

## 閉鎖集団における A/H1N1 の第 2 波の成因と予測 (仮説)

いしかわやすひろ  
石川 康宏\*

はじめに さいたま市中央区では易感染層の約半数は感染したと思われる。:

既に、さいたま市中央区における A/H1N1 サーベイランス分析をさいたま市与野医師会誌第 49 号で報告したが、図 1 から推定したように、5 歳から 14 歳の易感染層では、既に 4 割から 5 割が集団免疫を獲得していると思われる。小中学校などの帰属集団ごとの罹患率を、表 1 で示した。しかし、この表には、我々が、3 割程度しか補足していない少中学校もある。

名称の末尾の\*\*は区境に位置し中央区以外の医療機関を受診している可能性がある。名称の末尾の++は評価不能。真に罹患率 30% 台なのか? 他区医療機関受診か? その他のバイアスがかかっているのだろうか?

第 2 波の予測と simulation - forest fire model:

ここで、さいたま市中央区の中心部にある小中学校の閉鎖集団において、約 50% の生徒が既に感染していると仮定すると、この閉鎖集団において、2010 年の秋以降に想定される第 2 波について考えてみた。図 2 は、forest fire model[1] で格子上に 21 名 \* 21 名の 441 名がいる閉鎖集団を想定する。赤が感染者、緑は、治癒若しくは死亡者である。格子上にいる感受性者は、表示していない。図左上のパネル A の中央の一人から感染が拡大したとする。感染は、縦横斜めの 8 人の近隣者に感染者がいれば、一人の感染者からの確率で起こり、感染者は の確率で治癒若しくは死亡として取り除かれるとする。感染の大きさは、 と の値により、大規模になったり、小規模で終わるが、 を 0.07、 を 0.2 とすると、パ

ネル E に示したように約半数の 212 名の感染者を出して、第 1 波が終了する。パネル B、C、D は、第 1 波の感染の拡がりを示している。第 1 波が終了しても、尚、約半数はまだ感受性がある。しばらくして、パネル F で示した左中ほどに第 2 波の一人目の感染者が出現する。パネル G は、第 2 波の感染拡大をパネル H は、第 2 波の終了を示す。

図 3 の左のグラフは、この Simulation で得られた第 1 波と第 2 波の累積患者数を示し、図 3 の右のグラフは、単位時間あたりの患者数を示している。

第 1 波 (累計 211 名) が終了後に左中ほどから、第 2 波を始めたが、同様にして全ての未感染者 230 名について、第 2 波を開始させ、その累積感染者 (感染のサイズ) みたものが、図 4 である。図 4 の左には、trial ごとの感染のサイズ、右はその頻度を表したヒストグラムである。第 2 波の最大は 116 名であり、100 名を越えたものは、230 回の trial で 2 回、50 人から 100 人の間が 3 回であり、多くは、40 名以下が、223 回であった。第 2 波の感染サイズが小さければ、感染ポケットは大きいので、引き続き第 3 波が来ると考えられるが、Virus の特性に変化がなければ、第 2 波と第 3 波の関係も、第 1 波と第 2 波の関係と同様に論じることができる。以上から、441 名の閉鎖系集団で、約半数が既に感染している場合に、最大で 116 名 (確率は、230 分の 1)、多くは、40 名以下 (確率は、230 分の 223) の感染の大きさの小さな集団発生が、断続的に出現すると考えるのが自然である。

第 2 波の予測と simulation - SIR model : SIR とは、Susceptible (感受性者), Infected (感染者) and Removed (回復もしくは死者) の略である。a:infection

\*さいたま市中央区 石川医院

表 1: さいたま市中央区の小中学校の ILI 罹患率 3 割程度の罹患率の学校もある。

名称	生徒総数	ILI 総数	ILI 割合%
YH-ES	498	308	61.8
KO-ES	751	354	47.1
OO-ES	616	341	55.4
SO-ES**	640	225	35.2
YS-ES**	896	187	20.9
SY-ES	554	260	46.9
YH-ES	928	402	43.3
YM-ES++	352	116	33
YH-JH++	632	227	35.9
YN-JH	509	266	52.3
YM-JH	460	191	41.5
HO-JH**	436	85	19.5

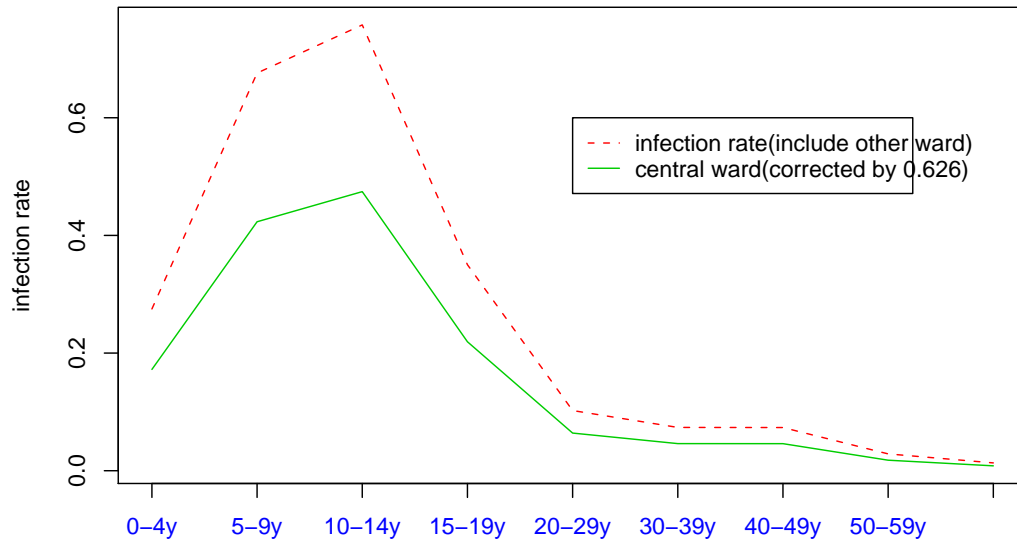


図 1: 年令別累積患者数から中央区罹患率の推定

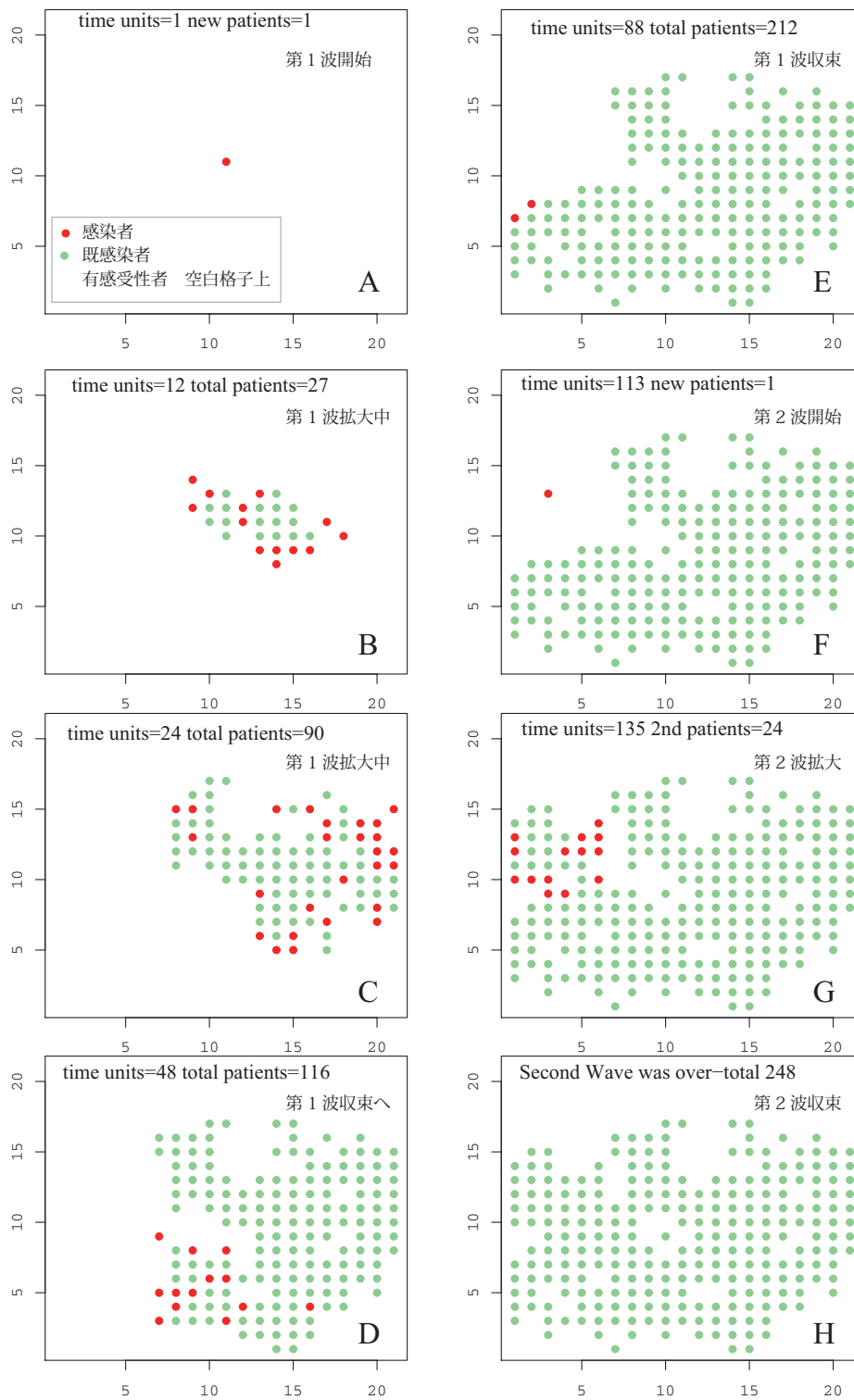


図 2: 閉鎖集団における第 2 波のシミュレーション。赤が感染者、緑が治癒もしくは、死亡。空白には格子状に感受性者が配置されている。左上のパネル A の中央の赤い丸が最初の感染者。右上のパネル E が第 1 波の終了。パネル F の左中ほどから、第 2 波が始まる。本文参照。

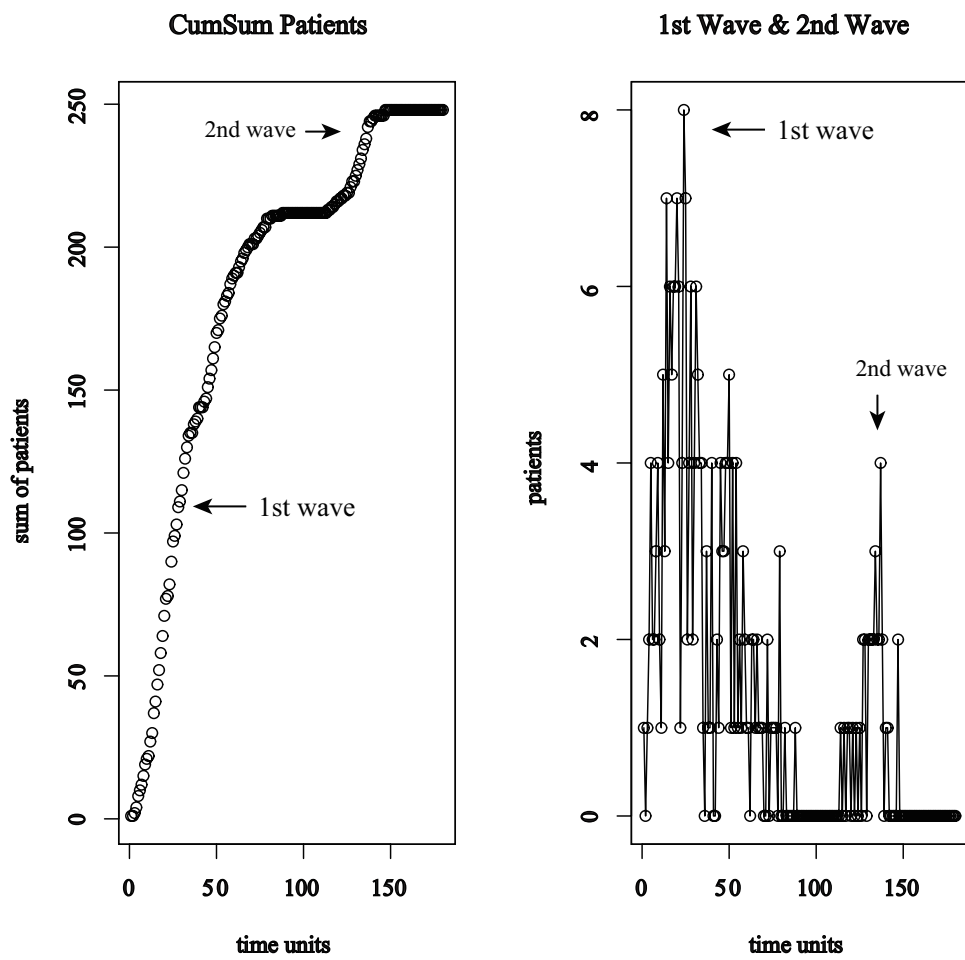


図 3: 第 1 波と第 2 波の累積患者数 (左) と単位時間あたりの患者数 (右)。

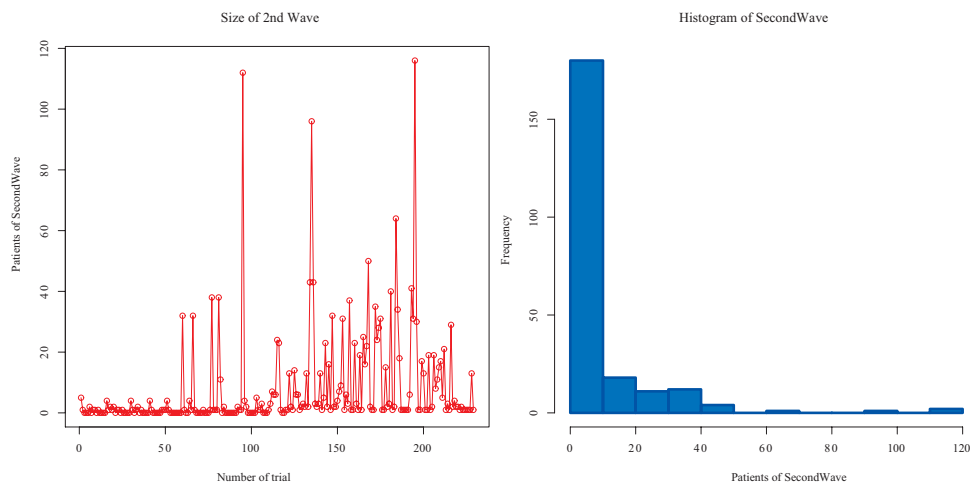


図 4: forest fire model での第 2 波の大きさ (左) と大きさの頻度のヒストグラム (右)。

rate とし、b: removal rate とし、N:initial susceptibles とし、T:simulation length とする。

$S_{n+1}$  は、非感染率  $(1 - a)$  感染者数  $I$  の確率で、試行回数  $S$  の 2 項分布に伴う乱数を 1 個生成する。 $R_{n+1}$  は、 $R_n + (回復率 b の確率、試行回数 I)$  の 2 項分布に伴う乱数を 1 個生成する。

$I$  は  $I_{n+1} = N + 1 - R_{n+1} - S_{n+1}$  という関係がある。

$a=0.001; b=0.35; N=500; T=250$ ; とすると 501 名の閉鎖集団で中等度の大きさの感染が見られる。

第 1 波として、1 人の感染者からはじめ、平衡に達する 125 単位時間で、更に 1 人の患者を加えることで、第 2 波を作成した。図 5 は、第 1 波で、10 人以上の発症は、395 回/1000 回中であり、第 1 波が 10 名未満の時、第 2 波が、それより 10 名以上感染者を出したのは、84 回/1000 回中であった。

図 5 から、第 1 波が罹患率 40%(200 名) を切ると、第 2 波が生成される可能性がある。また、第 1 波が小さい場合、第 2 波は大きくなる事があるが、第 2 波は、第 1 波の最大値を越えて大きくなる事はない。

図 6 は、図 5 の SIR モデルでの第 2 波を起こした場合に上段は、最大累積患者数の頻度、下段は、単

位時間での最大の感染者の頻度を示した。

結語 閉鎖集団で感染者が 40% を切ると、小さな第 2 波が起こるが、感染ポケットが大きいほど、大きな第 2 波になる可能性はある。ILI のサーベイランスと抗体検査は、将来を占う意味で、重要である。

## 参考文献

- [1] Owen Jones, Robert Maillardet, Andrew Robinson. Introduction to Scientific Programming and Simulation Using R. Boca Raton: CRC Press; 2009: 377-419.

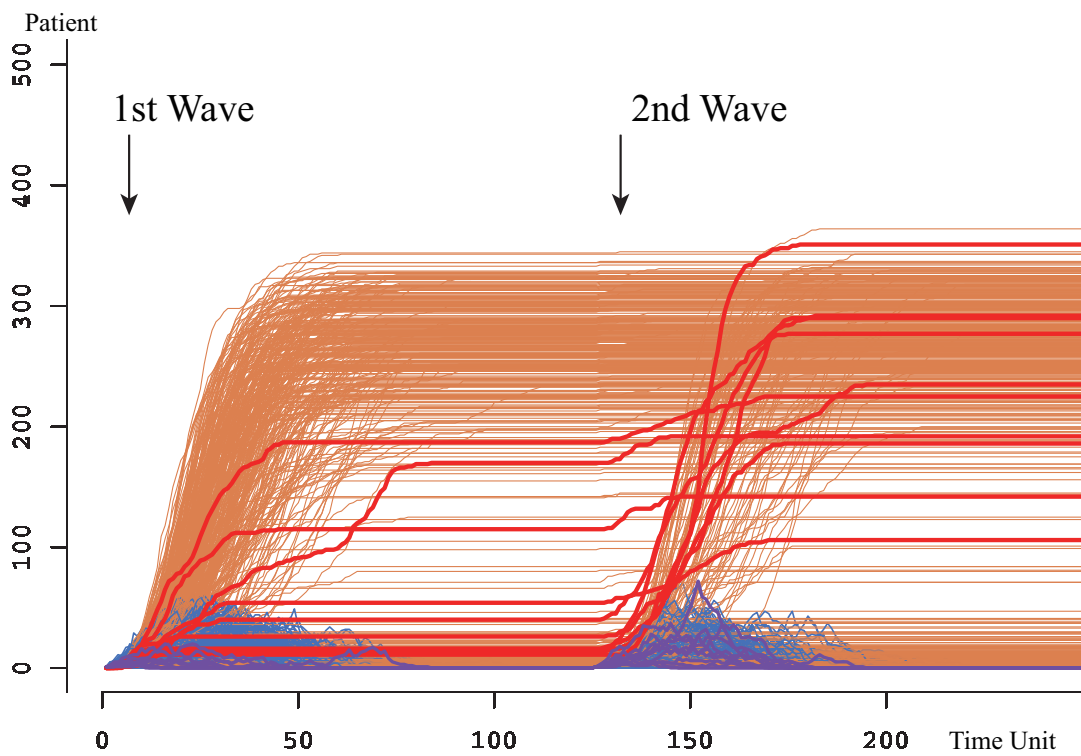


図 5: SIR モデルでの第 2 波を起こし、第 1 波との関係を見る。赤い太い線が第 1 波が 10 名以上で、第 2 波が更に 10 名以上の試行である。細い線は 1000 回の trial のグラフである。図の下に僅かに見える細い青い線は、単位時間の感染者数で、紫の太い線が第 2 波を起こした試行の患者数を示す。

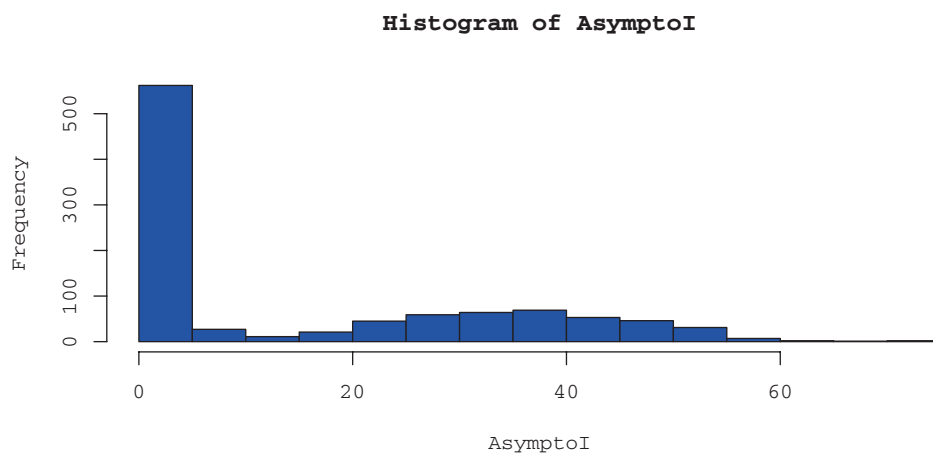
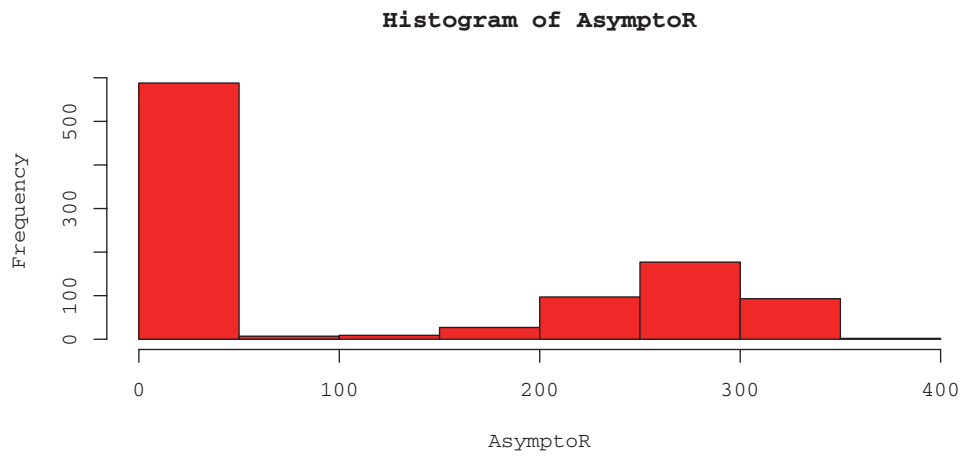


図 6: 図 5 の SIR モデルでの第 2 波を起こした場合に上段は、最大累積患者数の頻度、下段は、単位時間での最大の感染者の頻度を示した。