

感染症 ABMS による感染発生初期における 接触確認アプリケーションの効果検証

松井 陽太郎[†], 田邊 渉[†], 亀井 雄貴[†], 嶋 直紀[†], 市川 学[†], 奥村 貴史[‡]
芝浦工業大学[†], 北見工業大学[‡]

1 はじめに

2019 年末に中国で発生した新型コロナウイルス感染症(以下新型コロナ)は, 世界中に広がり, 日本でも多くの感染者が確認された. 感染拡大を防ぐため, ロックダウンやリスクコミュニケーションなど様々な非薬品介入(以下 NPI: Non pharmaceutical interventions) が世界中で行われた. NPI は治療薬等が開発されるまでの数少ない有効な対策の一つであることから, NPI の有用性を検証することは非常に重要である.

日本政府が行なった NPI の一つとして接触確認アプリケーション(以下接触確認アプリ)の導入がある. 接触確認アプリはアプリ利用者間の接触を一定期間記録し, 接触者から陽性者が発生した時に接触通知を受け取ることができる. 通知を受けた利用者の受診や外出自粛などの行動を促すことにより, 感染を抑制する効果が期待され, 2020 年 6 月, 運用が開始された. しかし, その効果の検証がなされないまま, 2022 年 11 月をもって機能を停止した.

本研究ではエージェントベースモデリング(以下 ABM: Agent Based Modeling)により濃厚接触による感染プロセスを表現し, 感染発生初期の状況における接触確認アプリの効果検証方法を提案する.

Testing the effectiveness of contact tracking applications in the early stages of an outbreak with the SARS-CoV-2 epidemic ABMS.

Yotaro MATSUI[†], Wataru TANABE[†], Yuki KAMEI[†], Naoki SHIMA[†], Manabu ICHIKAWA[†], Takashi OKUMURA[‡]

Shibaura Institute of Technology[†], Kitami Institute of Technology[‡]

2 関連研究

大前ら(2021)[1]ではマルチエージェントシミュレーションを用い, 接触確認アプリによる感染者の削減効果の検証を行っている. この研究では, 感染抑制効果をさらに高める施策として, 2次接触者への通知を行うことを提案しており, その効果についての検証を行った.

しかし, 感染蔓延による保健所業務の逼迫時には接触確認アプリからの検査の受け入れを停止する自治体が発生するなど, 有用性の検証には検査能力などを加味する必要がある.

3 感染症と接触確認アプリのモデル化

本研究では ABM の手法を用いて空間的な感染プロセスを持つ感染症を表現し, その上で接触確認アプリによる感染拡大への抑制効果を検討する.

本シミュレーションにおいて, エージェントは一人一人ひとりを指し, エージェントの活動する空間として, 家庭, 学校, 会社, 公共空間というような空間を定義した. エージェントは年齢階級とその属性により 1 日の中で行う標準的な行動が割り当てられており, その上で感染症モデルを重ねることで感染現象を表現している.

感染症モデルは新型コロナの病態遷移や感染のプロセスをモデル化した新型コロナ病理モデル, 検査及び陽性者の隔離等をモデル化した感染症対策モデルから構成される. 接触確認アプリは感染症対策モデルに内包される. 実装には小野ら(2020)[2]が開発した ABM 記述言語である SOARS Toolkit を用いた.

3.1 新型コロナ病理モデル

3.1.1 感染プロセス

新型コロナ病理モデルの感染プロセスは 1. 感染者による病原体の排出, 2. 場の汚染, 3. 場の汚染に

よる暴露, 4. 人間の感染の4つからなる. 同一空間における感染者の割合が高くなるほど感染する確率が高くなる.

3.1.2 病態遷移

病態遷移は嶋ら (2021)[3] で作成されたモデルを使用する. このモデルではエージェントは感受性, 暴露, 無症状, 有症状, 重症, 死亡, 回復 (抗体保有) の状態を, 医療報告に基づいた確率によって遷移するモデルである. 感染したエージェントは発症 2 日前から発症 10 日目まで感染性を持ち, 他のエージェントに感染を広げる.

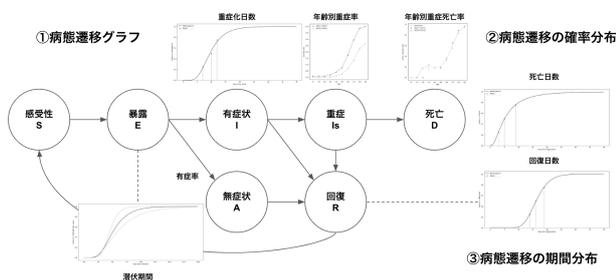


図 1: 病態遷移モデル

3.2 感染対策モデル

3.2.1 検査

陽性者の判定を行うために, 有症状となったエージェント, もしくは濃厚接触となったエージェントの一部は検査が行われる. 検査では PCR 検査の検出率に基づき, 対象が陽性かどうかの判断を行う. 陽性と判断されたエージェントと同一の世帯に所属するエージェントを濃厚接触者とする.

3.2.2 隔離と自宅待機

陽性と判定されたエージェントは感染性を剥奪し, 回復状態になるまで隔離される. 濃厚接触者として指定されたエージェントは一定の確率で受診をし, 受診をしない場合は 5 日間の通勤や通学を取りやめ, また外出に関する行動も一定の割合で抑制する.

3.2.3 接触確認アプリモデル

接触確認アプリモデルは保持するエージェント同士の接触を個別のエージェントごとに記録する. アプリは実行ステップごとに自身の保持する接触記録と保健所によって登録される陽性者のリストを参照し, 記録期間内に接触したエージェントに

陽性者がいないかを確認する. 陽性者が存在した場合はエージェントを濃厚接触者とする.

4 シミュレーション結果の評価方法

表 1 に示す項目をパラメータとし, 接触確認アプリがどのような状況で感染抑制効果を発揮するのかを模索する. 感染の発生初期には保健・医療に余裕があるが, 感染の拡大時には接触確認アプリによる受診の受け入れを断る自治体も発生した. そのため検査数に上限を設ける場合も含め感染抑制の効果を検証する.

表 1: 検証を行う項目
備考

項目	備考
導入率	アプリの導入率
補足率	アプリ利用者間の接触補足率
受診率	濃厚接触が検査を受診する確率
検査上限	エージェント数比の検査数上限

5 考察

本稿では ABM による接触確認アプリの効果検証方法を提案した. 保健所の検査能力を考慮に入れることで, どこまで接触追跡を行うべきかというリスクコミュニケーションへの活用も可能となる.

謝辞

本研究は, 科学技術振興機構 (JST) 社会技術研究開発センター (RISTEX) 「科学技術の倫理的・法制度的・社会的課題への包括的実践研究開発プログラム」による『携帯電話関連技術を用いた感染症対策に関する包括的検討』の一部として実施した.

参考文献

- 1) 大前佑斗, 豊谷純, 原一之, 権寧博, 高橋弘毅. 2 次接触者への通知機能を有する covid-19 接触確認アプリ cocoa の感染者数削減効果の検証. 知能と情報, Vol. 33, No. 3, pp. 697-710, 2021.
- 2) 小野功, 市川学, 出口弘. 大規模エージェントベースシミュレーションのための SOARS toolkit の提案. 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会講演論文集, pp. GS6-4-5, 2020.
- 3) 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予稿集, March 2021.