

地域経済と両立する観光地での COVID-19 感染予防策の検討

倉橋 節也, 永井 秀幸 (筑波大学)

概要 本研究では、2019 年～2020 年に発生した新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染プロセスを個体ベースのモデルで実装し、観光地に対する複数の感染防止対策の有効性を比較する。モデルでは、合成人口データを利用し、実際の長野県の町の 1/5 モデルを構築した。ここでは、3200 人の仮想住民エージェントが 9 つの町に住んでおり、オフィスや学校に通勤したり、店舗を訪問したりしている。また、住民の約 1 割は観光業に従事しており、ホテルや、ツーリストスポット、ショッピングモール、ナイトスポットなどで働いている。このモデルでは、首都圏などから定期的に流入する感染した観光客による、地元住民の感染プロセスを模擬する。実験により、個々の感染防止対策を単独または部分的に組み合わせても、大きな効果が出ないこと、一方、観光客向けの優先 PCR 試験や積極的なサーベイランス (追跡調査や接触確認アプリ) が有効であることを分析した。

1 はじめに

2020 年 7 月 22 日、新型コロナウイルスによる東京を中心とする日本国内の感染状況が第 2 波を迎えようとする最中に、Go To トラベル キャンペーンがスタートするという、判断の分かれる事態となった。直前の判断で「東京都を目的地とする旅行」「東京都に居住する方の旅行」は除外されたものの、沖縄をはじめとする観光地での感染状況は悪化を辿り、「旅で日本を元気にしよう」と立ち上げた観光振興策は、路線変更を余儀なくされている。もちろん、Go To トラベル事業の案内では、ウィズコロナの時代における「新しい生活様式」に基づく旅のあり方を普及、定着させるものだとし、「安全・安心な旅行のため」に、毎朝の体温チェック、接触確認アプリの利用、3 密の回避、発熱時の客室待機、団体旅行の着実な感染防止対策などの遵守が求められている。しかし、旅行者や事業者は、これらの対策を遵守したはずにも関わらず、地方の感染者数は増加傾向が続いてしまった。また、これらの対策の効果がどの程度あるのかを示さないまま、旅行者へは「新しい旅のエチケット」の遵守の同意を、事業者へは新型コロナウイルス感染防止対策の実施を参加条件として求めている。このような厳しい行動制限と「旅で日本を元気に」にする政策とのギャップが、この事業へのさまざまな意見につながったと思われる。

一方で、コロナ禍での GDP は 4～6 月期で 27.8% の縮小、また経済損失は 13.3 兆円とする試算¹⁾も発表されている。観光客の減少に伴う沖縄の経済損失は 2 月～5 月で 1867 億円を超えるとの試算²⁾も県から出されている。インパウンドを含む国内の旅行・観光消費は、2019 年度で 27.9 兆円とされており³⁾、このままで地方経済を支える観光需要の「蒸発」によって、秋以降に観光地が危機的な経済状況に陥ることが危惧される。本研究報告では、観光地での新型コロナウイルスの感染予防策をモデル化し、想定できる予防策の効果の比較を行うことを通して、地域で本当に困っている人々に対する、実現可能で効果的な賢い感染予防策を見つけることを目的とする。各自の心がけ (三密回避・移動自粛) が緊急事態宣言か、という二者択一ではなく、地域経済を持続可能にする賢い感染予防策のアイデアを検討する。

2 感染症モデルの関連研究

感染症は何世紀にもわたって人間社会における深刻な危険因子であった。人々は天然痘、マラリア、コレラ、結核、チフス、エイズ、インフルエンザなどの他の多くの感染症にも悩まされてきました。SARS、新

しいタイプの感染症、そしてエボラ出血熱やジカ熱を含む未知の感染症の危険性が現れている。近年、これらの問題を克服するためにエージェントベースのアプローチ、またはインディビジュアルベースのアプローチが採用されている^{4) 5) 6) 7)}。これらのモデルは、各人の行動を表現することを可能にし、モデル内の人々の間の接触過程のシミュレーションによって感染の広がりを明らかにする。

2.1 天然痘バイオテロのシミュレーション

Epstein⁸⁾⁹⁾ は、1950 年から 1971 年までのヨーロッパの 49 の流行に基づいて、天然痘モデルを作成した。このモデルでは、2 つの町の 100 世帯が調査された。家族には 2 人の親と 2 人の子供が含まれており、各町の人口はそれぞれ 400 人となっていた。別の町に行く 10% の親以外は、全員の大人は日中に町で働き、すべての子供は学校に通う。2 つの町に医療サービスを提供する共同病院があり、各町から 5 人ずつが働いている。このモデルは、エージェントベースのモデルとして設計され、このモデルを使用して感染症のシミュレーションが行われた。

2.2 感染症のインディビジュアルベースモデル

Ohkusa¹⁰⁾ は、感染症のインディビジュアルベースのモデルを使用して天然痘対策を評価した。モデルは、10,000 人の住民と公衆衛生センターを含む町を想定していた。モデルでは、1 人がショッピングモールで天然痘ウイルスに感染するところから始まり、ワクチン接種対策を比較した。シミュレーションの結果、感染の初期段階の拡散率が高く、医療スタッフの数が少ない場合、追跡ワクチン接種の効果は低下するが、集団ワクチン接種の効果は安定していることがわかった。したがって、ウイルスが拡散し始めるときは、タイムリーで集中的な集団ワクチン接種が必要とされた。また、麻疹の流行研究では、アイルランドの町での空気感染の広がりをシミュレートするためのデータ駆動型のエージェントベースモデルとして、疫学ダイナミクスを再構築するためのフレームワークを使用して、麻疹伝播のエージェントベースのシミュレーションモデルが開発された^{11) 12)}。コロナウイルスの研究では、ワクチンや抗ウイルス薬などの介入がない場合には、大量の死亡者が発生することを報告したロンドン大学の Ferguson 等の研究¹³⁾ や、他の頃な感染との交差免疫による季節効果进行分析し、複数回の流行が繰り返し起こることを予測した Kissler 等の研究¹⁴⁾がある。

2.3 関連研究のまとめ

これらの研究から、エージェントベースのモデルの有効性が明らかになったが、これらの研究では、ワクチンや抗ウイルス薬以外の、日常生活におけるさまざまな感染予防策の効果については検証が行われていない。また、観光地のように、定期的に他地域から感染者が流入してくるようなケースで、受け入れ側の対策とその効果についての推計もされていない。よって本研究では、インディビジュアルベースモデルを用いて、これらの感染予防策および感染抑制策の拡張を行う。

3 観光地における COVID-19 感染モデル

これまでの感染症研究で、感染推移等の妥当性評価がすでに行われているエボラ出血熱モデル¹⁵⁾および風疹モデル¹⁶⁾をベースに、新型コロナウイルスモデルを構築したモデル¹⁷⁾を用いて、これに長野県の観光地のモデルを拡張する。モデル構築のために、世帯構成復元手法を使って、全国の市町村人口データを復元したデータを使用した^{?)}。この世帯構成復元手法は、公開されている複数の統計データ(国勢調査, 人口動態職業, 産業別集計など)に適合するように人口データを復元する手法であり, コンピュータ上で再現したデータ集合(復元データ)がどの程度ずれているかを計算する目的関数を設計し, SA 法を用いて最適化している。データには, 世帯の緯度経度, 世帯構成, 性別, 年齢, 雇用形態, 産業分類, 企業規模などが含まれている。これらを用いて, 対象地域の世帯配置を地図として復元したものが Fig. 1 である。対象とした市は9つの地域に分かれており, 住宅地に加えて別荘地が点在している。中央付近を鉄道が横切り。中心となる駅付近には観光客が訪れるショッピングモールや遊歩道が整備されている。

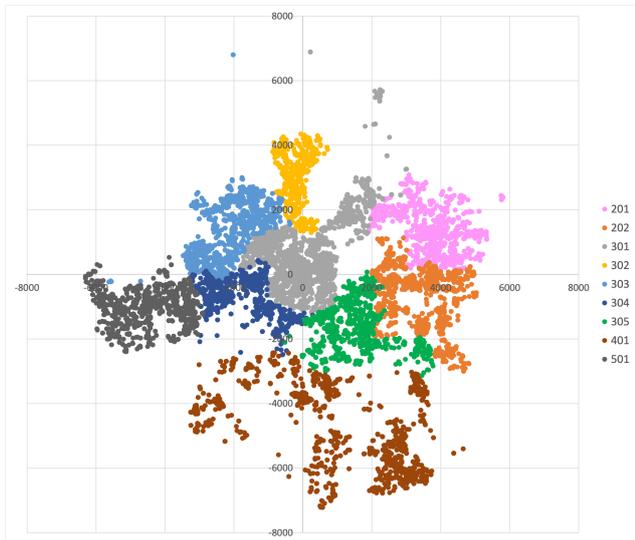


Fig. 1: Map of household locations

市の総人口は約 17,000 人だが, モデルでは約 1/5 に縮約している。ただし, 年齢別構成や世帯数などの比率は実人口構成と同等になるように設計した (Table 1)。モデルの世帯構成別の数は, Table 2 に示す。

職業を持つ成人は, 市内や市外の職場に通勤し, 子供は学校に通っている。医療サービスを提供する共同の病院が一つあり, 市内の医療従事者が働いている。モ

Table 1: Population Composition
市の人口構成 モデルの人口構成

総人口	16,911	3,200
0 ~ 18 歳	15.4%	15.4%
19 ~ 70 歳	65.5%	65.5%
71 歳 ~	19.1%	19.1%
平均年齢	48	48
世帯数	7,561	1,459
主要エリア	9	9

Table 2: Household Composition

世帯構成	世帯数	世帯構成	世帯数
成人独居	250	夫婦+両親	20
高齢独居	200	夫婦+親 1	90
成人夫婦	250	夫婦+子 1+両親	40
高齢夫婦	600	夫婦+子 2+両親	60
夫婦+子 1	600	夫婦+子 1+親 1	60
夫婦+子 2	700	夫婦+子 1+親 1	80
親 1+子 1	250	合計	3,200

デルのエリア別構成を Fig. 2 に示す。

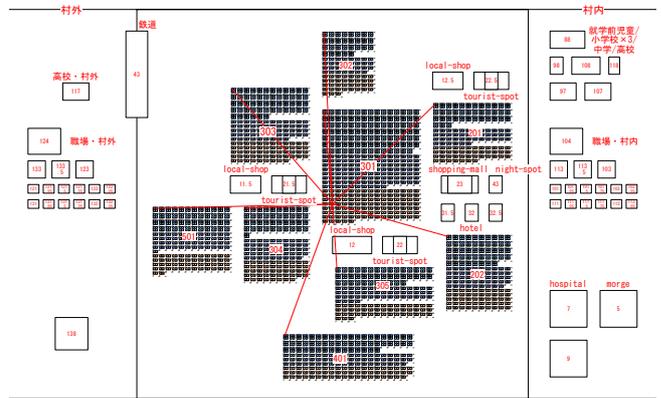


Fig. 2: Facilities of areas

シミュレーションの各ラウンドは, 住民全体の相互作用で構成されている。実行順序はランダム化され, 住民エージェントは順次アクティブ化される。各ラウンドで住民エージェントがアクティブになると, 相互作用として隣人との接触率 cr が確率的に発生し, 接触した住民エージェントから伝播確率 tr に従って, 感染が発生する。ここで, 感染が発生する確率を罹患率 ir とし, 次のように定義する。

$$ir = cr * tr \quad (1)$$

新型コロナウイルス COVID-19 の感染流行を詳細に分析した報告¹⁹⁾²⁰⁾に基づき, 次のように感染プロセスを定義した。感染から平均で 5 日間は潜伏期間だが, 発症する 3 日前には, 潜伏期間中にもかかわらず他者への感染力を持つ。潜伏期間が終了する 6 日目に発熱, 咳, 下痢などが出現する。発熱後, ベースモデルでは 50% の確率で病院で受診し, 自宅待機となる。残りの 50% の感染者は, 症状が重くないことから解熱剤などで自己治療し, 通勤通学を続ける。発熱が 4 日以上続いて病院を受診した人は PCR 検査を行い, 翌日に検査結果が出て, 感染者は入院となる。PCR 検査の実施率は

50%とした。発生している死亡者数に対して、推定される感染者数が大幅に少ないことから、検査の補正率を半分程度と推定した。感染から20日後に、20%の感染者が重症・重篤となり、事前に受診しなかった人も病院に搬送され入院する。そして、感染から41日までに若年者は0.06%、成年者は0.21%、高齢者は1.79%が死亡する。軽度の感染者は感染後27日、死亡を免れた重度入院者も49日までに回復し、一時的に免疫を獲得するものとした。

4 感染予防策による影響推定

このモデルに対して、観光客向け施設に対する感染予防策を設定する。B0は、観光客を受け入れず感染流入0、ただし市民の1名が感染、B1は、観光客を受け入れで毎週1名の感染者が流入、S1は、従業員の観光客との接触を0.5に抑制、S2は、いわゆる夜の繁華街を自粛、S3は、従業員の観光客との接触を0.25に抑制、S4は、従業員の観光客との接触を0.25に抑制+夜の繁華街を自粛+軽症者等の宿泊療養施設隔離、S5~S10は、従業員の観光客との接触を0.25に抑制+従業員向けの定期的PCR検査実施、S11~S16は、従業員の観光客との接触を0.25に抑制+濃厚接触者の追跡とPCR検査である、詳細の設定は、Table 3に記した。

5 実験結果

観光地モデルにおける感染予防策の効果は、Fig. 3にプロットされている。S1~S4で設定した「新しい生活様式」や「新しい旅のエチケット」で推奨されている感染予防策の効果は、重症患者の最大病床数をB0との比較で見た時に、B1対策なしで観光再開2.12倍、S2夜の繁華街自粛で1.83倍、S3従業員の感染予防策徹底で1.67倍、S4感染者隔離と予防策複合で1.59倍となった、S4の複合予防策でも、観光休止(B0)に対して1.59倍と効果は限定的であった。

次に、複合予防策に加えて観光客に接する従業員への優先的ウイルス検査を定期的実施する対策(S5~S10)の効果は、重症患者の最大病床数をB0との比較で見た時に、2週毎の検査では、S5 2週毎の検査率50%で1.49倍、S6 2週毎の検査率75%で1.38倍、S7 2週毎の検査率100%で1.28倍となった。また、5日毎の検査では、S8: 5日毎の検査率50%で1.28倍、S9 5日毎の検査率75%で1.03倍、S10 5日毎の検査率100%で0.99倍となり、観光客を受け入れない対策とほぼ同等となる大きな効果が確認された。しかし、地域によっては毎週的全従業員検査は困難であることが予想されるため、次の感染抑制策を評価した。

S11~S16では、従業員の接触低減策に加えて、接触アプリCOCOAなどによる濃厚接触者追跡検査と陽性者の隔離を検証した。ここで、前方追跡1回は陽性者の濃厚接触者を追跡調査し陽性者隔離を行うこと、後方追跡1回は陽性者に感染させた人を追跡調査し陽性者隔離を行うこと、前方追跡2回は追跡調査で発見した陽性者の濃厚接触者を更に追跡することであり、追跡率とは濃厚接触者や感染源の発見率と定義した。その結果、B0との比較において、S11前方1回追跡率50%で1.33倍、S13前方2回追跡率50%で1.17倍、S14前方2回追跡率80%で1.06倍、S16前方2回後方1回追跡率80%で0.59倍となり、さらに大幅な効果が期待できることが判明した。

5.1 基本モデルによるシミュレーション結果と妥当性検証

2020年2月中旬から4月上旬にかけての感染拡大期において、地域性を除外した基本郊外都市モデル(職場、学校、通勤、店舗、病院)でシミュレーションの妥当性を検証する。2020年4月3日時点の東京における感染者数推移(Fig. 4)を見ると、2020年2月中旬から感染者が報告されるようになっていたが、概ね10人/日以下の感染者であった。しかし3月下旬から状況は一変し、3月25日には41名、4月2日には91名の新たな感染者が報告されてきている。Fig. 4から、初期の段階から4月3日まで継続して感染者数増加率は1.1を超えて一定であり、それと連動して感染者の確認数は急上昇してきている。このように、増加率が定常的に1.0を超えることは加速度的に感染者数を増やすことを意味し、この数値の変化を注視する必要がある。

Fig. 5に、東京都で既の実施をしていた積極的疫学調査を加えた実験を100回実施した結果の感染推移を示す。ここではまだ都市封鎖を実施せず積極的疫学調査のみを行っている。

この感染推移の傾向は、中国武漢で記録された感染推移¹⁹⁾とほぼ一致する。武漢においては、最初の感染者が確認されてから、感染確認のピークを迎えるまでに約60日かかっている。モデルの推移においても、最初の感染者が発熱し陽性が確認が確認されるのは感染者が都市に入ってからほぼ20日目であり(100回の中央値)、ピークを迎えるまでに約60日を要している。また、実効再生産数は感染初期の段階で3.0近辺となっているが、感染者数が増加するにつれて減少し、90日後に1.0を割り込む結果となっている。中国武漢での感染においてWHOが報告した基本再生産数R0は、介入がされていない1月23日以前で2~2.5であり、本モデルでの感染前半フェーズでの推定値2~2.3とほぼ一致する。同様に、新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の報告「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」での、国内での実効再生産数とも近似している²¹⁾²²⁾、また、感染初期フェーズでの感染者増加率も、東京都において $y = -0.0017x + 1.17$ 、本モデルでは、 $y = -0.001x + 1.17$ と近似している。これらの複数の出現パターンは、モデルの設定パラメータとして定義していない創発的パターンであり、パターン指向モデルの検証手法²³⁾に基づいた本モデルの妥当性を示す結果となっている。

6 議論

実験結果からは、大都市からの感染者流入が定期的発生するような観光地のような地域では、個々人の生活様式変容の効果は限定的であることが示された。対策として声が上がっているPCR検査の充実の効果は期待できるが、地域住民全員への一律の検査は限界があるため、観光客と接触のあるスタッフ(宿泊施設、店舗、繁華街、観光スポットなど)を優先した、定期的なPCR検査の効果の評価した。その結果、5日毎の検査で検査率が75%であれば、観光休止に比べてほぼ同等の感染抑制が達成できることが示された。しかし、この地域では、観光業に携わるスタッフは全人口の約1割になるため、少なくとも5日毎に約1700名のPCR検査が必要になる。それに対して、感染者の濃厚接触

Table 3: Preventing measures

予防策	観光客	感染流入	ホテル	ナイト	観光	モール	隔離	対策
B0 感染流入 0 地元店 10	拒否	初日 1 名	-	-	-	-	-	-
B1 感染流入 1 名/7 日	受入	1 名/週	1	1	1	1	-	-
S1 従業員接触 50	受入	1 名/週	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-
S2 夜街 0(自粛)	受入	1 名/週	1	0	1	1	-	-
S3 従業員接触 25	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	-	-
S4 接触 25 夜 0	受入	1 名/週	0.25	0	0.25	0.25	Yes	-
S5 接触 25 従業員 50%/2w	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	従業員検査
S6 接触 25 従業員 75%/2w	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	従業員検査
S7 接触 25 従業員 100%/2w	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	従業員検査
S8 接触 25 従業員 50%/5d	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	従業員検査
S9 接触 25 従業員 75%/5d	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	従業員検査
S10 接触 25 従業員 100%/5d	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	従業員検査
S11 接触 25 追跡 50 前 1	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	接触アプリ
S12 接触 25 追跡 80 前 1	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	接触アプリ
S13 接触 25 追跡 50 前 2	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	接触アプリ
S14 接触 25 追跡 80 前 2	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	接触アプリ
S15 接触 25 追跡 50 後 1 前 2	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	濃厚接触追跡
S16 接触 25 追跡 80 後 1 前 2	受入	1 名/週	0.25	0.25	0.25	0.25	Yes	濃厚接触追跡

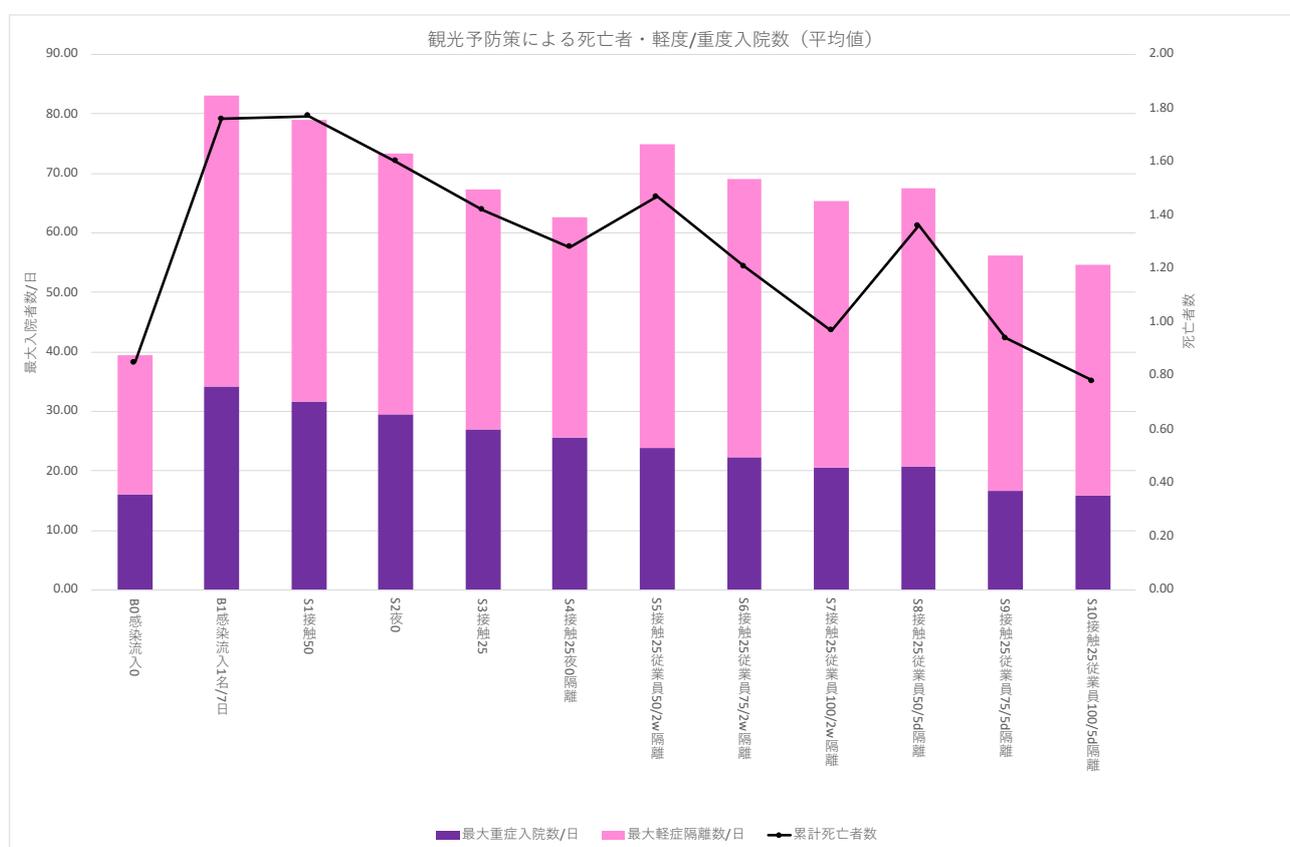


Fig. 3: Comparison of the effectiveness of preventive measures

者を積極的に調査するサーベイランスの手法を取り入れると、2段階 80%の追跡率でほぼ同等の効果が見込まれる。また、追跡調査における PCR 検査数も、全スタッフの定期的 PCR 検査に比べて、約 1/10~1/100 まで抑えることができる。更に、感染者の濃厚接触者だけではなく、その感染源になった人と場所を遡って調査する方法 (retrospective surveillance) を実施すると、B0 に比べて 6 割以下の病床数に抑制することができることが判明した。

しかし、この手法は多大な保健所職員などの労力に依存している。このような人手に頼るのは限界があり、感染拡大が進むと医療崩壊・保健所崩壊が始まる危険

性がある。そこで、濃厚接触者の追跡アプリ普及は大きな効果が期待できる。そのためには、接触確認アプリ COCOA 等の利用者増加が鍵であり、特に陽性が判明した後にアプリに登録するまでの遅れ時間、アプリで通知があった後の PCR 検査率とその遅れ時間、そして、PCR 検査結果待ち期間の外出自粛などが大きなファクターとなる。アプリの普及率が地域と訪問者で 80%、陽性確認からアプリ登録までの遅れ時間と濃厚接触者通知後の遅れ時間はそれぞれ 1 日以内であることが、今後の感染抑制にとって目標となるだろう。

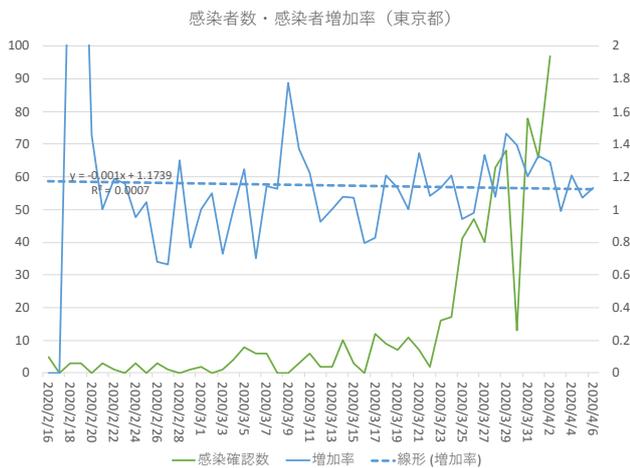


Fig. 4: Changes in the number of infected people and the rate of increase in the number of infected people (Tokyo)

7 まとめ

本研究では、観光地における新型コロナウイルス感染予防策のシミュレーションモデルを提案し、16種類の感染予防策効果の比較を試みた。モデルに用いたデータは、武漢で発生した感染の72,314件の患者記録をもとにした2種類の分析結果(CDC, WHO)と、合成人口データによる軽井沢市の詳細な世帯構成を利用した。そして、感染を予防、抑制するための医療政策として、観光客との接触低減策、観光スタッフへの優先的なPCR検査、陽性判明者への積極的なサーベイランスについて分析を行った。実験の結果、接触予防策は効果はあるものの、定期的に感染者が流入する観光地の場合は、その効果に限界があること、観光スタッフへの優先的PCR検査は大きな効果が見込まれるが、大量のPCR検査が必要となり、現状ではすべての観光地での導入が困難であること、陽性者の濃厚接触者を積極的に追跡調査するサーベイランス法も大きな効果があるが、人手に頼る方法では限界があること、接触確認アプリの導入はその対策として有効であるが、登録の遅れ時間、通知後の速やかなPCR検査の実施体制において、さらなる改善が必要であること、などが示された。

参考文献

- 1) 斎藤太郎, コロナ禍の経済損失「4~6月期 13.3兆円」, 日本経済新聞 20200714 (2020)
- 2) 沖縄タイムス, 沖縄の経済損失 1867億円, 沖縄タイムスプラス 20200404 (2020)
- 3) 観光庁, 訪日外国人消費動向調査, 旅行・観光消費動向調査 (2020)
- 4) Burke, Donald S., et al.: Individual based Computational Modeling of Smallpox Epidemic Control Strategies. *Academic Emergency Medicine*, **13**-11, pp. 1142/1149(2006)
- 5) Longini Jr, Ira M., et al.: Containing a large bioterrorist smallpox attack: a computer simulation approach. *International Journal of Infectious Diseases*, **11**-2, 98/108 (2007)
- 6) Gilbert, Nigel. *Agent-based models*. No. 153. Sage, (2008)

- 7) Easley, D., and Kleinberg, J.: *Networks, crowds, and markets: Reasoning about a highly connected world*. Cambridge University Press (2010)
- 8) Epstein, Joshua M., et al.: *Toward a containment strategy for smallpox bioterror: an individual-based computational approach*. (2002).
- 9) Epstein, Joshua M.: *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. Princeton University Press, 2006.
- 10) Ohkusa, Y.: An Evaluation of Counter Measures for Smallpox Outbreak using an individual based model and Taking into Consideration the Limitation of Human Resources of Public Health Workers. *Iryo to Shakai*, **16**-3, 295/284 (2007)
- 11) Liu, F, Enanoria, W. T. A., Zipprich, J., Blumberg, S., Harriman, K., Ackley, S. F., Wheaton, W. D., Allpress, J. L., Porco, T. C.: The role of vaccination coverage, individual behaviors, and the public health response in the control of measles epidemics: an agent-based simulation for California, *BMC Public Health*, **15**-447 (2015)
- 12) Hunter, E, Namee, B. M., Kelleher, J.: An open-data-driven agent-based model to simulate infectious disease outbreaks, *PLOS ONE* **14**-1: e0211245. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211245> (2019)
- 13) Ferguson, N. M., et al.: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand, MRC Centre for Global Infectious Disease Analysis, Report 9 (2020)
- 14) Kissler, S. M., Tedijanto, C., Goldstein, E., Grad, Y. H., Lipsitch, M.: Projecting the transmission dynamics of SARS-CoV-2 through the postpandemic period, *Science*, 10.1126/science.abb5793 (2020)
- 15) 倉橋節也, エボラ出血熱に対するエージェントベース医療政策ゲーミング&シミュレーション, シミュレーション&ゲーミング, **26**-2, 52/63 (2017)
- 16) Setsuya Kurahashi: "An Agent-Based Infectious Disease Model of Rubella Outbreaks", *International Conference on Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications 2019*, ams19-037 (2019)
- 17) 倉橋節也, 新型コロナウイルス (COVID-19) における感染予防策の推定, *人工知能学会論文誌*, **35**-3, D-K28.1-8 (2020)
- 18) 原田拓弥, 村田忠彦, 並列計算を用いた SA 法による都道府県レベルの大規模世帯の復元, *計測自動制御学会論文集*, **54**-4, 421/429 (2018)
- 19) The Novel Coronavirus Pneumonia Emergency Response Epidemiology Team: The Epidemiological Characteristics of an Outbreak of 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19) China, 2020 *China CDC Weekly*, **41**-2, 145/151. doi: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2020.02.003 (2020)
- 20) WHO-China: Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), WHO-ChinaJointMissionMembers, <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>, (2020)
- 21) 厚生労働省, 新型コロナウイルス感染症対策専門家会議, 新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言 (2020年3月19日) <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000610566.pdf>
- 22) 厚生労働省, 新型コロナウイルス感染症対策専門家会議, 「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」(2020年4月1日) <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000617992.pdf>
- 23) Grimm, V, *Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology*, *Science*, **310**, 987/991 (2005)

ベース(積極的疫学調査) 新規感染者・重度/軽度入院者(中央値)

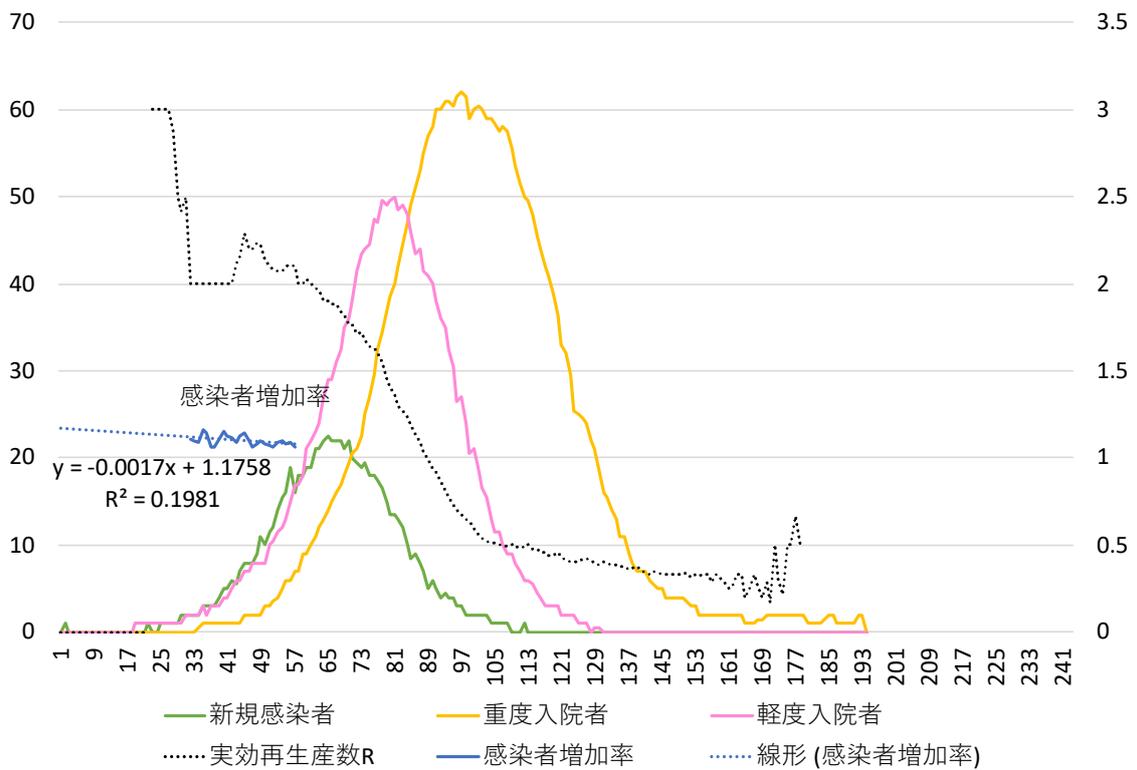


Fig. 5: Number of deaths, minor and severe hospitalizations per day, and relative infection rates according to an active epidemiological survey model