

人工技能とロボティクス

○吉川 恒夫

京都大学 大学院工学研究科

Artificial Skill and Robotics

* Tsuneo Yoshikawa

Dept. of Mechanical Eng., Kyoto Univ.

Abstract—Based on the idea that robots are machines that realize artificial skill and that robotics is a system of methodologies for realizing artificial skill, the state of the art of robotics is reviewed.

Key Words: robotics, artificial skill, robots

1. はじめに

ロボットとは人工技能を実現する機械であり、ロボティクスとは人工技能を実現するための方法論の体系であるという考え方をもとに、ロボティクスの現状と今後の方向について私見を述べる。

2. 人工技能

新たな技能の定義と、それに基づく人工技能の概念を紹介しよう¹⁾。

2.1 技能とは

通常、技能とは、ものごとを行ううでまえ、わざを指す。「ものごと」の範囲としては、美術工芸、生産加工、スポーツ・レジャー、など種々の分野において、かなりの時間をかけて修得しないと実行が難しいような作業を意味すると受け取られているようである。しかし、どの作業が修得が難しく、どの作業が難しくないかを見定めようとするとき意外にはっきりしない。また、先天的技能（本能的作業能力）と後天的技能の区別も明確でなく、そこに何らかの境界を定めることは自然ではないように思える。

さらに、人間や動物の行う作業を機械化ないしロボット化しようとする立場からは、人間や動物にとって習熟が必要かどうかは、あまり本質的な区別にはならない。ゆえに、ここでは、学習や修得という観点を捨て、人間ないし動物に特有の意識的な動作ないし作業の遂行能力をすべて技能と呼ぶことにしよう。

技能をこのようにとらえると、我々人間が日常行っているいろいろな作業（何らかの目的を持った活動）は知能作業と技能作業に分けられる。知能作業に属するものとしては、文字を読む、計算をする、会話をする、数学の問題を解く、ゲームをする、外国語を日本語に翻訳する、などがあり、頭脳を主に使う作業を意味する。また、技能作業の例としては、物体を目で追いかける、歩く、物を運ぶ、自転車に乗る、コマをまわす、畑を耕す、旋盤で部品を削る、などがあり、身体の運動が主要な役割を果たす作業を意味する。

2.2 人工技能の概念

知能作業を機械（コンピュータ）に代行させることについては、「人工知能」の名のもとに多くの研究がなされてきた。人工知能の概念は、どのような目的を達成しようとしているのか、どのような手段があるのか、などを考える上で一つの枠組みとしての役割を果たしてきたと考える。しかし技能作業を機械ないしロボットに行わせることに関しては、その全体を網羅するような枠組みが見あたらない。そこでこの枠組みとして以下の「人工技能」の概念を提案した¹⁾。

人工技能 (Artificial Skill) とは、機械がなんらかの作業を行うのを人間が観察、体験して、人間または動物の技能と類似のものであると感じるとき、その機械が実現している技能の事であると定義する。

上述の定義は、アラン・チューリングの与えた人工知能の古典的な判定法を意識して導入したものである。この人工技能に対応して人工知能を定義すれば、人工知能とは、オペレータがなんらかの入力を与えた時、もっぱら記号表示による出力（応答）をオペレータに提示し、オペレータがその応答を人間の知能作業と類似のものであると感じるような記号入出力装置（機械）が実現している知能のことを指す、ということになる。

上に与えた人工技能ならびに人工知能の定義は客観的基準を欠いているがゆえに、たとえばある機械が示す機能が人工知能ないし人工技能と呼べる範疇に属するものかどうかは、各人の個人的判断によることになる。この判断は各人によって当然異なるし、時代的背景にも大きく影響される。電卓が出たばかりの頃には、人々は電卓は人工知能だと感じたであろうが、現在ではそう感じる人は皆無ではないだろうか。産業用ロボットの各種作業についても当初は器用だと思われたものの、今日では少々の動作では誰も驚かない。人工技能がいったん実現されれば、それはもはや人工技能とは思えなくなる運命にある。人工知能や人工技能はそのような矛盾を本質的にもち、従って逃げ水的性質を持つのである。

3. ロボティクスの現状と今後について

人工技能を実現する、ないしは実現を目指した機械とは、とりもなおさずロボットと考えられる。そこで逆に、ロボットとは人工技能を実現する、ないしはその実現を目指す機械と考えてもよいのではないだろうか。とすれば、ロボティクスとは人工技能を実現するための方法論の体系ということになる。本節ではこの考え方をもとにロボティクスの現状をながめるとともに今後の方向について私見を述べてみたい。

3.1 人工の足と人工の手

人間型ロボットに期待する人工技能の代表的なものは足による歩行と手による把持操りの技能であろう。

歩行技能はホンダの歩行ロボットによって一応実現されたと考える。この2足歩行人間型ロボットは、人間に近い速度で歩き、方向を変え、階段を昇降し、人に強く押されれば後ずさりしてバランスを取る。これを見て、人々が、自分達の歩行という技能作業によく似ていると感じたために、大きな衝撃を受けたのである。ここで見落としてならないのは、人々が、歩くという作業に関連して思い浮かべる多くの機能を、このロボットが備えているという点である。単に前方に平面を歩くということ以外の機能を持たず、たとえば押された時や床が少し傾いた時に簡単に倒れれば、人々はさほど驚かなかったであろう。

では、ホンダの歩行ロボットに対して感じたのと同程度の、把持操り技能をもつメカニカルハンドが実現されるのはいつごろになりそうかについて考えてみたい。まずハードとソフトに分けて現状を概観してみよう。ハードは、さらにハンド機構、センサ、情報処理/制御部に分けられるが、触覚センサをのぞいては、人間の手の動作をアーム部に取り付けられたロボットハンドになんとか行わせることのできる水準に達していると考えられる。しかしソフトウェアはまだ初歩的レベルにあると言える²⁾。

つぎに、人間の足と手に期待される技能の困難さの比較をしてみたい。このための適当なデータを知らないの、さしあたって思いつくデータとして、手および手編を含む当用漢字と足および足編を含む当用漢字の個数を調べると、88対11で8倍であった(この他、人間の脳の体性感覚野および運動野における手と足の分担領域の面積の比も良いデータの候補と思われる)。他方ロボティクス分野の進歩の度合いについては、楽観的すぎるかも知れないが、コンピュータの演算速度の進歩(年率30%)を想定すると、約8年で8倍となる。この怪しげな計算を適用すると、ホンダの歩行ロボットが発表されたのが、4年足らず前であるから、あと4年あまりで人間の把持操り技能をある程度保持したメカニカルハンドが実現される可能性があるということになるが、さて皆さんはどう考えられますか。

3.2 自然技能の検討

人間の手の技能の基盤を考えると、皮膚の表面や体

内に分布する多くの感覚器、視覚、聴覚、などからの多くの情報収集、それに基づく頭脳による論理的判断、運動機能制御、経験による学習、適応、などが総合的に助け合った結果であると考えられる。

たとえば人間がボルトとナットを結合させる場合、まずナットをボルトの先端付近にもってゆき、その軸方向を合わせ、少し押しつけ、ナットを回転させてみる。そして大きな力をかけることなく回る間は回し続け、ナットがボルトと噛み合うかどうかを観察する。噛み合えば回し続けて作業を完成する。もし回転させることが出来なくなった場合には、逆回転でボルトとナットを分離し、これまでの動作を再度試みる。またいくら回しても噛み合わない場合も再試行する。これを何度か試みてうまく行かない場合には、ねじ山がつぶれていないか、またはボルトとナットが適合部品であるのかどうかを調べてみる。このようなかなり複雑な計画を、あまり意識せずにはあるが、行っているのである。しかもそれぞれの要素動作において、適切なセンサ情報を利用し、適切な制御則を用いているのである。

このような技能をロボットハンドで実現する際に、上述のような細かな計画と制御を一つひとつ積み重ねて行く解析とシンセシスの方式を取るのか、またはなんらかの人間技能の自律的修得(技能教示ないし技能学習¹⁾)の方式が確立されるのか、さらには人間の技能を越えた人工技能が見いだされるのか、興味深いところである。

どの方式をとるにしても人間技能の検討が重要であり、そのためには人間技能の計測データが必要となるであろう。ところが、人間技能の実作業時の計測が意外に難しい。そこで筆者らは力覚人工現実感技術を用いた組立作業の技能解析の可能性を調べている³⁾。これは現実世界でいくつかの物体を用いた人間の技能を計測しようとする、物体間の接触位置や接触力の計測が困難なことが多い。そこで人工現実感技術を用いて、仮想空間における組立作業を人間にやってもらうことによって、技能に関連する詳しい情報を得ようというものである。

4. おわりに

人工技能(すなわちロボットの器用な動作)の研究は自然技能の研究と表裏一体をなすものである。今後両者が互いに影響をおよぼし合いながら進展してゆくものと期待する。

参考文献

- 1) 吉川：人工技能—技能の理解とその機械化—、計測と制御, vol.37, no.7, pp.465-470 (1998)
- 2) 吉川：器用なメカニカルハンド、日本ロボット学会誌, vol.18, no.6 (2000) (掲載予定)
- 3) 吉川, 吉本：組立作業のハプティックバーチャルリアリティシミュレーション、日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol. 4, no. 1, pp. 313-320 (1999)