

ワクチン接種・サーキット  
ブレーカーの効果推定  
東京都の感染者予測

2021.3.25

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。また、ワクチン接種実績数と供給予定数に基づいてワクチン接種数を改訂した。

## 2. 重症者数推定モデルの追加

2020/5/25～2021/3/14の年代別感染者数と重症者数データから、重症者数予測モデルを構築し、重症者発生数を推定できるようにした。  $R^2=0.98$ ,  $p<0.01$

## 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推定された。

## 4. サーキットブレーカー効果の推定

新規感染者数が一定数(1000人, 500人)を超えた場合に、飲食店時短要請・イベント制限・テレワーク強化・外出人数制限(いつもの4人まで)実施を発動することで、第4波抑制に効果があることが判明した。一方で感染者数は、発動時の1.5倍程度まで増加することが予想された。

# ワクチン接種効果

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、ワクチン接種を実施する効果を推定

3/21 感染者は260人

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

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

## ワクチン接種なし

第4波ピーク：5/16	1850人
第5波ピーク：11/20	4100人
重症者ピーク：11/1	340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\_ $\geq$ 60：60歳以上感染者実測値（紫実線）

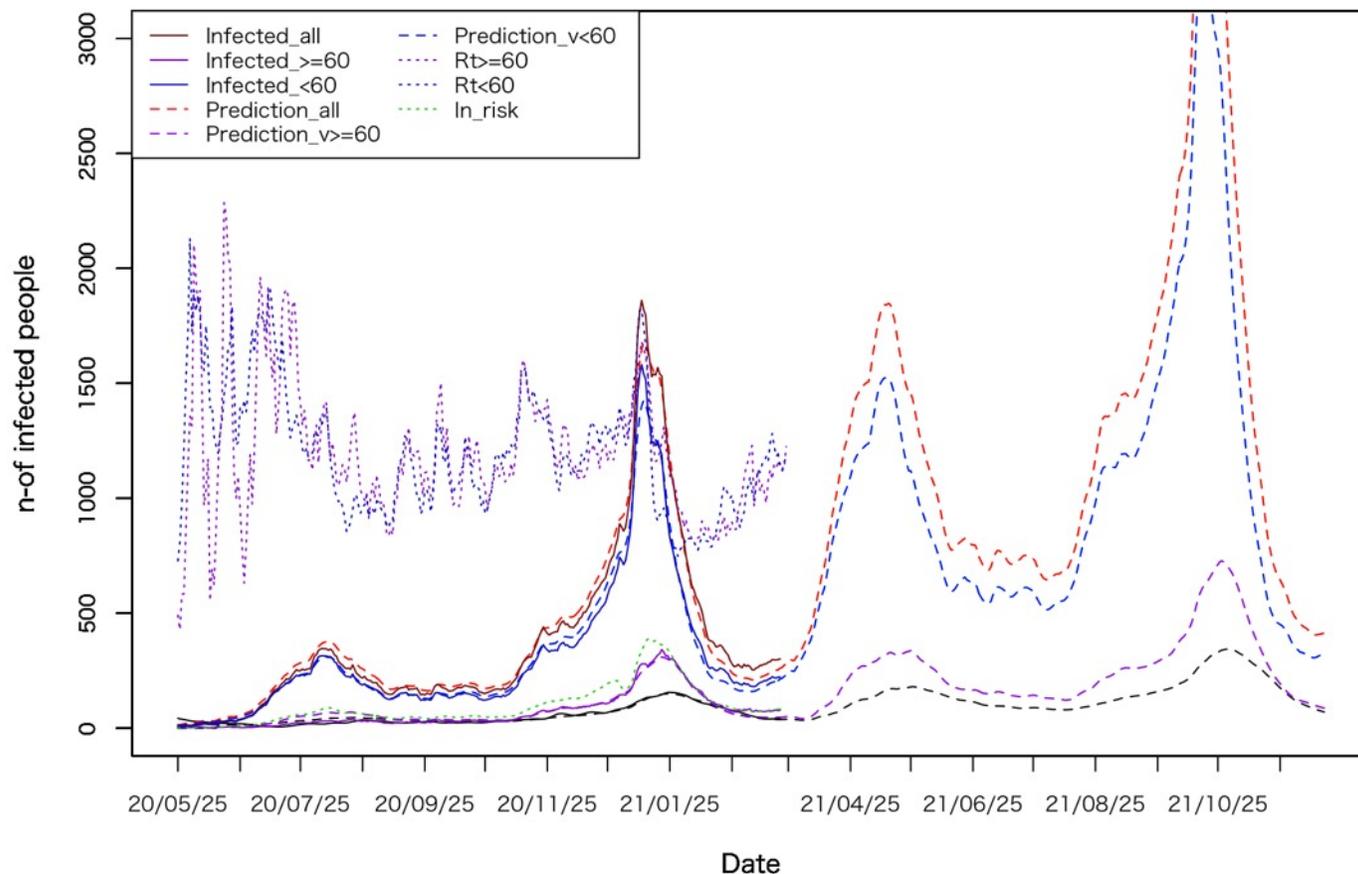
Infected\_ $<$ 60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v $\geq$ 60：60歳以上予測（紫破線）

Prediction\_v $<$ 60：59歳以下予測（青破線）

### 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\_ $\geq$ 60：60歳以上感染者実測値（紫実線）

Infected\_ $<$ 60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v $\geq$ 60：60歳以上予測（紫破線）

Prediction\_v $<$ 60：59歳以下予測（青破線）

ワクチン接種 0.3%

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

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10/31以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：5/14	1650人
第5波ピーク：10/20	1490人
重症者ピーク：10/31	170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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

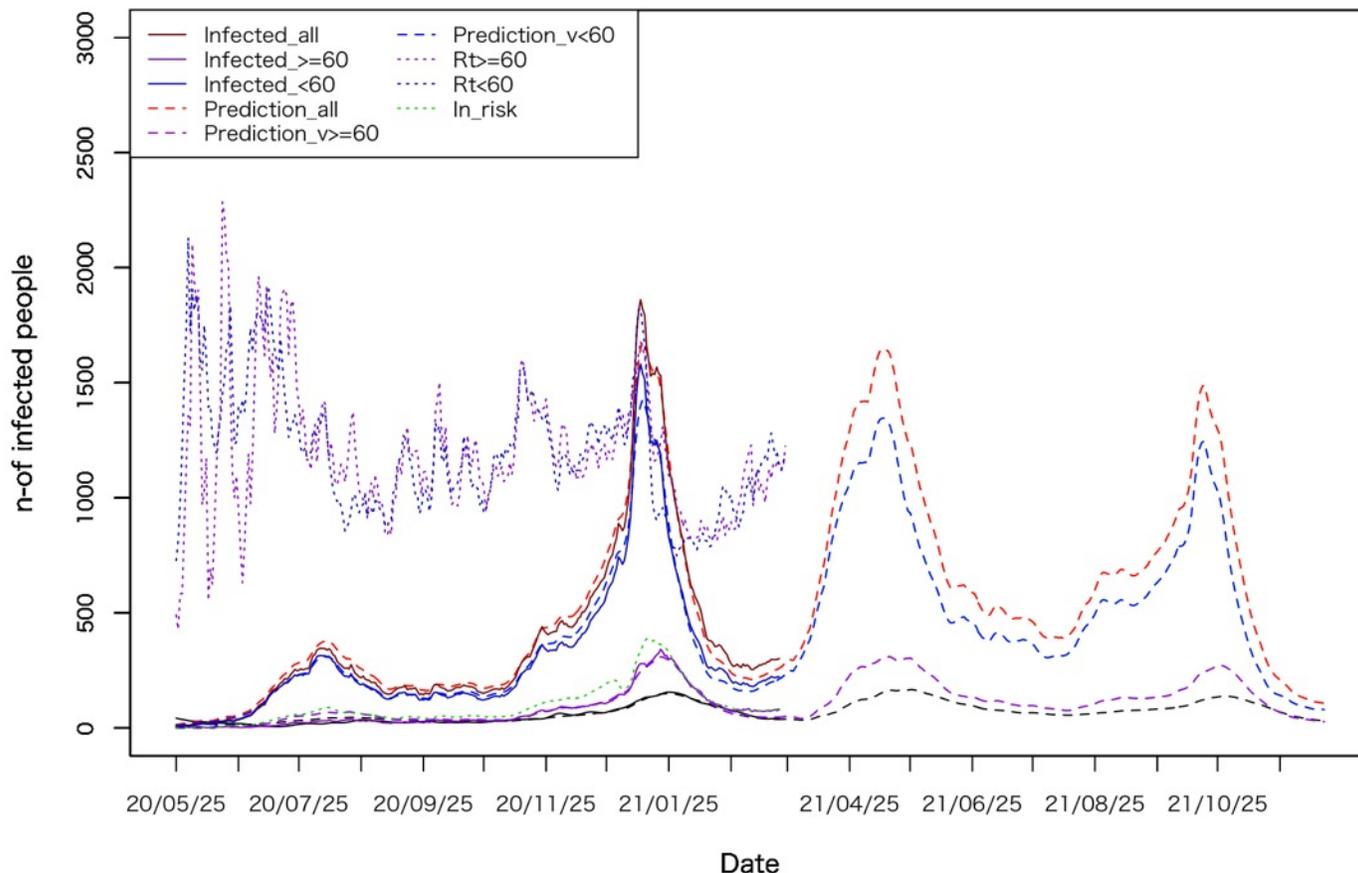
Prediction\_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種，3/15以降 0.04%，3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上:59歳以下を9:1で0.3%/日にワクチン接種

第4波ピーク：5/14	1650人
第5波ピーク：10/20	970人
重症者ピーク：5/28	170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\_ $\geq$ 60：60歳以上感染者実測値（紫実線）

Infected\_ $<$ 60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v $\geq$ 60：60歳以上予測（紫破線）

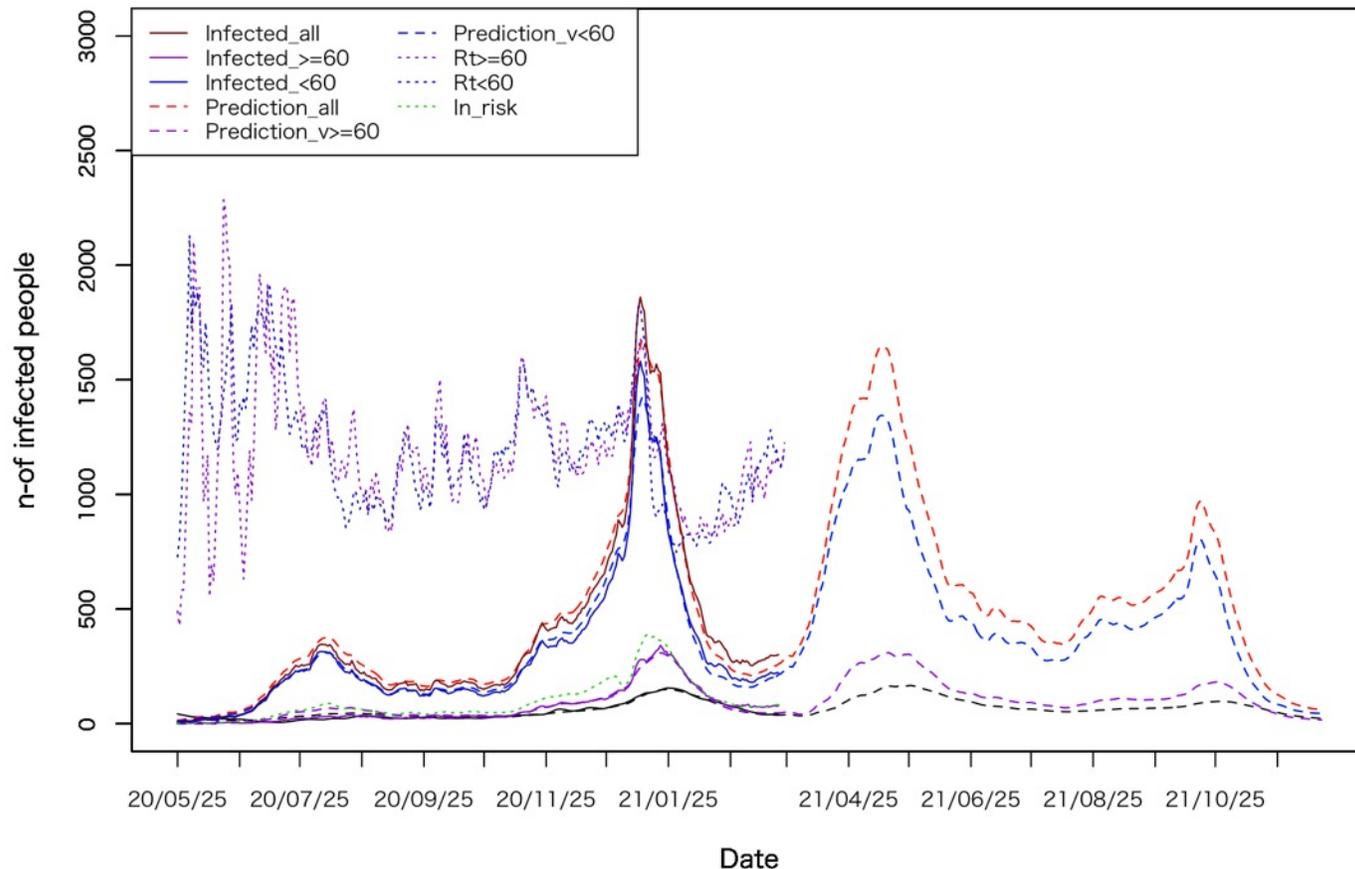
Prediction\_v $<$ 60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上:59歳以下を7:3で0.3%/日にワクチン接種

第4波ピーク：5/14                   1640人

第5波ピーク：

重症者ピーク：5/28                   170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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

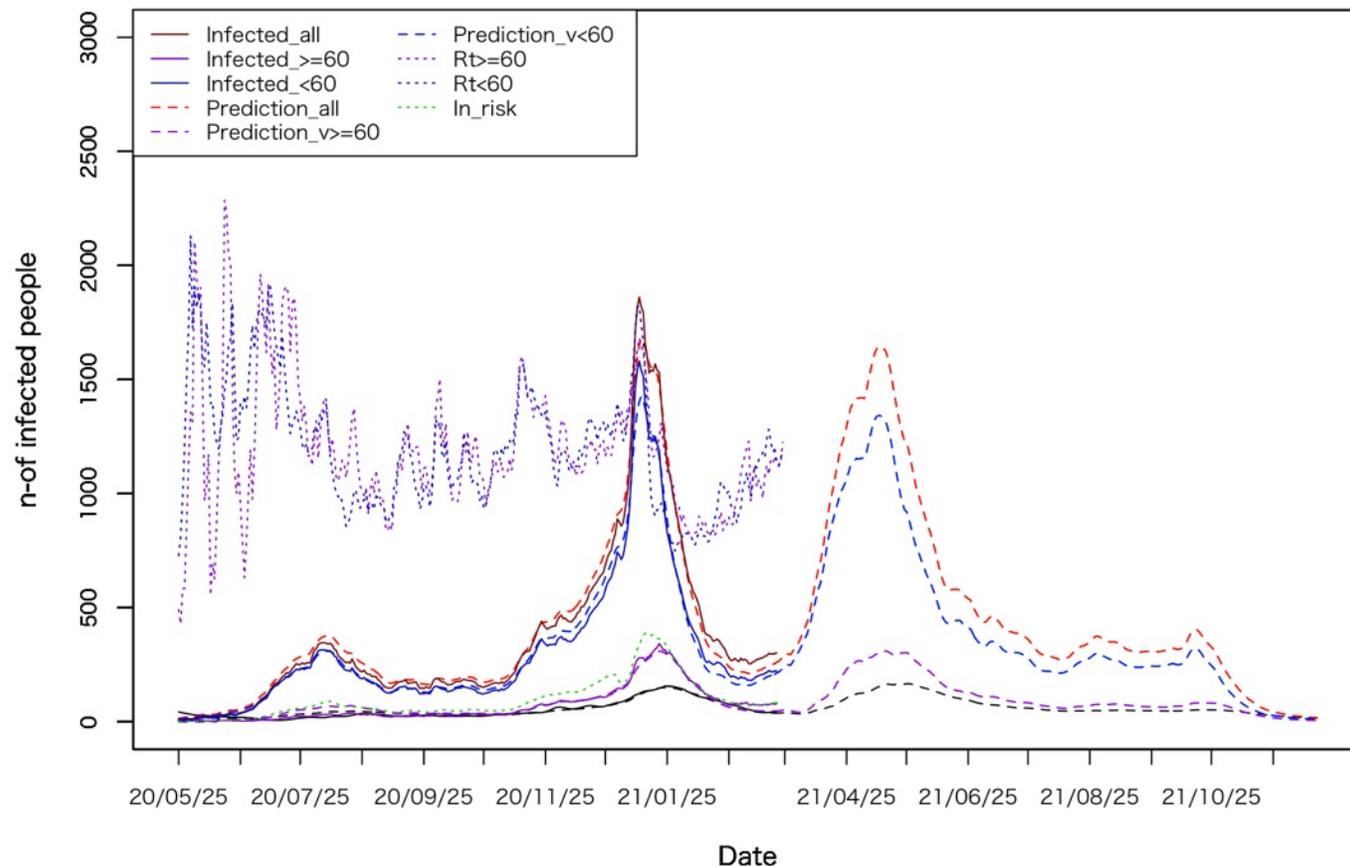
Prediction\_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



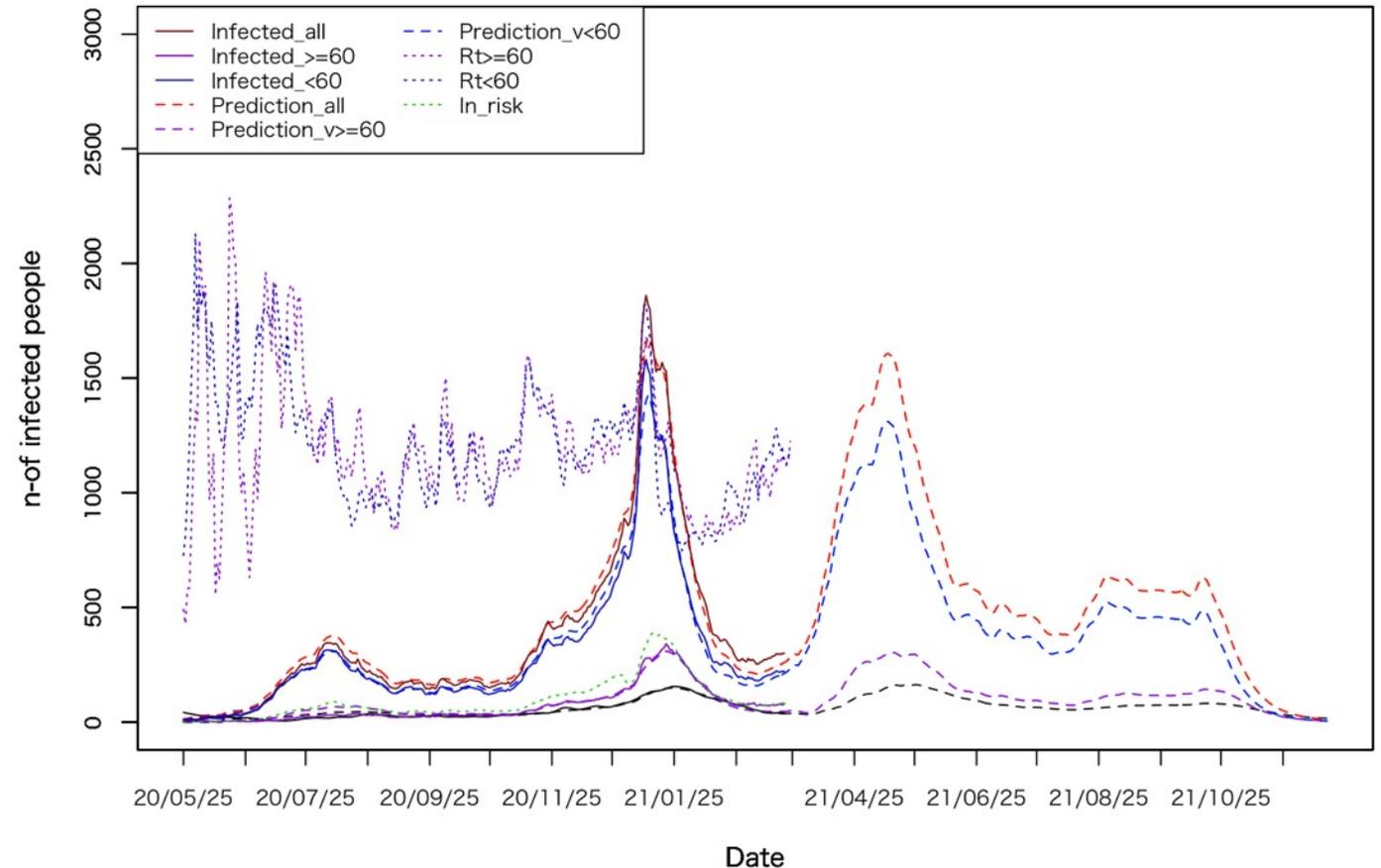
ワクチン接種 0.5%

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

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8/12以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：5/14	1610人
第5波ピーク：8/31	640人
重症者ピーク：5/28	160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（紫実線）
- Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）
- 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）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%  
 3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）  
 4/12以降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%）

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上:59歳以下を9:1で0.5%/日にワクチン接種

第4波ピーク：5/14                   1600人

第5波ピーク：

重症者ピーク：5/28                   160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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

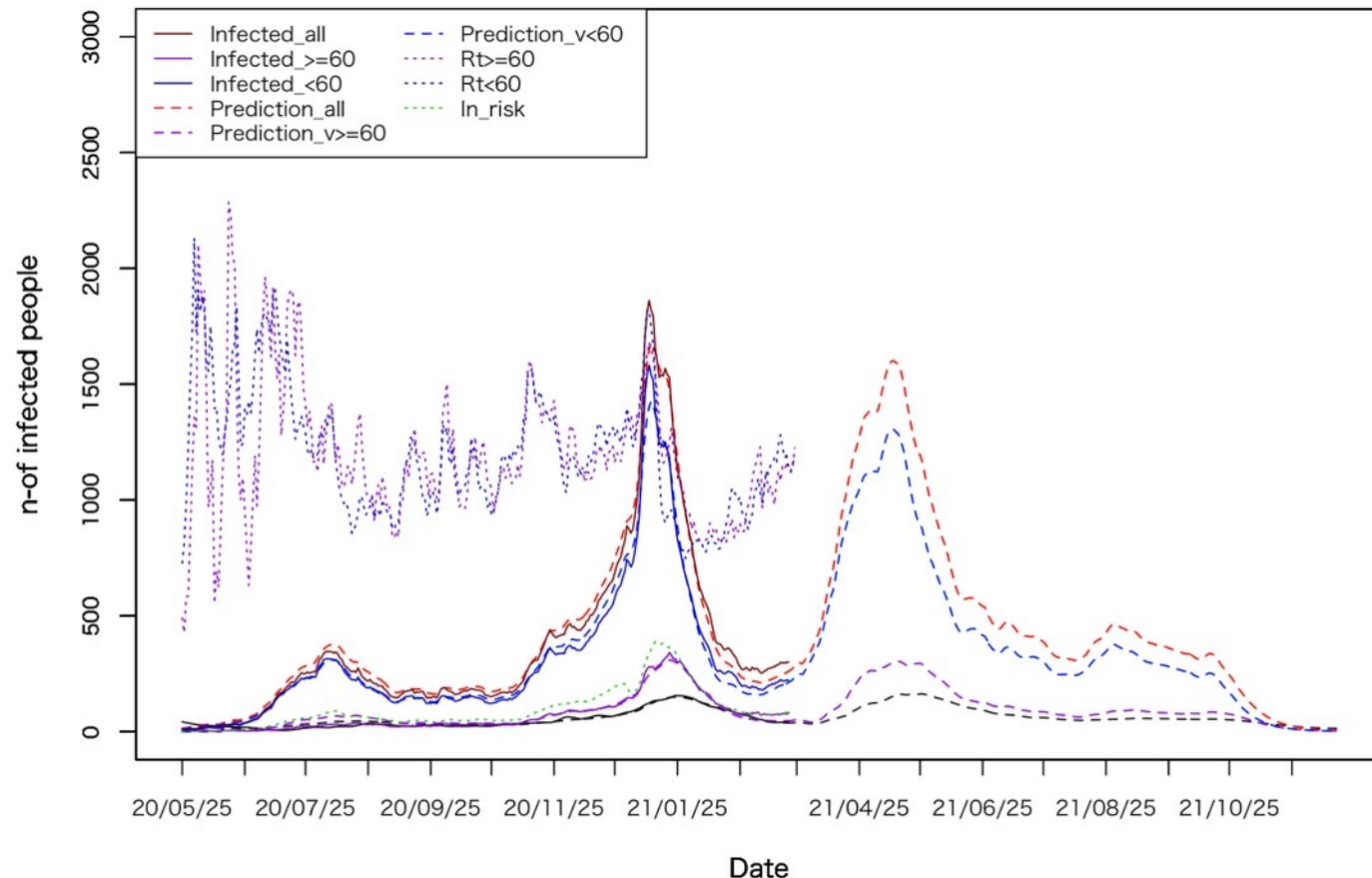
Prediction\_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

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）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上:59歳以下を7:3で0.5%/日にワクチン接種

第4波ピーク：5/14                   1590人

第5波ピーク：

重症者ピーク：5/28                   160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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

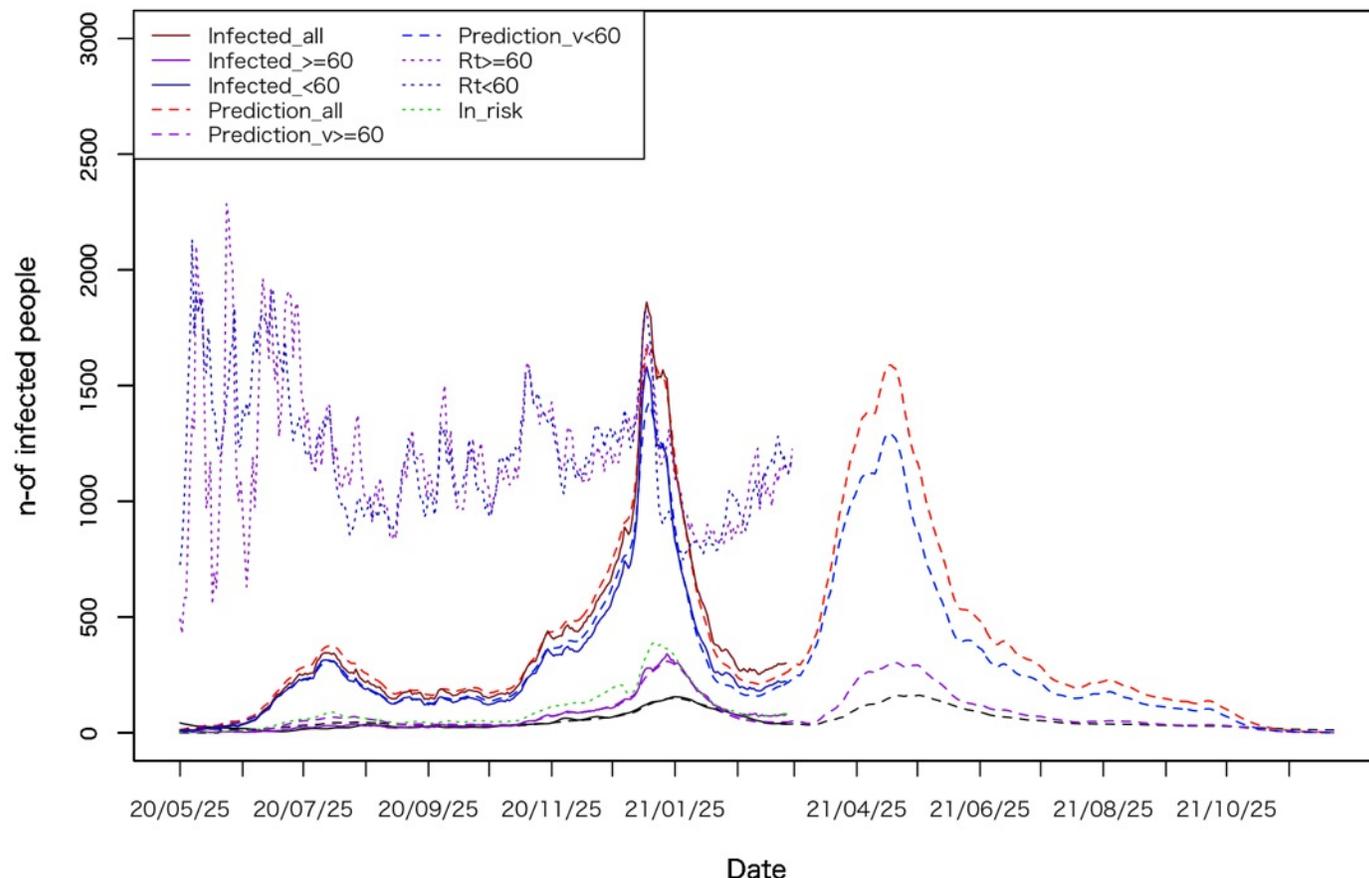
Prediction\_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

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）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

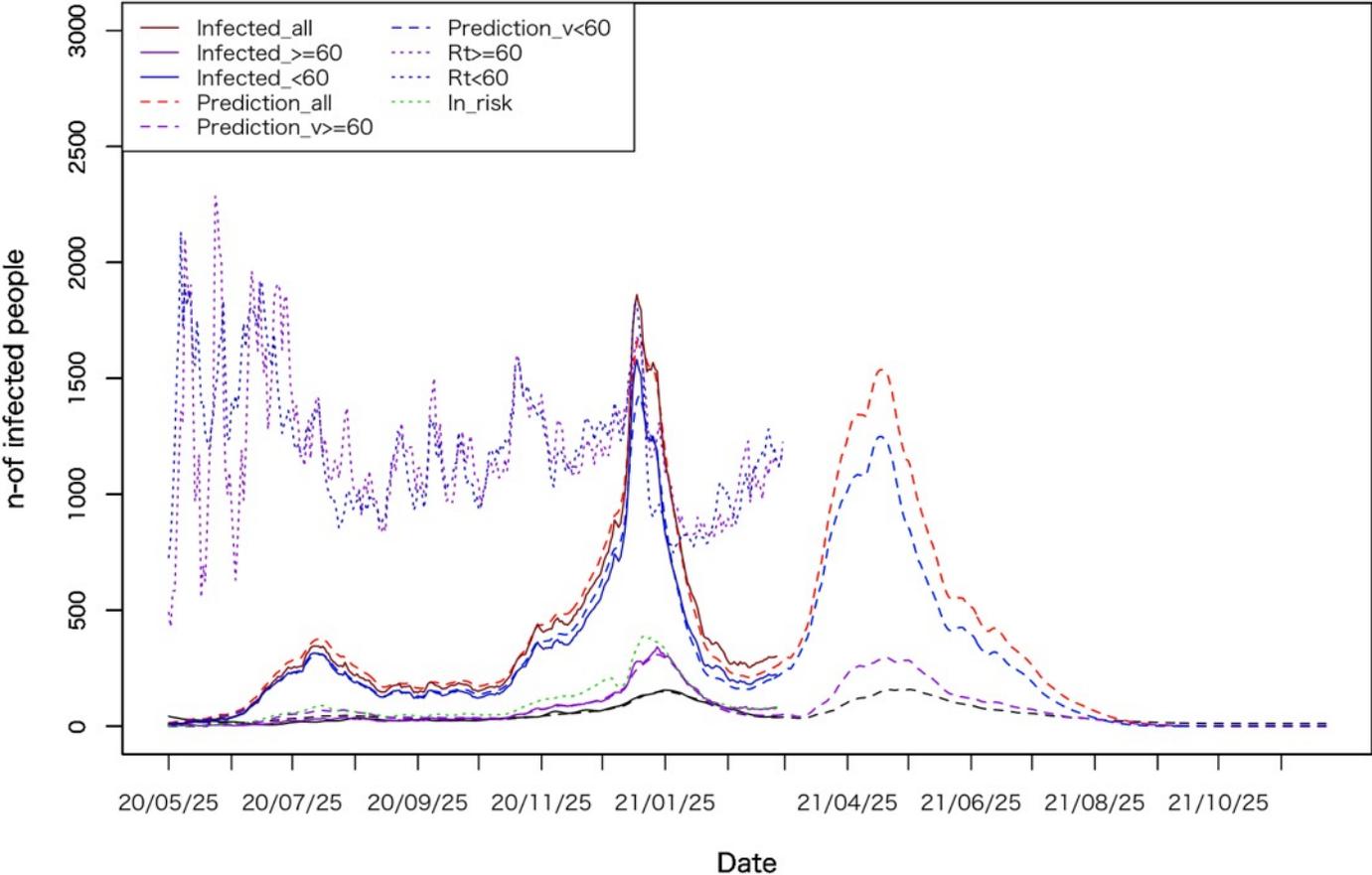
ワクチン接種 1.0%

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上優先で1.0%/日にワクチン接種（60歳以上に行き渡った6/12以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：5/14	1540人
第5波ピーク：	
重症者ピーク：5/28	160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（紫実線）
- Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）
- 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）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%  
 3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）  
 4/12以降0.5%/日に1回目接種, 21日後に0.5%/日（合計1.0%, 接種者率90%）

# サーキットブレーカー効果

2021/1/8の緊急事態宣言効果の再現

2020/12/15-12/31と2021/1/15/1/31の減少効果 0.95(感染率)

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

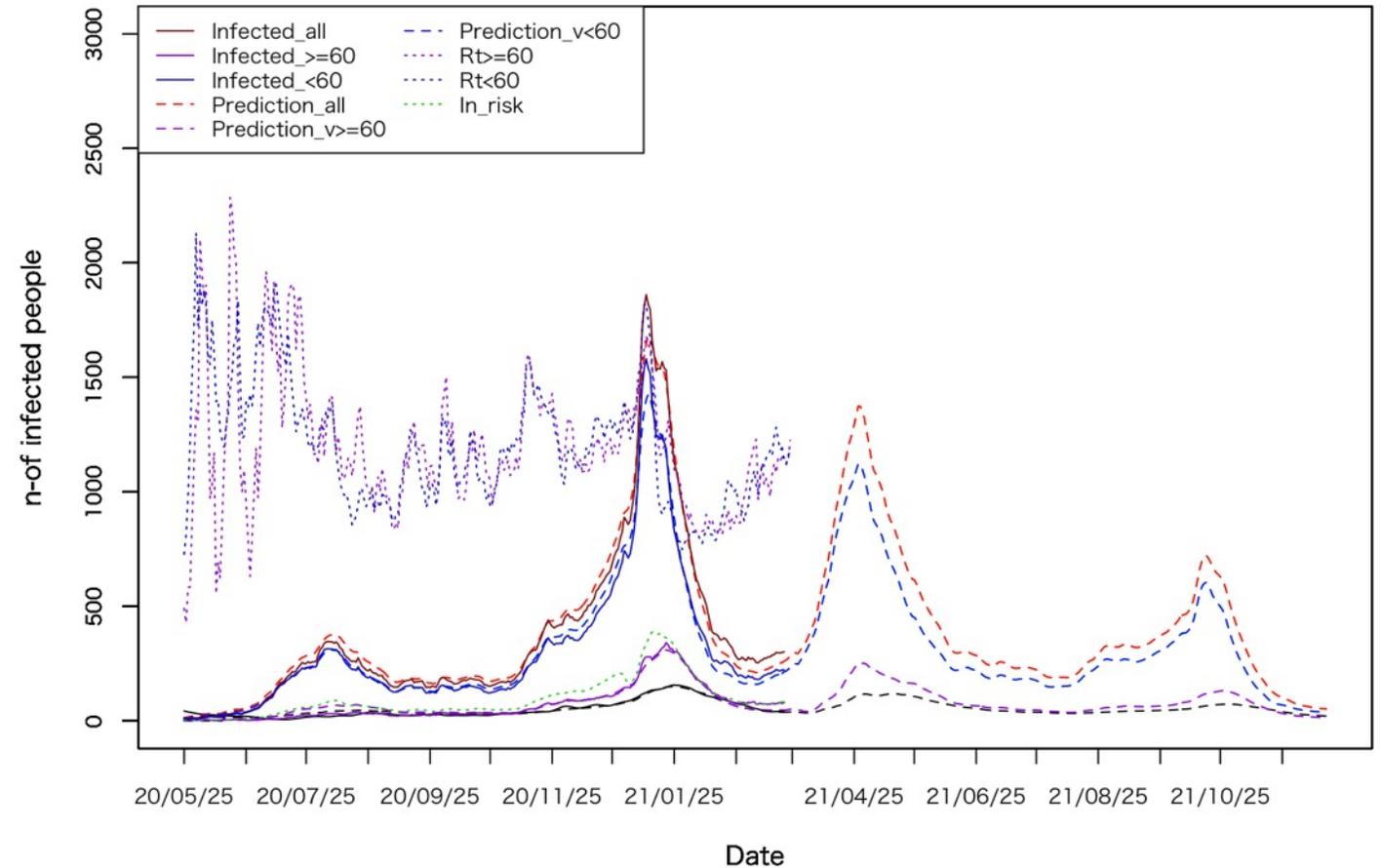
60歳以上優先で0.3%/日にワクチン接種&  
サーキットブレーカー1000人（60歳以上に行  
き渡った10/31以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：4/29           1370人

第5波ピーク：10/20         720人

重症者ピーク：5/16         120人

CB開始:4/22   終了:5/13



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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

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）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上優先で0.3%/日にワクチン接種&  
サーキットブレーカー500人（60歳以上に行  
き渡った10/31以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：4/24           1080人

第5波ピーク：10/20          320人

重症者ピーク：4/29          100人

CB開始:4/13   終了:5/18

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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

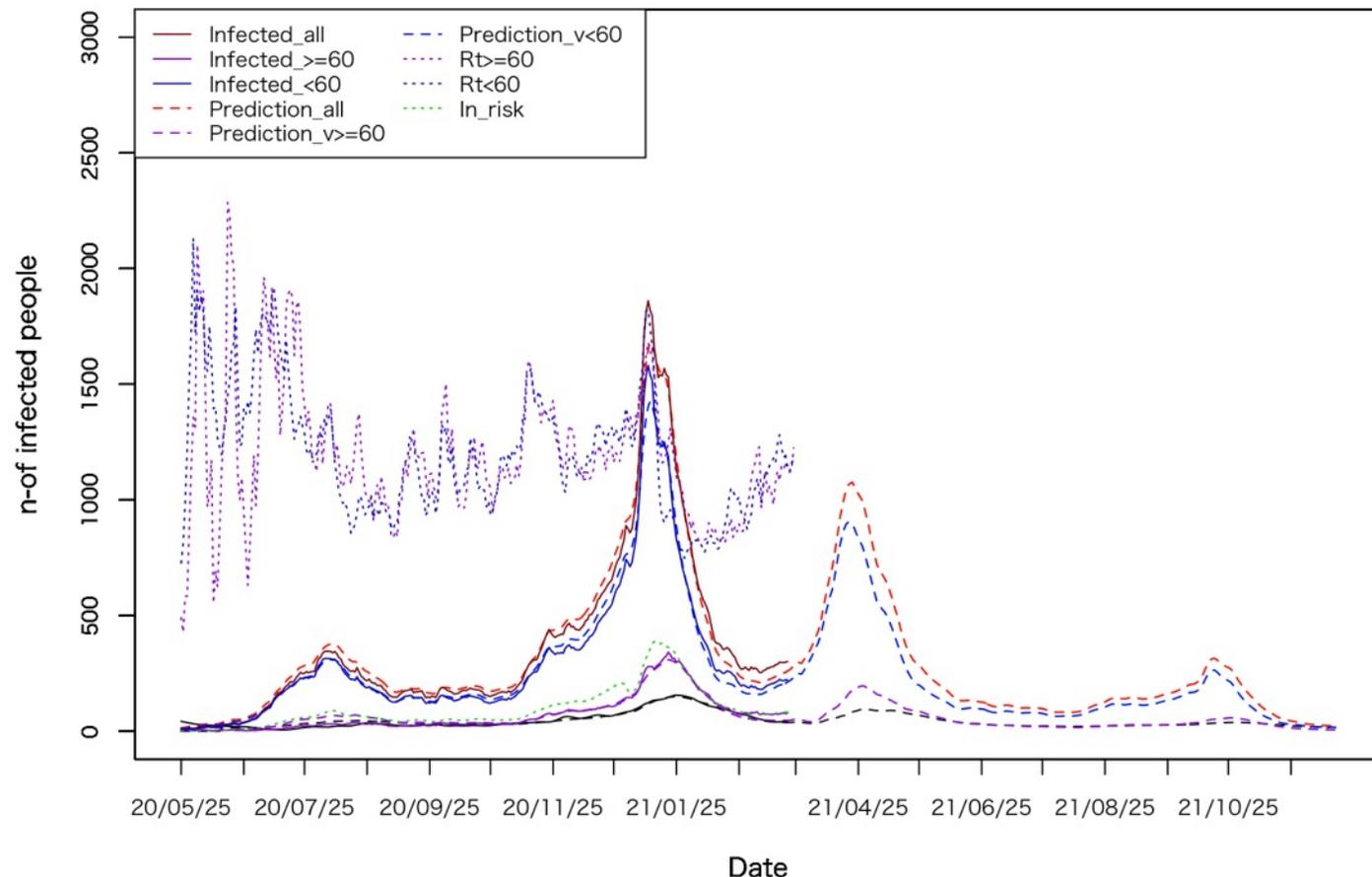
Prediction\_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



Date

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種&  
サーキットブレーカー1000人（60歳以上に行  
き渡った8/12以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：4/29           1350人

第5波ピーク：

重症者ピーク：5/17       120人

CB開始:4/22   終了:5/13

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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

Prediction\_v\_all：全年代予測（赤破線）

Prediction\_v>=60：60歳以上予測（紫破線）

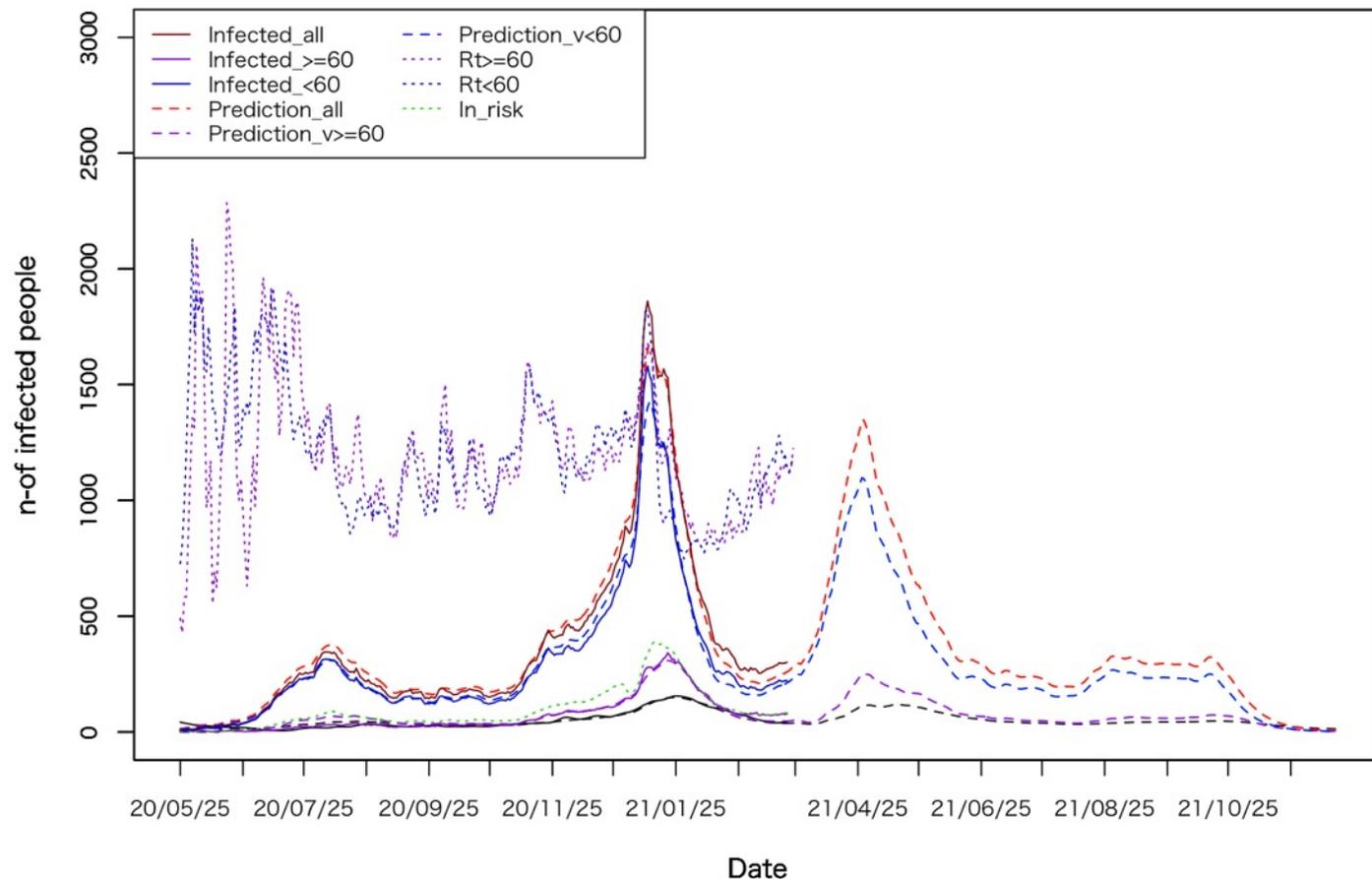
Prediction\_v<60：59歳以下予測（青破線）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine



Date

# ワクチン接種感染者 予測（年代別接種）

60歳以上優先で0.5%/日にワクチン接種&  
サーキットブレーカー500人（60歳以上に行  
き渡った8/12以降は59歳以下に接種）

第4波ピーク：4/24           1070人

第5波ピーク：

重症者ピーク：4/29           90人

CB開始:4/13   終了:5/17

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（紫実線）

Infected\_<60：59歳以下感染者実測値（青実線）

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）

3/5以降人口の0.02%/日に1回目接種, 3/15以降 0.04%, 3/22以降 0.05%

3/27日後0.05%/日（合計0.1%2回目含む）

4/12以降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%）

Prediction of COVID-19 Infected People with Vaccine

