

マルチエージェントシミュレーションにおける 異種モデル統合手法の提案

A method for combining heterogeneous models in multiagent simulation

磯貝邦昭[†]
Kuniaki Isogai

八槇博史[‡]
Hirofumi Yamaki

1. はじめに

マルチエージェントシミュレーション (MAS) は、政治・経済・交通といった分野において社会現象を自律的なエージェント間の相互作用として再現するのに用いられる。MAS を政策決定に利用する際には、政策の効果を多面的に評価するために検討の段階に応じて様々なシミュレーションを実施する必要がある。膨大な検討対象ごとに新たにシミュレーションモデルを1から作成するのはコストが高い。そこで本研究では、既存のシミュレーションモデルを組み合わせることで多面的なシミュレーションを構成することを想定し、その支援のための異種モデル統合手法を提案する。例えば、

シミュレーション統合の先行事例として HLA (High Level Architecture)[1] が代表的である。HLA は分散シミュレータを RTI (Run-Time Infrastructure) と呼ばれるプラットフォーム上で統合することができるが、HLA の規格は膨大なためモデル作成者がそれを満たすのは容易ではない。また、中島ら [2] は問題領域や抽象度が異なる複数のシミュレータを統合するようなプラットフォームのアーキテクチャを提案した。提案方式は HLA より規格が軽量化されたが依然としてモデル作成者への規格に則った実装の負担と、その規格を満たしたシミュレーションモデルをどのように集めるのかと言った問題がある。本研究では、モデル作成者に対して実装の制約を減らした支援方法を目指す。

2. 異種モデル統合手法

図1にモデル統合の流れを説明する。はじめに1.でモデル作成者はシミュレーションモデルとそれに関するメタデータを作成する。2.でモデル利用者は統合するシミュレーションモデルを選択する。その際、変換規則モジュールがメタデータを利用してモデル利用者に対して支援情報を提示して作成支援を行う。3.モデル利用者はシミュレーションの結合部分と結合方法を変換内容として記述する。そして、記述した内容を変換規則モジュールが変換規則に変換する。4.でモデル統合モジュールがシミュレーションモデルと変換規則から統合モデルを生成する。最後に5.で統合モデルを利用者に提示する。また統合モデルでは変換規則マネージャを介して変換を行いシミュレーション同士の通信を可能にする。このようにシミュレーション独立に実行させ、疎結合することでお互いのシミュレーションの内容を大きく変更することなく統合する。

次にモデル作成者が記述するメタデータについて説明する。一般的に MAS は、各エージェントの行動規

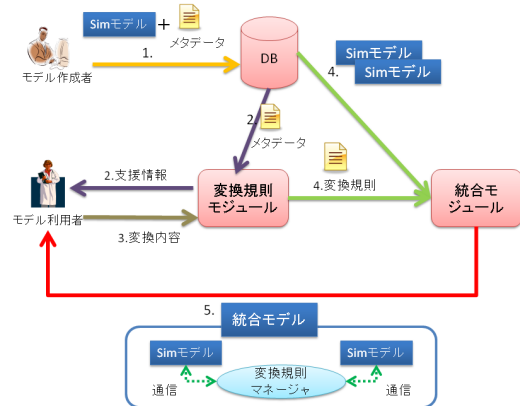


図1: モデル統合のデータの流れ

則とエージェント間のインタラクションを定義し、システム全体を一定の時間間隔で実行する。そして、シミュレーションにはシミュレーション実行者が与える外生変数とシミュレーション内部で計算する内生変数が存在する。シミュレーションが異なれば、シミュレーションの実行間隔や変数の意味も異なるため、モデル統合の際に整合をとる必要がある。また、内生変数は値の変動がモデル内に依存しており、その内生変数を結合するとお互いのシミュレーションを大きく干渉するため、今回の統合では外生変数を介した結合のみを扱う。

記述するメタデータは以下の3種類の情報を含む。

- シミュレーションの実行単位
- 変数単位
- 外生変数か否か

シミュレーションの実行単位は、時間、分、ステップといった、シミュレーションの1ターンが対応する現実世界での単位時間について記述する。変数単位は、ドル、円、%などデータ変数の意味について記述する。最後に結合に利用できる変数かを記述する。そして3種類の情報を図2のXMLに則った形式で表す。

sim要素内のidにモデル固有のid、nameにモデルの名前、step-unitにモデルの実行単位を記述する。図2では1実行を1時間とし、idが1でsupplyという名前のシミュレーションモデルを表す。次に変数を示すvar要素内のis-exogenousはその変数が外生変数であるか否かを表す。trueの場合は外生変数である。また、変数の名前と単位をそれぞれname、typeプロパティで

[†]名古屋大学大学院情報科学研究科

[‡]東京電気大学情報環境学部

```
<sim id="1" name="supply" step-unit="hour">
  <var name="money" type="dollar"
    is-exogenous="true"/>
  <var name="k" type="non"
    is-exogenous="true"/>
</sim>
```

図2: モデル統合のデータの流れ

表す。図2の変数 money の単位はドルであり、変数 k の単位は存在しない。

次にメタデータを用いたモデル利用者への変換規則作成支援について説明する。作成支援を行う内容は以下の4点である。

- シミュレーションの実行単位が異なる場合は変換が必要である旨を表示
- 変数単位が異なる場合は変換が必要である旨を表示
- 結合先として外生変数以外を利用しようとした場合にその旨を表示
- モデル統合モジュール内に利用可能な変換規則が存在している場合、情報を提示

シミュレーションの実行単位と変数単位はモデル統合時に整合をとる必要がある。そのため単位が異なる場合はモデル作成者に対して修正を促す。また結合する変数は外生変数のみに制限しているため、内生変数を参照できないようにする。そして、モデル利用者が作成した変換内容を将来的には蓄積し、他の利用者が同じような変換を必要とした場合に変換規則を提示することで、モデル統合における効率を向上させる。

どの変数間でどのような周期でどのように統合するのかといった、支援を受けたモデル利用者が記述した内容を、変換規則モジュールが統合モジュールで利用する形式に変換し、モデルデータと共にモデル統合モジュールで統合する。

3. 統合モデル例

今回 NetLogo で記述された暴動シミュレーションモデル [3] と車の需要と供給による価格設定シミュレーションモデル [4] を統合して経済の変動とそれにより巻き起こされる暴動の発生シミュレーションモデルを作成した。本来車に関するモデルだが任意の商品に関するモデルとしてとらえることも可能なため、ここでは生活必需品の価格設定シミュレーションとみなす。

暴動シミュレーションモデルは、民衆の中央当局に対する反乱をシミュレーションする。エージェントとして一般市民と警察が存在し、一般市民はある一定以上の不満が溜まった場合に暴動を起こす。警察は暴動を起こした市民を捕まえて刑務所に連行する。暴動者が逮捕される確率に関わる因子である k(単位:なし, 外生変数) や民衆が暴動を始める閾値である threshold(単位:なし, 外生変数) などの変数が存在し、モデルの実行単位は1週間(単位:week)である。

また、価格設定シミュレーションモデルは商品を買う流通業者と商品である品物エージェントが存在し、それぞれに売却希望価格と購買希望価格が存在し、買い手が付くか付かないかで商品の価格を変動させる。変数にはある商品の価格である price(単位:dollar, 外生変数)、売買における売りやすさである willingtosell(単位:なし, 内生変数) や売買における買いやすさである willingtobuy(単位:なし, 内生変数) が存在し、モデルの実行単位は1日(単位:day)である。

モデル利用者はこれらのメタデータから変換規則として、変数 price から変数 threshold に対して、 $price > 100$ という条件で真なら $threshold + 0.2$ 、偽なら $threshold - 0.2$ とし、暴動シミュレーションと価格設定シミュレーションを統合してシミュレーションを生成した。これによって、価格設定シミュレーションで1週間ごとの生活必需品の価格が規定額より上昇すると暴動シミュレーション側では暴動が発生しやすくなり、下降すると発生しづらくなる現象が観測された。

4. おわりに・今後の課題

本研究では、既存のシミュレーションモデルを組み合わせることでも面的なシミュレーションを構成することを想定し、その支援のための異種モデル統合手法を提案した。統合手法として、モデル作成者がシミュレーションモデルと共に変数単位・実行単位・変数の依存関係のメタデータを作成する。そしてモデル利用者は利用したいモデルを選択し、付与されたメタデータから結合したい場所に関する変換規則を記述する。その際機械が作成支援を行う。最後に機械がそれらのデータを利用して統合モデルを作成することで実現した。

今後の課題として、作成したメタデータを現在モデル利用者はそのままの状態ではしか閲覧することができないため、可視化を行うことでシミュレーションの情報の理解を向上させる。また、モデル作成者も作成したモデルにメタデータを付与するインタフェースや作成したモデルを登録して統合処理を行うようなモデル共有機構を作成する必要がある。

参考文献

- [1] Frederick Kuhl, Judith Dahmann, and Richard Weatherly. Creating computer simulation systems: an introduction to the high level architecture. Prentice Hall PTR Englewood Cliffs, 2000.
- [2] 中島悠, 服部宏充. マルチエージェントシミュレーション統合のためのシミュレータアーキテクチャ. 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 11, pp. 2477-2484, nov 2012.
- [3] Uri Wilensky. Netlogo rebellion model. Available in the online Netlogo Model Library, 2004.
- [4] Horowitz Eric. Netlogo supply - demand model. Available in the online Netlogo Model Commons, 2011.