国立大学法人
名古屋工業大学

人流増減と気象データで新型コロナウィルス新規感染者を予測

～深層学習と統計の併用による新規感染者数予測と新規変異株出現時の人流抑制の目安～

名古屋工業大学 先端医用物理・情報工学研究センター
センター長　教授　平田　晃正
ahirata@nitech.ac.jp

発表のキーポイント

深層学習に基づく新規感染者数予測システムの開発と変異株出現時の評価法の提案

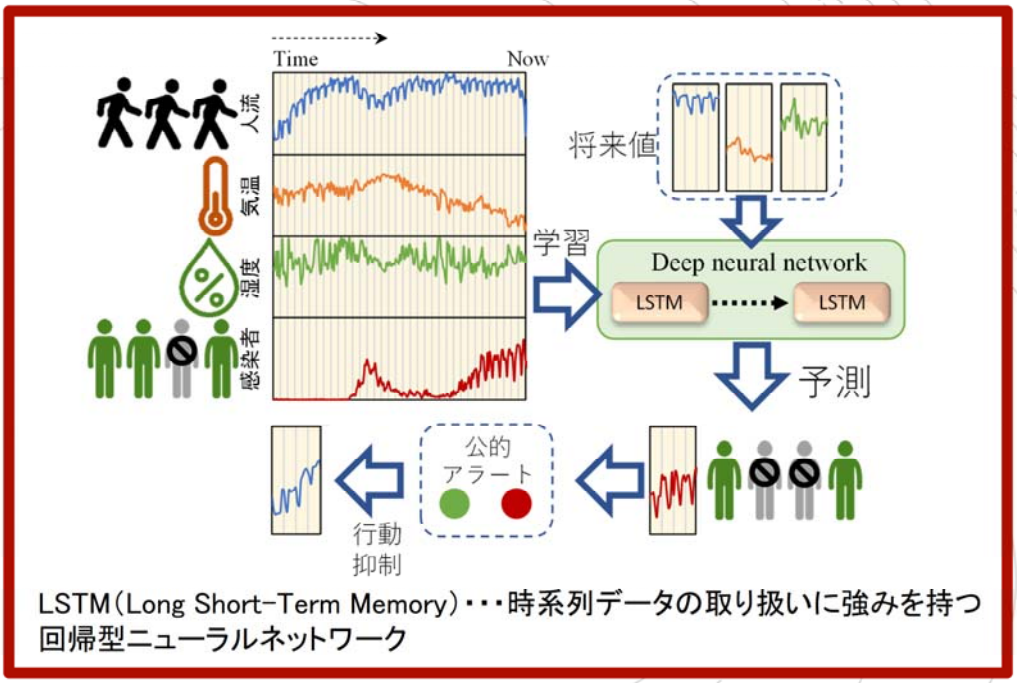
- 新規感染者数の増減が、80%の精度で予測可能。主要駅における人流だけでも75%（東京は63%）を説明。
- 各都府県の過去2週間*の人流増減率より、実効再生産数をおおよそ推定可能。人流抑制の目安を導出。
- 変異型ウィルスの実効再生産数は初期型より、アルファ変異株：20−30%、デルタ変異株**：20−40%大きい。
- 集団としてのワクチンの有効性が予測値に影響するのは、7月中旬以降と推定。
- 予測システムを利用した7月以降のシミュレーション（プロジェクション）

*:潜伏期間を考慮して、1週間前を起点として7日間遡った平均値†
**:2021年6月30日までの概算値

† S. Lauer et al., Annals of Internal Medicine, vo.172, no.9, pp.577-582, 2020.

新規感染者予測システム†

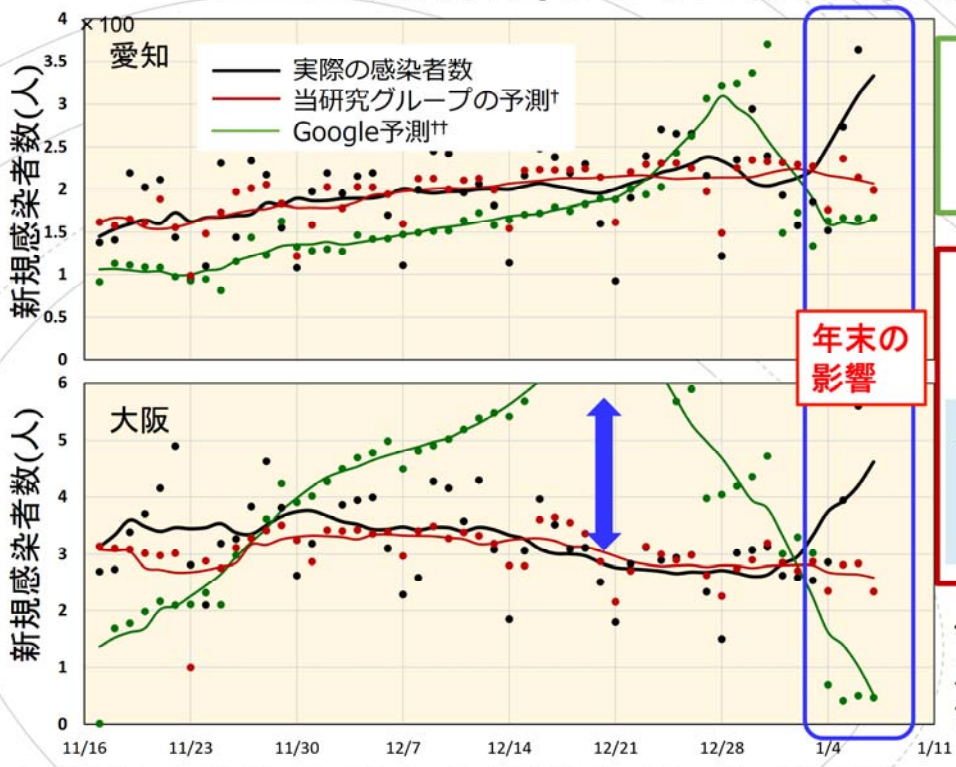
1か月先までの一日当たりの新規感染者数（1週間平均値）が予測可能



LSTM（Long Short-Term Memory）・・・時系列データの取り扱いに強みを持つ回帰型ニューラルネットワーク

† E. A. Rashed and A. Hirata, Int. J. Environ. Res. Public Health, vol.18 (11), 57362021.

予測結果の比較と検証



Google Cloud
数理「SEIRモデル」
パラメータを機械学習
⇒予測式に当てはめて予測

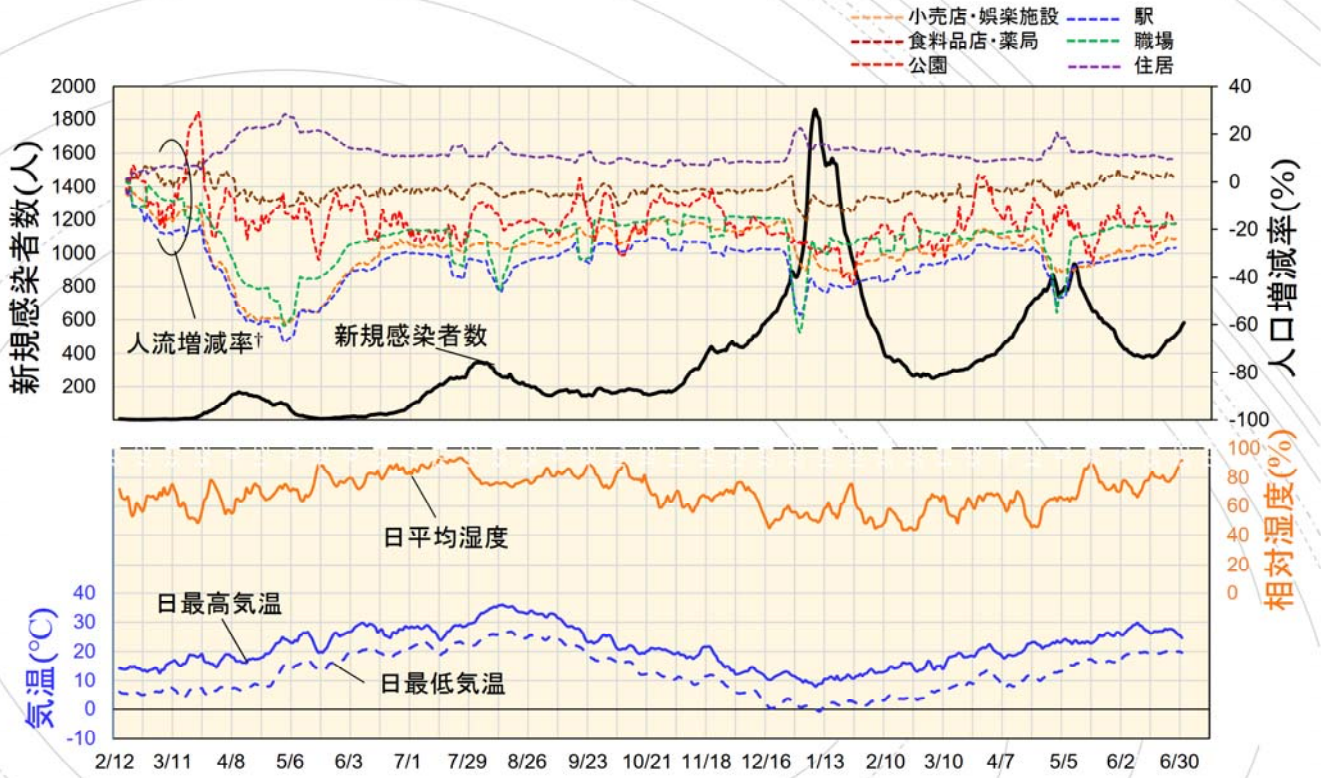
Nitech予測モデル
「LSTM」深層学習
新規感染者数を**直接予測**

入力パラメータ
- 人流増減率（主要駅）†††
- 日最高気温、平均湿度
- 休日・平日など

*予測（Forecasting）システムであり、プロジェクション††††ではない

† E. A. Rashed and A. Hirata, Int. J. Environ. Res. Public Health, vol.18, no.11, pp.5477, 2021.
†† Arik et al., Google Cloud, https://storage.googleapis.com/covid-external/COVID-19ForecastWhitePaper.pdf
††† NTT Docomo モバイル空間統計, https://mobaku.jp/covid-19/
†††† 古瀬他、https://github.com/yukifuruse1217/2021_06-09_tokyo_projection/blob/main/20210630_SIR_YF_0627_ver3.9_4_x.pdf

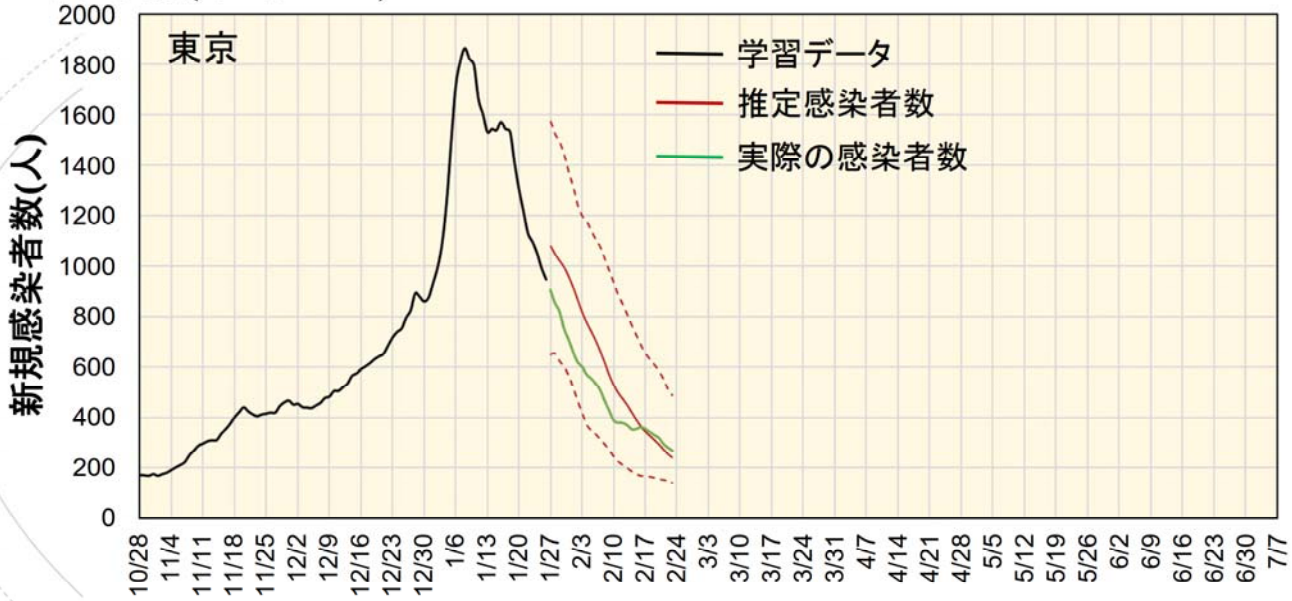
学習データ(東京)



† Google mobility reports (https://www.google.com/covid19/mobility/)

全データ入力による予測結果

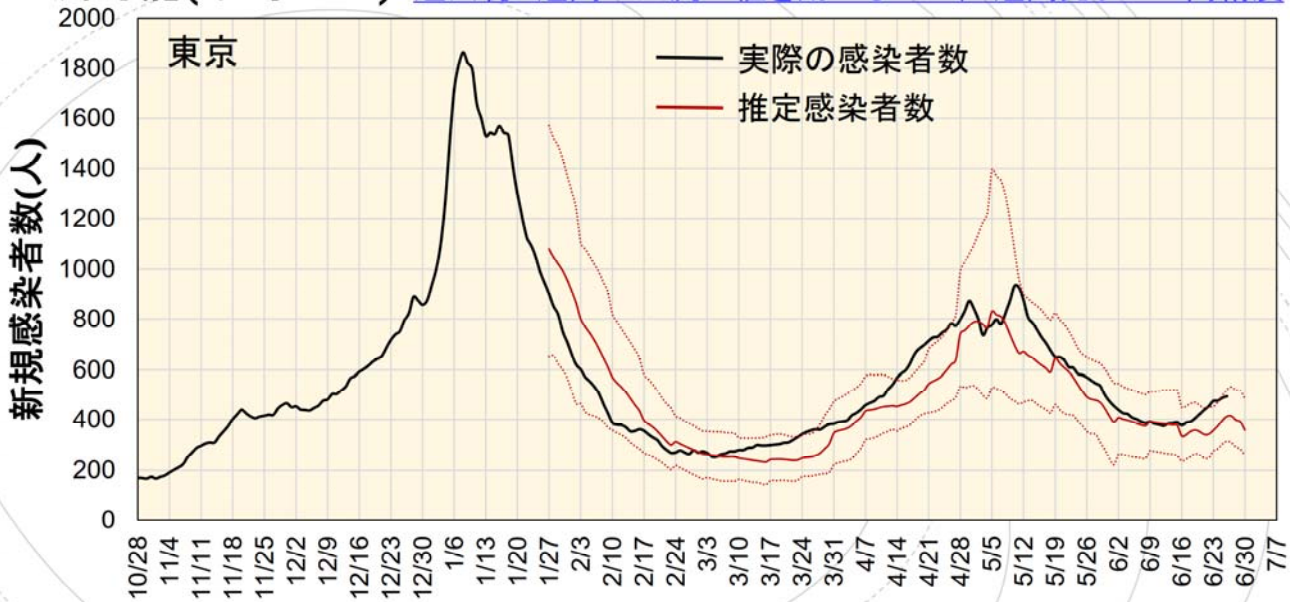
1週間ごとに学習を繰り返し予測モデルを更新。人流がわかれば、**1か月先までの**一日当たりの新規感染者数(1週間平均値※)を予測可能(平均20%)



※当日を中心とした1週間平均値

全データ入力による予測結果

1週間ごとに学習を繰り返し予測モデルを更新。人流がわかれば、**1か月先までの**一日当たりの新規感染者数（1週間平均値※）を予測可能(平均20%)　過去約2週間の人流の値を用いるので、2週間先までは高精度



6都府県のデータを学習したため、初期値がずれる場合あり

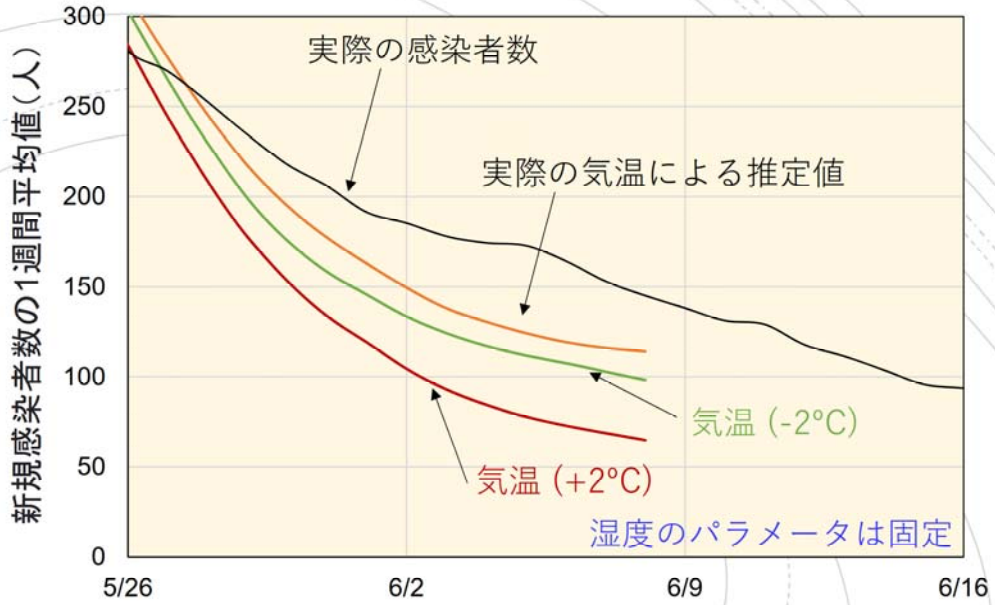
どの入力値が重要因子か？
～6都府県同時に学習した結果より～

入力パラメータ		入力パラメータ		入力パラメータ		入力パラメータ
• 人流		• 人流（主要駅）		• 人流（ALL）		• 人流（ALL）
• 日最高気温		• 日最高気温		• 日最高気温		• 日最高気温
• 日最低気温	4%	• 日最低気温	4%	• 日最低気温	2%	• 日最低気温
• 平均湿度		• 平均湿度		• 平均湿度		• 平均湿度
• 平日/休日		• 平日/休日		• 平日/休日		• 平日/休日
• 宣言の有無		• 宣言の有無		• 宣言の有無		• 宣言の有無

	気象情報のみ	主要駅人流のみ		人流のみ	全データ
東京	54.0	62.7	20%	83.0	**83.6**
愛知	73.5	77.4		78.8	**80.0**
大阪	74.0	79.1		77.1	**85.0**
兵庫	74.9	82.6		87.4	**88.4**
京都	76.6	75.4		78.0	**78.2**
福岡	74.4	75.5		72.3	**74.4**
平均	71.2	75.4		79.4	**81.6**

従来型ウィルスであれば、平均81.6%の精度で予測可能

気温の影響:大阪の事例

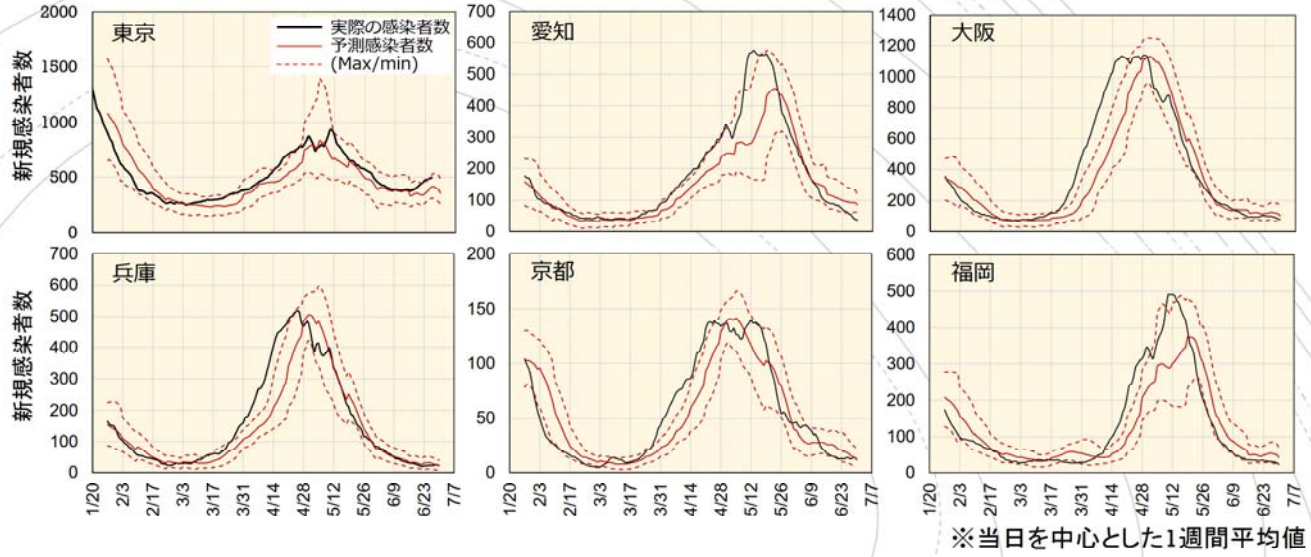


1か月で平均気温が1°C異なると10%の相違
理由は未解明：（人流を除いた）人の行動の変化、屋内環境など

† S. Kodera, E. A. Rashed and A. Hirata, Int. J. Environ. Res. Public Health, vol.17, no.15, pp.5477, 2020.
†† E. A. Rashed, S. Kodera, J. Gomez-Tames, and A. Hirata, Int. J. Environ. Res. Public Health, vol.17, no.15, pp.5354, 2020.

新規変異株へのアプローチ

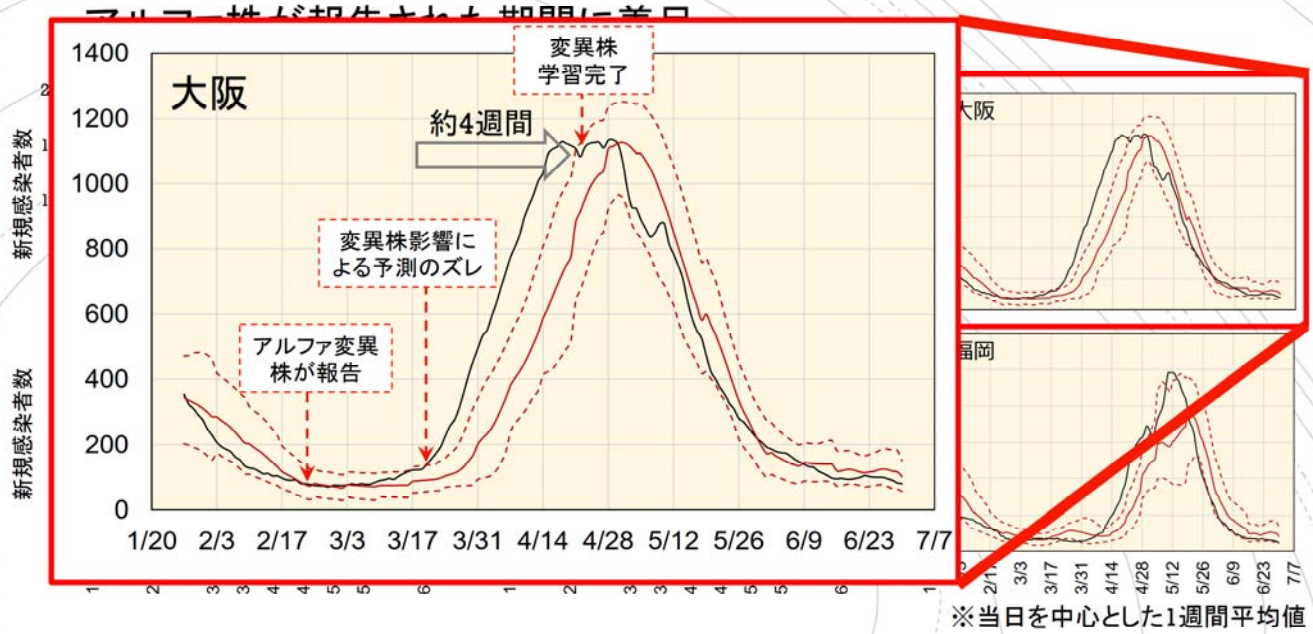
アルファ株が報告された期間（第3波）に着目



※当日を中心とした1週間平均値

アルファ株の影響が小さい都府県（東京）・・・予測値範囲内
アルファ株の影響が大きい都府県（大阪など）・・・予測のズレを確認

新規変異株へのアプローチ



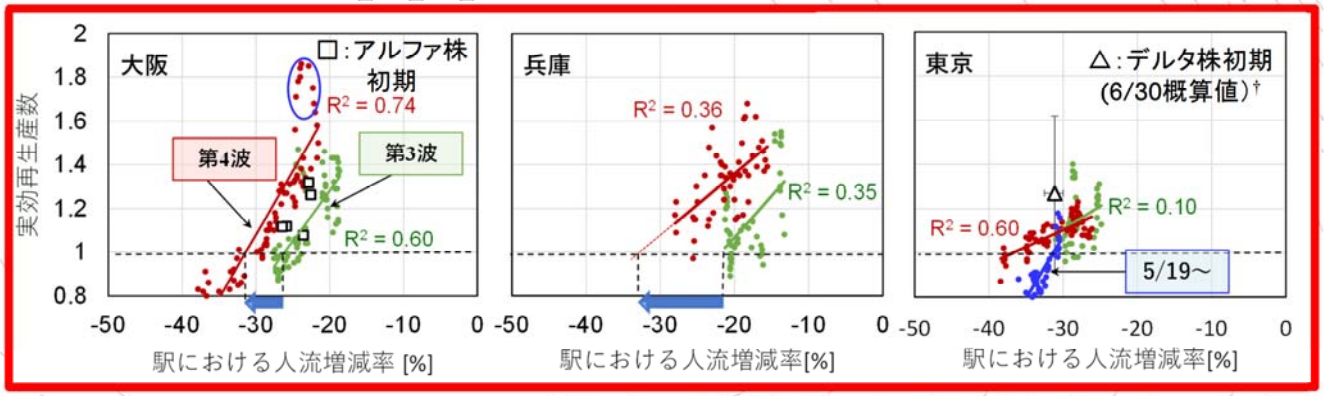
※当日を中心とした1週間平均値

アルファ株の影響が小さい都府県（東京）・・・予測値範囲内
アルファ株の影響が大きい都府県（大阪など）・・・予測のズレを確認

新規変異株へのアプローチ

各期間における
実行再生産数
×
人流増減率※
に着目

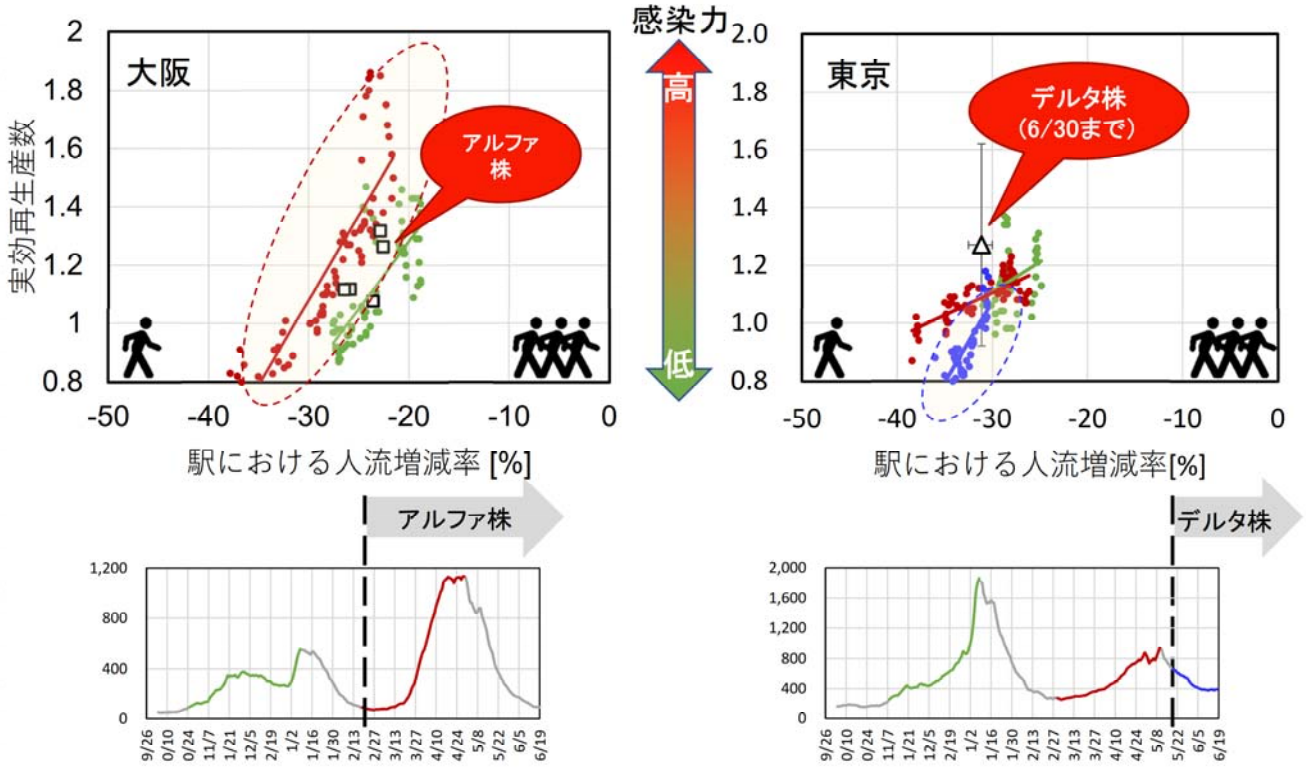
※人流増減率は、潜伏期間を考慮して6日前を起点として7日間遡った平均値(7-13日前の期間の平均値)



† https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/kansen/screening.html

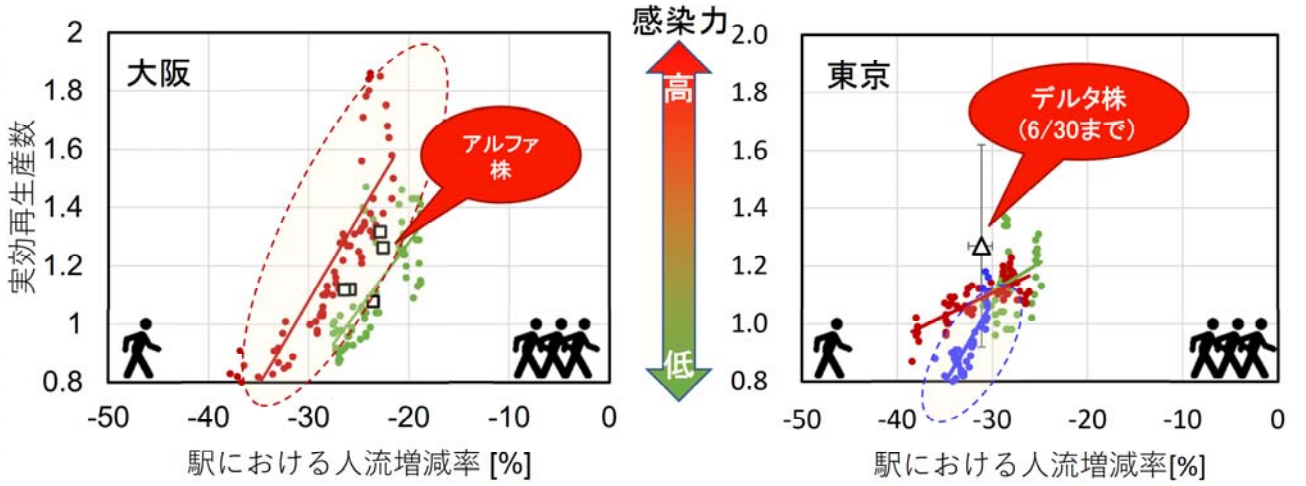
新規変異株へのアプローチ

過去1週間（および1週間の遅延）の新規感染者数から実行再生産数を推定



新規変異株へのアプローチ

過去1週間（および1週間の遅延）の新規感染者数から実行再生産数を推定



第3波よりアルファ変異株が出現した第4波のほうが、実効再生産数を1以下に抑えるためには、強い人流抑制が必要

大阪：第3波 −26%⇒第4波 −31%

東京：第3波 −30%⇒第4波 −35%　（デルタ変異株−40～−45%（概算値））

予測システム関するまとめ

時系列データに対する深層学習による新規感染者数予測システムの開発と変異株出現時の評価法の提案

- 六都府県のデータを同時に学習することにより、新規予測システムを構築
- 2週間後までは、高精度な予測値（予測日から過去の人流）。4週間後までは約80%の精度で予測精度。
- 深層学習なら、平日・休日、宣言の有無だけで60%程度の精度
- 変異株に対応するまで**約4週間**。その間は統計による概算、実効再生産数の人流増減率の関係より、人流抑制の目安

7－8月のシミュレーション

方法：数理式ではなく、深層学習に基づく予測モデルを用いたプロジェクション。
データ：昨年の人流および気象の時系列データを利用、現状の値との整合性を考え、調整†。

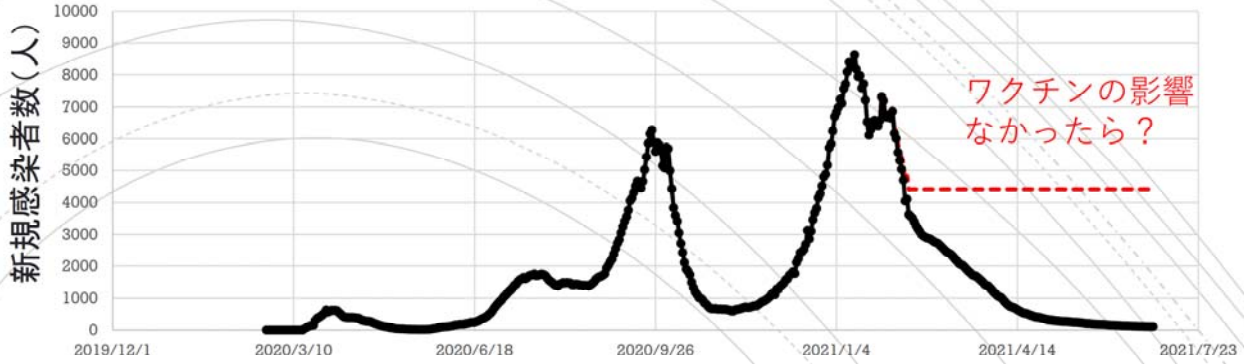
前提条件

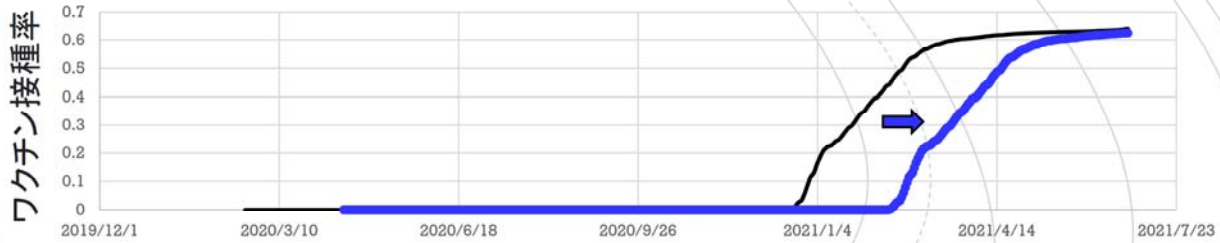
- デルタ株以前のパラメータ（アルファ株まで）
- デルタ株の影響を簡易的に考慮後*
- デルタ株の影響　＋　ワクチンの影響**
- デルタ株出現後＋　7/22以降の人流＋2 or 5%

†2020年の人流と現在の平均値を矛盾なくつないだものを仮定
*　デルタ株の6月30日までの報告値から概算したもの。
**　イスラエルの事例からの概算値。接種した年齢層などが異なる

ワクチン接種　～海外の事例から～

イスラエル　905.3万人、主にファイザー製



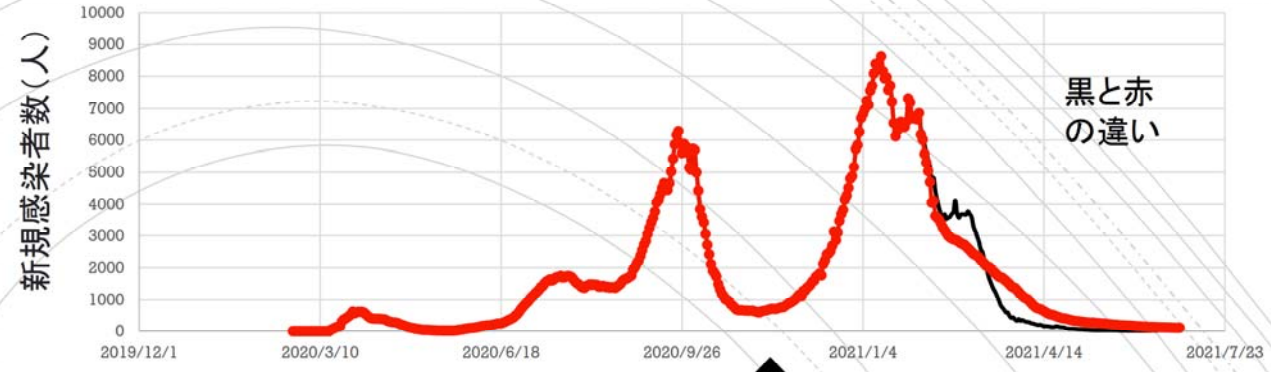


集団免疫を60%と仮定、ワクチン有効性の潜時を6週間†と仮定（2回目まで4週間＋2週間）

＊実際には、1回目でも一定の効果あり。簡単化および安全側の見積。

†Mark G. Thompson,　CDC Report, https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/mm7013e3.htm?s_cid=mm7013e3_w

ワクチン接種　～海外の事例から～

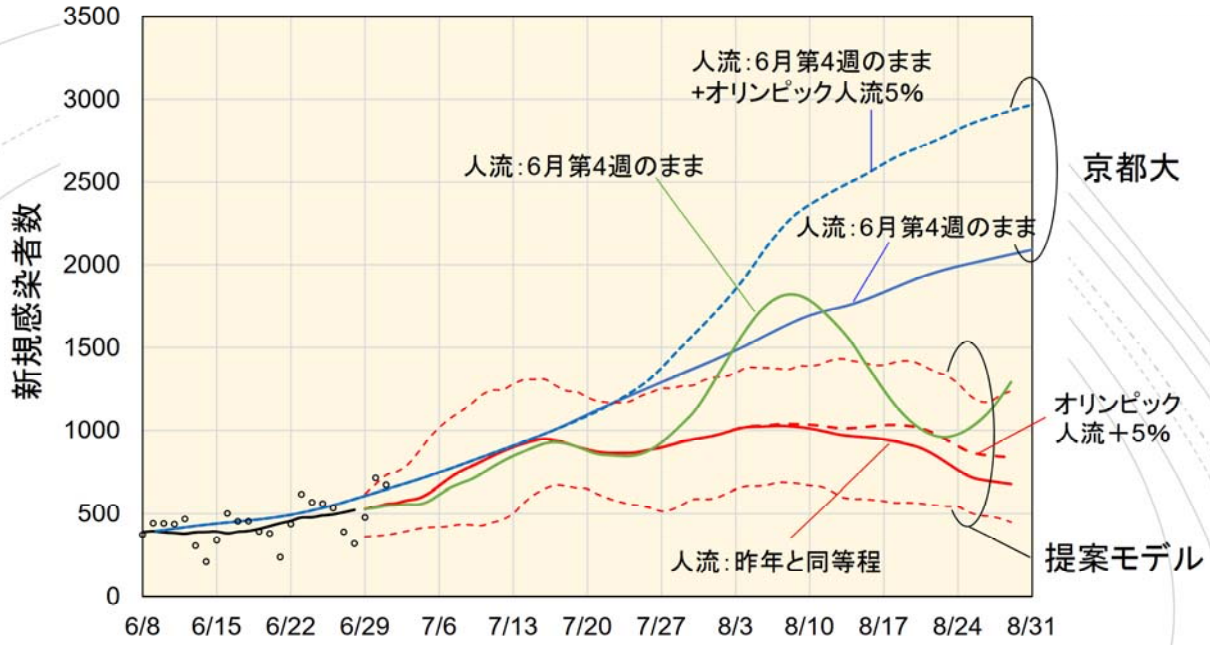


集団免疫を60%と仮定し、ワクチンの有効性の潜時を6週間と仮定（2回目まで4週間）

60%を超えて2カ月経過したマルタでは、新規感染者数の減衰が速い（人口差など）

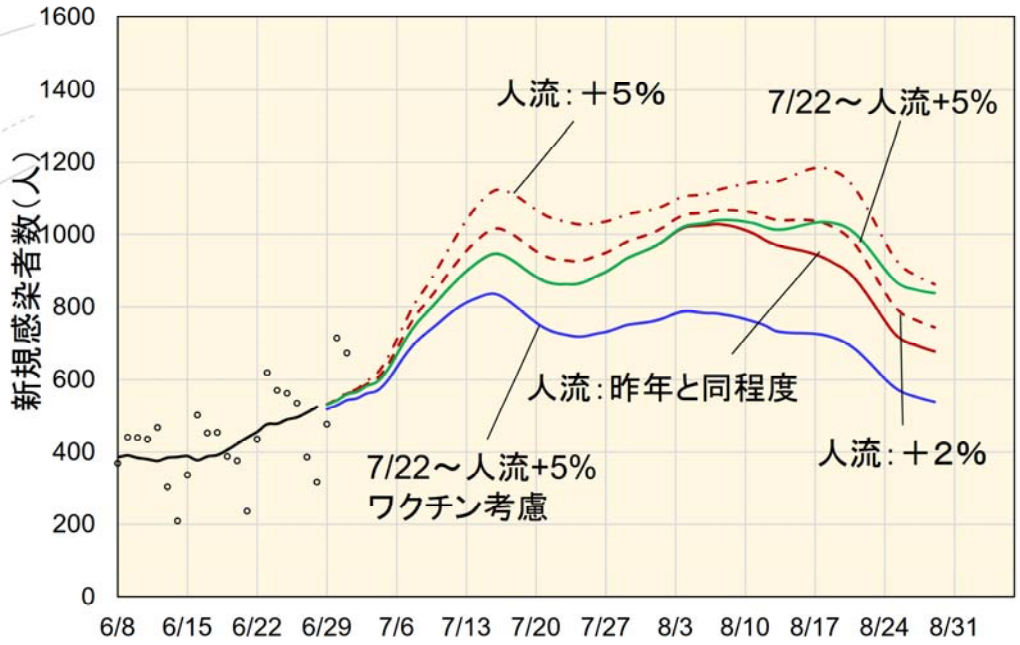
人口：イスラエル　905.3万人、マルタ　50.3万人

比較（京都大のプロジェクション）



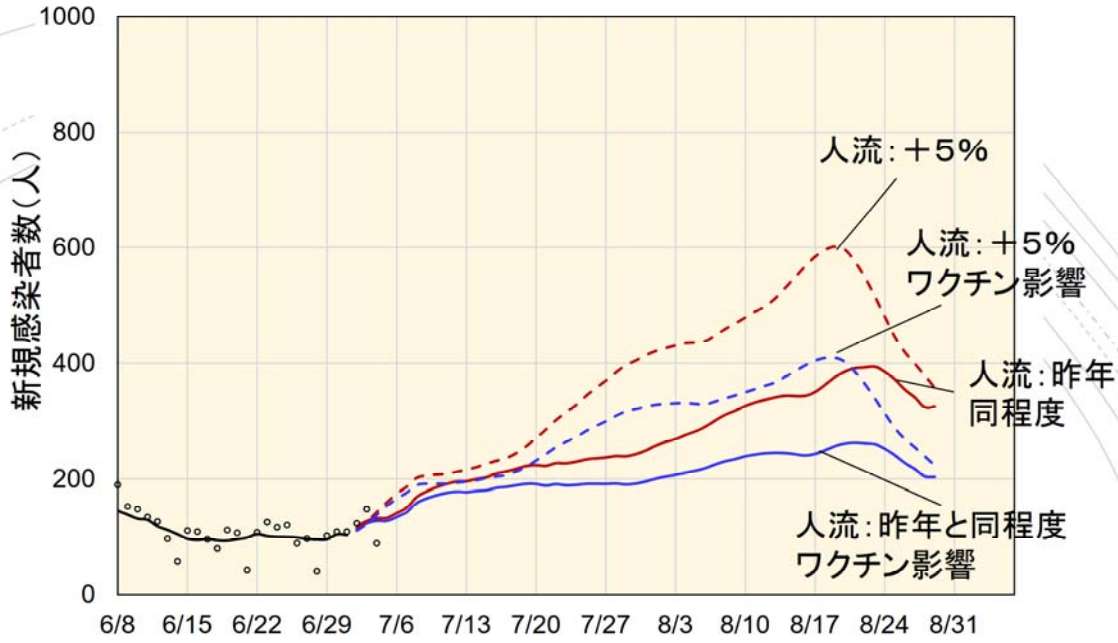
†古瀬他、https://github.com/yukifuruse1217/2021_06-09_tokyo_projection/blob/main/20210630_SIR_YF_0627_ver3.9_4_x.pdf

人流の変化による考察（東京）



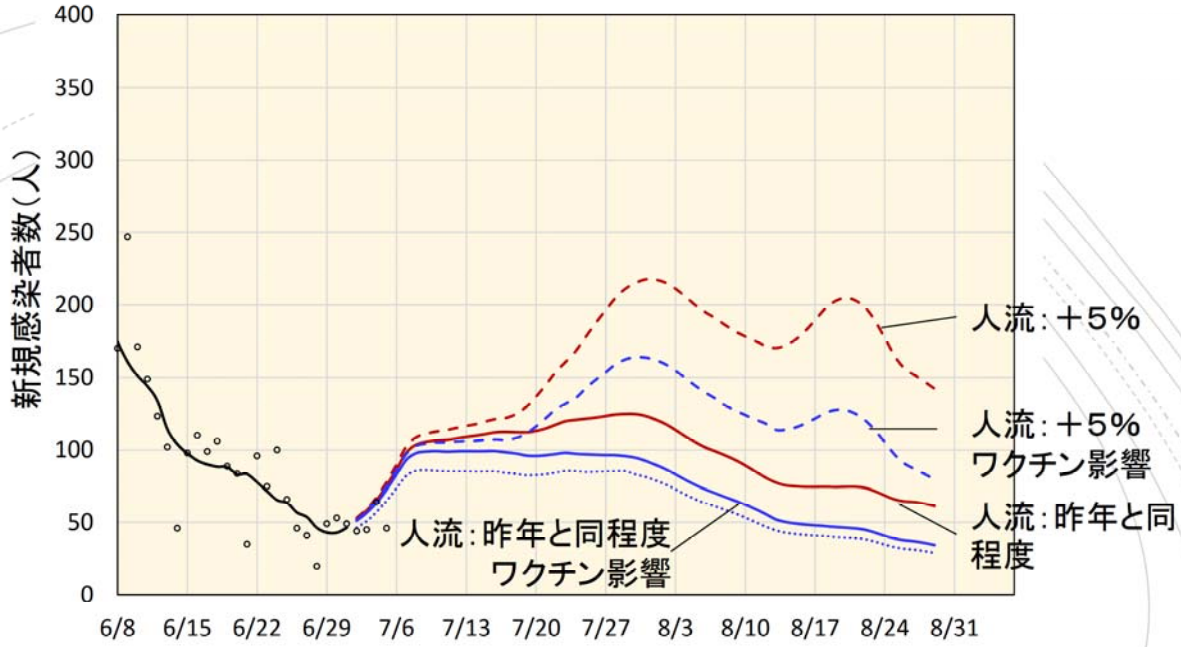
※昨年の気象と同程度であると仮定

今後の予測について(大阪)



※昨年の気象と同程度であると仮定

今後の予測について(愛知)



※昨年の気象と同程度であると仮定

７－８月の予測シミュレーションのまとめ

予測システムにおいてデータを拡張したシミュレーション

- 2020年の人流を参考に設定した上で、東京、大阪、愛知県における７－８月における新規感染者数の予測値示した。
- 集団としてのワクチンの有効性*が新規感染者の予測値に影響するのは、7月中旬以降と推定。
- シミュレーションデータは、ワクチンの効果を検討する際の基準としても有用

*イスラエル、マルタなどからの外挿