

英国・ブラジル型変異種 ワクチン接種の効果推定 東京都の感染者予測

2021.3.8

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（ $\equiv$ 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. 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が示された。

3. 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名のブラジル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%/日であっても、6000人を超える感染拡大が発生することが示された。

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

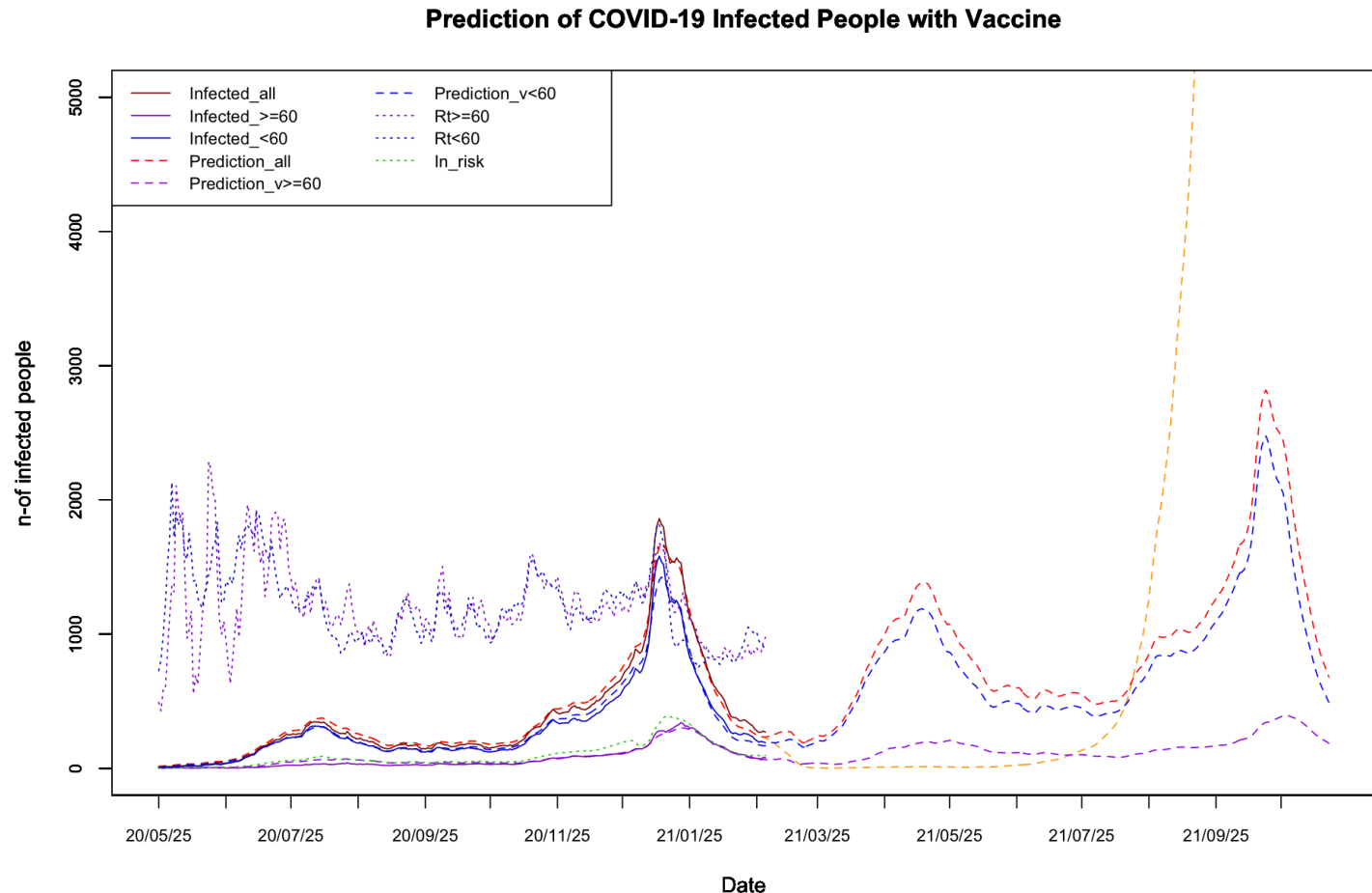
変異種感染者予測 (ワクチンなし)

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、ワクチン接種なし

全感染者予測（橙破線）

第5波ピーク：11/17 142,720人



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。

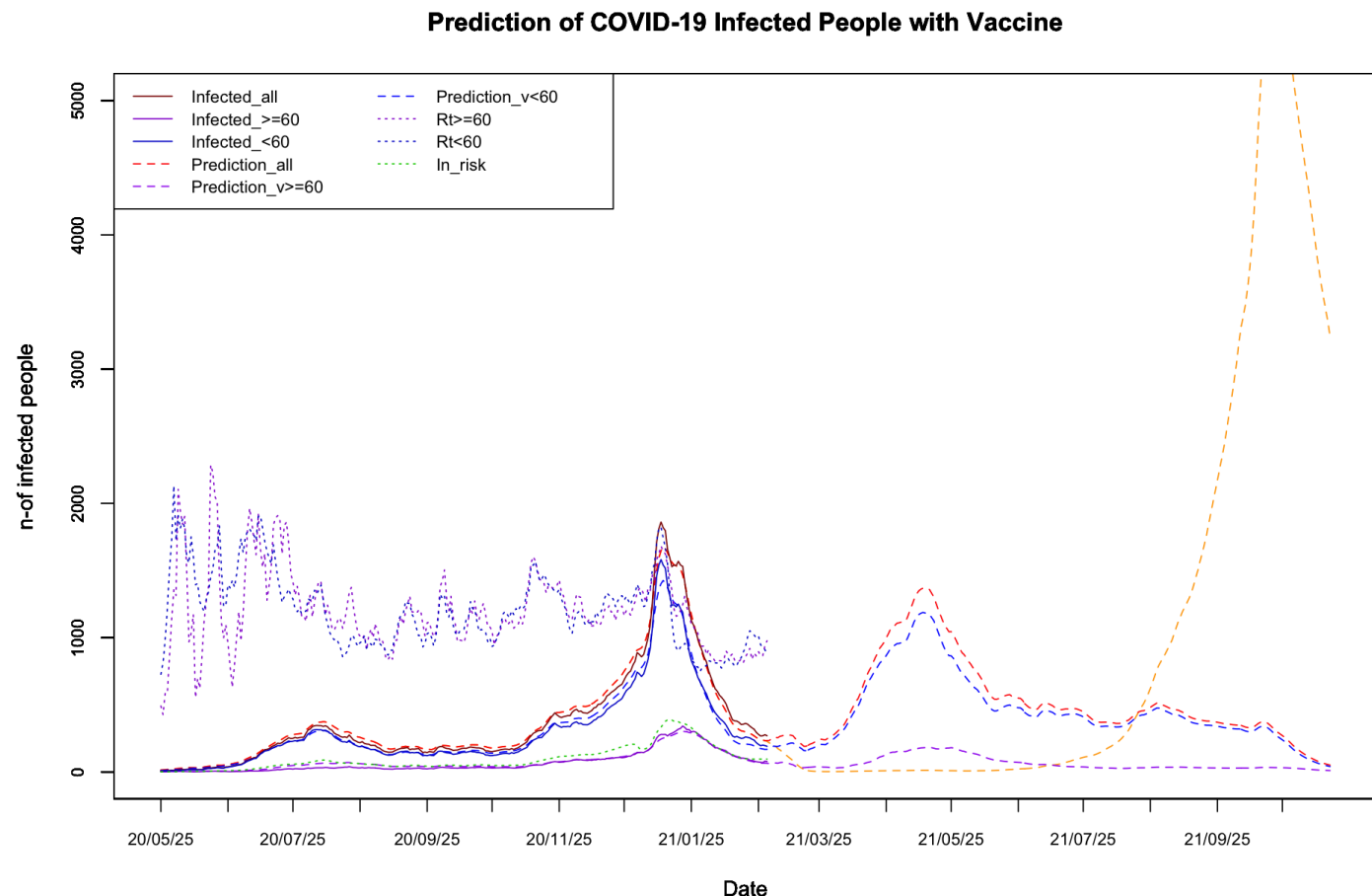
ワクチン接種感染者予測 (高齢者優先接種)

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、高齢者優先で0.3%/日にワクチン接種（高齢者に行き渡った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 5,640人



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。

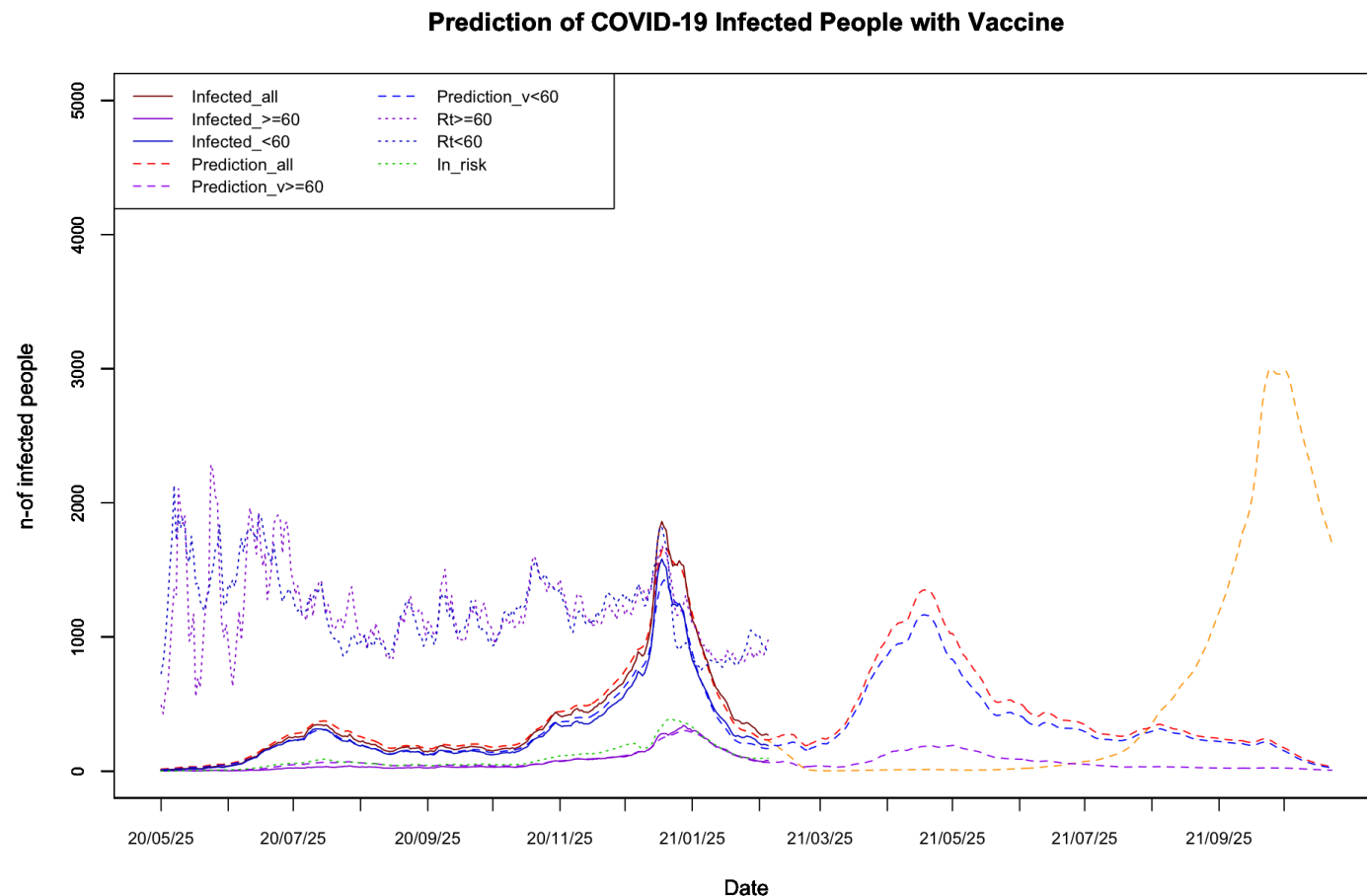
ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

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 2,997人



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。

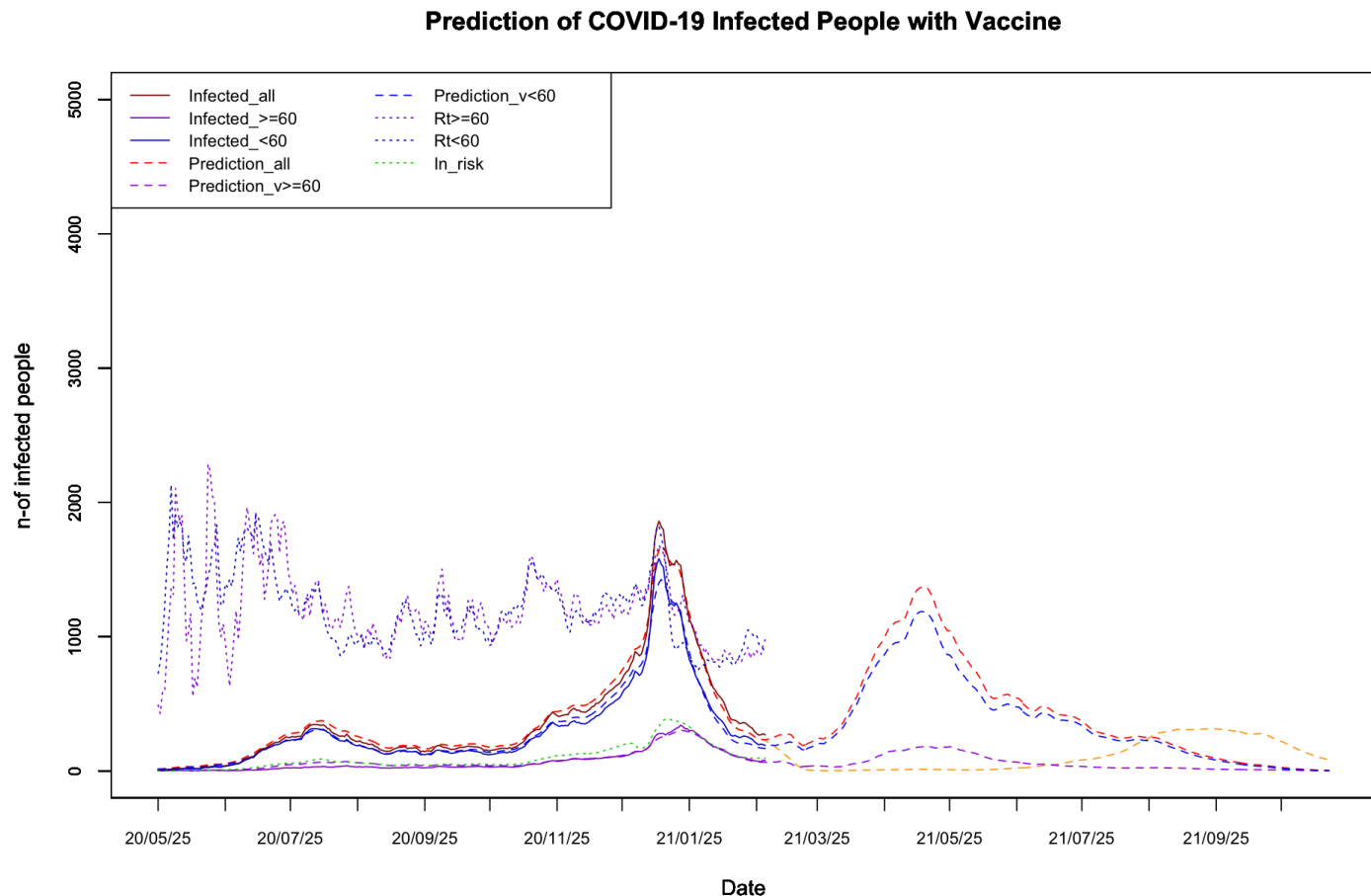
ワクチン接種感染者予測 (高齢者優先接種)

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、高齢者優先で0.5%/日にワクチン接種（高齢者に行き渡った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：9/25 315人



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。

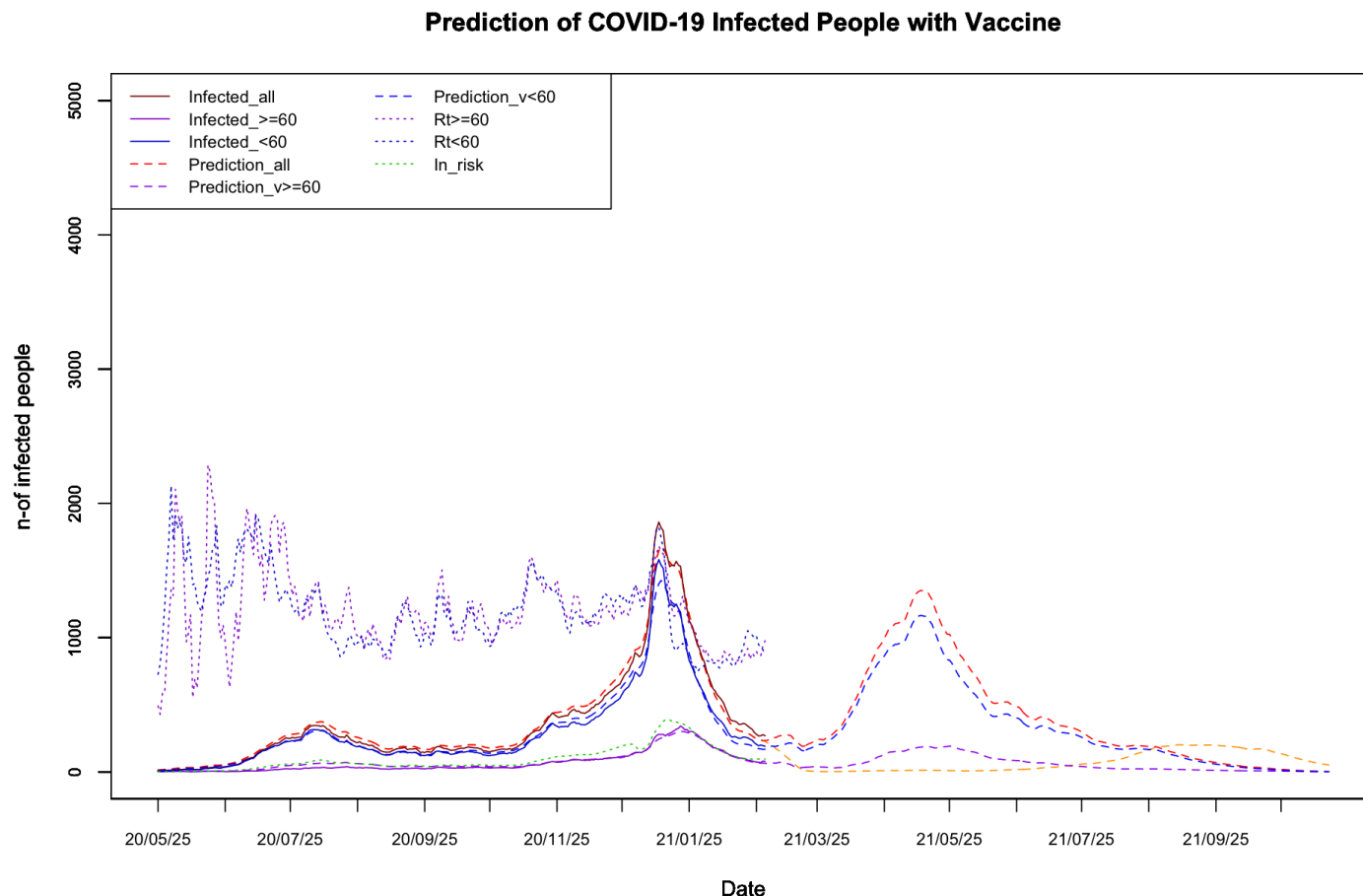
ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

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：9/11 202人



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 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

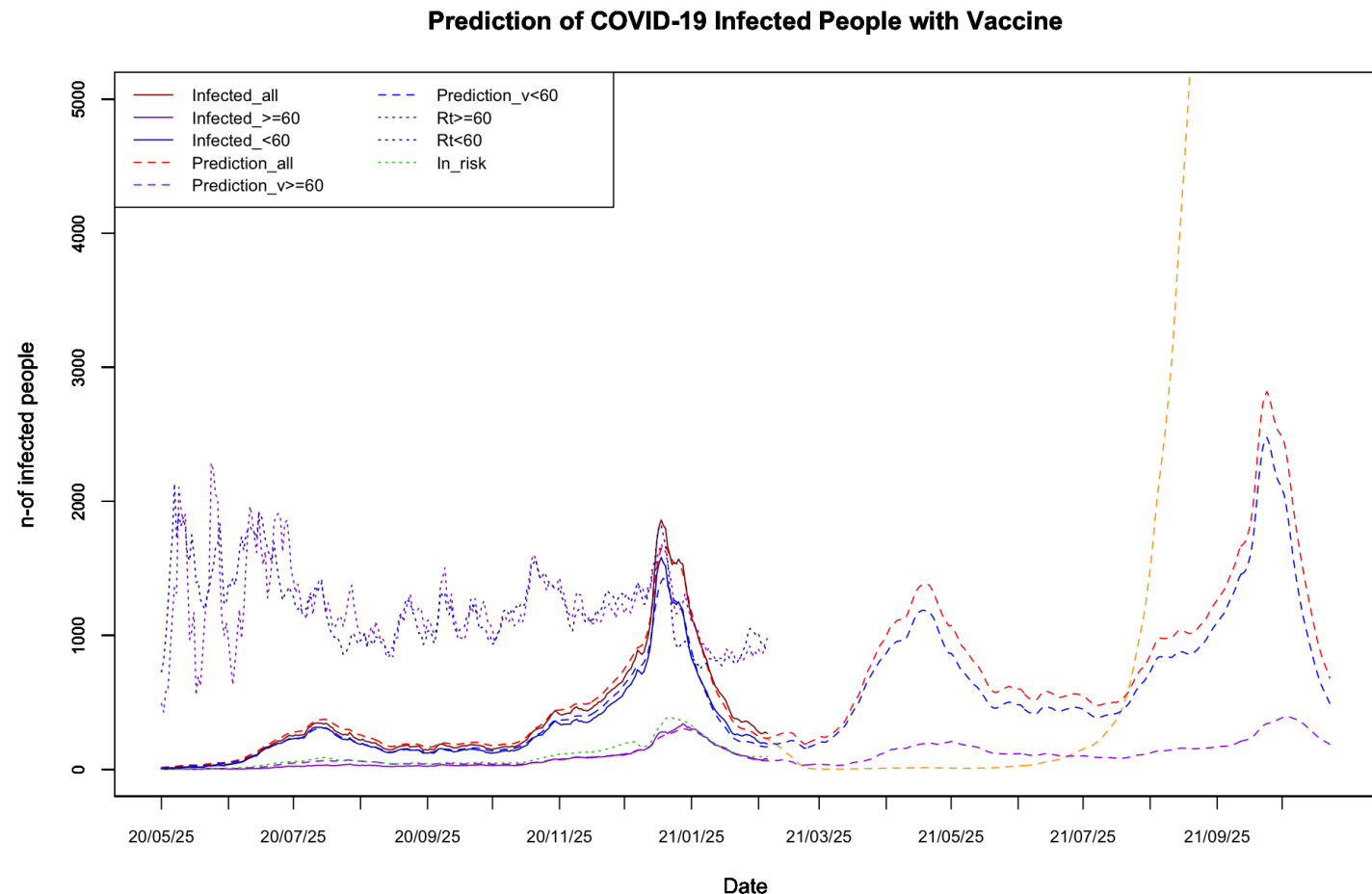
変異種感染者予測 (ワクチンなし)

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200名、**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、ワクチン接種なし

全感染者予測（橙破線）

第5波ピーク：11/17 181,047人



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。

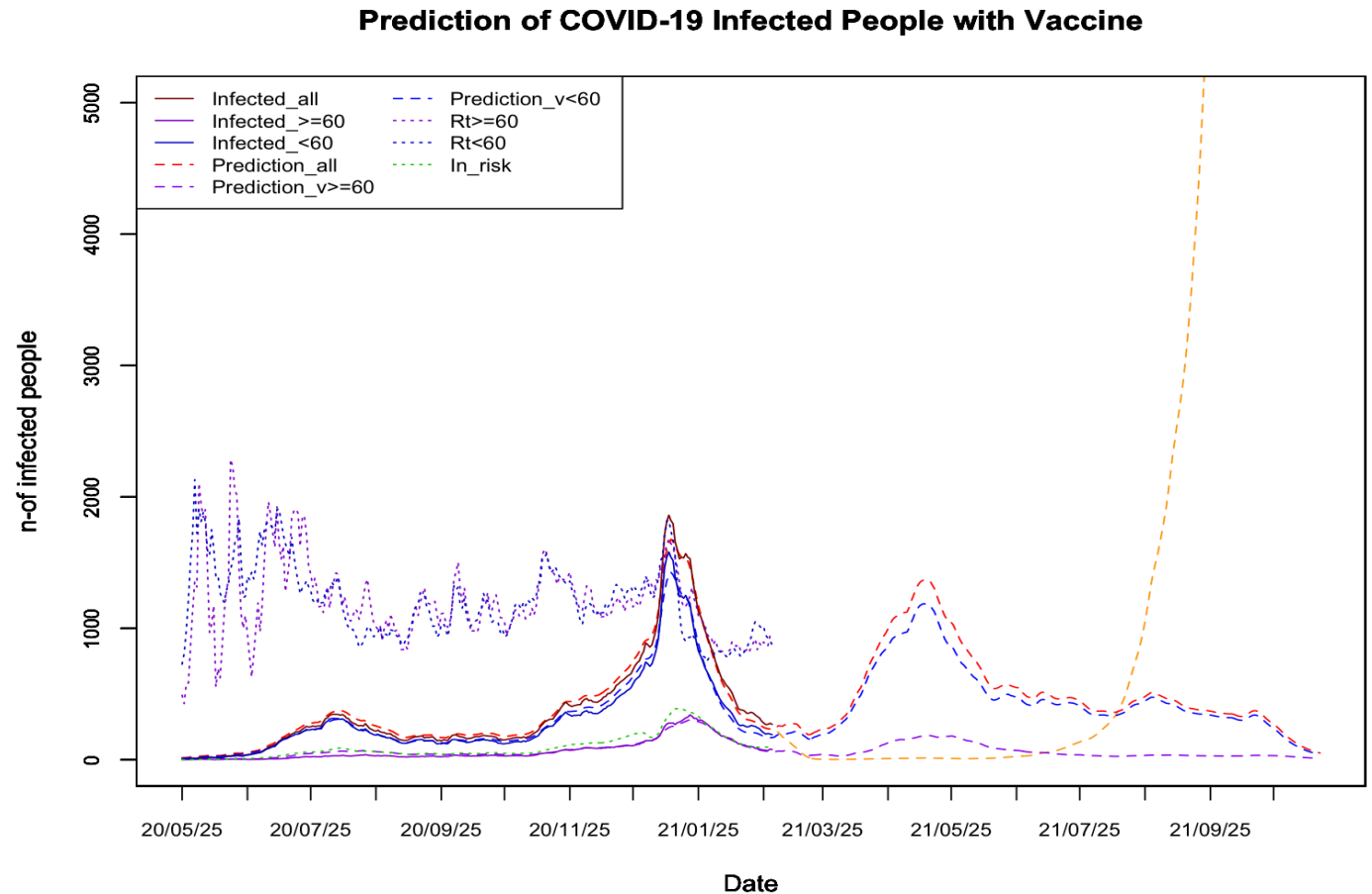
ワクチン接種感染者予測 (高齢者優先接種)

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、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、高齢者優先で0.3%/日にワクチン接種（高齢者に行き渡った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：10/29 35,281人



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。

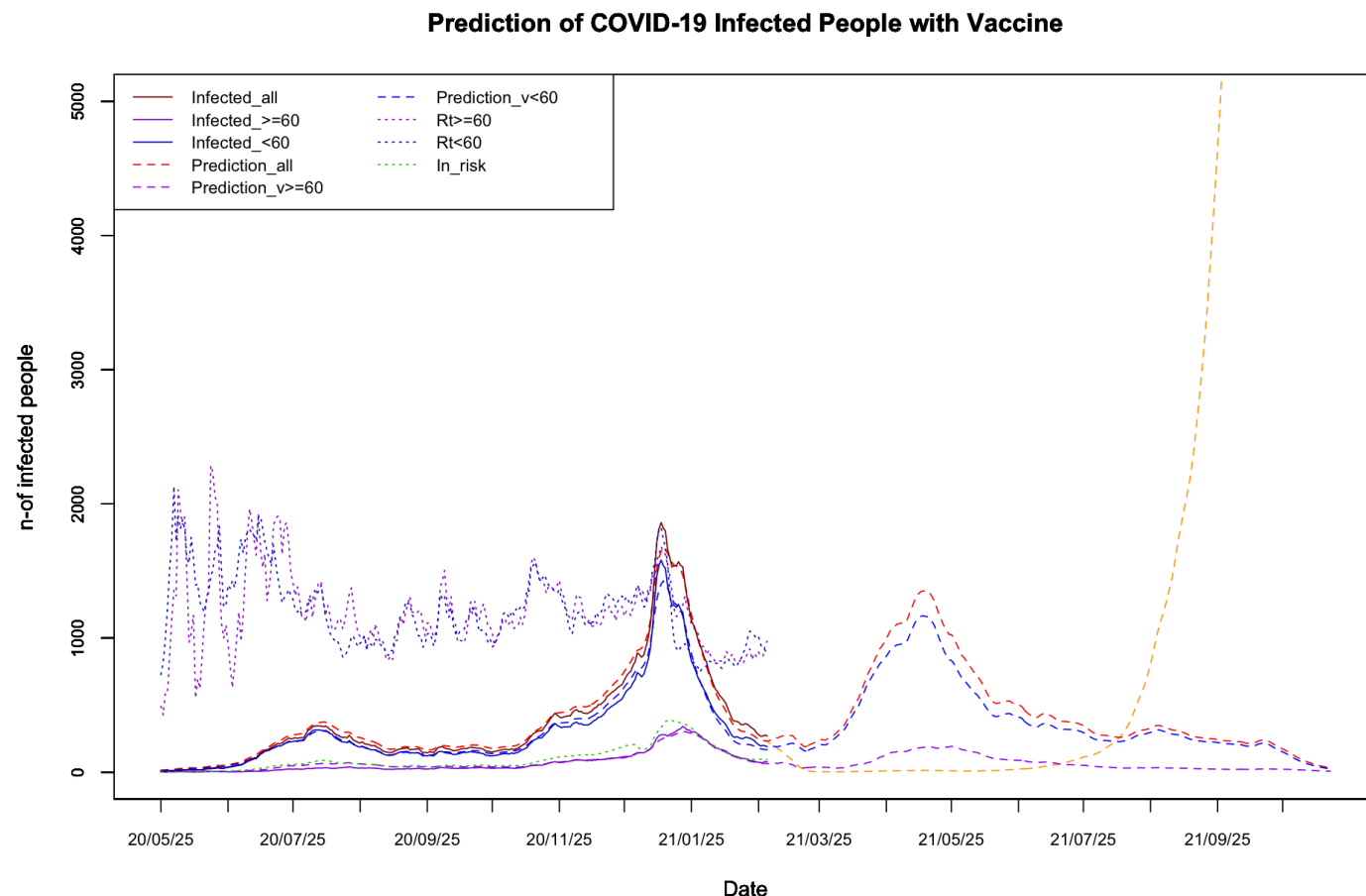
ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

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、
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0.3%/日にワクチン接種

全感染者数（橙破線）

第5波ピーク：10/29 26,196人



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。

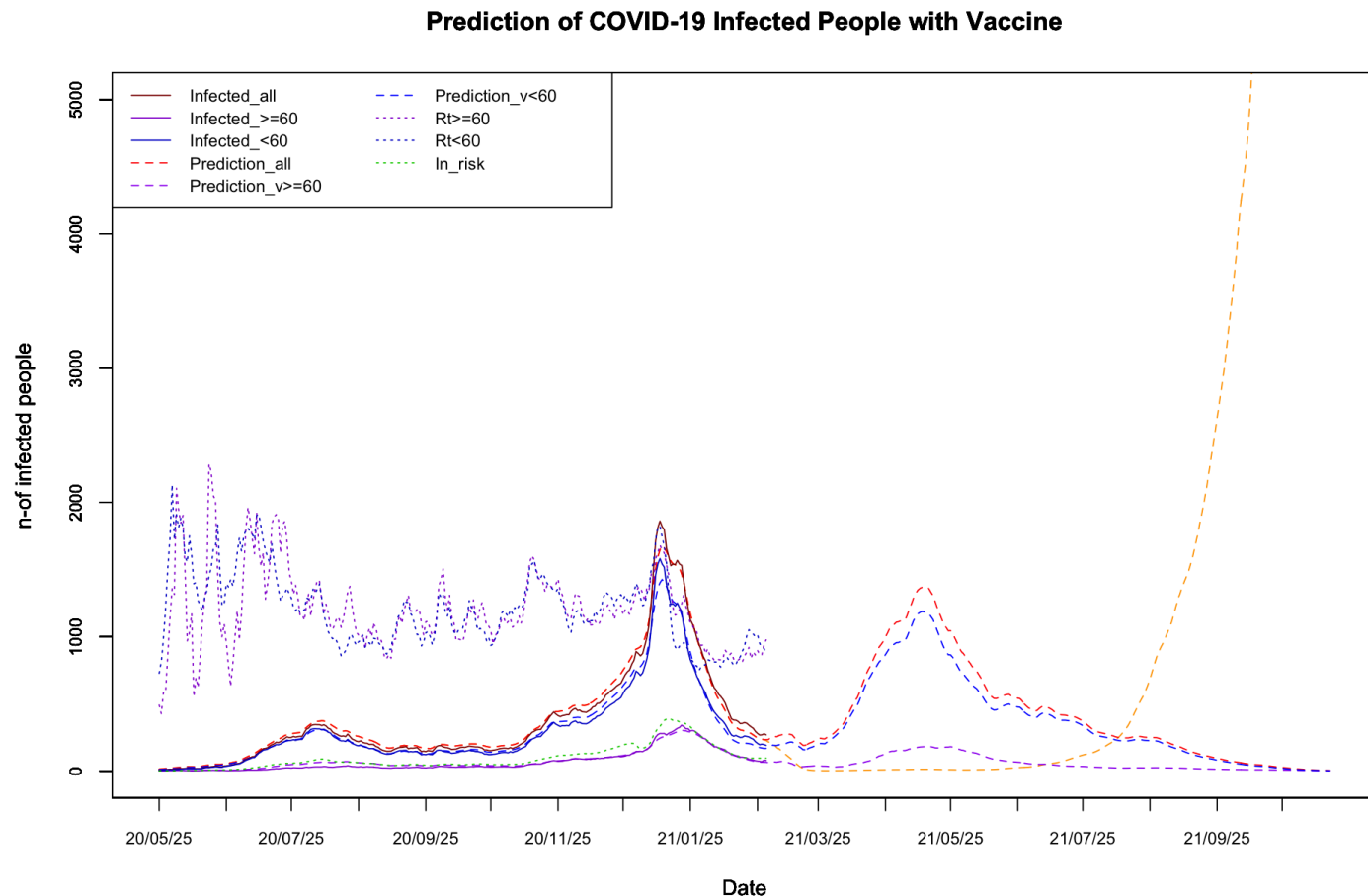
ワクチン接種感染者予測 (高齢者優先接種)

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、
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、
高齢者優先で
0.5%/日にワクチン接種
(高齢者に行き渡った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：10/29 8963人



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。

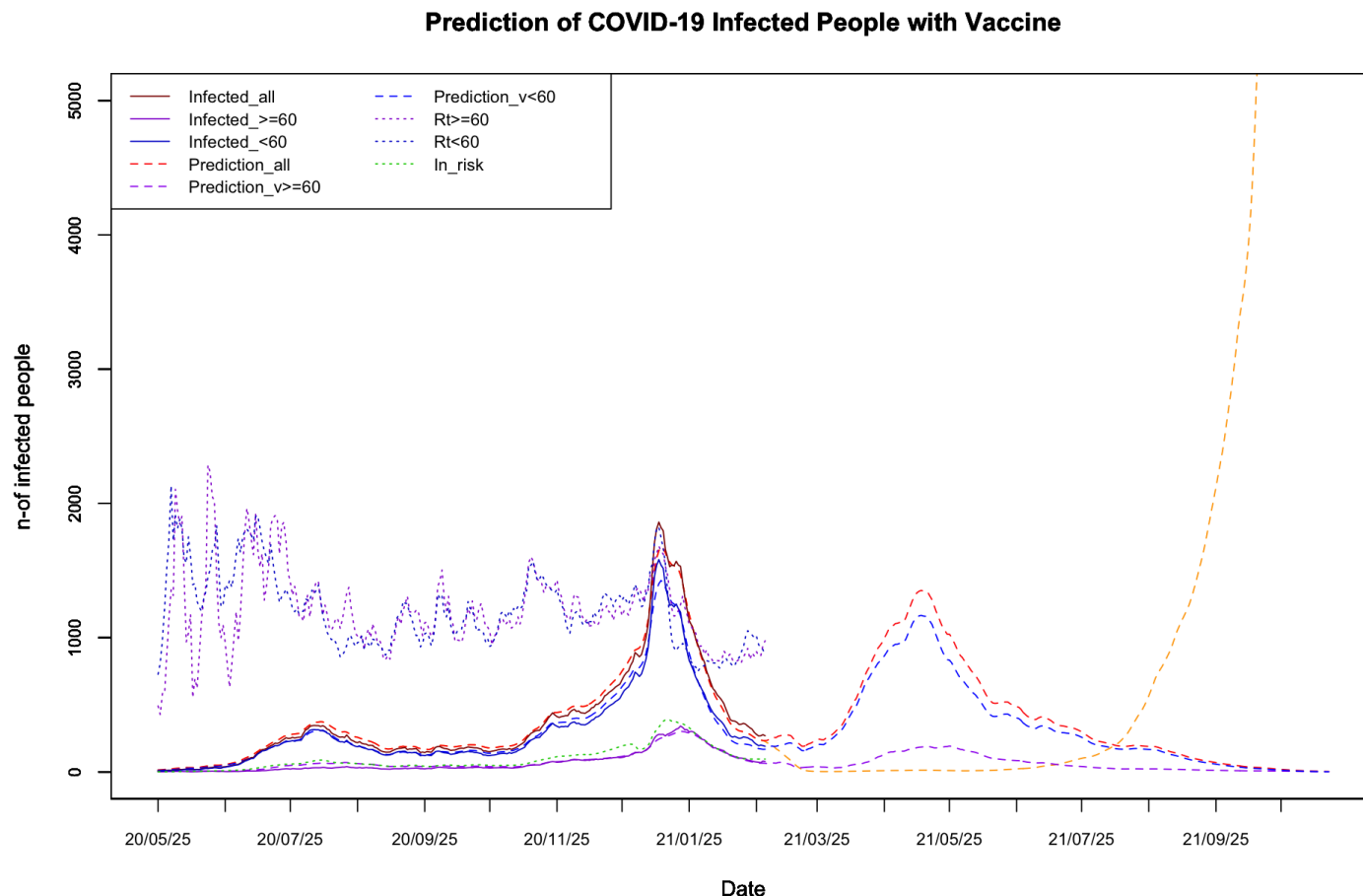
ワクチン接種感染者予測 (全年代接種)

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、
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：10/29 6882人



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。