



マルチスケールSIRモデルのネットワーク構造に着目した感染症の時間発展の解析と制御

山口大学大学院創成科学研究科 工学系学域 電気電子工学分野
助教・足立 亮介

提言 1

感染症対策は**移動量よりも局所的な新規感染者数**を重視

提言 2

感染症対策の**持続可能性**の議論

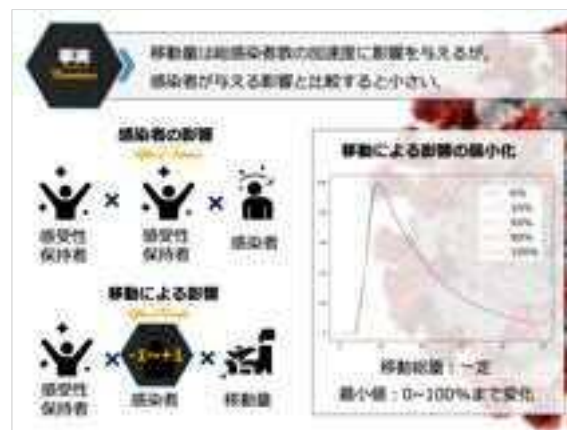
主結果

Main Result

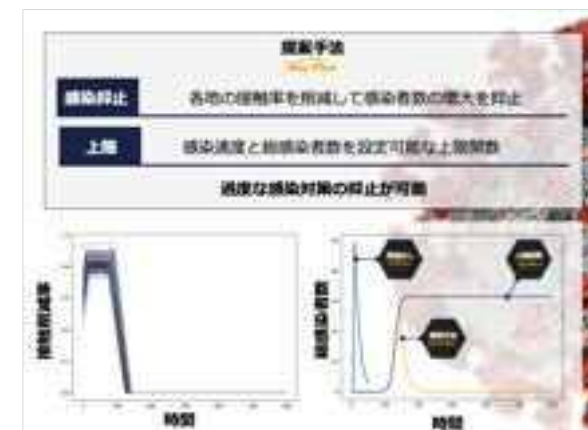
感染者数の増減

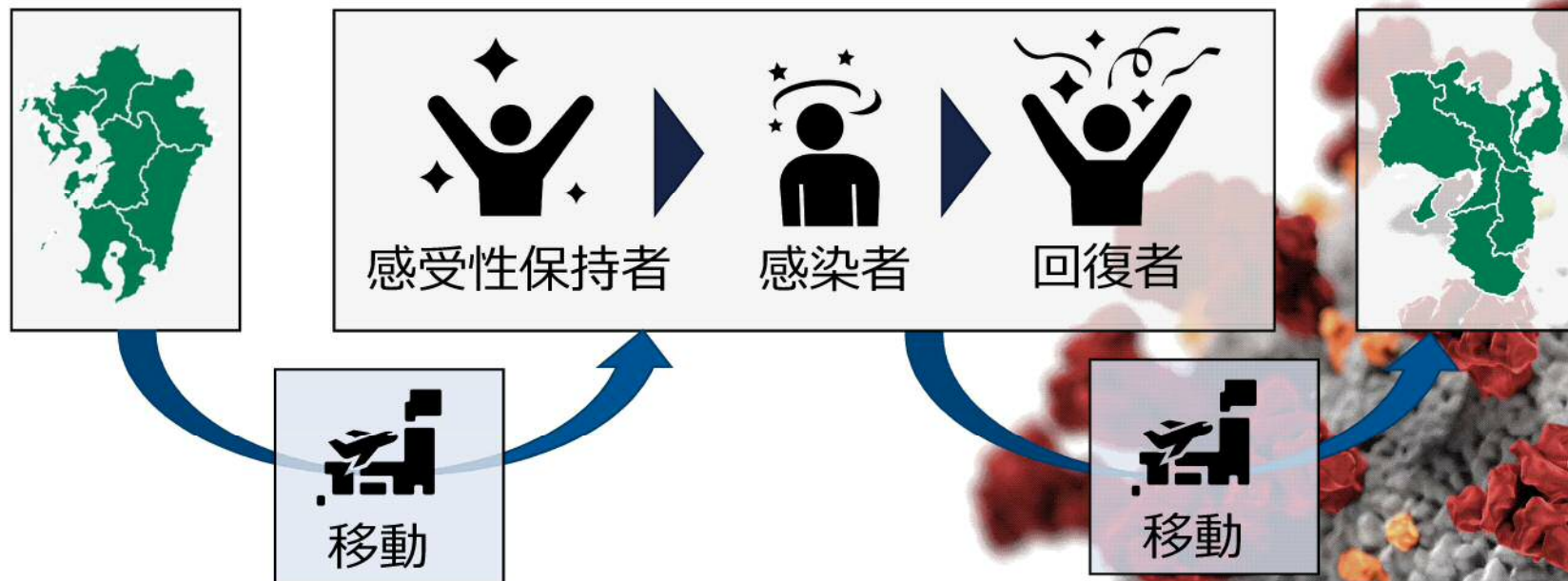


移動と感染拡大



接触削減による感染抑制





事実

Contribution

系全体の新規感染者数は
移動量に依存せず局所的な感染者数のみで決まる.

事実

Contribution

総感染者数が単調減少する為の条件は
各地域毎にで感受性保持者数を一定値まで下げる

事実

Contribution

移動量は総感染者数の加速度に影響を与えるが、
感染者が与える影響と比較すると小さい。

感染者の影響

Effect of Infection



感受性
保持者



感受性
保持者



感染者

移動による影響

Effect of Transfer



感受性
保持者

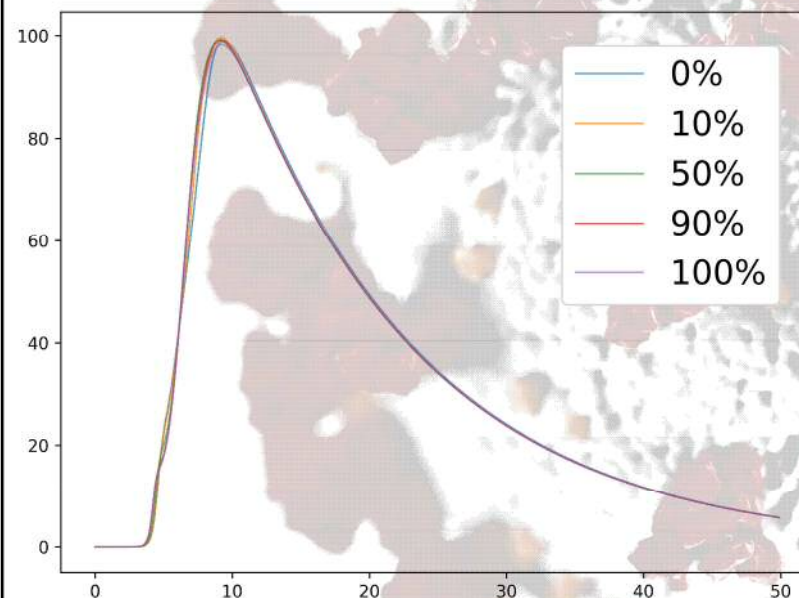


感染者



移動量

移動による影響の最小化



移動総量：一定

最小値：0~100%まで変化

提案手法

Main Result

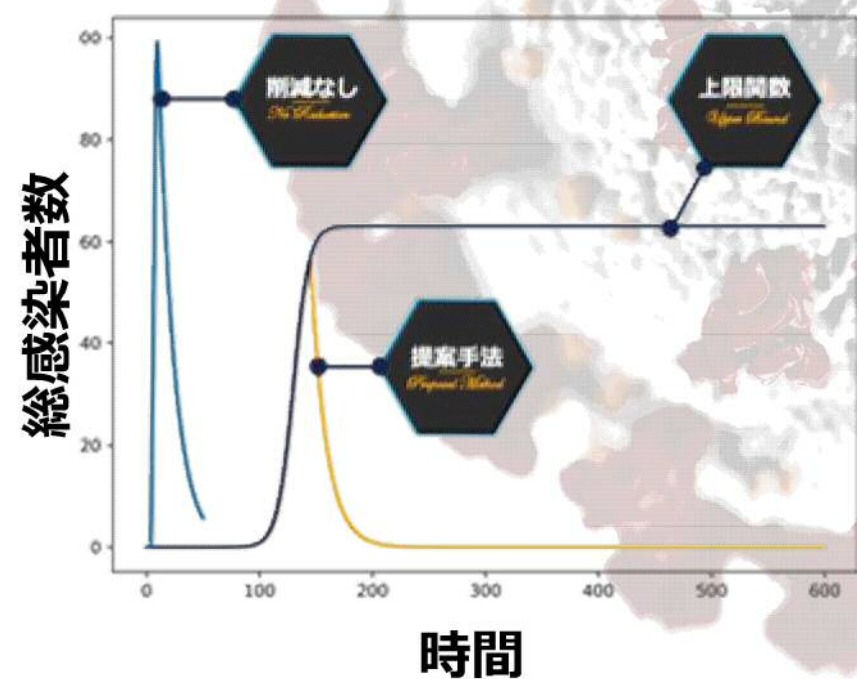
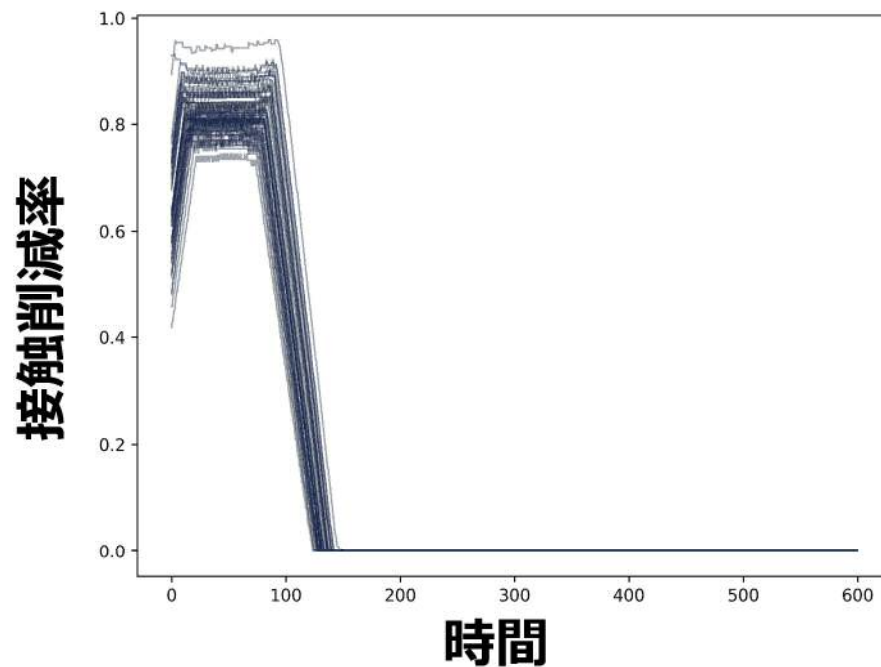
感染抑止

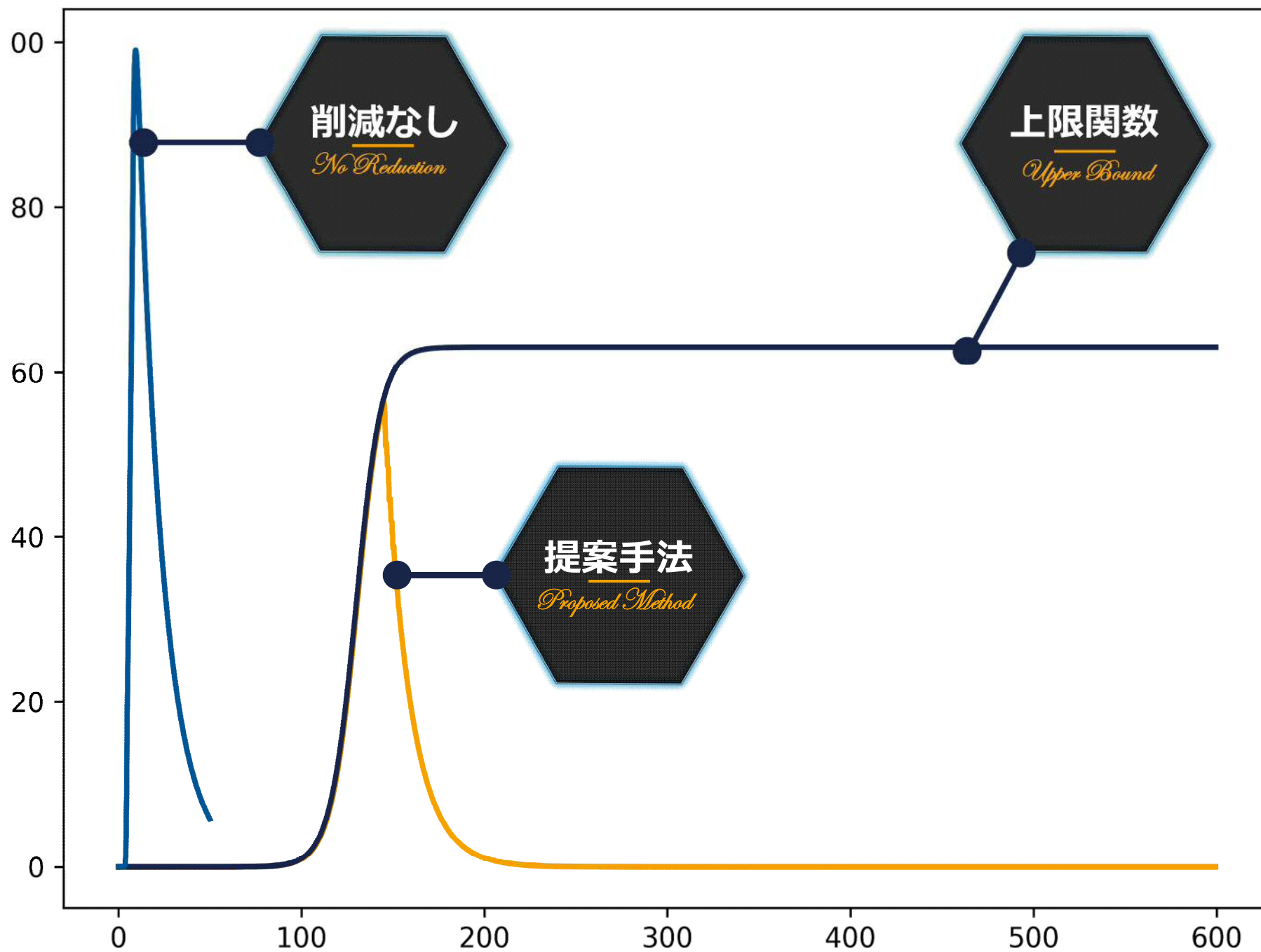
各地の接触率を削減して感染者数の増大を抑止

上限

感染速度と総感染者数を設定可能な上限関数

過度な感染対策の抑止が可能





山口大学研究プロジェクト
コロナの時間学 ～新型コロナウイルスが人間と社会に対して与える時間的影響～

研究成果報告書

主研究者	足立 亮介	所属	大学院創成科学研究科（工）
共同研究者			
研究課題名			
マルチスケール SIR モデルのネットワーク構造に着目した感染症の時間発展の解析と制御			
研究内容と成果の概要			
本研究では、マルチスケールの SIR モデルで記述される感染症ダイナミクスにおける総感染者数の変化に対して、ネットワーク上の移動量、局所的な回復率、実効再生算数が与える影響を数理的に明らかにした。また得られた結果をもとに局所的な人流制約を用いて感染拡大を抑制する方法を提案した。 本研究で得られたモデルベースの解析から得られた結果は「1. 系全体の感染者数の増加量は各地域の感染者数の増加量のみで決まり、移動量は関係しない」、「2. 移動量は系全体の感染者数増加に対して加速度的に作用する」である。また移動量に比べて各地域の人口が十分大きい場合、移動量が与える影響を無視できることがわかった。そのため、系全体での感染症の増加を抑えるためには、各地域での新規感染者を防ぐ試みがもっとも影響力があるとう結論に至った。 以上の結果を踏まえ、本研究では感染状況に合わせての各地域の接触率を最適化して感染拡大を制御する手法を考案した。提案手法では制御仕様として、1. 系全体の感染者数に対して定義された上限、2. 移動制約を受ける人口の最小化の二つが設定されている。これらの仕様を満たすために、適切に設定された上限関数を導入した線形計画問題を逐次的に解いて各時刻の接触率が決定されている。ここで、上限関数は感染者数に対して定義された上限を守ること以外に、感染者数の急激な増加を防ぐやくわりを担っている。 以上の理論的な結果及び提案した制御手法の有効性は数値シミュレーションを利用することで示されている。数値シミュレーションではネットワーク上のノードとして日本の 47 都道府県を採用した。またエッジとして都道府県間の物理的な接触と空路による接続を採用した。また SIR モデルで必要とされる 1 人あたり単位時間に接触する人数は各都道府県の面積を利用して算出した。			

研究進捗状況・研究成果の公表状況等

論文、学会等発表、実データの利用状況、研究の有用性を広めるための活動など

・論文（現在準備中）

年度内での投稿を目標に執筆中

・学会発表（1回）

人口移動を含む SIR モデルのネットワーク構造に基づいた安定解析，足立亮介，田中大介，若佐裕治，
第8回 制御部門マルチシンポジウム 2021 年 3 月

・実データの利用状況（数値シミュレーション内のパラメータとして使用）

日本の都道府県別面積・人口，国内定期航空路線

出典：政府統計の総合窓口(e-Stat) (<https://www.e-stat.go.jp/>)

・研究の有用性を広めるための活動（1件）

IoT 時代の基盤理論を目指して～ミクロで記述するマクロなシステム制御理論～，グローバル環境・防災学研究会定期講演会