

# 社会シミュレーションのための マルチスケール統合モデリング手法

○清水岳 貝原俊也 藤井信忠 國領大介 (神戸大学)

## A multi-scale integrated modeling approach for social simulation

\*G. Shimizu, T. Kaihara, N. Fujii and D. Kokuryo (Kobe University)

**概要**— 社会シミュレーションには、相互依存性を有する複数のサブシステムに対する SoS の概念に基づいたモデリング手法が求められている。そして我々は、それぞれの要素をその時空間レベルに適したモデリング技術を用いて統合するマルチスケールモデリング手法の取り組みを進めている。本稿では、本手法の構想について紹介するとともに、社会システムを構成する様々なレベルの意思決定主体の分析や、それに基づいたシステムモデリングに関する取り組みの現状について説明する。

**キーワード**: System of Systems(SoS), マルチスケールモデリング, 新興感染症

### 1 はじめに

システムの連携協調により持続的な価値やサービスを創出する社会の実現には System of Systems (SoS) の概念が重要となる。SoS とは、各々がシステムと見なせる要素の集まりであり、その特徴として要素システムが運用的・管理的独立性を有し、時空間レベルの異なる様々なサブシステムを包含していることが挙げられる。この SoS 構造を持つシステムを適切に分析し一貫性のあるモデル化を行うために、我々は、それぞれの要素をその時空間レベルに適したモデリング手法を用いてモデル化し統合するマルチスケールモデリングに着目した。本稿ではマルチスケールモデリングの概要を述べた上で、その実現のために必要なシステム分析と異なるスケールの意思決定主体のモデル化、およびその統合について検討する。

### 2 マルチスケールモデリング

多様なサブシステムを含む社会システムを対象とした社会シミュレーションでは、個人行動モデルなどのマイクロなモデルから政策・経済評価などのマクロモデル、その間の産業構造などのメゾモデルを接続することが必要である。マイクロ-マクロ的な構造を取り扱うためには、時空間の粒度が細かいマイクロレベルより生み出される個人の価値、マクロレベルが取り扱う社会全体における価値、その間のメゾレベルで求められる集団や組織の価値、について個々にモデル化するとともに、これらをシームレスにつなぐモデリング手法であるマルチスケールモデリングが重要となる。

### 3 異なるレベルの意思決定主体のモデル化とその統合

SoS 構造を持ち時空間レベルの異なる様々なサブシステムを包含している対象システムをモデル化するには、まず対象システムに含まれる意思決定主体を整理する必要がある。そこで DeLaurentis らによって提案されたフレームワークを用いてシステム分析を行う<sup>1)</sup>。このフレームワークはシステムの構成要素を Resources, Operations, Economics, Policy の 4 種類に、各カテゴリ内における構成要素の相対的な位置を  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  という階層に分類することで様々なレベルの意思決定主体の存在を把握できる。

そして、システム分析の結果、対象システムに異なる時空間レベルの意思決定主体が複数含まれることが判明した場合、それぞれの主体に適したモデリング手法でモデル化した上で、各モデルの入出力を考慮してモデルを統合することでマルチスケールモデリングを実現する。

### 4 ケーススタディ

本章では新興感染症蔓延下の地方都市を対象としたシステム分析とモデル化について述べる。対象システムに対してシステム分析を行った結果を Table 1 に示す。システム分析の結果から  $\alpha$  レベルの人、 $\beta$  レベルの各施設、 $\gamma$  レベルの自治体という様々なレベルの意思決定主体の存在を抽出した。社会システムにおいてマイクロな主体である人はエージェントベースモデリングを、マクロな変数を基に意思決定を行う自治体はシステムダイナミクスを用いてモデル化することが適切であり、一方のモデルの出力を他方の入力とすることで 2 種類のモデルを統合することを検討している。

Table 1: フレームワークを用いたシステム分析例

	Resources	Operations	Economics	Policy
$\gamma$	自治体	自治体の運営	予算 政策コスト	経済政策 感染政策
$\beta$	会社, 学校 店舗, 病院	施設の運営 施設の管理	予算, 利益 運営費	時短営業 休校措置
$\alpha$	人, 病床 ワクチン 特效薬	人々の行動 医療物資の 管理	消費金額 人件費 医療費	外出自粛 テレワーク ワクチン 接種

### 5 結論

本稿では、マルチスケールモデリング実現のために必要であるシステム分析と異なるレベルの意思決定主体のモデル化とその統合について紹介し、新興感染症蔓延下の地方都市を対象とした検討例を紹介した。今後、検討したモデルを用いてシミュレーションを行い、マルチスケールモデリングの有効性を検証する。

### 参考文献

- 1) DeLaurentis, Callway: A System-of-Systems Perspective for Public Policy Decisions, Review of Policy Research, Vol. 21, No. 6, 829/837 (2004)