

解 説

Open Problemを探すよりも Open The Problem

Looking for an Open Problem? Just Open the Problem.

中 村 仁 彦* *東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻
Yoshihiko Nakamura* *Department of Mechano-Informatics, University of Tokyo

1. 冒険にもっと拍手を

マニピュレーションは腕や指の運動制御の問題だけでなく、それらに実現される作業についての知識、つまり技量の問題を含んでいる奥の深い分野である。この分野は70年代から80年代後半にかけてロボティクスの理論を引っ張りロボティクスの体系化に大きく貢献してきた。

最近、この分野に何か元気がないように思える。理論的な成果については数は決して少なくはないものの、目の前がバツと開けるような驚きに会うことが少ない。分野の広がりや研究者の層の厚さからしても不思議な気がする。

ロボティクスでは、最終的な一般解を与えた人に敬意を表するが、問題を発掘して不完全でも最初に解いた人に、より大きな拍手を送るのが伝統ですと、人に聞かれた際に答えている。マニピュレーションの先駆者たちはこの拍手を浴びて次の大目標に向かっていった。最近この発掘が小さくなっていないだろうか。従来の研究の成果の近くを掘り返す単調さを、小さな積み重ねがいつか大きな実を結びと言いつけて、続けていないだろうか。これは大きな目標に向かって、こつこつと積み重ねる勇気のある単調さとは異質のものである。果敢な取り組みに、惜しめない拍手を送り、タイミングよく大向こうから声をかける、この応援が大きな発掘を行う勇気を与える。

2. Open The Problem

発掘に値する問題はなにか。ロボティクスの技術の流れ、科学の異分野から浮かび上がってくるロボティクスの役割、社会と時代の期待、これらを反映したメディアの情報などは、これについて明確な矢印を示しているように筆者は思う。

それは「知能」の問題であろう。ロボティクスにかかわる人にとっては当たり前の問題である。古くから多くの研究者がかかわり、どこまで行っても見えてこない頂を持つ伝説の山である。マニピュレーションの分野の研究者がもっと

果敢にこの問題に取り組むべきではないか。Open problemを探すまでもない。Open the problemである。

最適化、学習、適応、計画、制御、これらの「探検隊」は足元を見ながら着実に歩みを進めているが、顔を上げて頂を確認しているだろうか。人工知能「探検隊」はまっすぐ頂を見つめて進んだはずであったが、頂が雲に隠れたのか、屋敷楼であったのか、深山に入ったままである。マニピュレーションには筆者を含めて前者の探検に加わったものが多い。このあたりで、それぞれ顔を上げて頂を探すことを始めてはどうか。

まず「知能」とは何かという定義が明確ではない。マニピュレーションの分野では問題を明確に定義して成功してきた例が多いことから、この点でいきなり立ち止まってしまいそうになる。しかし、それこそが発掘すべき問題であり、未定義だから発掘に値しないの議論になることは避けようではないか。

ヒューマノイドに見る大規模モータ・センサ系の実現、コンピュータと計算アルゴリズムの進歩による計算の制約の緩和、および生命科学、医学、脳科学、複雑系数理科学、認知科学など関連する科学技術研究の進展により、様々な知能のパラダイムが議論されている。計算機上の記号処理を主体にした従来の人工知能の枠組みとは異なり、神経系の微分方程式や非線形力学現象などが道具である。広範な知識を吸収する忍耐と体力が必要ではあるが、マニピュレーション分野の「山男(女)」には馴染みやすい。未熟ではあるが、筆者らもようやく足元から顔を上げようとしている段階である [1] [2]。

3. 洗濯機の身体性

知能の問題の一つのキーワードは「身体性」である。良く使われる割には、使う人ごとに違った思いで語られる未定義語(?)である。動物の知能は備わっている体や感覚器のハードウェアを抜きにしたソフトウェアとして切り離して説明することはできず、ハードウェアとそれを基盤にして獲得したソフトウェアとが一体となって初めて成り立つものである。という知能の世界観を意味する言葉であり、これ自体が知能の設計上の指針を明確に示しているわけで

原稿受付 2002年2月4日

キーワード: Manipulation, Theory of Intelligence, Humanoid, Synthesis, Embodiment.

*〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

*Bunkyo-ku, Tokyo

はない。

筆者は10年間、学部4年生あるいは3年生にメカトロニクス第二という授業をしてきた。電動モータの原理、モデル、制御、実装などのほかに、いくつか家電製品の成功例を紹介している。決まって紹介するのが洗濯機である。洗濯機は身近にあるが、決して枯れた技術ではない。毎年新しい展開を見せている。文献[3]では、センサとしては水温計、水深計、回転計をもつモータ1個の1自由度システムの「知能」について説明している。

注水とモータの回転の組み合わせと、その結果得られる少ないセンサ情報を連合させることで、洗濯物の量だけでなく、洗濯物に木綿が多いか化繊が多いか、さらに木綿でもジーンズのようなゴワゴワ木綿とタオル地のような柔らか木綿のどちらが多いかまでを理解することができる。この情報に基づいて多様な洗濯物に適切な自動的洗いを実現している。これをロボットのセンサフュージョンやアクティブセンシングの話題と関連させて紹介するのを楽しみにしている。

これをもう少し進めて「洗濯機の身体性」として思考実験に使ってみよう。洗濯機がこのような巧みな計測と洗いを、自ら獲得したのであれば、立派な身体性の問題といっても誰も異論がないであろう。洗濯機が洗濯を目的として、このような身体性を獲得する研究は、家電製品として必要とされるかどうかはさておいて、設定可能である。

ここに一つ本質的な問題が見えている。目的を明示的に与えるかどうかである。これを与えるとするとこの問題は面白い話題であるが、様々な答えが予想できる。目的を明示的に与えないとするとどうなるか。真に知能的な機械に与える目的とは、自己保存やエネルギーを求めることだろうか。あるいは人とのコミュニケーションを通じた強化学習で知能を獲得するのだろうか。コミュニケーションによる発達の圧力になるものは何だろう。種の保存のために世代を超えて埋めこまれた洗濯機の利己的遺伝子なのか。

非明示的な目的をもった「洗濯機」が自分自身のセンサとモータを連合させて、発達して行く。そのようにして実験された多くの「洗濯機」の一つが立派な洗濯機としての機能を獲得するまでになる。それ以外の「洗濯機」はどうなるだろう。もしかすると洗濯機ではなく「本当の知能機械」となるものが現れるかも知れないというのは空想の行き過ぎだろう。

「洗濯機」を26自由度のヒューマノイドに置き換えれば、ここでの思考実験は、先端的な知能の問題になる。体の複雑さは知能の発現には無視できない要素であろう。無責任な言い方であるが、1自由度システムでは発現しないものが26自由度システムでは現れるかもしれない。

4. マニピュレーションの冒険

機械が非明示的な目的だけで何かの巧みな機能を獲得する原理が構成できれば、それは知能の発現というのだろうし、その原理を知能の理論と呼ぶことになるように思う。これには生命の進化のようにすべてを遺伝子や細胞などの微細構造から、組み上げる必要はない。

スキルや技量などのマニピュレーションの現在の話題は、洗濯機の身体性でいえば、さしずめ注水と回転と洗濯物の量関係を調べているというところであろうか。このようなスキル、技量をマクロな組織としてとらえ、遺伝子や細胞のような微粒子から組み上げるのではなく、マクロな組織を組み上げて知能を構成することが、ロボティクスに相応しい知能に対する構成論的な接近方法であると思う。

マクロな組織であるスキルや技量を組み上げることで知能が発現するメカニズムを探索することがマニピュレーションの分野における最も果敢な挑戦ではないだろうか(1)スキル群を自由に組織化して利用するようにする構造を持たせること(2)構造に非明示的な目的を与え、これによってスキル群が組織化され何らかの機能を発現すること(3)与える目的と発現する機能の間の推論ができれば、実用上も大変有用である。

マニピュレーションにおけるスキルや技量の知識の集約は貴重である。しかし、雲の間からはっきりと姿を現した伝説の山の頂を眺めながら「けものみち」を歩む果敢な冒険に出ようではないか。

参 考 文 献

- [1] 中村仁彦:「非線形力学系として統合されたロボットの情報処理と制御—運動の制御理論から知能の制御理論へ」, 計測と制御, vol.40, no.6, pp.426-432, 2001.
- [2] 中村仁彦:「行動から知能への力学的設計論にむけて」, システム/制御/情報, vol.46, no.1, pp.3-8, 2001.
- [3] 倉世古隆生, 岡田務, 永福裕二:「洗濯機ファジィ制御」, Sanyo Technical Review, vol.23, no.2, pp.28-34, June, 1991.



中村仁彦 (Yoshihiko Nakamura)

1954年9月22日生。1982年京都大学大学院工学研究科精密機械工学専攻博士課程退学。同年より87年まで同大学助手。1987年より1991年3月までカリフォルニア大学サンタバーバラ校助教授、準教授。同年4月より東京大学に勤務。現在、同大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻教授。工学博士。ロボットの運動学、動力学、制御、および知能の問題、特に非ホロノミックロボット、脳型情報処理、ヒューマノイドやCGの運動・力学計算、外科手術用ロボットなどの研究に従事。科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業(CREST)「自立行動単位の力学的結合による脳型情報処理機械の開発」の研究代表者。システム制御情報学会、計測自動制御学会、日本機械学会、日本コンピュータ外科学会、IEEE、ASMEなどの会員。(日本ロボット学会正会員)