

# 国際関係論におけるマルチエージェント・シミュレーション研究の動向：米国 2002-2004

光辻 克馬・山本 和也<sup>1</sup>

## はじめに

自然科学から社会科学まで、マルチエージェント・シミュレーションによる研究分野は多岐にわたるが、本稿では、国際関係論や政治学の分野における米国での最近の研究動向について報告する。具体的には、社会科学での分析用ライブラリとして米国で急速に普及している RePast をめぐる活動、国際関係論・政治学の学会である ISA (International Studies Association) と APSA (American Political Science Association) での動向、米国において国際関係論および政治学の研究ツールとして作成された GeoSim と PSI を紹介する。

## 1. RePast プロジェクト

マルチエージェント・シミュレーション用のアプリケーションもしくはライブラリとしては、米国サンタフェ研究所で開発された SWARM がしばらくの間、広く普及していたが、Objective C による記述など、その使い勝手の悪さがしばしば指摘されていた。このような状況のなかで、SWARM の長所を取り入れつつも、Java 言語によるライブラリとして、モデル作成の容易さなどを特徴として開発されたのが、RePast (Recursive Porus Agent Simulation Toolkit) であった<sup>2</sup>。

RePast は、シカゴ大学とアルゴンヌ国立研究所が中心となって開発が行っているライブラリであり、これらの機関では、毎年、RePast 普及のためのトレーニングコースやワークショップを開催してきた。本節では、これらの活動について、簡単に紹介したい。

両機関は、数年前からエージェントベースのシミュレーションモデルのワークショップを定期的で開催してきたが<sup>3</sup>、RePast を開発後は、その普及を目的としたトレー

<sup>1</sup> 東京大学大学院総合文化研究科

光辻克馬 mitsutsujik@ma.newweb.ne.jp、山本和也 yamamoto@ioc.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup> <http://repast.sourceforge.net>

<sup>3</sup> 例えば、Agent Simulation: Application, models, and Tools, October 15-16, 1999; Simulation of Social Agents: Architectures and Institutions, October 6-7, 2000 など。

ニングコースをワークショップとともにしばしば開催している。

これらの活動のうち、最も広範な人々を対象としたものでは、研究者だけでなく、広くビジネスの分野までにマルチエージェント・シミュレーションの普及を目的としたコースも行われている。例えば、2002年3月4日から8日までの5日間にもわたる大掛かりな普及・トレーニングセミナーは、その例である<sup>4</sup>。筆者の一人もこのセミナーに参加したが、鉄道会社や保険企業などの一般企業、ロスアラモス研究所などの国立研究機関、大学など多様な背景の人々が数十名参加した。

セミナーは前半(2.5日)と後半(2.5日)に分かれ、前半では、そもそもマルチエージェント・シミュレーションとは何かという抽象的な方法論、その具体的な事例を用いた説明、さらにはシミュレーション一般についての分析手法論といったものが説明される。その目的は、これまでこのタイプの社会分析についての知識をほとんど持たないビジネス界からの参加者にマルチエージェント・シミュレーションを理解してもらい、現実のビジネスで活用してもらうことにある。したがって、前半のセミナーの主な参加対象者は、ビジネス関係者のなかでも、企業運営の意思決定を直接行う経営者・執行役員などを対象とするものであった。

これに対して、後半は、RePastの使い方についてのトレーニングコースであり、実際にPCを操作しながらのセミナーとなる。したがって、後半は、企業の意思決定に従って、実際にマルチエージェントモデルで分析などを行う担当者を対象としたセッションである。

すでに述べたように、このような一般向けの普及セミナーと平行して、アルゴンヌ国立研究所とシカゴ大学は共催で、研究成果を報告するワークショップも定期的で開催している。近年では、これは、Agent 200xと称して、毎年秋に開催される慣例となっている。本稿では、このうち、Agent 2003を例に紹介しておく<sup>5</sup>。分野別のパネルセッションとしては、組織論、金融・市場、社会・文化動態、ネットワーク理論、政治過程、エコロジーなどの区分が設けられている。各セッションは、3-4の報告が行われる。また、この他に、シミュレーション方法論、マルチエージェント用シミュレータの技術的な解説のセッション、ゲストスピーカーによる報告などがあり、結局、合計40程度の報告が3日間で行われている。

2004年も、同様のAgent2004がすでに開催されており、マルチエージェント・モデリングによる社会シミュレーションの重要なワークショップの一つとして、これらの機関による活動は、今後も継続されていくものと思われる。

---

<sup>4</sup> Capturing Business Complexity with Agent-Based Modeling and Simulation: Useful, Usable, and Used Techniques, March 4-8, 2002, co-hosted by Argonne National Laboratory, University of Chicago, and Santa Fe Institute.

<sup>5</sup> Agent 2003: Conference on Challenges in Social Simulation, October 2-4, 2003, Gleacher Center The University of Chicago, Chicago, Illinois.

## 2. 米国国際関係論における動向

1990年代後半になると、米国の国際関係論では、ミシガン大学（University of Michigan）のロバート・アクセルロッドが先導的な役割を果たしつつ、マルチエージェント・シミュレーションによる国際関係論が本格化する（Axelrod 1997）。アクセルロッドの指導の下で、マルチエージェント・シミュレーションの研究を進めていたラス-エリック・シダーマンが、博士学位論文をもとにした単著『世界政治に創発する主体（Emergent Actors in World Politics）』（Cederman 1997）を世に問い、この時期、米国の国際関係論でもマルチエージェント・シミュレーションはより注目を集めるようになる。ちなみに、これにより、シダーマンは、学位論文と著作のそれぞれで受賞の榮譽を受けている。

これらを契機に、米国国際関係論学会 ISA や米国政治学会 APSA などでは、各年次大会においてマルチエージェント・シミュレーションをもちいた研究報告が行われるようになってきている。米国政治学会の方法論部会（Formal Political Theory）は、2003年次大会において13のセッションを催したが、エージェント・シミュレーションを取り扱うセッションは無かった。2004年次大会では17のセッションを催したが、紛争過程分析部会（Conflict Processes）と共催という形で、「コンピュータによる紛争研究（Computational Approach to Conflict）」と題されたセッションを設け、マルチエージェント・シミュレーションについて取り上げた。そこには、シダーマン（Lars-Erik Cederman）やヴァン・デル・ヴィーン（A. Maurits van der Veen）といった米国におけるこの分野の主導者が発表を行っている。それらの研究内容については後述する。米国政治学会の2005年次大会でも、方法論部会（Formal Political Theory）が、ゲーム論や社会選択理論と並んで、マルチエージェント・シミュレーション（agent-based simulation）によるモデルを募集しており、そこでの動向が注目される。

2003年度の米国政治学会は、米国政治学におけるマルチエージェント・シミュレーションの主導者の一人であるラスティック（Ian Lustick）が所属するペンシルヴァニア大学のあるフィラデルフィアで開催された。そのこともあり、学会開催の前日に、ペンシルヴァニア大学で、マルチエージェント・シミュレーションの一日体験講座（Short Courses）が開かれた。ライフゲームの話から初めて、一日でマルチエージェント・シミュレーションの体験をさせている。15人程度の参加者が集まり（少人数で行うことは最初からの方針であった）開催者の一人によると、なかなか反応も良かったということである。

ちなみに、コンピュータ・シミュレーションではなく、人によるシミュレーション

は、2003 年次大会で、教育部会 (Teaching and Learning in Political Science) が 1 セッションを設けている。そのセッションでは、どうやって限られた時間内で教育目的を達成するか、という論点が取り上げられ、コンピュータ・シミュレーションとの融合が提唱されていた (Kuperman 2003)。

以下では、米国政治学会の 2003 年次および 2004 年次大会で報告された、マルチエージェント・シミュレーションを用いた個々の研究について簡単に紹介しておく。

2003 年次大会では、キャンターとルソーが、諸国家が、戦争政策、貿易政策、孤立政策という 3 つの選択肢のうちの一つを選択して富を獲得するという世界の中で、貿易政策が支配的になる条件を、囚人のジレンマのゲームを解釈することで検討している (Cantor and Rousseau 2003)。ラスティックは、イスラエル=パレスチナ紛争が、中東の親米権威主義体制に及ぼす影響について、国内での諸勢力の活性化・非活性化や放送ネットワークの存在などに着目したモデルを作成している (Lustick 2003a)。ラスティックは、同年次大会のポスターセッションにも発表しており、コンピュータを持ち込んで、彼らの研究基盤である PSI とマルチエージェント・シミュレーション (Agent-Based Simulation) という手法そのものの宣伝を行っていた。カラフルな見栄えも手伝い、注目を集めていた (Lustick 2003b)。そこでは、ヴァン・デル・ヴィーンがヨーロッパ・アイデンティティの登場に、留学生交換制度と指導者間ネットワークがいかに影響を与えるかを研究した成果も配布されていた (van der Veen 2003)。

前述のように、2004 年次大会ではマルチエージェント・シミュレーションに焦点をあてたセッションが催された。そこでは、シダーマンが、技術の革新が続いているにも関わらず、19 世紀以降の国家のサイズが小さくなっているという謎をとくためのコンピュータモデルを発表している (Cederman 2004)。ヴァン・デル・ヴィーンとルソーは、国内政治構造がどのように民主主義諸国間の平和を導き出すかというテーマのモデルを作成し、非常に基本的な仮定のみに基づいて、民主主義諸国間での平和生成を表現できたと主張している (van der Veen and Rousseau 2004)。スタンガーは、従来の囚人のジレンマのモデルを微変更することで、新たな知見を得ようとしている。一つは、最初は裏切るという選択肢から始まる TFT 戦略の導入で、もう一つは、偏見や先入観の導入である (Stanger 2004)。当該セッション以外においても、スコルツは、囚人のジレンマとネットワークを組み合わせることで、ネットワークの特徴 (大きさ、接触頻度など) が囚人のジレンマの結果にどのような影響を与えるのかを検討しており (Scholz 2004)、ラスティックとミオドウィンクは、「空間性」を取り入れることにより、均衡だけではなく流動的な現象を取り扱うことのできる政治学モデルを構築できると主張している (Lustick and Miodowink 2004)。

米国政治学および国際関係論でのマルチエージェント・シミュレーション研究の特徴は、アクセルロッド以来の囚人のジレンマの関連研究が多いという点と、それ以外では、地政学的な観点からの紛争研究、アイデンティティの形成と民族紛争研究とい

った研究にテーマが集中している点である。また、発表された研究のほとんどが、ラスティック (Ian Lustick) を中心とするペンシルヴァニア大学のグループ (Ian Lustick, Dan Miodownik, David L Rousseau, A. Maurits van der Veen ら) とシダーマン (Lars-Erik Cederman) によって為されており、実際に成果を生み出している集団が、まだ非常に限定的であるという点である。シダーマンが各種の賞を受賞し、ラスティックが米国政治学会誌 (APSR) の巻頭論文をかざった (Lustick, Miodownik, and Eidelson 2004) とはいえ、その普及にはもう少し時間を必要とすると思われる<sup>6</sup>。

### 3. 米国国際関係論における研究プロジェクト：GeoSim と PSI

散発的な研究は別として、現在、継続的に行われている研究としては、シダーマンの GeoSim プロジェクトとラスティックの PSI の 2 つが代表的な研究として挙げられる。GeoSim は、シダーマンが先の単著で示した地政学的な紛争分析モデルを発展させたものであり (厳密に言えば Bremaer-Mihalka モデルを発展させたものである) 地形、国家 (state) の状態、文化の形状が、国家形成、ナショナリズム、さらには「民主主義体制間の平和」などにどのように影響するかを分析するための RePast で作成された総合的な基盤モデルである<sup>7</sup>。

GeoSim の世界には、国家 (政治組織) が存在し、互いに協力したり戦争を行ったりする。これらの相互作用は、山脈などの地理的な障害が存在する中で行われる。この世界には、多次元の文化構造が存在しており、その構造に基づいたアイデンティティ形成が行われている。ある特定の文化要素に基づいた国民主義アイデンティティも形成されることとなる。シダーマンはこのモデルを利用して、前述のように、戦争や国家の規模の変遷を分析している (Cederman 2003; 2004)。また、GeoSim は、2D/3D のグラフィックスを駆使しているので、これまでこのタイプの研究に関心を持ってこなかった者でも見ているだけで興味を引かれるように工夫されている点が特徴である。

一方、ラスティックらのグループによって開発された PSI (Political Science Identity) は、アイデンティティの形成過程を分析するために独自に開発した新たな分析ツールである。前述のように、米国政治学会 (APSA) の各年次大会で精力的に成果を発表し続けている。ユーザーフレンドリーであることを前面に打ち出しており、プログラム言語に疎い政治学者、社会学者への浸透をはかっている。RePast のよう

<sup>6</sup> 他に注目すべき研究として (Cederman 2003) などもある。

<sup>7</sup> <http://www.icr.ethz.ch/research/geosim>

シダーマンは、現在は ETH (スイス連邦工科大学チューリッヒ校) に異動したので、米国の動向という本稿とはずれてしまうが、米国でのマルチエージェント・シミュレーションの流れであることには変わらないので、都合上、最近のシダーマンの動向もそのまま紹介する。

に Java 言語の知識が必要とされず、一方で Star-Logo のように初歩的なモデルしか組めないという限界もなく、パラメータ操作や簡単なスクリプトを書くことで、「洗練された」理論やモデル構築が可能になるということが強調されている。

彼らは、「仮想中東国家 (MEP: Middle East Polity)」と名づけた典型的な中東の国家を模したとする仮想国家を作り、グローバル化の中に置かれた権威主義体制の中で、人々の政治的アイデンティティや体制に対する忠誠心がどう変容するか、といったことに焦点をあてたモデルを構築している。MEP は、2000 余の「エージェント」によって構成されており、それぞれのエージェントは、家族、部族、会社、組織などの小共同体を表すとされる。小共同体は、幾つかのアイデンティティのレパートリイを備えており、その中の一つのアイデンティティを活性化させている。一方で、小共同体は影響力の大きさにも差があり、それに応じた影響を周囲に与えている。さらに MEP は、周囲を「環境」によって囲まれており、この場合、環境とは、民主化やグローバル化をしようとする欧米の影響力を表している。このような仮想国家において、さまざまに条件やパラメータを変えることで、政治的アイデンティティの分布にどのような違いが生じるかを検討するというのが、基本的な研究プランである。

ラスティックらは、RePast のような難解さが PSI にはないと主張することで、プログラム言語に疎い政治学者への浸透をはかっている。しかし、PSI は政治的なアイデンティティの分析に焦点をしばったモデルのつくりになっており、逆に RePast のもつような汎用性を期待することはできないだろう。モデル構築者の工夫や解釈によって、ある程度の汎用性を確保するにしても、広汎な政治学あるいは国際関係論の研究者の関心に答え続けるのは難しいのではないだろうか。

## 参考文献

Axelrod, Robert (1997), *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton: Princeton University Press.

Cantor, Max. and Rousseau, David (2003), "The Evolution of Trading and Military Strategies: An Agent-Based Simulation" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Philadelphia Marriott Hotel, Philadelphia, PA, 2003-08-27

Cederman, Lars-Erik (1997), *Emergent Actors in World Politics: How States & Nations Develop & Dissolve*, Princeton: Princeton University Press.

Cederman, Lars-Erik (2003), "Modeling the Size of Wars: From Billiard Balls to Sandpiles," *American Political Science Review*, vol.97, pp.135-150.

- Cederman, Lars-Erik (2004). "Nationalism and the Puzzle of Changing State Sizes" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Hilton Chicago and the Palmer House Hilton, Chicago, IL
- Kuperman, Ranan (2003), "Demonstrating Theoretical Concepts of International Conflict with the Aid of an Interactive Microworld Simulator" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Philadelphia Marriott Hotel, Philadelphia, PA
- Lustick, Ian (2003a), "The Effects of Israeli-Palestinian Violence on the Stability of Middle Eastern Regimes: An Agent-Based Modeling Approach" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Philadelphia Marriott Hotel, Philadelphia, PA
- Lustick, Ian (2003b), "Locating the History We Have Within the Distribution of Counterfactuals: Laws, Stories, and Computer Simulation" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Philadelphia Marriott Hotel, Philadelphia, PA
- Lustick, Ian S., Dan Miodownik, and Roy J. Eidelson (2004), "Secessionism in Multicultural States: Does Sharing Power Prevent or Encourage It?" *American Political Science Review*, vol.98, Issue2, pp.209-229.
- Lustick, Ian. and Miodownik, Dan (2004), "Everyone I Know Is Doing It: Tipping, Political Cascades, and Individual Zones of Knowledge" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Hilton Chicago and the Palmer House Hilton, Chicago, IL
- Scholz, John (2004), "Networks, Social Capital, and the Emergence of Cooperation in Regulatory Enforcement Games" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Hilton Chicago and the Palmer House Hilton, Chicago, IL
- Stanger, Allison (2004), "Prejudice and the Shadow of the Past in the Evolution of Conflict and Cooperation" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Hilton Chicago and the Palmer House Hilton, Chicago, IL
- van der Veen, A (2003), "The Politics of Identity in the European Union: Modeling Regional, National, and Supra-National Identities" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Philadelphia Marriott Hotel, Philadelphia, PA
- van der Veen, A. Maurits. and Rousseau, David (2004), "The Evolution of Conflicts, Institutions And Norms: An Agent-Based Simulation of the Democratic Peace" Paper presented at the annual meeting of the The American Political Science Association Hilton Chicago and the Palmer House Hilton, Chicago, IL