

## 群馬県における新型コロナウイルス感染症流行予測について

群馬大学大学院医学系研究科  
公衆衛生学分野 内田満夫 小山 洋

### 1 はじめに

現在群馬県において、PCR 検査陽性により確定した発症者数は 20 名であり、今のところ流行の第一波を乗り切り、小康状態を維持していると考えられる。しかし、この背景に何名の感染者が存在するか（感染者 vs 発症者）、また海外から持ち込まれたウイルスによる第二波がどのように拡大していくのか不明瞭である。流行の収束の見通しが立たない現在、これからもかなりの長期戦を覚悟しなければならない。

そのような中で、新型コロナウイルス感染症対策専門家会議<sup>1)</sup>の尽力により、感染者数を見積もる流行動態だけでなく、クラスターの追跡が重要であること、また感染者個別の特徴に応じたその後の転帰などの情報が少しずつ明らかになってきた。最新の知見をもとに“日本として包括的に何を行うか”という方向性は引き続き専門家会議が示してくれるため、注視していくことが求められる。

一方、国全体の数理モデル的評価は、地域特性や人口密度などの要素を考慮しにくいいため、専門家会議の情報を受けてそれぞれの自治体に応じた予測をおこなうことが必要となる。つまり、都道府県レベルでも状況に応じて流行動態などを評価することが重要となってくる。このたび、群馬大学大学院医学系公衆衛生学分野において、群馬県における新型コロナウイルス感染症の流行動態の評価をおこなったので報告する。

### 2 群馬県における流行のシミュレートについて

群馬県は 190 万人の県民が存在するが、その中で PCR 陽性確定者は 20 名に留まっている。しかし、群馬県は首都圏との往来が盛んなこと、また欧米諸国から持ち帰ったコロナウイルスの拡大状況を考えると、早期に流行が終息する可能性は残念ながら高くない。県民の皆が今後も流行が拡大するという危機意識を持ち、感染症拡大のシミュレーション等を参考に今後の対策を検討しておくことが重要である。

一般的に、ワクチンや免疫のない状態で新型感染症が流行すると、人類は全

ての人が無防備であり多くの人が感染する可能性がある。これまでこのような感染症流行は、数学を用いた“感染症数理モデル”により表現され、実際に感染対策に役立ててきた。今回の新型コロナウイルスも同様であり、既存の手法により流行を推定することが可能である。

Kermack-McKendrick による SIR モデルが代表的であるが、今回のコロナウイルスは潜伏期が長いことを考慮して、その変法の SEIR モデルを用いて流行予測を行った。モデルはコンパートメントという感染者の変遷を微分方程式で計算する手法である。本モデルでは以下の4つのコンパートメントを用いる。

- S=Susceptible
- E=Exposed
- I=Infected
- R=Recovered

このモデルに、初期の疫学調査<sup>2, 3)</sup>による知見で明らかになったパラメータを適用した。実効再生産数は2.0（中国で初期に発表された2.5というウイルス特性の値から学校閉鎖等の施策で20%削減の効果<sup>4)</sup>を考慮した値）、感染者数は現在の20人、曝露者は先行研究<sup>2)</sup>に基づき感染者数の20倍を想定して400人、潜伏期を感染待ち期間とみなして5日<sup>5)</sup>、感染性期間はPCR検査を行う基準の発熱4日+1日として合計5日、また群馬県の190万人という県民人口を用いてシミュレートをおこなった（図1）。

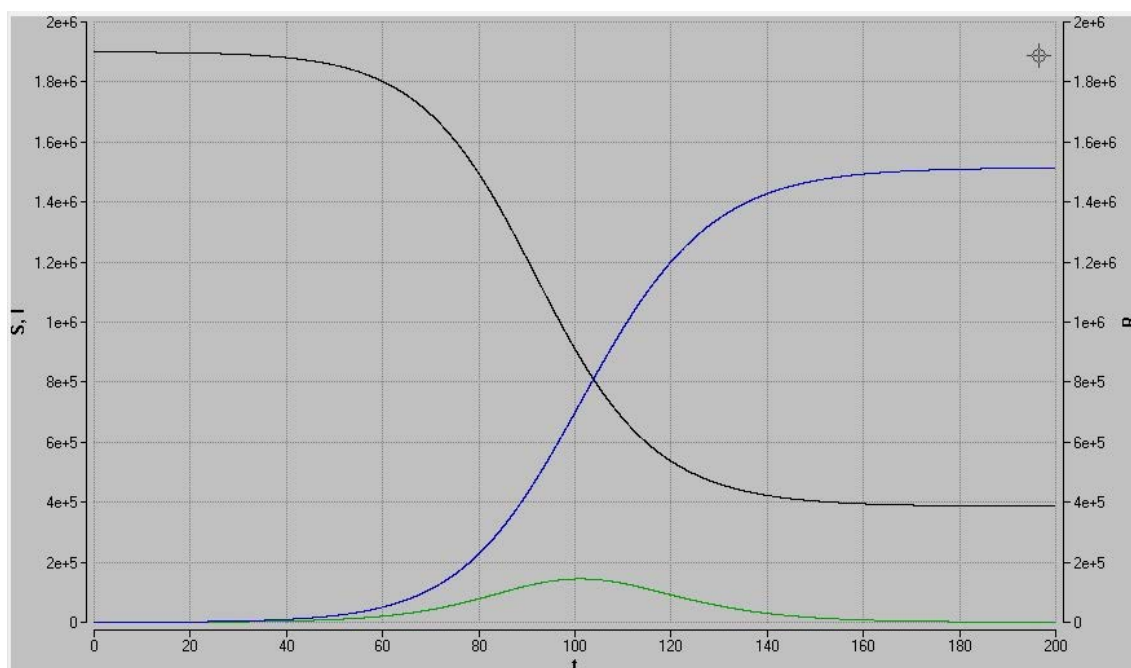


図1 群馬県における流行のシミュレーションモデル1

実効再生産数 2.0 という、理論値に基づく流行曲線を描いた。黒線が S (感染可能な人口)、緑線が I (感染者人口)、青線が R (回復者および死者を合計した人口)。流行のピークは約 100 日後、流行が終息するのは約 180 日後となった。

理論値に基づく数理モデルによると、もし流行が拡大し始めた場合、群馬県全体の感染ピークは約 100 日 (3 か月) 後、ピーク時のコロナ有病者数は約 140,000 人、重篤者は 5% レベルと見なすと 7,000 人、外来受診者は感染者の 10% レベルとすると 14,000 人、流行が終息するのは約 180 日 (6 か月) 後となった。しかしながらこの数値はあくまで理論値であり、ここに地域特性、人口の偏在、休校などの感染予防対策、季節変動、マスクの装着割合の向上などの要素が影響すると流行の規模やピークの時期が変動する。最新のデータを用いながら、この流行モデルを適宜修正することが求められる。

なお、感染対策が功を奏した場合に実効再生産数が低下するが、実効再生産数が 1.8 (図 2) および 1.2 (図 3) まで低下した状態を維持した場合、流行曲線がどのように変化するかシミュレートした。

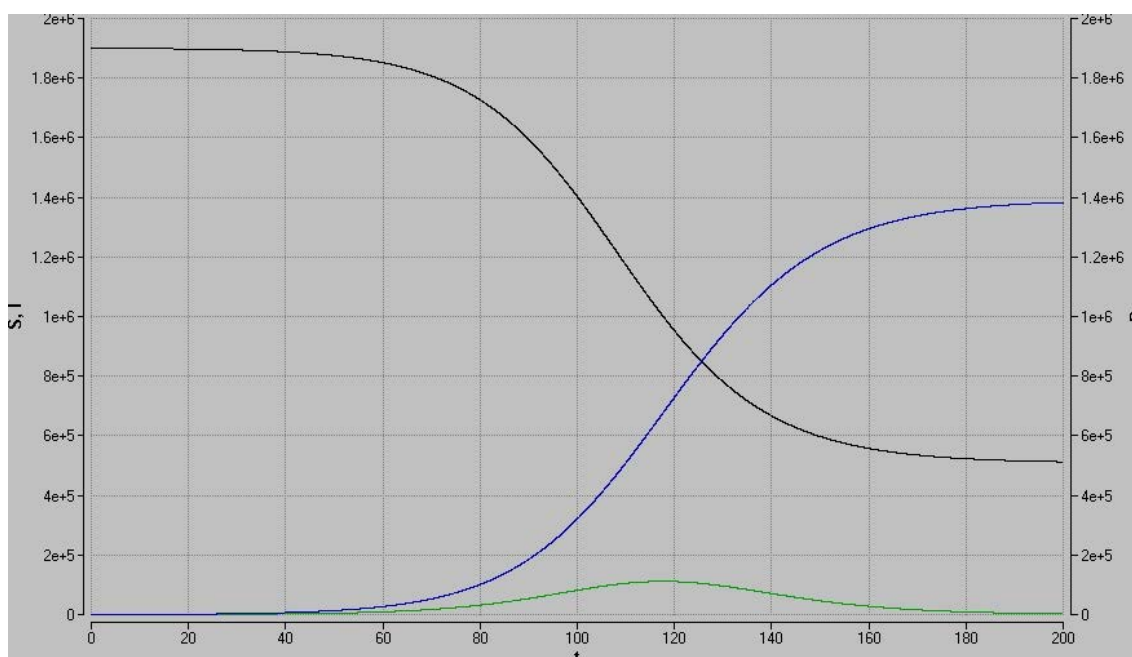


図 2 群馬県における流行のシミュレーションモデル 2

実効再生産数を 1.8 に下げると、流行のピークは 120 日 (4 か月) と後ろにずれ、ピーク時の有病者数は約 11 万人に低下した。

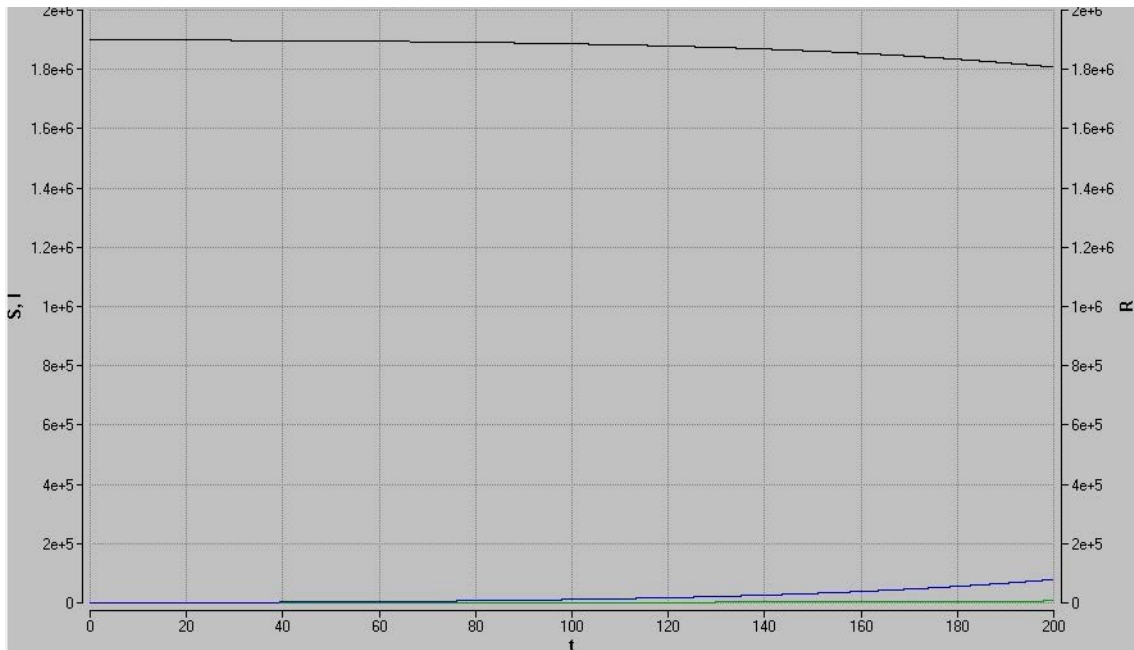


図3 群馬県における流行のシミュレーションモデル3

実効再生産数を1.2に下げると、流行のピークはすぐに来ないので、対策を講じる時間稼ぎをおこなうことができる。

### 3 リアルタイム推定

上記は理論値に基づく流行の推定であるが、現在の疫学情報を元にして、感染症の流行をリアルタイムに評価することも可能である。真の感染者数や発症者数は不明であるが、公開情報を元に、日ごとのばらつきを修正した流行動態を評価した（図4）。

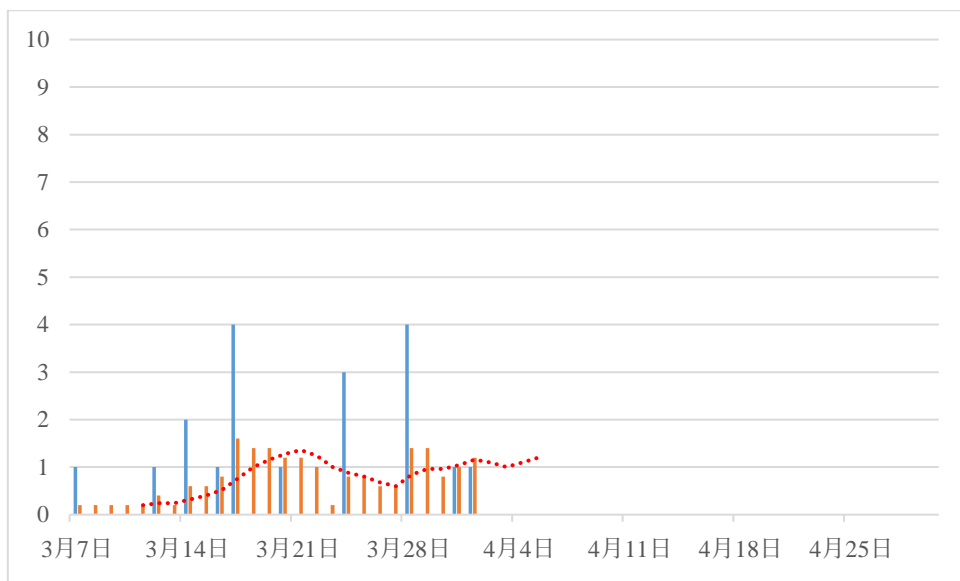


図4 群馬県におけるPCR陽性者から推定した流行状態

群馬県のHPにおいて公表されているデータを元に、毎日のPCR陽性者数を見積もった。青線が公開データ、オレンジ線が移動平均値、赤線がその近似曲線であり、著しい上昇傾向は認めなかった。

県による発表データを元に、報告者数を5日間の移動平均で平坦化して、ここ数週間の状況について評価した。仮に発症者を正確に拾い上げることができているとすると、現在のところ毎日1名前後の発症者が存在していると考えられる。このデータからは、現在のところ著しい増加傾向は認めなかった。今後はこの曲線が増加傾向を示したとき、流行が本格的に拡大し始めたと解釈することができる。さらに、この移動平均で得たデータを元に実効再生産数を計算した(図5)。

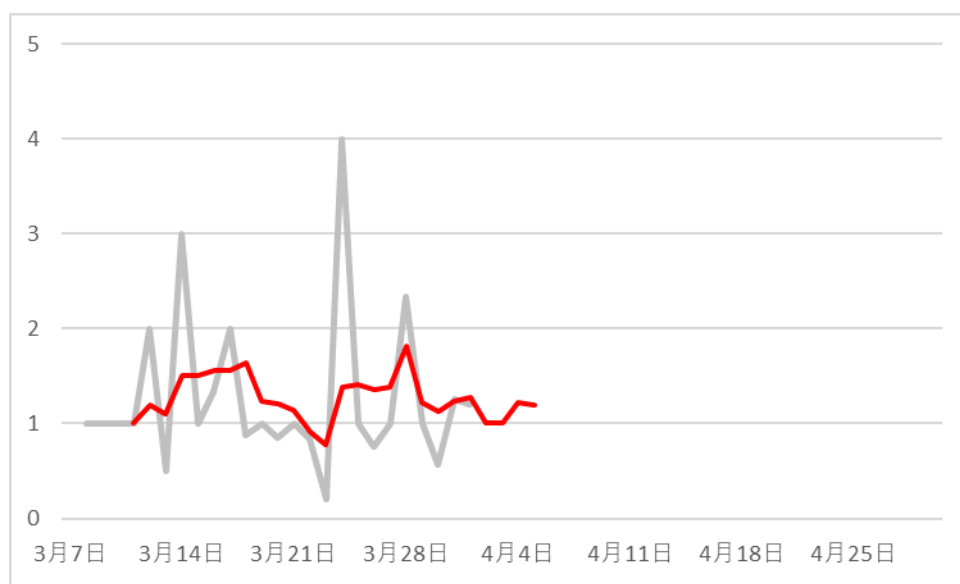


図5 実効再生産数の推計

移動平均値を元に、簡易的に実効再生産数を計算した。灰色の曲線が粗な実効再生産数、赤色の曲線がスムージングを行った実効再生産数である。この数値が1前後を行き来している限り、感染の拡大は起きてないと判断することができる。

現在のところ、実効再生産数は平均1.26であり、流行が拡大しているとはいえない。学校の休校措置や日頃の衛生管理により、感染拡大が予防できている可能性がある。引き続きこの数値を増加させない下記のような施策をおこなうべきである。

#### 4 今後の施策について

感染症は、①感染源、②感染経路、③感受性のあるヒト、という3要素が揃って成立する。感染症はこの3つの部分に介入すると制御することができる。それぞれへの対策を順に説明する。

①感染源に対しては、感染の発生源となっている中国や欧米諸国に対しては渡航制限を強化することで持ち込みを防ぐことが可能である。しかし一方で、感染源が不明な市中感染が確認されている現在、わが国では特定の地域を対象とした封じ込めなどの感染源対策は困難となっている。感染の拡大している都市部には不要不急の移動を控えることが望ましい。

また、新型コロナウイルスは潜伏期と診断確定までの日数を合計すると約2週間になることが分かっており、感染者が長時間にわたり意図せずウイルスを発散していることが問題となっている。したがって私たちすべてが感染源となり得ることを改めて理解し、ウイルスを拡散しないためにマスクを装着するなどの感染経路対策などを実行することが必要である。

②の感染経路対策が現在の主要な対策方法となる。ウイルスが空間中に飛散するのを防ぐために全てのヒトがマスク装着と咳エチケットに留意すること、環境中に発散した場合は長時間存在できなくするためにするためドアノブや共用機材のアルコール消毒や洗浄を行うこと、そして人にウイルスが付着するのを防ぐためにマスクを装着したり手洗いをおこなうことが必要となる。またヒトの接触する頻度を下げることによって感染が成立する確率を下げることが可能であり、それが自宅勤務や学校閉鎖である。今後しばらくはこの感染経路対策を中心として、群馬県民の私たち全員で対策を講じる必要がある。

③今のところ新型コロナウイルスに対する有効なワクチンや薬物的対策方法が確立されていないため、感受性のあるヒトの対策が困難である。よく比較されるインフルエンザウイルスはワクチンや抗ウイルス薬が存在するが、新型コロナウイルスは未だ薬物的対策ができないという点が異なる。ウイルス学や薬理学方面の努力が続けられており、今後の特効薬の開発を期待したい。

クラスターが発生した同じ場所に居合わせても感染しない人、感染しても軽症ですむ人の存在が想定されている。また高齢者や有病者が重症化しやすいことも明らかにされている。個々人の感受性には大きな違いがあるため、それぞれが抵抗力・免疫力を高めることが重要である。またストレスや不摂生が個人の自然免疫力を低下させることが知られているため、生活習慣の見直しや休養をしっかりとるなど、一般的に重要と考えられている対策をおこなうことが求められる。

## 5 まとめ

感染症はヒトからヒトに伝播する疾病であることから、個人の努力だけでなく、集団として対策を講じることが求められる。つまり、決して他人事と見なさず、自分も感染対策に参加することで、新型コロナ感染症の拡大を予防することが必要である。この点は他の慢性疾患等と考え方を区別しなければならない。群馬県民私たち全員で意識を高め、感染拡大を防止することが望まれる。

なお、上記の流行動態については、情報の更新により数値などが変更する可能性があるため、引き続き情報探索と提供を継続する予定である。

### 参考文献

- 1) 新型コロナウイルス感染症対策専門家会議 「新型コロナウイルス感染症対策の状況分析・提言」(2020年3月19日)
- 2) Wan H, et al. Phase-adjusted estimation of the number of Coronavirus Disease 2019 cases in Wuhan, China. *Cell Discovery*. 2020 6:10.
- 3) Imai N, et al. Report 3: Transmissibility of 2019-nCoV. Imperial College London COVID-19 Response Team.
- 4) Flaxman s, et al. Report 13: Estimating the number of infections and the impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in 11 European countries. Imperial College London COVID-19 Response Team.
- 5) Li Q, et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. *The New England Journal of Medicine*. 2020 382:1199-1207.