

# 構造化感染症モデルを利用した COVID-19 の疫学的考察

## Application of structured epidemic models to epidemiological consideration for COVID-19

國谷紀良 (神戸大学)

Toshikazu Kuniya (Kobe University)

tkuniya@port.kobe-u.ac.jp

感染症の流行を表す数理モデルのうち、集団に属する個体の異質性（年齢、居住地、性別など）を考慮したものは構造化感染症モデルと呼ばれる。それらはより現実に即した形に精緻化されたモデルであるが、偏微分方程式などで表されるため、利用には一定以上の数学的知識が要求される。

COVID-19 では、自然感染やワクチン接種に由来する免疫の持続期間が、再流行時期の予測やワクチンの再接種時期の計画で重要であると認識されているが、そのような免疫の持続期間をモデル化する上では、年齢構造化感染症モデルが有用となる。同モデルは、感染後あるいはワクチン接種後の経過時間を独立変数として含み、感染率や死亡率などのパラメータをそれらの関数として扱うことができる。本報告では、年齢構造化感染症モデルを利用した COVID-19 の疫学的考察の例として、(1) ワクチンの最適配分問題と (2) 集団免疫割合の推計という 2 つのトピックを取り上げる。

### (1) ワクチンの最適配分問題

COVID-19 に対するワクチンの 1 回目と 2 回目の接種間隔は、日本やアメリカなど多くの国では 3~4 週間と定められていた。一方で、イギリスでは 12 週間と定められていた。これは、ワクチンの数が限られている状況で、高齢者や基礎疾患のある人に重点的に 2 回接種を進めるのではなく、より多くの人が 1 回接種することによる流行抑止効果を優先するという考えに基づいている。本研究では、年齢構造化感染症モデルを用いて、感染者数や死者数を最小化する上で最適な接種間隔が何週間であるかをシミュレーションによって調べた。結果として、最適な接種間隔は 1 回目と 2 回目の感染予防効果および死亡率の減少効果に依存することが分かった。特に、ファイザーとアストラゼネカを想定したワクチンについては、日本で推奨されていた 3~4 週間よりも長い接種間隔が最適であるという結果が得られた (図 1)。

### (2) 集団免疫割合の推計

集団の中で免疫を持っている人の割合を意味する集団免疫割合は、流行の終息や再流行時期を予測する上で重要な概念である。本研究では、感染後やワクチン接種後に減衰する免疫を考慮した上で、国内の集団免疫割合の推計を継続的に行っている。特に、都道府県別の

推計では、2022年7月から9月にかけての第7波の終了時点で免疫レベルが高かった沖縄県（図2）は、その後の第8波での感染者報告数が少ないことが確かめられた。

図1：ワクチン1回目と2回目の接種間隔に対する死者数（割合）のシミュレーション

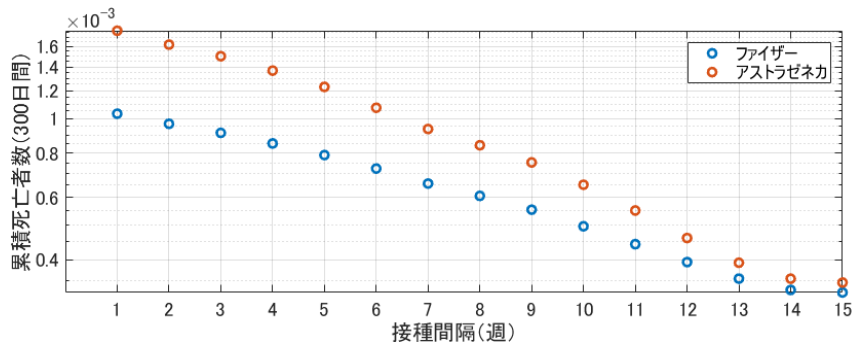
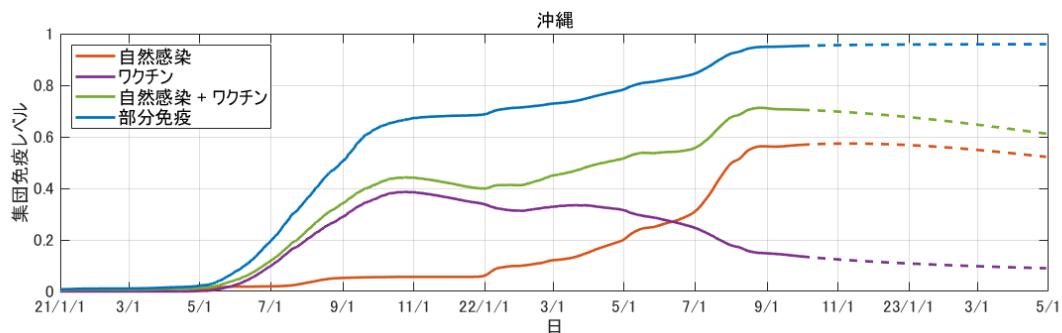


図2：第7波終了時（2022年9月）の沖縄の集団免疫レベルの推計結果（点線は予測）



### 参考文献

- 國谷紀良，藤井大輔，仲田泰祐，ワクチン配分戦略，内閣官房 AI・シミュレーションプロジェクト，2022年10月。URL：[https://www.covid19-ai.jp/ja-jp/presentation/2022\\_rq1\\_simulations\\_for\\_infection\\_situations/articles/article390/](https://www.covid19-ai.jp/ja-jp/presentation/2022_rq1_simulations_for_infection_situations/articles/article390/) 2023年4月30日閲覧。
- 國谷紀良，徳田安春，中村治代，諸見里拓宏，渋谷健司，COVID-19の集団免疫レベルの低下と再流行時期の予測，東京財団政策研究所 Review，2022年10月。
- 國谷紀良，徳田安春，中村治代，諸見里拓宏，渋谷健司，第7波後の主要な都道府県の集団免疫レベルの推計，東京財団政策研究所 Review，2022年9月。
- 國谷紀良，徳田安春，中村治代，諸見里拓宏，渋谷健司，第7波初頭での国内のCOVID-19の集団免疫割合の推計～パンデミック期からエンデミック期への転換に向けて～，東京財団政策研究所 Review，2022年7月。
- 國谷紀良，渋谷健司，徳田安春，中村治代，諸見里拓宏，数理モデルによるCOVID-19の国内の集団免疫割合の推計，東京財団政策研究所 Review，2022年3月。