

日本—米国 国際共同研究 「新型コロナウイルス感染症（COVID-19）により求められる 新たな生活態様に資するデジタルサイエンス」 2023 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	パンコミュニティ：世界規模の感染症流行へのコミュニティ対応を形作るデータ科学とモデル研究
研究課題名（英文）	PanCommunity: Leveraging Data and Models for Understanding and Improving Community Response in Pandemics
日本側研究代表者氏名	西浦 博
所属・役職	京都大学・教授
研究期間	2021 年 10 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
西浦 博	京都大学・大学院医学研究科・教授	研究の総括、年齢群別データや家庭内伝播データのモデル化
林 克磨	京都大学・大学院医学研究科・特定助教	年齢群別データや家庭内伝播データのデータ分析
岡田 雄大	京都大学・大学院医学研究科・特定講師	年齢群別データや家庭内伝播データのデータ分析
茅野 大志	京都大学・大学院医学研究科・特定助教	年齢群別データや家庭内伝播データのデータ分析
竹内 昌平	長崎県立大学・シーボルト校・講師	コミュニティ伝播の数理モデル分析
斎藤 正也	長崎県立大学・シーボルト校・講師	コミュニティ伝播の数理モデル分析

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

2つのワークパッケージ（No. 1: マルチスケールおよびマルチフィデルティモデルによるコミュニティデータの分析と予測、特にリアルタイムへの活用、および、No. 2: 複数のモデル統合に基づく複合コミュニティモデルの構築と意思決定のため評価基盤の構築・実装）に分けて研究目標を設定し、進捗を図った。令和5年度のワークパッケージ No. 1 における日本側チームの研究は、(i) 既に定期的に続けている日米の合同オンライン会議を通じて共同

研究とシンポジウム等について具体的な予定を決定して進捗を図る。特に昨年度（2023年2月）に実施したワークショップに引き続いて成果取り纏めの機会を設けること、(ii) ブースター接種の効果を含む免疫ランドスケープのモニタリングに取り組み、接種の時間間隔について政策実装可能な数理モデルの政策実装を行うこと、の2点としてきた。ワークパッケージ No. 2 における日本側チームの研究は、(i)既に定期的に続けている日米の合同オンライン会議を通じて共同研究とシンポジウム等について具体的な予定を決定して進捗を図る。特に昨年度（2023年2月）に実施したワークショップに引き続いて成果取り纏めの機会を設けること、(iii) 家庭内伝播およびコミュニティ伝播の分析について、マスク着用効果や家のエアロゾル対策、抗ウイルス薬との関連を解析し2次感染の異質性と環境条件の関連に関する解析を行うこと、の2点としてきた。

研究交流においては、上記の共同研究に加えて、昨年度に頭脳循環プログラムを活用して大学院生2名がジョージア州立大学で数週レベルで米国滞在した成果を基に、研究をさらに発展させ、成果を原著論文として報告することを図った。

ワークパッケージ No. 1 では、異なる環境条件、人的特性、および、その他の要素（疾病、検査、介入、その結果生じる人間の移動や行動の変化など）を加味したマルチスケールモデルあるいはマルチフィデルティモデルを構築・実装し、それに基づいて伝播リスクや死亡リスクを推定することに取り組んだ。また、そういった革新的アプローチに基づいたモデルやシミュレーションによるリアルタイムかつ継続的な分析と意思決定（流行拡大速度の推定、異なる空間・時間間的な広がりや予測、渡航規制や学校閉鎖や薬剤的介入の効果の評価を含む）に従事することをゴールに据えたモデル構築とデータ分析の実施を計画してきた。

マルチスケールモデルやマルチフィデルティモデルは様々な入力情報を必要とし、また、モデル内でも直接的に観察されることがない情報が多いことから不確実性が高いことで知られる。特に、複数のレイヤー構造のある中で伝播動態だけでなく、診断検査や検疫、隔離、入院治療などの詳細を加味した上でコミュニティのリスク評価を行うことが可能なシステムの実装に本ワークパッケージは挑戦する。米国側のアリゾナ州立大学では、情報科学のテクニックを駆使したアルゴリズムとしてモデルを統合し、それに基づいて意思決定を行うことに関して実績を有する。他方、日本側は、先方の機械学習技術を活用した共同研究も実施しつつ、解析的に2-3の層構造を統合したデータを扱うことが可能な明示的統合に取り組む。COVID-19 診断検査の精度の違いや報告までの遅れの度合いの違いなどを加味し、これまでの同質性混合モデルではなく、コミュニティの複数セクターの動態を捉えた複合モデルの構築・実装を行った。

3. 日本側研究チームの実施概要

1. 日米合同での研究相談および研究シンポジウム

A) 日米共同での学会シンポジウム開催

2022年1月からのオンラインミーティングを参加4大学（京都大学、アリゾナ州立大学、長崎県立大学、ジョージア州立大学）で実施し、それを継続してきた。また、国際学会 Computational and Mathematical Population Dynamics 6 (CMPD6、2023年5月23-27日、カナダ・ウィニペグ)へ日米合同で提案したミニシンポジウム「Real time epidemiology in various geographic scales」を無事実施できた。

(<https://cmpd6.github.io/minisymposia/real-time-epidemiology-in-various-geographic-scales/>)

B) 頭脳循環プログラムを活用した長期滞在の研究成果報告

1名はヒト移動データの分析に取り組み、日本国内のヒト移動の動向がCOVID-19の流行の空間的拡大に与えた影響について検討した。また、国際的なヒトの移

動に関する発展的な研究にも取り組んだ。もう 1 名は国内における家庭内伝播データを米国に持ち込み、SARS-CoV-2 のオミクロン株流行下での家庭内伝播の性質についての研究を完結させ、また、共同研究者である Gerardo Chowell 教授らと共に抗ウイルス薬が伝播に与える影響について検討できた。

2. 免疫の失活を加味した免疫ランドスケープの検討

年齢群別の予防接種率と免疫保持率の推定を、免疫の失活を加味した形で続けた。その際、SARS-CoV-2 の変異株毎に免疫効果を逐次更新した。この取り組みの結果は、厚生労働省アドバイザリーボードへ継続的に提供した。

3. 空間的な伝播拡大（都道府県別）のデータ分析（ヒト移動データ及び輸入感染者）

疫学データとヒト移動データを活用し、都道府県毎に他の都道府県から輸入した COVID-19 症例を予測する数理モデルを構築し、都道府県間の感染リスクの従属性と、ヒトの移動量による感染拡大リスクの感度分析を行った結果を原著論文として報告した。（原著論文：Math Biosci Eng. 2023 Dec 5;20(12):21499-21513. doi: <https://doi.org/10.3934/mbe.2023951>）

4. 家庭内伝播の分析、2 次感染の異質性と環境条件の関係に関する解析

国内での家庭内伝播に関する横断的疫学調査を実施し、オミクロン株の流行開始後の家庭内伝播の特徴について統計学的分析を実施した。

5. 流行対策のオペレーションモデルの提示

感染歴の有無を分ける基本的な属性や健康状態、行動の特徴を社会調査データに基づき評価し、感染リスクに応じた人口レベルでの層別化と、この層別化に基づく人口レベルでの有効かつ効率的な流行対策の検証に取り組んだ。

6. 予防接種下におけるヒトの移動等のリスクおよび行動制限の範囲や緩和に関する検討

日本の 3 大都市圏を持つ都道府県（東京、大阪、愛知）での COVID-19 感染者数の変化率と、夜間繁華街の滞留人口が 2020-2022 年にほぼ一貫して相関していたことを原著論文として報告した（原著論文：Front Public Health. 2023 Jun 21;11:1163698. doi: [10.3389/fpubh.2023.1163698](https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1163698)）