随想

ロボットにおける理解とは？†

前田 陽一郎*

25年間もロボティックスの研究を行ってきて、最近ふと「ロボットって何だろう？」と思うことがしばしばある。そういう時期にたまたま今回の原稿依頼を知り合いの編集委員の方から受け、改めて考えるいいチャンスをいただいた。

大学院の学生の頃は、ロボット自体がまだ世間でも珍しく無我夢中で研究を行った。会社に入ったら間もなく産業用ロボットのブームが到来し、最先端の研究を思う存分させてもらった。その後、ロボットブームも去り、ファジィ理論などのソフトコンピューティングの研究に没頭し、ロボットへの人間知能の搭載に挑戦し始めた。ここに来て、ようやくロボットとは何かを考える余裕ができてきたが、今までは知能ロボットを作ることに専念するあまり、ロボットの側に立って、「ロボットからみた理解とは何だろうか？」といったことを考えたことがほとんどないことに気づかされる。

1. 人間の意図理解について

ロボットは従来、人間の命令どおりに作業をこなすことが目的で開発されたため、「環境」からのセンシング入力と行動出力だけを考慮して設計されてきた経緯がある。しかしながら、最近では「人間」との共存やインタラクションが重要視されるようになり、「環境<->ロボット<->人間」の相互作用が研究の中心課題となりつつある。従来のロボットは、タスク理解や環境認識などの「環境」のみを考慮した機能があれば十分であり、人間のほうがロボットの操作方法を理解し、ロボットに合わせてきた。しかし、これからは人間との共存を考えれば、人間の意図理解や人間への意思伝達などの「人間」との関わりを考慮したヒューマン・ロボット・コミュニケーションが欠かせないが、これらの機能は現在のロボット研究では、まだほとんど未踏の分野といえるほど遅れている。

しかしながら、一部には人間の意図を理解する研究

も過去にいくつかのアプローチがある。筆者がかつて所属していた国際ファジィ工学研究所(LIFE)では、人間の行動パターンを状態遷移モデルとして表現し、これを用いて行動に基づく人間の意図推論を試み、自律分散ロボットに会議室の机や椅子の整列作業を行わせて、その有効性を実証している[1]。佐藤氏らは、人間と人間のコミュニケーションによる意図理解プロセスを参考にし、人間対ロボットの情報交換による人間の意図理解の試みを行っている[2]。能動的意図理解機能と呼ばれるこの機能は、階層的なチャンネルからの情報を多重通信し、人間が用いている暗黙のルールに従って情報解釈が行われる。マスタスレーブマニピュレータを用いて遠隔微細作業への適用実験を行い、その有効性を検証している。ただ、これらの研究では、まだ作り込んだ意図理解機能というイメージがどうしても拭い去れない。

2. 学習による人間らしい機能の獲得

すでに述べたように、ロボットの理解機能の中でも、特に人間の意図理解は重要な機能であることはわかるが、ではそのような機能をどのように実現すればよいのであろうか？おそらく、このような人間をモデルとした理解機能は、最初から作り込むより、学習で学んで獲得するほうがより人間らしく「理解」する機能を身につけることができるはずである。

ブライテンベルグは、かの有名な著書「模型は心を持ちうるか」[3]の第1部「模型」の中で、14号までのロボットの成長過程を通して、人間のもつ数々の優れた機能の機械的な実現方法をわかりやすく説明している。この中に「理解」というカテゴリーは出て来ないが、概念形成について模型に組み込んだ学習機能によって新しい概念の連想記憶が獲得され、このような記憶の想起によりある種の理解機能が生まれるとしている。

筆者の恩師である有本先生（現立命館大学教授）は「技量の力学的理解」がロボティックスの維持神話として考え得るとされている。ネアンデルタール人の洞窟壁画に始まる人類の文化創造の歴史は、人間の運動や作業の技量を磨くプロセスとその力学的理解が、遺

† What's Understanding in Robot?

Yoichiro Maeda

* 福井大学 工学部 知能システム工学科

Dept. of Human and Artificial Intelligent Systems, Faculty of Engineering, University of Fukui

伝子が確かに取り込み得た物理的インタラクションのいくつかの原理的側面を、合理主義的哲学の伝統に基づいて明らかにし、定式化することで進むと述べておられる [4]。

スキル学習、物まね学習、注視点制御、アフォーダンスなどは、比較的最近、ロボット分野で研究されている「人間行動の理解」に関する概念として有名である。これらの概念は、もともと人間がどのような環境認識や運動制御、情報処理を行っているかという視点に立って考案された手法である。このような人間の特徴的な行動に着目したアルゴリズムは今後、ロボットに「人間らしい」機能を搭載する上で重要なキーテクノロジーとなるであろう。

3. ロボットにとって本当の「理解」とは？

チェスの世界チャンピオンにコンピュータが勝ったニュースはまだ記憶に新しい。この衝撃的なニュースについて、機械が人間に勝ったのではなく、機械を作った人間の知能・技術が対戦したエキスパートの技能に勝ったという考え方もある。同様に、ロボットが物事を理解するというのは、ロボット自身が本質を理解したのではなく、設計者がロボット知能として作り込んだ処理能力やマッチング機能がきちんと働いただけであると考えるほうがむしろ自然であろうと主張する人も多い。

筆者らは、感情を何らかのモデル化し、知能ロボットへの搭載を試みる研究を長年行ってきた。最近、AIBO や PARO など、さまざまな感情をもった動物型ロボットも次々開発され、ロボットにおける対人親和性の向上には、人工感情は欠かせない機能となりつつある。しかしながら、例えどんなに人間に似た感情発生機構をロボットの中に埋め込むことができたとしても、所詮それは、さきほど書いたチェスとコンピュータの対戦と同じで、設計者が作り込んだ機能ということになってしまう。

このようなことを考えると、コンピュータで本当の意味での人工知能が実現できなかったのと同じく、ロボットでは本来の意味での人間は実現できないと考えることもできる。なぜなら、例えロボットが「理解」したとしても、それはアプリオリに与えられた処理アルゴリズムを基に、単なるデータマッチングができただけであり、例えその処理アルゴリズムを自動学習したとしても、その学習アルゴリズムはあらかじめ埋め込まれているに過ぎないからである。ただこれは狭義の「理解」の定義と考えられ、広義には前述の処理アルゴリズムによるデータマッチングが正しく行われ、それが人間における「理解」のような精度・複雑さ・

巧妙さ・スピードなどを持ちあわせていた場合、ロボットがあるパターンをあたかも人間のように「理解」したと見なすことは十分にできるのではないだろうか。

4. 人間型ロボットの重要性

人間の脳は、海馬を中心とする記憶認識系と、側坐核を中心とする意識行動系と、扁桃体を中心とする情動身体系の主に3つの機能ブロックから構成されているとする説がある [5]。コンピュータなどの情報処理機能に特化した「理解」を考えた場合、これらのうちで記憶認識系が重要な役割を担っていることは容易に想像できる。しかしながら、ロボットのように身体機能や行動機能をもつ人工知能の「理解」を実現するとすると、これらの脳のもつ3つの機能ブロックをすべて包含するような人間とほぼ同等の複雑な情報処理系が必要となることは明らかである。

一方、コンピュータ（機械）で人間の言葉や行動を理解するために人工知能が生まれたが、最近の脳科学の実験で、人間は例えば言葉を理解するときに仮想的な身体運動をイメージすることがわかっている。実際、大脳基底核と前頭前野のインタラクションによる言語学習における文法構造の獲得などのイメージング研究や神経心理学的研究なども行われている。要するに言葉を理解するのに、仮想的に運動に関与する神経回路網を動作させているというのである。このことから考えると、従来から行われてきたコンピュータによる自然言語理解などは実現不可能で、人間のような身体を持ち合わせたコンピュータ、すなわちヒューマノイドロボットでないと実現できないことになる。

霊長類のトップに位置する人間がロボットを創造しており、人間との共存が今後一層重要になると考えられる以上、ロボットの知能や理解能力の向上には、人間のような身体をもち、人間のような動作や認識を行うことが不可欠になるであろう。その意味では、現在流行っているヒューマノイドロボット研究が今後のロボット知能の飛躍的向上につながる布石になるかもしれない。

参 考 文 献

- [1] Y. Inagaki, H. Sugie, H. Aisu, S. Ono and T. Unemi: "Behavior-based Intention Inference for Intelligent Robots Cooperating with Human", Proc. of the International Joint Conference of the Fourth IEEE International Conference on Fuzzy Systems and the Second International Fuzzy Engineering Symposium (FUZZ-IEEE/IFES'95), pp.1695-1700 (1995)
- [2] 佐藤知正, 西田佳史, 市川純理, 畑村洋太郎, 溝口博: "ロボットによる人間の意図の能動的理解", 日本ロボット学会誌, Vol.13, No.4, pp.545-552 (1995)

- [3] ブライテンベルグ著, 加地大介訳: 模型は心を持ちうるか, 哲学書房 (1987)
- [4] 有本卓: “機械システムの知能化I: ロボティックスの維持神話”, 日本ロボット学会誌, Vol.12, No.1, pp.77-83 (1994)
- [5] 松澤大樹 編著: 目で見える脳とところ, NHK 出版 (2003)
- (2004年12月28日 受付)

著 者 紹 介

まえだ よういちろう
前田 陽一郎 [正会員]

福井大学 工学部 知能システム工学科。

1981年 大阪大学 基礎工学部 機械工学科卒業。1983年 同大学院 基礎工学研究科 修士課程修了。同年 三菱電機㈱入社。中央研究所、応用機器研究所を経て、1989年4月より国際ファジィ工学研究所へ出向。1992年4月から三菱電機㈱産業システム研究所へ帰任。1995年4月より大阪電気通信大学 工学部 経営工学科を経て、総合情報学部 情報工学科 助教授。2002年3月より福井大学 工学部 知能システム工学科 助教授、現在に至る。博士(工学)。1999年4月から2000年3月カナダ・ブリティッシュコロンビア大学客員研究員。主として、知能ロボットへの感情表現およびソフトコンピューティング手法の応用に関する研究に従事。計測自動制御学会、日本ロボット学会、人工知能学会、バイオメディカルファジィシステム学会、感性工学会の会員。

お詫び

随想「ロボットにおける理解とは？」は、2005年2月号の特集「理解技術におけるソフトコンピューティング」のための依頼原稿です。編集委員会側でのミスから2月号に掲載することができませんでした。執筆者の前田陽一郎先生には大変ご迷惑をおかけしました。ここに深くお詫び申し上げます。