

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22310090

研究課題名（和文） エージェントベース社会システム分析のためのシミュレーションアーキテクチャ研究

研究課題名（英文） Simulation Architecture for Agent Based Social Systems Analysis

研究代表者

出口 弘 (DEGUCHI HIROSHI)

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授

研究者番号：60192655

研究成果の概要（和文）：本研究では我々が開発した社会シミュレーション言語 SOARS<<http://www.soars.jp>>を基盤に社会経済の課題解決・政策デザインを行うための枠組みとツールに関する研究開発を行った。実社会を対象とした複雑なシステムの解析では、様々なアスペクトからのモデルを接合した全体システムの挙動を理解し、更にそこに政策的なオプションを加える事で何らかの制約充足条件を満たすようなソリューションを見いだすシナリオ解析が求められる。成果として（1）エージェントベースのモデリングによって異なったアスペクトを持つサブモデルをマイクロレベルで接合させる手法を開拓（2）マルチアスペクトモデルを解析するためのモデルコンポーネントを SOARS に導入し（3）これらの枠組みとツールを二つの具体的な領域で応用を試みた。

研究成果の概要（英文）：

In our research, we have focused on developing policy design frameworks and its components on SOARS that is agent based simulation language we have already developed <<http://www.soars.jp>>. For analyzing complex real society it is required that we recognize a total system by combining models that are developed from several aspects of views. We also have to analyze possible scenarios that satisfy boundary conditions given by a policy decision. Consequently, we have developed the following three results. At first, we have developed the methodology to combine sub models where an each sub model represents a proper concern about the problem to be solved and the model is constructed by agent based way of modeling. Next we introduced several modules that are effective for analyzing and constructing the model. Finally, we applied our framework of modeling into two problems. The one is a public health problem. The other is an application for energy management system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2011年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2012年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			0
年度			0
総計	13,200,000	3,960,000	17,160,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：社会システム エージェントベース社会シミュレーション

活世界で主体が、自らの内部モデルとして操作的に用いている変数と同レベルの粒度で構築される事を要求する点が、エージェントベースのモデリングの大きな特徴となる。

(2) この様なマルチアスペクトモデルの挙動を解析するために我々の開拓した役割指向概念を持つエージェントベースシミュレーション言語 SOARS 上に、モデルコンポーネントをプログラムモジュールとして導入した。特に大きな成果は、1) 第一に、都市の人口構造と社会構造を前提に様々な社会的に必要なリソースや、社会的な課題解決の為の対策を論じる為の基本モジュール群が明らかにされ、それを実課題に適用してその有用性を確認した事である。2) 第二に SOARS 上で交換代数という簿記を抽象化したモジュールを使える様な拡張が行われたことである。

第一の視点で我々が着目するのは、一定の地域の cohorts 構造や世帯構造を所与にした上での、その地域での様々な資源の必要量の推計である。今日コンパクトシティなどの概念が喧伝されるが、例えばある地域の cohorts 構造と世帯構造と地理的構造から、必要とされる学校の数や様々な都市インフラの量は比較的容易に推計できる。更に厚生労働省の疾病統計をクロスさせる事で、当該地域での例えば脳血管障害等の発生数に関する推計がある程度可能となる。これによって必要となる脳神経外科等の医療資源や救急車の配送時間等が推計可能となる。一般に二次医療圏と呼ばれる、医療政策の基本単位となる地域の人口動態がわかることで、そこに必要な病床数等も推計可能となる。このようなマイクロな資源の推計モデルは、現状では高次の統計として政策的に構築され、利活用されるところまではいっていない。また様々な資源推計モデルに必要な統計データが基幹統計、基幹統計調査等の形で必ずしも整備されている訳ではない。これは今日の社会統計のあり方が、推計モデルを構築しそこから政策オプションを評価するという視点で構築されていないからでもある。今後エビデンスベースでの政策オプション評価が必要とされる中で、エージェントベースのマイクロなモデルがエビデンスベースでの政策支援の為の基本として、基幹統計の中に推計層として付け加わるようになれば、現在よりも遥かに精緻な政策オプションの評価に関する議論がエージェントベースのモデルに基づいて討議可能となるだろう。

第二の視点は、社会シミュレーションの状態構造に簿記の概念をコンポーネントとして導入するという拡張である。企業のマネージメントでは製造販売する財やサービスの流れと同時にそこでの支払いや利益等の価値の変動を記述する為のダブルエントリー

(複式)での状態記述が行われている。ダブルエントリーというのは企業経営などで用いられている簿記で用いられる状態記述の方法で、借方と貸方の両側で一つのイベントの発生に伴うフローの発生やストックの状態を記述するシステムの状態記述の方法である。例えば財として水を考えると、水量を示す状態の変化はその流入と流出の差で与えられる。他方でこれを価値の変動と言う視点で見ると、水の増加はお金を支払って購入したものか、貯水槽に雨水として流入したのかではその経済的な意味は異なる。同様に水の減少も、水を販売して利益を得たのか、貯水槽が壊れて流出したのかでは全く意味が異なる。財の変化とその内訳を一組の項目の変化として記述するのが複式の状態記述である。このダブルエントリーの状態空間抜きには企業のマネージメントは不可能である。ダブルエントリーの意味で可観測でないシステムは、ダブルエントリーの意味で可制御にすることはできない。エネルギーや諸資源のマネージメントに対してもそれが購入や販売、付加価値の生成や消滅を伴うマネージメントである以上、このダブルエントリーへの拡張は避けて通れない。

我々の研究の成果として、この複式の状態記述を SOARS の全てのスポットとエージェントが持つことができる拡張がなされた。これは世界のエージェントベースシミュレーション言語やその他のシミュレーション言語の中でも類例のない成果であり、結果として様々な領域で会計概念を用いた社会シミュレーションが容易に利用できる様になった。この交換代数を用いた情報処理に対して、我々は大学から特許を2件申請している。

(3) これらの枠組みとツールを二つの具体的な領域で応用を試みた。

一つは公衆衛生的な課題であり、もう一つがエネルギーマネージメントシステムに関する課題である。前者では感染症に関する対策や救急車の搬送問題等を扱い、後者ではスマートグリッドと対比的なボトムアップで HEMS, BEMS, CEMS を包摂するエージェントベースのエネルギーマネージメントシステムを提案した。

感染症のモデルでは様々な角度、認識関心からの対策が必要とされることに対応する形で、都市の人口や世帯構造を始め、エージェントの役割構造、感染症を特徴付ける病態の遷移モデル、そして感染そのものの動的プロセス等、様々なモデル要素がモデルに導入されることが求められる。例えば都市構造としては、どの地域にどれだけの事業所や学校や家庭などがあり、それらは交通でどのように結ばれるかについてのモデリングが必要となる。そこに生活するエージェントについても、その年齢構成や何人家族がどのくらい

の比率で存在するか等の世帯構成のモデルが必要となる。モデル上では家族の人数や学校に関する閉鎖等の諸対策が感染のプロセスに大きく影響を与える。

病態の遷移モデルは、感染から発症、発症後の経過の状態遷移のプロセスモデルで、状態(病態)間の確率遷移で与えられる。感染それ自体のプロセスモデルはこれらのサブモデルを相互に結びつける形で導入される。

我々は天然痘のバイオテロに対するエージェントベースシミュレーションモデルを人口一万人の仮想として構築する一方で、現実の新型インフルエンザのパンデミックの際に、慶応大学の医療チームと一緒にフィールド調査を行い、更にそこでの調査データに基づき、仮想大島モデルを構築し、そこでパンデミックのプロセスを再現する研究を行ってきた。そこではマクロな感染症のモデルでは決して得られない、学校等での小流行のエピカーブ(流行曲線)が得られる等多くの知見がモデルから得られた

後者ではエージェントベースモデリングに交換代数という簿記を抽象化した代数系の状態記述を導入し、エージェントベースシミュレーションにダブルエントリーの状態記述を導入するアーキテクチャを確立した。今日の都市では多様な代替エネルギーの利活用や、個々の家庭、事業所、工場、地域による自律分散的なエネルギーマネジメントが求められている。これらに必要とされる意思決定のための代替案のオプション評価は、家庭、事業所、工場、地域それぞれがどのようなエネルギー関連機器を用いてどのようなエネルギーの利活用をしているかに関するマイクロレベルでのモデルを必要とする。このような枠組みを構築するためには HEMS (Home Energy Management System), BEMS (Building EMS), FEMS (Factory EMS), CEMS (Community EMS) の為のモデルをエージェントベースで構築することが要求される。我々のモデルはこれに会計的な基礎を与え、エネルギーの利活用のマネジメントを可能とする技術を切り拓いたものである。なおこれについては、関連して特許を2件申請した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① 出口弘, 社会システムの制度デザインの方法論:政策科学の方法としてのエージェントベースモデリング&シミュレーション, 計測と制御 第52巻 第7号 2013年7月(解説論文)
- ② Inamasu T, Sudo K, Kato S, Deguchi H, Ichikawa M, Shimizu T, Maeda T,

Fujimoto S, Takebayashi T, Saito T. Pandemic influenza virus surveillance, izu-oshima island, Japan., Emerging infectious diseases, Vol,18, pp.1882-1885, 2012年11月(査読論文)

- ③ 出口弘. 多様で柔らかなサービスチェーンとしてみた組織・産業・経済システム. 社会・経済システム, Vol.32, pp.149-156, 2011(査読論文)
- ④ 出口弘, 市川学, 石塚康成, 志手一哉, 染谷俊介, 湯浅洋一. 並列プロジェクト・タスク処理への多能工割付けの動的スケジューリング. 国際 P2M 学会誌, Vol.6, pp.179-189, 2011(査読論文)
- ⑤ 稲益智子, 出口弘, 市川学, 藤本修平, 齋藤智也. 伊豆大島におけるインフルエンザ疾患による島民の受診行動. 島しょ医療研究会誌, Vol.3, pp.16-23, 2011. (査読論文)
- ⑥ 齋藤智也, 出口弘, 市川学, 田沼英樹, 清水忠典, 前田貞美, 須藤弘二, 加藤真吾, 藤本修平, 稲益智子, 小安重夫, 竹林亨. 活動報告:大島インフルエンザプロジェクト. 島しょ医療研究会誌, Vol.3, pp.24-29, 2011. (査読論文)
- ⑦ 梅田卓志, 小山友介, 市川学, 出口弘. エージェントベースシミュレーションによる市場環境を考慮した協調フィルタリング. 経営情報学会誌, Vol.20, No.2, pp.67-81, 2011. (査読論文)
- ⑧ Ichikawa, Manabu; Tanuma, Hideki; Deguchi, Hiroshi. Infectious Disease Simulation Model for Estimation of Spreading. Development in Business Simulation and Experimental Learning. 2011, vol.38, p.358-366. (査読論文)
- ⑨ Torigai, Daisuke; Ichikawa, Manabu; Deguchi, Hiroshi; Yuasa, Yoichi ; Shide, Kazuya; Someya, Shunsuke. Analyzing Construction Planning of Interior Finish Work of Apartment Building by Simulation. Development in Business Simulation and Experimental Learning. 2011, vol.38, p.327-332. (査読論文)
- ⑩ Kasuga, Yusho; Ichikawa, Manabu; Deguchi, Hiroshi; Kanatani, Yasuhiro. A Simulation Model for Analyzing the Night-Time Emergency Health Care System in Japan. Development in Business Simulation and Experimental Learning. 2011, vol.38, p171-181. (査読論文)
- ⑪ Deguchi, Hiroshi; Saito, Tomoya; Ichikawa, Manabu; Tanuma, Hideki. Simulated Tabletop Exercise for Risk

Management -Anti Bio- Terrorism Multi Scenario Simulated Tabletop Exercise. Development in Business Simulation and Experimental Learning. 2011, vol. 38, p. 1-21. (査読論文)

[学会発表] (計 28 件)

- ① Manahan Siallagan, Hiroshi Deguchi, Manabu Ichikawa, 2013. Aspiration-Based Learning in Duopoly Market Model. Proceeding of JAFEE 17th Annual Meeting, Chuo, Japan, 2013-03-16/17.
- ② 高橋悟, 北島弘伸, 園田俊浩, 竹林知善, 太田博士, 市川学, 出口弘. "ABS とビルシミュレーションを用いたエネルギーシミュレーションによる DR の評価手法". 計測自動制御学会 システム情報部門 第 3 回社会システム部会研究会講演論文集, 盛岡, 2013-02-28/03-01, 計測自動制御学会, 2013, p. 13-16.
- ③ 五十嵐雄貴, 市川学, 出口弘, 田澤周平, 志手一哉. "工期とコストの評価分析可能な集合住宅内装工事モデルの構築". 計測自動制御学会 システム情報部門 第 3 回社会システム部会研究会講演論文集, 盛岡, 2013-02-28/03-01, 計測自動制御学会, 2013, p. 59-64.
- ④ 眞屋朋和, 市川学, 出口弘. "社会シミュレーションを用いた地域医療連携モデルの構築と機能評価に関する研究". 計測自動制御学会 システム情報部門 第 3 回社会システム部会研究会講演論文集, 盛岡, 2013-02-28/03-01, 計測自動制御学会, 2013, p. 81-88.
- ⑤ 太田博士, 市川学, 出口弘, 高橋悟, 園田俊浩, 竹林知善. "エネルギー会計を用いたビルエネルギーマネジメントシステムシミュレーション (BEMS2) の提案". 計測自動制御学会 システム情報部門 第 3 回社会システム部会研究会講演論文集, 盛岡, 2013-02-28/03-01, 計測自動制御学会, 2013, p. 65-72.
- ⑥ 八木沢一穂, 市川学, 出口弘. "住宅広告市場における WebAds 戦略の ABS による分析". 計測自動制御学会 システム情報部門 第 3 回社会システム部会研究会講演論文集, 盛岡, 2013-02-28/03-01, 計測自動制御学会, 2013, p. 73-80.
- ⑦ 市川学, 出口弘. "仮想都市構築法の違いによるシミュレーション結果への影響分析". 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2012 講演論文集, 名古屋, 2012-11-21/23. 計測自動制御学会, 2012, p. 450-454.
- ⑧ 太田博士, 市川学, 出口弘, 高橋悟, 園田俊浩, 竹林知善. "オフィスビルにおけるエネルギー利用戦略の研究". 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2012 講演論文集, 名古屋, 2012-11-21/23. 計測自動制御学会, 2012, p. 446-449.
- ⑨ 市川学, 出口弘, 金谷泰宏. "東日本大震災における医療支援の実態分析". 計測自動制御学会 システム・情報部門学術講演会 2012 講演論文集, 名古屋, 2012-11-21/23. 計測自動制御学会, 2012, p. 349-351.
- ⑩ Shuang Chang, Manabu Ichikawa, Hiroshi Deguchi. "Allocative efficiency of E-government user support for different social groups: an agent based approach". 13th International symposium on Knowledge and systems sciences JAIST proceedings, 2012/11/19-20, p. 103-110.
- ⑪ Weiyang Wang, Manabu Ichikawa, Hiroshi Deguchi. "An Agent-based Approach for Strategy Analysis of the Emerging Mobile Communications Market". International Symposium on Soft Computing. Yokohama, Japan, 2012-11-08/09, GS2-2.
- ⑫ 王煒揚, 市川学, 出口弘. "エージェントベースアプローチによる中国モバイル通信市場戦略分析". Joint Agent Workshop & Symposium 2012. Joint Agent Workshop & Symposiums 2012. 静岡, 2012-10-24/25/26, 2012, C-3.
- ⑬ Shuang Chang, Manabu Ichikawa, Hiroshi Deguchi. "Understanding citizens' channel choice of public service delivery: An agent based simulation approach". Presented at/Submitted to the 4th World Congress on Social Simulation, National Chengchi University, Taiwan, 2012/9/4-7.
- ⑭ 王煒揚, 市川学, 出口弘. "エージェントベースアプローチによる中国モバイル通信市場におけるプラットフォーム戦略分析". 計測自動制御学会 システム・情報部門 第 2 回社会システム部会研究会講演論文集, 横浜, 2012-08-04. 計測自動制御学会, 2012, p. 35-42.
- ⑮ 鳥飼大祐, 市川学, 出口弘. ABM を用いた集合内装工事における工期と賃金コストの分析. JAWS2011, 2011 年 10 月 26 日, 熱海
- ⑯ Nguyen, Minh; Ichikawa, Manabu; Deguchi, Hiroshi. "Agent-based Simulation for Control of Influenza

- Infection in a Hospital." The 44th Social Simulation & Service System Symposium. Tokyo, 2011-03-10, 公益社団法人計測自動制御学会, 2011, p. 95-102, 2011-3.
- ⑰ 春日雄翔, 市川学, 出口弘: "二次医療圏における夜間救急医療モデルの構築と医療サービスの評価・分析" 第44回システム工学部会研究会「第2回社会シミュレーション&サービスシステム・シンポジウム」. 東京, 2011-03-10, 公益社団法人計測自動制御学会, 2011, p. 87-94, 2011-3.
- ⑱ Alonso, Oscar; Ichikawa, Manabu; Deguchi, Hiroshi. "Agent-Based Modeling of Price Updating Behaviour and Macroeconomic Dynamics" The 44th Social Simulation & Service System Symposium. Tokyo, 2011-03-10, 公益社団法人計測自動制御学会, 2011, p. 45-50, 2011-3.
- ⑲ 市川学, 出口弘. "エージェントと人間が参加するハイブリットビールゲームの構築とその利用". 日本シミュレーション&ゲーミング学会 全国大会論文報告集 2010年秋号. 千葉, 2010-11-27/28, 日本シミュレーション&ゲーミング学会, 2010, p.105-108.
- ⑳ 春日雄翔, 市川学, 出口弘, 金谷泰宏. "エージェントベースシミュレーションによる夜間救急医療計画の評価". Joint Agent Workshop & Symposium2010. 北海道, 2010-10-27/29, 2010, V-2.
- 21 Dung Minh Nguyen, Deguchi, Hiroshi, Ichikawa, Manabu. "An agent-based model for spread of a new pandemic influenza in hospital". Joint Agent Workshop & Symposium2010. Hokkaido, 2010-10-27/29, 2010, X-1.
- 22 市川学, 田沼英樹, 出口弘. "生活空間を考慮した仮想都市の構築法とその利用可能性". Joint Agent Workshop & Symposium2010. 北海道, 2010-10-27/29, 2010, S-4.
- 23 稲垣浩, 市川学, 出口弘. "エージェントシミュレーションによるユーザの相互作用を考慮したSNS運用手法の提案". Joint Agent Workshop & Symposium2010. 北海道, 2010-10-27/29, 2010, S-3.
- 24 田沼英樹. "ABMをモジュール化する役割指向記述言語の構築". Joint Agent Workshop & Symposium2010. 北海道, 2010-10-27/29, 2010, N-5.
- 25 鳥飼大祐, 市川学, 出口弘, 湯浅洋一, 志手一哉, 染谷俊介. "集合住宅内装工事計画における非定型要因のエージェントベースモデリングによる影響分析".

Joint Agent Workshop & Symposium2010. 北海道, 2010-10-27/29, 2010, L-5.

〔図書〕(計 1 件)

- ① Manahan Siallagan, Hiroshi Deguchi, Manabu Ichikawa. Aspiration-Based Learning to Balance Exploitation and Exploration in Organizational Learning. Agent-Based Approaches In Economic and Social Complex Systems VII: Post-Proceedings of the AESCS International Workshop 2012, Osaka, Japan, Springer.

〔産業財産権〕

○出願状況(計 2 件)

【特許1】

出願番号: 特願 2011-190601

発明者: 出口弘

発明の名称: データ編集装置およびデータ編集方法

出願人: 国立大学法人東京工業大学

出願日: 平成 23 年 9 月 1 日

国内

【特許2】

出願番号: 特願 2012-108592

発明者: 出口弘

発明の名称: 情報処理システムおよびエネルギー情報の記録装置

出願人: 国立大学法人東京工業大学

出願日: 平成 24 年 5 月 10 日

国内

〔その他〕

<http://www.cs.dis.titech.ac.jp>

<http://www.soars.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

出口 弘 (DEGUCHI HIROSHI)

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授

研究者番号: 60192655

(2) 研究分担者

田沼 英樹 (TANUMA HIDEKI)

東京工業大学・エージェントベース社会システム科学研究センター・講師

研究者番号: 50396892

市川 学 (ICHIKAWA MANABU)

東京工業大学・総合理工学研究科(研究院)・助教

研究者番号: 60553873

(3) 連携研究者 なし