

# インタラクティブな 模倣・学習ができるロボット

稲邑 哲也

総合研究大学院大学准教授 情報学専攻/情報・システム研究機構 国立情報学研究所准教授

ロボットが人の日常生活空間に溶け込み家事などをサポートしてくれるには、さまざまな状況に適應できないといけない。人の動作を対話を交えて見まねで学習していくという新たなアプローチが試みられている。

## 多様な環境で適應できるロボットをつくるには

今のロボットは万能とはいえない。ロボットに最適な仕事は、大量の情報を正確に記憶し再現したり、決められた手順やルールに従って間違いなく作業すること、高精度の制御などである。逆に不向きなのは、あいまい表現の言葉を理解したり、未経験の環境に対応すること、自然な動作や振る舞いなどである。そのため、ロボットが活動できる場は、組み立て工場のように、起こりうる状況をすべて予測できる環境に限られている。

ロボットが人間といっしょに暮らし、掃除、料理といった家事ができるようになるには大きな課題がある。たとえば料理ロボット。食器や調味料が所定の置き場所になくて、誰かが動かしてしまったときにも、探さなければならぬ。洗濯ロボットは、風がない普通の日には外に洗濯物を干すが、風が強いときには部屋に干すという判断をする。そのときどきで変化する状況や環境を判断して的確に作業を進めていく機能が求められるのだ。現在の技術でそのような機能を実現するには、一つ一つの状況に応じた動き方や、動作変更の仕方などを記述した詳細なプログラムが必要になる。それも膨大な量になってしまうので、実験モデルなら可能だが、現実には不可能である。

一方、機械学習理論とロボット工学を

統合させ、ロボットが自ら学習する情報技術の研究も進んできているが、やはり膨大な時間と試行回数が必要になる。しかも、それで実現できるのは、目的地への移動といった単純な動作に限られてしまう。

## 人と対話しながら学ぶロボット

そこでわれわれは、従来のアプローチとは異なる方法で、ロボットが人間の行動を模倣・学習する手法を実現しようとしている。プログラミング言語でロボットのソフトウェアを記述するのではなく、人間が実際にその行動をやってみせ、それをロボットがまねることで、さまざまな環境に適應させようというのである。このとき、ロボットがビデオテープに録画するようにそっくりコピーするのはなく、人と対話しながら学ぶことがキーポイントになる。伝統芸能やスポーツにおける技能が、師匠から弟子にどのように伝えられているかを思いおこしてほしい。身振り手振りの動作だけでなく、要所所で言葉を加えて指導しているであろう。

コミュニケーションがなぜ必要かという、たとえば掃除をしていてゴミ箱にゴミを捨てに行くという動作であれば、まねるべきは手の動きや足の動きではなく、ゴミを移動させるという目的の達成である。ロボットにそれを判断させるのはむずかしい。そのようなときには、ロ

ボットが人（ユーザー）に質問し、それにユーザーが答えるようにすれば、ロボットは段階的にいろいろな状況に応じた行動を模倣・学習していくことができるのだ。

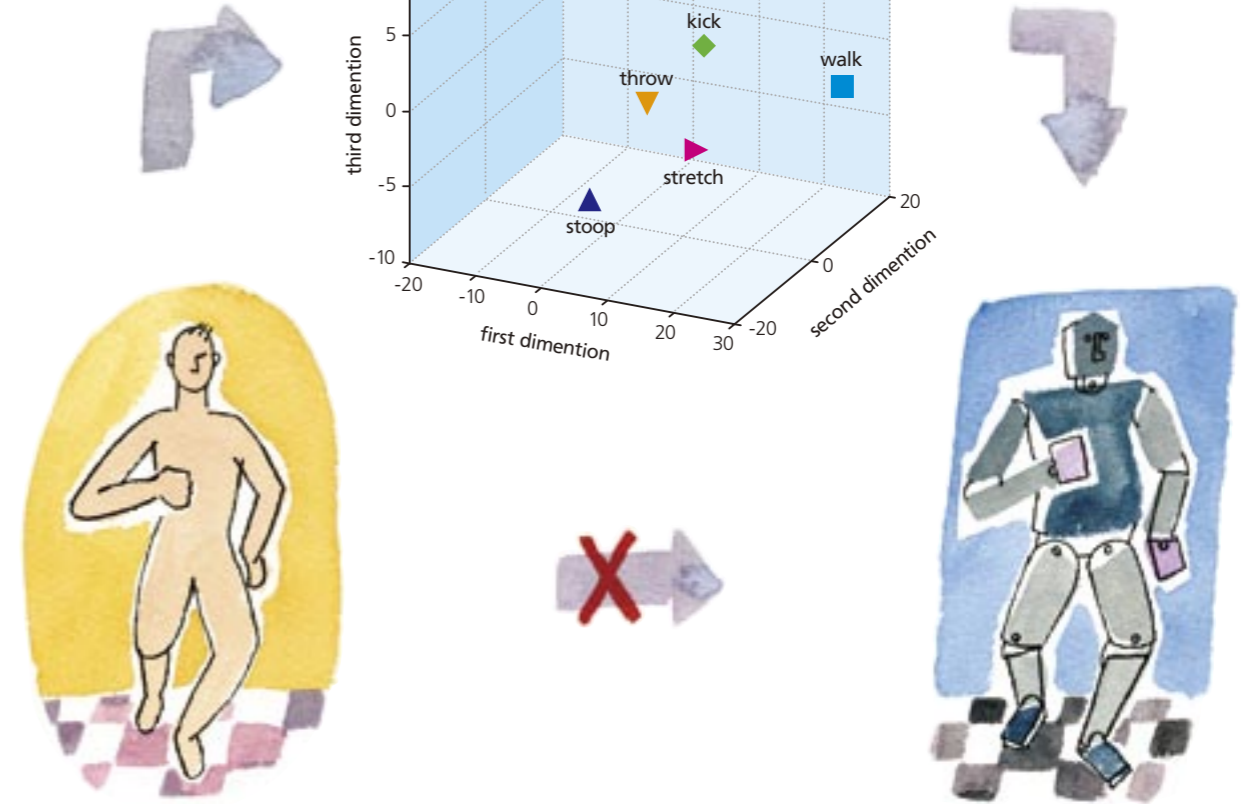
では、このインタラクティブな模倣・学習機能をどうやって実現させるかだが、単に工学的なアプローチをとるのではなく、脳神経細胞のミラーニューロンと、人類学におけるミメシス仮説に注目した。ミラーニューロンは、他者の行動を観察するときと自ら行動を実行しようとしたときに活動する脳の部位で、動作パターンを抽象化された概念に変換し、模倣を実現していると考えられている。また、社会の中で自己と他者を区別するために非常に重要な機能を果たしていることがわかってきている。一方、ミメシス仮説のミメシスとはギリシャ語の模写、模倣を意味しており、他人の行動を模倣する能力こそがコミュニケーション能力の萌芽とする考え方である。この二つの観点を統合して模倣という行動を追究してみると、他者の行動を抽象化し、それを言語的に表現しつつコミュニケーションをすることが、社会的なやりとりの中で見まね学習を実現するために重要であることがわかる。

## 「原始シンボル空間」がロボットのマニュアル

人間の行動を抽象化するには数式モデルを使う。まず、全身の動作パターンは

## 原始シンボル空間モデル

ここでは簡略化して3次元で示しているが、どのくらいの数の動作が空間に配置されるかの条件によって次元の数は変動する。たとえば、20種類の動作が空間に配置される場合、6～8次元くらい必要になる。



時系列パターンなので、確率モデル（隠れマルコフモデル）を用いてパラメータとして抽出する。これを「原始シンボル」と呼んでいる。そして、各動作に対する原始シンボル間同士の関係性、つまり類似性を統計的な計量を用いて測定する。それを距離に置き換え、位相空間上に配置していく。例えば6個の基本動作を位相空間に配置した結果を図に示す。この位相空間「原始シンボル空間」がこの研究のポイントである。

任意の動作パターンは既存の動作パターンの内挿・外挿の関係で記述され、それが原始シンボル空間内の既存の動作点の内分・外分として表現される。この動作表現モデルによって、たとえ未知の動作であっても、ロボットは原始シンボル空間を参照することで、既知の基本動作を組み合わせ、その動きを模倣する

ことができるようになる。

このような情報処理を行うことは、動作パターンを概念化しているとも言える。ただ単に動作パターンをコピー機で複製するのではなく、概念化を通じて再現するのが模倣の重要な特徴である。

将来的には、この原始シンボル空間内

の幾何学的な関係性を言語表現と結びつけることで、動作パターンと言語表現の相互変換モデルを構築し、社会的なコミュニケーションを通じて、新しい状況での行動の仕方を適宜学んでいくことのできるロボットの実現をめざしていきたいと考えている。

稲邑 哲也（いなむら・てつなり）

ロボットの研究は非常に学際的で、広範囲の学問領域の知見を統合し、議論や実験を展開していく必要がある。そのため、なかなかロボット本体の開発に時間をかけられない傾向にあるのが個人的な問題点の一つ。そこで、シミュレーターを用いて社会的なインタラクションが容易に実現可能な仮想実験環境の構築を試みている。2010年度には一般公開を行う予定なので、興味のある方は <http://www.iir.nii.ac.jp> をご覧ください。

