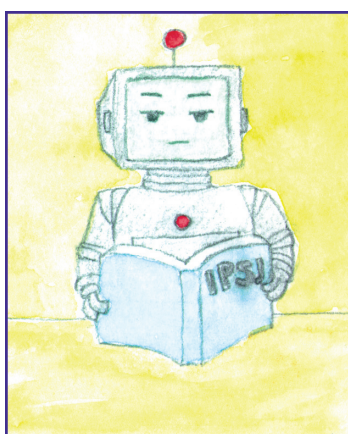


Robotics Based on AI Technology

特集

知能ロボットの技術

人工知能からのアプローチ
(前編)



知能ロボット—人工知能研究からの歴史的視点—
知能ロボットへの構成論的アプローチ
文字・文書の認識と理解
ロボット視覚
ロボット聴覚の課題と現状
ロボットにおける機械学習の課題と動向
人工知能におけるゲームの役割

特集「知能ロボットの技術：人工知能からのアプローチ」

編集にあたって－企画方針と概要－

天野 真家

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

小暮 潔

ATR 知能ロボティクス研究所
kogure@atr.co.jp

前世紀末以来のロボットの発達には目を見張るものがある。特に二足歩行するロボットの進歩は感動的でさえある。これは、MPUの急速な高速化に支えられているところもあるであろうが、何よりも制御工学の成果であろう。では、情報科学の担当するロボット知能は今、どの位置にいるのだろうか？ この疑問から本特集は始まった。知能は幅が広く、二足歩行のように1機関ですべてを研究できるものではない。読者に大きな情報を提供する特集には最適なテーマでもある。本特集では、人間型の知能ロボットを構成するために情報科学に何が必要とされるか、その技術の現状はどうなっているかについてサーベイする。

人間型知能ロボットの構成部分を大きく分けるとセンサ（認識を含む）、アクチュエータ、知能になるが、二足歩行するロボットは、認識を（多くは）含まないセンサとアクチュエータ部分の成功であろう。高度の認識と、知能は情報科学の担当であり、人間型知能ロボットには、この2つの能力は必須である。人間のように考えるという意味での知能ももちろんであるが、人間が苦もなく果たす認識の能力も重要である。これらの能力は人工知能として、従来一括りにされてきた。この特集でも、そのように扱いたい。

人工知能をロボットの知能としてとらえた場合、従来の人工知能は、いかにして機械が人間の知能の代替になることができるかという点に重心が置かれていて、外部世界との交渉能力にはあまり力点が置かれていなかった。しかし、最近では、人間とかかわる、社会とかかわる、そのようなロボットの能力の研究が活発に行われている。このような人間や社会とかかわるロボットには、

いわゆる「いやし系」のおもちゃのような存在もあるが、人間のように人間とかかわることができるロボットが実現したらどれほど素晴らしい、役に立つものになることであろうか。それは、AIBOに始まるいやし系ロボットの需要を見てさえ容易に推測できる。いよいよ進みつつある高齢化社会、核家族社会を考えると、一層意味があることのように思える。後編の西田氏の「人とロボットの意思疎通」、今井氏の「ロボットの注意機構と発話生成そして身体表現」、納谷氏らの「人とロボットの触覚インタラクション」、片桐氏の「社会的知能と表象的人工物」などはそれらの観点からロボット技術を解説したものである。

さらに、特定用途ならば、人間の代わりにさえなり得るだろう。自動車組み立て、郵便仕分けのようにすでに実用化されている分野もある。ここでいう特定用途とは、そのような固定的な業務ではなく、流動的に問題解決をしていかなければならないようなレベルのものを指す。ロボットが外部世界を認識し、人間とコミュニケーションし、自分が置かれている状況を理解し、そこで何をなすべきかを思考し、判断し、外部世界から何らかの情報がフィードバックされてきたなら、それを学習して次回はよりよい対応をする。そのような知能ロボットを構成するためには、情報科学は何をなさなければならないか。これが、本特集の基層を流れる主題である。

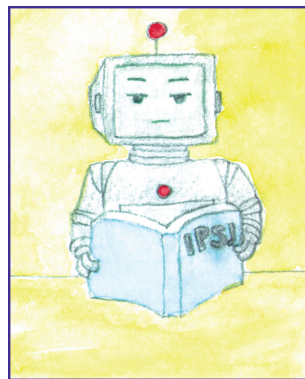
前編の石黒氏の「知能ロボットへの構成論的アプローチ」、野田氏の「ロボットにおける機械学習の課題と動向」、Campbell氏らの「人工知能におけるゲームの役割」では、ロボットが自律的に行動するために必要な機能を解説していただいた。ロボットに学習能力がなかったな

らば、同じ間違いを繰り返すか、そもそも新たな事態に対応できない。学習は自律的な知能ロボットの根幹をなす重要な能力である。推論も学習同様人工知能の根幹的な機能である。推論の応用の1つとしてゲームを取り上げ、Campbell氏にDeep Blueを題材にして人工知能におけるゲームの役割を解説していただいた。Deep Blueが人間のチェスチャンピオンKasparov氏に勝った、人工知能にとっては歴史的事件の解説である。丸山氏の翻訳で紹介する。推論とはざっくり言えば、「考える」ことである。Aという知識とBという知識とから、新たにCという知識を創り出す知能作用である。三段論法による演繹法がその代表である。しかし、そのような論理的に比較的健全と考えられる推論方式はその健全さゆえに豊かな結果を生むことが少ない。

「考える」ことの基礎的な部分は、認識における入力パターンと辞書パターンのマッチングのような、知識におけるマッチングであると見ることができる。十分な知識があれば、知識ベースを参照するだけで済む。知識ベース内の知識だけでは解決できない場合、推論で知識を伸展する。その推論方式は三段論法と限る必要はない。三段論法ほど論理的健全性を持たないかもしれないが、遥かに豊かな結果をもたらす方式も考えられる。

Deep Blueの「思考」は、そのような仕組みからなっている。大量の「定石」と「名人達の打った手」の知識ベースを持ち、決められた戦略で推論して次の手を計算するのである。「思考」ということの意味を考えるきっかけになる解説である。また、石黒氏の解説はこのような自律的知能ロボットをどのようにして作り上げるかを説いた1つのアプローチなので、これを本文冒頭で読んでいただければ、本特集の目指すものがおぼろげながら理解いただけるのではないかと。

ところで、知能ロボットの知能部分を担当することができると思われる人工知能は、1956年のダートマス会議以来、ほぼ半世紀を経て、どこまで進んでいるだろうか？ 本誌でも、断片的には適宜テーマとして取り上げてきている。9月号ではゲームが取り上げられた。本特集では、人間型知能ロボットを実現するための要素技術と応用技術の現状を読者に一挙に提供する。そうはいえ、紙面には限りがあるので多くのテーマが抜けていることは思うが、とにもかくにも大筋だけは含めたつもりである。そのために大部の内容になり、2部に分ける必要に迫られた。前編を本11月号で、後編を12月号でお届けする。



前編では、認識、理解、学習、推論など、ロボット知能の基本的能力を中心に扱う。これらのテーマは古典的テーマであり、人工知能にとっては必須のものである。これらの能力が現状ではどの程度まで進んでいるかを解説する。先回りして言うと、かつて、理想的な純粋環境でしか機能しなかったこれらの能力が、現実の雑音環境で機能しているか、し始めていることが示される。「AIの復権」が、冒頭の金出氏らの「知能ロボット—人工知能研究からの歴史的視点—」で語られているが、読み進めれば「AIの復権」がこのことと深くかかわっていることが得心できるだろう。

後編では、具体的なロボットの活動にかかわるテーマを中心に取り上げた。ロボットにとっては人間との交渉がきわめて重要な課題である。この分野は新興の分野であり、いろいろな角度からのアプローチがなされている。それらの現状を解説していただき、最後に、いくつかの応用的話題でまとめた。本稿では後編については多くを触れない。後編の概要と解説は後編冒頭で行う予定である。

なお、上記の前・後編の分類は必ずしも厳密ではない。人工知能はすでに50年になんなんとする歴史を持っていて、本特集で取り上げた分野の、ロボットの観点からの研究、開発は斑模様である。前編の坂井氏らの解説になる文字認識は、すでにさまざまな分野で実用化されている。しかし、文字認識技術は直接にロボットの目の機能として研究されているわけではない。後編の飯田氏らによる自然言語処理分野も似たような状況である。仮名漢字変換、機械翻訳、機械通訳の研究は連綿と続けられているが、それらをロボットの形にして直接にロボットの研究をしている例は少ない。しかし、これらの技術は知能ロボットを構成する上でなくてはならないものであることは言をまたないだろう。本特集では、それらの技術をロボットに応用した場合、どのような課題があるか、どこまでできているかの観点から取り上げている。これらの技術を統合したかたちでのロボットのシミュレーションは後編の田中氏らの解説で概要を理解できるだろう。

一方では、直接的にロボットの機能として研究されているものもある。金出氏によるロボット視覚と奥乃氏らによるロボット聴覚がそれである。後者では、音声認識を超えてロボットの耳としてのマイクロフォンの位置、設置法も含めて解説されると同時に、従来の音声認識が行っていた指向性マイクを口元につけて極力雑音を避けて入力させるという方法をとっていないことが示され

る。この方法ではロボットの耳に口をあてて話しているような不自然な状況になるからである。人間の口元ではなく、ロボットの耳にマイクを付ければ当然、目的の音声以外にさまざまな環境音が入ってくる。楽音、雑音だけではなく、人間の音声でさえ複数入ってくるだろう。それらを聞き分けることがロボット聴覚では大きな課題になるのである。

前編冒頭では、ロボットの、特にロボット視覚の研究に30有余年取り組んでおられる米カーネギーメロン大学の前ロボティクス研究所長である金出氏に人工知能から見たロボット研究の歴史と現状を明快に語っていただいた。ロボットの研究で今、何が求められているか、我々は何をすべきかについて、良き指針になるのではないか。ついでながら、人工知能は米国で復権しつつあるという朗報が、ここで寄せられている。

本特集を読み通された読者は、人工知能の研究は明らかに次の高みに到達しつつあるか、あるいは少なくとも挑戦を始めたと感じられることだろう。文字も音声も視覚も従来の純粹環境における認識ではなく、現実の環境における認識に対する頑健な方法を開発しつつある。これはロボットを実現するためにきわめて重要なことである。その一方で、ベル研などの音声研究が終焉したとも聞く。このことに関する奥乃氏の次の言が科学技術の発展のために必要な1つの考え方を示唆していると思う。

「人工知能の音声認識は目標に到達することなく、技術が飽和したと評価されているのではないだろうか。本稿で述べたようなロボット聴覚という実際の応用から、音声や一般の音を含めた音情報処理研究を進めていくことが、ロボットなどの組み込みシステムの知能化やマンマシンインタフェースの高度化に不可欠ではないかと考えている。」

— 「ロボット聴覚の課題と現状」より。

ここでのキーコンセプトは「実世界の応用」である。坂井氏らの「文字・文書の認識と理解」では、非常に多様で頑健な文字認識の方法が語られている。人工知能は部分的ではあれ当初の純粹環境における基礎研究から雑音のある実世界の環境で機能し始めているといっても過言ではないだろう。金出氏の「ロボット視覚」は、このあたりの事情を明晰に解説してくれている。従来の「人工知能」と「ビジョン」の研究の方法論の差が浮き彫りにされている。「視覚」を認識の解説群の中ほどに置いたのは筆者にある意図があつてのことである。「文字」、「視覚」、「聴覚」の認識3部作をこの順で読めば、これらの解説の異なる論調のゆえに物理世界と論理世界の関係がよりよく理解できるのではないかという期待で

ある。

人工知能の研究は、これまでも数多くの批判に耐えながら進められてきた。一般社会では、人工知能やAIという言葉があまりに安易で卑近な使われ方もし、多大の誤解を受けているようにも思われる。しかし、本来の人工知能は、この特集全体が語るような困難ではあるが、人間に豊かな未来を約束してくれるはずの技術である。

本特集の執筆者は、産学官よりなる。つまり、知能ロボットを構成するにはそれほどの知性の結集が必要とされるのである。筆者らの夢を語らせていただけるなら、これらの情報科学の力を結集してASIMOのような二足歩行するロボットに組み込むプロジェクトを世界に先駆けて技術立国日本で起こしたいものである。半世紀前には夢であったアトムやエイトマン、あるいはC3POがかなりの程度可能になっているのではなかろうか。



なお、本特集は全体がサーベイになるというかたちをとっている。1つ1つの記事は、必ずしも、その分野のサーベイにはなっていない、むしろ、全編が人間型知能ロボットにかかわる技術の現状の概観を示しているものとご理解願いたい。人間型知能ロボットを構成する要素はあまりに多いため、このような形式にせざるを得なかったことをお断りしておきたい。いずれ機会があれば、本特集で掲げた各テーマを個々に特集したいと思う。

各号の構成は以下のようになっている。

前編（本号）

- 知能ロボット—人工知能研究からの歴史的視点—
- 知能ロボットへの構成論的アプローチ
- 文字・文書の認識と理解
- ロボット視覚
- ロボット聴覚の課題と現状
- ロボットにおける機械学習の課題と動向
- 人工知能におけるゲームの役割

後編（12月号）

- 人とロボットの意思疎通
- ロボットの注意機構と発話生成そして身体表現
- 人とロボットの触覚インタラクション
- 社会的知能と表象的人工物
- ロボットの多言語使用の課題と現状—通訳ロボット
- ロボットとの会話—人工知能からのアプローチ

（平成15年9月29日）