

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：32504

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K19833

研究課題名（和文）エージェントモデリングを用いた計算歴史学・考古学の構築

研究課題名（英文）Developing Computational History and Archeology through Agent-Based Modeling

研究代表者

寺野 隆雄（TERANO, TAKAO）

千葉商科大学・基盤教育機構・教授

研究者番号：20227523

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：歴史学・考古学の研究を進める際には、数少ない史料・資料をもとに、さまざまな考察を行い、仮説を設定する作業が必要となる。これはきわめて属人的な要素が強い作業であり、AIをはじめとする最先端の情報技術によって飛躍的な発展の可能性がある。

本研究では、これにエージェントにモデルに基づく計算主導型の方法論を導入して、情報科学者と人文科学者などが協調して研究を進められるような、新たな学際領域としての計算歴史学・考古学の構築をはかった。そして、知能情報学の観点からエージェントシミュレーションの新たな手法の開発を行い、複数の国際会議、と内外の論文誌に発表した。また、考古学分野でも主要な知見を発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、歴史学・考古学の研究にエージェントモデルに基づく計算機主導型の方法論を提案した。すなわち、歴史的・考古的情報をもとに、モデルのパラメータを変化させ、計算機シミュレーションによって、複数かつ多様な仮説を生成して、その妥当性を既存情報との照合によって確認する手法を導入した。

これは、情報科学の観点からは、非線形な複雑系のパラメータを最適化するという手法であり、大規模計算システムの利用という点においても、情報科学の適用拡大の意味で新規性・発展性が高い。本提案では、これを情報科学研究者・人文科学専門家が使いやすい形で方法論にまとめ、歴史仮説と地理情報を統合した意思決定支援への可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：Research in history and archaeology heavily relies on the analysis of historical documents and materials. This process often involves significant experts' work. However, artificial intelligence and cutting-edge information technologies presents a transformative opportunity for rapid advancements in these disciplines. Thus, we have developed a novel interdisciplinary domain: computational history and archaeology, by fostering collaboration between information scientists and domain experts. We introduce a model-based, computation-driven methodology that utilizes intelligent informatics to facilitate agent simulation. Our research incorporates this innovative approach, which has been shared through presentations at esteemed international conferences and publications in prestigious domestic and international journals. Notably, significant contributions have been made to the field of archaeology, further validating the potential of these techniques in historical and archaeological research.

研究分野：知能情報学・エージェントベースモデリング

キーワード：エージェントベースモデリング 計算考古学 計算歴史学 大規模計算 最適化 シミュレーション
人工知能

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

我々は、「社会科学を実験科学に」というスローガンのもとに、1990年代初めより、社会技術システムを複雑適応系としてとらえ、これに関連する問題をエージェントモデリングによって解決しようと試みてきた。これらの研究は一定の成果を挙げ、「エージェントシミュレーション」という用語は学術的に認知されるようになってきている。そして、エージェントモデリング研究は我が国が世界を先導できる位置づけにある数少ない学際領域となってきている。

しかしながら、人文科学の領域では、今なお、エージェントモデリングとシミュレーションによる方法論は知られておらず、歴史学・考古学領域での我が国の研究はほとんど存在しない。この領域における我々の結果も、情報科学分野もしくは海外の学界での発表がほとんどで、普及が十分ではない。この大きな理由は、人文科学領域で情報科学的な接近法が認知されていないことにある。そこで、我々は、大規模計算を伴うエージェントモデリングによる計算手法を歴史学・考古学領域で認知・普及させることを目標に、本提案の構想にいたった。

歴史学・考古学分野で、エージェントモデリングと大規模計算機上でのシミュレーションを利用するという研究は極めて少数である。国際的には、我々の研究グループはその中心に位置する。我々の知る限り、2014年に我々の参加した欧州社会シミュレーション学会においては、SPUHH (Simulating the Past to Understand Human History) というワークショップがなされているのみであった。また多くのサーベイが収められている文献 1) においても Artificial Anasazi に関連する研究が中心であり、歴史上・考古学上の仮説生成と評価という観点からの研究は存在せず、本提案の革新性は高い。一方、人文・社会科学領域におけるエージェントモデリングの研究は活発であり、この点でも挑戦的研究としての意義は高い(文献 2)。

本研究の、実践的な応用については、歴史的資料に基づいて、本研究で得られる仮説を、現在・過去の地理情報システムと統合することで、過去の天災の記録と現在の災害避難支援の方式とを組み合わせた新しい意思決定支援システムが可能である。

2. 研究の目的

歴史学・考古学の研究を進める際には、数少ない史料・資料をもとに、さまざまな考察を行い、仮説を設定する作業が必要となる。本研究では、これに、エージェントモデルに基づくシミュレーションを中心とした計算機主導型の方法論を導入する。そして、情報科学者と人文科学者が協調して研究を進められるような新たな学術領域としての計算歴史学・考古学の構築をはかる。本提案では、このための方法論とツールを提供することを目的とする。

ここで、エージェントモデリングとは、内部状態と意思決定・問題解決能力、ならびに通信機能を備えた複数のエージェントと呼ぶ主体を用いて、ボトムアップな対象問題のモデル化を試みる手法である。そしてエージェントの相互作用を通して、対象問題の変化が創発する過程と構造の性質とを複雑適応系の立場から研究する計算機シミュレーションを重視した方法論である。

我々の方法論の基本的な構想は、少数の歴史的・考古的情報をもとに、エージェントモデルのパラメタを変化させ、計算機シミュレーションによって、複数かつ多様な仮説を生成して、その妥当性を既存情報との照合によって確認するものである。これは、情報科学の観点からは、非線形な複雑系のパラメタを進化的算法などによって最適化するという手法であり、大規模計算システムの利用という点においても、情報科学の適用拡大の意味で新規性・発展性が高い。

3. 研究の方法

本提案の基本的な手法は図 1 にまとめられる。研究の出発点は、比較的少数の歴史的・考古的な資料・史料情報(テキスト情報が主である)と、関連する地理情報である。これを、(人工知能手法で)データ解析し、さまざまな人文科学的な知見から解釈を加えて、エージェントモデルを構成する。

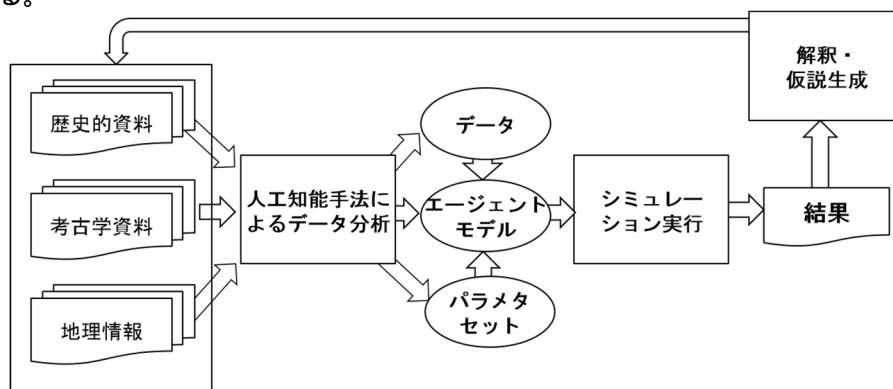


図 1 研究方法の模式図

モデルには多くの調整すべきパラメタが含まれる。このモデルを(高性能)計算機上でシミュレーション実行し、既存の情報と整合するような結果を生成し、それにあわせるようにパラメタを最適化する。最適化パラメタとシミュレーション結果とから、実際に存在する可能性のある歴史上・考古上の仮説を得ることができる。この仮説は新たなデータにより反証可能であり、新たな知見の発見と同定に役立てることができる。

本研究におけるモデル化と仮説生成プロセスの詳細は、図2にまとめたとおりである。

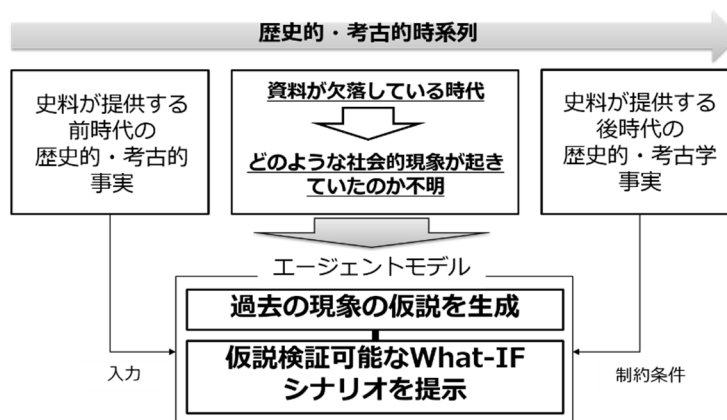


図2 計算歴史学・考古学におけるシミュレーションアプローチ

このアプローチを実行するには以下のステップにしたがう。

- 1) 対象問題に関連する資料を、歴史学・考古学・社会学・人類学・地理学など人文科学的な観点から解釈して、エージェントモデルが構成できるような、エージェント特性・外部環境・内部環境・エージェント間ならびにエージェント環境間の相互作用を同定し、それを決定するような(多数の)パラメタを設定する。これには、当該対象分野の専門家を交えた調査研究が必要となる。
- 2) このモデルの定義に基づき、エージェントシミュレータを設計・実現する。これには、豊富な計算資源が存在すれば、既存のツールキットが利用できることも多い。
- 3) シミュレーションを実行して結果を解釈する。これには、膨大な計算資源が必要であり、また、この出力もビッグデータとなるので人工知能における分析手法・機械学習手法の適用が必要となる。

本提案では、これを情報科学研究者・人文科学専門家が使いやすい形で方法論にまとめ、ツール化する。このために、高性能計算機を導入して、エージェントシミュレーションの環境を実現するとともに、内外の研究者と研究交流を実施する。

4. 研究成果

(1) 概要

考古学においてコンピュータを利用した分析研究は、他の人文社会科学領域の研究と同様、従来から盛んに実施されている。しかし、これらの方法の多くはデータに基づく分析的な接近法である。すなわち、考古学研究を定量化するために、ビッグデータ分析やIoTを利用した測定技術利用などさまざまな数理的・工学的な研究がなされてきた(たとえば、引用文献2))。

本論では、これに、エージェントモデルに基づくシミュレーションを中心としたコンピュータ主導の方法論を導入する。ここで、エージェントモデリング(Agent-Based Modeling; ABM)とは、内部状態と意思決定・問題解決能力、ならびに通信機能を備えた複数のエージェントと呼ぶ主体を用いて、ボトムアップな対象問題のモデル化を試みる手法である。そしてエージェントの相互作用を通して、対象問題の変化が創発する過程と構造の性質とを複雑適応系の立場から研究する計算機シミュレーションを重視したモデリング方法論である。ABMを利用したシミュレーション実験によれば、過去の人々や集落の属性までも詳細に設定でき、過去の出来事に対して様々な仮説が可能となる。本稿では、この基本的な考え方を説明するとともに、引用文献6)に基づき最近の我々の研究例を述べる。

(2) エージェントモデリングの考え方

エージェントとは、以下の3つの要素をもつ主体である。i)内部状態を保持し変更する能力、ii)意思決定・問題解決のための能力、ならびに、iii)他エージェントとの通信能力。このようなエージェントが複数集まったところで、環境とのインタラクションで何が起るのかを知るためにボトムアップなモデル化を試みるところにエージェントを用いるモデル化の本質がある。より具体的には、エージェントは、社会的存在としての人間や組織、あるいは、複雑にからみあったシステムのモデルである3)。

その特徴は、i)ミクロ的な観点においてエージェントが(個別の)内部状態を持ち、自律的に行動・適応し、情報交換と問題解決に携わる点、ii)その結果として、対象システムのマクロ的な

性質が創発する点、iii) エージェントとエージェントを囲む環境とがマイクロ・マクロリンクを形成し、互いに影響を及ぼしあいながら、システムの状態が変化していく点にある。これがエージェントの学習と進化につながる。したがって、エージェントの手法・理論は人工知能の考え方と深く関連する。

加えて、現実の人文社会問題を考えると、人間のモデルであるエージェントは、マクロな指標を環境から知ること、自分あるいは複数のエージェントの内部状態を変化させることができるようになる。結果として、創発したマクロな情報がマイクロなエージェント行動に影響を及ぼし、マイクロ・マクロリンクが形成される。複雑なエージェント・インタラクションの構造が、より複雑な階層間の関係を形成することになる。

(3) エージェントモデリングの考古学への適用

考古学では近年、数多くの発掘事例が蓄積され、物的資料に関しては整備されてきた。また、それら物的資料を用いた研究によって過去のある空間のある時点での断面的な様相についてはかなり解明されつつある。しかしながら、それら断面的様相の間において何らかの変化がある場合、つまり、変化のプロセスについての情報は物的資料の欠落などにより推測することが難しい。これらプロセスを考える際には、研究者の経験的に得られる知見や他の学問領域での事例や理論等の範囲外のプロセスについては検討することは難しい。また、これら変化のプロセス自体が、過去の人々の社会や文化のシステムから大きな影響を受けているため、プロセスの因果関係は複雑である。

これら変化のプロセスを解明するにあたって、エージェントモデリングを利用する我々の基本的なアプローチは前述した図1のとおりである。研究の出発点は、比較的少数の考古的な資料・史料情報と関連する地理情報である。これをもとに、データ解析やさまざまな人文科学的な知見から解釈を加えて、エージェントモデルを構築する。モデルには多くの調整すべきパラメタが含まれる。このモデルをコンピュータ上でシミュレーション実行し、既存の情報と整合するような結果を生成し、それにあわせるようにパラメタを最適化する。最適化パラメタとシミュレーション結果から、実際に存在する可能性のある歴史上・考古上の仮説を得ることができる。

(4) 弥生農耕文化の「主体」は誰だったか 4)

弥生文化の成立の過程では、それまで多数を占めていた在地の縄文人が少数と想定される渡来人のどちらが主体的な役割を果たしたかについては、長い間議論されてきた。この議論には主に、在地の縄文系弥生人が新たな文化として農耕文化を受容して、弥生文化の主体となった説（縄文人主体説）と、体系的な農耕文化を携えて渡来し、定住した渡来系弥生人がそのまま増加して、弥生文化の主体となった説（渡来人主体説）の二つの説がある。この議論においては、弥生人時代の縄文系弥生人と渡来系弥生人の人口推移を調べるのが重要となるが、日本における農耕文化の初源池である北部九州において農耕開始期に当たる縄文時代晩期から弥生時代前期にかけての人骨資料が欠落している。

- ・ 縄文人が多数いる状況で渡来人が1回移住してきた状況下の農耕文化の伝播と形質遺伝子・ミトコンドリアDNAの拡散をモデル化

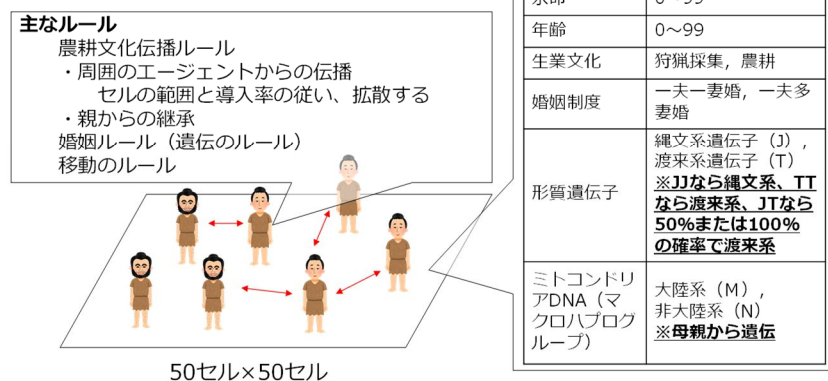


図3 縄文から弥生への人口置換を検討するエージェントモデルの概要

この問題に対する我々のエージェントモデルは、図3のような構成である。考古学で考察すべき条件のごく一部しかモデルには反映されていないように見えるが、これでもシミュレーションを実施するために設定すべきパラメタの組み合わせは 441 ケースとなる。このそれぞれの組み合わせについて、乱数の初期値を変えて 10 通りのシミュレーションを実施する。シミュレーション結果から、縄文文化から弥生文化への人口転換にあたっては、一夫多妻婚で農耕文化が親から継承される状態で農耕文化が緩やかに普及した場合、近隣の縄文系弥生人にも農耕文化

が急速に普及した場合の2通りの仮説が提示された。前者について渡来人主体説を支持するものである一方で、後者は縄文人主体説を支持するものとなったが、それぞれのシミュレーション結果を比較すると、初期段階における農耕文化の普及状況において相違があることが示された。これは、仮説の反証可能性を提示するものとなっている。

(5) 縄文時代から弥生時代への先史時代の文化変容のメカニズム 5)

もうひとつの事例として、縄文時代から弥生時代への文化変容について、多変量解析とエージェントベースの進化シミュレーションを用いた研究を紹介する。この研究において、西日本の縄文から弥生時代にかけての遺跡における遺構構成の変化には、主成分分析の結果、縄文時代中期から後期における大きな変化と縄文時代晩期から弥生時代前期における大きな変化が見られた。そして、遺伝的アルゴリズムをベースとしたエージェントベースの進化シミュレーション(図4)によってこれら大変化を検討した結果、縄文時代晩期から弥生時代前期における大変化のメカニズムは前時代からの頻繁な集落間交流のような連続性で説明できる一方で、縄文時代中期から後期における大変化は前時代からの連続性では説明できない、例えば、東日本からの人口移動によるものであるという仮説を抽出した。

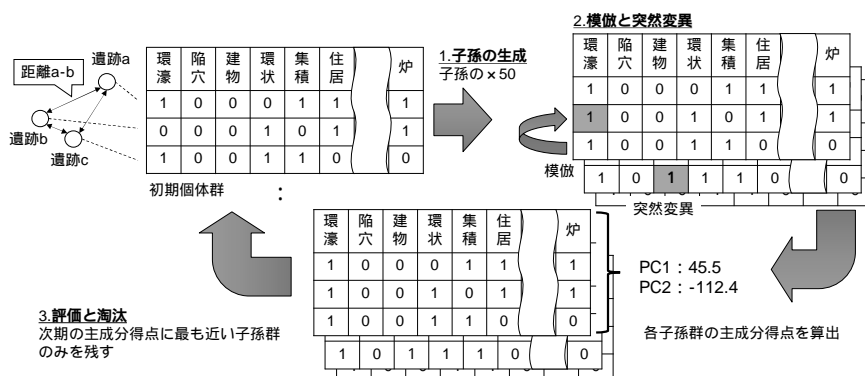


図4 縄文から弥生への文化変容を検討する進化シミュレーションの概要

(6) まとめ

本報告では、エージェントモデリングに基づく計算考古学研究へのアプローチについて論じた。これらの結果は、シミュレーションから得られる仮説に過ぎないが反証可能性を有している。すなわち、シミュレーション結果の比較から示唆される遺跡の発見や遺物の分析によって、どの仮説が正しいのかを知ることができる。我々が十分な知見や論理的推論能力を有していれば、これらの仮説生成はコンピュータなしでも生成可能かもしれない。しかしながら、エージェントモデリングを利用することにより、誰にでも納得しやすい仮説が生成できることは大きな魅力である。日本の考古学研究では、先に述べたアナサジ族の居住変遷の要因に関する先駆的研究で開発されたモデルの適用は困難である。なぜならば、特定の地域を全面的に調査した事例は少なく、また古環境記録も広く入手できないからである。しかし、本研究のような仮説生成においては、シミュレーション結果の比較から得られる反証可能性を持った仮説が、人類学的・考古学的証拠の新たな発見を促進することができると思う。今後、非線形力学などの数理的な解析を加えることで、計算考古学の更なる深化が期待される。

<< 引用文献 >>

- 1) Dean JS, Gumerman GJ, Understanding Anasazi culture change through agent-based modeling, in Dynamics in Human and Primate Societies: Agent-Based Modeling of Social and Spatial Processes, Oxford University Press, pp. 179-206.
- 2) 数理社会学会数理社会学事典発行委員会編, 2022, 『数理社会学事典』, 丸善出版, 東京.
- 3) 寺野隆雄, 2010, 「なぜ社会システム分析にエージェント・ベース・モデリングが必要か」, 『横幹』, Vol. 4, No.2, pp. 56 - 62.
- 4) 坂平文博・寺野隆雄, 2014, 「弥生農耕文化の「主体」は誰だったか? 人類学・考古学へのエージェントベースシミュレーションの適用」, 『コンピュータソフトウェア』, Vol.31, No.3, pp. 97 - 108.
- 5) Sakahira F, Yamaguchi Y, Osawa R et al., 2020, Generating Hypotheses on Prehistoric Cultural Transformation with Agent-Based Evolutionary Simulation, WSC'20: Proceedings of the Winter Simulation Conference.
- 6) 寺野隆雄, 坂平文博: エージェントモデルによる計算考古学の構築にむけて. 考古学ジャーナル, Vol. 773, pp. 35-38, 2022.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 Kunigami, M., Kikuchi, T., & Terano, T.	4. 巻 20-1
2. 論文標題 A Formal Model for the Business Innovation Case Description	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Systemics, Cybernetics and Informatic	6. 最初と最後の頁 296-318
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.54808/JSCI.20.01.296	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Umino, K., Kikuchi, T., Kunigami, M., Yamada, T., & Terano, T	4. 巻 26
2. 論文標題 Empirical Analyses of OLMAR Method for Financial Portfolio Selection in Stock Markets	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 451-460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2022.p045120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kikuchi, T., Kunigami, M., & Terano, T.	4. 巻 978
2. 論文標題 Agent Modeling, Gaming Simulation, and Their Formal Description	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Innovative Systems Approach for Facilitating Smarter World, Design Science and Innovation, Springer,	6. 最初と最後の頁 125-138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-19-7776-3_9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fumihito Sakahira, Yuji Yamaguchi, Takao Terano	4. 巻 27
2. 論文標題 Understanding Cultural Similarities of Archaeological Sites from Excavation Reports Using Natural Language Processing Technique	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 394 403
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2023.p0394	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakata, A., Kikuchi, T., Kunigami, M., Yoshikawa, A., Yamamura, M., Terano, T.	4. 巻 27
2. 論文標題 Extracting Branch Factors of Scenarios from a Gaming Simulation Using Log-Cluster Analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 223 234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2023.p0223	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kunigami, M., Kikuchi, T., Terano, T.	4. 巻 14
2. 論文標題 An Experience Mapping Method for Delayed Understanding in STEM Education	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 14th International Conference on Society and Information Technologies: ICSIT 2023,	6. 最初と最後の頁 44 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.54808/ICSIT2023.01.44	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 寺野隆雄, 坂平文博	4. 巻 773
2. 論文標題 エージェントモデルによる計算考古学の構築にむけて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 35 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 寺野隆雄, 喜多一, 貝原俊也, 高橋真吾	4. 巻 62
2. 論文標題 デジタル社会実験の実現に挑むリアルスケール社会シミュレーション	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 4 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicjl.62.4	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaihara, T., Terano, T., Kita, H., Takahashi, S.	4. 巻 17
2. 論文標題 Societal Prototyping Design (SPD), an Integrative Platform for Policy Design to Realize a Sustainable and Healthy Society,	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. Social Simulation Conference 2022	6. 最初と最後の頁 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakata A., Kikuchi T., Okumura R., Kunigami M., Yoshikawa A., Yamamura M., Terano T.	4. 巻 14-3&4
2. 論文標題 Methodology for Extracting Knowledge from a Gaming Simulation Using Data Envelopment Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal on Advances in Software	6. 最初と最後の頁 107-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kunigami M., Kikuchi T., Takahashi H., Terano T.	4. 巻 241
2. 論文標題 A Customer Experience Mapping Model for Business Case Description of Innovation and Value Co-creation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Jezic, G. et al. eds. Agents and Multi-Agent Systems	6. 最初と最後の頁 255-264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-16-2994-5_21	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fumihiro Sakahira, Yuji Yamaguchi, Ryoya Osawa, Toshifumi Kishimoto, Taka'aki Okubo, Takao Terano, Hiro'omi Tsumura	4. 巻 1
2. 論文標題 Generating Hypotheses on Prehistoric Cultural Transformation with Agent-based Evolutionary Simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 the 2020 Winter Simulation Conference, T. Roeder, et al. (eds.)	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WSC48552.2020.9383855	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masaaki KUNIGAMI, Takamasa KIKUCHI, Hiroshi TAKAHASHI, Takao TERANO	4. 巻 186
2. 論文標題 A Formal, Descriptive Model for the Business Case of Managerial Decision-Making	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 In: Jezic G., Chen-Burger J. et.al (eds) Agents and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications 2020	6. 最初と最後の頁 355-365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-5764-4_33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 菊地剛正, 國上真章, 高橋大志, 鳥山正博, 寺野隆雄	4. 巻 29-3
2. 論文標題 ビジネスケースの形式的記述のためのシミュレーション結果の類型化手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 経営情報学会論文誌	6. 最初と最後の頁 199-214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11497/jjasmin.29.3_199	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 國上真章, 寺野隆雄	4. 巻 59-12
2. 論文標題 エージェントシミュレーションとゲーミングによるシステム思考の実践にむけて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 926-929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.59.926	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 倉橋節也	4. 巻 59-12
2. 論文標題 社会経済システムにおける因果推論	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 930-933
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.59.930	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takao Terano	4. 巻 1
2. 論文標題 A Perspective on Agent-Based Modeling in Social System Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 G. S. Metcalf et al. (eds.), Handbook of Systems Sciences	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-0370-8_5-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Masanori Fujita, Hiroto Inoue, Takao Terano	4. 巻 39
2. 論文標題 Analyzing Promising Researchers Using Network Centralities of Co-authorship Networks from Academic Literature	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Generation Computing	6. 最初と最後の頁 181-197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00354-020-00102-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taisei MUKAI, Takao TERANO	4. 巻 12-1
2. 論文標題 Inter-Business Trading Structure Model with Agent-Based Simulation and Its Application to Real Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration	6. 最初と最後の頁 11-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9746/jcmsi.12.11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takao Terano	4. 巻 999
2. 論文標題 This Is How I Feel About Complex Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Springer Communications in Computer and Information Science Book	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-6936-0_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 寺野隆雄	4. 巻 74-7
2. 論文標題 人工知能研究の過去・現在・未来 人工知能から人口知能へ	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 物理学会誌	6. 最初と最後の頁 454-462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mohsen Jafari Songhori, Madjid Tavana, Takao Terano	4. 巻 26
2. 論文標題 Product Development Team Formation: Effects of Organizational- and Product-Related Factors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computational and Mathematical Organization Theory	6. 最初と最後の頁 88-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10588-019-09302-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taisei Mukai, Takao Terano	4. 巻 22-6
2. 論文標題 Effects of Trade Environment in Decentralized Inter-Organizational Business Structures through Agent Simulation. , Vol. 22, No.6, pp.933-942, 2018.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JACIII	6. 最初と最後の頁 933-942
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p0933	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takamasa Kikuchi, Masaaki Kunigami, Takashi Yamada, Hiroshi Takahashi, Takao Terano	4. 巻 22-7
2. 論文標題 Agent-Based Simulation of Financial Institution Investment Strategy Under Easing Monetary Policy for Operative Collapses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JACIII	6. 最初と最後の頁 1026-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p1026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takao Terano	4. 巻 12
2. 論文標題 Gallery for Evolutionary Computation and Artificial Intelligence Researches: Where Do We Come from and Where Shall We Go	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Innovative Approaches in Agent-Based Modelling and Business Intelligence. Springer	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takao Terano	4. 巻 999
2. 論文標題 This is How I feel about Complex Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Springer Series, Communications in Computer and Information Science -Evolutionary Computing and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Takao TERANO
2. 発表標題 Ethical, Legal and Social Issues of Agent Modeling with Synthetic Population
3. 学会等名 ESSA Social Simulation Festival (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takao TERANO
2. 発表標題 icro-Macro Link in Agent-Based Modeling and Accounting Research for Real Time Economy
3. 学会等名 7th Int. Conf. on Economic Structures (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺野隆雄
2. 発表標題 デジタル社会実験の実現に向けて-データ・モデル・コミュニケーション-
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門 社会システム部会 第31回社会システム部会研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takao TERANO
2. 発表標題 Agent Modeling, Internet of Things, and Multi-Dimensional Accounting for Managing Manufacturing Systems
3. 学会等名 eKNOW 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takao TERANO
2. 発表標題 Understanding Complex Social-Technical Systems through Agent and Gaming Simulation
3. 学会等名 IWAC111 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺野隆雄
2. 発表標題 AI と IA を使いこなすには
3. 学会等名 日本鉄鋼協会計測・制御・システム工学部会シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 貝原俊也, 寺野隆雄, 喜多一, 高橋真吾
2. 発表標題 社会政策立案に向けたマルチスケールABSS手法
3. 学会等名 第12回横幹連合コンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國上真章, 奥村隆一, 菊地剛正, 坂田顕庸, 寺野隆雄
2. 発表標題 社会・組織シミュレーションにおけるエージェントの自己資源配分・成長モデル
3. 学会等名 第17回人工知能学会ビジネスインフォマティクス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤田正典, 奥戸嵩登, 寺野隆雄, 長根裕美
2. 発表標題 共著ネットワークによる高被引用論文と撤回論文の系譜の比較
3. 学会等名 第17回人工知能学会ビジネスインフォマティクス研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakata A., Kikuchi T., Okumura R., Kunigami M., Yoshikawa A., Yamamura M., Terano T.
2. 発表標題 A Basic Research to Develop a Method to Classify Game Logs and Analyze Them by Clusters
3. 学会等名 IWAC1112021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sakata A., Kikuchi T., Okumura R., Kunigami M., Yoshikawa A., Yamamura M., Terano T.
2. 発表標題 The Shin-Life Career Game: Pursuing Your New Life Style through Gaming Simulation
3. 学会等名 eKnow2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunigami M., Kikuchi T., Terano T.
2. 発表標題 A Knowledge Extraction from Epidemic Control Simulation
3. 学会等名 eKNOW 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunigami M., Kikuchi T., Terano T.
2. 発表標題 A Formal Model for the Business Innovation Case Description
3. 学会等名 IMSCI 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunigami M., Kikuchi T., Takahashi H., Terano T.
2. 発表標題 A Customer Experience Mapping Model for Business Case Description of Innovation and Value Co-creation
3. 学会等名 KES/AMSTA 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaaki KUNIGAMI, Takamasa KIKUCHI, Hiroshi TAKAHASHI, Takao TERANO
2. 発表標題 A Customer Experience Mapping for Business Innovation Case Description
3. 学会等名 The 13th China-Japan International Workshop on Information Technology & Control Applications (ITCA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akinobu SAKATA, Takamasa KIKUCHI, Ryuichi OKUMURA, Masaaki KUNIGAMI, Atsushi YOSHIKAWA, Masayuki YAMAMURA, Takao TERANO
2. 発表標題 Uncovering Users' Decisions through Serious Game Playing with A Formal Description Method
3. 学会等名 The 13th China-Japan International Workshop on Information Technology & Control Applications (ITCA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masanori Fujita, Takato Okudo, Takao Terano, Hiromi Nagane
2. 発表標題 Analyzing Two Ways of Interdisciplinary Research; Individual Interdisciplinary Research and Collaborative Interdisciplinary Research
3. 学会等名 Proc, 13th China-Japan Int. Wshp. Information Technology and Control Applications (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國上真章, 菊地剛正, 寺野隆雄
2. 発表標題 DEAによるシミュレーション・ログ集合の分類
3. 学会等名 人工知能学会 16th SIG-BI
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂田顕庸, 國上真章, 吉川厚, 山村雅幸, 寺野隆雄
2. 発表標題 ゲームプレイ時のプレイヤーの運動主体感：プレイヤーの注意と運動主体感の関係
3. 学会等名 情報処理学会 ゲーム情報学, Vol.2020-GI-43
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國上真章, 菊地剛正, 寺野隆雄
2. 発表標題 ビジネスイノベーションのケースを記述するカスタマーエクスペリエンスマッピング
3. 学会等名 人工知能学会 15th SIG-BI
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土屋裕太郎, 井ノ上寛人, 藤田正典, 鉄谷信二, 寺野隆雄
2. 発表標題 研究環境の変化が学術論文の共著ネットワークに与える影響
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム講演論文集 F-006
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石戸健太, 井ノ上寛人, 鉄谷信二, 藤田正典, 寺野隆雄
2. 発表標題 学術文献の引用ネットワークに基づいた評価指標と共著ネットワークの中心性に基づいた評価指標の成長性の比較
3. 学会等名 第15回日本感性工学会春季大会予稿集, 2P-01
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井ノ上寛人, 藤田正典, 寺野隆雄
2. 発表標題 JDream Expert Finder: 将来有望な若手研究者を探索するための検索エンジン
3. 学会等名 第93回日本薬理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Bhakti Stephan Onggo, Levent Yilmaz, Franziska Klögl, Takao Terano, Charles M. Macal
2. 発表標題 Credible Agent-Based Simulation - An Illusion or Only a Step Away?
3. 学会等名 Informs, Winter Simulation Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Setsuya Kurahashi
2. 発表標題 An Agent-Based Infectious Disease Model of Rubella Outbreaks
3. 学会等名 International Conference on Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiro Obata, Setsuya Kurahashi
2. 発表標題 A Research of Variable Selection Method within A Framework of Real-coded Genetic Algorithm
3. 学会等名 2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小畑崇弘, 倉橋節也
2. 発表標題 実数値遺伝的アルゴリズムの遺伝子分布情報と解探索進捗率を活用した変数選択手法の提案
3. 学会等名 2019年度人工知能学会全国大会(第33回), 2H3-J-2-04
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanori Fujita, Hiroto Inoue, Takao Terano
2. 発表標題 Evaluation of Researchers in Collaborative Research through Betweenness Centralities of Co-author Networks
3. 学会等名 IWACII12019, SAT1-C2, 8pp (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumihiro Sakahira, Takao Terano
2. 発表標題 Generating Falsifiable Hypotheses through Agent-Based Simulation on the Population Replacement in Agricultural Spread in Ancient Japan
3. 学会等名 24-th Annual Meeting of the European Association of Archeologists (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Nagai, Setsuya Kurahashi
2. 発表標題 Urban Dynamics Simulation Considering Street Activeness and Transport Policies
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Knowledge and Systems Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Obata, Setsuya Kurahashi
2. 発表標題 A Study of Variable Selection within A Framework of Real-coded Genetic Algorithm
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Systems , Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Setsuya Kurahashi
2. 発表標題 Model-based Policy Making
3. 学会等名 19th International Symposium on Knowledge and Systems Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Fernando Koch, Atsushi Yoshikawa, Shihan Wang, Takao Terano	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 152
3. 書名 Evolutionary Computing and Artificial Intelligence: Essays Dedicated to Takao Terano on the Occasion of His Retirement	

〔産業財産権〕

〔その他〕

GEAR: 寺野研究室 https://teranolab.sakura.ne.jp
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	倉橋 節也 (KURAHASHI SETSUYA) (40431663)	筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授 (12102)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	坂平 文博 (SAKAHIRA FUMIHIRO)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関