

7/12緊急事態宣言の効果および ワクチン接種加速のシナリオ分析

2021.7.20

筑波大学 倉橋節也

サマリー

1. 7/12緊急事態宣言の効果を生ナリオ推定

7/12以降の東京都の緊急事態宣言効果を、第2次宣言相当（2021/1）、第3次宣言相当（2021/4）、第3次宣言相当+ワクチン接種加速の3つのシナリオで、新規陽性患者数と重症者数（東京基準）を推定した。

2. 第2次緊急事態宣言相当では、2100名を超える新規陽性患者が発生

2021年1月の第2次緊急事態宣言と同程度の効果の場合、8月上旬に新規陽性患者は1日あたり2100名を超え、9月初めには210名の重症患者が発生する恐れがある。現在の人手からは、こちらに近い状況と思われる。

3. 第3次緊急事態宣言相当では、1200名程度の新規陽性患者が発生

2021年4月の第3次緊急事態宣言と同程度の効果の場合、8月初めに新規陽性患者は1日あたり1230名に達し、その後減少するが、9月初めには210名の重症患者が発生する恐れがある。2022年4月まで感染は続く可能性がある。

4. ワクチン接種加速および39歳以下接種によって、秋以降の感染抑制が可能

8月15日以降のワクチン接種速度1.2%/日に加速し、15-39歳の接種順位を上げる（15-39歳 0.7, 40-64歳 0.3）ことで、秋以降の感染抑制効果が高くなり、2022年3月で終息する可能性がある。

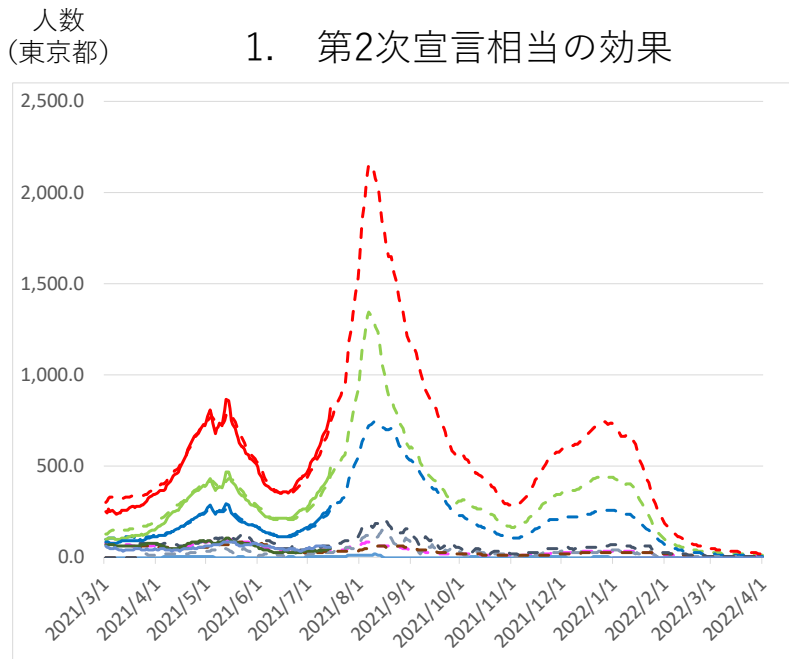
デルタ株を含む新規陽性者のシナリオ分析

- 7/12緊急事態宣言の強度が第3次相当で、8月初旬に陽性患者数1230人、重症者数147人
- ワクチン接種加速および39歳以下接種強化によって、秋以降の感染抑制・来年3月の終息が可能

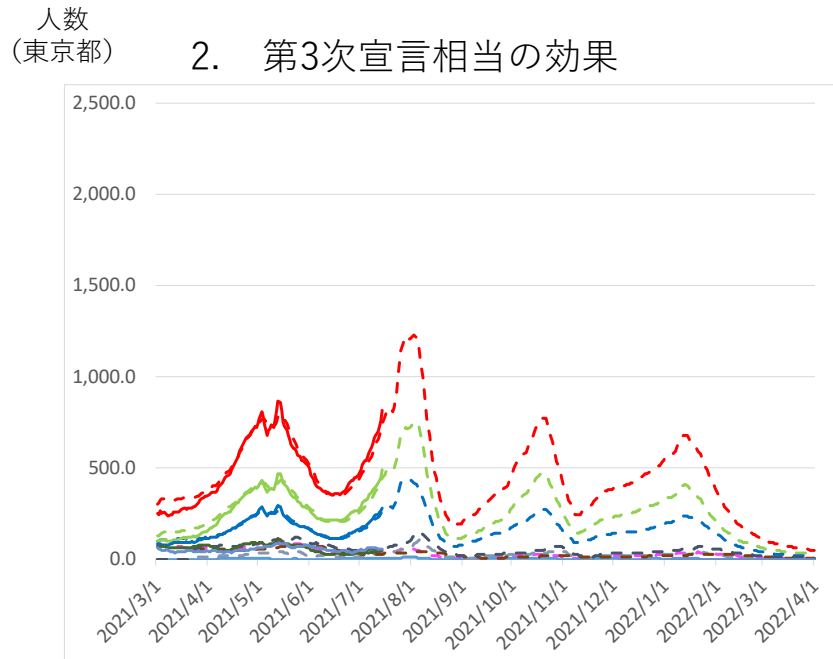
7/12に緊急事態宣言およびワクチン接種加速効果（ベース 1.0%/日）

1. 第2次宣言相当の効果 ワクチン接種速度 1.0%/日 15-39歳0.5 40-59歳0.5
2. 第3次宣言相当の効果 ワクチン接種速度 1.0%/日 15-39歳0.5 40-59歳0.5
3. 第3次宣言相当の効果 ワクチン接種速度 8/15以降 1.2%/日 15-39歳0.7 40-59歳0.3

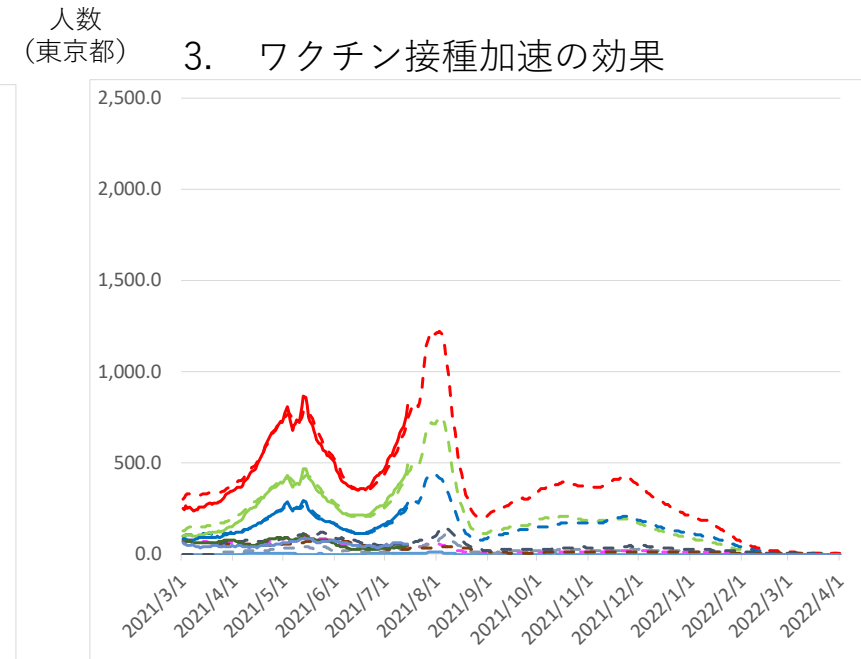
赤：新規陽性者総数（15歳以上）
 緑：新規陽性者数（15歳～39歳）
 青：新規陽性者数（40歳～64歳）
 紫：新規陽性者数（65歳～）
 濃紫波線：重症者数
 実線：実測数 波線：推定数
 *数値は7日間移動平均



8/8 陽性患者 2160, 9/3 重症者 210



8/4 陽性患者 1230, 8/18 重症者 147



8/4 陽性患者 1220, 8/18 重症者 147

モデル設定

1. SEIR数理モデルとAI最適化手法による感染モデル

人口流動を考慮したSEIRモデルとAI技術（進化的最適化+準ニュートン法）を用いて感染モデル推定の最適化を行うことで、2.6人/日の精度で15歳～39歳、40歳～59歳、65歳以上の3つの年代内および年代間での感染推定を行った*。都外からの陽性患者流入推定値をモデルに組み込み、2021年6月21日～7月15日の陽性患者数からモデルを学習させた。重症者数は、過去3ヶ月のデータから統計モデルを構築し、それぞれの年代の陽性患者数推移から推定した。また、昨年（2020年）の第1次緊急事態宣言解除と同等の都民の行動変容があったとして、昨年夏以降の実効再生産数と都内流動人口データを適用してシミュレーションを実施した。

2. サーキットブレーカーの強度とワクチン接種効果を推定

アルファ株（従来株残存）とデルタ株を対象に、緊急事態宣言緩和の強度を第1次と第2次の緊急事態宣言の中間に設定した。

3. ワクチン効果設定

- デルタ株は、アルファ株に対して実効再生産数を50%アップさせるとした。
ワクチン効果は、アルファ株に対して、第1回で57%、第2回で94%の発症予防効果があるとし、デルタ株に対してはそれぞれ0.9倍とした。
3/1 - 6/22 の実効再生産数・人口流動数の推移は実測値を使用。6/23～7/22は、直近の7日間移動平均Rtを使用し、7/23以降は2020/7/23以降と同等と仮定。ピーク後の減少は、感染拡大に伴う外出自粛などの住民の行動変容に起因するとした。

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20210610/k10013077751000.html>

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000787862.pdf>

- ワクチン接種速度の設定
3/5以降人口の0.05%（医療従事者1回目実測数）
3/27日後 0.032%, 0.033%（医療従事者1回目, 2回目実測数）
4/12以降 0.069%, 0.030%（医療従事者1回目, 2回目実測数） 0.01%（高齢者1回目実測数）
5/4以降 0.064%, 0.078%（医療従事者1回目, 2回目実測数） 0.065%, 0.006%（高齢者1回目, 2回目実測数）
6/1以降 0.064%, 0.078%（医療従事者1回目, 2回目見込み） 0.08%, 0.065%（高齢者1回目, 2回目見込み）
6/21以降 $k/2\%$, $k/2\%$ （医療従事者1回目, 2回目見込み） $k/2\%$, $k/2\%$ （高齢者1回目, 2回目見込み） $k=1.0\%$
8/15以降1.0倍 or 1.2倍

- 新規陽性患者は、15歳以上の新規陽性者数（公表日）としているため、陽性患者総数よりも1割程度低めになっている。

モデル詳細

年代別ワクチン効果SEIRモデル

$$\frac{dS_i}{dt} = mN_i - mS_i - \sum_{i'} \frac{\alpha_{i,i'} b_{i,i',t} S_i (I_{i'} + in_risk_{i',t})}{N_i} - \sum_k \sigma_{i,k} \lambda_{i,k} N_i$$

$$\frac{dE_i}{dt} = \sum_{i'} \frac{\alpha_{i,i'} b_{i,i',t} S_i (I_{i'} + in_risk_{i',t})}{N_i} - (m + a) E_i$$

$$\frac{dI_i}{dt} = a E_i - (m + g) I_i$$

$$\frac{dR_i}{dt} = g I_i - m R_i + \sum_k \sigma_{i,k} \lambda_{i,k} N_i$$

$$S_i \leftarrow S_i + \sum_j S_leave_{i,j,t} - \sum_j S_leave_{j,i,t}$$

$$E_i \leftarrow E_i + \sum_j E_leave_{i,j,t} - \sum_j E_leave_{j,i,t}$$

$$I_i \leftarrow I_i + \sum_j I_leave_{i,j,t} - \sum_j I_leave_{j,i,t}$$

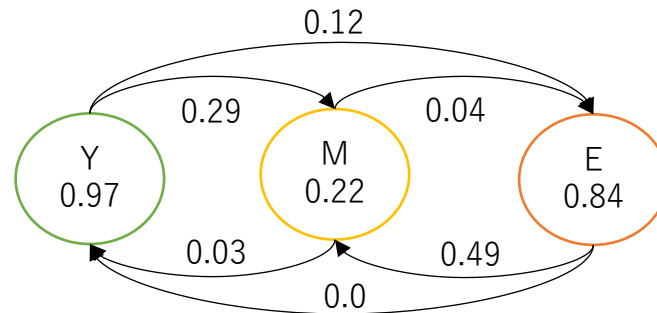
$$R_i \leftarrow R_i + \sum_j R_leave_{i,j,t} - \sum_j R_leave_{j,i,t}$$

$$N_i \leftarrow S_i + E_i + I_i + R_i$$

- N_i = 年代 i の人口
- S_i = 年代 i の免疫を持たない人の数
- E_i = 年代 i の潜伏期間の人の数
- I_i = 年代 i の発症者の数
- R_i = 年代 i の回復者の数
- t = 時間
- m = 出生率=死亡率
- $\alpha_{i,i'}$ = 年代間感染率
- $b_{i,i',t}$ = 時刻 t における感染率
- a = 感染症の発症率
- g = 感染症からの回復率
- σ_k = k 回目の単位時間当たりのワクチン接種割合パラメータ
- λ_k = k 回目のワクチンによる免疫獲得確率パラメータ

年代別感染推移確率 (右から左へ伝播)

	Age_Y	Age_M	Age_E
Age_Y	← 0.97	0.03	0.0
Age_M	← 0.29	0.22	0.49
Age_E	← 0.12	0.04	0.84



Yは15歳以上39歳以下、Mは40歳以上64歳以下、Eは65歳以上を表す。
 15歳以上39歳以下への感染は、同年代(15歳以上39歳以下)からが97%、
 40歳以上64歳以下からが3%、65歳以上からが0%であることを示す。
 40歳以上64歳以下と65歳以上への感染についても同様。

逆シミュレーションモデル

$$flow_risk_t = \frac{\sum_{i=1}^j flow_{i,t} * c_{pt} * u_r}{pop}$$

$$b_{i,j} = a_{i,j} (R_t^i x_1 - x_2)$$

$$min \sum_{t=1}^{now} (pred_t(\mathbf{R}_t, \mathbf{a}, \mathbf{x}) - observ_t)^2$$

subject to.

$$x_1^i > 0$$

$$1 \geq a_{i,i} \geq 0$$

$$a_{i,i} + \sum_{j,i \neq j} a_{i,j} = 1$$

R_t^i = 実効再生産数

x_k = 感染率係数

$a_{i,j}$ = 年代間感染係数