

シミュレーション・モデルにおけるアクション記述のためのパーツ設計

青 山 希[†] 古川園 智樹^{††} 井 庭 崇^{†††}

本論文では、社会シミュレーションにおけるエージェントの「アクション」を記述するための汎用的な部品とその分類方法を提案する。アクションとは、シミュレーションにおいて各エージェントが行う様々な動作のことであり、それを構成する部品を「アクションパーツ」として定義する。本論文では、281個のアクションパーツを、アクションに使用する動詞、目的語、対象範囲に着目して、21のカテゴリに整理・分類した。この分類により、モデル作成者がアクションを記述する際に、適切なアクションパーツをより直感的に選択できるようになる。提案するアクションパーツによって様々なモデルを記述できることを明らかにするため、既存モデルの再現を行った。

Designing and Categorizing parts of Action in Social Simulation Models

NOZOMU AOYAMA,[†] TOMOKI FURUKAWAZONO^{††} and TAKASHI IBA ^{†††}

In this paper, we propose general-purpose parts to describe “Action” that is a procedure executed by Agents in simulation models, and the parts are called “Action Parts”. We categorized 281 Action-Parts into 21 categories based on their verb, purpose and scope. They make it easy for a modeler to select proper parts for describing Actions in individual models. To evaluate the performance of the set of Action-Parts, we reproduced existing models with using them.

1. はじめに

アクションとは、マルチエージェントシミュレーションにおいてエージェントが行う「動作」のことである。例えば、商取引を扱うシミュレーションモデルの場合、「売る」、「買う」というアクションによって、エージェント間の取引が実現される。ロコミのモデルであれば「友人に情報を伝える」というようなアクションが考えられる。社会シミュレーションモデルを作成するためには、それぞれの社会現象を構成する様々なアクションを記述する必要がある。

本論文の目的は、様々なモデルのアクションを記述するために必要な部品（アクションパーツ）を、直感的に理解しやすい名前整理し、分類を行うことである。以下では、まずモデル作成作業におけるアクションとアクションパーツの役割について述べ、次にこれを整理するための方法とその結果について述べる。最

後に、個別モデルの記述にそれらのアクションパーツを利用した結果について述べる。

2. モデル作成作業におけるアクションパーツの役割

マルチエージェントシミュレーションのためのモデルは、「エージェント」と、エージェント間の「関係」、エージェントが持つ「モノ」と「情報」、エージェントの振る舞いをモデル化した「行動」といった「モデル要素」によって構成される¹⁾。モデル作成者は、社会現象の構成要素をこの枠組みに当てはめて抽出し、それらに名前をつけ、その関係性を定義する。

一方、モデルの動的な振る舞いについては、いつ、どのようなイベントをきっかけにどのアクションを行うのかというルールを、状態遷移図で記述する。次に、それぞれのアクションがどのようなものであるのかを詳細に記述する。

アクションは、アクション記述言語「Action Block Language」(ABL)²⁾を使用して記述することができる。ABLは、社会シミュレーションの中で実行されるエージェントの動作(アクション)を、マルチエージェントシミュレーションの語彙で記述するためのビジュアルな記述言語である。ABLにはアクションを

[†] 日本アイ・ビー・エム株式会社
IBM Japan, Ltd.

^{††} 慶應義塾大学 政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance,
Keio University

^{†††} 慶應義塾大学 総合政策学部
Faculty of Policy Management, Keio University

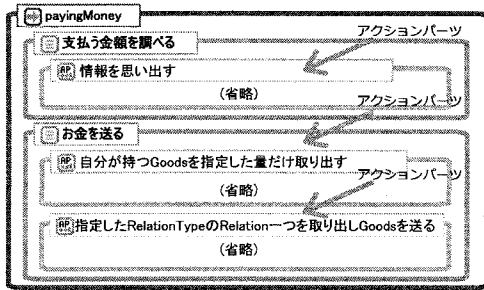


図 1 ABL で記述したアクションの例

構成する要素として、条件分岐や繰り返しなどの制御構造、処理の意味的なまとまりをあらわす論理構造、アクションの部品であるアクションパーツが用意されている。

アクションパーツとは、「情報を記憶する」、「他のエージェントに情報を送る」、「モノをつくる」というようなアクションの最小構成単位である。個別のモデルにおいて特有のアクションを記述するためには、まずアクションを制御構造や論理構造を使って分解し、次に分解されたそれぞれの処理に対応するアクションパーツを当てはめていく。図 1 は、「お金を払う」というアクションを ABL で記述した例である。

アクションパーツは、様々なモデルにおけるアクションを記述できるように、多くの種類の動作が定義されている。そのため、アクションパーツの数が多くなってしまい、モデル作成者が目的にあったものを効率的に選ぶことが困難になってしまう。そこで以下では、直感的な命名・分類によってアクションパーツを整理する方法について提案することにしたい。

3. アクションパーツの整理と分類

本節ではまず、動詞に着目したアクションパーツの整理について述べ、次にカテゴリによる分類について述べる。最後にその結果として定義されたアクションパーツのカテゴリ一覧とそこに含まれるアクションパーツの例を示す。

3.1 動詞に着目したアクションの整理

アクションパーツの意味を、特別な知識がなくても理解できる名前にするために、まずアクションパーツそれぞれがどのような動作を行っているのかを分析し、動詞ごとの分類を行った。表 1 はアクションパーツで使用される動詞分類と、その意味、およびどのようなアクションパーツに対応するかを示したものである。

エージェントのアクションは大きく分けて 9 種類の動詞に大別される。実際に、個別のモデルの中で記述



図 2 アクションパーツカテゴリの一覧

される複雑なアクションも「調べる」、「特定する」、「つくる」などの結果として得たモデル要素や値を、「変える」、「送る」、「持たせる」などを使って操作する、という一連の動作の繰り返しで成り立っている。

自分や他のエージェントに付属する、情報、行動、関係などを参照する処理は、「特定する」という動詞で分類される。このように一度分類を行った後に、「情報を特定する」は「情報を思い出す」、「情報の集合から条件に合うものを特定する」は「検索する」というように、より日常的な言葉へ置き換えてアクションパーツの命名を行った。

3.2 アクションの分類

アクションを記述する作業の中で、200 以上あるアクションパーツから目的にあったものを選択していくためには、アクションパーツをカテゴリごとに分類し探しやすい必要がある。そのために、三種類の分類軸でアクションパーツの分類を行い、カテゴリを作成した(図 2)。

第一の分類軸は、アクションパーツの対象範囲である。エージェントがアクションを行うことができる範囲は大きくわけて三つある。一つ目はエージェント自身に対するアクション、二つ目は他のエージェントや世界など「外界」に対するものである。三つ目は他のアクションパーツの動作の結果得たモノや情報、値な

動詞の種類	説明	含まれる動詞の例	アクションパーツ数
把握する	ある要素の状態を表す値を調べたり要素に属する他の要素を特定して、他のアクションパーツで後から参照できるようにする	特定する, 調べる	150
変える	情報やモノ, 集合の状況, 値, 構成要素を変更する	更新する, 追加する	38
つくる	情報やモノ, 集合を新しくつくる	つくる	26
消す	エージェントや, モノを明示的にモデルから削除する	消滅させる, 消去する	3
持たせる	エージェントに関係, 情報やモノなどを持たせる	結ぶ, 記憶する, 持たせる	23
取り除く	エージェントから関係, 情報やモノなどを取り除き, 持っていない状態に戻す	断つ, 取り出す, 削除する	16
送る	他のエージェントにモノか情報を送る	送る, 送り返す	19
受け取る	他のエージェントから送られてきたモノか情報を受け取る	受け取る	2
その他	データ取得や, エラー出力などコンピュータ・シミュレーション特有の処理を行う	出力する	4

表 1 アクションに使用される動詞の種類

どに対するアクションである。このように、エージェントが処理の中で動的に扱うことができる範囲のことをエージェントの「手元」と呼ぶ。手元に対する処理は、エージェント自身や他のエージェントに何かの変化を起こすわけではない。

第二の分類軸は、前節で述べた動詞の種類による分類である。まず大きな軸として状況を変化させる動詞か、状況を把握するための動詞かで分け、その中でさらに動詞の種類で分類した。

第三の分類軸は、アクションパーツの目的語である。目的語にはエージェントだけでなく、モノや情報などの他の要素や、集合、数値といった抽象的なものまで様々なものがある。

3.3 カテゴリの一覧とアクションパーツ

アクションパーツは、まずアクションの対象範囲によって三つの大きなカテゴリに大別される。その中でさらに動詞や目的語によって細かく 21 のカテゴリに分類さる (図 2)。281 のアクションパーツは、すべてこのカテゴリのどこかに分類されている。

以下では「自分の状況を把握する/変化させる」、「外界を把握する/働きかける」、「手元にあるものを扱う」のそれぞれの大カテゴリごとに、カテゴリの一覧とそこに含まれる代表的なアクションパーツの例を挙げる。

3.3.1 大カテゴリ: 「自分の状況を把握する/変化させる」

ここでは、自身が持つ情報やモノ、値を把握し結果を手元に置くアクションパーツと、逆に手元にあるモノや情報をエージェント自身に持たせるアクションパーツが三つのカテゴリに分かれて分類される。

- 記憶する/思い出す
 - － 自分が記憶している Information を消す
 - － Information を思い出す
- 自分の状況を変化させる
 - － Goods を持つ

- － 自分が持つ Relation を断つ
- 自分の状況を把握する
 - － 自分が指定した Type の Relation を持っているか調べる
 - － 自分が持つ Goods の量 (整数) を調べる

3.3.2 大カテゴリ: 「外界を把握する/働きかける」

ここでは、他のエージェントやシミュレーションが実行されている世界そのものの状況を把握したり、逆に操作するアクションパーツが含まれる。さらに、エージェント自身と他のエージェントとの間でモノや情報をやり取りするアクションパーツもここに含まれる。このようなアクションパーツが 6 つのカテゴリに分かれて分類されている。

- モノや情報を受け取る
 - － 最後に送られてきた Goods を特定する
 - － 送られてきた Information を受け取る
- 他者の状況を把握する
 - － 他の Agent が持つ Relation を特定する
 - － 他の Agent が記憶している Information を特定する
- 世界の状況を把握する
 - － World に存在するすべての Agent を集合として扱う
 - － 現在のステップ数を調べる
- モノや情報を送る
 - － Information を送り返す
 - － Relation を指定して Goods を送る
- 他者の状況を変化させる
 - － 他の Agent から他の Agent へ Relation を結ぶ
 - － 他の Agent に Behavior を追加する
- 世界の状況を変化させる
 - － 新しい Agent を登場させる
 - － 他の Agent を消滅させる

3.3.3 大カテゴリ: 「手元にあるものを扱う」

ここには、自分自身や他のエージェントの状況を把握した結果得られたモノや情報、要素の集合を操作したり、それらからさらに詳細な内容を把握したりするアクションパーツが含まれる。このカテゴリはまず動詞ごとに、「把握する」、「つくる」、「変化させる」、「その他」に分類され、その中でさらに目的語ごとに分けて12のカテゴリに分類されている。

- 情報の中身を把握する
 - 同じ Information かどうかを調べる
 - Information の内容 (文字列) を調べる
- モノの詳細を把握する
 - Goods の Type を特定する
 - Goods の量 (実数) を調べる
- 集合の中身を把握する
 - Agent の集合からランダムに一つを選ぶ
 - 集合の要素の一つを特定する
- 関係の詳細を把握する
 - Relation の関係元を特定する
 - Relation の関係先を特定する
- 新しい情報をつくる
 - IntegerInformation をつくる
 - AgentInformation をつくる
- 新しいモノをつくる
 - 新しい Goods をつくる
- 新しい集合をつくる
 - 集合からリストをつくる
- 情報を編集する
 - ListInformation に Information を追加する
 - ListInformation を空にする
- モノの状況を変化させる
 - Goods に Information を書き込む
- 集合を操作する
 - 集合に要素を追加する
 - 集合から要素を削除する
- 計算する
 - 整数の乱数を生成する
 - 整数配列の合計と平均を計算する
- 出力する
 - 警告としてログを出力する

4. 評価

本論文で分類、整理したアクションパーツで様々なモデルが記述できることを検証するため、既存モデルの再現を行った。再現を行ったモデルは、家庭用VTR(Video Tape Recorder)の規格競争シミュレ-

ション³⁾、空間型繰り返し囚人のジレンマモデル、進化経済学的な産業変動モデル、社会ネットワークモデルである。これにより、社会、経済の様々なタイプのシミュレーションモデルのアクションがアクションパーツで記述できることが検証できた。

この他にも、大学における研究・教育の場で、アクションパーツによるモデル作成が行われている。コンピュータの専門的な知識を持たない学生でも、部品を選択しながらモデルを記述していくことが可能であることが実証されている。

5. おわりに

本論文では、各エージェントの「アクション」を記述するための汎用的な部品であるアクションパーツとその分類方法を提案した。さらに、実際にこれを使用してモデルを記述することで、その検証を行った。本論文で提案したアクションパーツを組み合わせていくことで、直感的な語彙を用いて様々なシミュレーションモデルを作成することができる。

アクションを記述するための語彙が体系化され、共有されることで、モデルの詳細を作成者以外の人が容易に理解できる状況を実現することができた。これらの成果が、シミュレーション構築だけでなく、作成したモデルの追試・再利用を支援し、社会研究コミュニティの発展に寄与することを期待する。

謝辞 慶應義塾大学 SFC の PlatBox Project のメンバーおよび、その前身である Boxed Economy Project のメンバーに感謝したい。また、アクションパーツの命名、整理に協力してくれた伊藤 諭志さん、宇佐美 絢子さん、野村 奈津子さんにも感謝の意を述べたい。

参考文献

- 1) 井庭崇, 中鉢欣秀, 松澤芳昭, 海保研, 武藤佳恭: Boxed Economy Foundation Model: 社会・経済のエージェントベースモデリングのためのフレームワーク, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, Vol. 44, No. SIG14 (TOM9), pp. 20-30 (2003).
- 2) 青山希, 松澤芳昭, 井庭崇, 大岩元: モデリング言語による社会シミュレーション構築環境, 情報処理学会研究会報告, Vol. 2005-MPS-56-(5) (2005).
- 3) 井庭崇, 竹中平蔵, 武藤佳恭: 人工市場アプローチによる家庭用 VTR の規格競争シミュレーション, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用, Vol. 42, No. SIG14 (TOM5), pp. 73-89 (2001).