

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：17102

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0262

研究課題名（和文）IoT技術を適用したインフルエンザから高齢者を守る予防接種補助スキームのデザイン

研究課題名（英文）Social optimal design on the subsidy scheme utilizing advanced IoT technology to protect the elderly from an influenza pandemic

研究代表者

谷本 潤（Tanimoto, Jun）

九州大学・総合理工学研究院・教授

研究者番号：60227238

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000円

研究成果の概要（和文）：情報通信技術を導入することで、疾病コスト、ワクチン接種、さらに公的補助を担保する追加税負担を含めた社会総コストを最小化する枠組みを示した。まず、SEIRSなどの各コンパートメントをモジュール上に組み立て、夫々の新興感染症予測する枠組みを示した。これにより、例えばワクチン接種の意思決定ダイナミクスを模擬するBehaviorモデルを連成した枠組みODE-Behaviorモデル連成システムへの道筋を得た。さらに、現実社会の物理接触ネットワーク、意思決定に影響する情報ネットワーク上でのVaccination Game, Intervention Gameを実装する巨大MASシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数理生物学をバックグラウンドにする世界最先端COE研究者と数理疫学、公衆衛生学、情報科学を専門にする本邦側若手アカデミックの協働が、社会物理学者（研究代表者）がmediator役と務めることで可能となった。プロジェクト成果としての論文発表は、プロジェクト期間中ながら既に30編を超える高い生産性を示した。感染症伝搬は、人間社会の複雑ネットワークを通じて生起する現象としての側面を有するが、本プロジェクトにより、原因側で元を絶つ、罹患する生体側で防御する対策と並んで、経路となる社会システムを適切に制御することで、感染を封じ込め、パンデミックを未然に防ぐ対策を構築できる可能性があることが示された。

研究成果の概要（英文）：To minimize the holistic social cost, composed of not only disease cost but also costs of various interventions such as vaccination, quarantine, lockdown, and other various non-pharmaceutical measures, the theoretical framework, named 'Intervention Game' (IG), the revised concept of Vaccination Game, is established. IG dovetails an epidemiological ODE model such as SIR, SEIR and SEIRS that is suitable for a macroscopic prediction for a disease spreading with the so-called Behavior model where the social dynamics of an individual's decision-making of whether to commit a vaccination or not. Furthermore, the framework of IG is built up as 'Huge MAS (multi-agent simulation)' system to draw a more realistic numerical prediction accounting for various complex situations such as complex real human networks on which a disease spreads and virtual networks influencing an individual's decision-making through information spread.

研究分野：社会物理学

キーワード：数理疫学 マルチエージェントシミュレーション Vaccination Game Intervention Game 進化ゲーム
理論 社会最適

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

少子高齢化を迎え、豊かな成熟社会の達成には、高齢者の健康維持は最も重要な課題の一つとされる。一方で現代社会システムの安全安心を脅かす脅威として感染症の世界規模での流行が憂慮されている。今次の、COVID-19を引くまでもなく新興感染症パンデミックに関しては、臨床医学、ウイルス動態学、疫学、公衆衛生学を中心に、感染因と経路の特性およびそれら原因の除去、免疫獲得のためのワクチン精製に向けた様々な取り組みが、現下、精力的に行われている。一方で、感染症伝播は、人間社会の複雑ネットワークを通じて生起する現象としての側面を有するから、原因側で元を絶つ、罹患する生体側で防御する対策と並んで、経路となる社会システムを適切に制御することで、感染を封じ込め、パンデミックを未然に防ぐ対策を構築できる可能性がある。財政逼迫の現状を考えると、医療福祉費との均衡を保ちながら、高齢者などの社会的弱者を新興感染症感染から守るためには、前記の感染医学的アプローチを補完する、効率的で総合的な封じ込め対策の構築が必要である。

2. 研究の目的

社会的弱者である高齢者を新興感染症感染リスクから守る先制的予防接種の公的補助スキームにフォーカスし、最新の情報通信技術を導入することで、疾病コスト、ワクチン接種、さらに公的補助を担保する追加税負担を含めた社会総コストを、トータルに最小化する社会情報システムの基本デザインを提示する。まず、ドイツ・Max-Planck 研究所/進化生物学研究所との連携の元、数理疫学と進化ゲーム理論とをマージさせた Revised Vaccination Game の理論的枠組みを構築する。そして、感染ダイナミクス、社会ジレンマを巡る社会成員(エージェント)の意志決定機構を人工社会システム上に Multi Agent Simulation (MAS) として理論構成し、IoT にサポートされた社会情報システムが具備すべき要件を明らかにする。もって、社会物理学、情報科学、システム工学・数理疫学から構成される本邦の研究者が、応用社会生物学への展開を模索している Max-Planck 研究所と協働して、「高齢者」、「感染症」、「社会情報」をキーワードとする新たな学際研究 COE を構築する。

3. 研究の方法

(1)数理疫学と進化ゲーム理論に基づく ODE-Behavior モデル連成システムの構築

様々な新興感性症の伝播ダイナミクスをマクロに予測する枠組みとして SIR, SEIR, SEIRS などの数理疫学 Compartment モデル(以下、ODE モデル)があり、COVID-19 の世界的流行に際し、我が国でも政府当局の対策策定に広く適用された。但し、ODE モデルでは、例えばワクチン接種する/しないの人々の社会行動ダイナミクスを模擬する機構が組み込まれていない。このような背景から Tanimoto (2021) は、ODE モデルによる感染ダイナミクス予測と人々の意思決定ダイナミクスを進化ゲーム理論の枠組み若しくは Behavior モデルとして連成したシステム Vaccination Game のフレームを提示した。本プロジェクトでは、この Vaccination Game の枠組みを拡大し、広く医療的介入、非医療的介入の社会受容性ダイナミクスを予測する枠組み Intervention Game を提示し、様々な適用事例のモデル解析を行った。

(2)Intervention Game を基盤とする on-silica 人工社会システムの構築

Intervention Game は新興感性症が猖獗を見る前の初動的解析フェーズにおけるマクロ解析等々への適用には優れているが、感染経路となる物理接触を表す複雑社会ネットワークや意思決定を決める情報ネットワークの影響を加味した実際的な複雑問題への展開を想定すると、所謂、粒子(エージェント)ベースの人工社会システム上の実験系を構築する必要がある。ここでは、Intervention Game を実装した数十万オーダーの Multi Agent Simulation (MAS) を巨大 MAS システムとしてスパコン上に構築する。

(3)新興感染症を惹起する恐れのある抗ウイルス耐性株の社会ジレンマ

抗ウイルス株の発生を抑止するには、過度の抗ウイルス薬処方をするのが肝要であるが、自分さえ当座の疾病から回復すればよいと考えると安易に頼ることになる。ここには、所謂、公共財の社会ジレンマの数理構造が潜んでいる可能性がある。Max-Planck の Traulsen 教授のコミットメントを得、共同研究者が世界各地の人々の意識調査を協働で調査する。

4. 研究成果

前項で述べた細項目ごとに、発表論文を掲げながら概要を報告する。

(1)数理疫学と進化ゲーム理論に基づく ODE-Behavior モデル連成システムの構築

先制的ワクチン接種(ワクチン接種する/しない)、自主隔離様々(協力する/しない)、強制隔離(隔離破りする/しない)、マスク着用(協力する/しない)等々の個々人が下す意思決定を Behavior モデルとして理論構成、これに SIR, SEIR, SEIRS 等の ODE モデルをマージさせた ODE-Behavior モデルを構築して、新興感染症対策として社会応用上有意な知見を得た。各 ODE モデルの compartment をモジュール化し、対象の問題、すなわち感染症のタイプ(SIR なのか SEIR なのか、将又、免疫喪失効果を組み込まないといけない SIRS なのか etc)への接続性に秀で、Behavior モデルにより表記する介入方策に応じて柔軟にモデル化することが可能な枠組み ODE-Behavior モデル連成システム構築への足掛かりを得た。

(2) Intervention Game を基盤とする on-silica 人工社会システムの構築

前項の ODE-Behavior モデルをスパコン上の人工社会システム上に展開し、粒子数数万オーダーの複雑ネットワーク上の Intervention Game を実装する巨大 MAS モデルを構築した。これを適用し、スパコン上で系統的大規模数値実験を行うことで、いくつかの新興感染症対策として社会応用上有意な知見を得た。

その一例として、社会福祉医療費が有限値として制約されている条件下で、人-人物理接触を Scale-free ネットワーク上で模擬した SIR ダイナミクスに従う感染症（基本再生産数を季節性インフルエンザとして一般的な 2.5 を仮定）を封じ込める最適な補助金スキームに関して検討した。感染症の取り扱いは、single-season ではなく multi-season とし、1 シーズンの流行ダイナミクスが収束した後、各エージェントはワクチン接種に関する意思決定を自らの効用構造に応じて更新し、次シーズンを迎える。系内にはワクチン接種を自主的に行うエージェントと補助金スキームにより割引料金で、あるいは全額免除で接種可能なエージェントが併存することになる。医療行政上は、所謂、スーパースプレッダーとなる可能性の高い社会的アクティビティの高い人や高齢者などの社会的弱者に対して補助スキームにより優先的にワクチン接種を行い、その効果を周辺で実見した対象外エージェントが、自費負担を伴っても先制ワクチン接種をすることで、感染症完封が実現されることが望ましい。ただし、この社会システムの最適化問題は、疾病によるコスト（罹患者が多いほど大きくなる）とワクチン接種コスト（自費負担者がカバー）と補助金スキームに依る公費負担の総和からなる社会総コストを最小化することで定義される。

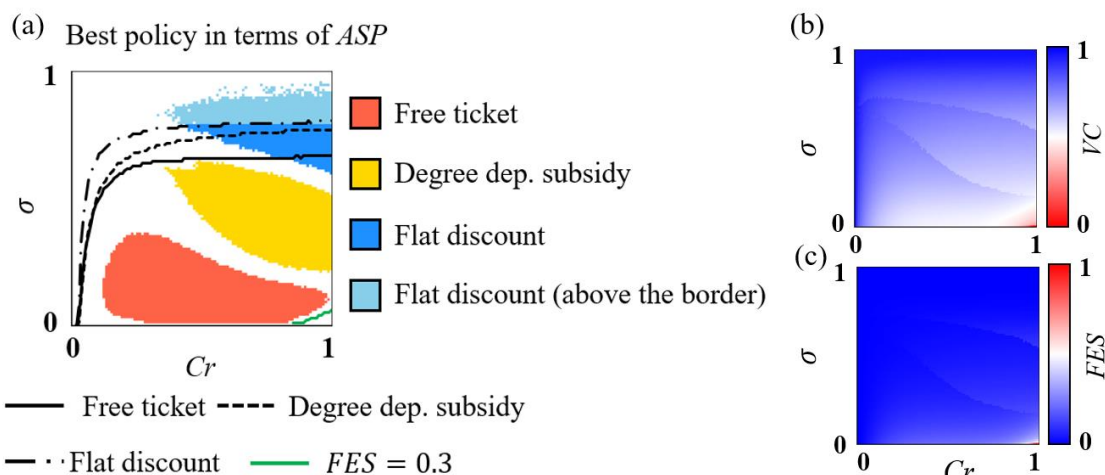


図 1 MAS による人工社会システム実験の結果 (Tatsukawa, Y., Arefin, M. R., Tanimoto, J.; Free ticket, discount ticket or intermediate of the best of two worlds – which subsidy policy is socially optimal to suppress the disease spreading?, Journal of Theoretical Biology 520, 110682, 2021). 縦軸 σ は正規化した補助金サイズで、1 は全エージェントに free ticket を配布できる規模を意味する。横軸 Cr は疾病コストに対する正規化ワクチン接種コスト（自費で接種する場合の負担額）。パネル(a)は社会総コストを最小化する補助金スキームの phase diagram. Free ticket は次数の高い（スーパースプレッダーになり易い）順に無料接種を行う，Degree dep. Subsidy は次数の高いエージェントほど割引率の高いポリシー，Flat discount は財源の許す範囲で全員に一律の割引を行う，Flat discount(above the border)はある次数以上のエージェントについてのみ一律割引を行うことを意味する。パネル(b)とパネル(c)は、夫々、Vaccination Coverage (VC) すなわち自費接種したエージェントの割合、Final Epidemic Size (FES) 最終感染者サイズ（1 が全エージェント感染を意味する）。

図 1 は数値実験結果である。パネル(a)より、最適な補助金スキームは財源規模とワクチン接種コストに依存して異なることがわかる。財源規模が豊潤でない場合には、全員平等に還元しようとの割引制度は下策である。割引ポリシーでは、平等性は担保されるが、割り引かれても自己負担を厭い、接種しないエージェントが発生するため、「死に金」が不可避免的に生じる。財源に余剰があれば、それでも感染症の封じ込めは可能だが、財源制約が強い場合には、割引ポリシーより寧ろ無料接種券を限定的なエージェントに捲く方が社会効率性は高くなるのである。これは、スーパースプレッダーになる高次数エージェントが無料券で摂取し、その周辺エージェントが、ワクチン接種により感染回避できた行動を模倣する 2 次効果により自己負担接種エージェントが増えることによる。

なお、この巨大 MAS モデルを用いた人工社会システム実験では、ワクチン接種によりエージェントは完全免疫を獲得すると仮定している。本科研プロジェクトでは、不完全ワクチンの取り

扱いに関して Effectiveness と Efficiency の 2 様の確率モデルを提示し、現在まで多くの後発研究に引用されるに至っている。また、Traulsen 教授のチームが開発した新興感染症の突然変異株動態モデルを人-人間の感染を模擬する ODE モデルに within-host モデルとして組み込むことが今後の課題として残された。共同研究者の一ノ瀬博士、伊東博士は本プロジェクトによりキャリア上有意な成果を生産するに至った。前記の課題については、次世代の若手育成への「宿題」となる。

(3) 新興感染症を惹起する恐れのある抗ウイルス耐性株の社会ジレンマ

抗ウイルス株の発生を抑止するには、過大な抗ウイルス薬剤投与に抑制的でないとならない。社会全体の大域的最適化には、これに対して協調的な行動が望まれ、そのことにより、開発した抗ウイルス薬剤によるシールド効果が長持ちするだろう。つまり、これは一種の社会的公共財と見做しうる。一方で個人レベルでは、罹患した際には薬剤投与を強く望むだろう。ここに社会ジレンマが生じる背景がある。本プロジェクトに参画した研究者の協働研究として、日本を含む世界 8 地域で、web を通じた広範な社会調査を行い、人々の潜在意識を解析したところ、地域による凸凹はあっても、前記の社会ジレンマが意識下に潜在することが炙り出された (図 2)。

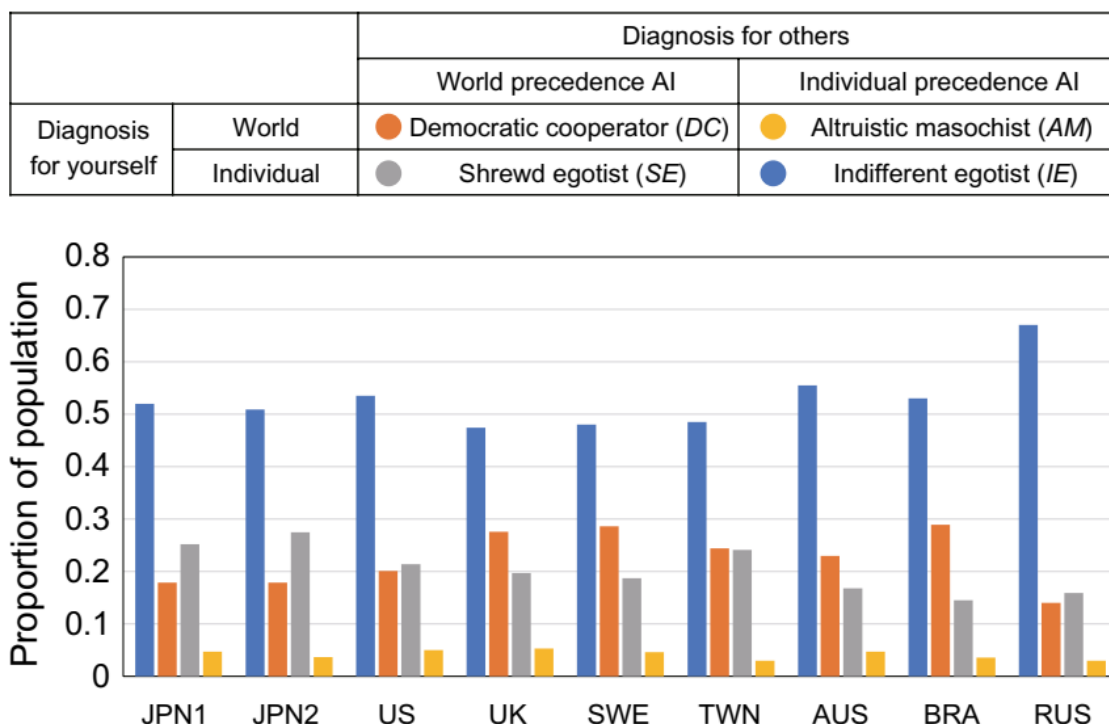


図 2 本プロジェクト成果論文 (Ito, H., Wada, T., Ichinose, G., Tanimoto, J., Yoshimura, J., Yamamoto, T., Morita, S.; Social dilemma in the excess use of antimicrobials incurring antimicrobial resistance, **Scientific Reports** 12, 21084, 2022) より抽出。どの地域でも社会のマジョリティは共有地のジレンマにおける Nash 均衡である Indifferent egoist となった。

結果は、社会物理学アプローチとしての Intervention Game の枠組み、すなわち、感染症のダイナミクスと同時にその感染予防方策、介入策の人々の受容性を彼らの意思決定ダイナミクスとしてモデル化、マージする必要性が極めて重要であることを端無くも明らかにするものとなった。

本プロジェクトの総括としては、数理生物学をバックグラウンドにする世界最先端 COE 研究者と数理医学、公衆衛生学、さらには情報科学を専門にする本邦側若手アカデミックの協働が、社会物理学 (研究代表者) が mediator 役を務めることで可能となった。プロジェクト成果としての論文発表は、プロジェクト期間中ながら既に 30 編を超える高い生産性を示した。而して、新たな課題が明らかとなり、向後は同じフレームワークで次世代若手育成のプロジェクト立ち上げが望まれる。

【参考文献】

Tanimoto, J.; Sociophysics Approach to Epidemics, Springer, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Alam, M., Tanimoto, J.	4. 巻 10 (12)
2. 論文標題 A Game-Theoretic Modeling Approach to Comprehend the Advantage of Dynamic Health Interventions in Limiting the Transmission of Multi-Strain Epidemics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Applied Mathematics and Physics	6. 最初と最後の頁 3700-3748
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jamp.2022.1012248	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 Fan, J., Zhao, D., Xia, C., Tanimoto, J.;	4. 巻 32
2. 論文標題 Coupled spreading between information and epidemics on multiplex networks with simplicial complexes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chaos	6. 最初と最後の頁 17341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0125873	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 Habib, Md. Ahsan, Kabir, K. M. A., Tanimoto, J.	4. 巻 09 (02)
2. 論文標題 Evolutionary Game Analysis For Sustainable Environment Under Two Power Generation Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EVERGREEN	6. 最初と最後の頁 323-341
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 該当する
1. 著者名 Khan, Md. Mamun-Ur-Rashid, Arefin, Md. R., Tanimoto, J.	4. 巻 432
2. 論文標題 Investigating the trade-off between self-quarantine and forced quarantine provisions to control an epidemic: An evolutionary approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 127365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amc.2022.127365	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 Tatsukawa, Y., Arefin, Md. R., Utsumi, S., Kuga, K.	4. 巻 431
2. 論文標題 Stochasticity of disease spreading derived from the microscopic simulation approach for various physical contact networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 127328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amc.2022.127328	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 Kabir, K. M. A, Tanimoto, J.	4. 巻 509
2. 論文標題 Analysis of individual strategies for artificial and natural immunity with imperfectness and durability of protection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 110531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtbi.2020.110531	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 Miyaji, K., Tanimoto, J.	4. 巻 143
2. 論文標題 A co-evolutionary model combined mixed-strategy and network adaptation by severing disassortative neighbors promotes cooperation in prisoner's dilemma games	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chaos, Solitons & Fractals	6. 最初と最後の頁 110603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chaos.2020.110603	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 Alam, M., Ida, Y., Tanimoto, J.	4. 巻 143
2. 論文標題 Abrupt epidemic outbreak could be well tackled by multiple pre-emptive provisions-A game approach considering structured and unstructured populations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chaos, Solitons & Fractals	6. 最初と最後の頁 110584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chaos.2020.110584	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 Tanaka, M., Tanimoto, J.	4. 巻 209
2. 論文標題 Proposal of an apposite strategy-updating rule for the vaccination game where hubs refer to hubs and lower-degree agents refer to lower-degree agents	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biosystems	6. 最初と最後の頁 104532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biosystems.2021.104532	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 Arefin, M. R., Tanimoto, J.	4. 巻 104
2. 論文標題 Impact of the baseline payoff on evolutionary outcomes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 44314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.104.044314	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 Ito, H., Tanimoto, J.	4. 巻 7
2. 論文標題 Dynamic utility: the sixth reciprocity mechanism for the evolution of cooperation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.200891	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 Kabir, K. M., Hagishima, A.; Tanimoto, J.	4. 巻 2020
2. 論文標題 Hypothetical assessment of efficiency, willingness-to-accept and willingness-to-pay for dengue vaccine and treatment: a contingent valuation survey in Bangladesh	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal Human Vaccines & Immunotherapeutics	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21645515.2020.1796424	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 Arefin, M. R., Tanimoto, J.	4. 巻 102
2. 論文標題 Evolution of cooperation in social dilemmas under the coexistence of aspiration and imitation mechanisms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.102.032120	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 Miyaji, K., Tanimoto, J	4. 巻 390
2. 論文標題 The Existence of fence-sitters relaxes the spatial prisoner's dilemma and enhances network reciprocity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amc.2020.125624	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 Kabir, K. M. A, Tanimoto, J.	4. 巻 7
2. 論文標題 Evolutionary game theory modelling to represent the behavioural dynamics of economic shutdowns and shield immunity in the COVID-19 pandemic	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.201095	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 Kabir, K. M. A., Tanimoto, J.	4. 巻 475
2. 論文標題 Modelling and analysing the coexistence of dual dilemmas in the proactive vaccination game and retroactive treatment game in epidemic viral dynamics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society A	6. 最初と最後の頁 20190484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rspa.2019.0484	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 Alam, M., Kabir, K. M. A., Tanimoto, J.	4. 巻 -
2. 論文標題 Based on mathematical epidemiology and evolutionary game theory, which is more effective: quarantine or isolation policy?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment	6. 最初と最後の頁 33502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-5468/ab75ea	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6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 一ノ瀬元喜, 千葉衿香, 佐山弘樹
2. 発表標題 裏切りに対する鋭敏性によって生じるレヴィ飛行が協力進化に与える影響
3. 学会等名 ゲーム理論ワークショップ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Genki Ichinose and Hiroki Sayama
2. 発表標題 Sensitivity and Levy flights in spatial cooperation
3. 学会等名 NetSci-X 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 間宮安曇, 一ノ瀬元喜
2. 発表標題 観測エラー付き繰り返し囚人のジレンマゲームにおけるゼロ行列式戦略
3. 学会等名 2019年度日本数理生物学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Morita S. Ito H. Yamamoto T.
2. 発表標題 Basic Reproduction Number of Sexually Transmitted Infections with Mother-to-Child Infection
3. 学会等名 NetSci-X 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ito H.
2. 発表標題 Why had periodical cicadas acquired periodicity and prime-numbered life cycles?
3. 学会等名 3rd International Workshop on Mathematical Biology 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊東啓、山本太郎、守田智
2. 発表標題 数理モデルから考察する性感染症の存続性
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://ktlabo.cm.kyushu-u.ac.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	一ノ瀬 元喜 (Ichinose Genki) (70550276)	静岡大学・工学部・准教授 (13801)	
研究分担者	伊東 啓 (Ito Kei) (80780692)	長崎大学・熱帯医学研究所・助教 (17301)	

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