

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 1 日現在

機関番号：12608
 研究種目：基盤研究(A) (一般)
 研究期間：2013～2016
 課題番号：25240048
 研究課題名(和文)人工社会アプローチによる社会サービス向け大規模参加型シミュレーションの研究

 研究課題名(英文) Large Scale Participatory Simulation for Social Service Systems through Artificial Society Approach

 研究代表者
 寺野 隆雄 (TAKAO, TERANO)

 東京工業大学・情報理工学院・教授

 研究者番号：20227523
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 27,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、社会サービス分野を対象に、その担当者や設計者、利用者が意思決定に参画できるような大規模参加型シミュレーション技術を確立する。具体的な項目は以下にまとめられる。1) エージェント社会シミュレーションモデルの構築技法。2) エージェントモデルと融合した参加型ゲーミング手法。3) サービス関与者の意思決定行動を測定するマイニング手法。4) 参加型シミュレーションの最適化とファイナンス理論への適用。

また、国際会議IEEE COMPSACにおいて4回ワークショップを主催した。人工知能学会、計測自動制御学会で、解説特集号を発行するとともに、内外学会においてセッションを企画し成果の発表普及につとめた。

研究成果の概要(英文)： The objective of the research was to develop large-scale participatory simulation technologies with both human- and artificial-agents on complex social service systems, which designers, users, and/or managers easily use. The research topics are summarized as follows: 1) Development methodologies for agent-based social simulation models; 2) agent- and human-participatory simulation design methodologies; 3) Optimization of simulation results and application to financial engineering.

To promote the research results, we hosted 4 SSERV (Social Services through Human and Artificial Agent Models) workshops at IEEE/COMPSAC; edited special issues from JSAI (Japanese Society for AI) and SICE; (Society for Instrumentation and Control Engineers) and organized special sessions at JSAI and SICE research meetings.

研究分野：知能情報学

キーワード：社会シミュレーション エージェントベースモデル 参加型シミュレーション 進化計算 WEBマイニング
 テキストマイニング 社会サービス サービス科学

1. 研究開始当初の背景

最近、知能情報学の手法を大規模な社会・経済問題に積極的に利用する必要性が高くなってきている。一方、従来の ICT 領域を拡大し、実世界と仮想社会が複合する現在の社会・経済分野の問題を対象とする研究は、世界的に盛んである。米国では、Cyber Physical System (CPS)のもとに、物理環境における実体とその監視や制御に計算と通信が緊密に連携するシステムの研究が開始されている。これには、いわゆるスマートグリッドや交通システムなども含まれる。そして、これらを適切にデザインするための方法論が求められている。

ヨーロッパでは FutureICT というプロジェクトが立ち上がりつつある。FutureICT では、全世界の現在の状況をシミュレーションできるような Living Earth Platform を構築し、参加型の意思決定に用いることを計画している。ところが、シミュレーション技術と実時間計測を融合する研究は、交通問題において発表があるものの社会・経済問題に適用した研究は存在しない。

これらの大規模な ICT 研究プロジェクトにおいて、重要な研究要素になっているのが、エージェントモデルを中心とする社会シミュレーション技術と、大規模データを対象とする動的データマイニングの技術である。さらに、持続性が高くかつレジリエントな世界の実現には、社会・経済問題に関連する参加型の意思決定研究が不可欠であるが、このような研究は、きわめて学術横断的であり知能情報学の学問領域を拡大するために推進すべき大きな課題である。

我々は、社会シミュレーションの研究に 1990 年代初めから積極的に関与し、研究の発展と普及に努めてきた。データマイニングの研究に関しても、特定領域研究「アクティブマイニング」「情報爆発」などにおいて関与してきた。そして、本提案を実施する上では、サービス科学、進化計算、マルチエージェント、人工知能、社会システム、進化経済学、シミュレーション、ゲーミングなどの分野において、数多くの成果を挙げており、世界的にも最も先端的な研究を実施している。

このような背景のもとに、本研究のテーマとして、「人工社会アプローチによる社会サービス向け大規模参加型シミュレーションの研究」を設定した。

2. 研究の目的

社会・経済問題の意思決定については、膨大な研究と実践例があるにもかかわらず、その知見の統合化は十分ではない。我々の提案する 社会サービス意思決定基盤 (SSDF; Social Service Decision Framework) とは、自治体・NPO・市民などの意思決定主体が、社会サービスのシナリオを立案・検討する際に利用可能なシステム・方法論を意味す

る。これを実現する基本技術が、エージェントとゲーミングに基づく エージェント・モデリング技術 (ABSM: Agent-Based Social Modeling) と、市民生活への情報発信と行動計測とに基づく 実時間マイニング技術 (IRDM: Information-providing Realtime Data Mining) である。ABSM と IRDM は、次世代の知能情報学研究の中心的なテーマとなりうる。本提案の目的は、ABSM と IRDM を提案・発展・深化させ、都市・経済などの社会サービス問題に対して、SSDF という共通技法およびツールを提供することである。

図 1 に本研究開発プロジェクトの概要図を示す。中心にあるのがプロジェクトのゴールとなる SSDF である。これは、サービス科学に対する次の 2 つのアプローチにより構築される。これにより、社会・経済問題における意思決定に際して「社会を測定し、計算機実験を行った上で、デザインする」というソフトウェアのプロトタイプ開発的なスキームが実現できる。

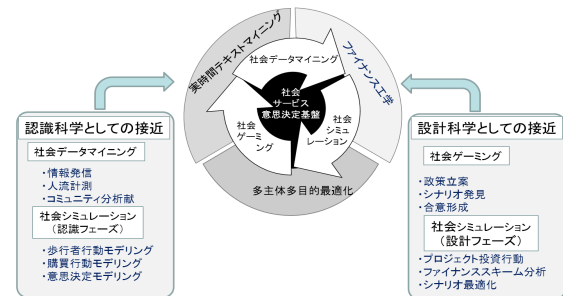


図 1. 社会サービス意思決定基盤の概要

[社会・経済問題の認識科学] IRDM を導入した社会データマイニング手法と ABSM による仮想的なシミュレーションを統合し、精緻な地域動態が再現可能な、社会シミュレーションモデルの構築

[社会・経済問題の設計科学] 意思決定主体が社会シミュレーションモデルに直接参加し、政策立案・合意形成を支援可能な、社会ゲーミング (PSGS: Participatory Social Gaming Simulation) の導入。ここでは、ファイナンス工学手法に基づく投資効果を最適化し、意思決定関与者の要求を最大限満足する活性化シナリオ抽出のための多主体多目的最適化手法を導入する。

3. 研究の方法

上述の目的にあわせて、具体的には、SSDF の実現にむけて以下の 4 つの項目の研究を実施する。

- ・社会シミュレーションモデルの構築手法と分析手法
- ・社会エージェントモデルと融合した参加型社会ゲーミング手法

- ・意思決定行動を測定・評価するマイニング手法
- ・社会サービス意思決定基盤の評価

研究項目と手法、研究体制の関係は図2のとおりである。

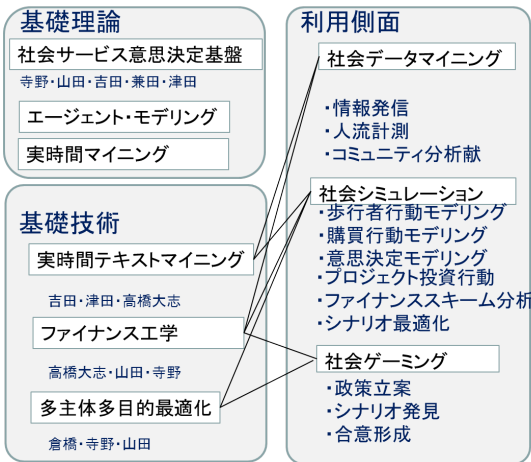


図2 研究項目の手法と研究体制の関連

4. 研究成果

本研究題目の成果は多岐にわたる。そのうち主要なものを以下の項目にまとめて示す。

(1) 社会シミュレーションモデルの構築手法と分析手法：

エージェントモデルと融合した参加型社会ゲーミング手法を確立することを目標として、新たな適用分野として電力市場・感染症対策・経営戦略の3種類のモデルを構築し、実証実験を行った。図3に災害時の経営意思決定ゲームの事例を示す。

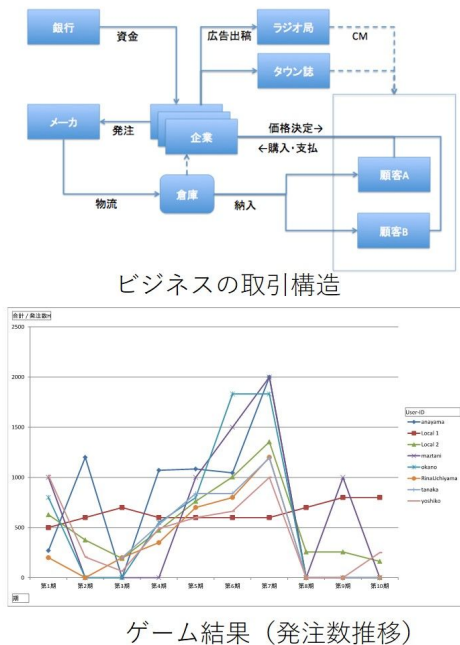
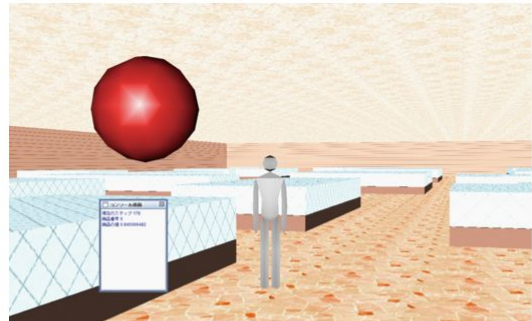


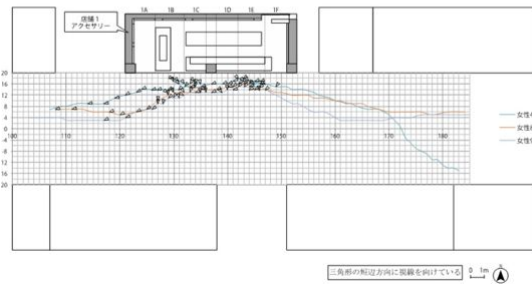
図3 非正常時の経営意思決定ゲーム例

(2) 社会エージェントモデルと融合した参加型社会ゲーミング手法

百貨店地下食品売場の仮想3D空間を実現し、その空間をウォークスルーするゲーミング実験を実施した。ゲーミング実験中の被験者行動の分析から行動ルールを抽出するとともに、そのアルゴリズムを能動的探索行動と称してエージェントモデルを構成して、空間行動の再現を試みた。図4に3D空間モデルの画面例と立ち寄り行動の分析例を示す。



店舗行動3Dモデル画面例



立ち寄り行動の分析例

図4 立ち寄り行動の参加型モデル分析

(3) 意思決定行動を測定・評価するマイニング手法

大規模参加型シミュレーション技術には、担当者、設計者、利用者の意思決定の判断基準や対象分野に関連する現象をモデル化が必須である。これに対処するにはシミュレーションに利用するエージェントの挙動を決めるパラメタの調整が必要である。

この決定にデータマイニング技術を適用し、異なり数解析による社会調査技術、メモリの効率利用による大規模データ解析技術などの関連技術の応用可能性について検討を行った。図5に結果の例を示す。これは小メモリによるデータ解析を効率化するため開発したサンプリング手法による解析結果の精度悪化を評価したものである。データを1/350にサンプリングしても精度悪化は80%程度に収まっており、利用上問題ないことがわかる。

(4) ファイナンス分野への適用による社会サービス意思決定基盤の評価

ファイナンス分野において、特に、銀行間ネットワーク構造が連鎖倒産に与える影響について、エージェントシミュレーションによって詳細に分析した。本研究課題で提案したスキームは金融分野に適用可能なことが判明した。さらに、企業倒産におけるネットワーク構造の影響、資家の行動が市場に与える影

響などについて、エージェントベースモデルおよびデータ解析を通じて分析を行い、さまざまな知見を得た。これによって、サービス意思決定基盤の評価を行った。

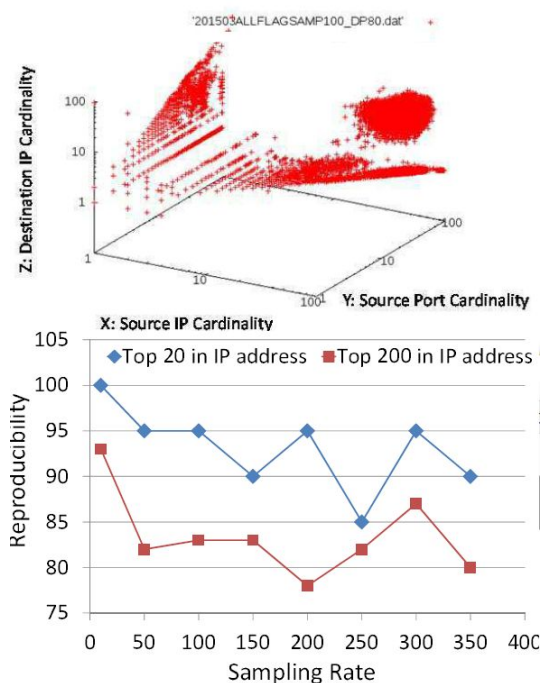


図5 マイニング手法によるパラメタ探索

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計52件)

- [1] 村田悠也, 山本学, 寺野隆雄: 動的エージェント負荷分散機構の開発. 情報処理学会論文誌, 58(3), 754-761 (2017-03-15), 1882-7764, 2017(査読有).
- [2] 菊地剛正, 國上真章, 山田隆志, 高橋大志, 寺野隆雄: エージェントシミュレーションを用いた金融規制が金融機関の連動的な破綻に与える影響の分析. 人工知能学会論文誌, 人工知能学会論文誌 Vol. 31(2016) No. 6, p.AG-G_1-11 (11 pp.) 2016年11月(査読有).
- [3] 寺野隆雄: 異分野交流によるイノベーションを進化計算で考える. 計測と制御: 特集: スマートワールド実現のための新たなシステムズアプローチ. Vol. 55, No. 8, pp. 692-697, 2016年8月(査読無).
- [4] Chao Yang, Bin Jiang, Isao Ono, Setsuya Kurahashi, Takao Terano: A Grid Based Simulation Environment for Agent-Based Models with Vast Parameter Spaces. Cluster Computing, Volume 19 Issue 1, March 2016(査読有).
- [5] Fumihiro Sakahira, Takao Terano: Generating Anthropological and Archeological Hypotheses in Okinawa through Agent-Based Simulation. Journal on Policy and Complex Systems, Volume 2, No.2, pp. 67-89, Fall 2015(査読有).

- [6] 寺野隆雄: AI ビジネス再び エージェントシミュレーションの世界へ 人工知能: 特集: 「ビジネスが創発する人工知能と人工社会」 Vol. 30 No. 4, pp.454-459. 2015年7月(査読無).
- [7] 木嶋恭一, 出口弘, 寺野隆雄: サービスのためのシステム・サイエンス. 情報処理-特集: システム科学・情報学から見たこれからのサービスサイエンス-, Vol. 55, No.2, pp. 126-131, 2014年2月(査読無).
- [8] Bin Jiang, Takashi Yamada, Chao Yang, Takao Terano: An Agent Model with Adaptive Weight-based Multi-objective Algorithm for Road-network Congestion Management. International Journal of Computer and Information Technology (IJCIT), Volume 3 - Issue 6 (Nov. 2014) (査読有).
- [9] 寺野隆雄: 社会システムの研究動向1-世界と日本の事情- 計算機科学と社会科学のはざままで生きる社会シミュレーション. 計測と制御-特集: 社会シミュレーション&サービスシステムが目指す社会-, Vol. 52, No. 7, pp. 568-573, 2013年7月(査読無).
- [10] 正光将大, 兼田敏之: 行動ルールを用いた歩行者エージェントモデルによる対向流の相転移の分析 2017.01 日本建築学会技術報告集第23巻, 第54号, pp.721-724(査読有).
- [11] 太田明, 兼田敏之: スペース・シンタックス指標を導入した都心域の土地価格指標の形成要因の時代間比較分析 2015.06 日本建築学会計画系論文集 2015年6月第80巻 第712号, pp.1365-1372(査読有).
- [12] 小林年幸, 原崎雅也, 兼田敏之: 回遊行動からみた商店街複合地区のテナントの動態要因の分析-2013年名古屋市大須地区を事例として-. 2015.06, 日本建築学会技術報告集, Vol.21, No.48, pp.811-814(査読有).
- [13] M. Okawa, K. Yoshida: Text and User Generic Model for Writer Verification Using Combined Pen Pressure Information From Ink Intensity and Indented Writing on Paper, Human-Machine Systems. IEEE Transactions on, V.99, pp.1-11 (2015.1) (査読有).
- [14] 永井秀幸, 倉橋節也: 賑わいが街を変える - 立ち寄り施設と都市動態モデリング. 人工知能学会論文誌, p.D-G26_1-10, 2017(査読有).
- [15] 上田圭一, 倉橋節也: なぜ有人カウンタに行ってしまうのか-セルフサービスチェックイン機器利用の意思決定メカニズム, 日本シミュレーション&ゲーミング学会誌, Vol. 24, No. 2, pp. 1-15, 2017(査読有).
- [16] 吉田敬志, 倉橋節也: スノーボール調査とネットワーク分析に基づくエージェントベース普及モデル. 日本シミュレーション

ン&ゲーミング学会誌, Vol. 24, No. 2, pp. 17-28, 2017(査読有)

- [17] Takashi Yoshida, Setsuya Kurahashi: Snowball Sampling Analysis of Viral Marketing Campaigns Targeting Market Mavens. Agent-based Social Systems, Volume 13, pp 189-204, 2015(査読有).
- [18] 國吉啓介, 倉橋節也: 複雑二重ネットワークモデルによる知識教授シミュレーションに関する研究. 計測自動制御学会論文誌, Vol.49, No.11, pp.1004-1011, 2013-11(査読有).
- [19] 森敬子, 倉橋節也: エージェントベースシミュレーションによる新規学卒者採用市場における学生行動の分析. 経営情報学会誌, Vol.22 No.1, pp.1-23, 2013-06(査読有).
- [20] Muneyoshi Saito, Setsuya Kurahashi: The Agent-based Diffusion Model: Simulating Informative and Normative Effects on Consumer Networks. Agent-Based Social Systems, Vol. 10, pp. 73-84, 2013(査読有).
- [21] Hiromi Asano, Koji Tanaka, Kazuhiko Tsuda: Study of hiring decisions by companies using text mining: Factors other than experience. Artif. Intell. Research 6(1): 16-26 (2017) (査読有).
- [22] Satoshi Masuda, Tohru Matsuodani, Kazuhiko Tsuda: Detecting Logical Inconsistencies by Clustering Technique in Natural Language Requirements. IEICE Transactions 99-D(9): 2210-2218 (2016) (査読有).
- [23] Takashi Ikoma, Masakazu Takahashi, Kazuhiko Tsuda: A study on accuracy improvement of knowledge extraction from the medical package inserts. Artif. Intell. Research 4(2): 38-44 (2015) (査読有).
- [24] Koji Tanaka, Chikako Morimoto, Yoshikatsu Fujita, Kazuhiko Tsuda: The optimal configuration method of software engineer to IT project. IJCAT 52(2/3), 177-185 (2015) (査読有).
- [25] Tomohiko Harada, Kazuhiko Tsuda, Nobuo Suzuki, Yoshikatsu Fujita: The estimate method of the omission of Japanese inquiry texts using an LDA algorithm. IJCAT 52(2/3), 186-195 (2015) (査読有).
- [26] Takashi Ikoma, Yoshikatsu Fujita, Masakazu Takahashi, Kazuhiko Tsuda: Towards effects estimation of ethical medicine from the package inserts with text mining. IJISTA 14(3/4): 188-204 (2015) (査読有).
- [27] Akiyuki Sekiguchi, Daigo Sakaida, Kazuhiko Tsuda: Study on effective user registration procedure in business to

business using web analytics. IJISTA 14(3/4): 205-220 (2015) (査読有).

- [28] 高橋大志: 社会シミュレーション&サービスシステムが果たすべき役割. 計測と制御, Vol.52 No.7, pp.641-647, 2013(査読無).

[学会発表](計225件)

- [1] Shihan Wang, Mohsen Jafari Songhori, Shuang Chang, Takao Terano: The Impact of Human Relationship on Bankruptcy-Related Evolution of Inter-Firm Trade Network. Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference pp. 3405-3416, Dec. 11-14, 2016, Washington, DC, USA.
- [2] Taisei Mukai, Takao Terano: Modeling Decentralized Inter-Organizational Business Structures through Agent-Based Simulation. Proc. World Automation Congress 2016, 8pp. 2016, 姫路, 兵庫.
- [3] Mohsen Jafari Songhori, Takao Terano: Managing Knowledge Development in Product Development Projects: Insights from an Agent-Based Model. Proc. Social Simulation Conference 2016, 2016, Rome, Italy.
- [4] Chathura Rajapakse, Takao Terano: A Social Simulation Study of Customer Loyalty Formation from a Service-Dominant Logic Perspective. Proceedings of the 5th. World Congress on Social Simulation, pp. 221-233, 2014, San Paulo, Brazil.
- [5] Tomomi Kobayashi, Satoshi Takahashi, Masaaki Kunigami, Atsushi Yoshikawa, Takao Terano: How can Start-up Business Firms Keep the Motivations of Employees? -Analyzing Organizational Management Strategies through an Agent Based Model-. Proc. eKnow2014, pp. 173-178, 2014, Nice, France.
- [6] Takashi Yamada, Takao Terano: Rule learning with adaptive learning and quasi fictitious play in "do-it-yourself lottery" with incomplete information. Proc. AESCS2013, pp. 135-146, 2013, Tokyo, Japan.
- [7] H. Magdy, M. Shohmistu, T.Kaneda: Sidewalk as a Realm of Users' Interactions: Simulating Pedestrians' Densities at a Commercial Street in Cairo City 2016.06 REAL CORP, pp. 569-578, 2016, Hamburg, Germany.
- [8] T. Mizuno, M. Shohmitsu, T. Kaneda: A Study on the Agent-Simulation of Waiting Behaviours inside a Transfer Station. Proc. SSERV 2016, pp.111-116, 2016, Atlanta, USA.

- [9] 内田匠, 吉田健一: Web マーケティングデータの施策利用における疎データ問題と解決法の概観. 人工知能学会: 経営課題に AI を! ビジネス・インフォマティクス研究会 2016.3.19, 石垣島, 沖縄.
- [10] Kenichi Yoshida, Akito Sakurai: Stock Price Regression Based on Order Book Information. Proc. of SSERV 2016, pp. 117-122, 2016, Atlanta, USA.
- [11] 中村友則, 吉田健一: ソーシャルネットワークのアクティビティが普及に及ぼす影響の研究. 第 2 回人工知能学会: 経営課題に AI を! ビジネス・インフォマティクス研究会, 2015.3.16, 宮古島, 沖縄.
- [12] Setsuya Kurahashi: A Health Policy Simulation Model of Ebola Haemorrhagic Fever and Zika Fever. 10th International KES Conference on Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications. 2016-07-15, Tenerife, Spain.
- [13] Setsuya Kurahashi, Wander Jager: An Electricity Market Game using Agent-based Gaming Technique for Understanding Energy Transition. Proc. 9th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2017), 2017-02-24/26, Porto, Portugal.
- [14] 永井秀幸, 倉橋節也: エージェントベース都市動態モデリング - 交通施策が変わる街のかたち, 合同エージェントワークショップ & シンポジウム 2016(JAWS2016), 2016.9.15 (受賞: IEEE Computer Society Japan Chapter から JAWS Young Researcher Award), 岐阜羽島, 岐阜.
- [15] Koji Tanaka, Kazuhiko Tsuda: Methods to Predict the Number of Software Faults Using Weibull Distribution. Proc. SSERV 2016, pp. 105-110, 2016, Atlanta, USA.
- [16] Masakazu Takahashi, Hiroaki Azuma, Kazuhiko Tsuda: A Study on the Efficient Estimation of the Payment Intention in the Mail Order Industry. KES 2016, pp.1122-1128, 2016, York, UK.
- [17] Hiroaki Jotaki, Yasuo Yamashita, Hiroshi Takahashi: Predicting Corporate Bond Prices in Japan Using a Support Vector Machine. Proc. eKnow2017, 2017, Nice, France.
- [18] Hiroshi TAKAHASHI: Analyzing the role of noise trader in financial markets through agent-based modeling. Proc. SSERV2014, 2014, Vasteras, Sweden

〔図書〕(計 2 件)

- [1] Hiroshi TAKAHASHI: Analyzing the Influence of Market Conditions on the Effectiveness of Smart Beta, G.Jezic, Robert J. Howlett, Lakhmi C. Jain. (eds.), Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications, Smart

Innovation, Systems and Technologies vol. 38, pp.417-426, Springer, 2015.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

- (1) 国際会議・ワークショップの主催
- ・ AESCS2013, Tokyo, 2013 年 9 月
 - ・ AESCS2015, Bali, Indonesia, 2015 年 9 月
 - ・ IEEE COMPSAC SSERV ワークショップ:
 - First: Vasteras, Sweden, 2014 年 7 月
 - Second: 台中, 台湾, 2015 年 6 月
 - Third: Atlanta, USA, 2016 年 6 月
 - Forth: Torino, Italy, 2017 年 7 月(予定)
 - ・ 人工知能学会: ビジネス・インフォマティクス研究会, 2014 年より 6 回開催
 - ・ 計測自動制御学会: 社会システム部会研究会, 2013 年 9 月より 8 回開催
- (2) 学会誌特集号への協力
- ・ 計測と制御: 特集: 企業経営・組織運営への実験科学アプローチ, Vol. 55, No. 1, 2016 年 1 月
 - ・ 計測と制御: 特集: スマートワールド実現のための新たなシステムズアプローチ. Vol. 55, No. 8, 2016 年 8 月
 - ・ 計測と制御-特集: 社会シミュレーション & サービスシステムが目指す社会-, Vol. 52, No. 7, 2013 年 7 月
 - ・ 人工知能: 特集: ビジネスが創発する人工知能と人工社, Vol.30 No.4, 2015 年 7 月
 - ・ 情報処理-特集: システム科学・情報学から見たこれからのサービスサイエンス-, Vol. 55, No.2, 2014 年 2 月
- (3) ホームページ
寺野研究室: <http://trn.dis.titech.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺野 隆雄 (TERANO, TAKAO)
東京工業大学・情報理工学院・教授
研究者番号: 20227523

(2) 研究分担者

- ・ 兼田 敏之 (KANEDA, TOSHIYUKI)
名古屋工業大学・工学系研究科・教授
研究者番号: 10192543
- ・ 吉田 健一 (YOSHIDA, KENICHI)
筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授
研究者番号: 40344858
- ・ 倉橋 節也 (KURAHASHI, SETSUYA)
筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授
研究者番号: 40431663
- ・ 津田 和彦 (TSUDA, KAZUHIKO)
筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授
研究者番号: 50302378
- ・ 高橋 大志 (TAKAHASHI, HIROSHI)
慶応義塾大学・経営管理研究科・教授
研究者番号: 60420478