

COVID-19変異種 ワクチン接種の効果推定

東京都の感染者予測と
追跡接種と集団接種比較

2021.3.8

2021.3.20 r2b

筑波大学大学院 倉橋節也

サマリー

1. 数理モデルとAIの融合による感染モデル

新型コロナウイルス感染症において、緊急事態宣言解除後の感染予測と、ワクチン接種の効果を予測した。予測期間は2021年3月から11月とし、人口流動を考慮したSEIRモデルとAI技術（進化的最適化）を用いて感染モデル推定の最適化を行うことで、2.6名/日の精度で60歳以上と59歳以下の2つの年代および年代間での感染推定が可能となった。人口流動に伴う感染者流入リスクを一部考慮することで、市中感染者の滞留と加速度的な感染拡大現象が一定程度表現できるようになった。このモデルにおいて、昨年6月1日以降と同じ都民の行動変容（ \Rightarrow 実効再生産数）があったとしてシミュレーションを実施した。

2. 年代グループ間の感染率推定

本モデルを用いて、時系列の陽性確認者数から60歳以上と59歳以下の年代グループ間の感染率を推定した結果、59歳Gから60歳Gは0.504、60歳Gから59歳Gへは0.100となり、約5倍の差が生じていることが判明した。

3. 英国型変異種の感染予測とワクチン接種効果を推定

東京都での英国変異種ウイルスの感染者予測を行った結果、3/21時点で10名の英国型変異種ウイルス感染者がいた場合、6/1以降に0.3%/日のワクチン接種では、第5波の感染拡大が防げないこと、0.5%/日であれば、感染拡大を防ぐことができること、全年代でワクチン接種をすることの方が拡大防止には有効であることが示された。

4. 南ア・ブラジル型変異種の感染予測とワクチン接種効果を推定

東京都での南ア・ブラジル型変異種ウイルスの感染者予測を行った結果、3/21時点で10名の変異種ウイルス感染者がいた場合、6/1以降に0.3%/日のワクチン接種では、第5波の感染拡大が防げないこと、0.5%/日であっても、10000人を超える感染拡大が発生することが示された。

5. 追跡ワクチン接種の効果推定

現状の集団ワクチン接種に対して、COVID-19に対する追跡ワクチン接種の効果を個体ベースモデルでシミュレーション分析した。その結果、追跡ワクチン接種の効果は、集団ワクチン接種に比べて効果は限定的ではあるが、感染発生後の対策において、ワクチン接種数が大幅に少なくても済むことが示された。

2021/3/11 r1: ブラジル型はファイザー社製ワクチンの効果が低下しない可能性が示されており、その条件を追記

2021/3/16 r2: 3/14データに更新、年代間の感染率推定、ワクチン接種時期の変更、追跡ワクチン接種の効果を追記

3/21 英国型変異種感染者10名

実効再生産数を62.5%(40%-75%の平均)アップさせるとした場合

medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.30.20249034>

6/1以降 0.3%/人口/日接種

変異種感染者予測 (ワクチンなし)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が250名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、ワクチン接種なし

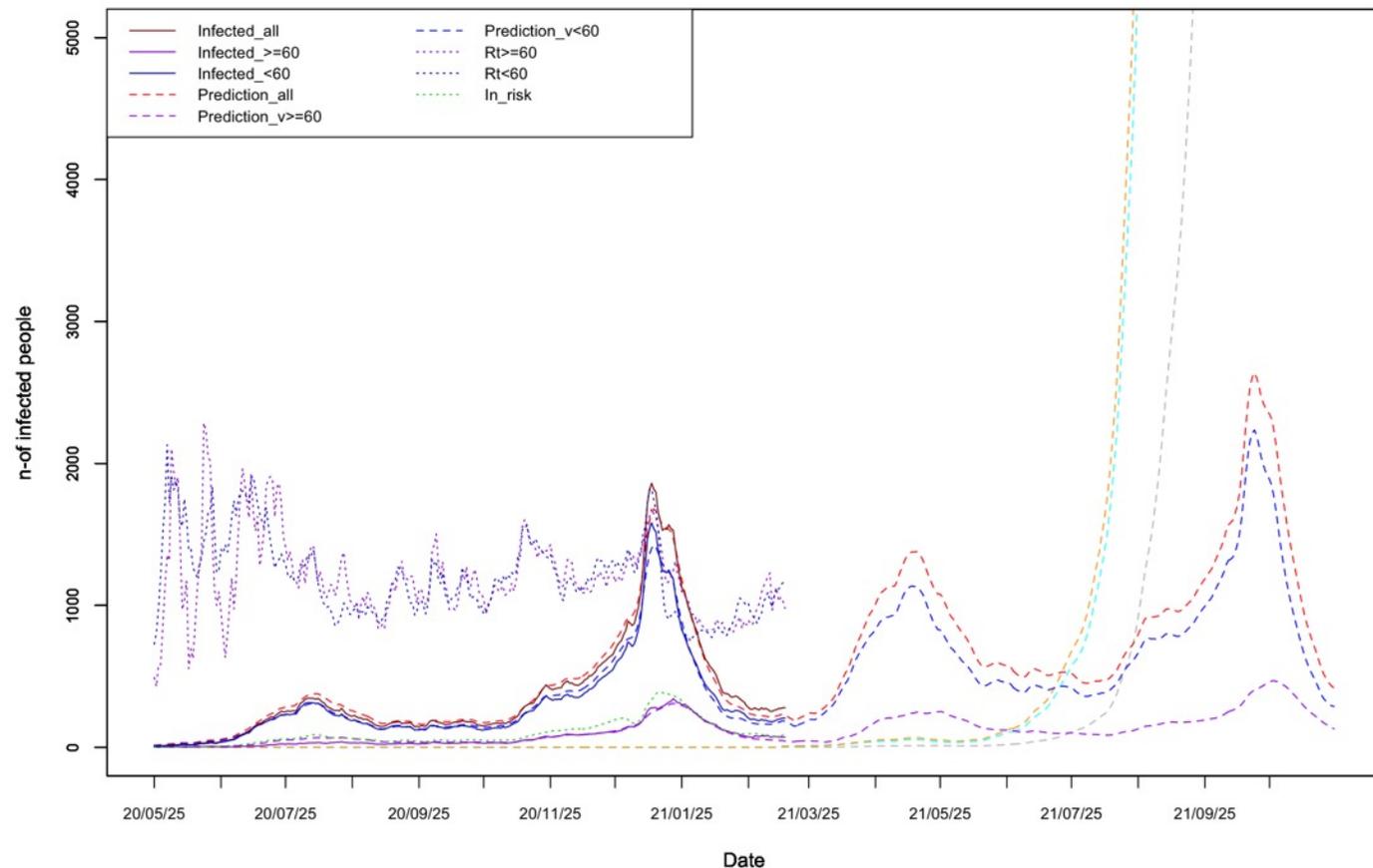
全感染者予測（橙破線）

第5波ピーク：11/8 493,500人

なお、第4波および第5波でピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代予測（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.3%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った7/4以降は59歳以下に接種）

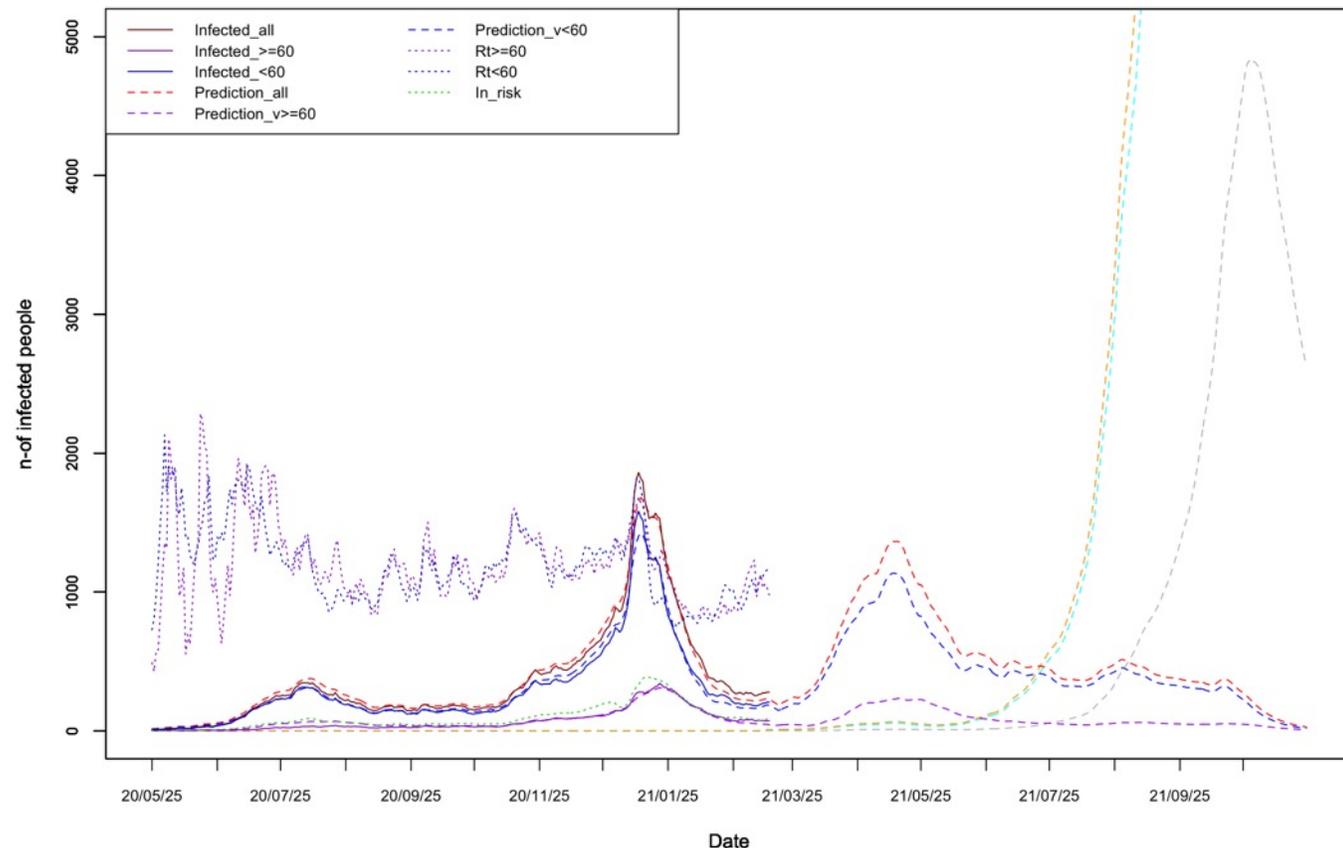
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/21 29,100人

なお、第4波および第5波でピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.15% + 0.15% = 0.3%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、全年代で0.3%/日にワクチン接種

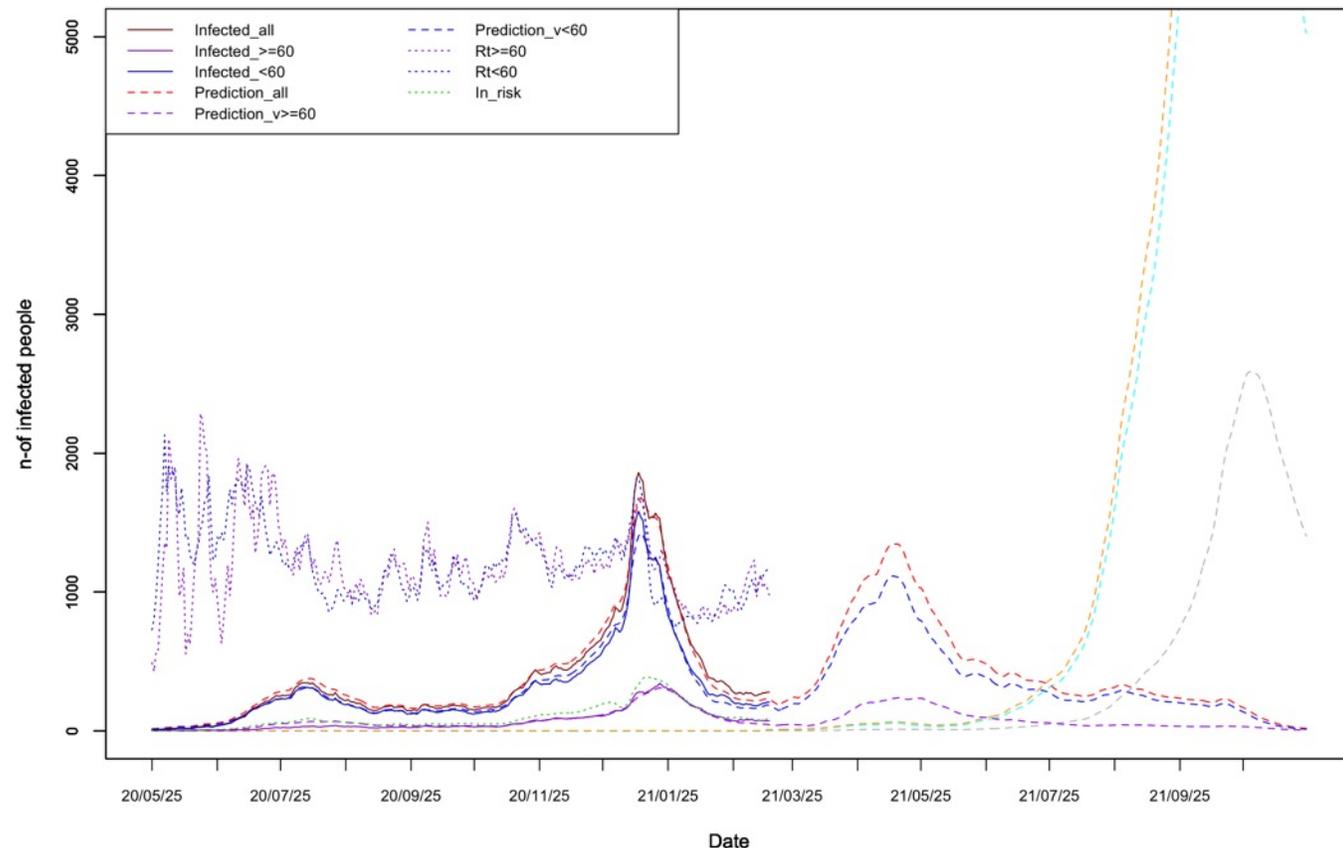
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/21 15,000人

なお、第4波および第5波でピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.15% + 0.15% = 0.3%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (59歳以下優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、59歳以下優先で0.3%/日にワクチン接種（59歳以下に行き渡った11/15以降は60歳以上に接種）

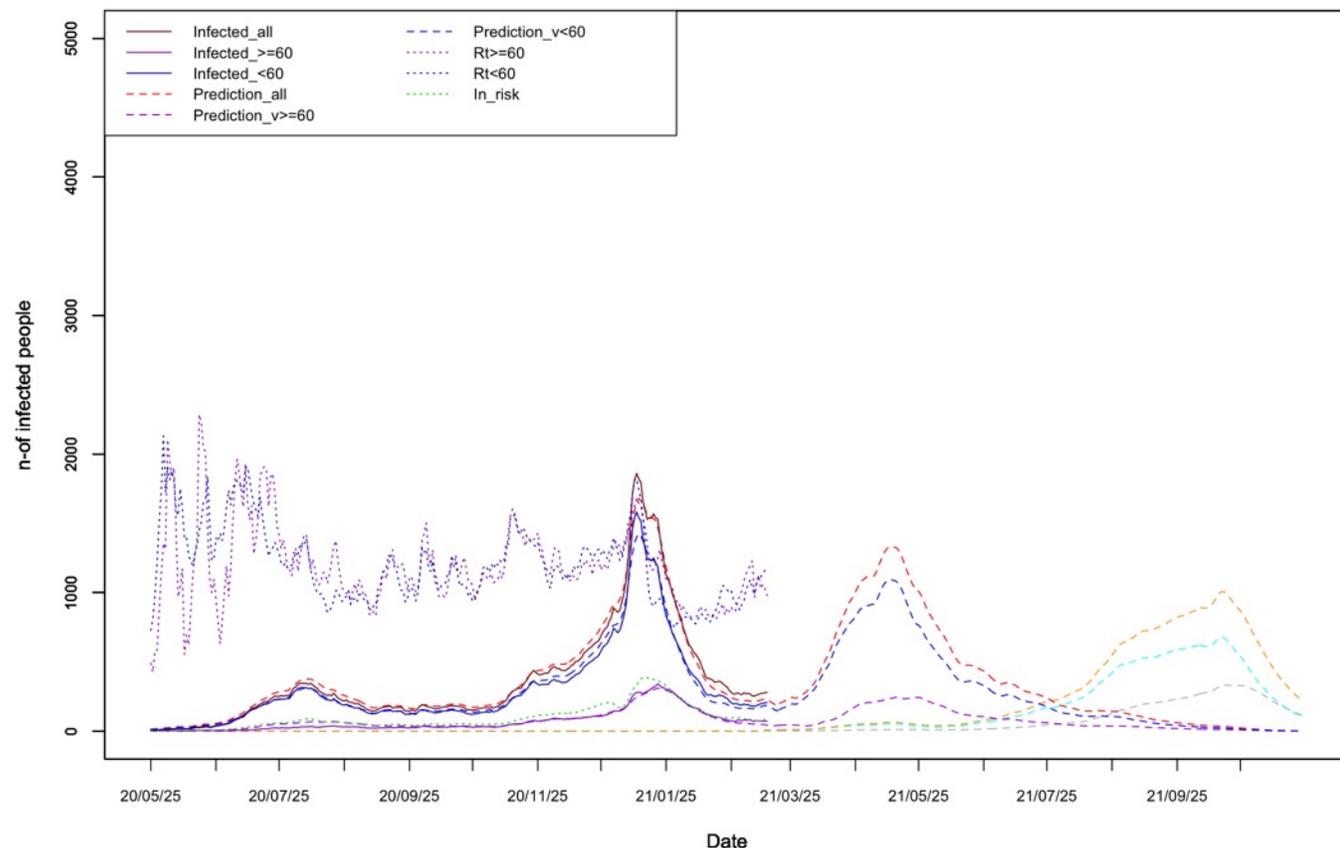
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/18 1,010人

なお、第4波および第5波でピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.15% + 0.15% = 0.3%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

3/21 英国型変異種感染者10名

実効再生産数を62.5%(40%-75%の平均)アップさせるとした場合

medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.30.20249034>

6/1以降 0.5%/人口/日接種

ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/22以降は59歳以下に接種）

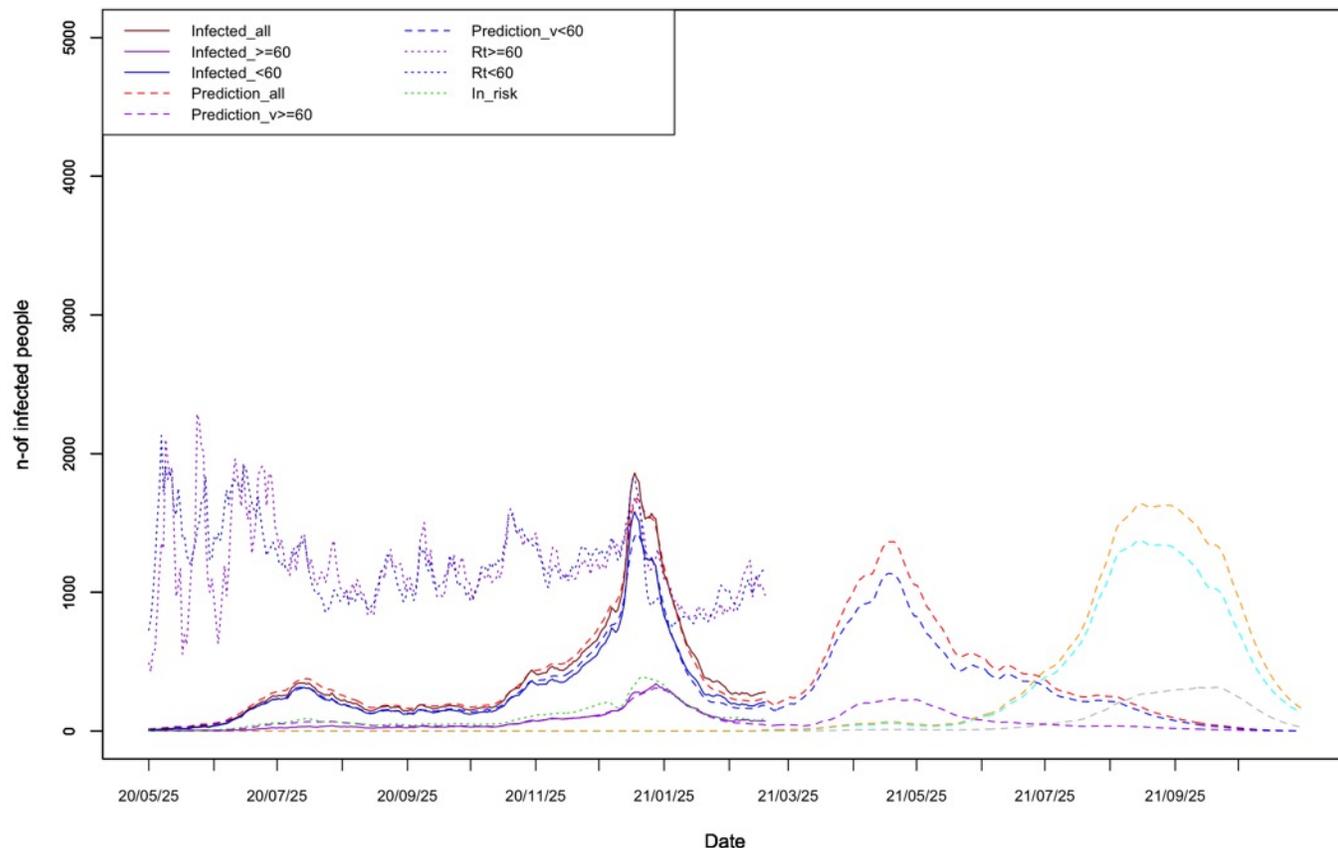
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 1,640人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、全年代で0.5%/日にワクチン接種

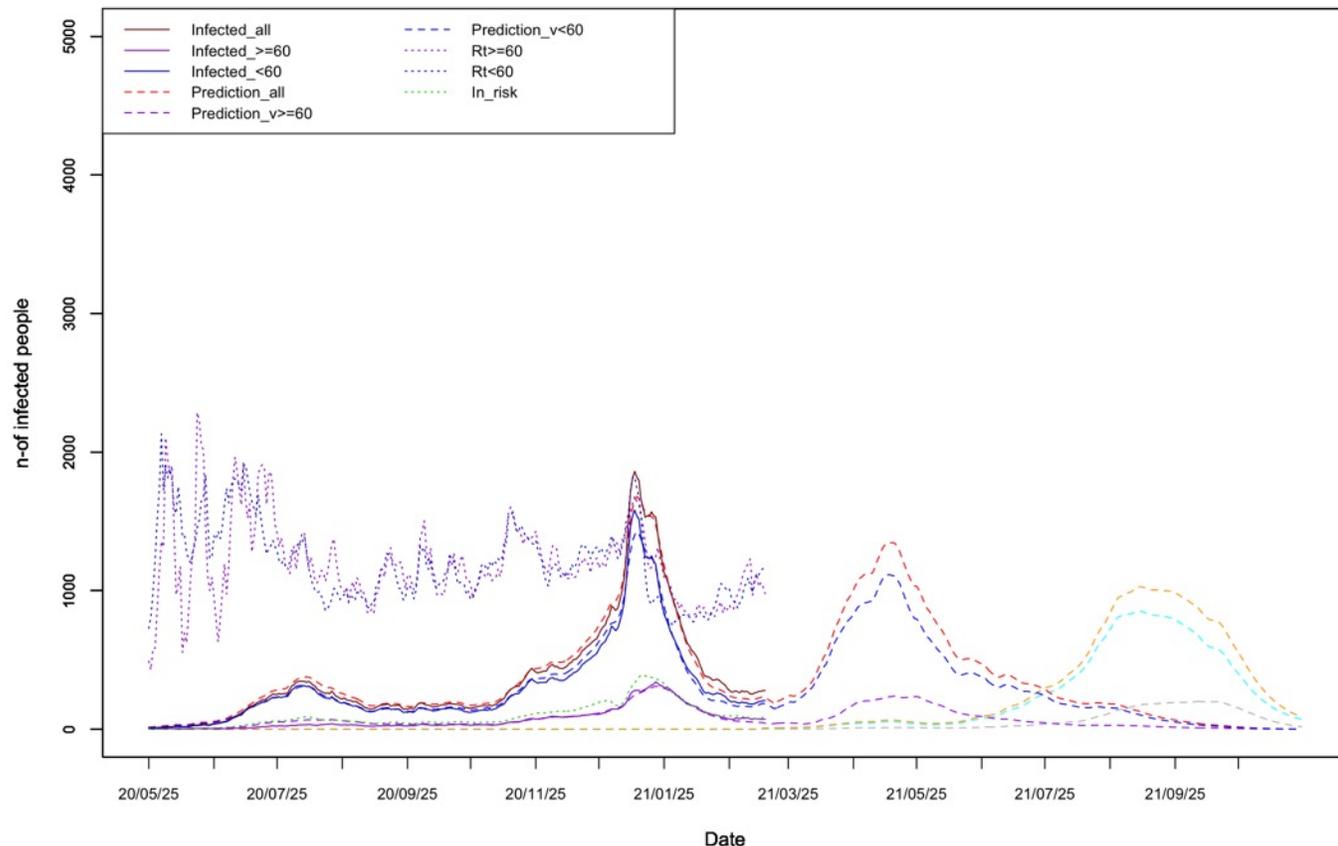
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 1,030人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (59歳以下優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、59歳以下優先で0.5%/日にワクチン接種（59歳以下に行き渡った9/10以降は60歳以上に接種）

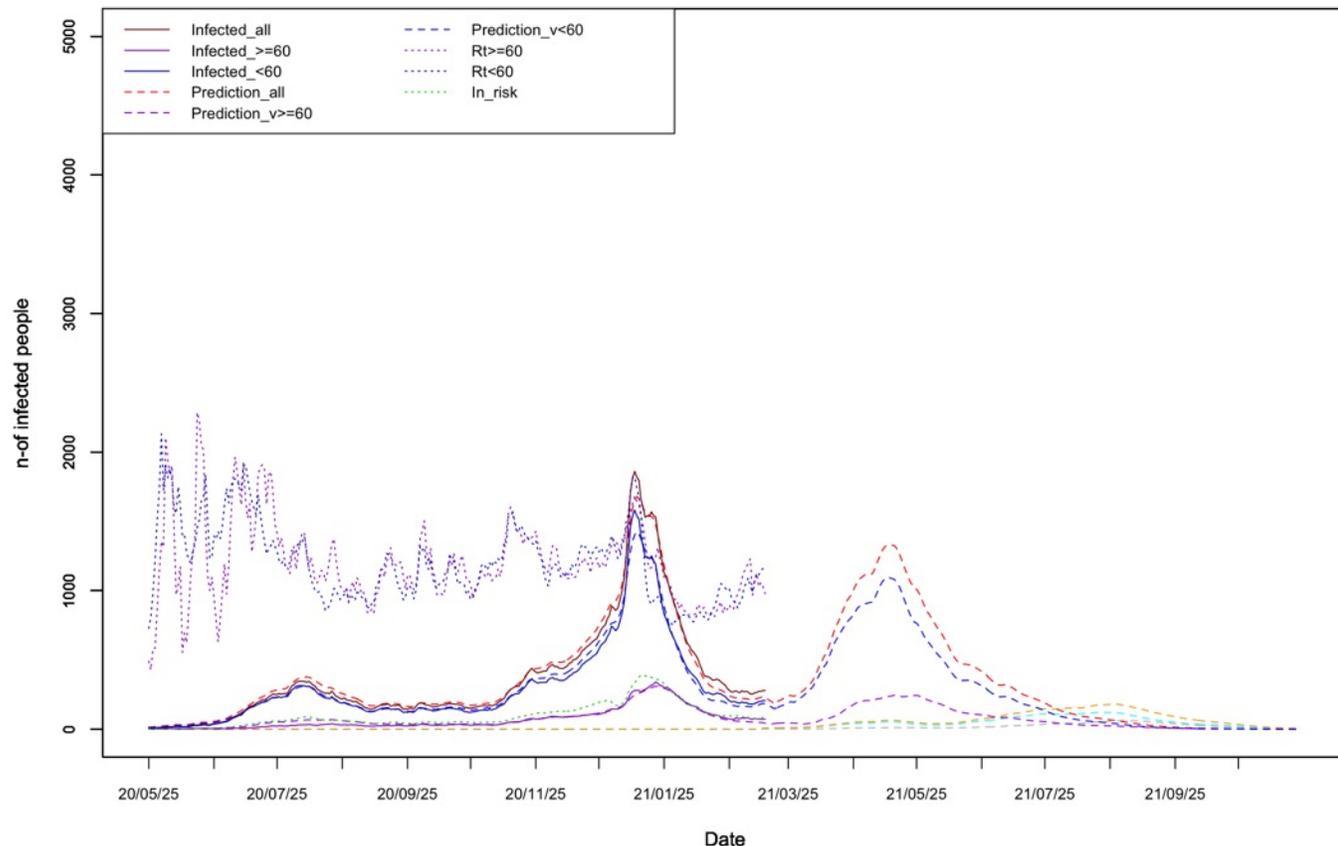
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：8/30 180人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

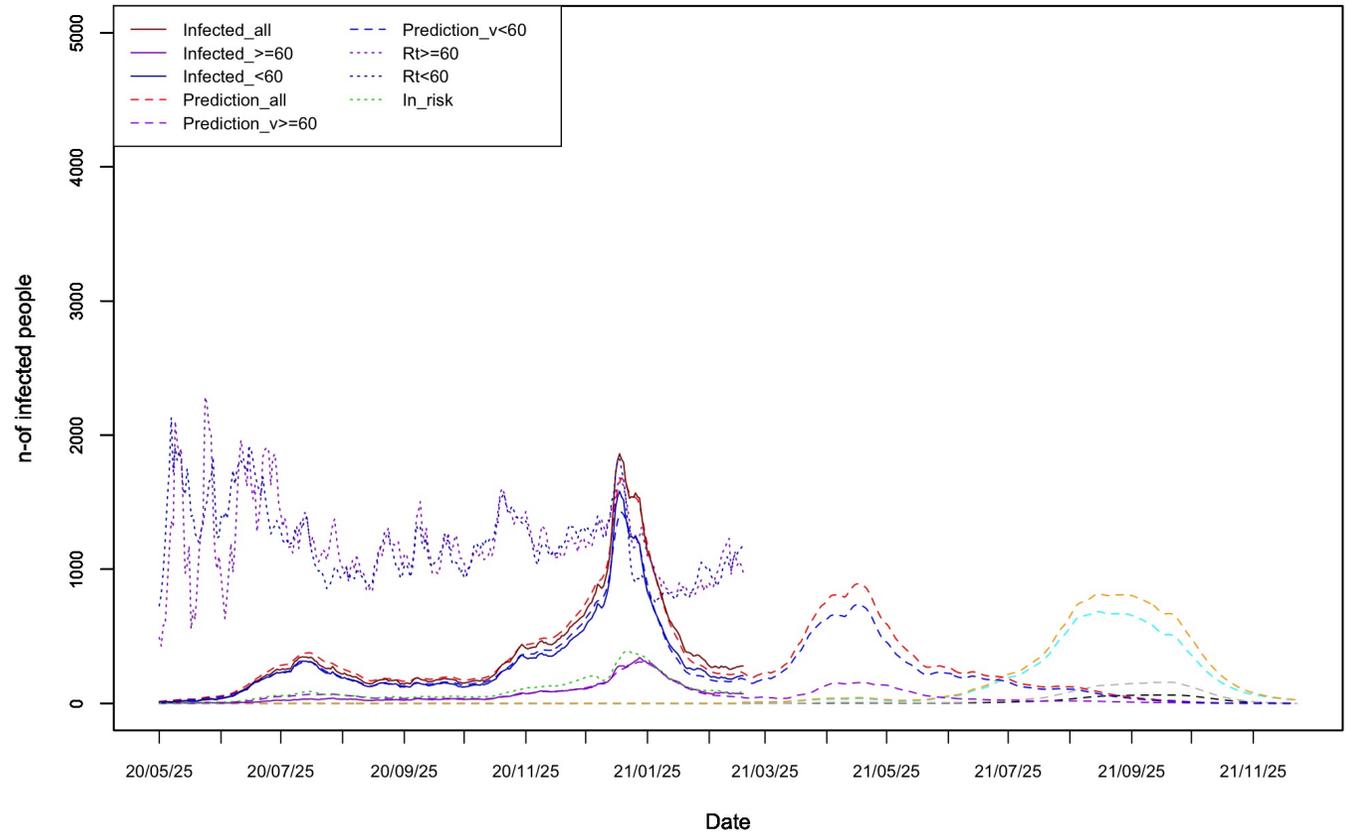
3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/22以降は59歳以下に接種）

「外出はいつもの4人まで、会食は斜め席と遮蔽板」を5/31まで遵守

全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 820人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

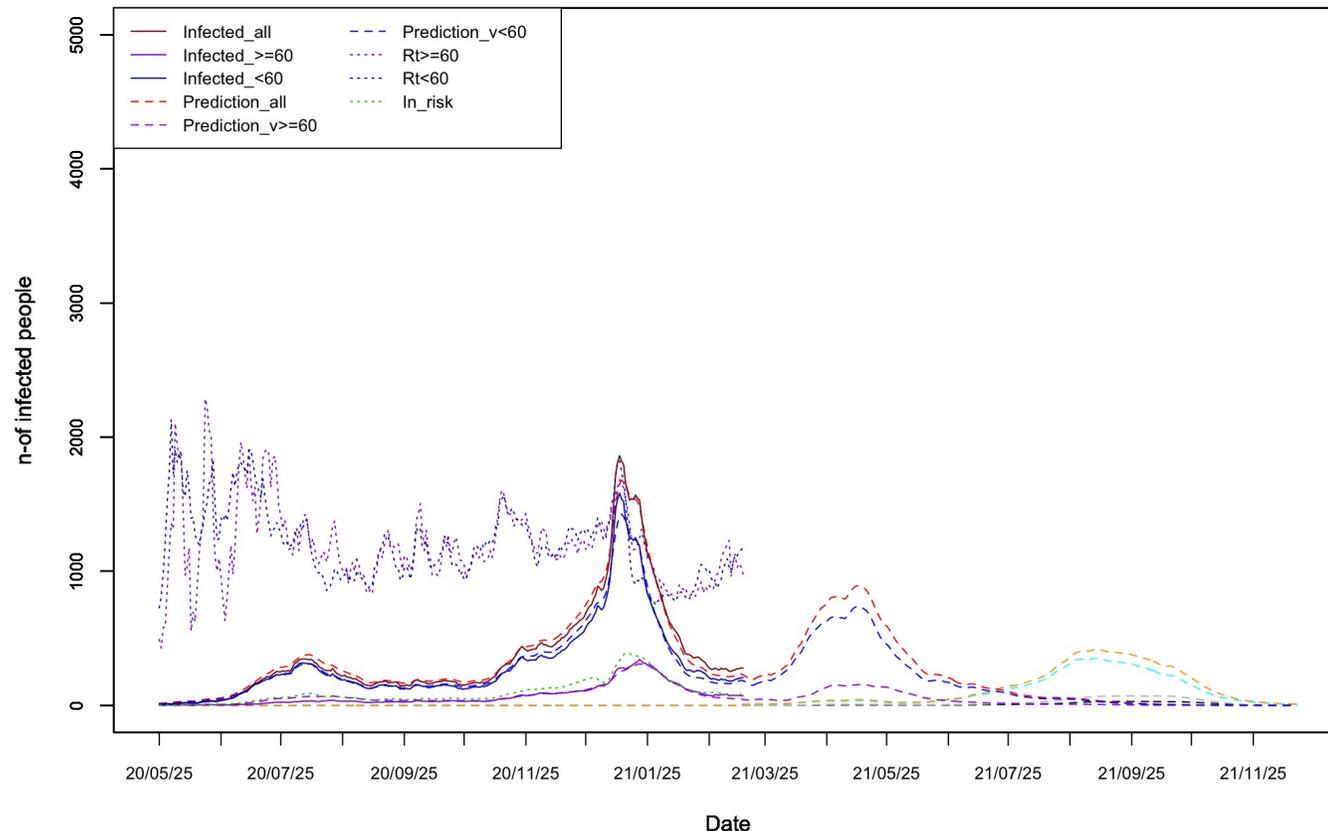
3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/22以降は59歳以下に接種）

「外出はいつもの4人まで、会食は斜め席と遮蔽板」を10/30まで遵守

全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/9 420人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

3/21 英国型変異種感染者20名

実効再生産数を62.5%(40%-75%の平均)アップさせるとした場合

medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.30.20249034>

6/1以降 0.5%/人口/日接種

ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が20名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/22以降は59歳以下に接種）

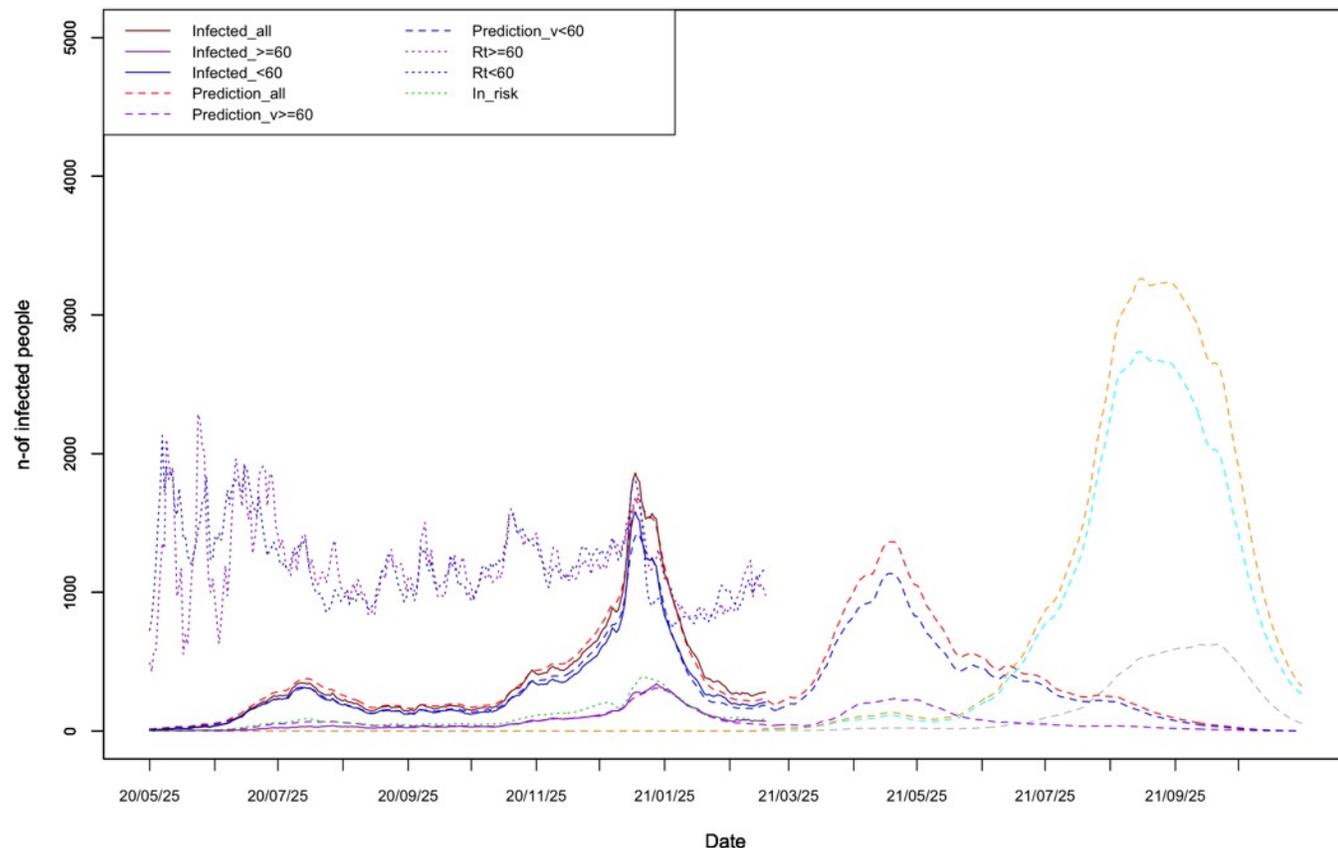
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 3,300人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が20名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、全年代で0.5%/日にワクチン接種

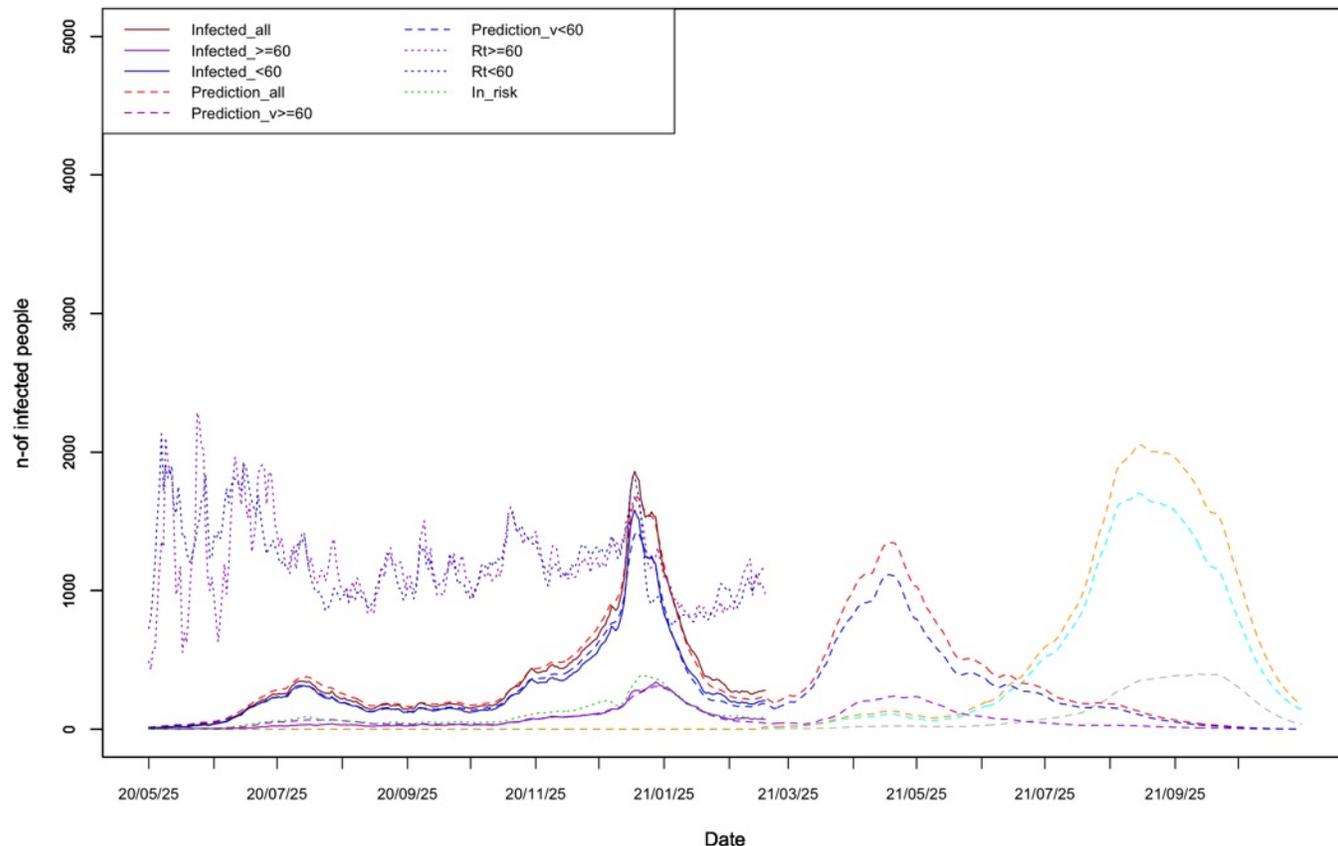
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 2,050人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種, 21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種, 21日後に0.1%/日（合計0.2%, 接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (59歳以下優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が20名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、59歳以下優先で0.5%/日にワクチン接種（59歳以下に行き渡った9/10以降は60歳以上に接種）

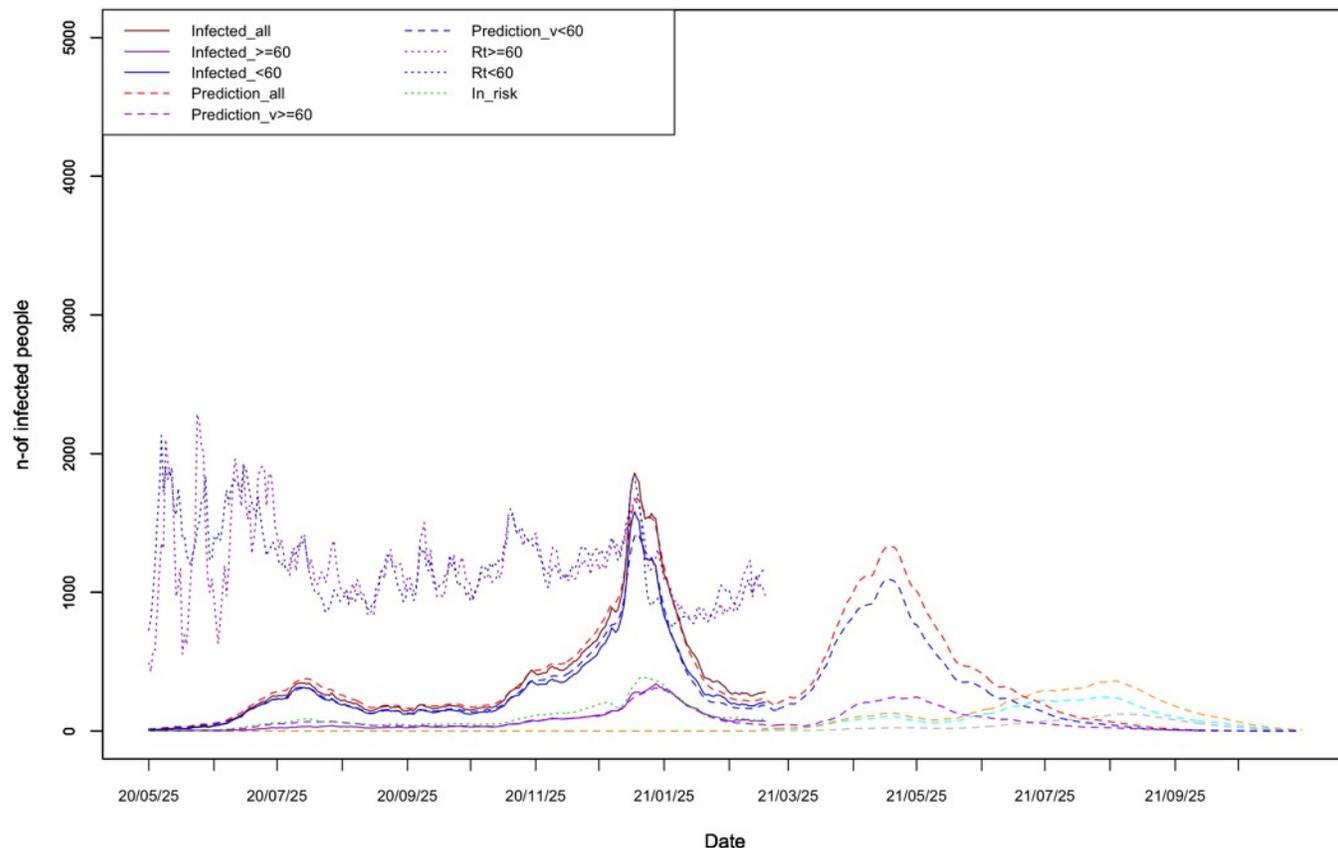
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：8/30 360人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

3/21 英国型変異種感染者40名

実効再生産数を62.5%(40%-75%の平均)アップさせるとした場合

medRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.30.20249034>

6/1以降 0.5%/人口/日接種

ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が40名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/22以降は59歳以下に接種）

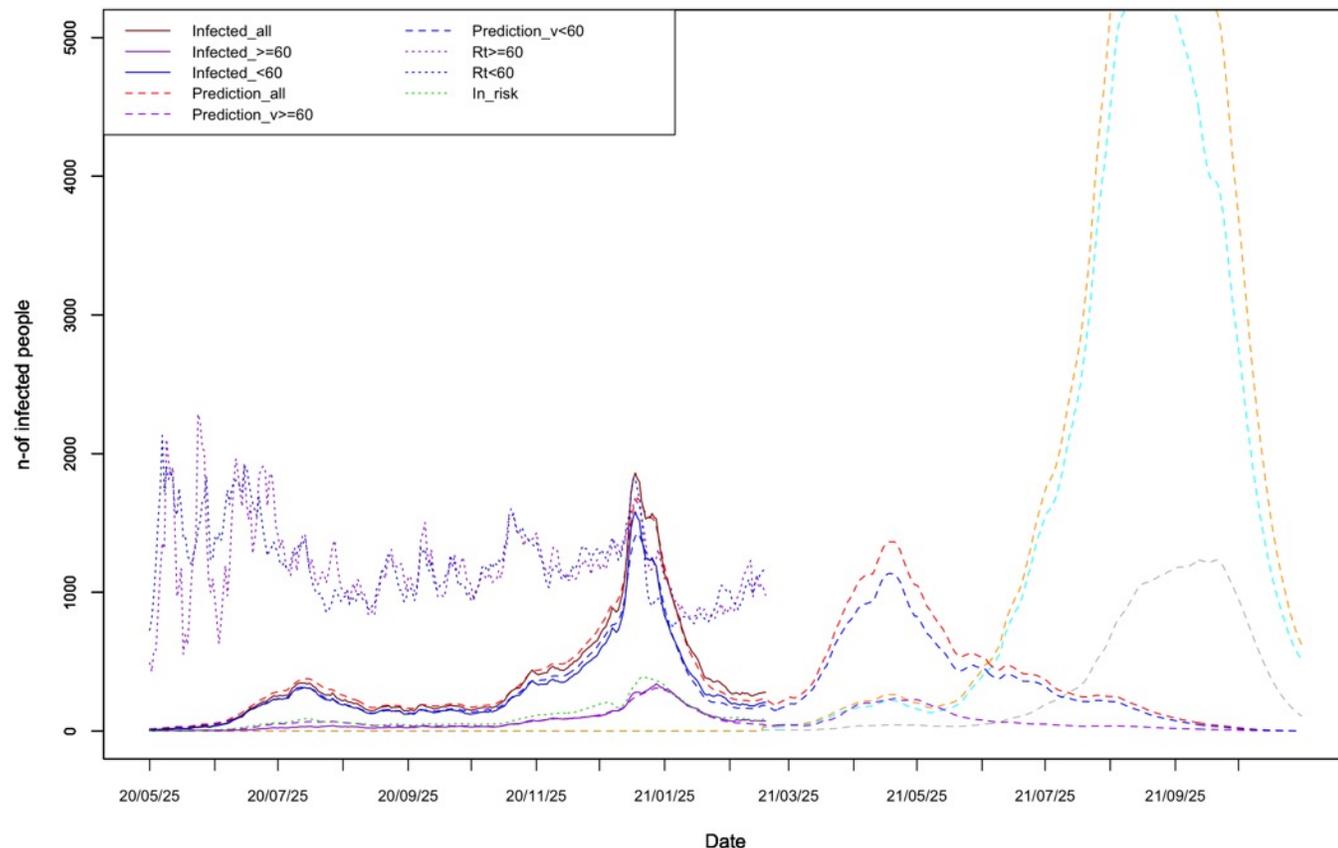
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 6,480人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が40名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、全年代で0.5%/日にワクチン接種

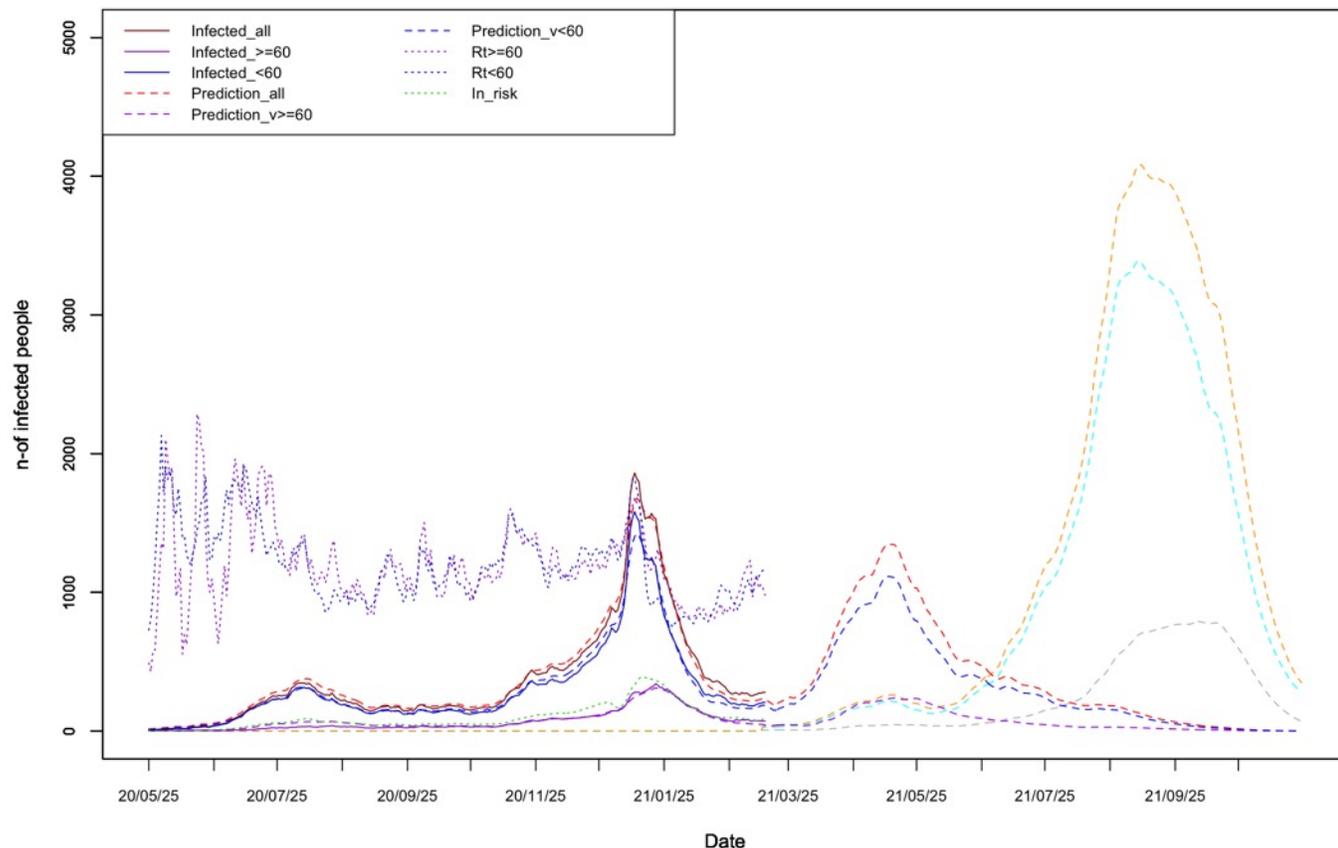
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：9/11 4,080人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (59歳以下優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、英国型変異種の感染者数が40名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、59歳以下優先で0.5%/日にワクチン接種（59歳以下に行き渡った9/10以降は60歳以上に接種）

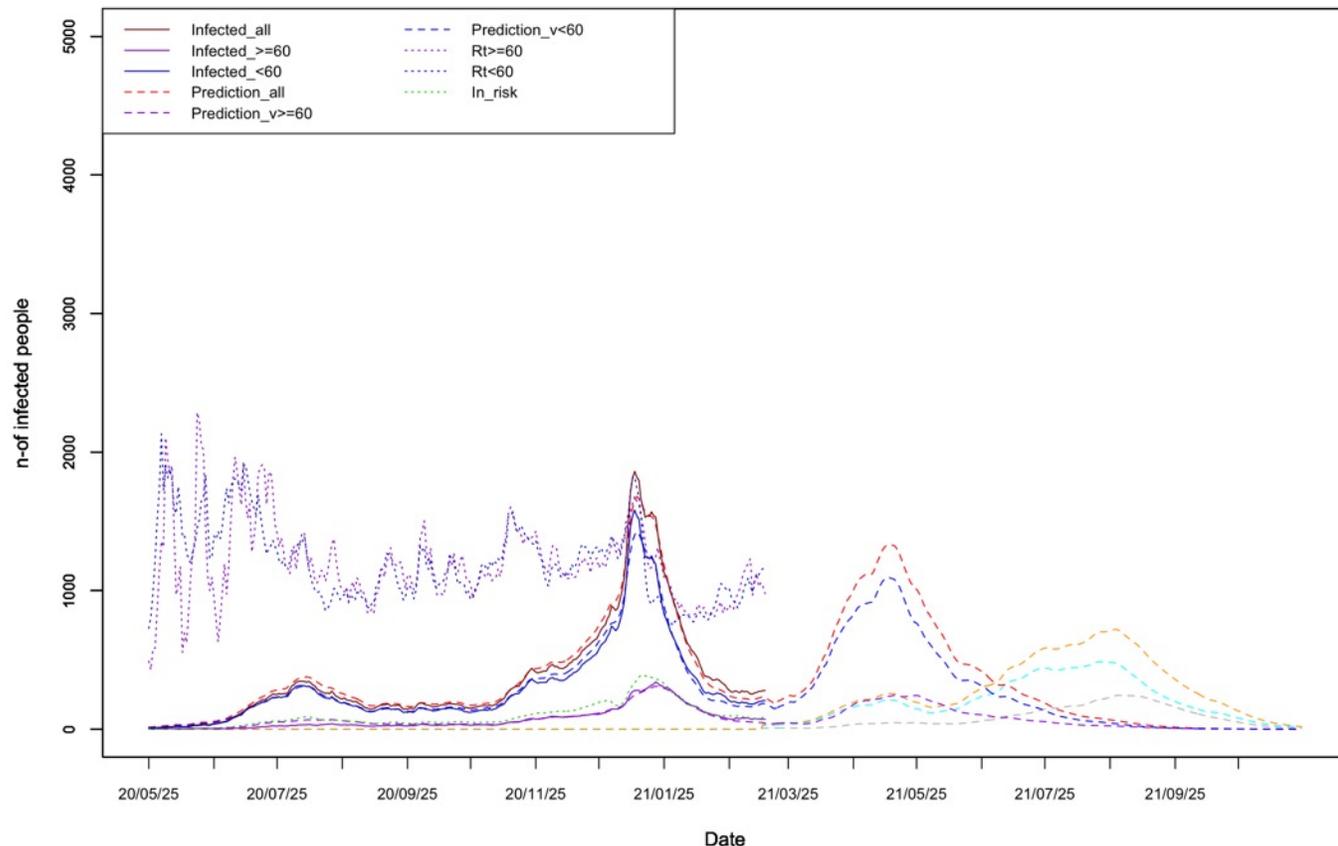
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：8/30 720人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

3/21 南ア・ブラジル*型変異 種感染者10名

実効再生産数を62.5%(40%-75%の平均)アップ，ワクチン中和抗体50%低下させるとした場合

*ブラジル型はファイザー社製ワクチンの効果が低下しない可能性が示されており、その場合は英国型と同等となる。

https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2102017?query=featured_home

6/1以降 0.5%/人口/日接種

ワクチン接種感染者予測 (60歳以上優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、南ア・ブラジル型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/22以降は59歳以下に接種）

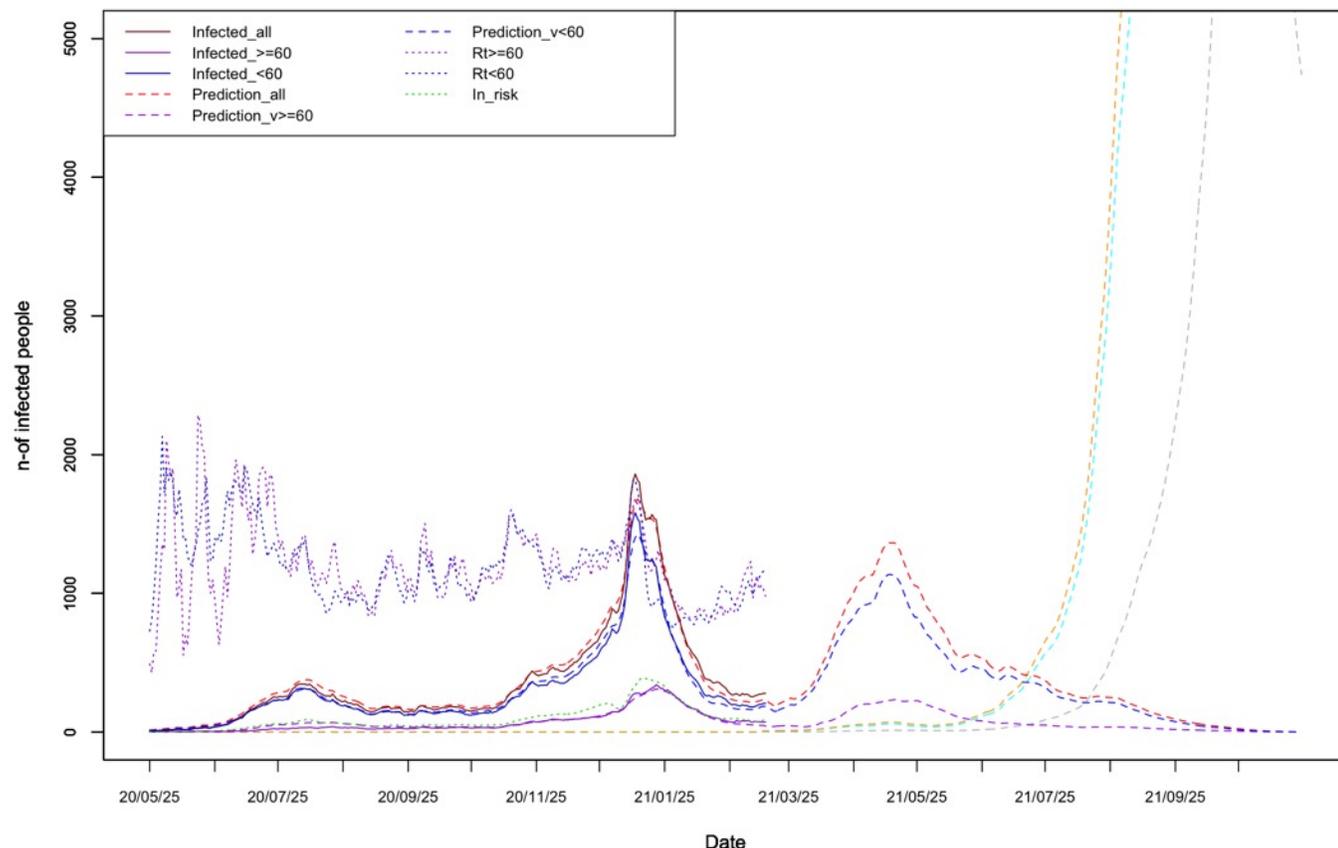
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/28 45,800人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。ブラジル型はファイザー社製ワクチンの効果が低下しない可能性が示されており、その場合は英国型と同等となる。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、南ア・ブラジル型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、全年代で0.5%/日にワクチン接種

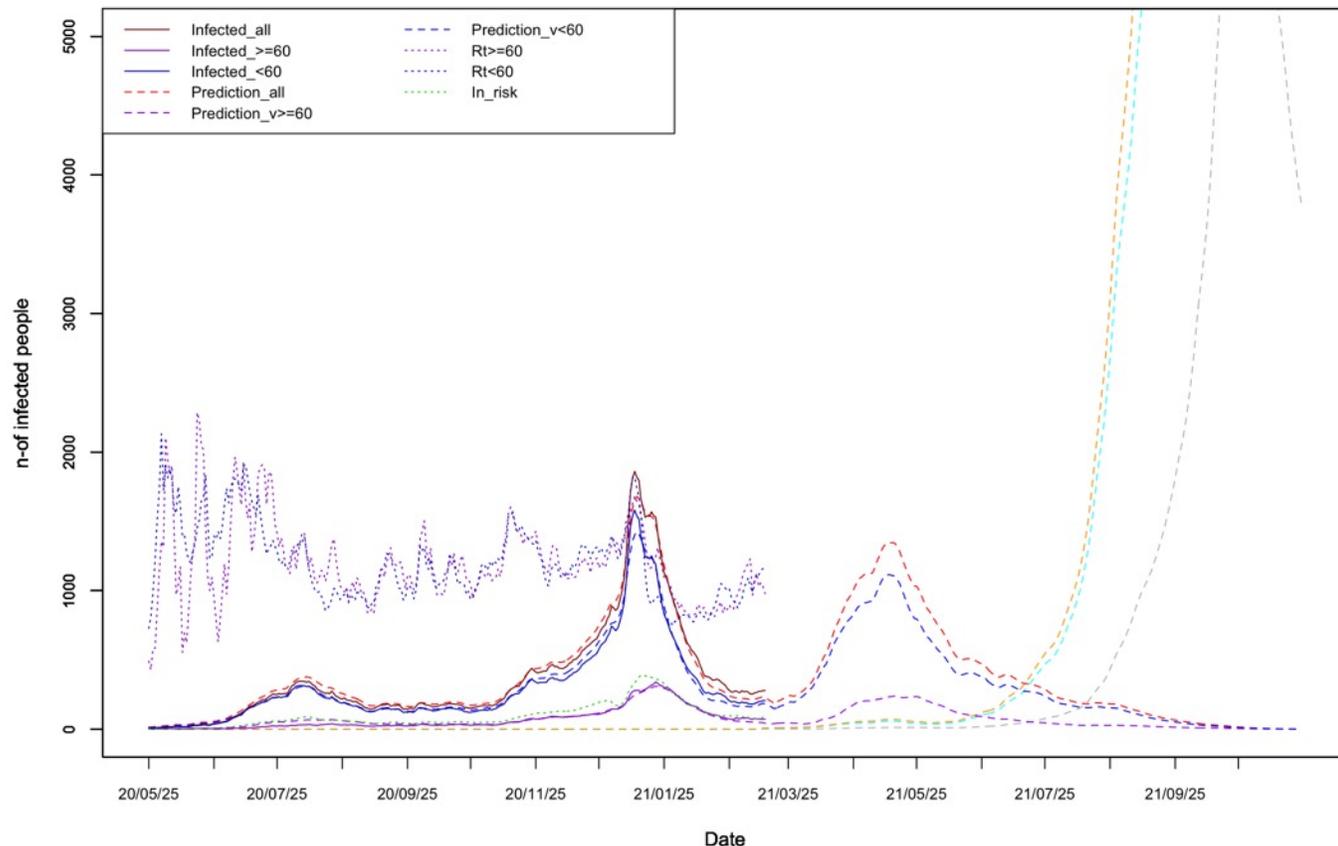
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/28 35,700人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。ブラジル型はファイザー社製ワクチンの効果が低下しない可能性が示されており、その場合は英国型と同等となる。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種, 21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種, 21日後に0.1%/日（合計0.2%, 接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

ワクチン接種感染者予測 (59歳以下優先接種)

東京都の感染者推移を年代別（60歳以上と59歳以下）でモデル化し、年代別にワクチン接種を実施する効果を予測

3/21の感染者数が200名、南ア・ブラジル型変異種の感染者数が10名*、昨年6月1日以降と同等の感染増加があったとして、59歳以下優先で0.5%/日にワクチン接種（59歳以下に行き渡った9/10以降は60歳以上に接種）

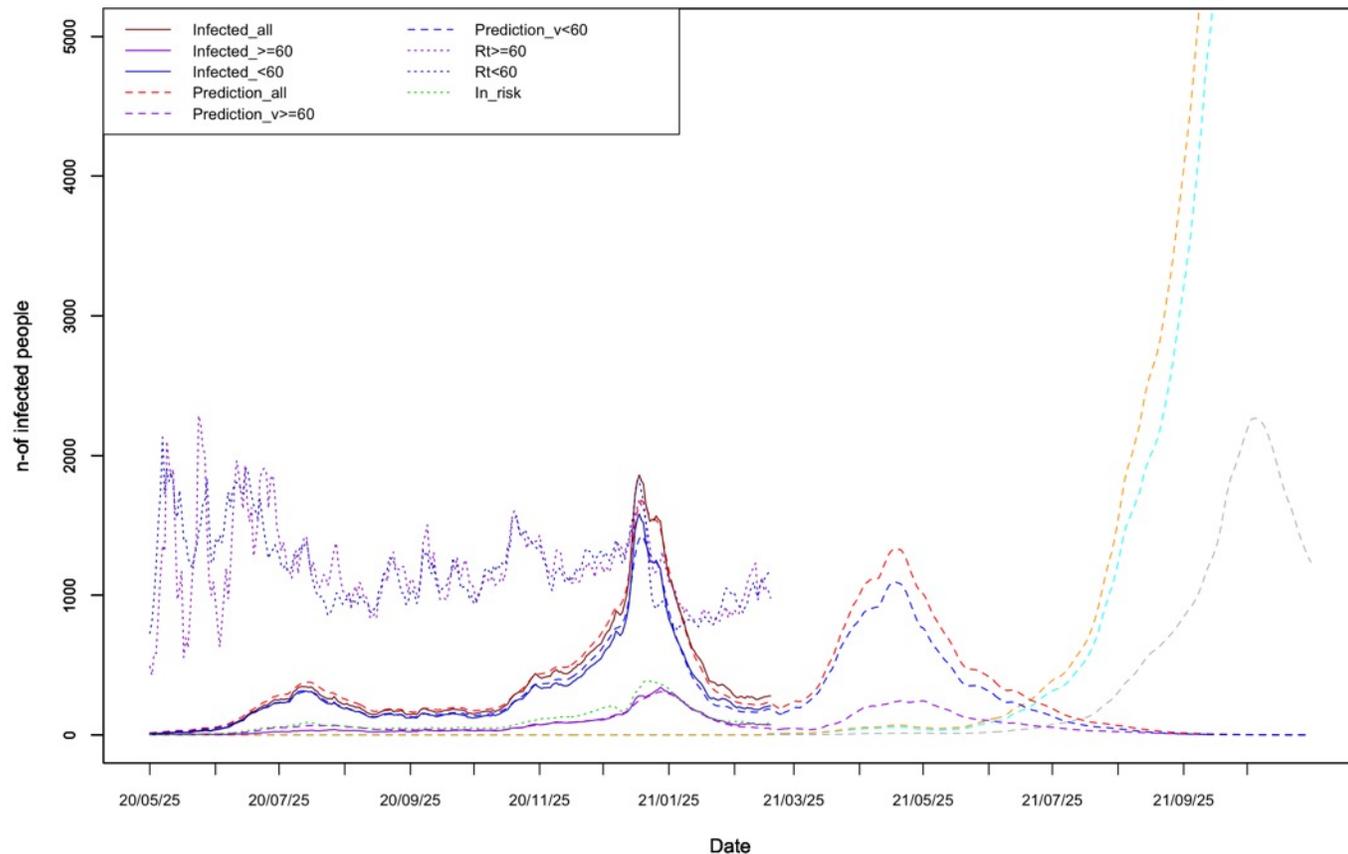
全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/28 11,300人

なお、第4波ピーク後の減少は、集団免疫などの自然減衰ではなく、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ものと推定される。ブラジル型はファイザー社製ワクチンの効果が低下しない可能性が示されており、その場合は英国型と同等となる。

*5月末までは積極的疫学調査などにより従来型程度に感染拡大を抑制できるとした。

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



流動リスクを考慮したSEIR機械学習モデル

Infected_all：全感染者実測値（濃赤実線）

Infected_>=60：60歳以上感染者実測値（青実線）

Infected_<60：59歳以下感染者実測値（紫実線）

Prediction_v_all：全年代にワクチン接種（赤破線）

Prediction_v>=60：60歳以上にワクチン接種（紫破線）

Prediction_v<60：59歳以下にワクチン接種（青破線）

3/5以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%2回目含む）

4/15以降人口の0.1%/日に1回目接種，21日後に0.1%/日（合計0.2%，接種者率90%）

6/1以降 0.25% + 0.25% = 0.5%/日

3/21解除後の実効再生産数・人口流動数の推移は2020年6月1日以降と同等とした。

追跡ワクチン接種の効果推定

現状の集団ワクチン接種に対して、追跡ワクチン接種は有効とされている。そこで、COVID-19 における効果を個体ベースモデルでシミュレーション分析を行った。

追跡ワクチン接種・集団ワクチン接種の比較

首都圏近郊の1348人の町を想定

若年者 220人・成年者 768人・高齢者 360人

世帯構成：単身・夫婦・夫婦子供・母子/父子

すべてのイベントは中止、職場・学校の接触は通常の1/5に制限され、20人の友達からランダムに8名と週2回外出・会食をする設定で、1名の陽性者が発生し以下を実行

1) ワクチン接種なし

2) 追跡ワクチン接種

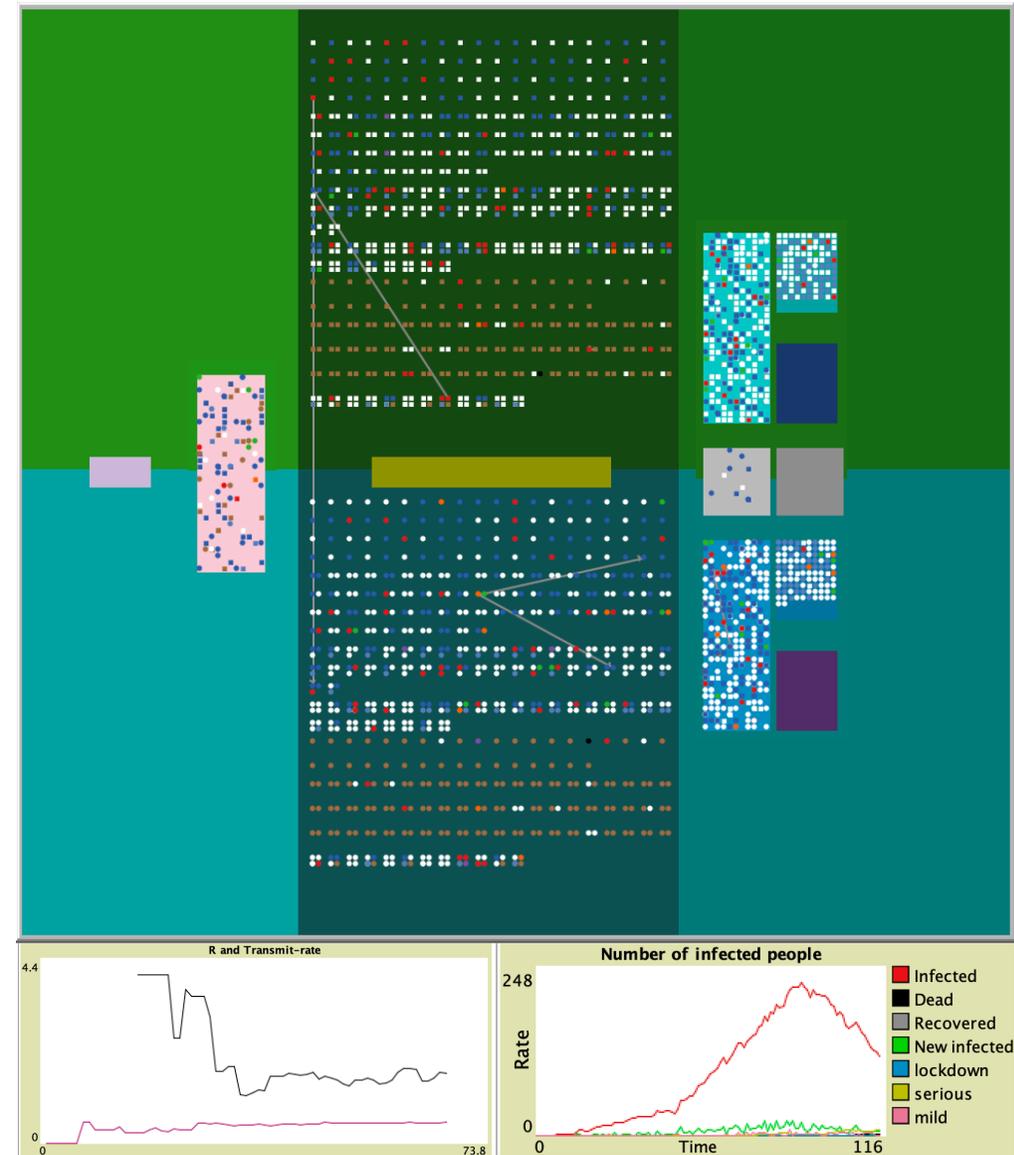
対象：陽性確認者の濃厚接触者、友人20人

3) 集団ワクチン接種

対象：陽性者が発生している期間は全員

ただし、最大3%/人口/日が上限接種数

ワクチン接種回数は1回とし、14日後に90%の効果が現れると簡易的に仮定



追跡ワクチン接種・集団ワクチン接種の比較

1) ワクチン接種なし

2) 追跡ワクチン接種

対象：陽性確認者の濃厚接触者、友人20人

3) 集団ワクチン接種

対象：陽性者が発生している期間は全員

集団ワクチン接種の方が効果が高いが、追跡ワクチン接種も、ほぼ近い効果がある。実効再生産数を28%低下させる効果は大きい。

集団ワクチン接種は、終息までに平均520回の接種が必要となり人口の39%に相当する。

追跡ワクチン接種は、平均で48回の接種で感染が終息しており、人口の4%である。

ワクチン供給数が十分ではない時点では、追跡ワクチン接種との併用が有効と思われる。

ただし、未感染地域への集団ワクチン接種の予防効果の有効性は考慮していない。また、追跡ワクチン接種の予防効果は限定的となるため、更なる分析を進める予定。

