

混雑状況を考慮した感染症の伝播シミュレーションに関する研究

足利大学 大学院 工学研究科 廣川研究室 修士1年

牛丸 陽友(うしまる ともはる)

【概要】近年では感染症の様々な影響が出ている。また、今後新たな感染症が蔓延しないとも限らない。特に治療薬やワクチンなどが開発されるまでの対応策を検討しておくことが重要である。本研究では、外出自粛などによる人流抑制効果を考慮した感染症の伝播シミュレーションを用い、混雑状況を変化させたときに、感染の拡大がどのような変化するかを検討した。

【栃木を元気にするには】近年、新型コロナウイルス感染症によって様々な影響が出ている。今後新型の感染症の蔓延が起きた時にどのように行動すべきかを早く決め、行動することで影響が小さくなる。そのため、シミュレーションを行い、どのような感染症であればどのような対策が必要かを予測することが必要になる。これにより感染症の収束が早まり、栃木が元気になると考えられる。

1. はじめに

近年、新型コロナウイルスの感染拡大によって様々な影響が出ている。感染症の問題は近年だけの問題ではなく、今後同じような感染症が流行する可能性があるため、感染爆発による医療崩壊が起きないように対策が必要である。特に治療法が確立されるまでの間は外出自粛などの対策が取られているが、従来用いられてきた感染症の伝播モデル¹⁾では混雑率による感染確率の変化を考慮していないため、人流抑制などによる混雑緩和の効果を推定することが難しい。マルチエージェントシステム²⁾はコンピュータ上に人間を含めた周囲環境を再現することで混雑率など物理的な距離を考慮することができる。本研究では、感染症伝播モデルとマルチエージェントシステムを組み合わせることで感染症伝播のシミュレーションを行い、混雑状況の変化によって感染状況がどのように変化するかを分析し、人流抑制の効果を評価した。

2. 研究手法

本研究では以下に示す感染症伝播を分析するSEIRモデル、および混雑を考慮できるマルチエージェントシステムを組み合わせることでシミュレーションを行う。

2.1. SEIRモデル

感染状況を4つに分類したモデルであり、①未感染者(Susceptible)、②感染者(Exposed)、③発症者(Infected)、④回復者(Recovered)に分かれる。①未感

染者はウイルスに感染していない状態であり、②感染者はウイルス感染して症状がない状態、③発症者はウイルス感染して発症した状態、④回復者は免疫を獲得しウイルス感染しない状態を表す。また、②感染者と③発症者は未感染者にウイルスを感染させるため、①→②→③→④の順に推移していく。

2.2. マルチエージェントシステム

混雑状況を考慮するため、図1のような二次元空間を設定し、中にエージェント(人間)を配置した。二次元空間は左右と上下が繋がっており、無限に広い空間を模擬している。各エージェントはSEIRモデルの4つの状態を持ち、物理的な距離によって感染する確率が変化する。図1の丸で囲ったエージェントがウイルス感染していた場合、点線で囲まれた部分にいる他のエージェントにウイルスを感染させる。

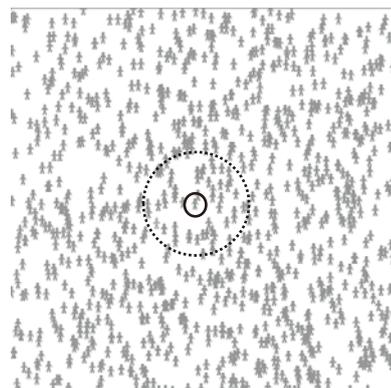


図1 計算領域

3. 実験条件

外出自粛による混雑率の変化が感染状況に与える影響を評価するため、表 1 のように 3 パターンの外出自粛率 0%, 80%, 90% でシミュレーションを行った。また、ウイルスの感染確率は 5% とし、発症や回復などの速さは個人差があるため、表 2 のように分布を持たせた。シミュレーションは NetLogo Web を用いた³⁾。

4. 実行結果

3 パターンの感染状況の時系列変化を図 2-4 に示す。横軸は日数、縦軸は人数、点線は感染者数のピークを表す。パターン 1 の外出自粛率 0% では感染者数のピークが 4,277 人であり、1 人が何人に感染させたかを表す実効再生産数は 30.763 であった。パターン 2 の外出自粛率 80% では感染者数のピークは 50 人であり、実効再生産数は 2.808 であった。パターン 3 の外出自粛率 90% では感染者数のピークは 395 人であり、実効再生産数は 1.44 であった。

これらの結果から外出自粛による人流抑制は特に

表 1 外出自粛率の設定

パターン	外出自粛率(%)	エージェント数(人)
1	0	5,000
2	80	1,000
3	90	500

表 2 ウイルス感染力と個人差の設定

パラメータ	値
感染から発症までの平均値	1.00 日
感染から発症までの標準偏差	0.33 日
発症から回復までの平均値	5.00 日
発症から回復までの標準偏差	1.03 日

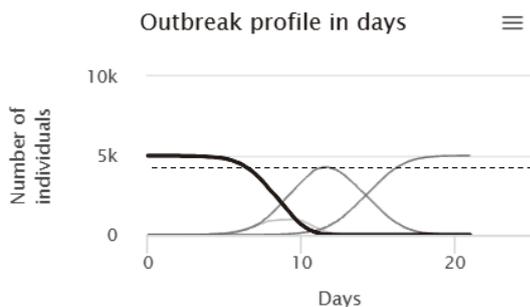


図 2 パターン 1 の実行結果

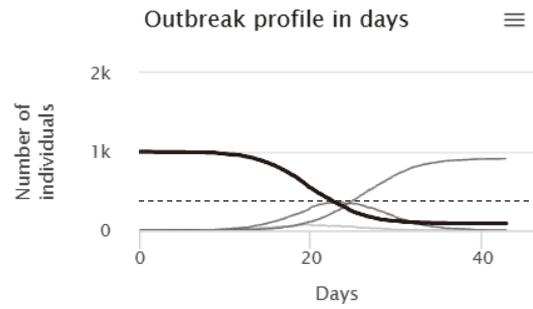


図 3 パターン 2 の実行結果

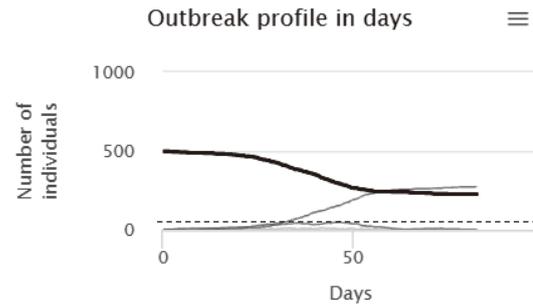


図 4 パターン 3 の実行結果

感染者数のピークを抑えることに効果があり、実効再生産数も大幅に削減できることが分かった。ただし、感染を収束させるには実効再生産数を 1 未満にする必要があるため、換気やマスク着用などの他の感染対策も併用する必要があると考えられる。

5. おわりに

本研究では混雑を考慮した感染症のシミュレーションを行い、外出自粛による効果を定量的に評価し、有効な手法であることが確認できた。

参考文献

- 1) Li MY, Muldowney JS. “Global stability for the SEIR model in epidemiology”, *Mathematical biosciences*, Vol.125(2), pp.155-164, 1995
- 2) Gerhard Weiss, “Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence”, MIT Press, 1999
- 3) Anna Mummert, Roger Estep, Robert Hughes, Jessica Shiltz, “SEIR-Model-Base-Seasonal”, NetLogo Modeling Commons, 閲覧日: 2023 年 10 月 13 日, http://modelingcommons.org/browse/one_model/4331