

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」 2022年度 年次報告書	
<b>研究課題名（和文）</b>	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
<b>研究課題名（英文）</b>	PanCommunity: Leveraging Data and Models for Understanding and Improving Community Response in Pandemics
<b>日本側研究代表者氏名</b>	西浦 博
<b>所属・役職</b>	京都大学 大学院医学研究科 教授
<b>研究期間</b>	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。2022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) 定期的な日米の合同オンライン会議を継続し、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すること、(ii) 年齢群別の予防接種率、免疫度の失活を

加味した免疫保持率の推定や年齢群別の異質性を加味したブースター接種の計画と分析等マルチスケールモデルの実装を行うこと、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) 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シンポジウムの計画はもとよりモデル統合方法の議論を進め、(iii) 家庭内伝播およびコミュニティ伝播の分析と2次感染の異質性と環境条件の関係に関する解析、を行うこととしてきた。

研究交流においては、新型コロナウイルス感染症の流行の中でもようやく対面で研究相談を実施することができた。上記の共同研究に加えて本年度は頭脳循環プログラムを活用した長期滞在を実施し、大学院生2名がジョージア州立大学で数週レベルでの米国滞在をすることによって研究の更なる進捗を図ることとした。

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等）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、入院治療等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注力すべく研究作業に取り組んだ。特に、日本側のチームでは機械学習モデルでの取り込みも視野に入れて、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んだ。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等を加味し、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

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。新型コロナウイルス感染症の流行の中で渡航が制限される傾向があったが、ようやく対面での研究相談を実施することができた。また、国際学会にオンサイト参加できることとなり、共同で国際学会の中に成果報告用のミニシンポジウムを提案することができた。

- ・2023年2月11日～3月1日@ジョージア州立大学（アトランタ）

研究代表者の西浦博を含め、米国訪問をすることで研究の進捗を図ることができた。

- ・2023年2月28日@合同ワークショップ（フェニックス及びオンライン）

本プログラムのProgram DirectorであるDavid Corman先生や米国CDC研究者であるMartin Meltzer先生らを招いて日米合同でのワークショップを開催した。

<https://www.pancommunity.org/community-workshop>

- ・国際学会 Computational and Mathematical Population Dynamics conference (CMPD6) への合同ミニシンポジウムの提案とアクセプト、開催予定日 2023年5月23-27日（カナダ・ウィニペグ）

ミニシンポジウム：Real time epidemiology in various geographic scales を日米合同で提案し、それが採択された。

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

geographic-scales/

・頭脳循環プログラムを活用した長期滞在

1名はヒト移動データの分析に取り組み、わが国におけるヒト移動の勧奨が新型コロナウイルス感染症の流行の空間的拡大に与えた影響について検討することができた。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、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した。

2. 免疫の失活を加味した集団レベルの防御に関する検討

免疫の失活を加味した集団レベルの防御に関する検討を行った。免疫ランドスケープの推定値として国内で発病阻止効果を保持している比率の推定を年齢群別に実装した。同研究成果は原著論文として報告した (J Theor Biol. 2023;559:111384. doi: 10.1016/j.jtbi.2022.111384)。

3. 流行リスクの異質性を加味した評価

流行が大規模となることが不可避となった中国について年齢構造化モデルを実装し、最終規模方程式を導出することによって年齢群別の累積罹患率と累積死者数について計算可能な実装を行った。

4. 家庭内伝播およびコミュニティ伝播の分析

国内での家庭内伝播に関する横断的疫学調査を実施し、その特徴について統計学的分析を執り行った。

5. 2次感染の異質性と環境条件の関係に関する解析

クラスター発生データを用いたクラスター発生リスクの場に関する検討を実施し、その推定結果を報告した。夜間繁華街の滞留人口データによる2次感染の捕捉について取り組んだ。

6. 複数の異質性が関与する場合の情報統合の方法論に関する検討

クラスター発生の時系列データ分析に着手した。