

COVID-19

AI & Simulation Project

資料3-6

Covid-19 AIシミュレーションプロジェクト

AIシミュレーションプロジェクト 専門家委員会

北野宏明

※AIシミュレーションプロジェクトは、三菱総合研究所が、内閣官房の委託を受けて、新型コロナウイルス感染症に関する研究テーマを大学や事業者等から広く公募して行っている事業です。

I 感染リスク低減効果の検証

会食人数等の影響

飛沫シミュレーション（カラオケ、電車の事例）

マスクの効果

エアロゾルの可視化

紫外線によるウイルス不活化

II 新規陽性者数等のシミュレーション

各研究グループのシミュレーションモデルの概要

今夏の感染減少に関するシミュレーション・分析

ワクチン接種率向上の効果

ブースター接種、接種証明活用の効果

抗体カクテル必要量

サーキットブレーカーの時期による違い

今後の感染予測

III まとめ

I 感染リスク低減効果の検証

会食人数等の影響

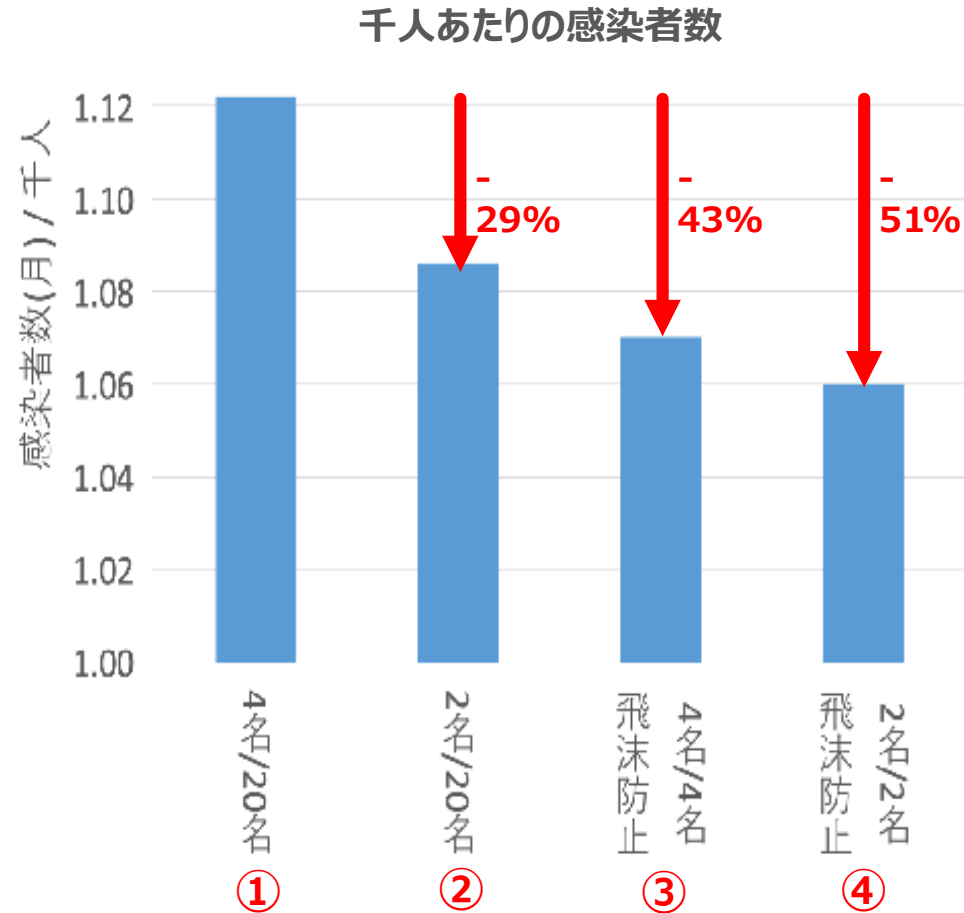
飛沫シミュレーション（カラオケ、電車の事例）

マスクの効果

エアロゾルの可視化

紫外線によるウイルス不活化

■ ふだん一緒にいる人との外出・会食、少人数での外出・会食の方がリスクが低い。



モデル（マルチエージェントモデルシミュレーション）

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

ある日この町で、1名の感染者が発生した。住民は週2日、自分のn人の友達からランダムに選んだm人と外出し会食する。

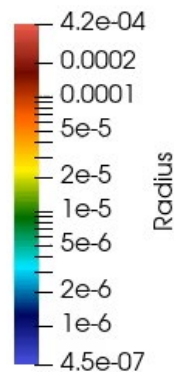
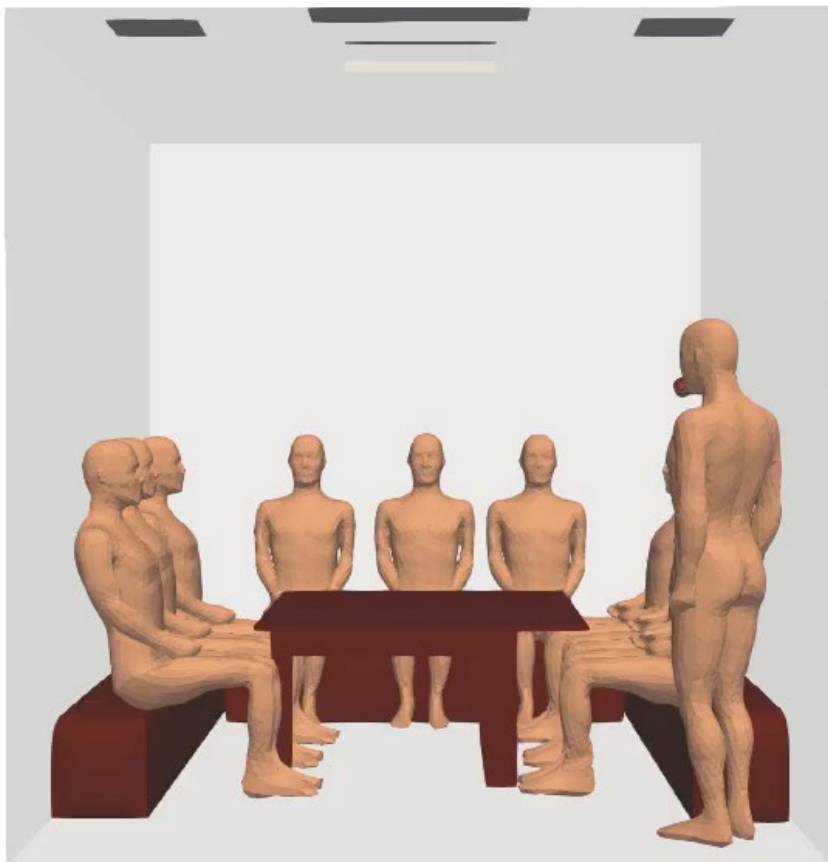
結果（感染リスクの減少）

- ① 20人の友達から選んだ4名で外出・会食（ベースケース）
- ② 20人の友達から選んだ2名で外出・会食で29%減少
- ③ いつもの4名で外出・会食&斜め席・パーティションで43%減少
- ④ いつもの2名で外出・会食&斜め席・パーティションで51%減少

* ただし、すべてのイベントは中止。職場学校の接触は通常の1/5に制限されている。

■ 排気口の下で歌う方がリスクが低い。

Time: 0.00



「富岳」を用いたCOVID-19の飛沫・エアロゾル拡散モデルシミュレーションは2021年ゴードン・ベル賞COVID-19研究特別賞を受賞

室内の平均感染確率（%）

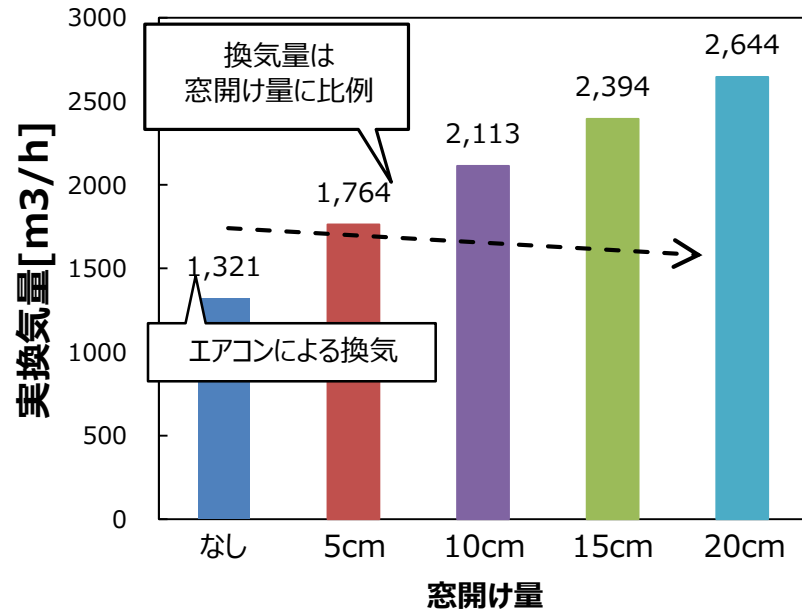
座って歌うケース	8.94%
排気口下で歌うケース ※9を空席として	3.99%

- ※ 1 室内に1名の感染者が滞在すると想定。
- ※ 2 滞在時間は1時間で、感染者が最初に7分間歌った場合を想定。

- 混雑時はエアコンのみの換気では適切ではない場合がある。
- 一回のドアの開閉により、約30~35%の空気が置換される。
- 乗車率が高い場合やドアが長時間開かない場合は窓を開けた状態での運行を。

窓開けによる換気効率の向上の検討

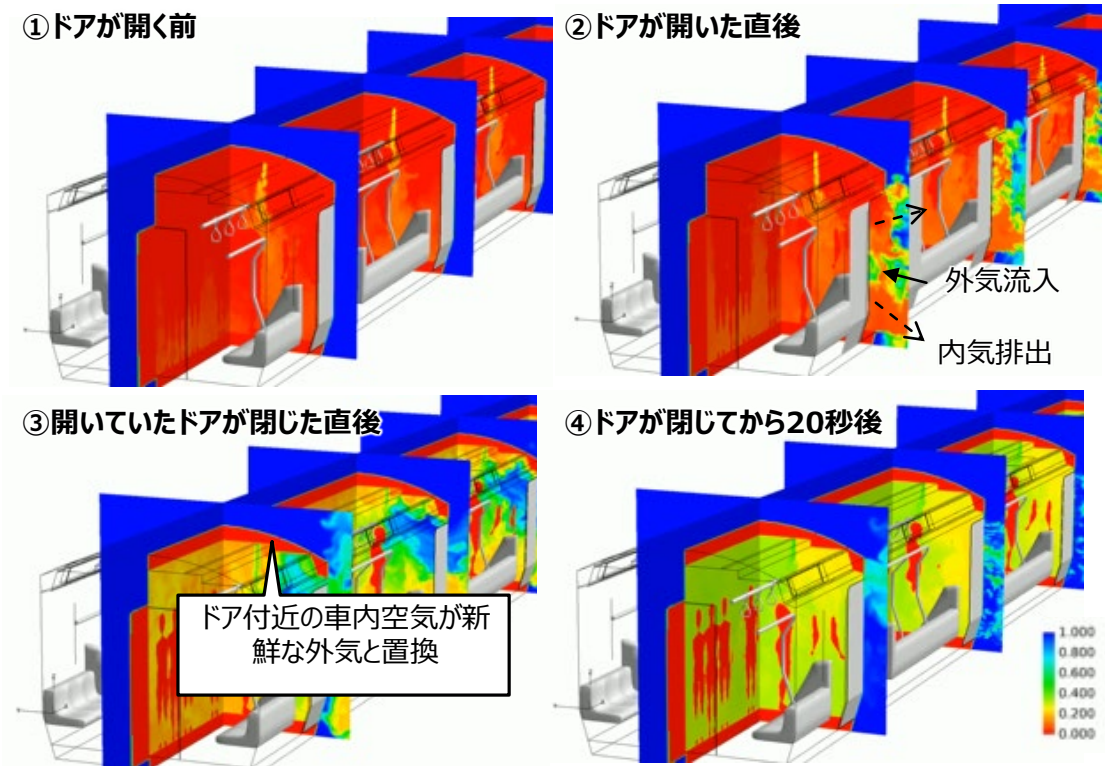
- 混雑時を想定し乗客229人を車内に配置し、時速80km/hで走行した場合の換気量を計算



窓を開けなくてもエアコンにより6分間で車内の空気が置換されるが、混雑時の乗客229人に対して（1人当たりに必要な）外気量としては不十分。

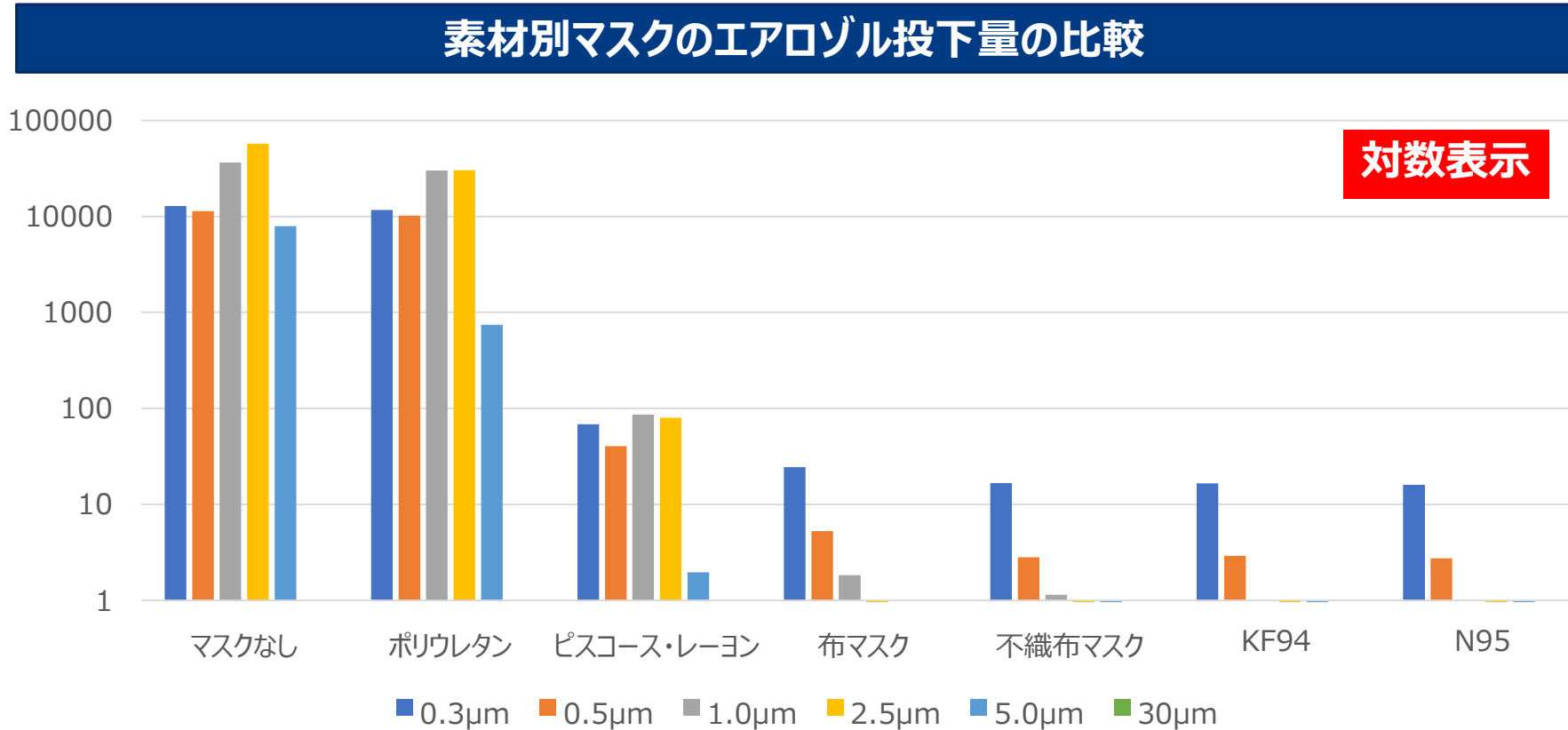
停車時のドアの開閉による換気の効果

- 停車時にドアが約30秒間開いた際の車内空気の置換量を計算



■ マスクをした状態でエアロゾル透過を測定。不織布マスク等を正しくつけることにより、「うつさない」「うつらない」対策が可能。

（注）2.5 μ ～5 μ のエアロゾル中のSARS-CoV-2の感染力は、20分程度経過してもほぼ低下しないことが確認されており、感染防止にはエアロゾルの吸収や粘膜への吸着を防ぐ必要がある。



- 発話時のマイクロサイズ飛沫を可視化。エアコンを作動せず、マスクもしていない場合、正面にエアロゾルが広がり、雲のような塊となって滞留。マスクをしていない場面では、エアコンの活用も必要。

エアコンなし・マスクなし（会議室）



マスクをしていないと呼気が雲のような塊となり正面の人に向かって浮遊する

エアコンあり・マスクなし（ホテルラウンジ）



マスクをしていなくてもエアコンにより隣の席までエアロゾルが拡散しない

※具体的な室内環境は空調の位置などによっても異なるため、各部屋の測定を行うことが望ましい。



- 紫外線など、様々な波長によるウイルス不活化が検証され、それらを用いた機器が市販されている。
- 写真は254nmの波長の紫外線を使用。線源からビームが当たっているところまでの三角形の領域はカーテン状になっている。
- このカーテンを抜ける間にSARS-CoV2は概ね不活化されており、2台置くと向かい合った人の間に透明なパーテーションを作ることができ相手からのエアロゾルに含まれるウイルスによる感染を防ぐことができる。
- このような設置ができることで多様な生活空間での感染防止につながると想定される。

II 新規陽性者数等のシミュレーション

各研究グループのシミュレーションモデルの概要

今夏の感染減少に関するシミュレーション・分析

ワクチン接種率向上の効果

ブースター接種、接種証明活用の効果

抗体カクテル必要量

サーキットブレーカーの時期による違い

今後の感染予測

■ 各研究グループのモデル概要と今回の分析の主な前提

ミクロ

マクロ

ハイブリッド

人口集団の行動モデルや相互関係を個体ベース（ミクロ）、集団ベース（マクロ）、その組み合わせ（ハイブリッド）でどう捉えるかにより各モデルに違いがある。ここでは、大まかなタイプを凡例として示す。

研究グループ	ベースとするモデル	特徴	主な前提
創価大学 畝見先生 ミクロ	マルチエージェントベースのSEIRモデル (SimEpidemicモデル)	<ul style="list-style-type: none"> ● 2次元平面上にランダムに個体を配置。 ● 周囲からうけるカベクトルによる移動によって、学校、職場、集会等の行動を再現する ● 移動制限は、配置や距離パラメータにより表現 ● 感染者と一定距離の近接時に確率的に感染し一定確率で重症化。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：11月または2月 ● ワクチン最終接種率：70,75,80,85% ● ワクチン接種予防効果：114日目から線形に減衰し、214日目に減衰 ● ワクチンパスポート：未考慮 ● 第三回目接種：未考慮
東京大学 大澤先生 ハイブリッド	SEIRS回路格子モデル および MultiLayer-MultiSEIRAgentモデル	<ul style="list-style-type: none"> ● 地域内・地域間の人の流入を考慮できるようにSEIRモデルを拡張したSEIR回路格子モデル ● さらにSEIRの状態に加えワクチン接種を考慮した状態を設定し、ワクチン効果減衰を考慮可能 ● また、MultiLayer-MultiSEIRAgentモデルでは職場、学校、近所などの生活文脈ごとのミクロな行動モデルの導入を行っている 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：9月下旬、10月中旬 ● ワクチン効果：上位ケース ● ワクチン接種率：所定 ● ワクチン効果減衰：100日or200日で64%減 ● ワクチンパスポート：有り・無し ● 第三回目接種：考慮有り

■ 各研究グループのモデル概要と今回の分析の主な前提

研究グループ	ベースとするモデル	特徴	主な前提
筑波大学 倉橋先生 <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">ミクロ</div>	年代別ワクチン効果 SEIRモデル および 東京近郊市街地マル チエージェントベー スモデルによる感染 変化率推定モデル	<ul style="list-style-type: none"> ● ドコモ空間統計データをふまえた人口流動（特に19時の都内繁華街滞留人口と都外からの流入人口）を考慮し年代別にSEIRの状態を設定したモデル ● 年代内および年代別の感染推移が推定できる。 ● 実効再生産数・人口流動数の推移は実測を用いる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：10/1, 10/15 ● ワクチン効果：上位、中位、下位 ● ワクチン接種率：72%,80%,85%（年齢別考慮有り） ● ワクチン効果減衰：180日or240日減衰率0%,30%とbooster shot10% ● ワクチンパスポート：有り・無し ● 第三回目接種：考慮有り
慶応義塾大学 栗原先生 <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px 5px; border-radius: 5px;">ハイブリッド</div>	マルチエージェント モデルにおいて、報 道やSNSにおける行 動変容キーワードの 出現分析をふまえた 行動モデルを考慮	<ul style="list-style-type: none"> ● べき乗則的な行動様式と、スモールワールドネットワークに基づいた行動モデルを導入 ● キーワードの出現率から推定する不安や危機感に基づく行動変容と、社会経済的要求に基づく行動変容を分析する ● SNS上の感情分析を実施 ● モバイル空間統計データによる実行動の状況を考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：9月末 ● ワクチン最終接種率：70,80,90% ● ワクチン接種予防効果：半年で予防効果は半分に減衰 ● ワクチンパスポート：考慮あり ● 第三回目接種：考慮あり

■ 各研究グループのモデル概要と今回の分析の主な前提

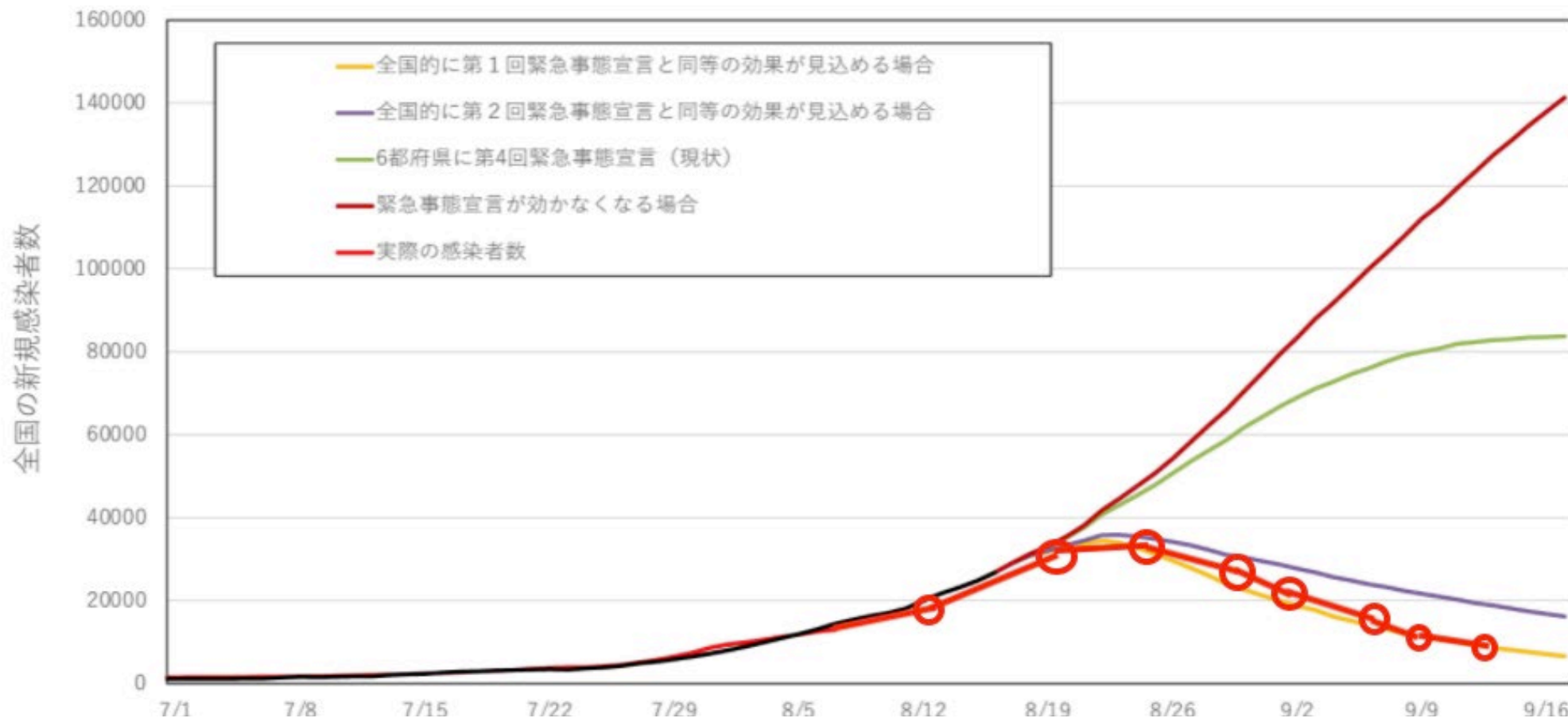
研究グループ	ベースとするモデル	特徴	主な前提
慶応義塾大学 栗原先生 ミクロ	マルチエージェントモデルにおいて、報道やSNSにおける行動変容キーワードの出現分析をふまえた行動モデルを考慮	<ul style="list-style-type: none"> ● べき乗則的な行動様式と、スモールワールドネットワークに基づいた行動モデルを導入 ● キーワードの出現率から推定する不安や危機感に基づく行動変容と、社会経済的要求に基づく行動変容を分析する ● SNS上の感情分析を実施 ● モバイル空間統計データによる実行動の状況を考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：9月末 ● ワクチン最終接種率：70,80,90% ● ワクチン接種予防効果：半年で予防効果は半分に減衰 ● ワクチンパスポート：考慮あり ● 第三回目接種：考慮あり
東京財団 千葉先生 ミクロ	マルチエージェントベースモデル	<ul style="list-style-type: none"> ● 感染確率と重症化・死亡確率について以下の要素を設定し考慮 ● 個人の属性：10歳刻み年齢・性別・産業・職業・外食頻度 ● 対人接触場面：家庭、学校、職場、高齢者施設等 ● 感染状態の遷移確率については、厚生労働省公表資料を元に設定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：9月末（解除後に、人出がコロナ前比で2,3,5割減の場合） ● ワクチン最終接種率：首相官邸発表実績を利用 ● ワクチン接種予防効果：感受性85%、重症化率50%、2回目を接種して6ヶ月後感受性は60%に低下 ● ワクチンパスポート：未考慮 ● 第三回目摂取：考慮（効果減衰がないとする）

■ 各研究グループのモデル概要と今回の分析の主な前提

研究グループ	ベースとするモデル	特徴	主な前提
東京大学 仲田先生 <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; display: inline-block;">マクロ</div>	SIRDモデル	<ul style="list-style-type: none"> ● SIRDに加えて状態：死亡を加えたSIRDモデルを採用 ● 経済的損失の推計に重きを置く分析を実施 ● コロナ病床数・使用率をふまえ致死率を勘案する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：9月末、10月中旬 ● ワクチン最終接種率：11月末に75,80,85% ● ワクチン接種予防効果：1回目55,65,70%、2回目65,75,95% ● ワクチンパスポート：未考慮 ● 第三回目摂取：未考慮 ● 基本再生算数：3,4,5,6
名古屋工業大学 平田先生 <div style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 5px; border-radius: 10px; display: inline-block;">機械学習モデル</div>	機械学習モデル+ワクチン効果の補正 (入力値：気象情報、人流データ、平日・休日、緊急事態宣言有無、現在までの新規感染者数、変異株状況について2020/8/12021/8/29実績値を利用) ※学習データは東京、大阪、愛知	<ul style="list-style-type: none"> ● 気象状況・人流の実績データをふまえ、2ヶ月先までの予測を行う。 ● 機械学習モデルの予測後、ワクチンの効果による補正を行う。 ● ワクチン効果については、テルアビブ、ロンドン、NY、ブリュッセルの実績データを用いて学習を行う。 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>予測モデル</p> <pre> graph LR A[Input data (JP)] --> B[Model 1] B --> C[Initial Forecasting] D[Input data (other countries)] --> E[Model 2] C --> E E --> F[Final Forecasting] </pre> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ● 宣言解除：9月中旬、9月下旬、10月中旬 ● ワクチン最終接種率：官房資料に基づく ● ワクチン接種予防効果：上位、中位、下位ケースにワクチン有効性について海外都市データで補正 ● ワクチンパスポート：考慮 ● 第三回目摂取：考慮

- 2021年8月以降の新規陽性者数の推移は、1回目の緊急事態宣言（昨年4～5月）と同等の効果があると仮定したシミュレーション（8月上旬時点）の結果と概ね一致。

2021年8月3日時点での予測および実際の陽性者数



繁華街での人流が減少

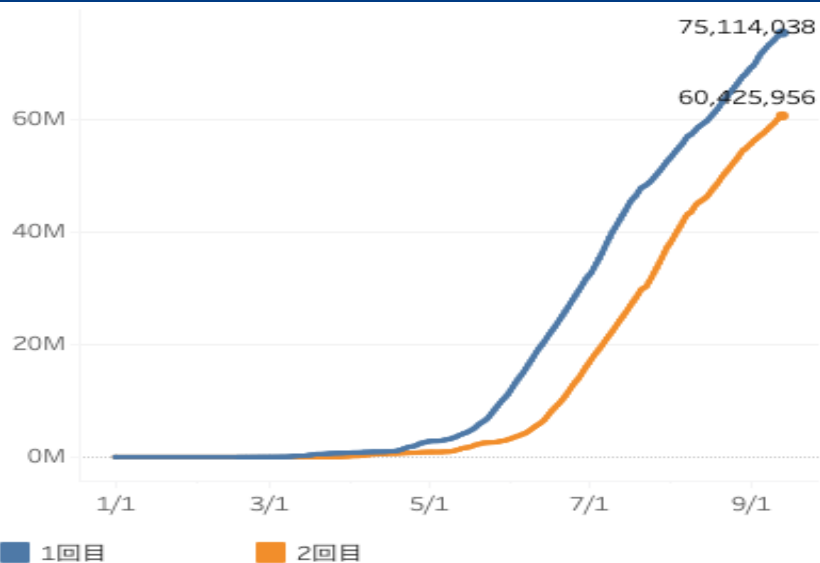
昼間の駅での人流は大きな変化がない

+

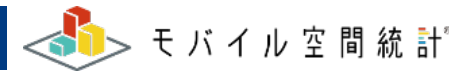
ワクチン接種の進展で、感染リスクのある人流（実効人流）は大幅に減少

現在は、IgGレベルが高く感染防御効果が高い状態

国内のワクチン接種状況（累積日次推移）

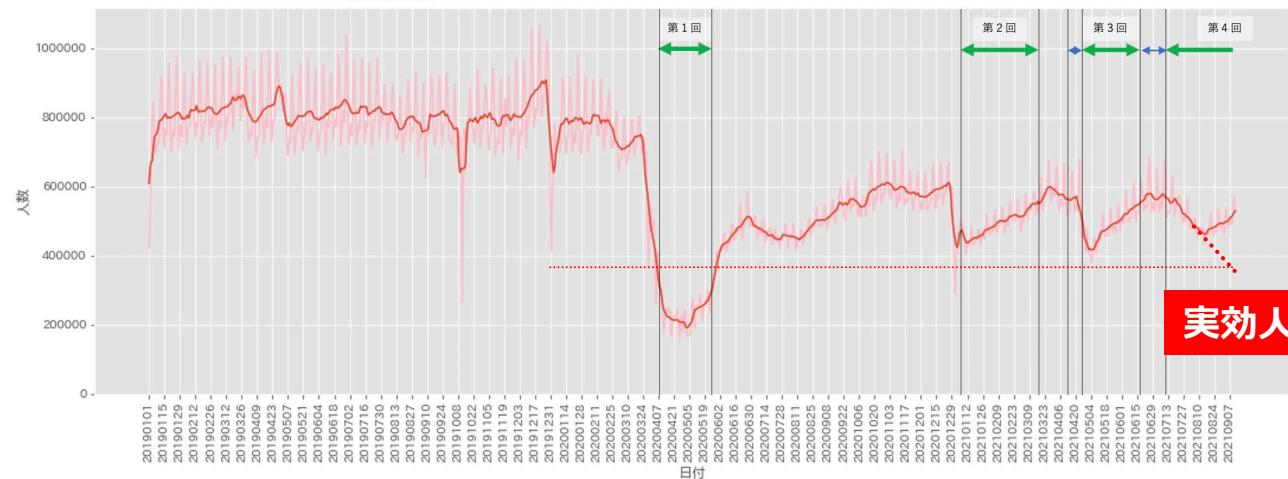


モバイル空間統計（時間軸による地域内の人数）



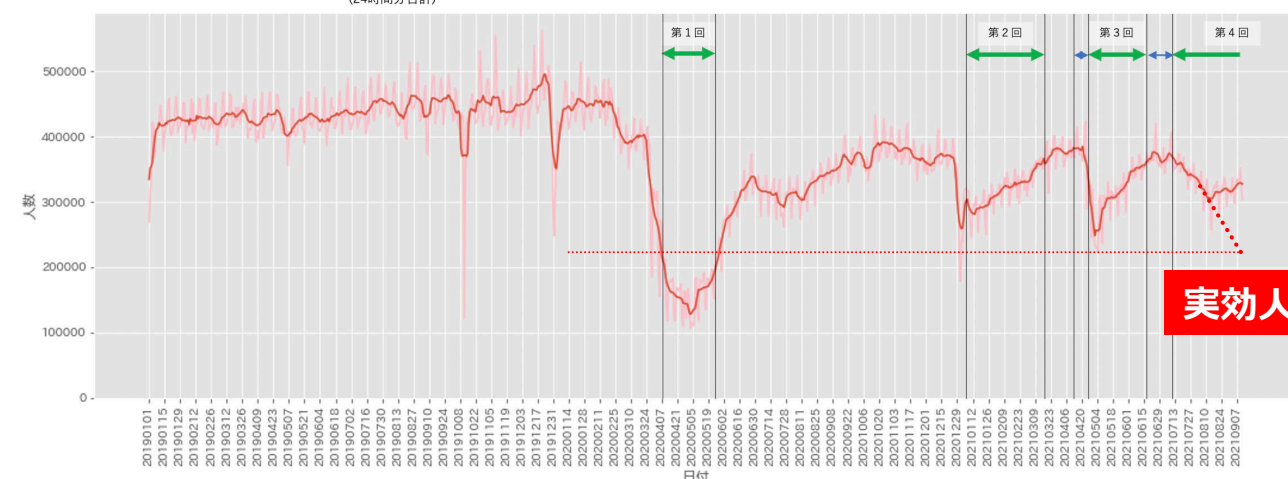
東京 歌舞伎町

— エリア内人数 (24時間分合計) — 7日平均 — 緊急事態宣言 — まん延防止等重点措置

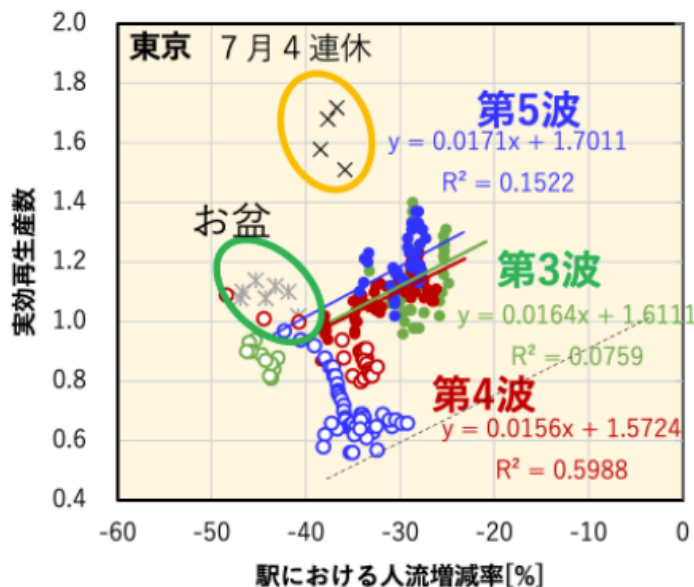
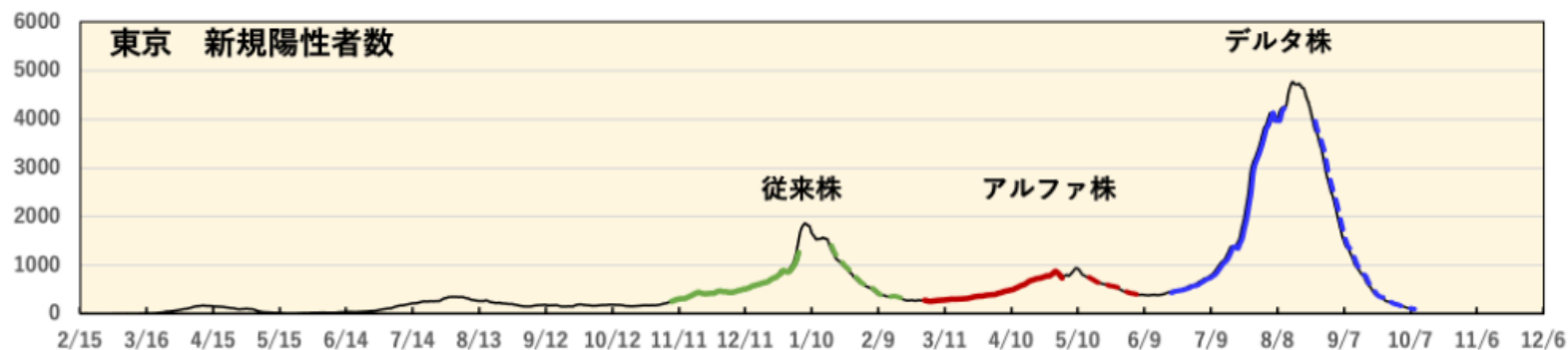


東京 池袋

— エリア内人数 (24時間分合計) — 7日平均 — 緊急事態宣言 — まん延防止等重点措置



■ 東京では、今夏（第5波）においても人流と実効再生産数との間には相関が見られる。



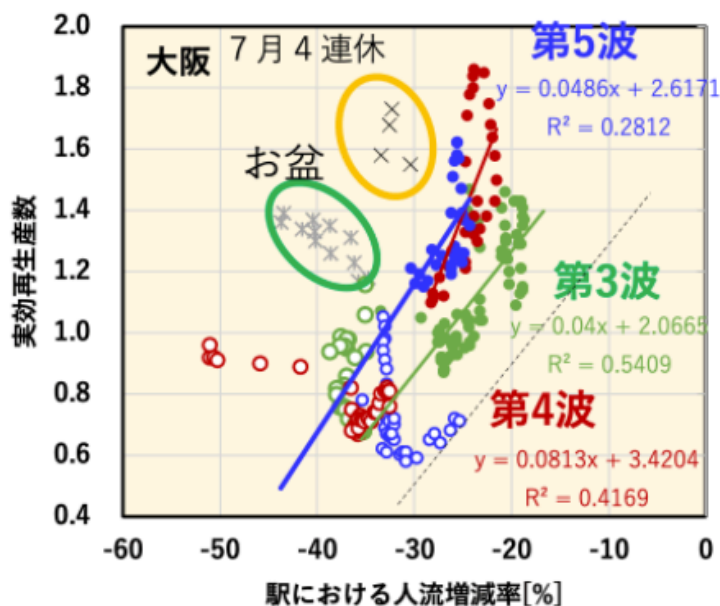
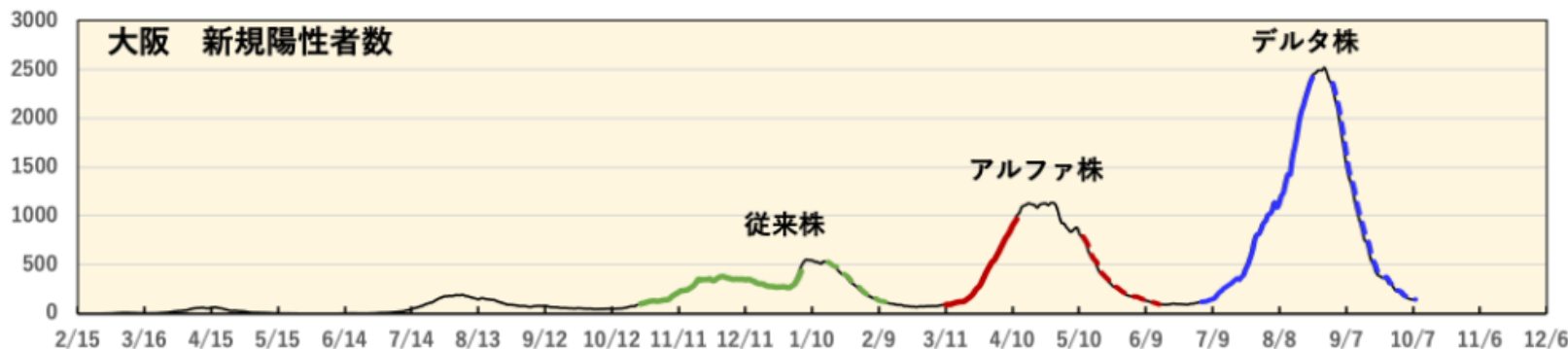
Surrogateとしての、乗換駅における人流増減率（当該の日からみて6 - 13日前の平均値）の有効性

- 第3波（従来株）
- 第4波（アルファ株）
- 第5波（デルタ株）

と区別した場合、実効再生産数と主要駅における人流の増減率には相関。

- *実効再生産数は、東洋経済オンラインより
- *第5波は、大型連休の影響を除いた近似直線
- *近似直線は、感染拡大期に基づく

■ 大阪では、今夏（第5波）においても人流と実効再生産数との間には相関が見られる。



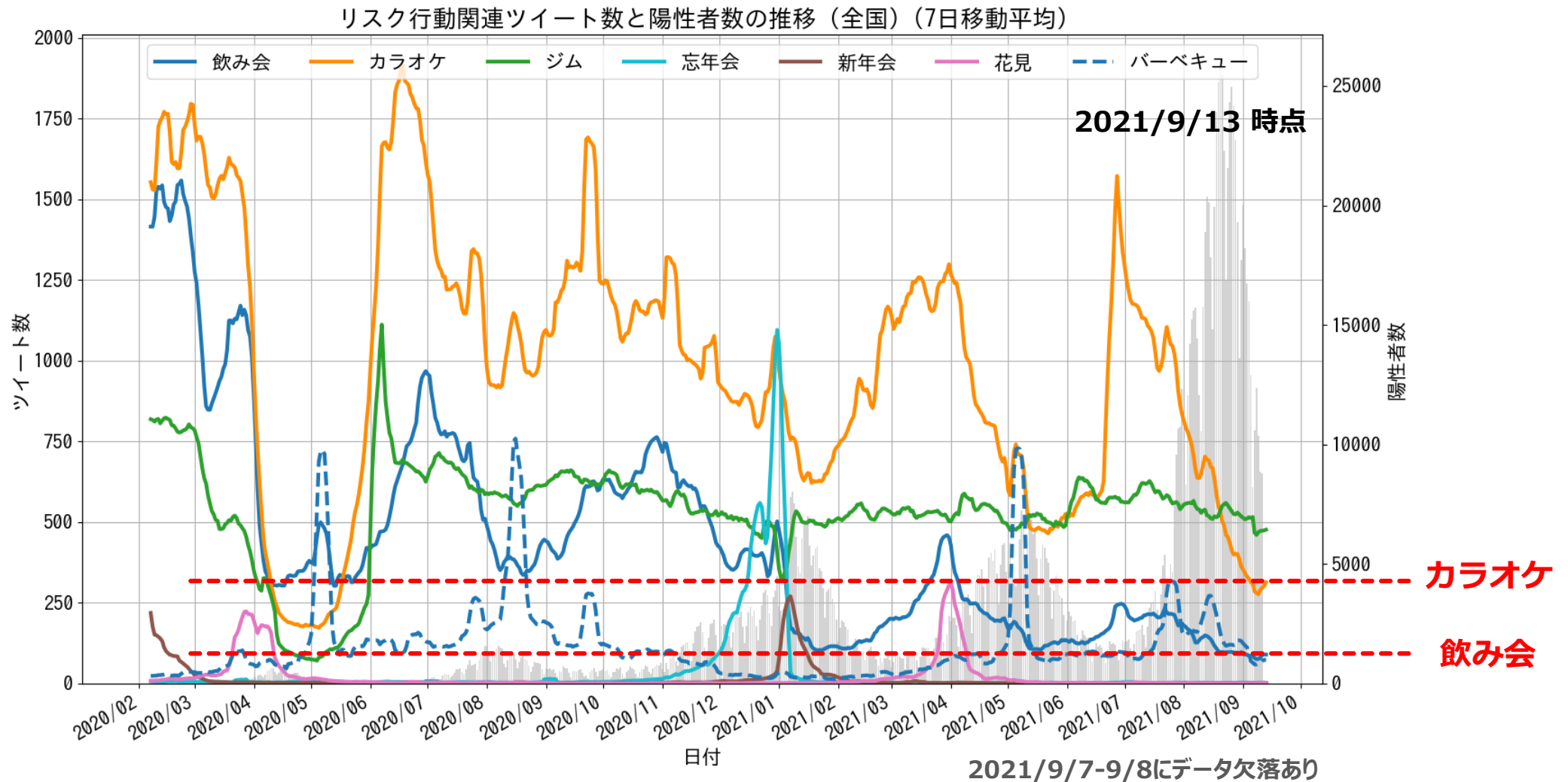
人流が減少すれば、実効再生産数が下がる。
7月4連休、お盆により、実効再生産数が大きく変化。

第3波（従来株）
第4波（アルファ株）
第5波（デルタ株）

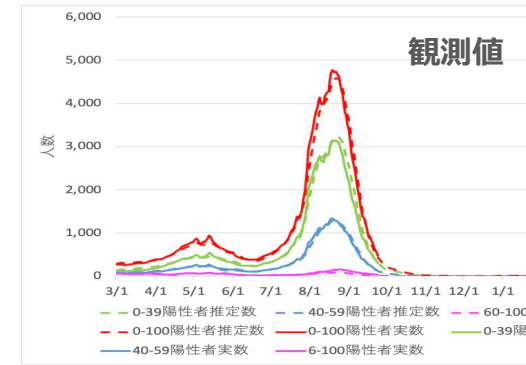
と区別した場合、実効再生産数と主要駅における人流の増減率には強い相関（大阪ではサロゲートとして働く）。

*実効再生産数は、東洋経済オンラインより
*人流は、当該の日からみて6-13日前の平均値
*第5波は、大型連休の影響を除いた近似直線

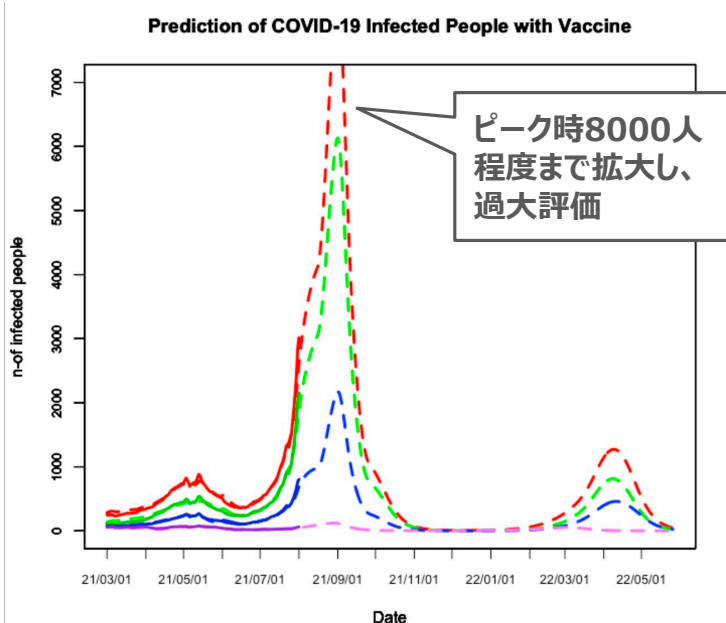
■ カラオケなどに関するツイートは、第一次緊急事態宣言のレベルまで減っている（Twitter分析）



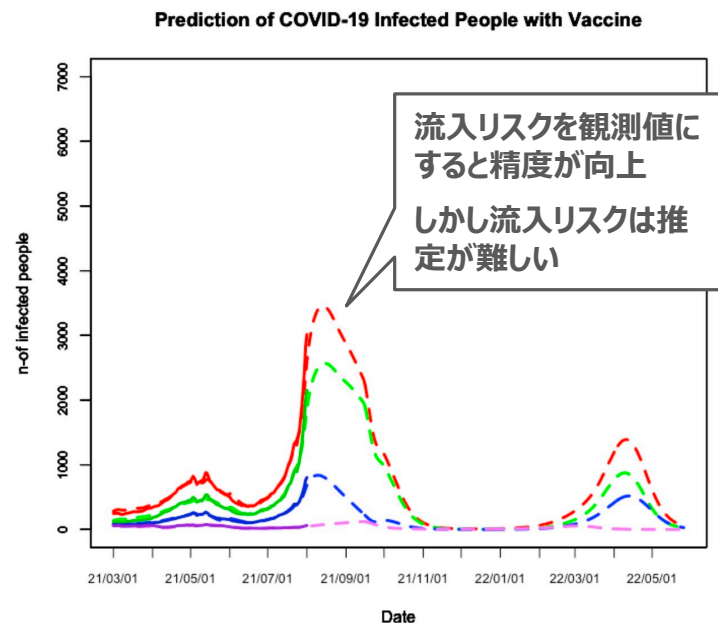
- 8月1日までの観測値と8月2日以降の推定感染変化率を用いてSEIRモデルで新規陽性者数の予測を検証した結果、人流だけから予測できないリスク回避行動などが起きたことが仮説として示唆された。
- ➔ 仮説：ワクチン未接種者が有意に夜間繁華街を避けた、あるいは、何らかのリスク行動が減ったことが8月～9月の急減要因ではないか。
- 行動する人の特徴や、行動パターンも見ていく必要性が考えられる。



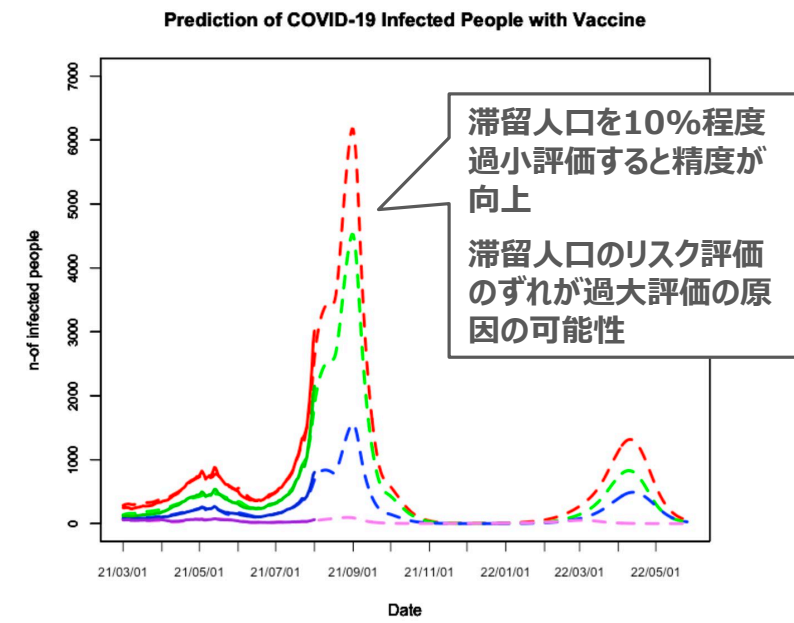
新規陽性者数



8/2以降の滞留人口, 流入リスク(推定)
滞留人口観測値*1.0



8/2以降の滞留人口からRtを推定して予測
流入リスクは観測値を使用



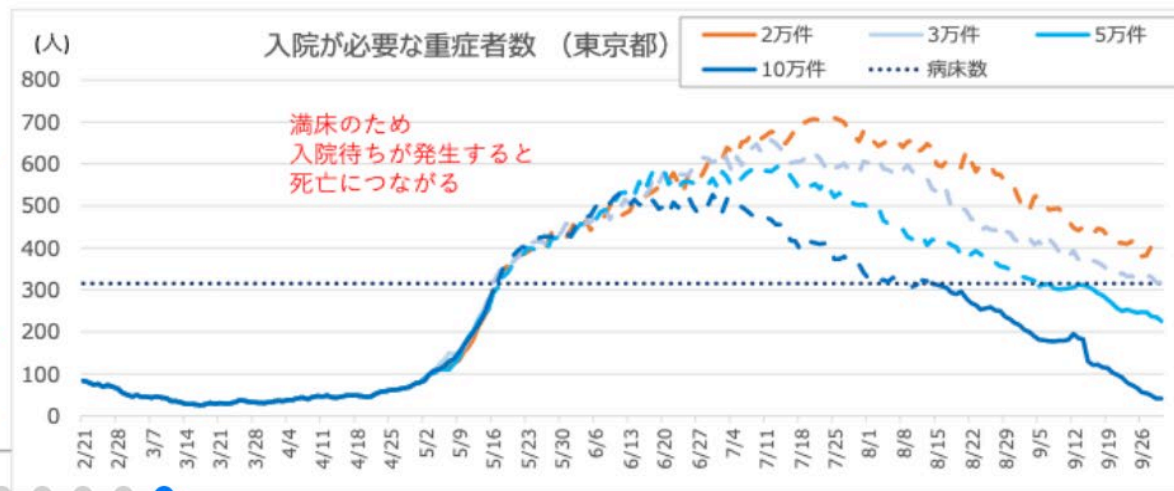
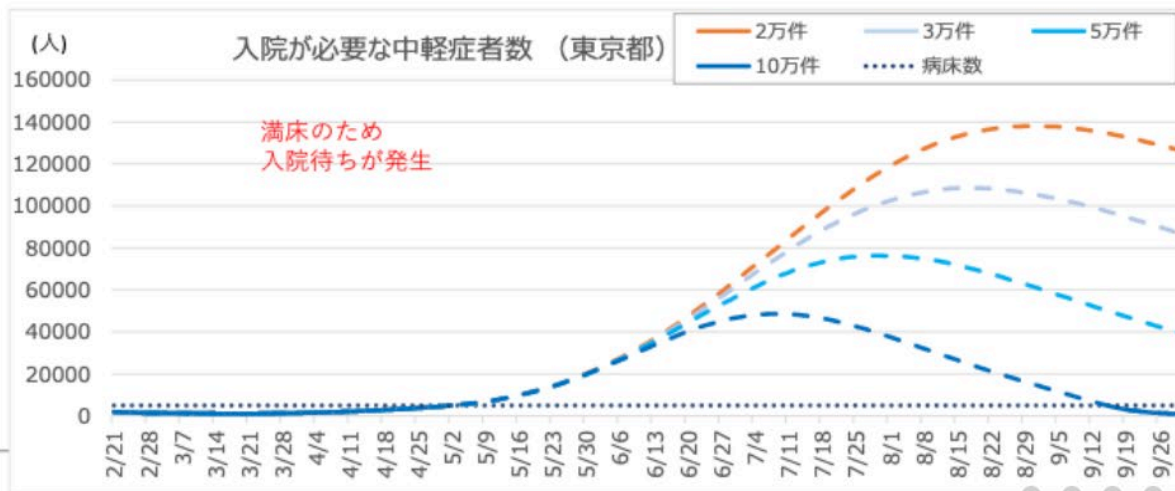
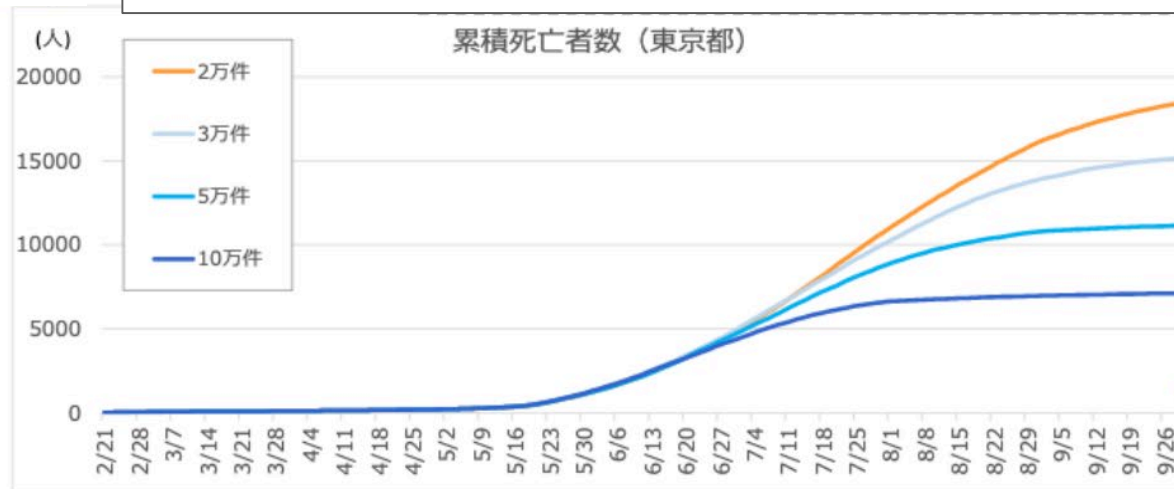
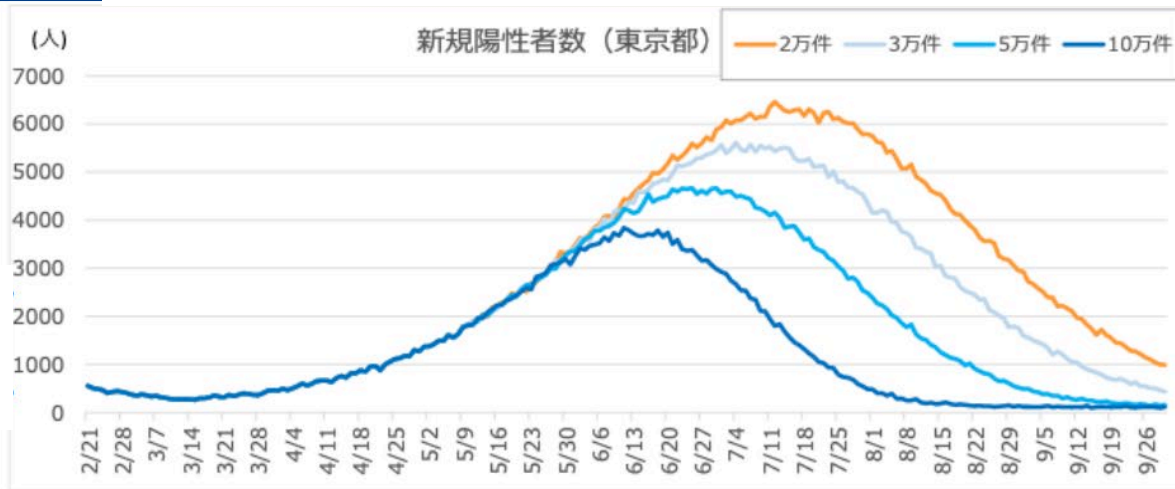
8/2以降の滞留人口, 流入リスク(推定)
滞留人口観測値*0.9

(注) SEIRモデルに使用した推定変数は、都外からの流入人口/日、流入リスク* (潜在的感染者流入人口) *推定値あるいは観測値

■ ワクチン接種ペースによっては新規陽性者数が大きくなること、病床が不足すること等を予測。

東京都 感染率が2020年12月後半レベルと想定した場合のシナリオ

検査結果が出るまでの日数を3日と仮定した場合。 擬陽性は平均1%、偽陰性は平均20%と仮定。
ワクチンによる感染状況の変化は考慮していない。 凡例は東京都の1日あたりの接種件数。



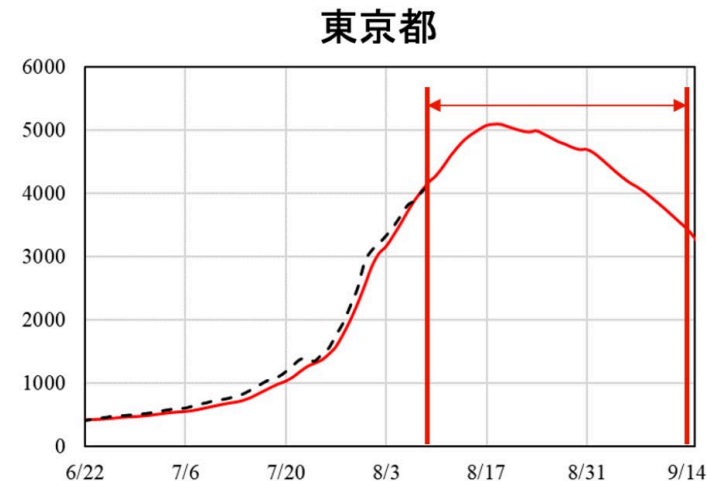
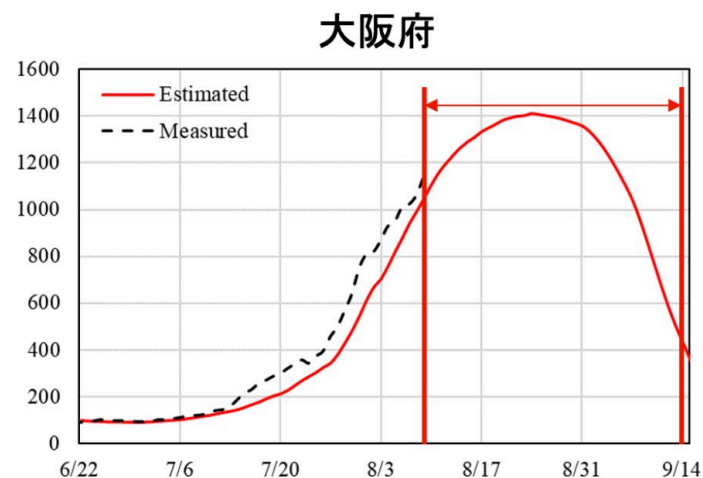
■ AIを用いた予測

8月9日までのデータからの予測（8月15日公開）

新規陽性者数予測

学習期間：2020/2/15～8/9

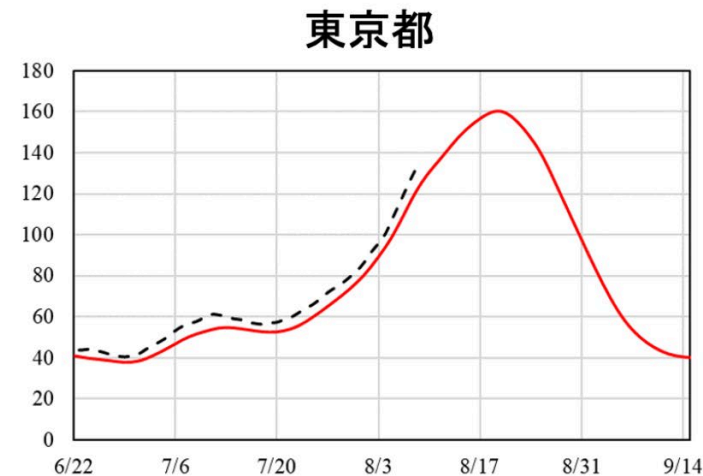
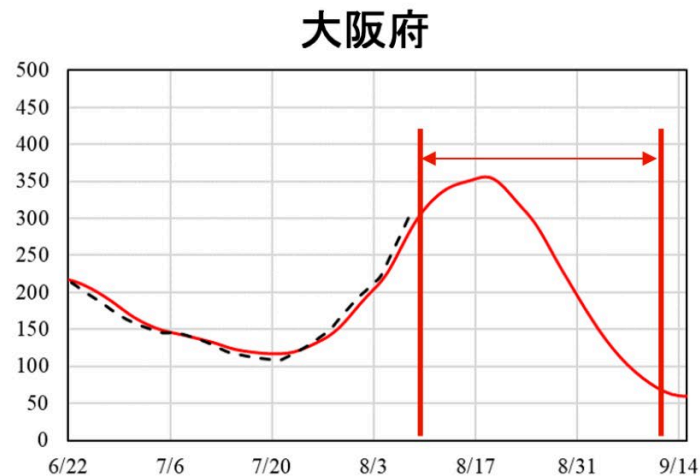
（推定期間：8/10～9/14）



重症者数予測

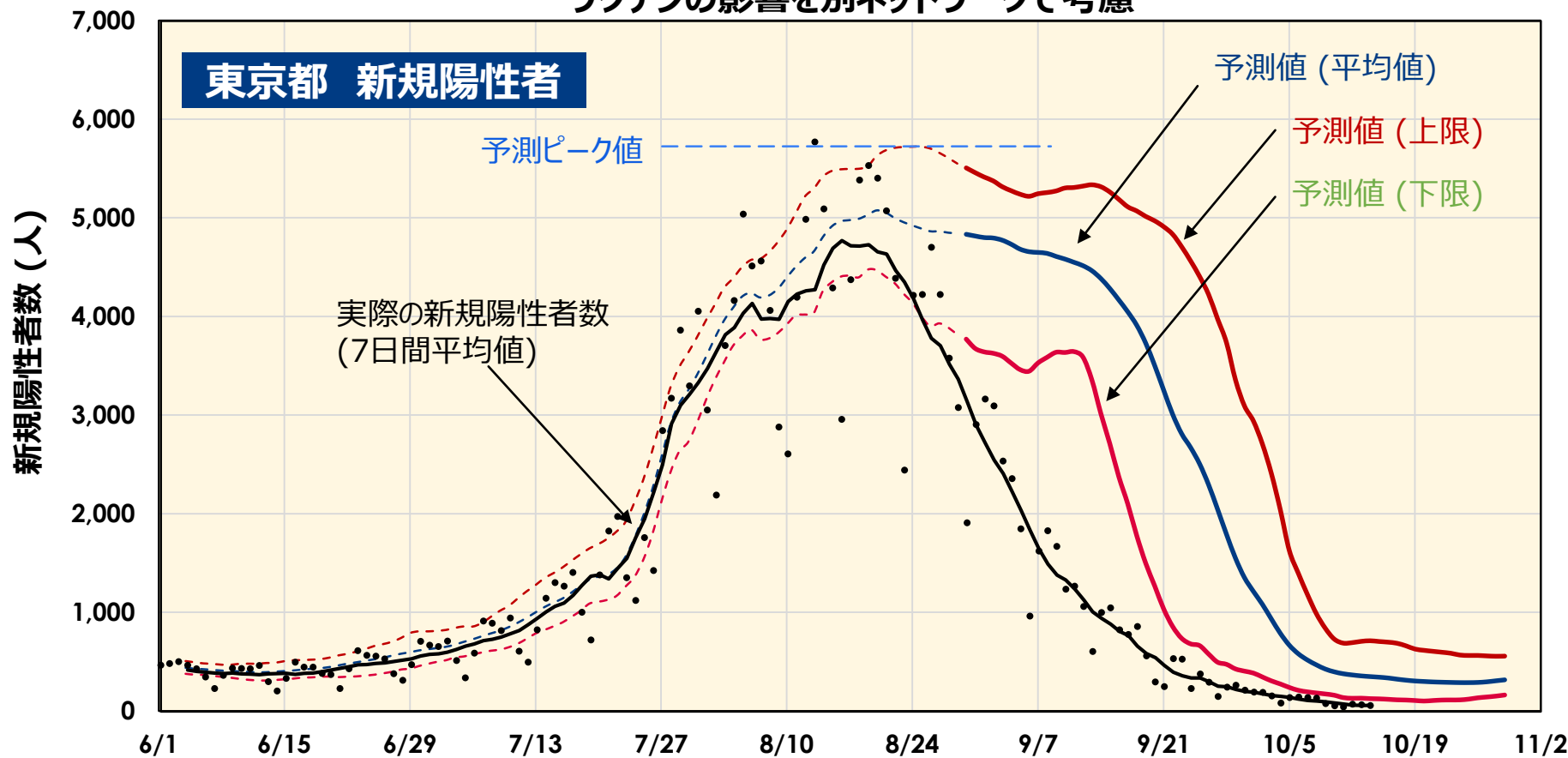
学習期間：2020/2/15～8/9

（推定期間：8/10～9/14）



- 減少の始まりが予測より2週間から1ヶ月早かった。減少速度の予測結果は大きな相違なし。
機械は、過去の周期性を学習していた可能性。

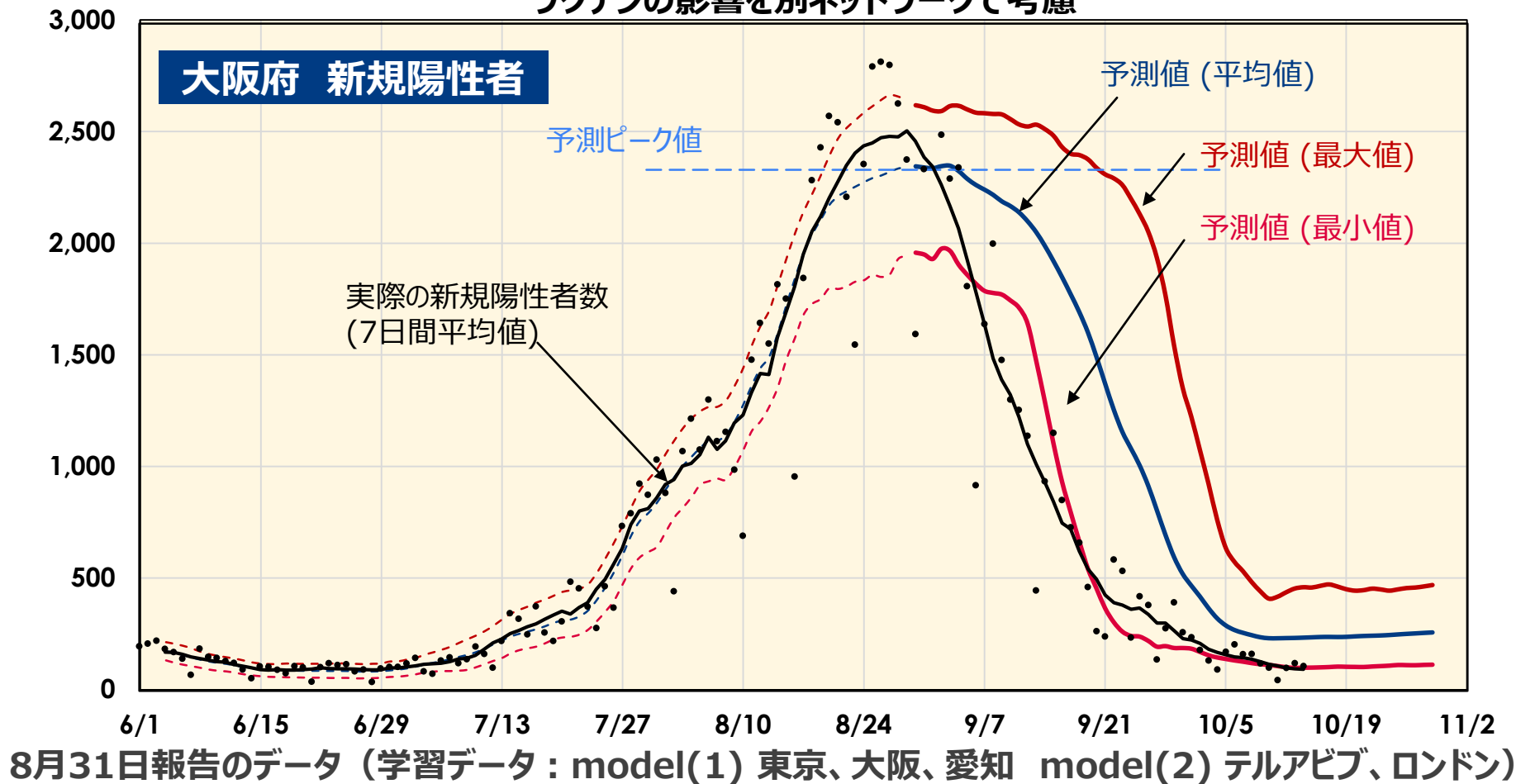
気象条件、人流を昨年度と同程度とした場合の新規陽性者数（一週間平均）の予測
ワクチンの影響を別ネットワークで考慮



8月31日報告のデータ（学習データ：model(1) 東京、大阪、愛知 model(2) テルアビブ、ロンドン）

- 減少の始まりが予測より2週間程度早かった。減少速度（変化の傾き）の予測結果は大きな相違なし。人流減少の閾値となる値が、イスラエルとは異なる。

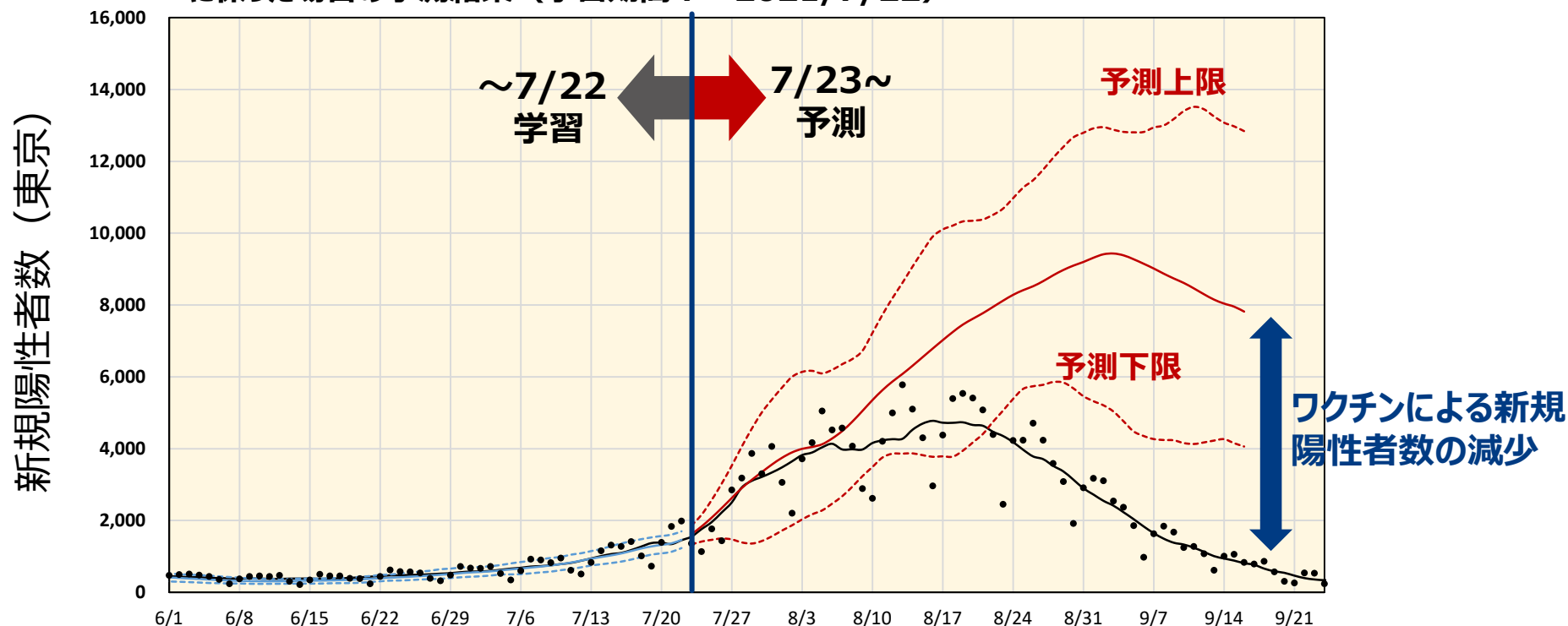
気象条件、人流を昨年度と同程度とした場合の新規陽性者数（一週間平均）の予測
ワクチンの影響を別ネットワークで考慮



- ワクチン接種が十分ではなかった場合（7/22以降はワクチン接種を止める仮想的なシナリオの場合）には、1万人程度、かつピークアウトまでの期間が長かった可能性。8月中旬以降予測と実際の数の違いが7/22以降のワクチン効果による新規陽性者数の減少幅と推測される。

ワクチン接種の影響による新規陽性者数 ワクチンの人口に対する効率以外は固定

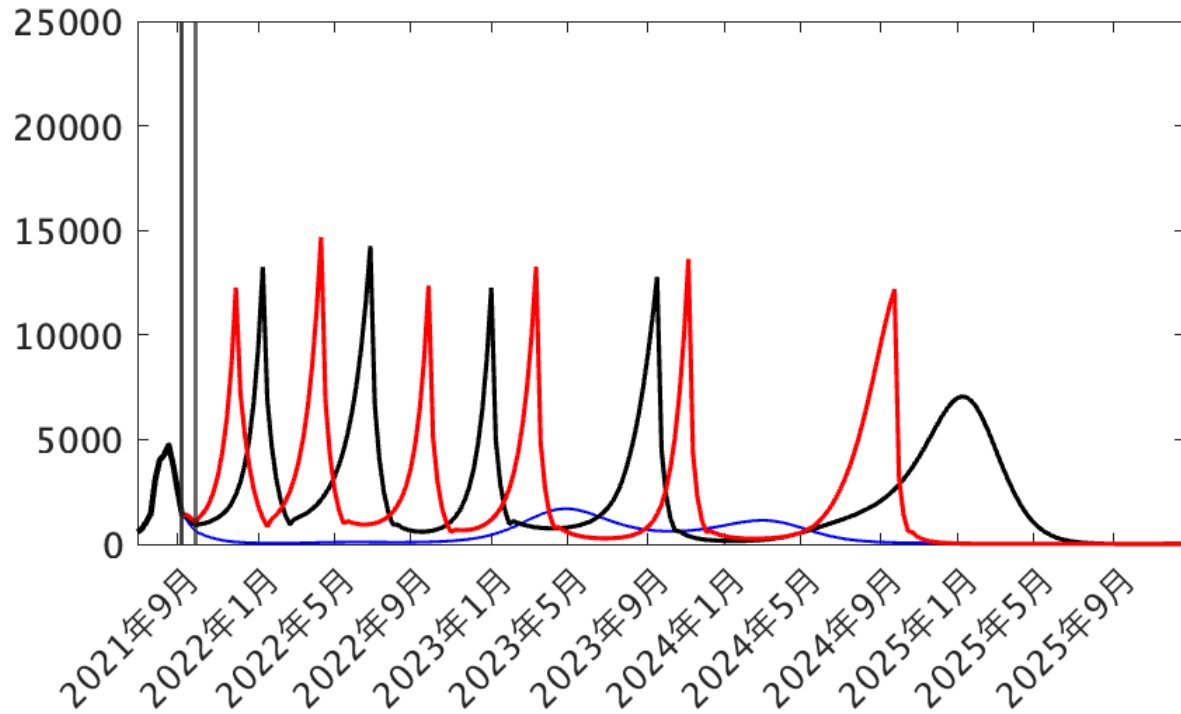
ワクチン接種による予防効果の有効率を7/22と同等の値（全人口に対して0.15）に保った場合の予測結果（学習期間：～2021/7/22）



- 基本再生産数、ワクチン接種の発症予防効果、ワクチン接種率に関するシナリオを設定して分析。
- ベースシナリオ、最も悲観的なケースでは、今後5年間の長期的なスパンで見ると、新規感染者数や重症者数は増加・減少を繰り返すと考えられる。

東京都

新規感染者数

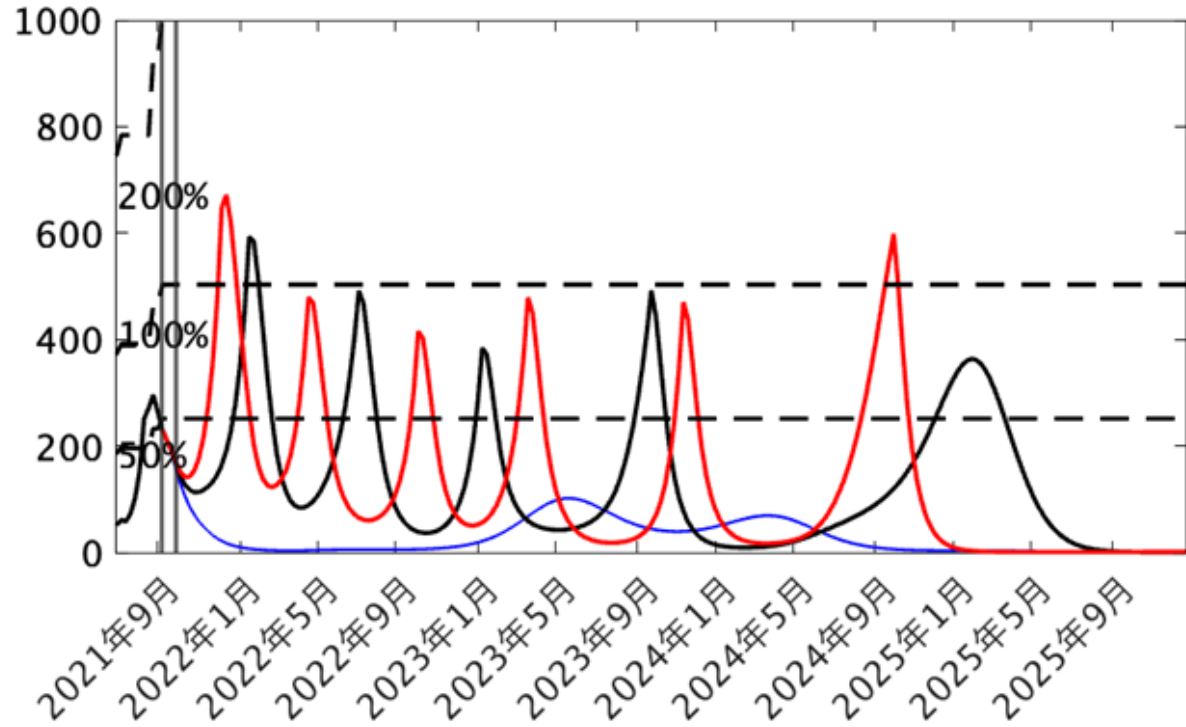


Note : 赤・黒・青 (ワクチン接種率75・80・85%)

	緊急事態宣言 解除時期	基本 再生産数	ワクチン接種率	感染予防効果
基本シナリオ	9月末	5	人口全体の75%	1本目 : 65% 2本目 : 75%
悲観的 (赤)	10月中旬	5	11月末には12歳 以上の8割 年内に全人口の 80%	1本目 : 55% 2本目 : 65%
楽観的 (青)	9月末	4	11月末には12歳 以上の8割 年内に全人口の 85%	1本目 : 70% 2本目 : 95%

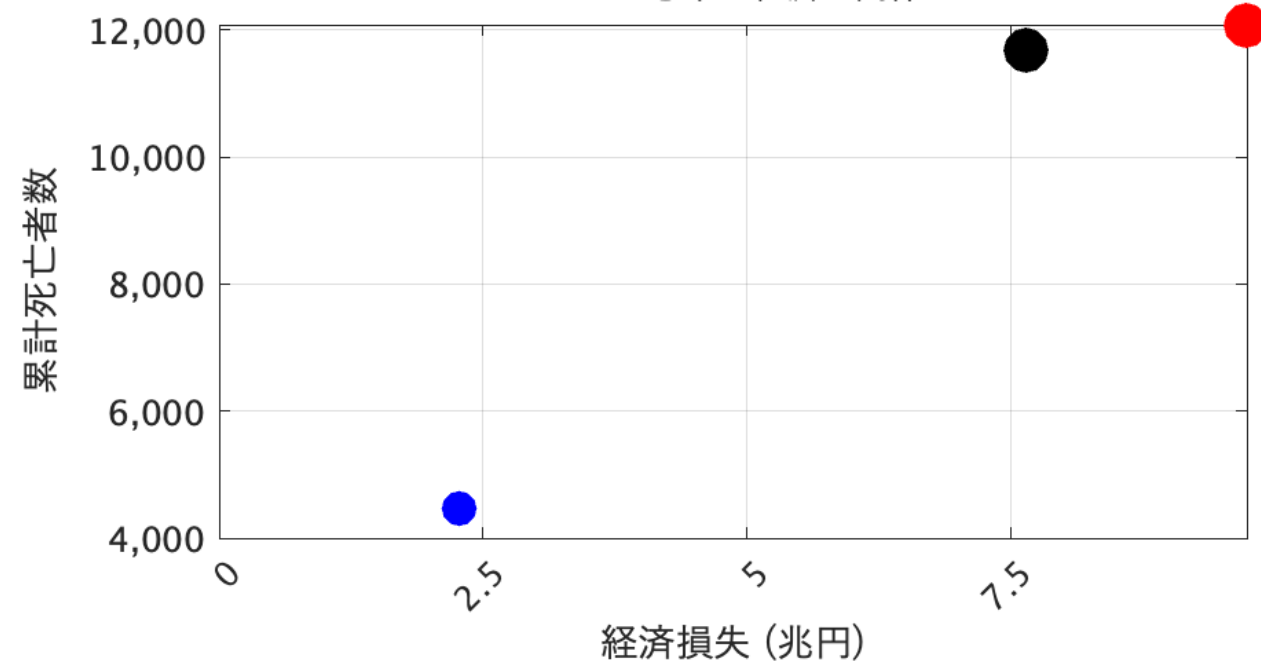
東京都

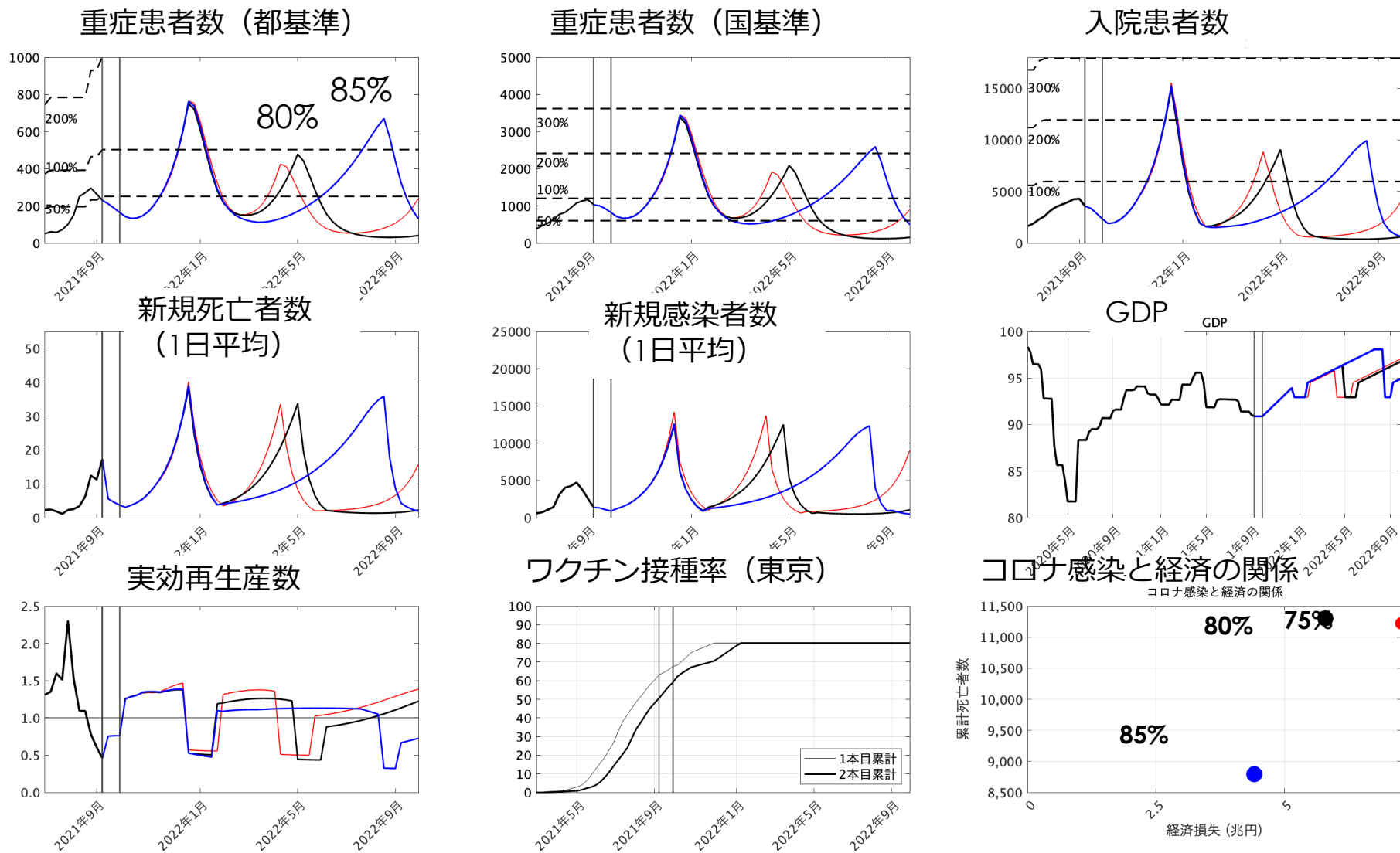
重症患者数（都基準）



Note : 赤・黒・青 (ワクチン接種率75・80・85%)

コロナ感染と経済の関係





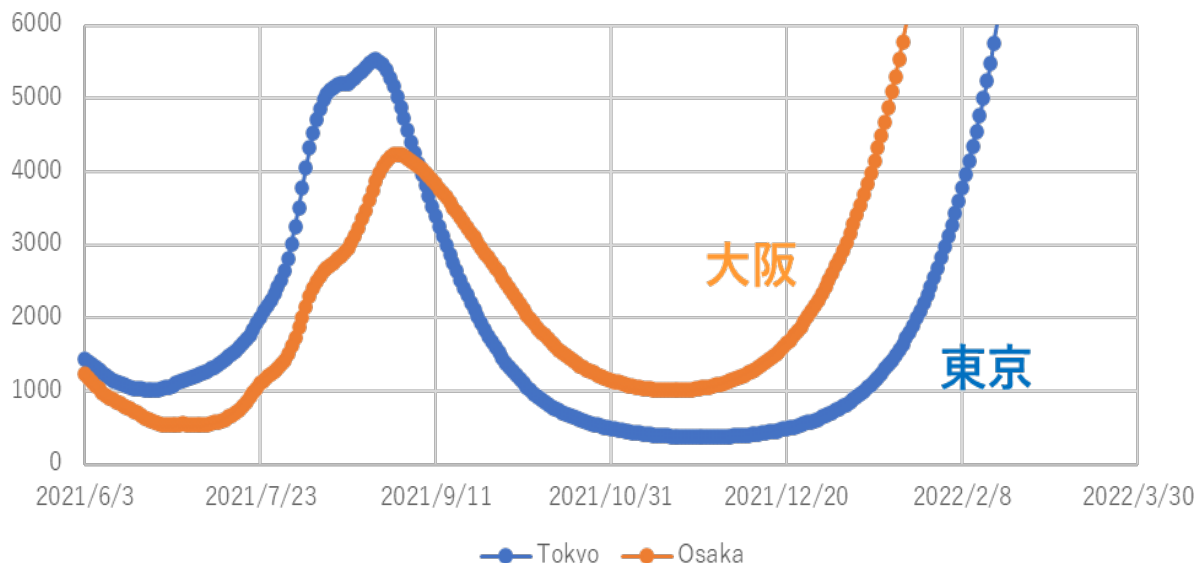
Note : 赤・黒・青 (ワクチン接種率75・80・85%)

- 緊急事態宣言解除日、ワクチン接種効果減衰時期、接種証明による入場制限の有無に関するシナリオを設定。
- 抗体減衰などの状態を医師が判断して行うブースター接種と接種証明による入場制限により感染拡大を抑制可能。

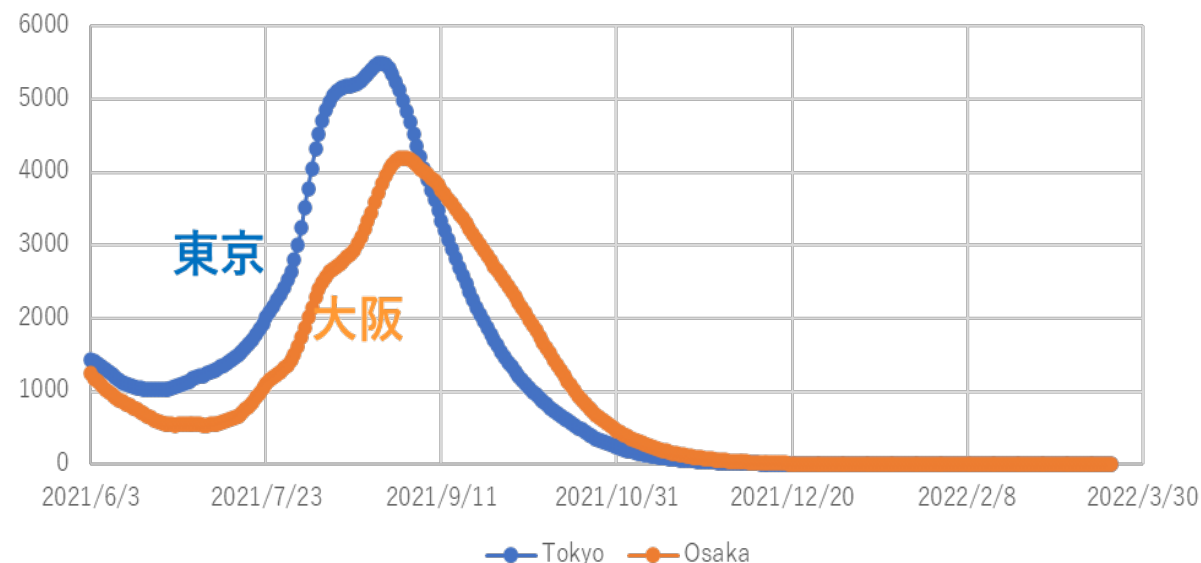
新規陽性者数

- SEIRS回路格子モデル：緊急事態宣言解除日は9月末解除、ワクチン接種の減衰時期は200日で64%と想定
- **ブースターの時期は一律ではなく、個人の状態を医師が判断して打つべき**

ブースターショットも証明による入場制限も行わない場合



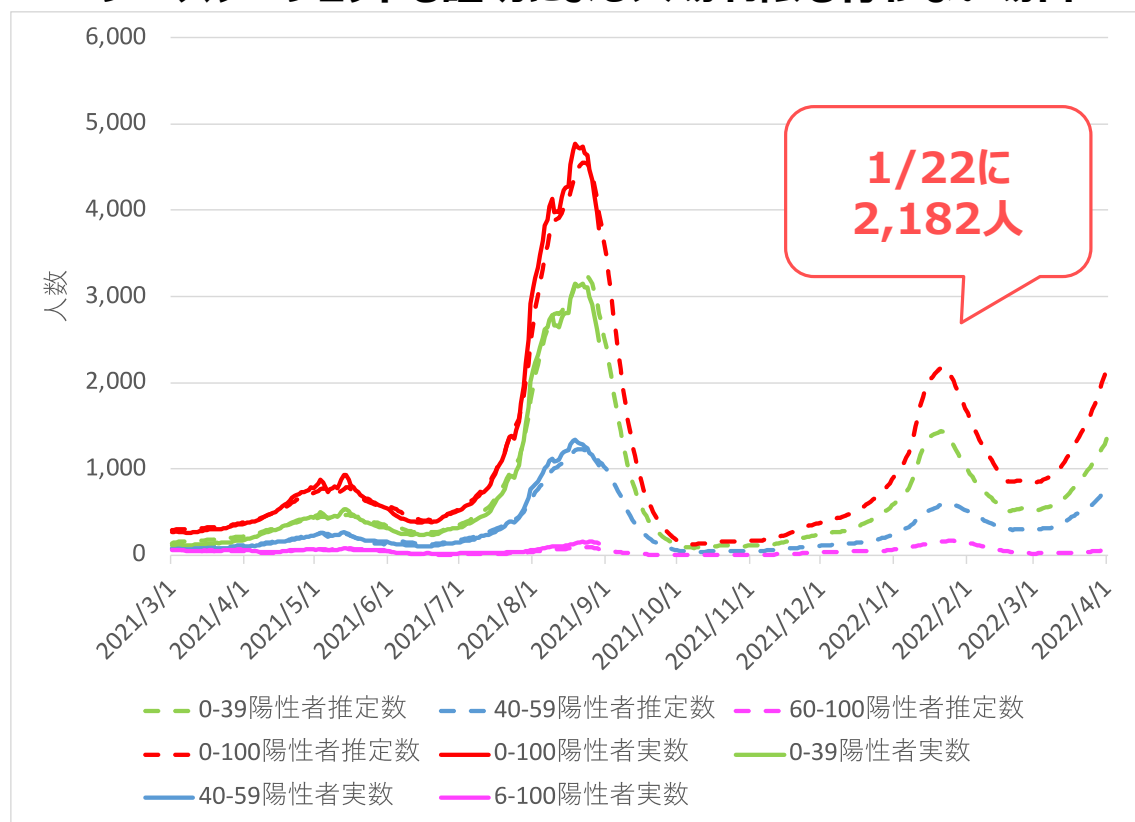
ブースターショットを行う場合



- 緊急事態宣言解除日、ワクチン接種の発症予防効果、ワクチン接種効果の減衰時期、年代別ワクチン接種率、接種証明/検査陰性確認による入場制限に関するシナリオを設定。
- ワクチン効果が減衰する場合でも、ブースター接種と接種証明/検査陰性確認により、感染拡大を抑制可能。

東京都新規陽性者数

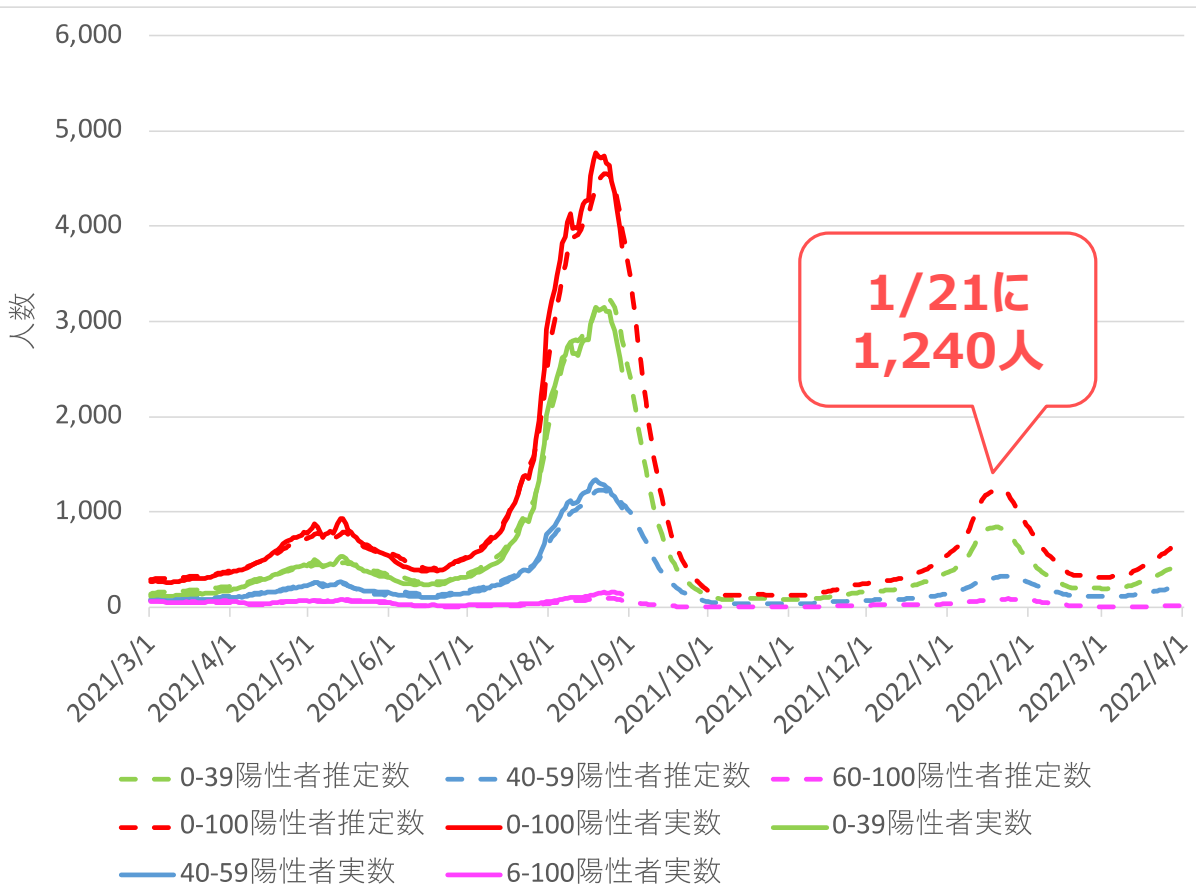
ブースターショットも証明による入場制限も行わない場合



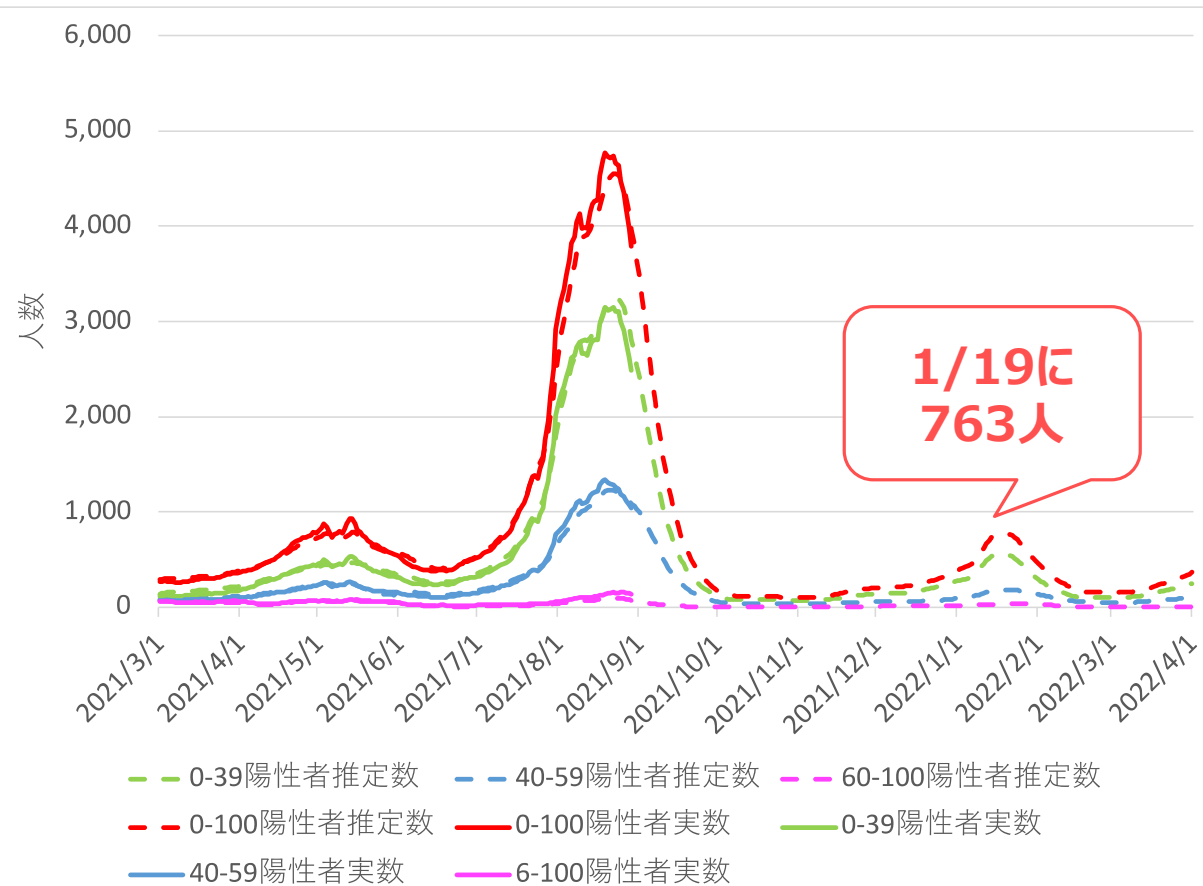
- 緊急事態宣言解除日は10/1、解除後繁華街19時滞留人口25%増加
- ワクチン接種の発症予防効果は1回目、2回目：65%、75%
- ワクチン接種率は全人口（39歳以下、40-59歳、60歳以上）：80%（70%、85%、90%）
- 入場制限は、ワクチン接種証明・PCR/抗原検査陰性証明がない人の入場/利用制限率70%

東京都新規陽性者数

証明確認による入場制限を行う場合



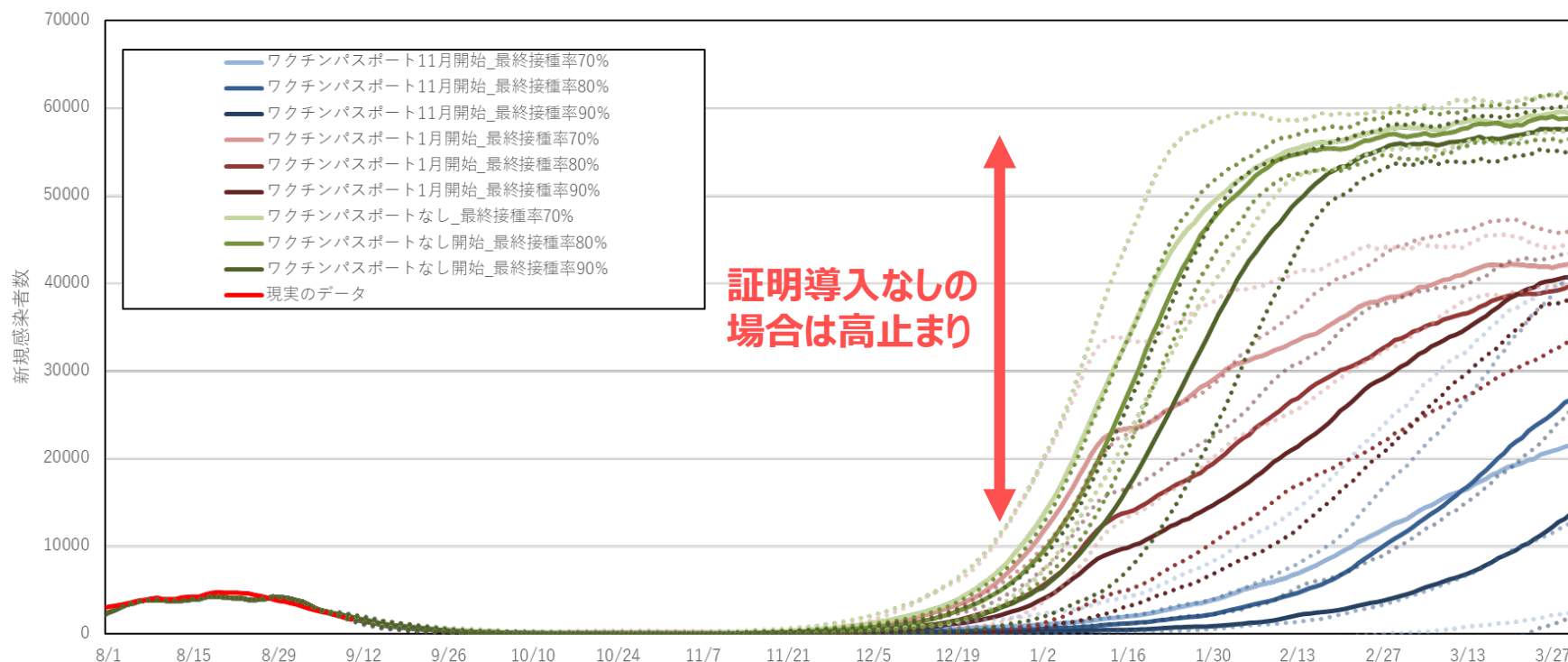
ブースター接種も証明確認による入場制限も行う場合



- ワクチン接種回数、接種率、年代別接種率、接種証明がない人の入場制限の導入時期に関するシナリオを設定。
- 接種証明確認による入場制限は早期導入が必要。導入率が高い場合はブースター接種がなくても感染拡大を抑えられる可能性。導入率が低いとブースター接種が必要（導入率によってブースター接種時期が異なる）。

東京都新規陽性者数

証明による入場制限なしまたは入場制限が50%でワクチン2回接種の場合

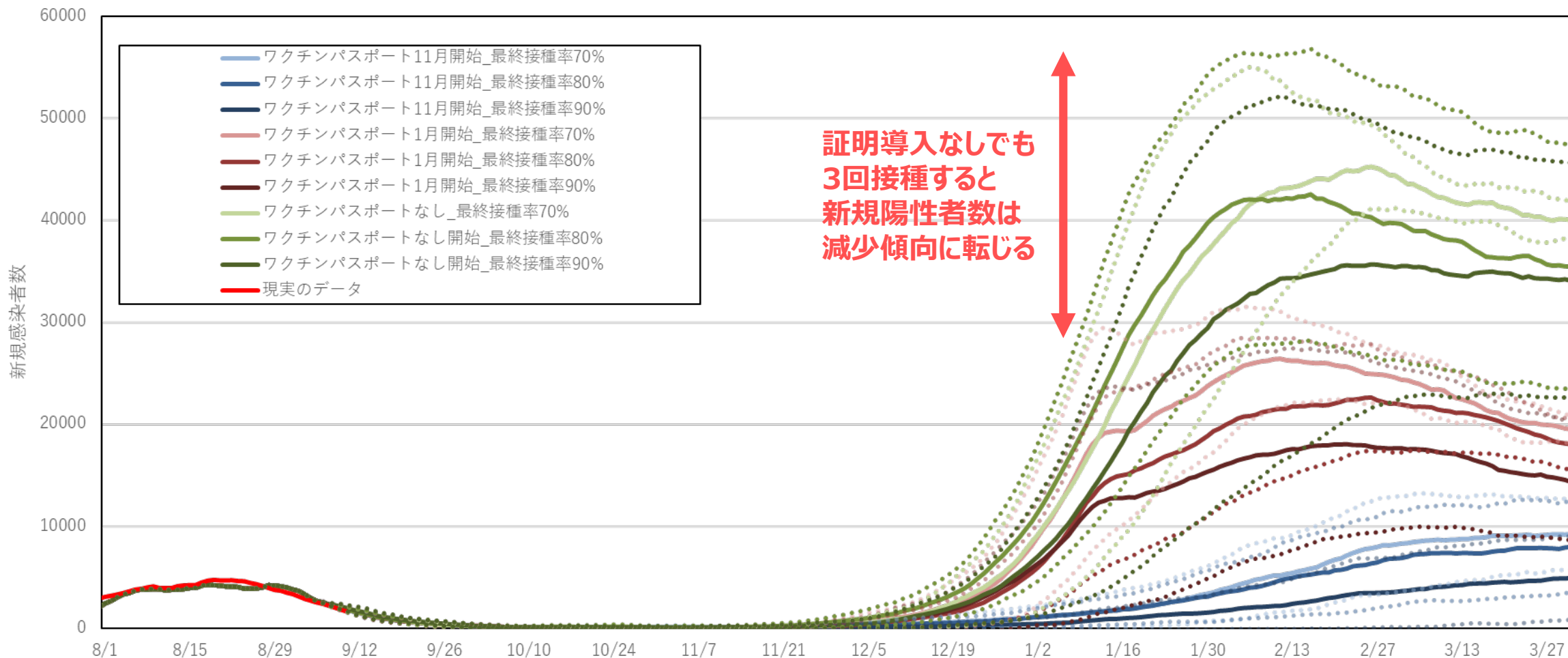


- 緊急事態宣言解除日は9月末（解除後1ヶ月間は引き続き「まん防」を実施と想定）
- シミュレーションは全国と東京に対して実施しているが、東京の結果のみ掲載
- ワクチン接種確認による入場制限は、未接種者のうち何%が行動制限を受けたかに応じて設定

東京都新規陽性者数

ブースターの時期は、2回目接種から半年後に3回目接種と想定

証明による入場制限なしまたは入場制限が50%でワクチン3回接種の場合

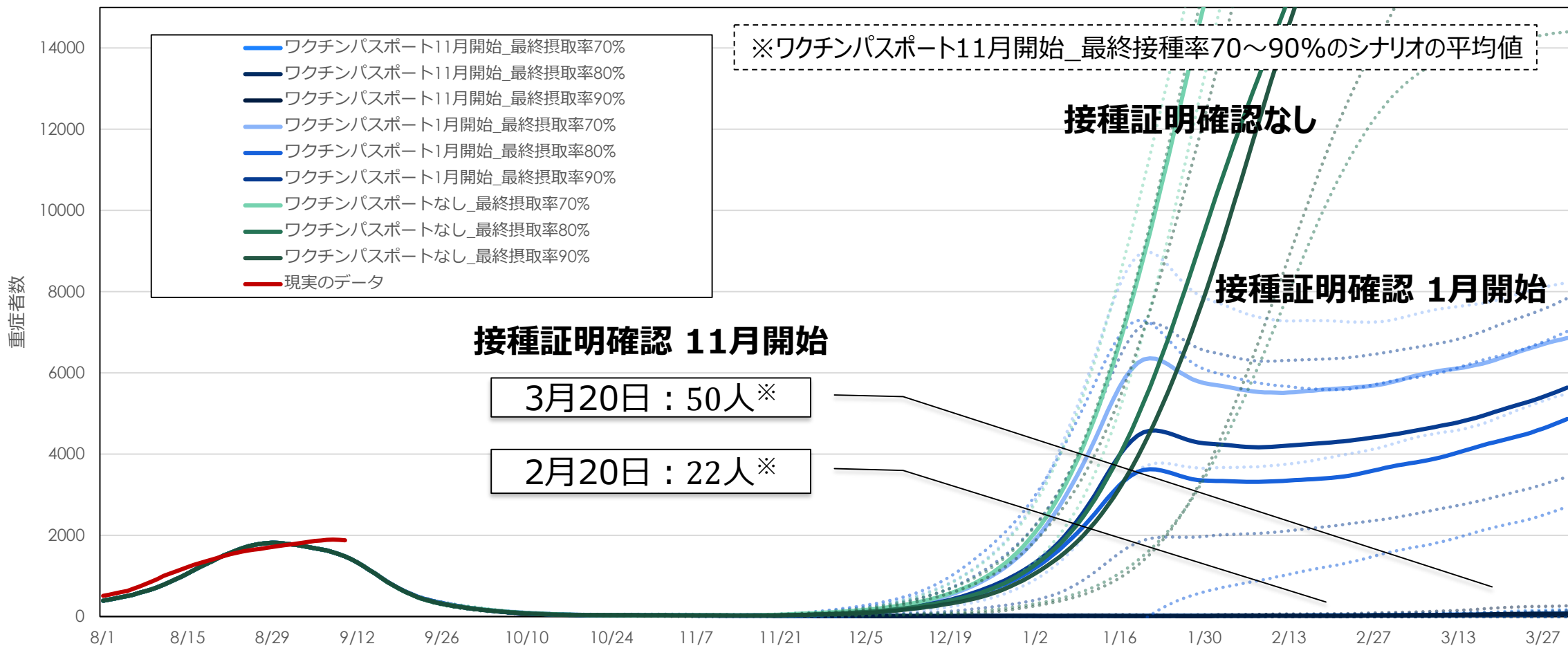


証明導入なしでも
3回接種すると
新規陽性者数は
減少傾向に転じる

■ 接種証明確認による入場制限の早期導入が必要であり、導入率が高い場合はブースター接種を行わなくても感染拡大を抑えられる可能性がある。一方、導入が遅いとブースター接種が必要になる。

東京都新規陽性者数

証明による入場制限なしまたは入場制限が80%でワクチン2回接種の場合



■ ワクチンパスポート導入の効果：非接種者の外出が平時比▲5割に抑えられた場合、接種者の外出が平時レベルに回復しても感染者数は減少

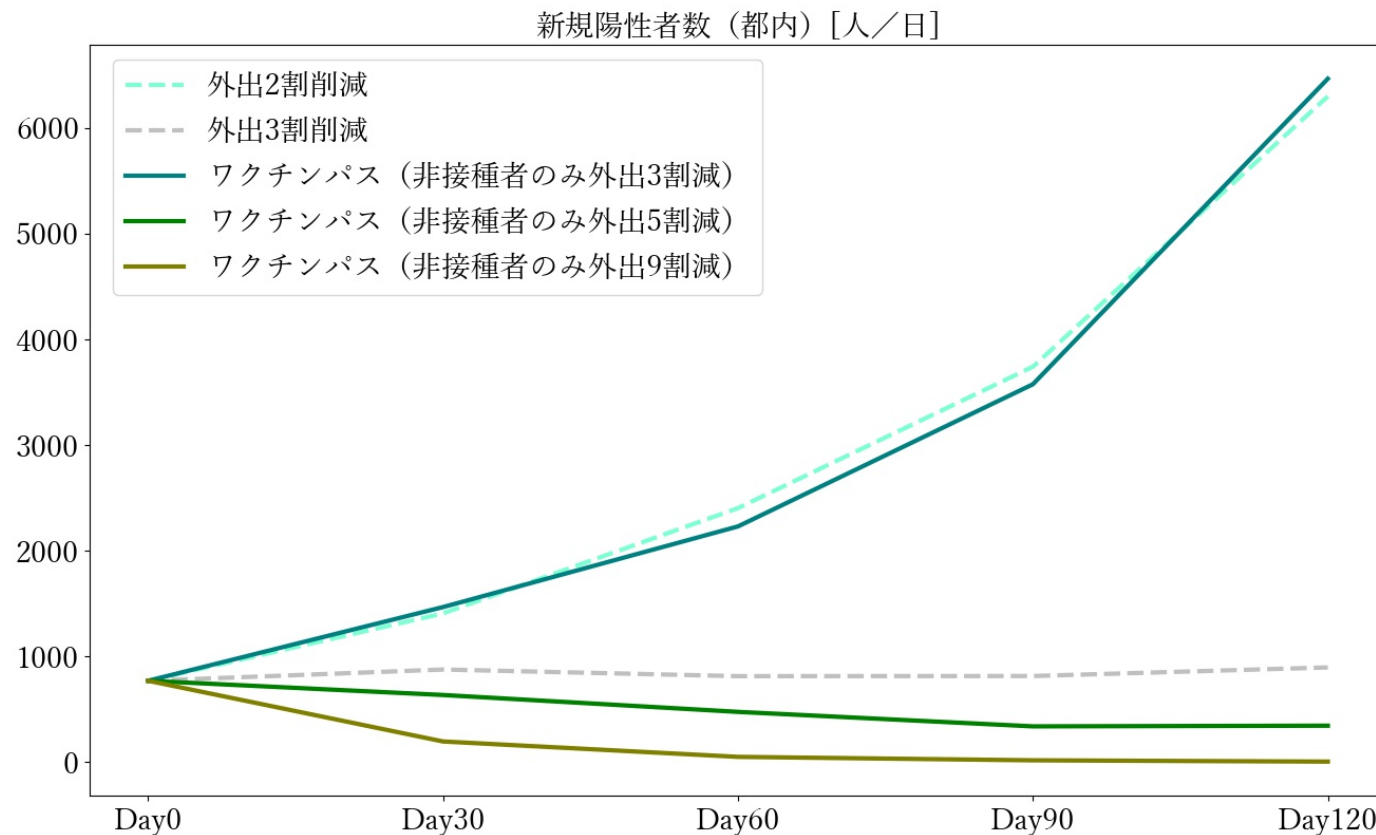
シミュレーションの前提条件

- **検査**：有症者の3割に対し実施（感度は7割）
- **ワクチンの6株に対する感染予防効果**：
感受性：15%、重症化率：50%
（2回目接種完了時、未接種者比）
- **ワクチンの感染予防効果の減衰**：
2回目接種後半年で感受性は40%に
- **ワクチンの年代別接種ペース**：
10月までの65歳未満/以上の実績を反映

接種時期	5月	6月	7月	8月	9月	
効果減衰開始	11月	12月	1月	2月	3月	(合計)
15~65歳	1%	1%	9%	27%	21%	59%
65歳~	2%	35%	48%	9%	1%	95%

シナリオ

- 『外出削減』：
接種、非接種を問わない一様な外出削減
- 『ワクチンパス』：
非接種者のみが外出削減、接種者は外出を一切削減せず



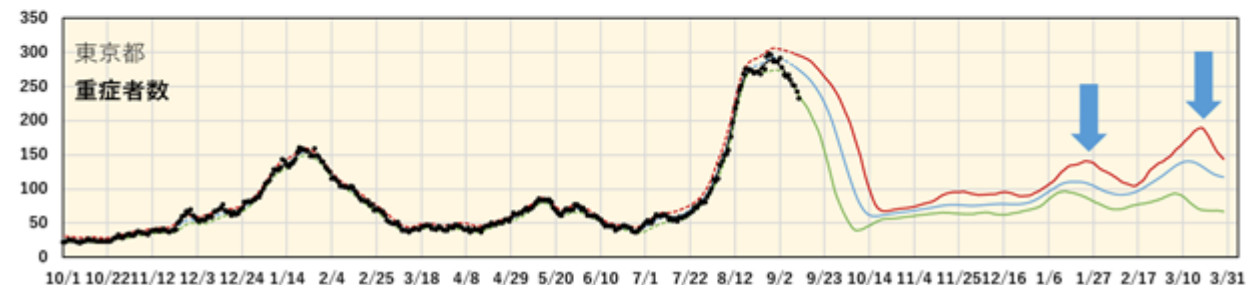
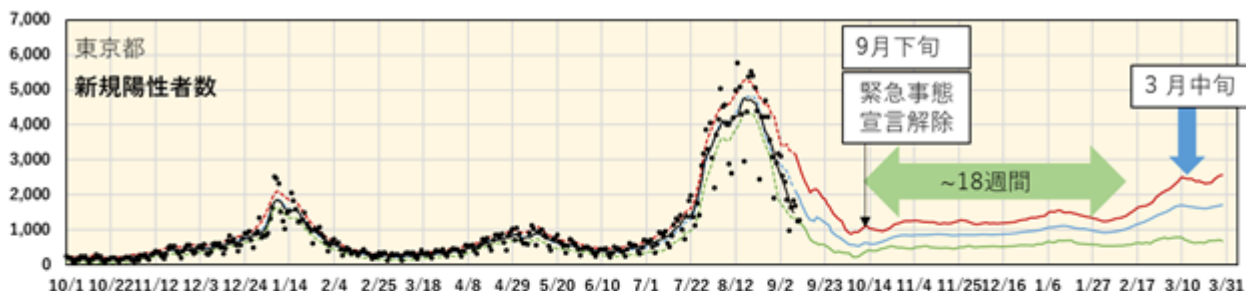
Day0（都内新規陽性者数が800人/日）からの対策実施を想定。
ワクチンパス導入の各シナリオでは、接種者の外出は平時に戻すと仮定。

- 2020年8月1日-2021年8月29日の学習データ（気象、人流データ等）を用いて予測。ワクチン効果を反映。
- 10月中旬以降、新規陽性者数、重症者数がほぼ横ばい。1月上旬（正月後）、3月（卒業シーズン）にピークが見られる可能性。3回目のワクチン効果は年内に開始すれば効果が高い可能性（モデルの精査を要する）。

東京都

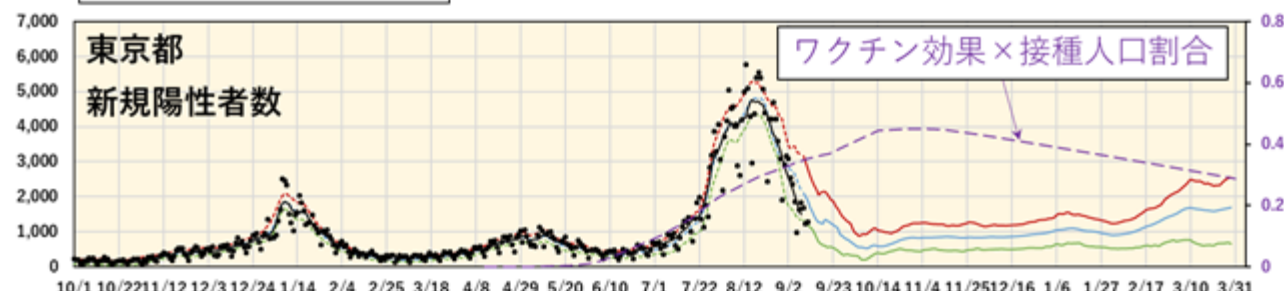
- 2020年8月1日～2021年8月29日の気象情報（最低/最高気温・平均湿度）、人流データ、平日/休日、緊急事態宣言の有無、現在までの新規感染者数に加えて、変異株のラベル（0: standard, 1: alpha, 2: delta）を学習（対象都市は、東京・大阪・愛知）
- ワクチン効果は、テルアビブ、ロンドン、NY、ブリュッセルのデータを学習

9月下旬に緊急事態宣言を解除した場合の新規陽性者数・重症者数

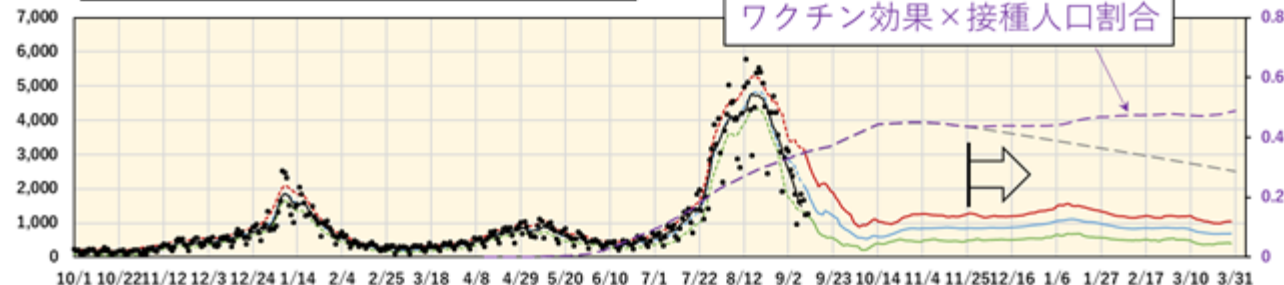


9月末解除下における3回目接種有無による新規陽性者数

3回目接種をしない場合

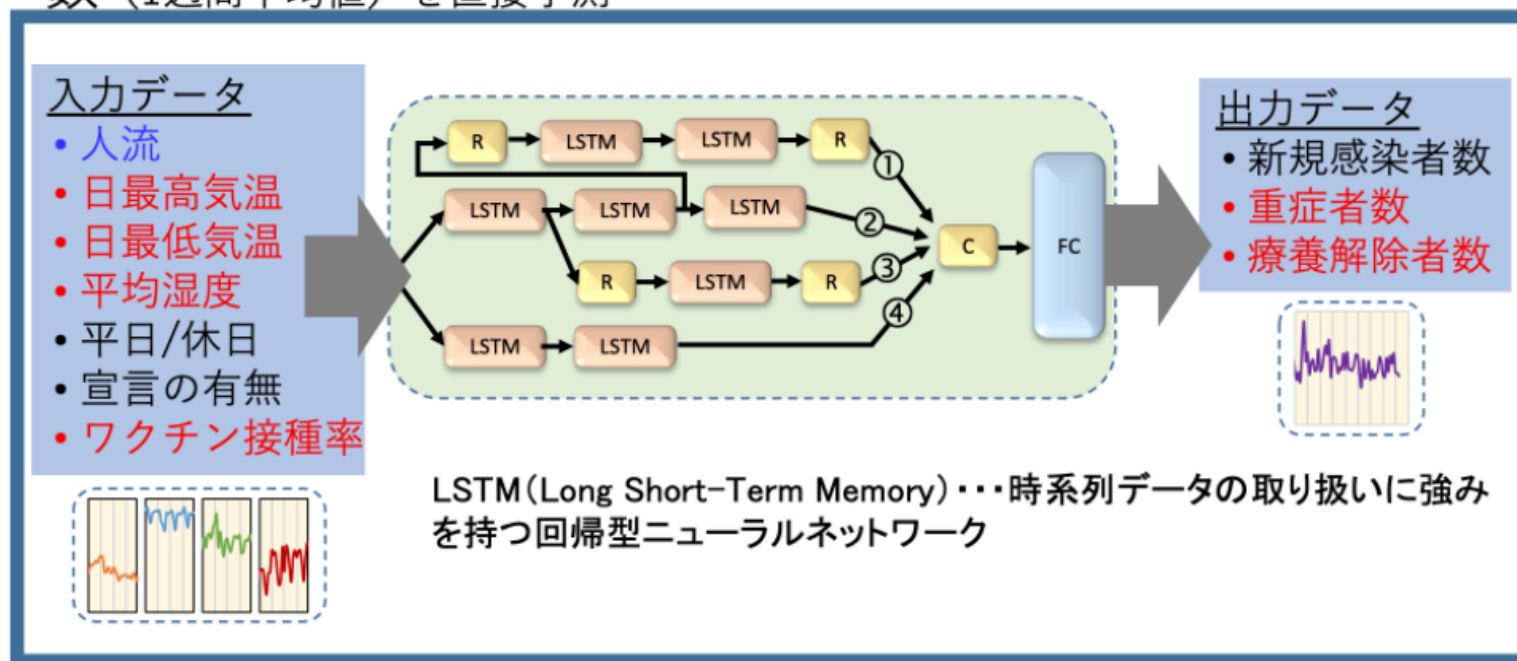


3回目接種を12月初旬からスタート



AI（深層学習）に基づく予測システム

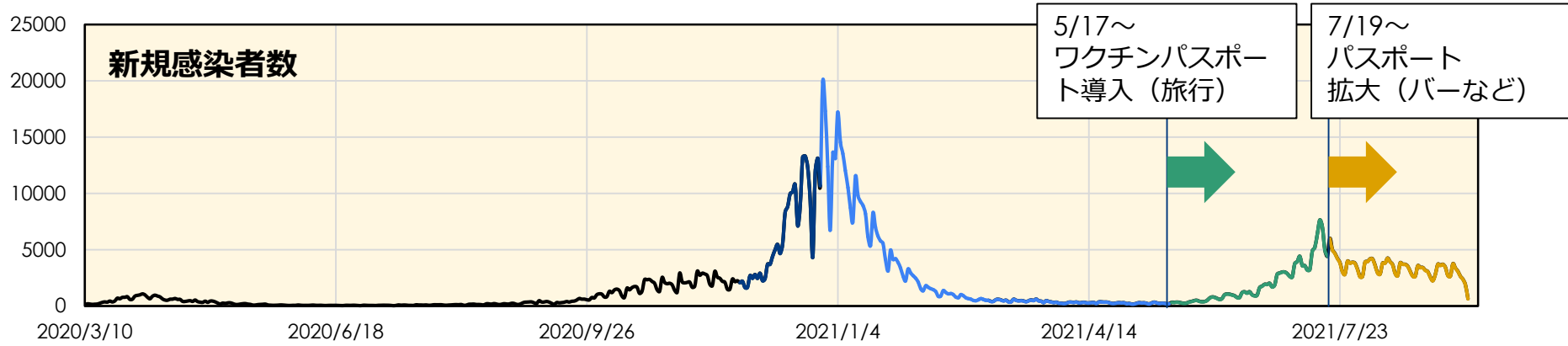
特徴：深層学習（LSTMモデル）に基づく人流・季節性を考慮した、**1か月先までの**一日当たりの新規陽性者数/重症者数（1週間平均値）を直接予測



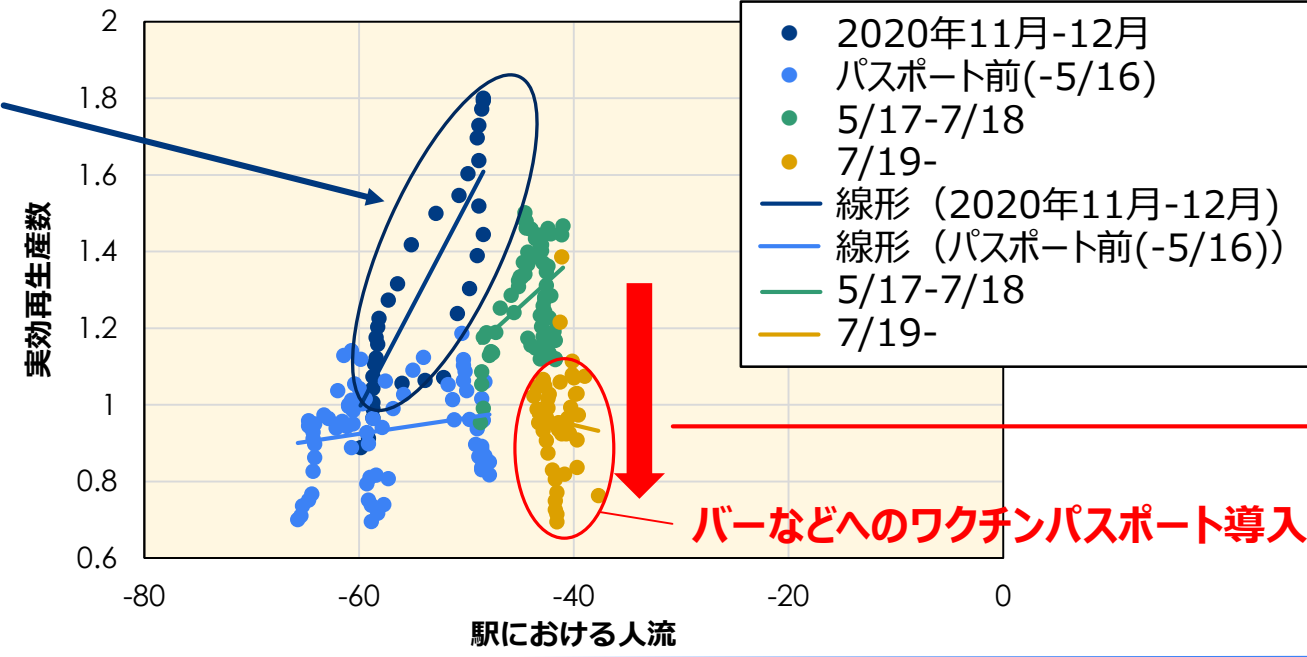
都道府県ごとではなく、データの規格化により見かけ上のデータ数を増やすことができる。**非線形回帰**（パラメータ数は事実上無限）に基づく推定

■ UK（ロンドン）での事例によれば、接種証明の活用が人流の質的变化につながっている可能正。

UK実績値分析



人流と実行再生産数が
が相関



※人流は、当該日からみて6～13日前の平均値

広範なワクチンパスポートの導入は、
人流を減らさずに実行再生産数を
減らしている可能性がある

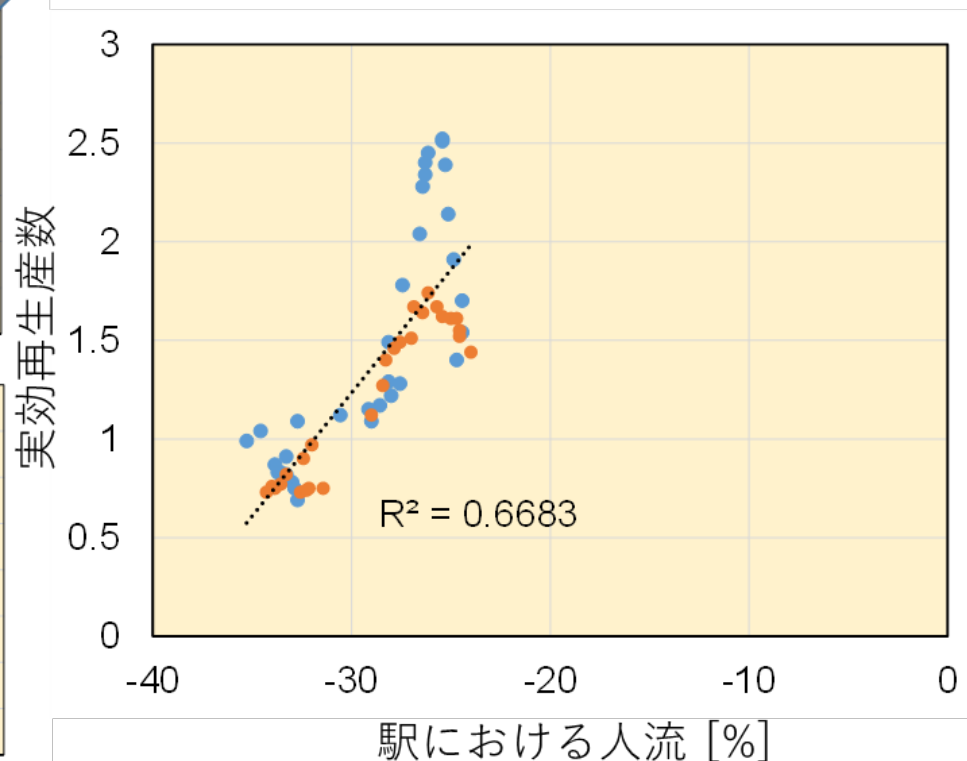
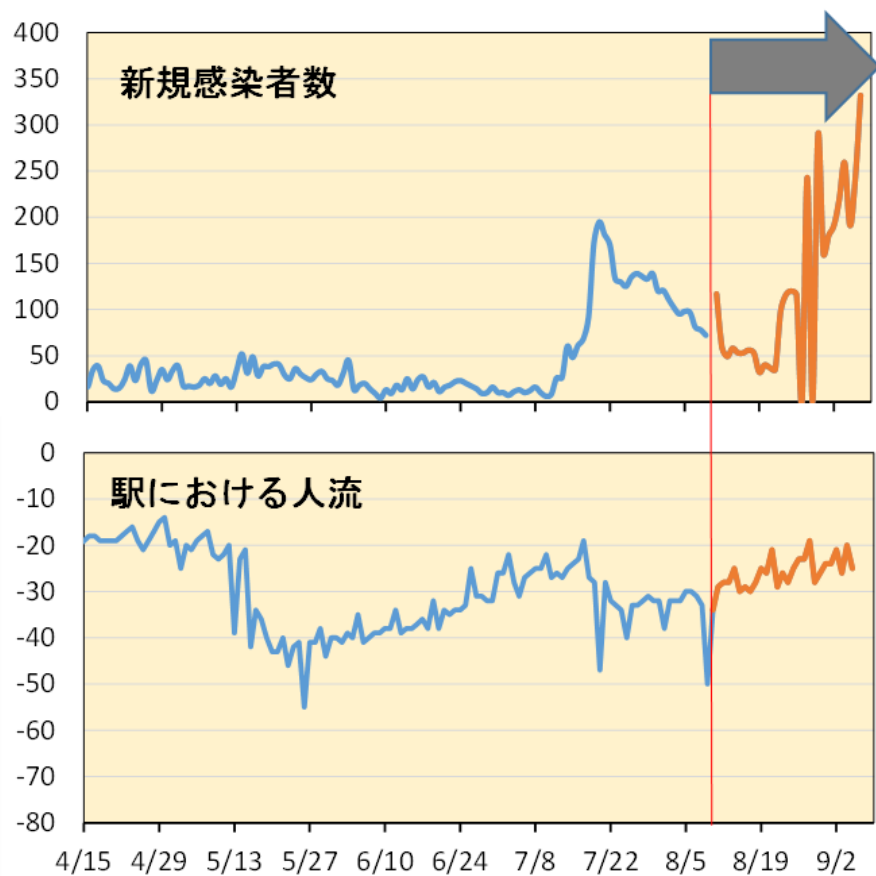
バーなどへのワクチンパスポート導入後

- シンガポールのワクチン・パスポートの導入効果を分析したところ、人流-実効再生産数の関係には影響を与えていない可能性。

シンガポール実績値分析

シンガポールにおける8/10からの各種規制（ワクチン・パスポート）の導入効果分析

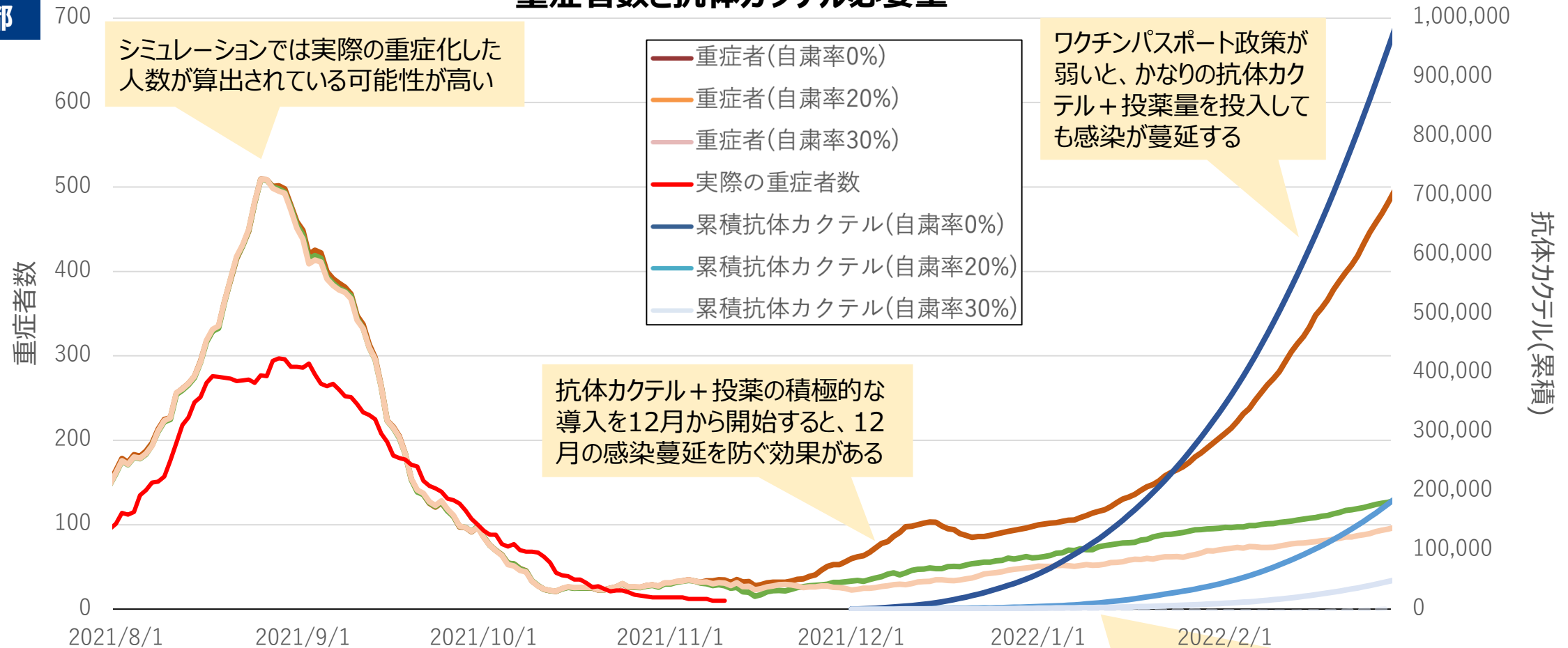
※規制以前以後の人流-実効再生産数の関係



■ ワクチン2回接種、接種証明活用（行動自粛）、抗体カクテル投与（1月～）の場合のシミュレーション。

東京都

重症者数と抗体カクテル必要量

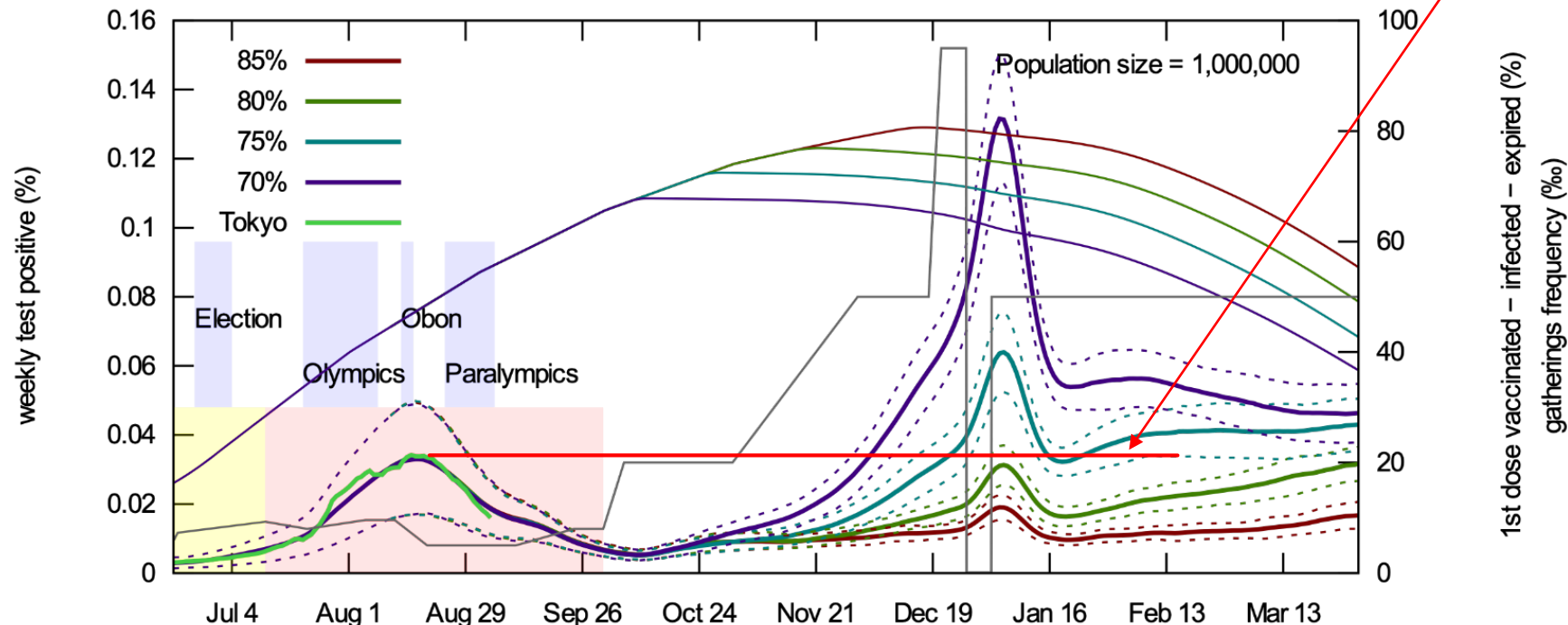


ワクチンパスポート政策が強ければ、適度な抗体カクテル+投薬量の投入で感染蔓延を抑えることが可能

- ワクチン接種率、行動制限の解除時期に関するシナリオを設定して分析。
- 接種率80%以上を達成でき、緩くても行動規制を続ければ、大きな再拡大は起きにくいと考えられる。免疫効果の経時的減衰により、感染者数が高い状態が持続する可能性が示唆されるため、ブースター接種、接種証明/検査陰性確認等の検討が必要と考えられる。行動制限を撤廃するには接種率が85%以上が必要。

東京都新規陽性者割合

11月に制限を撤廃した場合



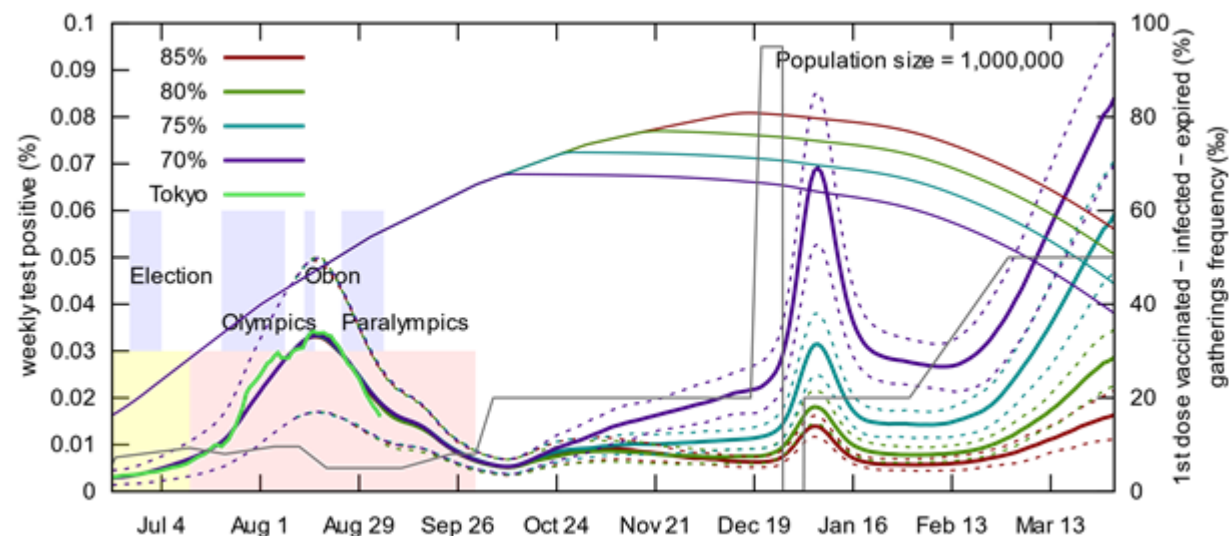
ワクチン接種率80%で行動制限撤廃の場合、第五波に匹敵する感染拡大が起こる

1st dose vaccinated - infected - expired (%)
gatherings frequency (%)

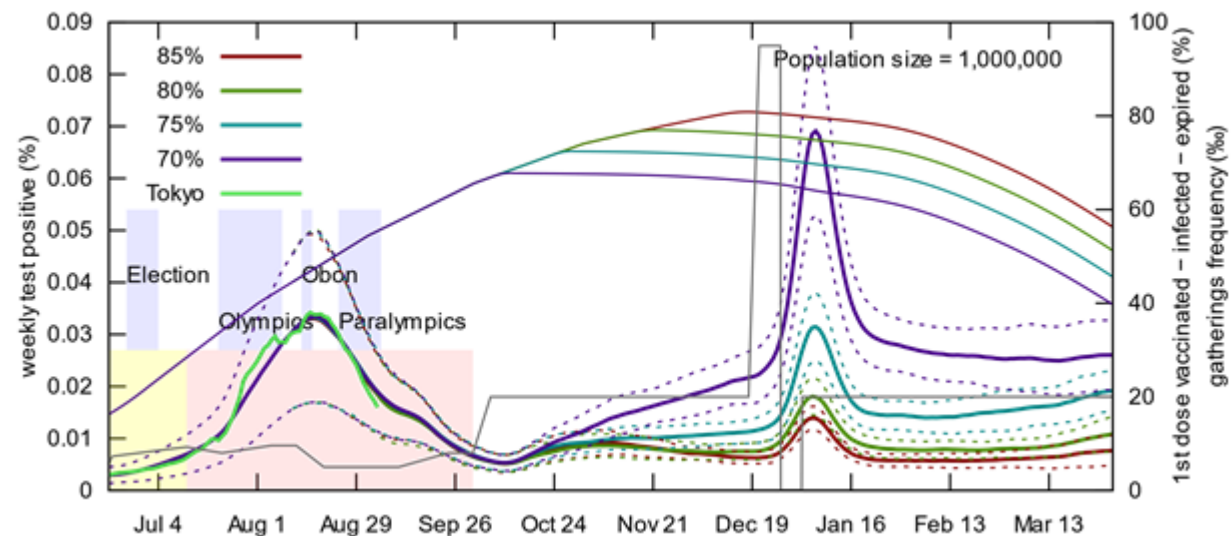
- エージェント数100万。1日12ステップ。各パラメータ設定につき64試行し、実データに近いもの4つを選び、それらの継続として以後のシミュレーションを16回ずつ計64回実行し、平均と標準偏差を見る。
- ワクチン接種による予防効果は、2回目接種後114日目から線形に減衰し214日目に消失すると仮定。
- 年末に昨年と同等の接触機会の増加があるものと想定。

東京都新規陽性者割合

2月に制限を撤廃した場合



2月以降も制限を継続した場合



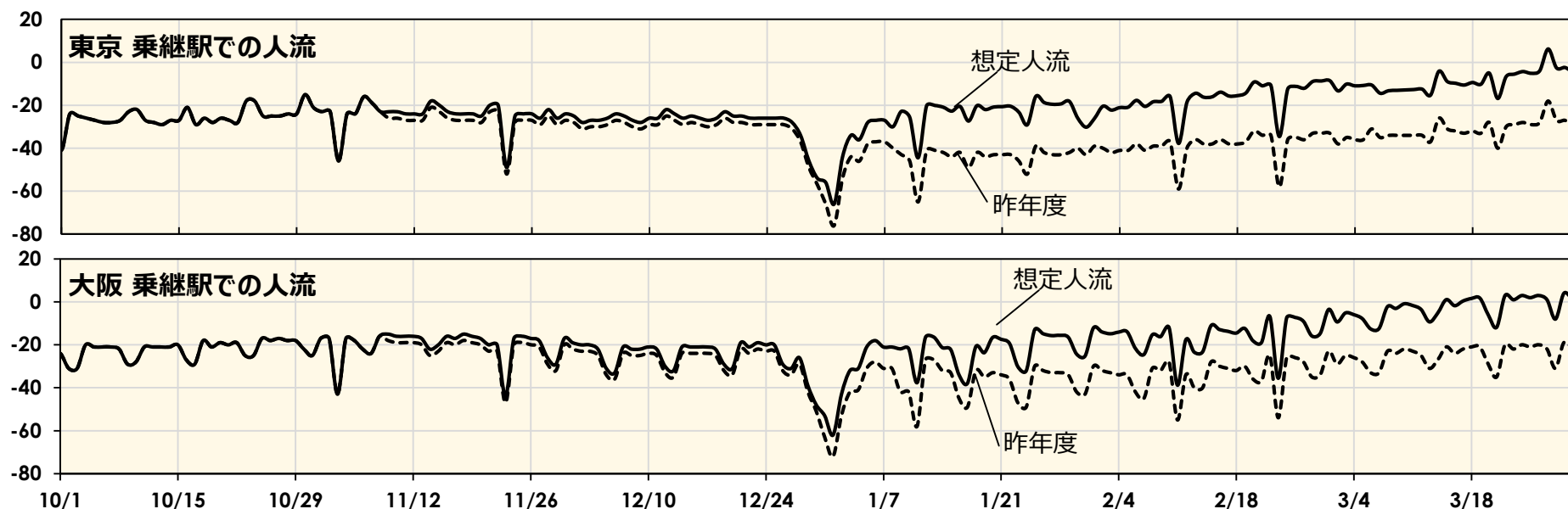
シナリオ

ワクチン

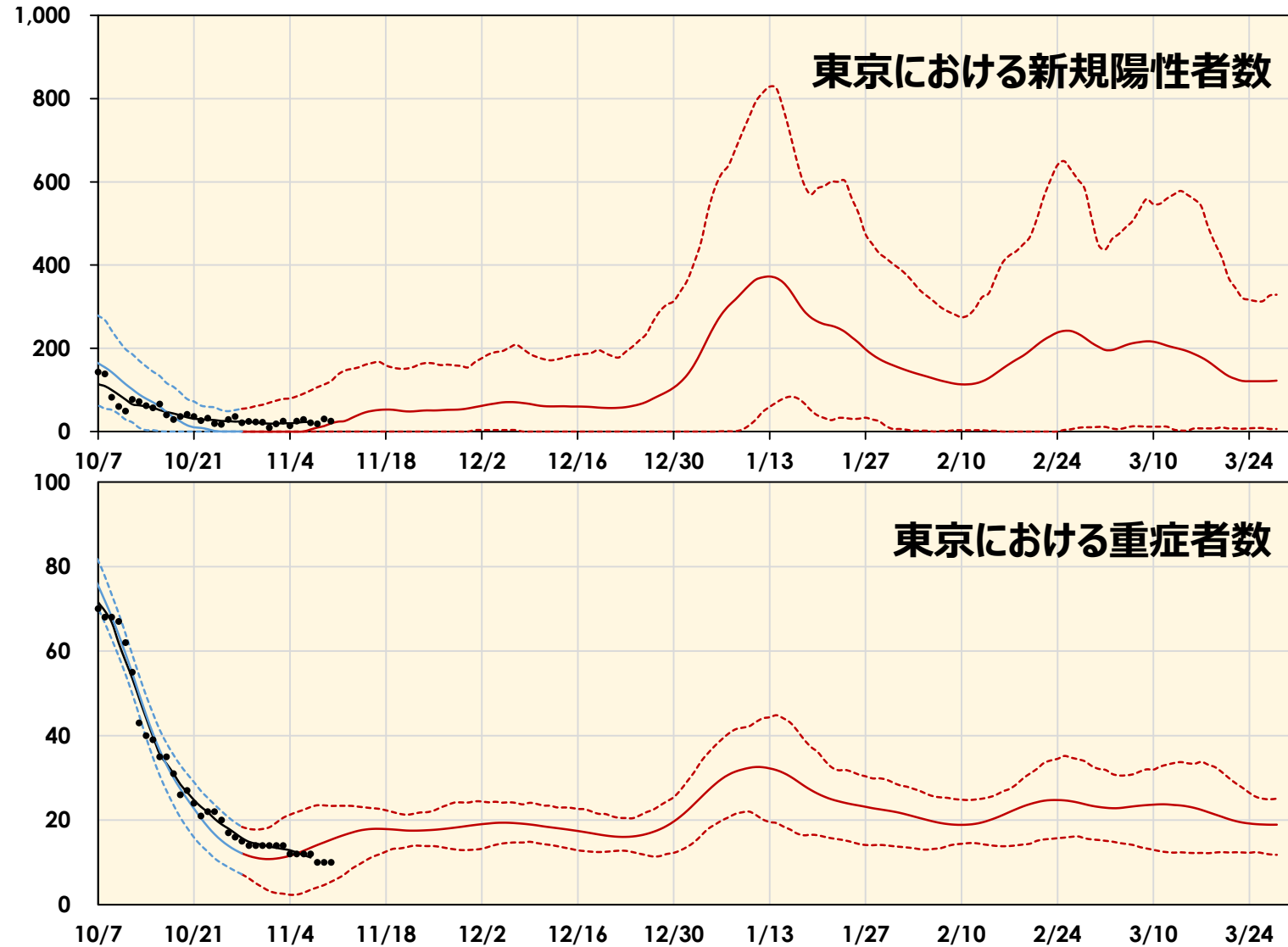
- ・ 年末までの2回目接種率：80%
- ・ 3回目接種スタート時期：12月初旬(1日)
- ・ 3回目接種の1日当たりの人数：ピークの1/3（2.5万人）を想定（医療従事者などから）

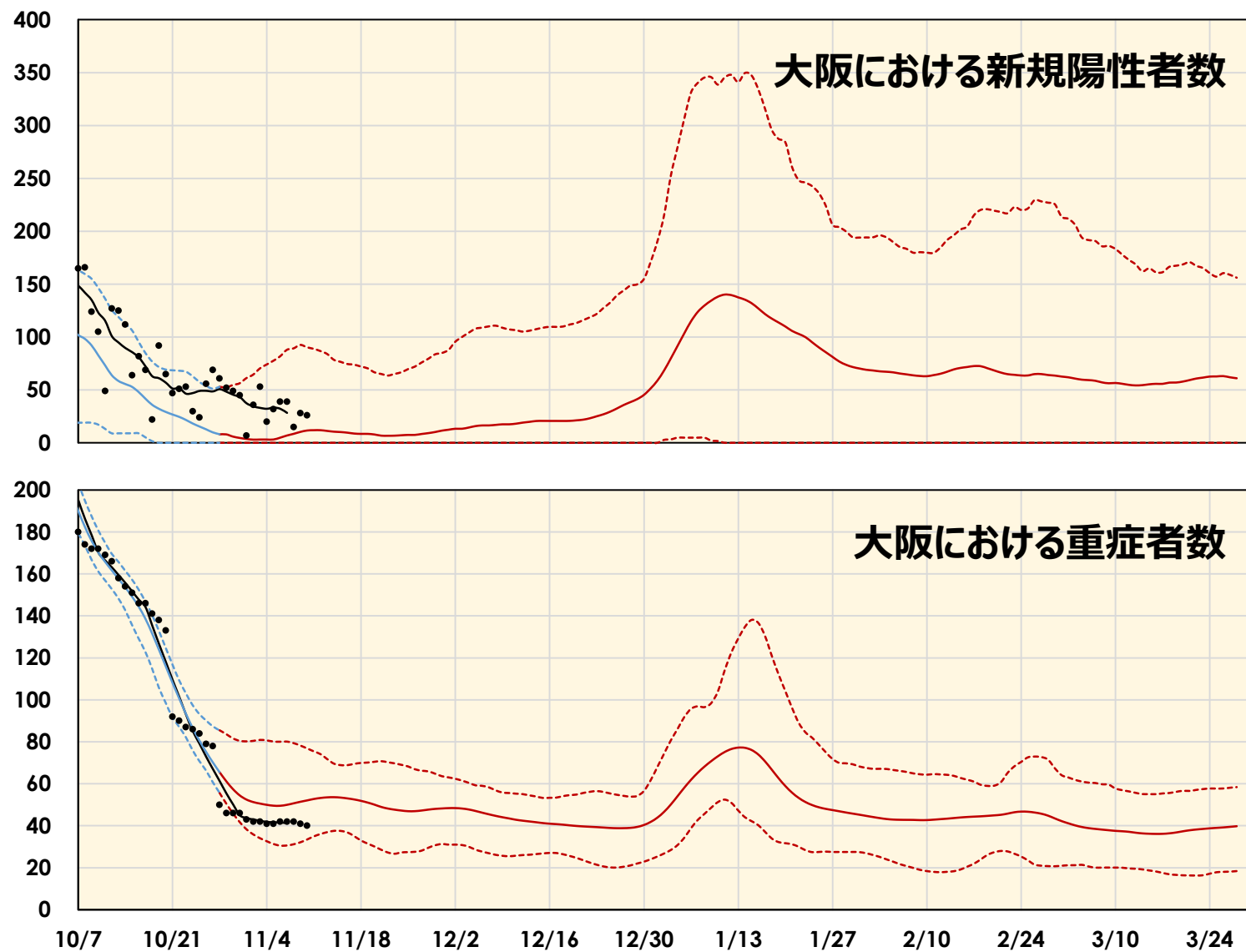
人流

- ・ 昨年度（破線）の人流を参考に、3月末でコロナ前に戻ると過程して計算
- ・ 感染対策は行っていることが前提



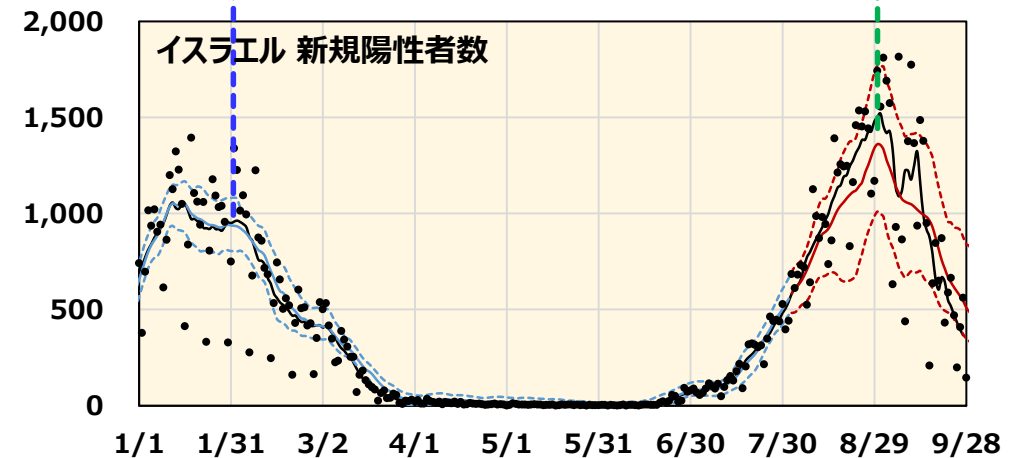
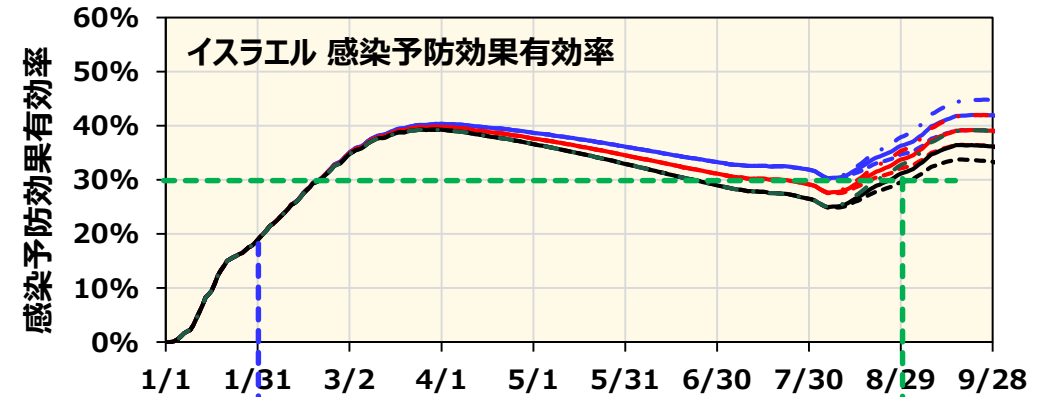
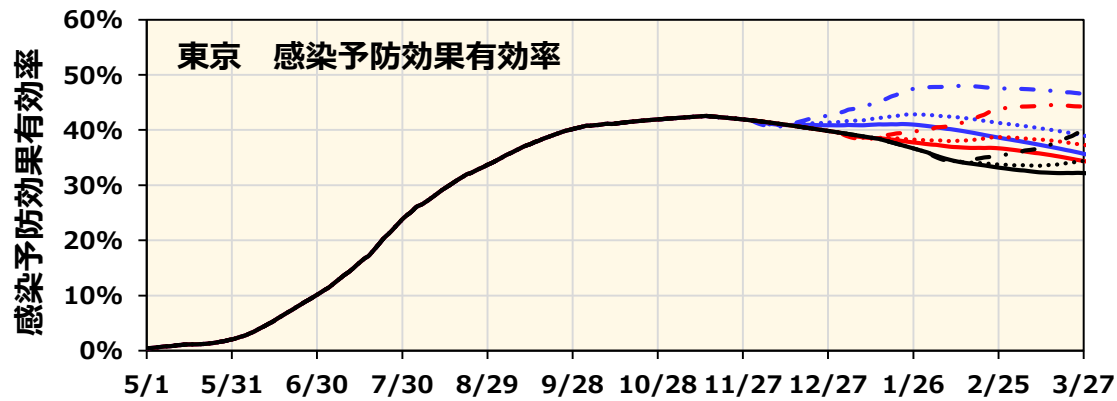
(昨年度は、東京：1/7～3/21、大阪：1/13～2/28において、緊急事態宣言が発出)





■ 東京、大阪とも、1月中旬頃にこれまでに比べて小さなピーク（感染対策は継続）。

- ・ 人口あたりのワクチン感染予防有効割合の低下
- ・ 年末の行動による効果



日本▲

どこが閾値となるかはニューノーマルと感染対策に依存

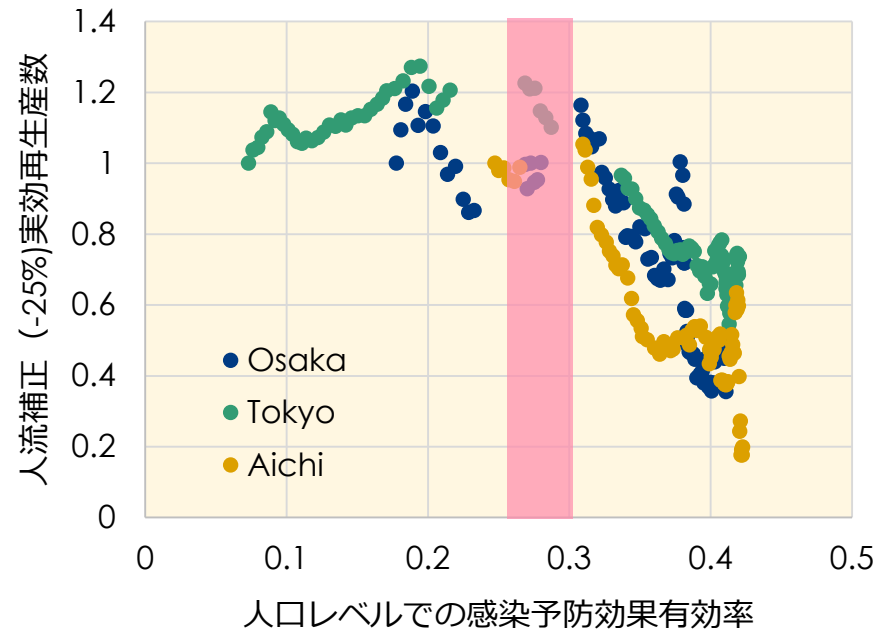
イスラエル▶

青破線 従来株では、一概には比較できないが、人口の20%（高齢者の割合10%）接種で減少に転ずる。

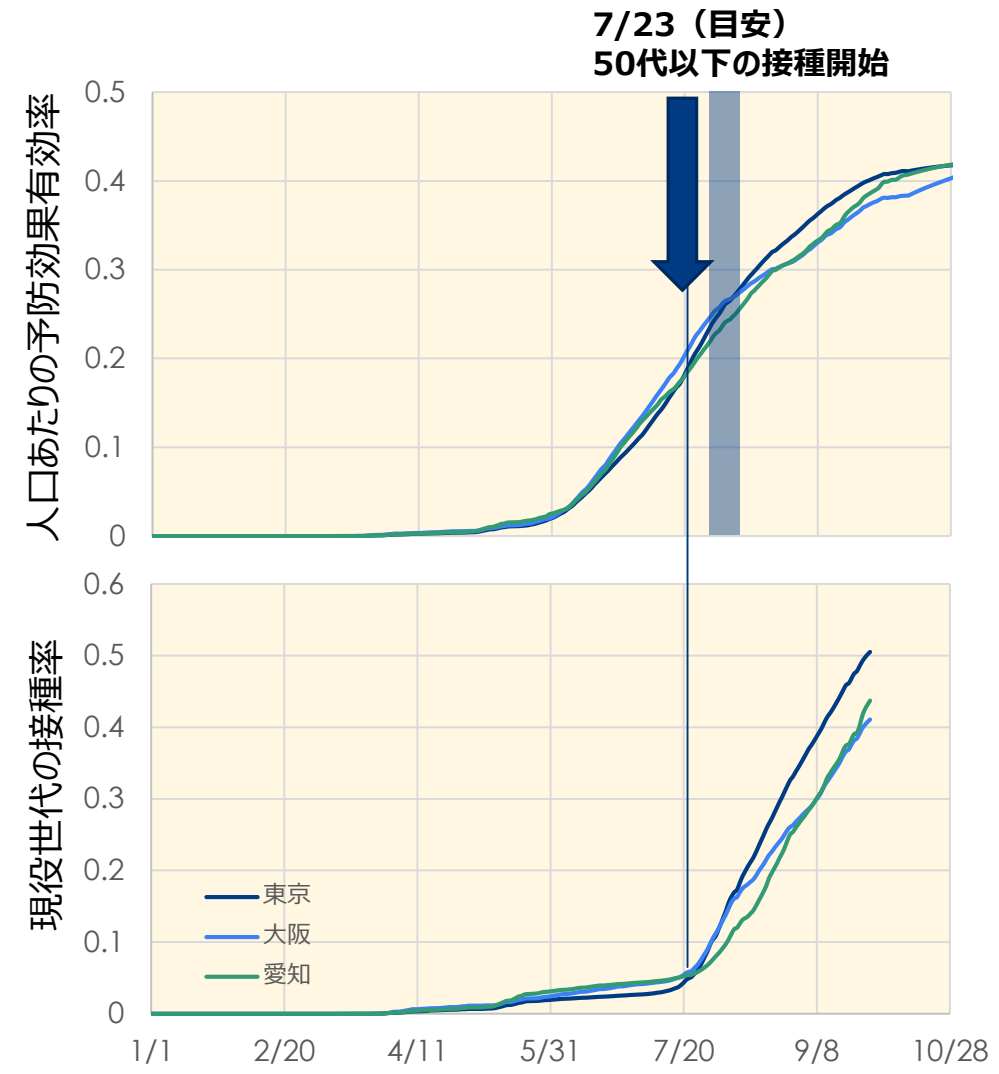
緑破線 デルタ株では人口あたりの有効率が約30%

■ ワクチン予防効果の人口に対する有効率が0.25~0.3に達したのは、8/2-8/18(東京)、7/31-8/22(大阪)、8/8-8/24(愛知)

* 長期休暇の実効再生算数を除く



現役世代の接種率は0.1-0.15程度（潜伏期間を考慮）



Ⅲ まとめ

1. シミュレーションは一定の前提・仮定の下での試算ではあるが、様々な想定が可能であり、重要な示唆を与える。

2. 感染防御対策研究から得られた示唆

- ① ふだん会わない人との会食・大人数の会食はリスクが高い。
- ② マスクの適切な使用が重要。
- ③ 室内の空気の流れ、換気が必要。
- ④ 紫外線によるウイルスの不活化など、新たな技術の実用化も重要。

3. シミュレーションから得られた示唆

- ① ワクチン接種率は総人口に対して85%以上が望ましい。
- ② 接種証明/検査陰性確認の適切な導入が望ましい。
- ③ ブースター接種の適時実施が必要。
- ④ 医療体制の拡充、感染者の早期発見、抗体カクテルや飲み薬などでの早期介入など検査・治療パイプラインの構築が必須。