

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11466

研究課題名(和文) 格子ロトカボルテラ模型の生物・生態系への応用研究

研究課題名(英文) Application of Lotka-Volterra model to biological and ecological systems

研究代表者

泰中 啓一 (Tainaka, Kei-ichi)

静岡大学・創造科学技術大学院・客員教授

研究者番号：30142227

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、代表者が1988年に導入した格子ロトカボルテラ模型を用いて、複雑系を研究した。メタ個体群ダイナミクスをじゃんけんゲームに対して適用した結果、生物の多様性保全とパッチネットワーク構造との間に深い関係があることが分かった。

また新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の拡大に対処するための研究では、検査回数や頻度を増やすと、ロックダウンと同様の効果が得られることを示した。さらには、経営学にたいしても、格子から導いた非線形の共生系方程式を適用した。長期的資産変動のシナリオ解析を行い、次の結果を発表した：資産拡大型経営は、短期的には得でも、長期的には損をした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

格子ロトカボルテラ模型を2パッチまたは3パッチのメタ個体群に応用した。1つの生息地だけでは、空間パターン形成と生態系機能との関係が分からない時でも、複数のパッチにすることで生態系機能を空間パターンによって説明できる場合があった。さらに、新型コロナウイルス感染症の研究にも力を注いだ。英国雑誌の論文では、新型コロナウイルス感染症における検査を受けていない感染者の移動が、感染拡大の重要な要因となっていることを解明した。検査回数や頻度を増やすと、ロックダウンと同様の効果が得られることを明らかにした。この研究は、論文第一著者の中桐斉之氏の兵庫県立大学ホームページでもNEWSとして紹介された。

研究成果の概要(英文)：Complex systems have been studied by using the lattice Lotka-Volterra model (1988) introduced by the principal investigator. The application of meta-population dynamics to the rock-paper-scissors game revealed a deep relationship between biodiversity and the structure of patch network.

Moreover, we study the spread of a new coronavirus infection (COVID-19), and showed that increasing the number and frequency of inspections had a similar effect as lockdown. We also applied the nonlinear symbiotic equation derived from the lattice model to management of companies. We explored scenario analysis for long-term asset fluctuations, and obtained the following results: asset-expanding management leads to short-term gains but long-term losses, while asset-expanding management leads to short-term gains but long-term losses.

研究分野：格子ロトカボルテラ模型

キーワード：格子ロトカボルテラ模型 じゃんけんゲーム 複雑ネットワーク メタ個体群 空間パターン形成 反応拡散方程式 進化ゲーム 待ち伏せ捕食者

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

代表者は、生態学の研究において、生物間の相互作用が有限の範囲で起きると仮定し、「格子ロトカボルテラ模型」(Lattice Lotka Volterra Model)という格子確率模型を開発した(Tainaka, J. Phys. Soc. Jpn. 1988)。この論文はジャンケンモデルであり、世界中でたくさんの研究が続き、「格子ロトカボルテラ模型」という一つの分野が形成された。20年以上にわたってほぼ同一方法(確率セルオートマトン)で、生物進化や複雑系の問題を研究してきた。この方法は、その平均場理論を伝統的なロトカ・ボルテラ方程式に一致させたものである。これにより、単なる空間シミュレーションでなく、しっかりとした数理的基盤を持つことになった。とくに生物共生系の個体群動態について、次の論文が出版された:Iwata, et al. Ecological Modelling, 222 (2011)。この雑誌のレフェリーは、“great breakthrough”と評価した。必須共生系に対して、2016年”ratio selection”という仮説を提唱した。これは、必須共生系の生物個体数は、特定の比率になるというものである。酵母菌の密度効果の研究では、老齢酵母の細胞破裂を実証し、寿命が極端に短くなることを示した(2011年)。

### 2. 研究の目的

本研究は、代表者が初めて導入した格子ロトカボルテラ模型を用いて、生物進化および生物の調節機能を研究する。とくに、次の3つの課題に重点を置く。

#### (1) 格子ロトカボルテラ模型の生態系への適用

代表者が開発した「格子ロトカボルテラ模型」を引き続き研究の中心に置く。代表者が2017年アクセプトされた論文も、全て格子ロトカボルテラ模型である。とくに2011年、代表者が責任著者となった共生系ダイナミクスの論文(Iwata et al. Eco.Mod.)は、レフェリーから”great breakthrough”という評価を得た。従来の生態学教科書では、共生系のダイナミクスを記述する適切な方程式が無かったが、我々の論文によって、初めて簡単な形で共生系方程式が提示された。この方程式を、進化・生態系など多方面で応用する。

#### (2) 感染症の広がりについての研究

新型コロナウイルス感染症の拡大に対処するための研究を急ぎ行った。我々は数理モデルとコンピュータシミュレーションによって、感染症の広がりを調べた。スモール・ワールド効果によって、病気はより一層広がる可能性がある。これは、長距離移動をするGOTOトラベルの危険性を理論的に示唆している。また、世界中の研究者は、新型コロナウイルス感染症における検査を受けることの重要性を報告している。なぜなら、無症状でも強い感染力を持つからである。我々は、検査を受けていない感染者が、感染拡大の重要な要因となっている可能性を解明する。

#### (3) 経営学と共生方程式

現在の経営学は、企業間の競争を市場原理としている。しかし、多くの研究者は、競争原理が過剰競争を生み、企業倒産・格差拡大・環境被害等の弊害を招いたと批判し、共生・協調関係の重要性を指摘している。株主は、短期的な利益を求める傾向がある。短期的な利益は、裏切り行為を助長する。本研究では、共生系方程式を用いて、長期的視点で企業資産の変動を数値的に求める。とくに、日本の老舗企業のような協調型経営がなぜ持続可能となるのかを解明する。

### 3. 研究の方法

本研究は、モデリングと格子上のモンテカルロ・シミュレーションによって生物進化および生物の調節機能を研究する。研究代表者は、これまで生物間の相互作用が有限の範囲で起きると仮定し、「格子ロトカボルテラ模型」という格子上の確率模

型を開発し、それによって生物の個体群動態や生物進化の問題を研究してきた。具体的な研究方法では、やはりこの格子確率モデルを使う。進化では、遺伝アルゴリズムよりずっと単純な進化シミュレーション法を適用する。極めて短期間で進化の様子を見るためには、シミュレーションが不可欠となっている。

#### (1) 生物の餌探索や移動

移動は動物にとって重要な特質である。これまで格子上の餌探索や移動はランダムウォーク (RW) が使われてきた。しかし、多くの捕食者は、RWとは異なり、長距離移動をする。このような長距離移動の効果を調べるため、一方向だけの移動 (交通流) モデルやネットワークモデルを使う。交通流モデルの場合、RWの時とは大きく異なることが予想される。例えば、RWのときは、平均場近似理論と同じ結果に近づくが、一方向移動のときは平均場理論には近づかない。この理由は、渋滞による縞状の空間パターン形成が生じるからである。ネットワークモデルでは、生息地パッチをノードと見なし、パッチ間の経路をリンクと見なす。とくに複雑ネットワークにおけるスモール・ワールド効果 (長距離移動によって世界が小さくなる効果) と感染症の拡大との関連に注目して研究をしてきた。

(2) 生物の生息地は、空間的に離れたサブ生息地に分かれていることが多い。このような系の個体群動態を調べるために、メタ個体群ダイナミクスによる研究を行ってきた。新しい点は、各パッチの許容量を有限とした点である。サブ生息地の有限性によって生物拡散 (移住) が妨害され、新しい現象が出現する可能性がある。

## 4. 研究成果

主に生態学、生物進化および生物の調節機能を対象にし、実験・観測結果の説明だけでなく、実験の指針となるような理論を追求する。感染症研究：とくに新型コロナウイルスの蔓延に関する研究を行う。従来の感染症の SIR モデルを改良し、新型コロナウイルスの蔓延の特徴を分析する。新型コロナウイルスの場合、軽症者が高い感染率を持ち、移動することがパンデミックの要因と思われる。経営学的研究。日本には、長寿企業がたくさんある。共生系方程式を使い、資産変動の長期予測を行う。次のシナリオを考える。メタ個体群ダイナミクスをじゃんけんゲームに対して適用してきた。その結果、生物の多様性保全とパッチネットワーク構造が深い関係があることが分かった。初めてメタ個体群に格子を使用した。格子ロトカボルテラモデルを複数パッチのメタ個体群に応用した。1つの生息地だけでは、空間パターン形成と生物多様性との関係が分からない時でも、複数のパッチにすることで生物多様性の維持を空間パターン形成によって説明できる場合があった (Ecological Informatics 2022 年)。

また新型コロナウイルス感染症の拡大に対処するための研究を行った。J. Phys. Soc. Japan (2021) の論文では、ネットワークモデルを使って感染症の広がりを調べた。スモール・ワールド効果によって、病気は瞬く間に広がった。これは、長距離移動をする GOTO トラベルの危険性を理論的に示唆している。さらに、新型コロナウイルス感染症における検査を受けていない感染者の移動が、感染拡大の重要な要因となっていることを解明した。その成果が Scientific Reports 誌 (2022 年) に掲載された。新型コロナウイルス感染症において、検査を受けていない感染者に焦点を当て、未検査の感染者の移動が感染拡大の重要な要因となっていることを数理モデル解析により解明した。本研究では、従来の SIR モデルを発展させ、感染者を隔離者と非隔離者に分けたモデルを構築し、シミュレーションと平均場理論から、検査回数や頻度を増やすと、ロックダウンと同様の効果が得られること、また検査陽性感染者の総数が減少することを明らかにした。また、非隔離感染者の多くは軽症または無症状であるため、無症状者にも検査を促すことが重要であることを示した。

経営学にたいしても、共生系方程式を適用した。資産変動の長期予測を次のシナリオのもとで行った：(a) なぜ日本には多くの老舗企業が存在するのか？ なぜ長

寿になり得るのか？(b)下請企業の切り捨ては、短期的には得でも、長期的には損をする可能性がある。その成果が Physica A 誌（2019 年）に掲載された。短期的な利益は、裏切り行為を助長する。しかし、長期的視点では日本の老舗企業のような協調型経営が有利となることを発表した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 22件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Nakagiri Nariyuki, Sato Kazunori, Sakisaka Yukio, Tainaka Kei-ichi	4. 巻 12
2. 論文標題 Serious role of non-quarantined COVID-19 patients for random walk simulations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 738 ~ 738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-04629-2	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 該当する
1. 著者名 Yokoi Hiroki, Takeuchi Yasuhiro, Ichinose Genki, Kitade Osamu, Tainaka Kei-ichi	4. 巻 211
2. 論文標題 Microbial mutualism promoting the coexistence of competing species: Double-layer model for two competing hosts and one microbial species	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biosystems	6. 最初と最後の頁 104589 ~ 104589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biosystems.2021.104589	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 Tainaka Kei-ichi, Nakagiri Nariyuki, Yokoi Hiroki, Sato Kazunori	4. 巻 66
2. 論文標題 Multi-layered model for rock-paper-scissors game: A swarm intelligence sustains biodiversity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ecological Informatics	6. 最初と最後の頁 101477 ~ 101477
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoinf.2021.101477	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 Takashi Nagatani and Kei-ichi Tainaka	4. 巻 206
2. 論文標題 Effects of pest control on a food chain in patchy environment: species-dependent activity range on multilayer graphs.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BioSystems	6. 最初と最後の頁 104425 ~ 104425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biosystems.2021.104425	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 Takashi Nagatani and Kei-ichi Tainaka	4. 巻 90
2. 論文標題 Diffusively coupled SIQRS epidemic spreading in hierarchical small-world network.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 013001 ~ 013001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.013001	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 Yokoi Hiroki, Sato Kazunori, Tainaka Kei-ichi	4. 巻 89
2. 論文標題 Parity Laws in a Cyclic Ecosystem: Metapopulation Migration Model with Different Patch Capacities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 033801 ~ 033801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.033801	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 Yokoi Hiroki, Tainaka Kei-ichi, Nakagiri Nariyuki, Sato Kazunori	4. 巻 55
2. 論文標題 Self-organized habitat segregation in an ambush-predator system: Nonlinear migration of prey between two patches with finite capacities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ecological Informatics	6. 最初と最後の頁 101022 ~ 101022
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecoinf.2019.101022	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 Yokoi Hiroki, Tainaka Kei-ichi, Sato Kazunori	4. 巻 477
2. 論文標題 Metapopulation model for a prey-predator system: Nonlinear migration due to the finite capacities of patches	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 24 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2019.05.021	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 Morishita Ayako、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 525
2. 論文標題 Cooperation promotes the sustainability of companies: Lattice-gas model for a market	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	6. 最初と最後の頁 119 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physa.2019.03.005	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 Nagatani Takashi、Ichinose Genki、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 520
2. 論文標題 Epidemic spreading of random walkers in metapopulation model on an alternating graph	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	6. 最初と最後の頁 350 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physa.2019.01.033	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 Nagatani Takashi、Ichinose Genki、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 462
2. 論文標題 Metapopulation dynamics in the rock-paper-scissors game with mutation: Effects of time-varying migration paths	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 425 ~ 431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2018.11.030	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 Katsumata Yuki、Uehara Takashi、Ito Hiromu、Yoshimura Jin、Tainaka Kei-ichi、Ichinose Genki	4. 巻 388
2. 論文標題 Density-dependent population model of effective release policy for Ayu fish	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecological Modelling	6. 最初と最後の頁 80 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecolmodel.2018.09.021	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 Nagatani Takashi、Tainaka Kei-ichi、Ichinose Genki	4. 巻 458
2. 論文標題 Metapopulation model of rock-scissors-paper game with subpopulation-specific victory rates stabilized by heterogeneity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 103 ~ 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2018.09.009	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 Tahara Takeru、Gavina Maica Krizna Areja、Kawano Takenori、Tubay Jerrold M.、Rabajante Jomar F.、Ito Hiromu、Morita Satoru、Ichinose Genki、Okabe Takuya、Togashi Tatsuya、Tainaka Kei-ichi、Shimizu Akira、Nagatani Takashi、Yoshimura Jin	4. 巻 8
2. 論文標題 Asymptotic stability of a modified Lotka-Volterra model with small immigrations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7029 ~ 7029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-25436-2	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 該当する

1. 著者名 Nagatani Takashi、Ichinose Genki、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Heterogeneous network promotes species coexistence: metapopulation model for rock-paper-scissors game	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7094 ~ 7094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-25353-4	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 該当する

1. 著者名 Nagatani Takashi、Ichinose Genki、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 450
2. 論文標題 Epidemics of random walkers in metapopulation model for complete, cycle, and star graphs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 66 ~ 75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2018.04.029	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 Nagatani Takashi、Ichinose Genki、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 450
2. 論文標題 Metapopulation model for rock-paper-scissors game: Mutation affects paradoxical impacts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 22 ~ 29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2018.04.005	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 Gavina Maica Krizna A.、Tahara Takeru、Tainaka Kei-ichi、Ito Hiromu、Morita Satoru、Ichinose Genki、Okabe Takuya、Togashi Tatsuya、Nagatani Takashi、Yoshimura Jin	4. 巻 8
2. 論文標題 Multi-species coexistence in Lotka-Volterra competitive systems with crowding effects	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1198 ~ 1198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-19044-9	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 該当する

1. 著者名 Nagatani Takashi、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 490
2. 論文標題 Cellular automaton for migration in ecosystem: Application of traffic model to a predator-prey system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	6. 最初と最後の頁 803 ~ 807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physa.2017.08.151	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 北村孔志、柿嶋聡、泰中啓一、吉村仁	4. 巻 20
2. 論文標題 浜松市中途川におけるハタベカンガレイの個体群動態と保全の試行	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 莎草研究	6. 最初と最後の頁 63 ~ 70
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 Hashimoto Tsuyoshi、Sato Kazunori、Ichinose Genki、Miyazaki Rinko、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 87
2. 論文標題 Clustering Effect on the Dynamics in a Spatial Rock-Paper-Scissors System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Soc. Japan	6. 最初と最後の頁 014801 ~ 014801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.87.014801	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 Nagatani Takashi、Ichinose Genki、Tainaka Kei-ichi	4. 巻 492
2. 論文標題 Traffic jams induce dynamical phase transition in spatial rock-paper-scissors game	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	6. 最初と最後の頁 1081 ~ 1087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physa.2017.11.038	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

[学会発表] 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Ayako Morishita, Kei-ichi Tainaka
2. 発表標題 Cooperative behavior for sustainability: Numerical inter-firm scenario analysis applying a Lattice-gas model.
3. 学会等名 Asia Pacific Family Business Symposium 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 泰中啓一, 横井大樹, 中桐齊之, 佐藤一憲
2. 発表標題 生息パッチの有限性に基づく非線形移住: 一種系のメタ個体群モデル
3. 学会等名 交通流と自己駆動粒子系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 泰中 啓一, 北出 理
2. 発表標題 Agent-based modelの生態系・複雑系への適用：共生原生生物と生物多様性
3. 学会等名 日本原生生物学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	吉村 仁 (Yoshimura Jin)  (10291957)	静岡大学・工学部・教授  (13801)	退職。
研究分担者	守田 智 (Morita Satoru)  (20296750)	静岡大学・工学部・教授  (13801)	
研究分担者	一ノ瀬 元喜 (Ichinose Genki)  (70550276)	静岡大学・工学部・准教授  (13801)	

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
---------	---------