

分担研究報告書

「感染症患者の医療体制のキャパシティ評価に関する研究」

研究分担者 市川 学 ( 芝浦工業大学 准教授 )

研究要旨

新興・再興感染症が我が国に侵入した際のリスク評価(脆弱性評価)の一つとして、シミュレーションを通じた予期予測による流行の可視化は有用である。本研究では、エージェントベースのアプローチを用いて、災害時の避難所における感染症流行のリスクを評価すべくシミュレーションモデルを構築し、流行の拡大の可視化を試みた。また、Covid-19 に代表される感染症流行時の地域の感染者増加に起因する医療需要を予測するため、シミュレーション結果から地理情報システムを用いた流行状況の可視化の有用性を検討した。

A 研究目的

新興・再興感染症が我が国に侵入した際のリスク評価(脆弱性評価)の一つとして、シミュレーションを通じた予期予測は、対策立案の際の参考となる情報を提供するだけでなく、対策案そのものを事前に評価する際に活用することができる。また、我が国では、感染症の流行だけでなく、地震や大雨の自然災害発生時の感染症流行も視野に入れる必要がある。つまり、防災・防疫の両面を考慮した対策案の検討を必要とされる局面が存在する。2020年度は、新型コロナウイルス流行を考慮し、災害発生時の避難所における感染症の流行を、シミュレーションを通じて可視化する試みと、広域において感染症が流行した際の地域の流行状況を可視化する方法として、シミュレーションと地理情報システムを組み合わせた方法の検討を行なった。

B 研究方法

災害発生時の避難所における感染症の流行を可視化する試みについては、エージェントベースのアプローチを用いて、模擬的な避難所と避難所で生活する避難者の行動をシミュレーションモデルとして構築した。モデルの構築にあたり、汎用シミュレーションパッケージ S4 Simulation System (<https://www.msi.co.jp/s4/>)を用いた。

構築したシミュレーションモデルでは、避難所を学校の体育館と見立て、避難者は居住する地域ごとに体育館内のスペースが与えられる想定として、

避難生活における生活スペースの割り当てを行なった。これは、実災害時に、地区ごとに避難所のスペースが分けられる点を考慮している。また、避難者の生活は、起床から就寝までの時間をシミュレーションモデル内で表現しており、朝食・昼食・夕食の食事と避難所内の回遊行動及び知人を見つけた際に会話するイベントを確率的に発生させるモデルとした。

この避難所モデル内では、感染者が存在した場合に、避難所内の回遊行動及び知人との会話を通じて感染症がどのように蔓延していくかのシミュレーションを行う。また、避難所の生活スペースに段ボールを用いた簡易の壁を儲けることで飛沫感染の抑制効果を検証し、流行蔓延の防止に繋がるかの対策評価の検討も行なった。シミュレーションモデルの概要を図1に示す。

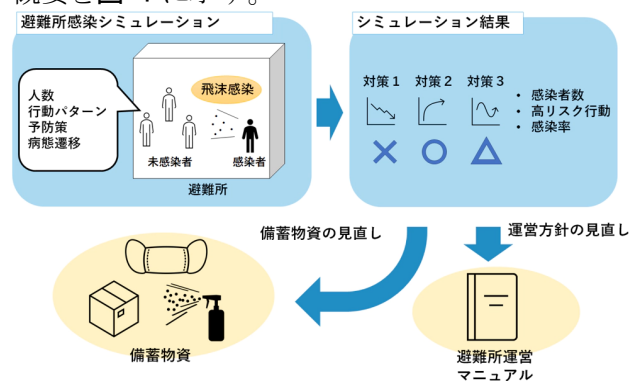


図1 避難所感染症流行のシミュレーションモデル

広域において感染症が流行した際の地域の流行状況を可視化する方法として、シミュレーションと地

理情報システムを組み合わせた方法の検討については、同じくエージェントベースの感染症流行モデルを用いて、シミュレーション結果から地域の感染者の流行を可視化する方法として地理情報システムの活用法を試した。感染症流行のシミュレーションモデルについては、2020年より流行している新型コロナウイルスのエージェントベースのアプローチを用いた感染症流行モデルを用い、地域を1km四方の標準メッシュ単位(三次メッシュ単位)で累積患者数の可視化を試みた。なお、可視化に用いたCovid-19の感染症流行モデルの概要を図2に示す。また、モデル内で用いられたCovid-19の病態遷移情報を図3に示す。

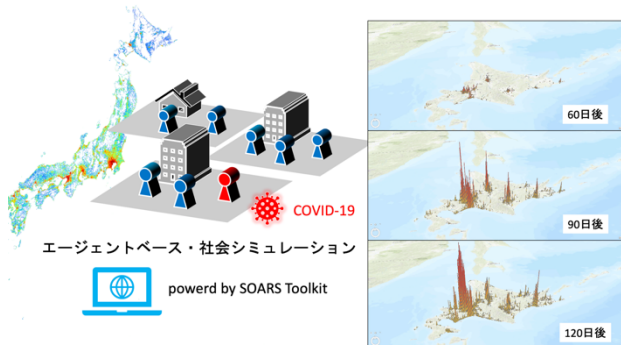


図2 Covid-19 流行シミュレーションモデル

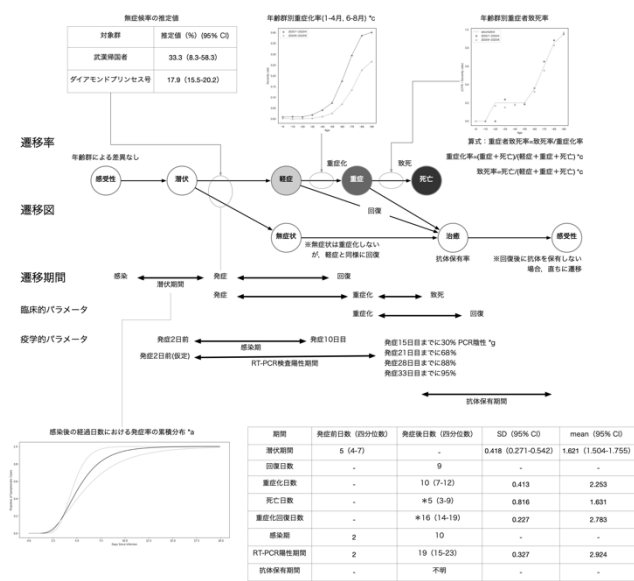


図3 Covid-19の病態遷移情報

### C 研究成果

災害発生時の避難所における感染症の流行を可視化する試みにおいて、想定した避難所を図4に示す。

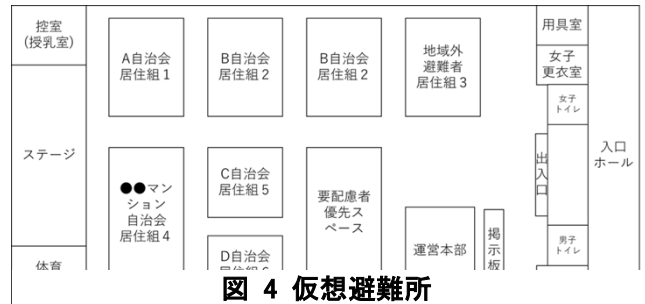


図4 仮想避難所

また、避難者の行動プロセスは、図5に示す通りとした。ランダムウォーク時に知人と遭遇した場合

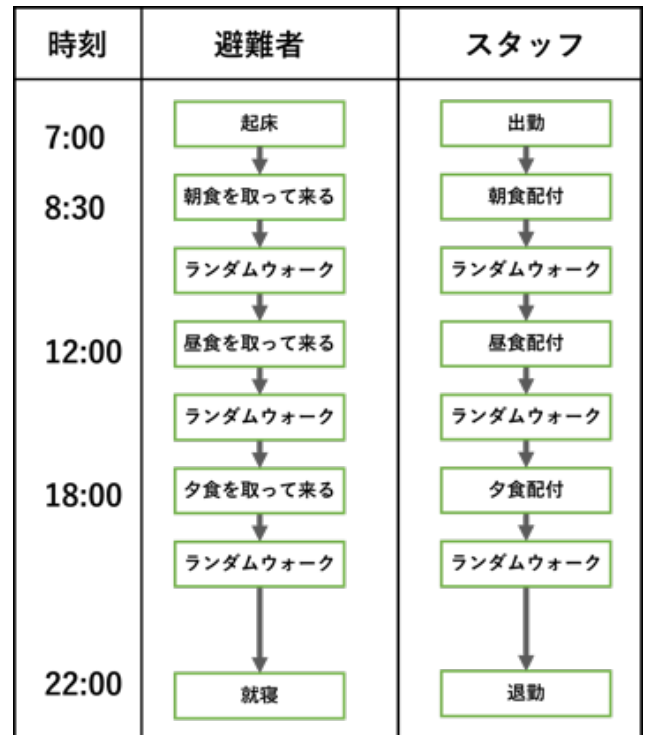


図5 避難所の行動スケジュール

に会話を行い、感染リスクが生じるものとした。このシミュレーションモデル上で、条件についてパーティションの有無(世帯ごとにパーティションを設けるか)と、避難所全体の収容人数を変化させて感染症の流行がどのように変化するかをシミュレーションした。

- 条件1:パーティションなし、収容人数182人
- 条件2:パーティションあり、収容人数182人
- 条件3:パーティションなし、収容人数50人
- 条件4:パーティションあり、収容人数50人

シミュレーション結果を図6に示す。初期感染者は、避難者のうちランダムに選択した一人とし、各条件下で10試行行なったシミュレーションの平均値を示している。また、シミュレーションは、初期感染者

が発症する7日まで行なった。感染症の病態遷移は、図7に示す。

	条件1	条件2	条件3	条件4
総感染者数	51.8人	33.6人	12.5人	11.2人
感染者率	28.5%	18.5%	25%	22.4%
感染者抑制率	-	33.9%	10.4%	19.7%

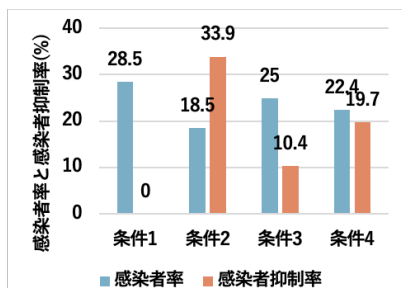


図6 避難所感染症シミュレーション結果

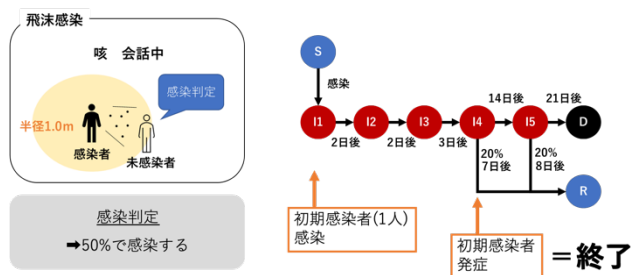


図7 避難所感染症流行の病態遷移

避難所における避難者数を多く設定し、パーティションの対策を施していない条件1を基準にすると、パーティションを導入した条件2では、感染者の発生数を減少させる効果を発揮しており、災害時の避難所では、早い段階からパーティションを設けることによって、感染症の流行が3割近く抑制させる可能性がある結果が得られた。

また、新型コロナウイルス対策では、密を避けることを推奨しているため、条件3および条件4で、避難所の密を避けた(避難者数を少なくした)シミュレーションを実施した。密を避けた条件3および4状態では、パーティション導入の有無が条件1、条件2ほど効果を発揮しない結果が得られた。災害発生時に密を避けた避難所運営が可能であるならば、パーティションの導入は後からでもよく、地域で密の避難所でパーティション不足を起こしているのであれば、避難所が密でパーティションがない避難所へ優先的に導入することが地域全体の対応策として有効な可能性がある。

感染症流行のシミュレーションモデルにおいては、日常の生活行動(通勤、通学、近隣の回遊行動など)を1時間ごとに意思決定を行いエージェントに見立てた住民が生活行動を行なっている。このモデル上に、図3に示した病態遷移をするCovid-19モデルが実装されている。図中の遷移期間である確率値に基づいて感受性のあるエージェントに感染させるものとした。

シミュレーション結果について、感染したエージェントの居住地単位で、地理情報システムを用いて感染者数を可視化したものを、図8に示す。図に示したものは、北海道を対象に、感染状態にある人数を棒グラフで表現したものである。Covid-19の流行感染症モデルの妥当性の評価が、まだできていない状態であるが、流行の状況を可視化することで、医療体制の検討や地域の流行状況を把握する材料となることが期待される。

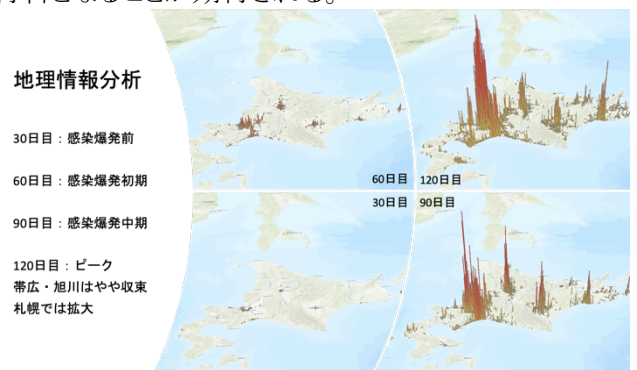


図8 流行の可視化

## D まとめ

新型コロナウイルス流行を考慮し、災害発生時の避難所における感染症の流行を、シミュレーションを通じて可視化する試みについては、避難所を模したエージェントベースのアプローチを用いたシミュレーションモデルを構築し、避難者の生活を表現することで、感染者が存在した場合の蔓延状況の可視化を行なった。避難所における密の状況およびパーティション導入の有無によって、新規に感染する人数の抑制効果について検討を行なった。避難所の密については、密を避けることで新規感染者の発生を抑制することができ、また、密の場合はパーティションを導入することで抑制する効果があることを、シミュレーション上で示した。

広域において感染症が流行した際の地域の流行状況を可視化する方法として、シミュレーションと地理情報システムを組み合わせた方法の検討におい

では、シミュレーション上の感染者数の推移を、地域ごとに地図上で可視化することで、時系列にしたがった流行状況の予期・予測を行える可能性があることを示した。このようなシミュレーションによる地理上の可視化は、地域の医療の需要と供給のバランスを検討する上での参考情報となることが考えられる。シミュレーションを用いた流行状況の可視化は、モデルの妥当性の検証と、医療体制の状況を合わせて考慮することで、より現実の意思決定で参考とできる情報を提供できる環境になることが期待される。

## E. 研究発表

### 1. 論文発表

該当なし

### 2. 学会発表

- 濱田咲紀, 松井陽太郎, 嶋直紀, 市川学. 局所的空間における感染シミュレーション. 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会 2020, 計測自動制御学会 システム・情報部門, p.278-280.
- 嶋直紀, 松井陽太郎, 市川学. 国内における Covid-19 の流行シミュレーションの構築. 第 24 回社会システム部会研究会, 計測自動制御学会 システム・情報部門, p.31-39.
- 濱田咲紀, 市川学. 避難所生活における感染症蔓延シミュレーション. 第 24 回社会システム部会研究会, 計測自動制御学会 システム・情報部門, p.192.

## H. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし

