

合理的エージェント (Rational Agents)

大沢 英一

公立ほこだて未来大学

エージェント (Agent) は自律的に判断し行動する主体である。では、エージェントは何に基づき、何に対して、どのような判断をし、どのように行動すべきなのだろうか? 複雑な状況において何かを判断する場合、さまざまな判断の方法が考えられる。合理的エージェント (Rational Agent) とは、この判断に関して以下で述べるような特定の性質を持っているものをさしている [3].

まず、エージェントに限らず人工知能の研究では、与えられた状況において設計者が意図した正しい判断を行い、設計者が望む正しいことを行うシステムが探求されてきた。ここで言う「正しいこと」とは、具体例を挙げればチェスのある盤面で間違っただ手をささないとか、間違っただ推論を行わないということである。これを達成するために、理想的知能像 (これを合理性と呼ぶ) を基準にとり、それに基づいて正しい判断や行動を行うエージェントの理論が研究されてきた [1]。さらに、計算資源が限定されていることを前提とした限定合理性に基づくエージェントの理論なども考えられた [4]。これらの立場をとって設計・実装されたエージェントのことを合理的エージェントと呼ぶ。

合理的エージェントについてさらに詳しくみるために、エージェントの定義を実装を意識して拡張する。エージェントとは、環境をセンサで知覚し、自己の目標を達成するためにエフェクタを通して環境に働きかける (動作する) ものであるとする。

この定義を用いると、まず、エージェントが持っている目標をどのくらい達成できたかが問題となろう。また、目標が達成されていればエージェントは成功したと解釈してよいだろう。エージェントがどれくらい成功したかを評価する基準を性能尺度と呼ぶ。

では、どのような状況でも常に完全に正しい判断と正しい行動をとれるエージェントは設計できるのだろうか? つまり万能の性能尺度というのは設定できるのだろうか? このような意味で完全なエージェントを設計するためには全能である必要がある。ただ、実際には全能であること、つまり動作のあらゆる結果を知っていることは不可能である。別の言い方をすれ

ば、あらゆる状況においてどんなエージェントに対してでも適用できる万能の性能尺度というものは知られていない。よって、多くの場合は設計者である人間が何らかの考え方に基づいて客観的な評価基準を決め、それによりエージェントの性能尺度をはかることになる。

さて、先の拡張したエージェントの定義にもどり、エージェントの特性について考えてみる。以下の4つはエージェントの合理性に関して議論する場合に重要な事柄とされている。

- 成功の度合いを定義する性能尺度
- エージェントの知覚
- エージェントの環境に対する知識
- エージェントに可能な動作

例えば、これにより理想的な合理的エージェントを定義することができる。それは、知覚の履歴とエージェントの持つ知識に基づいて、性能尺度を最大にする動作を選択するものとなる。

エージェントは、知覚列に対して動作を決定するが、この場合に、どんな知覚列に対しても、それに応じて取るべき動作を特定できれば、それは理想的なエージェントである。では、その場合、エージェントの環境に対する知識はどのように関係してくるのだろうか？

もしもエージェントが設計時に組み込まれた事前の知識だけに完全に依存して動作を決定するのだとしたら、そのエージェントは自律性に乏しいと言える。実際にこのようなエージェントは環境の変化に対応することが難しく、仮にそれが出来たとしても、それは設計者の知性によるものであろう。

一般に、環境の変化(場合によっては事前には予測が出来なかった事)に適応して性能尺度をあげるためには、エージェントは事前に与えられた知識とそれ自身の経験の両方に基づいて行動を決定するべきである。このように、自身の経験に基づいて行動を行う場合、そのエージェントは自律的であるといえる。ただし、事前の知識をまったく与えなければ、経験のないエージェントに正しい動作を期待することは無理である。よって、エージェントには経験を学習する能力とともに、事前の知識を付与することが望ましい。

先に述べた性能尺度のとりかたは、エージェントの行動を大きく特徴付ける。これに関して、以下では論理的エージェント、そして効用主導エージェントという二つの異なるタイプのエージェントについて述べる。

論理的エージェント エージェントにとって、環境を知覚するだけでは動作を決定するには不十分である。環境の状態以外に、エージェントの目標状態に関する情報が必要である。目標状態が現在の状態とほとんど差がないのであれば、エージェントは比較的容易にその動作系列を決定できるかも知れない。しかし、そうでない場合は、エージェントは現在の状態から目標の状態に至るための動作系列を探索しなければならない。これはプランニングの問題と関係する。プランニングはエージェントの知覚列、環境に対する知識、そして可能な動作に基づいて行う探索である。

ここでは、エージェントの目標と知識に焦点をあてて、目標を達成するために知識をどのように利用し管理するか、別の言い方をすれば論理的な推論により意思決定を行うエージェントの枠組みについて事例をもとに述べる。

このようなエージェントの代表的な研究として知られているものにBDIアーキテクチャ[2]がある。BDIアーキテクチャでは、エージェントは信念、願望、そして意図を持つ。

信念とは環境に関する情報であり、願望とは達成されることを欲求する事柄、そして意図とは達成することをエージェント自身がコミットした事柄である。BDIアーキテクチャは、信念、願望、そして意図の表現、それらの管理、さらにそれらを用いた行動の決定についての方針を与えている。その考え方の基礎には、日常的に人が行う行動決定に関する実際的な推論過程に対する哲学的考察がある。この実際的推論においては、どのような目標を望むのか、また、それをどのように達成するのかを決定している。前者の過程は熟考、そして後者は手段-目的分析などとも呼ばれる。

効用主導エージェント エージェントが動作を決定するとき、目標しか考慮しないとなると、最も好ましい動作系列を決定するのに不十分な場合がある。例えば目標を達成するのにいくつかの異なる動作系列、つまりそれにより異なる状態列が考えられ、それらの状態列が異なる特性を持つときに、どの特性を重要視して動作系列を選ぶのかということが問題になる。

複数の異なる状態列があるときに、どの状態列がエージェントにとって好ましいのか(エージェントが最も幸せになる状態列はどれか、もしくは、どれがエージェントにとって最も役に立つのか)を比較することになる。この好ましさの比較は、エージェントの選好に基づいて行われる。いくつかの状態列が与えられたときに、最も選好の高い状態列を選ぶエージェントは合理的である。

実際には、選好は状態列を好ましさの度合を表す実数に写像する効用により表現される。この効用関数の記述が完全であれば、異なる状態列を比較することが可能になる。また、動作が引き起こす結果の確率と効用関数を結合すると期待効用を得ることができる。そして、合理的なエージェン

トは期待効用を最大化する動作系列を選択する。

この効用に基づく合理的なエージェントのアプローチは、意思決定ネットワーク (Decision Network) や信念ネットワーク (Belief Network) などのさまざまな意思決定の枠組みを提供している。

参考文献

- [1] Michael E. Bratman. *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press, 1987.
- [2] Anand S. Rao and Michael P. Georgeff. Modeling rational agents within a BDI-architecture. In *Proceedings of Knowledge Representation and Reasoning*, pp. 473–484, 1991.
- [3] Stuart J. Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence – A Modern Approach*-. Prentice-Hall, Inc., 1995. (邦訳：古川康一・監訳, 「エージェントアプローチ人工知能」, 共立出版, 1997年).
- [4] Stuart J. Russell and Eric H. Wefald. *Do the Right Thing: Studies in Limited Rationality*. The MIT Press, 1991.