

ロボットの知能化と情報処理技術



豊橋技術科学大学
情報・知能工学系教授
人間・ロボット共生リサーチセンター副センター長
工学博士
三浦 純 Jun Miura

世界最初の産業用ロボットが誕生してから約50年が経ち、最近では工場や倉庫のみならず医療や警備、家庭の掃除、などロボットの利用範囲は大きく広がりつつある。ロボットに対する社会的関心も強く、ヒューマノイドロボットが人間のように歩く様を見ると多くの人が感動し、人間のようなロボットがすぐにも誕生しそうな印象を与える。しかし、動きの素晴らしさに惑わされて中身も人間のようなものであるかの誤解を与える危険性もある。

人間の振る舞いを考えると、巧みな体の動きにも確かにある種の知能があることは否定しないが、それにもまして、生活の中で遭遇する非常に多様な状況に「臨機応変に」対処している点に注目したい。もしロボットがさまざまな状況に平然と対処しているのを見れば、そこに賢さを感じるのではないだろうか。状況が変わっていることに気づかず、決められた動作を繰り返しているのは愚かである。

臨機応変な振る舞いには「環境認識」と「行動計画」の二つが重要である。環境認識はセンサを使い自身の周りの状況を知ることであり、また、行動計画はそのような状況の認識に基づき最善の手を考えることである。筆者の専門である自律移動ロボットにおいては、前者は周囲の障害物の位置を知ったり、動いている人間を発見・追跡したり、自分の位置を計算したりすることである。また、後者は、いまどちら方向へ動いていけば危ないか、早く目的地に着くにはどちらの道を選べばよいか、探し物はどちらへ行けば見つかるか、といった判断を行うことである。これらは高度な情

報処理であり、今後のロボットの知能化には欠かせない。

実際のロボットで認識や計画を行う上での第一のキーワードは「不確かさ」である。実際にロボットが動作する際には、センサの誤差や認識の誤り、駆動系の誤差、人物など周囲物体の動き予測の誤差、などさまざまな不確かさを無視することはできず、その扱いについては、確率的モデルと統計的推論に基づく手法が広く開発・利用されてきた。中でもロボットが動き回って自動的に地図を生成するSLAM（Simultaneous Localization and Mapping, 地図と位置の同時推定）は典型的かつ実践的な課題として極めて多数の研究が行われ、現在では基本的な技術の一つとなりつつある。SLAMでは移動しながら得た多くの、しかし不確かさを含む情報を統合して矛盾のない高精度の地図を生成することを目的とするが、このように多数の情報を統合して信頼性の高い解釈を得るアプローチはセンサフュージョンと呼ばれ、実環境認識において必須のものとなっている。画像系列から人物を発見・追跡することや多数の方向から得た画像群から物体の形状を推定することもセンサフュージョンの例である。

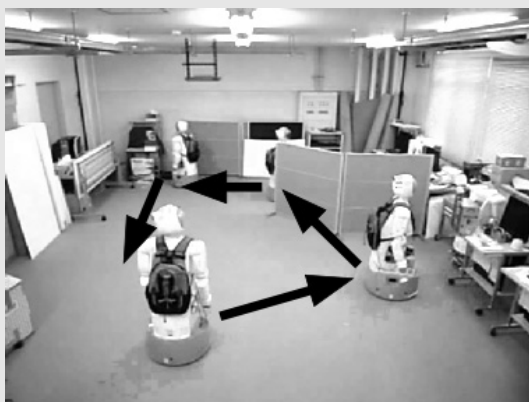
センサフュージョンの考え方に従えば、より多くのデータを利用すれば精度や信頼性はそれだけ向上する。しかし、どの程度の精度や信頼性がよいか、という点については何も答えは与えてくれない。そこで、第二のキーワードである「資源の有限性」が重要となる。これは平たく言うと、センサデータの取得にはコスト（時間、費用、設備

など)がかかるということである。したがって、ロボットのタスクを分析して、どの程度の精度・信頼性がどこで要求されるかを把握し、必要にして十分なデータを得るようにする必要がある。

移動ロボットで不確かさと資源の有限性を考えた例を二つ挙げよう。一つは視覚で周りの物体の位置を確かめ、それらを避けながら移動するロボットである。同じ物体を何回も見ればそれだけ位置が正確になり安全性は高まるが、その分ゆっくり動かなければならず、結果としてコストが上昇する(目的地への到着が遅くなる)。一方、速く移動しようとするとう物体位置はより不確かになり、安全性の低下を招く。このように、一般に取得する情報の質とコストの間にはトレードオフの関係が常にあり、それをさまざまな条件を勘案して解決することが重要である。上記の移動ロボットの問題では、衝突を起こさない限り最大の速度で移動する、という戦略を採ることで解決できる。これはわれわれが車を運転して狭い場所を通るときに自然に行っている行動と類似していると考えている。

もう一つの例は、新たなオフィスに連れてこられたロボットが、その場所の地図(部屋の形状やそこにある物体の配置)を自動的に生成する問題である。この場合も、時間をかければかけるだけ地図の精度や信頼性は向上するはずであるが、運用のコストを考えれば長い時間をかけるわけにはいかない。そうすると例えば、決められた時間(例えば、一時間)に一つのフロアの地図を作る、といった形で指示することになる。最初にはどこに何があるかわからないので、少しずつ情報を集めながら、不確かな情報を基に探査行動を決めていくことになるが、ここでも得られる情報(未知物体の発見)とコスト(観測場所までの移動)の間のトレードオフがある。**第1図**は単純化された環境であるが、オンラインで観測位置を次々に計算しながら一つの部屋の探査を行っている例である。与えられた時間によって異なる探査行動が生成されている。

以上のように、臨機応変に振る舞うロボットのための環境認識と行動計画においては、不確かさと資源の有限性を考えた情報処理を行うことが重要である。製造業の現場で何らかのシステムを設計するときには、必要な性能に対する要求が厳し



(a) 十分に時間がある場合



(b) 時間が限られている場合

第1図 時間制約下での探査行動の自動生成

かったり、一方で使える資源(時間, コスト)に対する制約が強かったりするなどして、上記のようなトレードオフを明確に意識することは少ないかもしれない。しかし、どの機能要素にどの程度の性能を求め、またどの程度のコストを許容するかを考えながら、システム全体としてのトレードオフを意識することは重要ではないだろうか。ただし、ここでの性能は単なる処理能力だけではなく、メンテナンス性や将来の拡張性なども考慮して評価することが必要であろう。

最後に、さまざまな機能の統合体であるロボットの大規模なソフトウェアシステムをいかに構築するかも大きな課題である。筆者はNEDOの次世代ロボット知能化プロジェクト(平成19~23年度)に参画し、主に移動ロボットのためのソフトウェア開発とその普及に取り組んでいる。そこでは、RTミドルウェアという開発環境の上で、個々の機能モジュールをRTコンポーネント(RTC)とい

う、モジュール化されたソフトウェアとして開発し、ロボットやセンサなどのハードウェアやロボットの行うタスクに応じて適切なRTCを選択し、それらを組み合わせて全体のソフトウェアシステムを構築する。ハードウェアの多様性やソフト

ウェアの複雑性が高まるにつれ、システムごとに個別のソフトウェアを一から開発することは困難であり、このようなモジュール指向のソフトウェア開発は、ロボットの知能化に必須の高度な情報処理技術を取り込んでいくためにも重要である。

