

# ワクチン接種の効果推定 東京都の感染者予測

2021.3.5

筑波大学 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。

## 2. 解除時の感染者数と「いつもの4人まで」が重要

このモデルで東京都の感染者予測を行った結果、昨年6月1日以降の状況が再現した場合に、5月の第4波の感染拡大が発生すること、宣言解除時の感染者数を100名以下とし、会食はいつもの4人までと遮蔽板を遵守することで、感染拡大を大幅に緩和できることが示された。

## 3. ワクチン効果は第4波には限定的

ワクチン接種の効果は7月以降に現れるため、第4波に対して過度にワクチン接種効果に期待することは危険であることが判明した。

3/7 感染者270名

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

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

3/7の感染者数が270名で、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

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/16 1961人

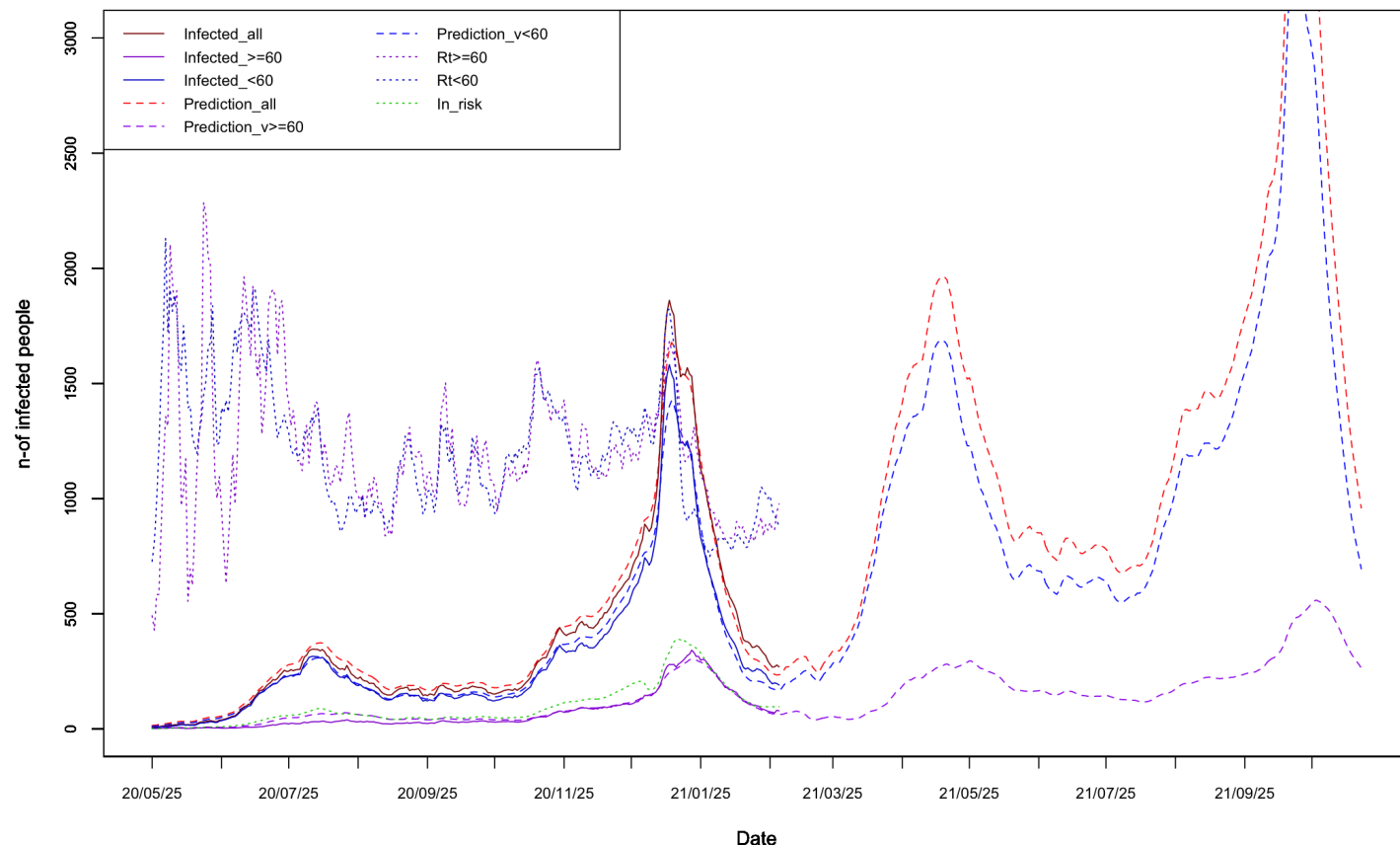
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 1687人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/27 295人

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。

3/21 感染者200名

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

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名まで下がり、昨年6月8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

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/16 1547人

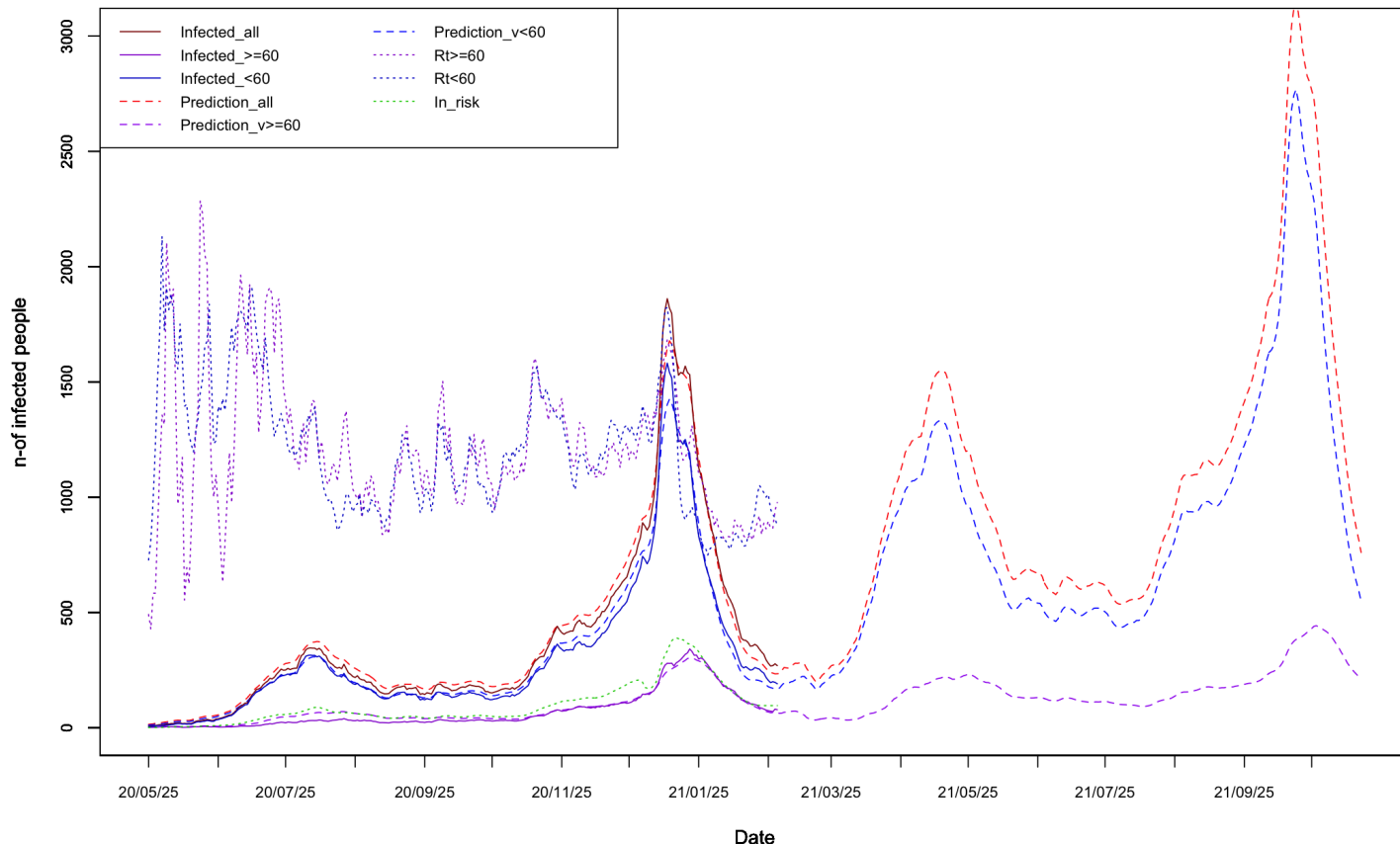
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 1330人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/27 233人

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（年代別接種）

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名まで下がり、昨年6月8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7/22以降は59歳以下に接種）

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

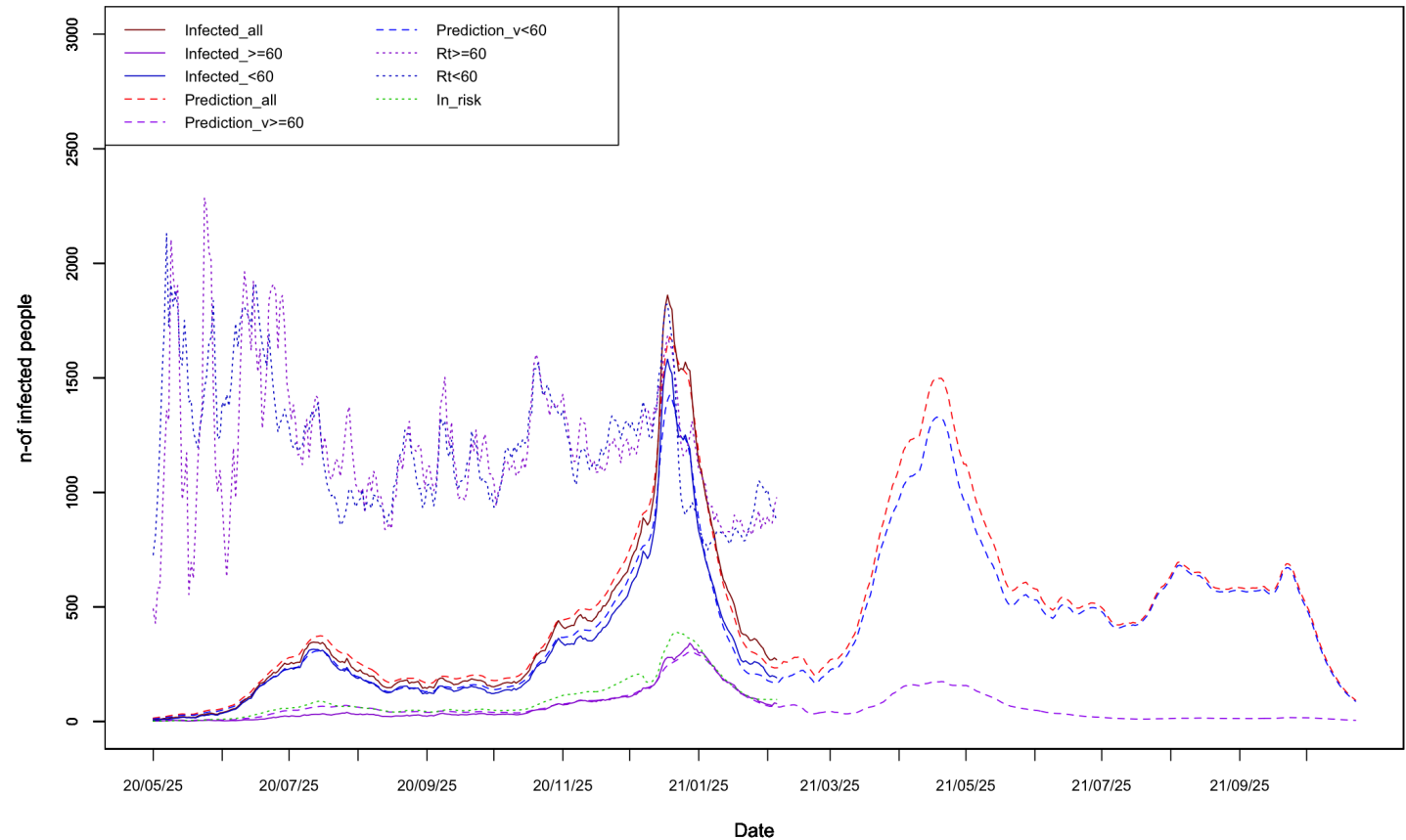
第4波ピーク：5/14 1501人

59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 1328人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/16 174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0.15%/日に1回目接種, 21日後に0.15%/日（合計0.3%, 接種者率90%）

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（年代別接種）

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名まで下がり、昨年6月8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6/12以降は59歳以下に接種）

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/9 1475人

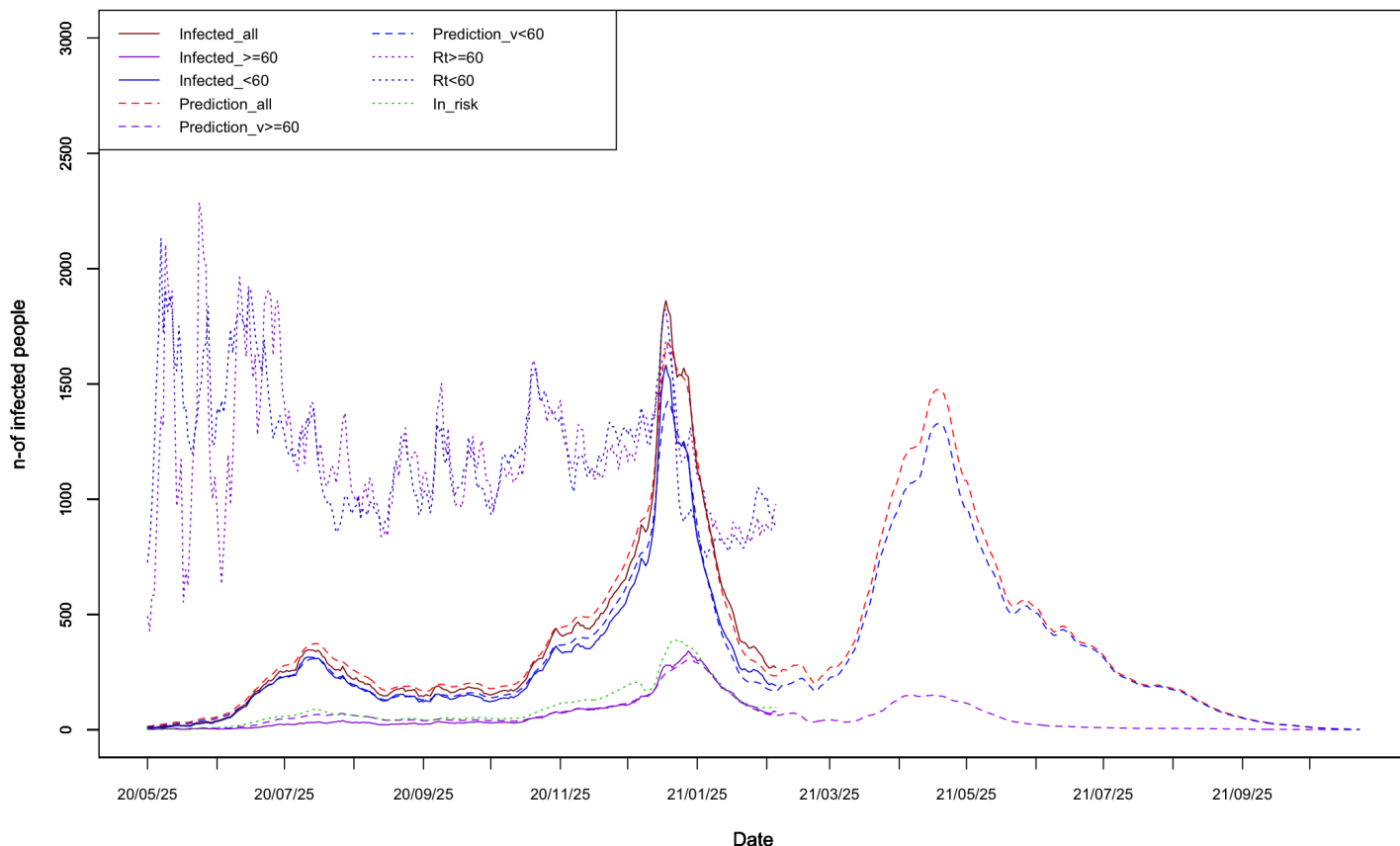
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/9 1327人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/9 150人

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0.25%/日に1回目接種, 21日後に0.25%/日（合計0.5%, 接種者率90%）

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（年代別接種）

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名まで下がり、昨年6月8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6/12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5/9まで遵守

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/14 790人

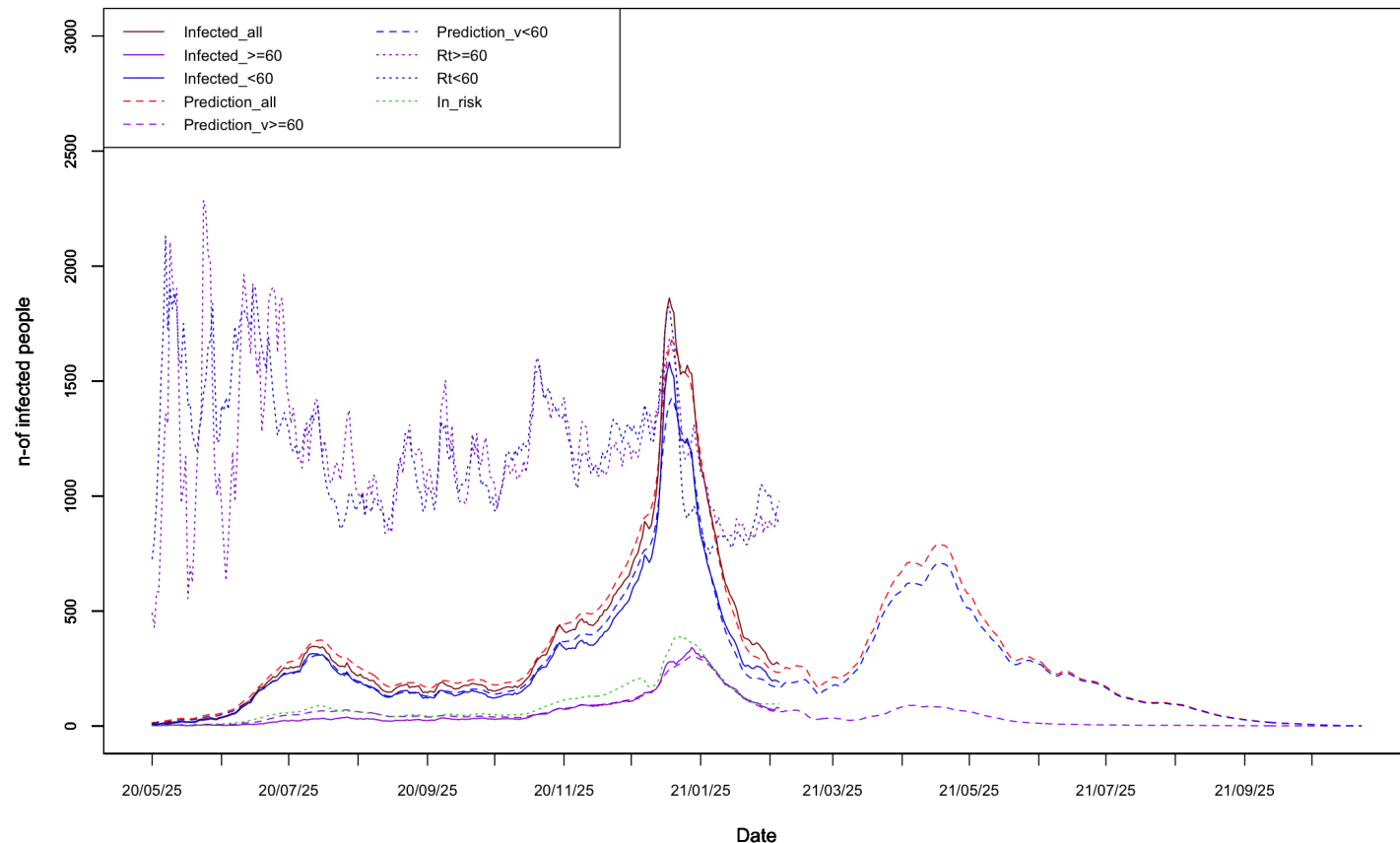
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 708人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：4/30 90人

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0.25%/日に1回目接種, 21日後に0.25%/日（合計0.5%, 接種者率90%）

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 感染者100名

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

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100名まで下がり、昨年6月8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

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/16 710人

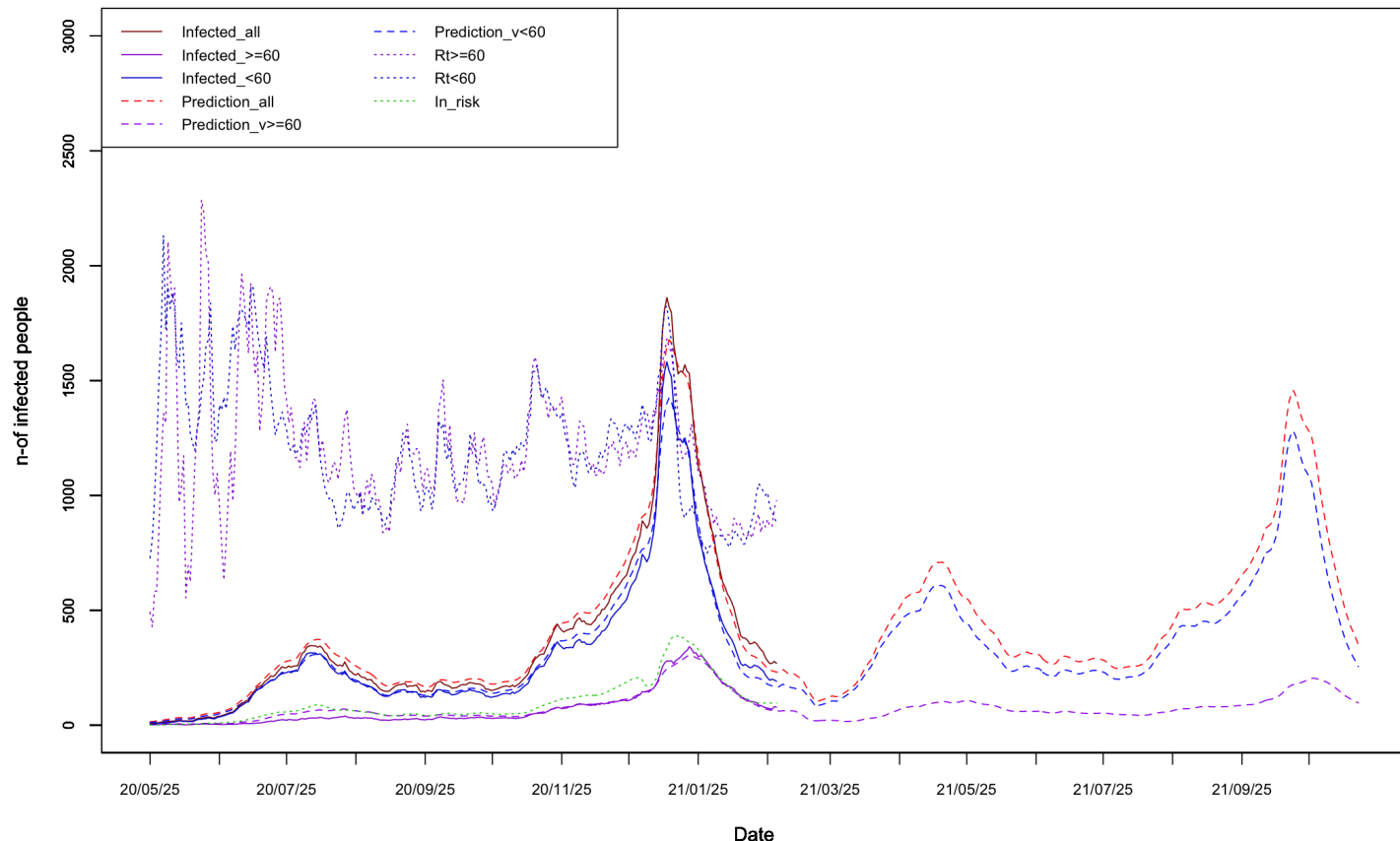
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 610人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/27 108人

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（年代別接種）

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100名まで下がり、昨年6月8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7/22以降は59歳以下に接種）

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/14 669人

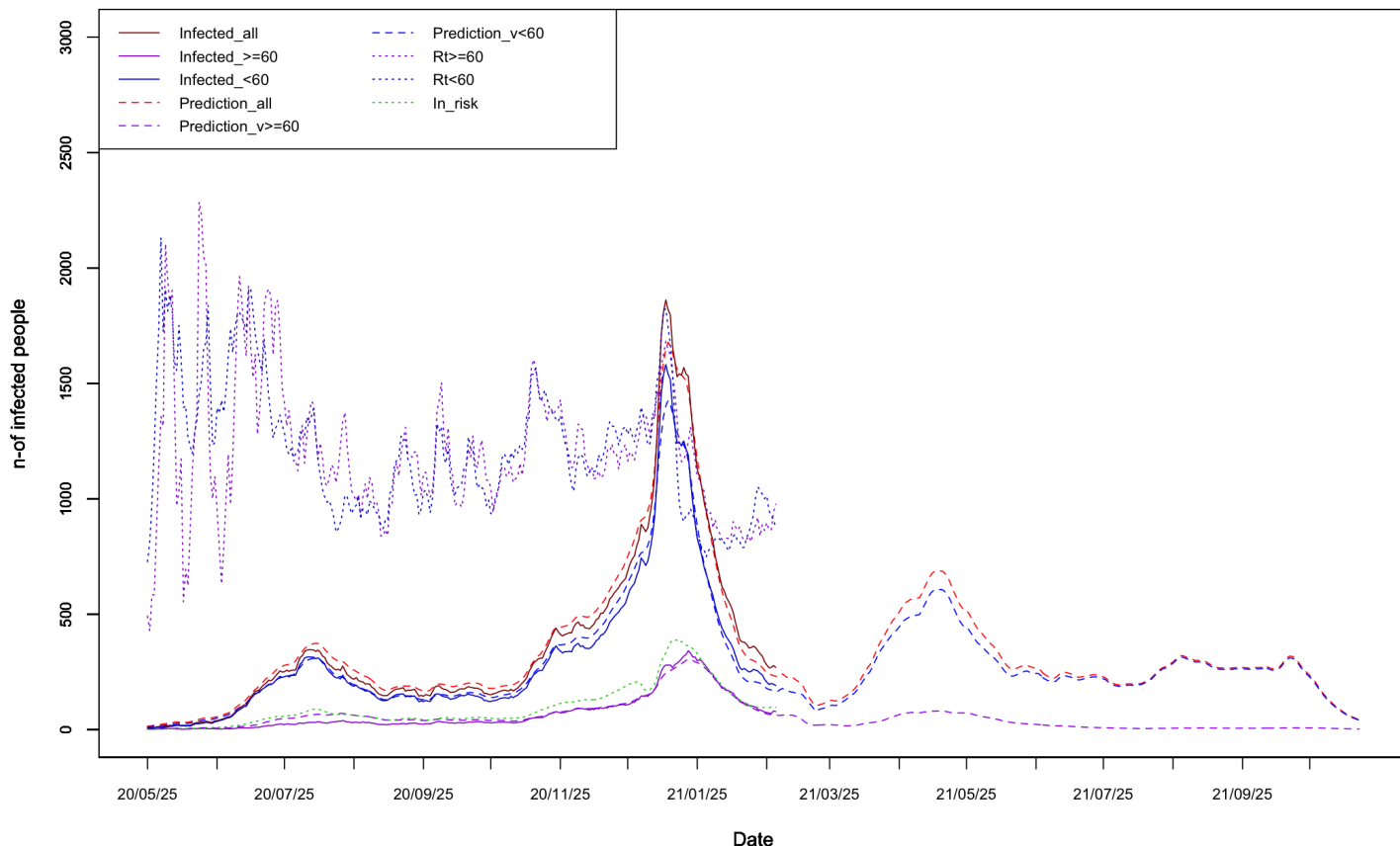
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 609人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/16 80人

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0.15%/日に1回目接種, 21日後に0.15%/日（合計0.3%, 接種者率90%）

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（年代別接種）

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100名まで下がり、昨年6月8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6/12以降は59歳以下に接種）

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/14 677人

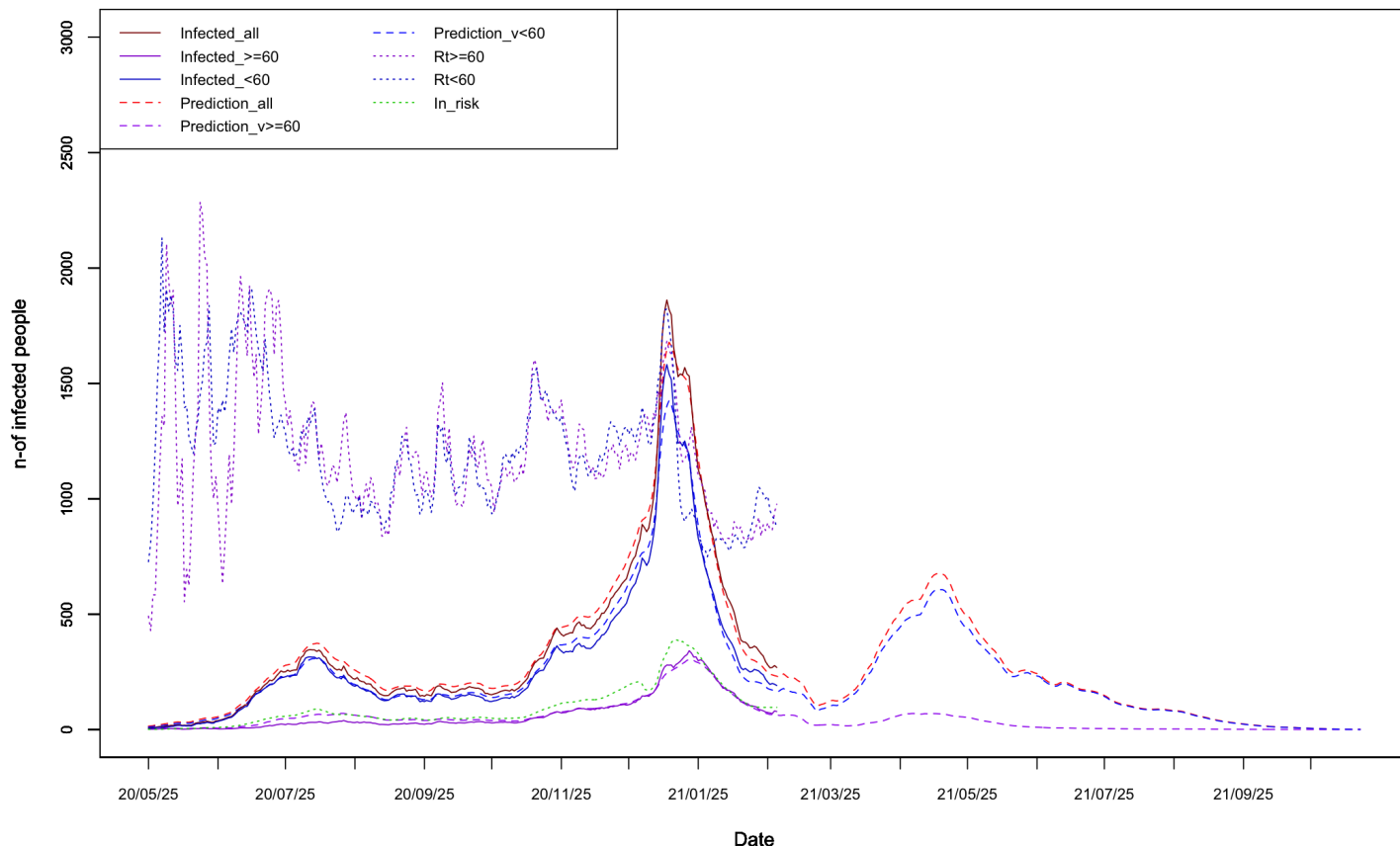
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 608人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：5/3 70人

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0.25%/日に1回目接種, 21日後に0.25%/日（合計0.5%, 接種者率90%）

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（年代別接種）

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100名まで下がり、昨年6月8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6/12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5/9まで遵守

東京都の合計感染者数（濃赤線）

全感染者数（赤破線）

第4波ピーク：5/14 338人

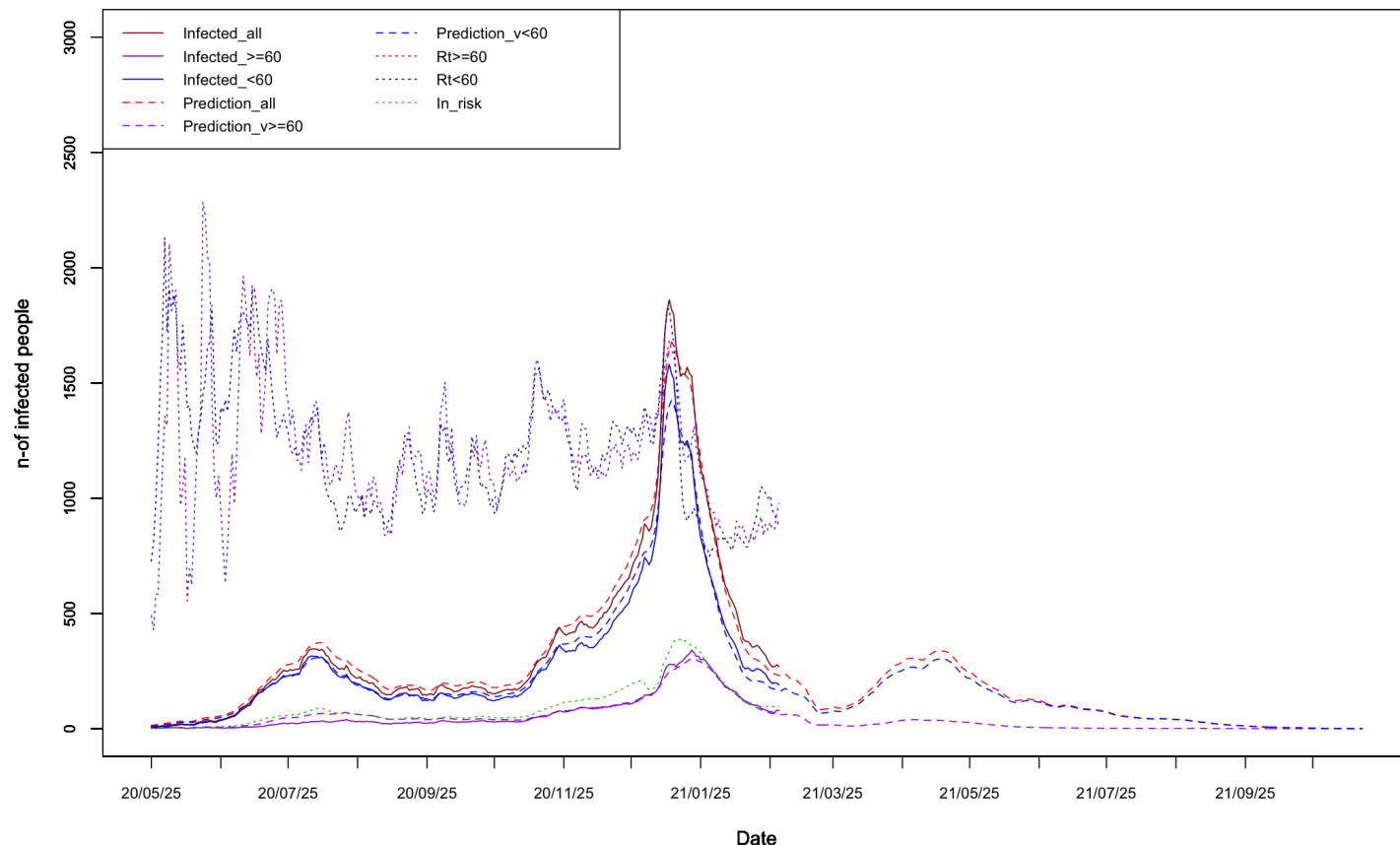
59歳以下感染者数（青破線）

第4波ピーク：5/14 303人

60歳以上感染者数（紫破線）

第4波ピーク：4/30 39人

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0.25%/日に1回目接種, 21日後に0.25%/日（合計0.5%, 接種者率90%）

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。