

シミュレーションを用いた感染者隔離と自粛の効果

2017SS037 河野紗季

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

2019年に確認された新型コロナウイルス (SARS-Cov-2) の感染は、世界中に拡大している。新型コロナウイルスはワクチンが開発されておらず、流行を防ぎ元の生活に戻るためには感染者の隔離や人々の自粛が必要になると考えられる。

日本における新型コロナウイルスの感染拡大状況 (2021年1月8日現在) を図1に示す [2]。図1を見ると日本で緊急事態宣言が発令された期間の感染者数が減少傾向にあるのが分かる。このことから、各々の自粛や感染者の隔離は感染拡大防止に意味があると考えられる。

本研究では、マルチエージェントシミュレーションソフト artisoc を用いて、新型コロナウイルスを対象とした、感染者隔離と自粛をした場合と、普段通りの生活をした場合の状況を再現し、新型コロナウイルスの感染者隔離と自粛の効果を検証する。また、空間内に配置する人の種類も、新型コロナウイルスに適した条件に変え、より現実的なシミュレーションを行い、検証する。

2 artisoc について

artisoc [1] は、人間同士の相互作用をコンピュータ上で再現することでダイナミックに変化する社会現象を分析する社会シミュレータである。主な特徴として、二次元空間表現が可能であり各エージェントに独自のルールを持たせて行動させることができる。

3 新型コロナウイルスについて

新型コロナウイルスはコロナウイルスの一種であり、一般的には飛沫、接触で感染する。密な空間で、近距離で人と対面して会話するなどの環境では、咳やくしゃみなどの症状がなくても感染を拡大させるリスクがあると言われている。新型コロナウイルスは、症状が明らかになる前から、感染が広がるおそれがあるとの専門家の指摘や研究結果も示されており、発症前も含めて、発症前後の時期に最も感染力が高いとの報告がされている [2]。そのため自覚症状がないまま外出をし、感染を拡大させてしまう恐れがある。

4 SIR モデルと SEIR モデル

4.1 SIR モデル

SIR モデルは、感染症にかかる可能性のある人々で構成されているひとつの共同体を表している。SIR モデルで使われる人エージェントは次の3つの状態のうちいずれかになる。(1) 未感染者 S (Susceptible) : まだ病気に感染しておらず、感染の可能性のある状態の人、(2) 感染者 I (Infectious) : 病気に感染して、感染させる能力のある状

陽性者数

5,946 人

(累計 257,196 人)

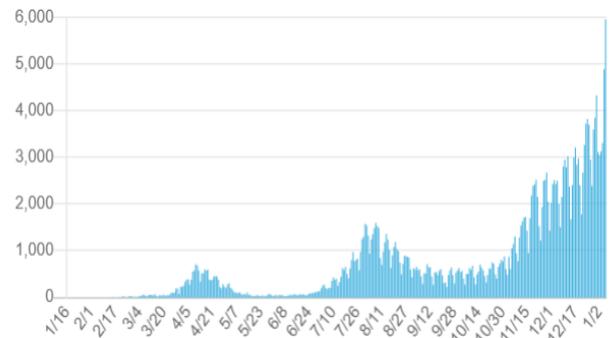


図1 国内の感染者数 (2021年1月8日現在)

態の人、(3) 免疫保持者 R (Removed) : 病気から回復して免疫保持した状態の人、の3種類に分けられる。人エージェントは、最初「S」の状態から始まり、未感染者は感染者と接触することにより感染し感染者「I」となる。時間が経つと感染から回復し免疫を保持することにより免疫保持者「R」となる。このように人々が「S」「I」「R」の状態の間を移行するため「SIR モデル」という [3]。

4.2 SEIR モデル

本研究での検証対象である新型コロナウイルスは、軽症の感染者や無症状の潜伏感染者が感染拡大の原因になっていると言われているため、S, I, R の他に、潜伏感染者 E (Exposed) : 自覚症状はないが感染しており、他者に感染させる能力のある状態の人、が存在する「SEIR モデル」をシミュレーションに使用する。

4.3 サンプルモデルの説明

本研究では MAS コミュニティ [3] で公開されているサンプルモデルを使用する。このサンプルモデルは、SIR モデルの基本的仕組みを、エージェントベースのシミュレーションにしたものである。この SIR モデルは、病気だけでなく、噂や新製品などの新しい情報の流行など、さまざまなものの流行伝播の社会現象についてのモデルとしても用いることができるため、病気の感染拡大状況や噂の流行の伝播状況をシミュレーションすることが目的である。

5 問題のモデル化

5.1 各エージェントの設定

図2は、未感染者のエージェント (緑色)、潜伏感染者のエージェント (黄色)、感染者のエージェント (赤色)、免疫保持者のエージェント (青色) の4種類の人エージェン

トがランダムに配置されている artisoc における空間を表している。空間はトーラスになっており、ループしているため上端と下端、左端と右端がつながっている。そのため人エージェントは決められた人数だけ発生し永遠に空間内を移動する。

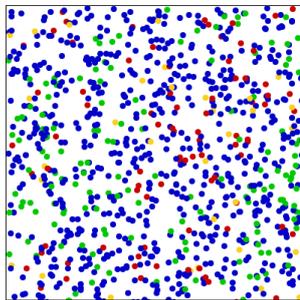


図2 モデル化した空間

5.2 人エージェントのルール

人々は空間内にランダムに配置され、1 ステップにランダムな移動スピード分、ランダムな方向に進み人々と接触する。未感染者 (S) が潜伏感染者 (E) または感染者 (I) と接触した場合、一定確率で感染させ、新たに潜伏感染者 (E) が発生する。潜伏感染者 (E) は潜伏期間後に発症し、感染者 (I) となる。発症後は一定期間すると回復し、免疫保持者 (R) となる。免疫保持者 (R) は、免疫を保持している期間が過ぎると未感染者 (S) に戻る。本研究では、感染確率が詳しく記載されていないため、1/2 の確率で感染することとする。また、1 ステップを1日と考えることとし、潜伏期間、感染期間は14日、免疫保持期間は180日とする。

5.3 自粛モデルでの人エージェントのルール

本研究で、感染者 (S) は、感染をしている間隔離をするため、感染能力を失うこととする。その他の3種類のエージェントは、移動スピードをランダムに設定し、移動しているエージェントと、していないエージェントの両方が存在することとする。潜伏感染者 (E) は、自覚症状がないため感染させる力はあるが、移動スピードはランダムである。

5.4 感染拡大状況のシミュレーション比較

自粛および隔離ありの場合となしの場合のシミュレーションを比較した。表1におけるシミュレーション結果は、それぞれの場合で10回ずつ1000ステップのシミュレーションを行い、その平均をとったものである。初期条件として、空間内の人エージェントは1500人、内、初期潜伏感染者のエージェントを10人発生させた状態でシミュレーションを行った。表1の、「総感染者数」は1000ステップの内、感染した全てのエージェント数、「ピーク時」は1000ステップの内、感染者がピークに達した時の人数を表す。総感染者数は、一人のエージェントが1000ステップ内

で複数回感染した場合、感染する度カウントしている。図3, 4は、シミュレーション結果をグラフで表したものである。縦軸が各エージェントの割合、横軸がステップ数、緑色の線が未感染者 (S)、青色の線が免疫保持者 (R)、赤色の線が感染者 (I)、黄色の線が潜伏感染者 (E) を示している。

表1 シミュレーション結果

	自粛隔離なし	自粛隔離あり
総感染者数	3213人	428人
ピーク時	195人	102人

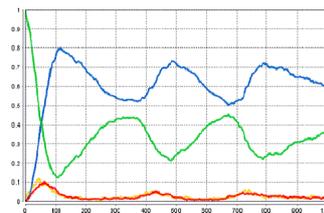


図3 自粛隔離なし

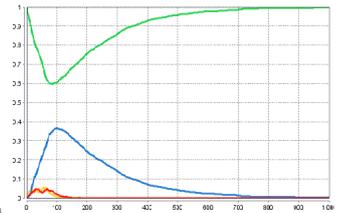


図4 自粛隔離あり

6 結果の分析

シミュレーションの結果を比較すると、自粛隔離をした場合、自粛隔離をしなかった場合よりも感染拡大初期のピーク時の人数は約47.4%減少し、総感染者数は約86.7%減少した。ピーク時の感染者数は大きな効果は見られなかったが、総感染者数は自粛隔離をすることで大きく減少することが確認できた。また、自粛隔離をしなかった場合、感染が収束することはなかったが、自粛隔離をした場合、感染拡大が完全に収束するという結果になった。

7 おわりに

本研究の目的は、新型コロナウイルスの拡大において人々の自粛および感染者の隔離に、どのような効果が得られるかを検証を行うことである。結果、人々の自粛および感染者の隔離をすることにより、総感染者数の減少、感染拡大の収束が見込めることが確認できた。また、今後の課題として、エージェントの種類を年齢別や、マスクの有無に沿って設定し、感染確率をそれぞれに与えることでより現実的なシミュレーションを行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] 構造計画研究所: 「MAS コミュニティ」. (最終閲覧日: 2021年1月8日). <http://mas.kke.co.jp>
- [2] 厚生労働省: 「新型コロナウイルスについて」(最終閲覧日 2021年1月8日). <https://www.mhlw.go.jp/index.html>
- [3] MAS コミュニティ-構造計画研究所: (最終閲覧日 2021年1月8日). https://mas.kke.co.jp/model/trend_model/