

# 混合免疫モデルを用いたマルチエージェント感染シミュレーション

龍谷大学大学院 理工学研究科 数理情報学専攻

T12M002 才原亜里紗

指導教員 中野 浩

## 概要

本研究では、体液性免疫と細胞性免疫のはたらきを考慮した常微分方程式による混合免疫モデルを提案する。また、この混合免疫モデルを導入したマルチエージェントによる感染伝播のシミュレーションにより、効率的な感染経路の遮断方法を明らかにすることを試みる。

人体には自然免疫と獲得免疫の2種類の免疫系がある。感染症などの病気に罹ることで獲得されるのが獲得免疫である。また、獲得免疫には更に体液性免疫と細胞性免疫の2系統が存在し、それぞれが体内に侵入した病原体や感染細胞に関与することで病気から回復する。免疫系の振舞いは、Nowak と Bangham によって簡単な常微分方程式系によって論じられている。そのモデルをもとに多くの免疫系モデルが提案され解析がなされているが、いずれも2種の獲得免疫のどちらか一方のみの免疫系を記述したものである。しかしながら実際の体内では、体液性と細胞性、双方の免疫活動が行われており、またそれぞれの免疫が作用する対象も異なる。本研究では、体液性免疫、細胞性免疫のはたらきを考慮した混合免疫モデルを提案する。さらに、感染状態の推移をより現実の振舞いに近づけるため、混合免疫モデルに病原体の吸収効果を導入する。吸収効果とは、病原体が未感染細胞の内部に侵入する際の、病原自体の個体数減少を捉えた効果である。この効果を加えることで、混合免疫モデルの未感染細胞の値を保存的に取り扱うことが可能となる。

従来のウイルス感染シミュレーションに関する研究の多くは、SIR モデルや拡散方程式に基づき、感染人口の推移を統計量として捉えたものである。これらは、感染対象者が一様に存在すること、感染対象者同士の接触が均一であることなどを前提とすることで、理論的な扱いを容易にしている。しかし、現実の感染症の流行では、家庭や学校などのコミュニティを核として流行する。また、交通機関が発達した現在においては、感染者の移動によって跳躍的な感染拡散が頻繁に生じる。そこで、本研究では提案した混合免疫モデルを導入した多数のエージェントを用いて、マルチエージェントシステムによる感染拡散シミュレーションを行った。各エージェントには、就労者、就学者、および在宅者のいずれかの役割を与え、それぞれに地域内での行動パターンを定義した。また、各エージェントが行動する拠点として、自宅や公共施設を設置することで拠点内での感染を生じさせる。本論では、エージェント数 100000、日数 1 ヶ月程度の感染拡散シミュレーションを行った。本研究では、感染者数の推移とエージェントの内部情報から、感染伝播の様子を見ることが可能となった。