

令和元年度厚生労働科学研究費補助金(新興・再興感染症及び予防接種政策推進研究事業)
「新興・再興感染症のリスク評価と危機管理機能の実装のための研究」

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、感染症指定医療機関の患者収容能力の最適化に関する検討が必要である。この検討を実現していくにあたり、地理情報システムを用いて日本全国の感染症指定医療機関へのアクセス性の分析と日本全国の感染症シミュレーションモデル構築に必要な局所空間における感染リスクを検討可能なシミュレーションモデルをエージェントベースのアプローチで構築した

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、感染症指定医療機関の患者収容能力の最適化に関する検討を行う。最適化の指標については、各医療機関の受けられる感染症の種類を考慮した上で、人口分布や観光客数など地理情報システムも活用した静的な情報を用いた分析結果をあらかじめ検討の材料とする。

医療機関への患者収容能力の最適化については、コンピュータシミュレーションの技術を活用し、エージェントベースシミュレーションの技法を用いて、接触感染(ウイルス性出血熱を想定)、呼吸器系感染(新型インフルエンザ、MERS等)による感染症患者発生時を想定した、各都道府県や保健所圏域における感染症指定病床の病床整備の最適化の検討手法を開発する。具体的には、住民が日常生活をしている仮想都市モデル上に置いて、感染症を保持する初発患者を発生することによって、どのように感染症が蔓延していくかのシミュレーションとその可視化についての研究を行う。

上記研究目的を達成するために、本年度は地理情報システムを活用した感染症指定医療機関の患者収容に関する指標の可視化と、感染症蔓延モデル実現に向けて局所空間における感染症拡大とその対策の効果をシミュレーション可能なプロトタイプモデルを構築した。

B 研究方法

地理情報システムを活用した感染症指定医療機関の患者収容に関する可視化については、厚生労働省のホームページに掲載されている感染症指定医療機関の指定状況

(<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kekaku-kansenshou15/02-02.html>)を基に、感染症指定医療機関のデータベースを作成した。このデータベースには、病床数のほか、住所や緯度経度の地理情報を付与している。作成されたデータベースを地理情報システムを用いて可視化するとともに、各医療機関からの道路距離を用いた到達圏分析を行うことで、感染症指定医療機関の患者収容能力を評価するための1つの指標を作成する。

感染症蔓延モデル実現に向けて、局所空間における感染症拡大とその対策の効果をシミュレーション可能なプロトタイプモデルを構築においては、学校や企業を想定した局所的空間において、感染症がどのように蔓延するか、また感染症に対する対策がどのような効果を発揮するかを検討可能なシミュレーションモデル(マイクロレベルの感染症モデル)をエージェントベースのアプローチで構築する。ここで構築したマイクロレベルの感染症モデルは、より抽象度の高い地域や地区、自治体や都道府県単位を対象とした感染症モデル(マクロレベルの感染症モデル)構築時の局所空間における感染リスクを検討する材料となる。

モデル構築にあたっては、芝浦工業大学の研究室を企業に見立て、日常の行動や活動場所を記録することでモデル内のエージェント行動ルールを再現し、得られた行動モデルをシミュレーションの中で感染症がどのように蔓延するかのシミュレーション実験を行った。

C 研究成果

地理情報システムを活用した感染症指定医療機関の患者収容に関する可視化においては、感染症指定医療機関について、表 1 に示すデータベースが作成された。施設名よりジオコーディングを行い、各医療機関の緯度及び経度を付与した。可視化した感染症指定医療機関を図 1 に示す。全国に感染症指定医療機関が点在していることが読み取れる。

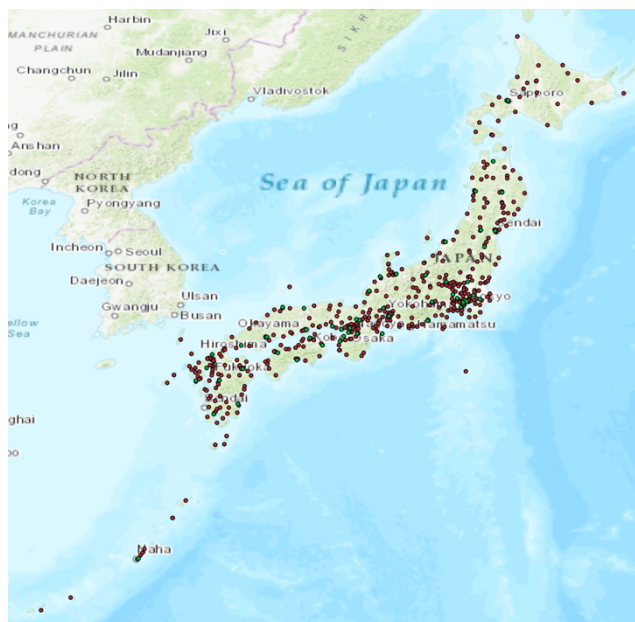


図 2 感染症指定医療機関の配置状況

各感染症指定医療機関より到達圏分析を行うことで、日本全土の感染症指定医療機関へのアクセシビリティを評価することが可能となる。第一種感染症指定医療機関へ自動車 120 分で到達できる地域を可視化したものを図 1 に示す。

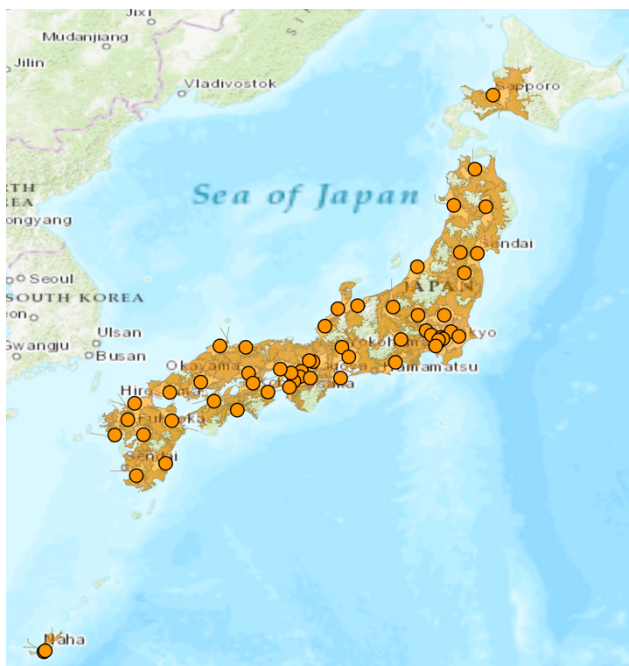


図 1 第一種感染症指定医療機関への 120 分到達圏

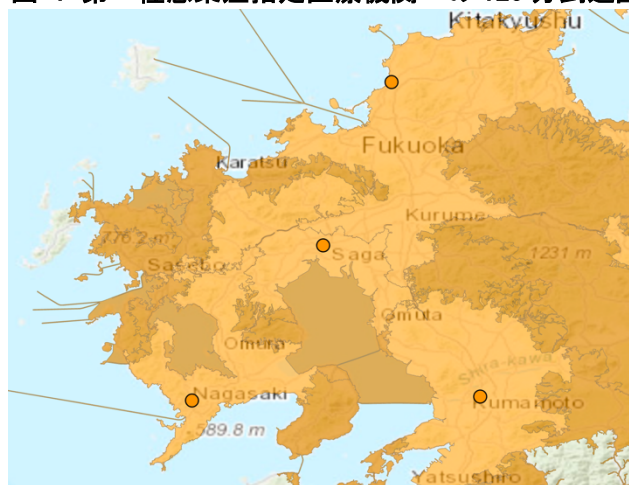


図 3 第一種感染症指定医療機関への 120 分到達圏(拡大)

表 1 感染症指定医療機関データベース(一部抜粋)

No	病院名	病床数	都道府県	住所	緯度	経度	精度	作成日時
1	市立札幌病院	2	北海道	日本、〒060-8604 北海道札幌市中央区北 1 条西 1 3 丁目	43.0711045	141.334364	GEOMETRIC_CENTER	2019-07-08
2	青森県立中央病院	1	青森県	日本、〒030-8553 青森県青森市東造道 2 丁目 1-1	40.8295845	140.7936003	ROOFTOP	2019-07-08
3	盛岡市立病院	2	岩手県	日本、〒020-0866 岩手県盛岡市本宮 5 丁目 1 5-1	39.6893504	141.1244827	ROOFTOP	2019-07-08
4	東北大学病院	2	宮城県	日本、〒980-8574 宮城県仙台市青葉区星陵町 1-1	38.272008	140.861253	ROOFTOP	2019-07-08
5	秋田大学医学部附属病院	2	秋田県	日本、〒010-8543 秋田県秋田市広面蓮沼 4 4-2	39.7308291	140.1494836	ROOFTOP	2019-07-08
6	山形県立中央病院	2	山形県	日本、〒990-2292 山形県山形市青柳 1800 番地	38.3001045	140.3460862	ROOFTOP	2019-07-08
7	公立大学法人 福島県立医科大学附属病院	2	福島県	日本、〒960-1247 福島県福島市光が丘 1-番地	37.6896288	140.4709047	ROOFTOP	2019-07-08
8	J A とりで総合医療センター	2	茨城県	日本、〒302-0022 茨城県取手市本郷 2 丁目 1-1	35.9110394	140.0687702	ROOFTOP	2019-07-08
9	自治医科大学附属病院	1	栃木県	日本、〒329-0431 栃木県下野市薬師寺 3 3 1 1-1	36.3990765	139.8602017	ROOFTOP	2019-07-08
10	群馬大学医学部附属病院	2	群馬県	日本、〒371-8511 群馬県前橋市昭和町 3 丁目 3 9-1 5	36.4072126	139.0635127	ROOFTOP	2019-07-08
11	埼玉医科大学病院	2	埼玉県	日本、〒350-0451 埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 3 8	35.9385402	139.3067376	ROOFTOP	2019-07-08
12	防衛医科大学校病院	2	埼玉県	日本、〒359-0042 埼玉県所沢市並木 3 丁目 2	35.8031566	139.4677387	ROOFTOP	2019-07-08
13	成田赤十字病院	1	千葉県	日本、〒286-0041 千葉県成田市飯田町 9 0-1	35.7649674	140.3038051	ROOFTOP	2019-07-08
14	東京都立駒込病院	2	東京都	日本、〒113-0021 東京都文京区本駒込 3 丁目 1 8	35.7298389	139.7556946	ROOFTOP	2019-07-08
15	公益財団法人東京都保健医療公社 荏原病院	2	東京都	日本、〒145-0065 東京都大田区東雪谷 4 丁目 5-1 0	35.5940502	139.6934428	ROOFTOP	2019-07-08
16	東京都立墨東病院	2	東京都	日本、〒130-8575 東京都墨田区江東橋 4 丁目 2 3-1 5	35.694582	139.8186883	ROOFTOP	2019-07-08

図 3 は佐賀県を中心に図 1 を拡大したもので、2 色に色分けされている領域のうち、薄い色の地域は自動車で 60 分の到達距離、濃い色の地域は 120 分の到達距離にある地域を示す。同様の到達圏分析は、第二種感染症指定医療機関についても行った。

なお、特定の医療機関について、60 分、120 分、180 分の到達距離分析も行っており、長崎大学を例に到達圏分析をしたものを図 5 に示す。九州北部の広範囲から 180 分以内に長崎大学へ到達できることを示している。

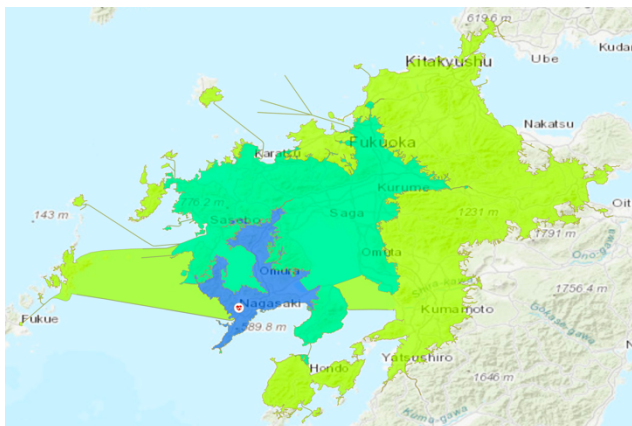


図 5 長崎大学への到達圏分析

感染症蔓延モデル実現に向けて、局所空間における感染症拡大とその対策の効果をシミュレーション可能なプロトタイプモデルを構築では、エージェントベースのアプローチ及び S4 シミュレーションソフトを用いて模擬企業における感染症シミュレーションモデルを構築した。図 6 にモデルの概要図を示す。また、芝浦工業大学の 1 研究室を企業に見立てて構築したモデルのシミュレーション実行時のアニメーション結果を図 4 に示す。

図 6 局所空間における感染症モデル概要図

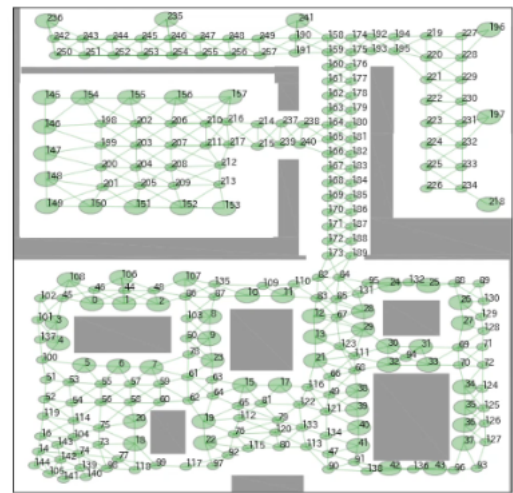
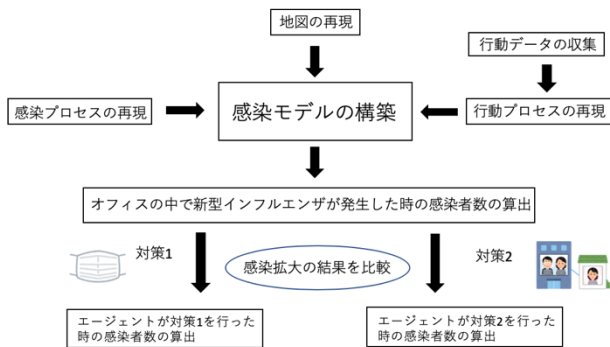


図 4 シミュレーションモデルの実行画面

シミュレーションモデルにおけるエージェントの行動ルールは、研究室内に設置したカメラ画像を解析することで、定義を行った。なお、画像解析は、研究室に所属する 30 人分を行っている。

図 4 に示した感染症シミュレーションモデルでは、全部で 30 のエージェントが存在し、カメラの画像解析で定義した行動ルールに従って行動を行っている。その中で、保菌エージェントが 30 分に一度飛沫を飛ばし、その際に半径 2m 以内にいるエージェントがある感染確率(感染確率の設定については後述する)で感染するシナリオとしており、シミュレーション開始時の保菌エージェントは、ランダムで設定するものとした。感染確率を 1% から 10% まで 1% 刻みで変化させた際の総感染者数と感染者率を表 2 に示す。表 2 に示した数値は、各感染確率を固定した試行を 100 回繰り返した際の平均値を記載している。感染確率の設定を上げるに従い、総感染者数が増加していることが読み取れるが、感染確率 3% から 4% へ上がった際に、総感染者数の伸び幅が拡大していることがわかる。

D まとめ

地理情報システムを活用した感染症指定医療機関の患者収容に関する可視化では、感染症指定医療機関のデータベースを作成し、作成したデータベースを基に地理情報システムを活用して、全国の配置状況の可視化を行った。同時に、感染症指定医療機関へのアクセス性を到達圏分析によって行うこ

表 2 感染確率と感染者数・感染者率の関係

総感染者数	2.27人	5.46人	9.60人	15.35人	18.89人	22.62人	24.82人	26.40人	26.99人	28.92人
感染者率	7.57%	18.20%	32.00%	51.18%	62.96%	75.40%	82.73%	88.00%	89.97%	96.40%

とで、明らかにし、一部地域をのぞいて、自動車120分の移動で第一種感染症指定医療機関へ到達できるが判明した。今後、人口分布や昼夜間人口、世帯数を分析の指標に加えることで、各感染症指定医療機関へアクセスする母集団の推定につなげていくことが課題となる。

また、感染症蔓延モデル実現に向けて、局所空間における感染症拡大とその対策の効果をシミュレーション可能なプロトタイプモデルの構築を行ったことで、局所空間における感染リスクを可視化できる可能性を示した。また、局所空間における感染確率を様々な数値で検討することで、総感染者数の増加幅が増大する感染確率の閾値が存在する可能性を示した。本年度に構築したマイクロ感染症モデルは、今後構築するマクロ感染症モデルにおいて、各局所空間における感染リスクの扱いを検討する上で

重要な役割を担っており、会社や学校、小売店といった人があつまる空間における感染症リスクの計算方法の定式化につなげることが重要となる。

E. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

下馬場有祐, 林潤英, 市川学, 中井豊. 新型インフルエンザ発生時のオフィス内感染抑制のシミュレーション. 第22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.142-149.

H. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし