

## 部分的な感染予防策では効果が低い？

### ～コンピュータモデルによる新型コロナウイルス感染症に対する効果的な感染予防策の推定～

#### 研究成果のポイント

1. テレワークや学級閉鎖など、さまざまな感染予防策に対して、それらの効果を示すデータが限られる中で、新型コロナウイルスへの効果を網羅的に推定できるコンピュータモデルを開発しました。
2. このモデルを用いたシミュレーションにより、新型コロナウイルスに対する個々の感染予防策(時差通勤、テレワーク、学級閉鎖、接触率低減、発熱後自宅待機)を単独あるいは部分的に複合して実施しても、大きな効果は得られないことを明らかにしました。
3. 本研究成果を応用することにより、さまざまな感染予防策の中から効果的な組み合わせを推定できるようになります。

国立大学法人筑波大学 ビジネスサイエンス系の倉橋節也教授は、新型コロナウイルスの感染プロセスを、エージェント・ベース・モデル(個人の行動が集団に与える影響を評価するコンピュータモデル)に実装し、一般の市民や企業、学校などにおいて、実施可能な予防策の有効性についての比較検討を行いました。このモデルでは、1120人の仮想的な住民が通勤通学および店舗等への訪問を行い、新型コロナウイルスの感染リスクに曝されている状態を模しています。これによるシミュレーションの結果、個々の感染予防策(時差通勤、テレワーク、学級閉鎖、接触率低減、発熱後自宅待機)を単独あるいは部分的に複合して実施しても、大きな効果は得られないことが明らかになりました。本研究成果は、このようなコンピュータモデルが、効果的な感染予防策の推定に有効であることを示唆しています。

本研究の成果は、2020年5月1日付「人工知能学会論文誌」で公開されました。

\* 本研究は、JSPS 科研費 JP17H02035(研究期間:2017～2021年度)によって実施されました。

#### 研究の背景

新型コロナウイルス(COVID-19)の感染拡大に伴い、厚生労働省や各自治体、研究機関、メディアから、さまざまな感染予防策が提示されています。例えば厚生労働省では、石鹸やアルコール消毒液などによる手洗い、咳などの症状がある場合は咳エチケット(マスク、ティッシュなどで口や鼻を覆う)、密閉・密集・密接の三つの「密」を避けること、持病のある人は公共交通機関や人混みの多い場所を避けること、などが推奨されています。一方で、各企業や自治体から感染防止対策が示されており、濃厚接触者の自宅待機、テレワークや時差出勤、外出や対面の会議を避けること、などが推奨されています。しかし、テレワークや学級閉鎖など、さまざまな感染予防策に対して、それらの効果を示すデータが限られる中で、新型コロナウイルスへの効果を網羅的に推定することは困難です。この課題に対し、個々の住民をコンピュータ上で自律的に行動するようにモデル化するエージェント・ベース・モデリング手法を用いた感染症モデルを用い、それらの効果の比較推定を試みました。

## 研究内容と成果

モデルでは、隣接する二つの町があり、それぞれの住民が通勤や通学、商業施設利用などを定期的に行うことを想定しています。一つの町には子供のいる四人家族と、大人だけの二人家族が住んでいます。子供のいる四人家族は100世帯あり、二人の親と二人の子供によって構成されます。大人だけの二人家族は80世帯あり、合計で560人の住民が住んでいることとなります。そして、同じ構成の町がもう一つあり、全体で1120人のモデルとなっています。親の10%が別の町に通勤し、それ以外の親は日中に自分の町で働き、すべての子供は学校に通っています。通勤をする両親のうち半分は電車を利用しています。二人家族の大人は高齢者を想定しており、通勤はしません。医療サービスを提供する共同の病院が一つあり、各町から5人、合計10人がこの病院で働いています。住民の中の大人は、定期的に商業施設などの人混みのある場所を訪れるように定義されています。

モデルの基本パラメータである、人口データ、通勤比率は、総務省統計局の国勢調査の首都圏データを参考にしています。高齢者比率については、国内の2017年の65歳以上の高齢者人口比率が約28%であることを用いています。子供のいる世帯構成は、通勤者数(親)と通学者数(子供)を同数としています。1日あたりの店舗等外出回数は買物行動調査データを用い、各場面における感染伝播確率や接触率は、新型コロナウイルスの基本再生産数 $R_0$ (2.0~2.5)と、住民1日当たりの接触時間に基づいて設定しています。接触率は、シミュレーション実験の中で各予防策シナリオに合わせて変更します。感染者重症化率と世代別致死率は、2020年2月~3月に公表された中国CDC(中国疾病預防控制中心)およびWHO(世界保健機関)の報告に基づいて設定しています<sup>1,2)</sup>。

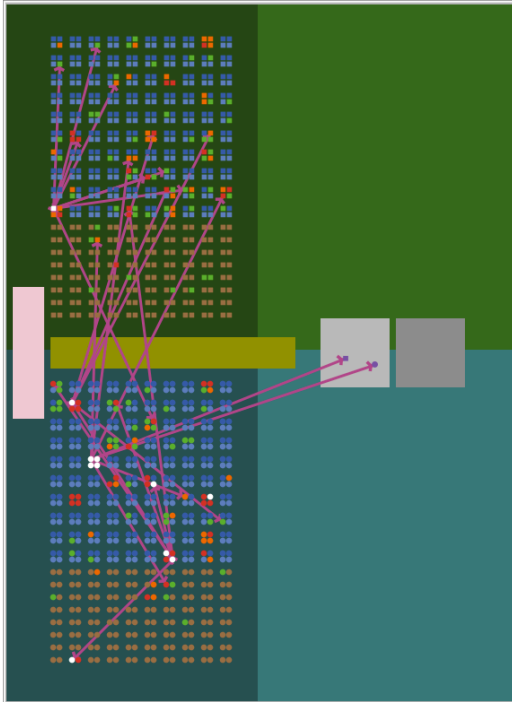
このモデルに対して、27種類の感染予防策を策定し、それぞれの効果を予測するために、(1):対策なし、(2)~(11):基本予防策の効果、(12)~(22):基本予防策の複合効果、(24)~(27):接触率低減策と基本予防策の複合効果、の4カテゴリーに分け、入院数、死亡数、感染速度のシミュレーションを行いました(図1)。その結果、有効な効果が期待できるのはテレワークや学校閉鎖、外出抑制などを組み合わせた複合予防策を取った場合であり、単独の対策や、部分的な対策の組み合わせの場合は、入院数の減少が見られず、有効な予防策にならないことがわかりました(図2)。一方、学校閉鎖のような社会的な影響が強い政策以外でも、全接触低減策に発熱後自宅待機の強化対策を組み合わせた(23)の複合策、時差通勤とテレワークを組み合わせた(25)の複合策でも、十分に効果的な予防が可能であることを示唆しています。このことから、予防策の実施される場所や時間に「抜け」が一つでもあった場合は、感染リスクが高いままであることが推測されます。また、複合予防策に、店舗等への外出頻度低減策を組み合わせた場合に、大きな効果が見られました。店舗へは、親や子供に加えて高齢者も定期的に訪れており、高齢者を含めた感染クラスターが発生するリスクが高い場所と考えられます。また、重度入院者数の世代別の数値は、若年世代や成年世代に比べて、高齢世代ではどの場合においても数倍高くなっています。このことから、高齢者への感染をいかに防ぐかが、全体の重度入院者や死亡者を減らすことにつながるものと考えられます。

加えて、感染力のある患者を自宅に待機させるだけでは、家庭内感染が発生し、家族から外へと感染が広がるということがわかりました。現状では、PCR検査数や検査確定までの時間的制約から、感染が疑われる発熱者でもすぐに入院させることはできず、一定期間の自宅待機措置が取られています。このような状況を避けるためには、家族を含めた外出時の時差通勤、テレワーク、学校閉鎖、店舗等への外出抑制などの対策を組み合わせることが極めて重要であること、また、感染者に対しては、自宅待機ではなくホテル等への隔離が有効であることが示唆されました。

## 今後の展開

さらに、本研究で用いたモデルを利用し、イベント開催の影響(イベント規模よりもイベント種類が影響すること)、PCR検査率増加の効果と影響(感染可能性のある人へのPCR検査数を増やすことで感染者数が抑制できること)、都市封鎖の効果と解除期間の推定(遅く不十分な封鎖では感染拡大が再発すること)などがすでに示されています。  
(<http://www.u.tsukuba.ac.jp/~kurahashi.setsuya.gf/workingpaper.html>)

参考図



青い点は両親と子供の四大家族、茶色の点は高齢者の二人家族を表しています。左端のピンクのエリアは商業施設、中央横長のカーキ色は通勤電車、右側のグレーのエリアは病院と遺体安置所をそれぞれ表しています。緑の点は潜伏期間中で感染力のない感染者、オレンジの点は潜伏期間中で感染力を持った感染者、赤い点は軽症の発症者、紫の点は重症患者、白い点は回復者を表しています。紫の矢印は誰が誰に感染させたのかのリンクを表しています。

図1 シミュレーション実行画面例

死亡者・重度入院数・感染速度（中央値）

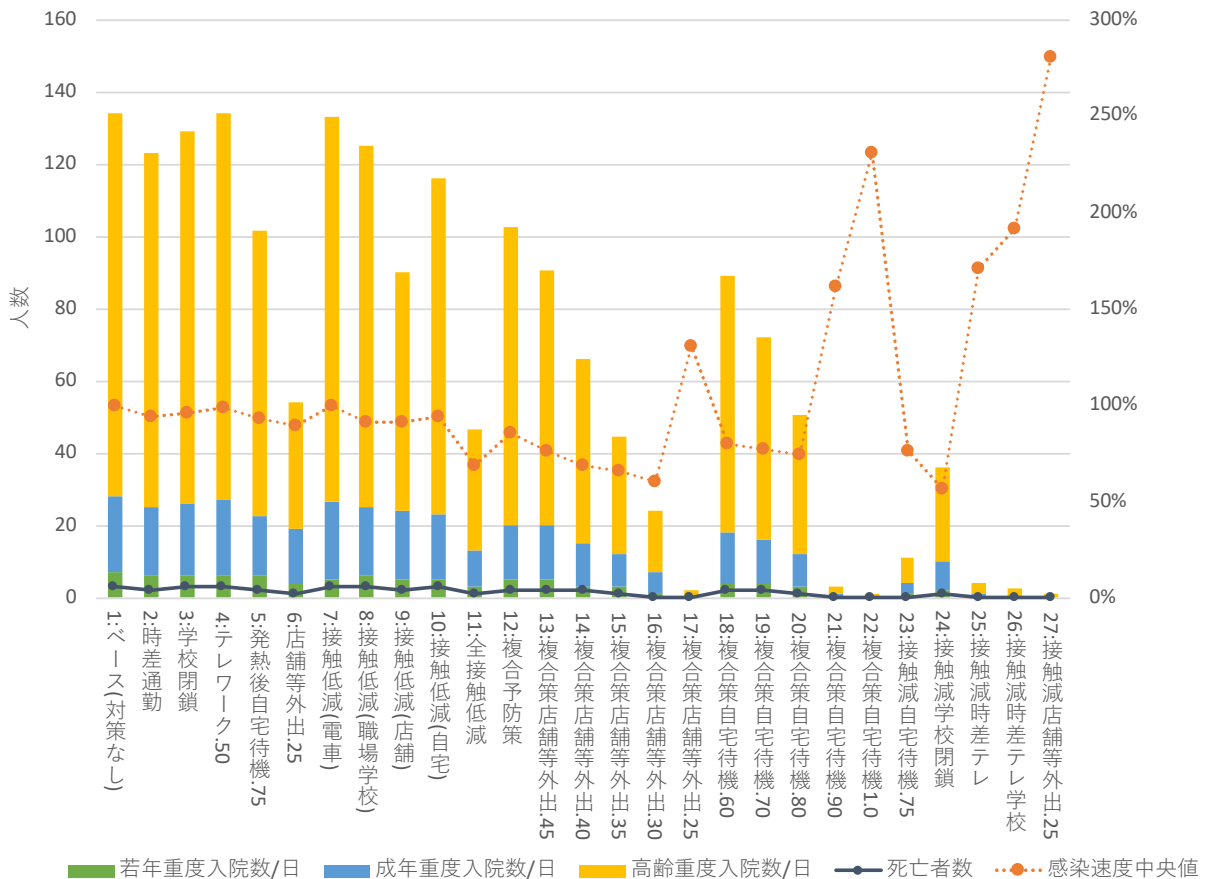


図2 想定される感染予防策とその効果に対するシミュレーション結果

### 参考文献

- 1) Zhang, Y.: The epidemiological characteristics of an out- break of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) – China, 2020, China CDC Weekly, Vol. 41, No. 2, pp. 145–151 (2020), The novel coronavirus pneumonia emergency response epidemiology team
- 2) The WHO-China joint mission on coronavirus disease 2019 (COVID-19), WHO-China joint mission members (2020), <https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>

### 掲載論文

- 【題名】 Estimating Effectiveness of Preventing Measures for 2019 Novel Coronavirus Diseases (COVID-19)  
(新型コロナウイルス(COVID-19)における感染予防策の推定)
- 【著者名】 倉橋節也
- 【掲載誌】 人工知能学会論文誌 35 巻 3 号 p. D-K28\_1-8 (DOI: 10.1527/tjsai.D-K28)

### 問合わせ先

倉橋 節也(くらはし せつや)  
筑波大学 ビジネスサイエンス系 教授