

知識統合による複合的知識獲得モデルの特性および実環境への適用性の調査

矢部 達也†

† 山梨大学大学院医学工学総合教育部

服部 元信‡

‡ 山梨大学大学院医学工学総合研究部

1. はじめに

近年、掃除ロボットや災害救助ロボットなどの特定用途向けのロボットが開発され家庭や地域などの我々の身近な環境へと入り始めている。これらのタスクごとに専門化された専用ロボットは、直面する状況にある程度限定できるため設計方針が決めやすく、要素技術の進歩とあいまって実現可能となってきた。しかし、今後はより人間に近い環境で活動するための多様な機能を持つロボットが期待されることになるだろう。その実現のためには、人間と同じ環境において活動することができる汎用的な知的エージェントの実現が必須である。

そのように人間や他生物と同様、多様な環境に適応するエージェントを設計する場合、自然なアプローチは、その目指す目標である人間や他生物の行動や学習のしくみを模倣することであろう。そこで、例えば、サッカーのドリブルという行動の獲得を考えてみる。そのとき、初心者や始めて間もない人はドリブルをするとき、ボールを蹴っては向かって行くといった、ドリブルに必要な「ボールを蹴る」という行動と「ボールを追いかける」といった2つの行動をその場の状況によって使い分けドリブルを行う。しかし、何度も同じことを繰り返していれば、「蹴る」や「追いかける」といった個々の行動を意識しなくても、自然とドリブルというものが1つの行動としてできるようになっているだろう。このように既存知識の組合せによる行動をしていると、自然とそれらを1つに統合した複合的な知識が身についてくる [1]。

そこで本研究では、このような、複数の基礎的知識の協調行動の繰り返しにより、それらを統合した新たな知識を形成するための知識獲得モデルを提案する。本研究で扱う知識とは、【入力】環境情報 → 【出力】行動、のような処理を行う手続き的知識のことを指し、これを階層型ニューラルネットワークにより構成する。

このようにして知識統合を行う利点は、複雑になってしまった知識の協調による処理を、1つの知識として統合することによって構造が簡略化され、処理時間の短縮等が期待できることにある。

学習モデルの可能性を測るため、最初は2つの知識の統合、次はその統合された知識と他の知識との統合といったように、段階的に複雑な知識を獲得していき、

その有効性を検証する。そして、この研究は人間の行動獲得方法を模した学習方法であるため、その有効性の検証も身体性のあるエージェント、とりわけ実環境とのインタラクションにより、その環境へと働きかける行動ができる実ロボットが適している考える。そのため、移動ロボットと、そのシミュレートを行うシミュレータを用いて、計算機シミュレーションと実環境実験の両面でその有効性を検証する。

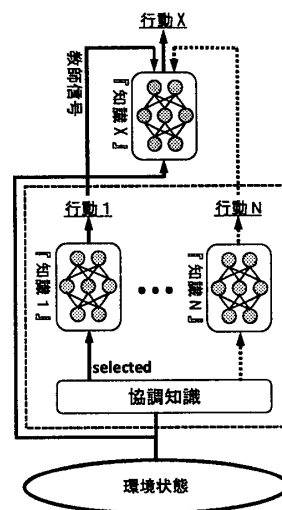


図 1: 既存知識の統合による複合的知識獲得モデル

2. 知識統合による複合的知識獲得モデル

本研究では、人間の行動獲得の過程を模した学習方法として、複数の基礎的知識の協調行動の繰り返しにより、基礎的知識とそれらの協調を行う知識とを統合した複合的な知識の獲得を行う学習モデルを提案する。

図1は、この学習モデルの一般的な形となる。点線枠内の処理では、まず環境の状態が協調知識に輸入され、知識1～Nのニューラルネットワークのどれを用いるかが選択される。そして、選択されたニューラルネットワークに環境の状態が入力され、その出力により実際の行動が行われる。これがフォアグラウンドで行われている処理であり、エージェントはこの処理により実際にタスクを行っていく。しかし、バックグラウンドではそれと並行して、未学習の状態の知識Xのニューラルネットワークにも同様の環境の状態が入力されており、この出力の教師信号として、現在フォアグラウンドで行われている処理の出力が与えられ、誤差逆伝搬 (Back Propagation: BP) 法により学習を行う。これにより、最初は未学習だった知識Xが、フォアグラウンドの処理によって行動が繰り返されることで、そ

Research on Characteristic and Real Environment Applicability of Combined Knowledge Acquisition Model by Integration of Knowledge
†Tatsuya YABE ‡Motonobu HATTORI

†Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

‡Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

の処理を学習していく。

このように提案モデルは、既に獲得されている複数の知識の協調による処理を実行してだけで、新たにそれら統合した1つの処理を自動的に学習することができる学習法である。

3. 計算機シミュレーション

提案法の有効性を検証するため、まず、ロボットシミュレータ Webots を用いて、移動ロボット Khepera の計算機モデルに提案学習モデルを実装し、計算機シミュレーションを行った。

タスクとしては、「障害物を避けながら進む」行動である『障害物回避』の知識と、「光の強い方へと向かっていく」行動である『光到達』の知識、その2つの知識を使い分け「障害物をかわしながら光の強い方へと向かっていく」行動をする『障害物回避光到達』の行動知識の統合を行う。そのイメージを図2に示す。

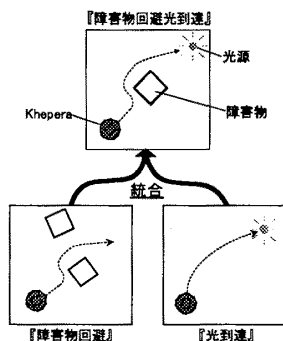


図2: 行動知識『障害物回避』と『光到達』による『障害物回避光到達』の統合イメージ

光に到達するか、障害物に衝突するかを、規定時間に達するかを1試行として学習を行い、何度も試行を繰り返すことによってネットワークは学習していく。

このタスクを始めるにあたって、基礎的知識として『光到達』の行動知識を、Direct-Vision-Based 強化学習[2]により獲得をしておく。また、基礎的知識『障害物回避』は、事前に Direct-Vision-Based 強化学習により獲得した『左旋回による障害物回避』と『右旋回による障害物回避』とを提案モデルにより統合した統合知識である。2つの知識を協調する処理は、「周囲に障害物があれば障害物回避、なければ光到達」といった規則に少しの例外処理を加えた if-then 規則により表現する。つまり、このタスクでは得られる『障害物回避光到達』の知識は、実質、3つの基礎的知識と2つの協調規則が統合された複合的知識となる。

学習環境は周囲を壁に囲まれた箱庭である。毎試行ごとに、光源は Khepera の初期位置から一定の範囲でランダムに、障害物は10個の立方体をランダムな位置に配置する。

この環境で前述のタスクを行ったところ、平均6518試行にて学習することができた。また、同様の知識を Direct-Vision-Based 強化学習によって獲得しようとし

たところ、10万試行を上限として学習ができなかったため、学習困難であると判断した。これより、このような複雑な知識を一から学習するのは困難であり、提案法のような手法によって獲得することが望ましいことが言える。

4. 実環境実験

ロボット等、実環境における制御を伴うものには、センサ系等のノイズがつきものであり、多くの場合それが制御の妨げとなる。そのため、実世界で行動するエージェントの行動獲得における実用上の有効性を示すためには、実環境での処理にも耐えう必要がある。そこで本研究では、提案学習法によって得た知識が実環境においても有効であることを、移動ロボット Khepera を用いた実験により示す。

ノイズを考慮した学習で考えられる方法は大きく分けて2つあると考える。1つは、学習を実環境で行う方法と、もう1つは、ノイズも含めて実環境を再現したシミュレーション環境において計算機シミュレーションを行う方法である。前者の利点は発生するノイズをほぼすべて含めたかたちで学習が行えることである。一方、後者の利点は実時間にしておよそ数十倍～数百倍といった高速な学習が可能であることであり、計算機能力の向上により速度はそれに比例して上昇していくという点である。欠点は実環境で発生するノイズをすべて含めて環境を再現することが困難だということである。

これらを踏まえ、本研究では、後者の方法である計算機シミュレーションによる学習結果を実環境に適用する方法をとる。これは、今後、さらに複雑な知識を獲得することや、実的な面を考えてのことである。この学習方法では、大きなノイズとなるものはできる限りシミュレータ上に再現し、その他の考慮外となるような細かなノイズについてはニューラルネットワークの汎化能力によって解決されることを期待する。

5. まとめ

複数の基礎的知識の協調による行動の繰り返しにより、それらを統合した新たな複合的知識を獲得する学習モデルを提案した。実験により複数の知識とその協調動作を統合した新たな知識を獲得することができた。今後はより複雑な知識の獲得を行い、どの程度まで複雑な知識を1つの知識に統合できるかの検証を行っていく。

参考文献

- [1] 信原幸弘. 考える脳・考えない脳一心と知識の哲学一. 講談社, 2000.
- [2] 柴田克成, 岡部洋一, 伊藤宏司. ニューラルネットワークを用いた Direct-Vision-Based 強化学習—センサからモータまで—. 計測自動制御学会論文集, Vol. 37, No. 2, pp. 168–177, 2001.