・包括的な研究費を与え始めた。

いずれにしても AI の研究はその初期から、ゲームをする、パズルや数学などの問題を解く、類推・推論をする、言語や論理を理解する、感情・認知などの人間的要素を実現するなど、今日の知能情報処理のほとんどの課題を含んでいた。その中に、視覚・音声などの知覚システムを作る、賢い動きをするロボットを開発するなどが人工知能研究の最も初期からの課題として取り上げられていたのは注目に値する。

これまでの AI 研究の成果は広く、一言でまとめるのは難しいが、究極の目的である知能的機能の実現として、最大の成果を 2 つ挙げるとすれば、1980 年代のエキスパートシステムの開発と 1997 年の Deep Blue によるチェスの人間世界チャンピオン Garry Kasparov に勝

ち越したことをあげたい。前者は、AI技術の実世界応用に本格的な道を開いてAIブームを巻き起こした点で、後者は、AIが人間の知能を超える可能性を一般の人々に感じさせた、少なくとも真剣に考えさせた、という点で重要な出来事であったといえる。また、AIの研究グループの中やその周りでは、AIのシステムを実現するための、新しいプログラミング言語、並列コンピュータ、特殊プロセッサの開発まで行われており、記号処理、エージェント、オブジェクト指向、連想記憶メモリ、並列処理、ニューラルネット学習アルゴリズムなどの発展に直接間接に多くのアイデアや影響を与えたのは事実である。これは、初期の主要なAI研究者たちは計算機科学全般に通じ、発言力を持っていたことと大いに関係している。

しかし、知能ロボットは人工知能研究の中では必ずしも主流とはならなかった。なぜか。

AI研究のジレンマ

いわば人間の尊厳にもかかわるかもしれない高邁な能力を研究している一方、その進歩はみるみるというわけにはいかない難題ということもあってか、AIは常に批判にさらされてきた。初期のH. Dreyfusの「人工知能錬金術批判」、J. Weizenbaumの「Eliza効果に対する危惧」など学者による批判のほか、1970年代中ごろのアメリカ国会では『弱いチェスを指すプログラム』、『ハノイの塔パズルを解くプログラム』といった幼稚な研究に、なぜ巨額の税金を投入するのか」と問題になったという。

そういう外部からの批判とともに、AI研究の歴史では内部においても、いくつかの対立軸を包含していた。

それは、

(A1) 「人」という明らかに現存する最高の自然知能機械がどんな仕組みで知能活動をしているかを解明したいという目標

対して、

(A2) 人と同じかそれ以上の知能を実現する機械をとにかく実現したいという目標

(B1) 言語、論理、ゲームといったもともとシンボル（記号的表現）の世界を扱う研究

対して、

(B2) 視覚、音声、ロボットの動きなどもともとシグナル（物理的信号）から始まる世界を扱う研究

(C1) 類推・感情・認知・アナロジー・発見などその目標とする能力の定義そのものが必ずしも明確でないで、その結果の比較や評価が難しく、当面はその能力よりはアプローチの面白さや、時にはその哲学的に興味するところを競った分野

対して、

(C2) ゲームの勝ち負け率、視覚や音声の認識結果、ロ

ボットの動きの速さや正確さなどはっきりとした評価尺度を競った分野

(D1) 述語論理を始めとする、形式的数学的表現・法則によって知能を表そうとするアプローチ

対して、

(D2) 必ずしも完結していたり自己矛盾を含まないとは限らない、ヒューリスティックな知識やルールの集まりで知能を実現しようとするアプローチ

(E1) 「人間のような知能」は現在のフォン・ノイマン型コンピュータ、さらにはそもそも人工的な方法では実現不可能であるという立場

対して、

(E2) 知能はあくまで計算科学でいうところの計算であり、現在は、コンピュータの計算能力、アルゴリズムの理解、学習の方法論などが不足しているだけであり、いずれはできるという立場

などであった。もちろん、これらの軸は互いに完全に独立しているわけでもなければ、各軸内の立場も正確には完全に対立・排他的であるわけでもない。たとえば、(A1) で得た知見は当然 (A2) で使われたし、(B2) を実現するプログラミング言語として (D1) の述語論理に基礎を置くものが開発されたりもした。また、(A2) の立場は (C2) の分野の研究者に多かった。

これらの対立軸の関係の中でいくつかの混乱を生み、誤ったメッセージを外部に発信したり、AI研究自身が内向きになる傾向を作り出したことも事実である。たとえば、人の仕組み至上主義とでもいべき考え方は、人がそうしている（かもしれない）という知見を自分のやり方の正当性の根拠にしようとするあまり、結果的にもっと高い能力を持つ機械的数学的方法に遅れをとってしまうことでAI分野の信用を落とす。数式処理のように最初は「AI的」と思われていたものが、明確なアルゴリズム的方法で必ずできることが示されると、「それは知能の問題ではない」ということになるジレンマ。能力評価尺度のはっきりしない分野では、現在できていることと将来できるはずのことがごっちゃになる。あるいは、知能に関する単語—たとえば、「類推能力を持つ」といった単語—は日常用語でもあり、しかも漠然としたきわめて広い能力を指している理由のために、AIの成果が誇張気味に宣伝される、あるいは聞こえるといった現象。さらには、AIの能力の現状を見ると、将来も絶対に人工知能はできないという議論が表面的にかなりの説得力を持つ、といったことがあった。

特にロボット分野に関係したAIのジレンマは、物理的な信号を扱ったり、はっきりした評価基準のある視覚やロボットの分野の研究者が、AIの主流とされた研究は雑音のないシンボルだけの扱いや哲学的な議論に偏りすぎて、工学技術的観点が欠けるとして満足できず、AIから徐々に離れていったことである。

あれやこれやで、エキスパートシステムのブームの去った後は、AIの人気は明らかに下降した。「NP完全」にかこつけて、「AI完全」などというAI手法を揶揄する言い方までできた。DARPAは日本の第五世代プロジェクトに対抗した戦略コンピューティングプロジェクトの終了後は、AI研究に包括的な資金を与える方式を1992年ごろにはやめてしまったし、NSF(国家科学財団)では「AIは禁句」とまでうわさされたときがあった。実際、カーネギーメロン大学の計算機学科では教員中の最も大きなグループであったAIグループの教員の多くはそれぞれ、「ロボット」「視覚」「言語」「音声」「学習」「プログラミング」などの名前の分野に分かれていき、AI研究のいわば主流であった「知識表現」などの分野の研究者は1990年代初めから中頃までには急速に減っていった。MITやスタンフォードでも同様の現象が見られた。

AIの復権

ところが最近、特にこの2、3年人工知能(AI)研究は復権しつつあると見える。いくつかある理由の中で最も大きなものは、「人工知能研究が物理的になった」といえる現象である。つまり、1990年代のAI研究の批判に答えるかたちで、多くの人工知能研究者自身が人工知能システムのアーキテクチャといった従来ならさきわめて抽象的に議論された研究問題をロボット、工場の生産ラインといった実世界応用に当てはめながら進めて成功した例が増えた。ロボットやヒューマノイドといった技術が進歩し、実時間制御といった機械的電氣的詳細にそれほど煩わされずに、人工知能の研究に注力できるようになったことも大きい。ロボカップに代表されるような活動が盛んになったのはその好例である。

一方、視覚、音声、言語、ロボットなどのいったん従来の人工知能の観点をはずれ、各問題個々の物理信号的、構文的モデルの研究を進め、主に統計的手法によって、好成績を挙げてきたこれらの分野の研究者たちは逆の方向から、人工知能「的」研究に回帰するのを感じつつあるといえる。日本で作られたヒューマノイドの動きはスムーズで、時には人間のようにも見える。しかし、そのほとんどは進んだエレクトロニクスとすばらしい制御ルールで作出したものであり、多くの動きはモーションキャプチャなどでとらえた人間の動きをなぞったものである。とても自身で知的に行動しているとは言いがたい。本当に知的なロボットを作るには、知的問題解決とロボットの物理的能力を結びつけるのを感じ始めたのだ。

実際、DARPAは2004年3月に、ロスアンゼルスからラスベガスまで、道路と道路外の一般地形の両方を含む障害物ルートレースをすることになっており、「あきらかに知的な能力で困難を克服して完走」した優勝者には1.2億円(100万米ドル)の巨額の賞金が与えられる。

金出が1990年代初めに米国人工知能学会の招待講演で、“Robotics is where AI meets the physical world”と述べた状況が現れ始めたといえる。

このようなときに「知能ロボットの技術」特集を組むことは最も適切なタイミングであるといえるのではなからうか。

この特集号のフィロソフィ

AIが復権してきた理由は、上に述べたように、ともすれば抽象的な方向に向かう傾向にあった人工知能の研究が物理的な基盤を持つようになってきたこと、そして、それが引き金になって、先に物理的な基盤を持ち人工知能とラベル付けされることを嫌った分野の研究が人工知能に向かい出したことである。人工知能はこの両方の方向から再度アプローチを受けているといえよう。

本特集もこの歴史的経緯に沿った編纂になっている。二足歩行し始めたロボットに現在の情報科学の総力を結集したとしたら、どの程度の知能を入れることができるであろうか。それを明らかにすることが本特集の目的である。外部世界を認識する能力、外部世界の大きな要素である人間と、人間社会と交渉する能力、そこで起きている事象を理解し判断する能力、その経験を学習する能力、それらを実現するロボットの構成法、そしてシミュレーションではあるが、それらの能力の一部を統合した例を一堂に集めて解説する。以下は、このフィロソフィに沿った本特集の構成である。

前編(本号)

知能ロボット—人工知能研究からの歴史的視点—

--- AIの歴史

知能ロボットへの構成論的アプローチ

--- ロボット構成法の一例

文字・文書の認識と理解 --- 外部世界の認識

ロボット視覚 --- 外部世界の認識

ロボット聴覚の課題と現状 --- 外部世界の認識

ロボットにおける機械学習の課題と動向

--- 学習

人工知能におけるゲームの役割

--- 推論の使用

後編(12月号)

人とロボットの意思疎通 --- 基本的な人間との交渉能力

ロボットの注意機構と発話生成そして身体表現

--- 基本的な人間との交渉能力

人とロボットの触覚インタラクション

--- 基本的な人間との交渉能力

社会的知能と表象的人工物 --- 社会性

ロボットの多言語使用の課題と現状—通訳ロボット

--- 人間との交渉、言語の使用

ロボットとの会話—人工知能からのアプローチ

--- いくつかの能力を統合した

シミュレーション例

(平成15年10月5日受付)

