

# 新型コロナウイルスの時系列解析

## (7) 6都道府県における緊急事態宣言等の効果

nino

2024年7月10日

### 1. はじめに

6都道府県の新規陽性者数に詳細モデルを適用し、緊急事態宣言等による感染拡大の抑止効果等について考察した。

### 2. 使用データ

検討対象とする自治体は、前報<sup>1)</sup>と同じ、東京都、大阪府、愛知県、福岡県、沖縄県、および北海道の計6都道府県であり、使用するデータはそれらの新規陽性者数（陽性：略称）の毎日の報告値<sup>2)</sup>である。

対象期間は、2021/7/4(日)～10/16(土)の105日間（15週間）である。

### 3. 6都道府県の感染状況と詳細モデル

準備のため、まず、前報<sup>1)</sup>で述べた6都道府県の感染状況の概要を再掲し、次に、各自治体に対応するように曜日効果を修正した詳細モデル<sup>3)</sup>について説明する。

#### 3.1 感染状況の概要

図1に陽性の報告値  $O(t)$  の時系列を、図2にその7日間移動平均（7MA）の時系列を示した。縦軸の単位は「人」、横軸の日付は1週間間隔である。以下同様。

図2より、7MAは6都道府県とも正規分布状の主ピークと前半の小さなショルダーピークからなる形状を示した。主ピークの時期は自治体によって異なり、東京は8/15頃、福岡と沖縄および北海道では8/22前後にあるが、大阪と愛知は8/29頃にあった。

一方、図1によると、 $O(t)$ は7MA（図2）に7日周期の曜日効果が加わる形状を示し、曜日効果の振幅は7MAの高さにほぼ比例した。また、曜日効果の形状は、主ピークの時期を境に前期と後期で異なる傾向を示した。

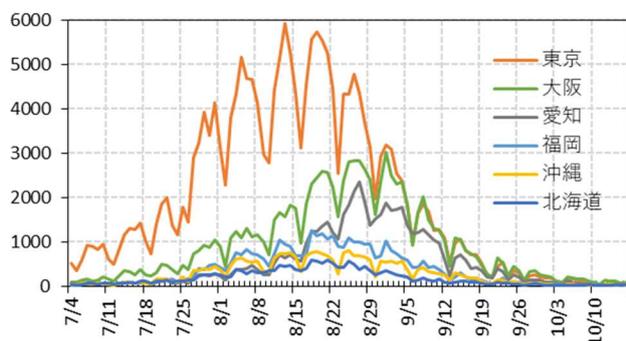


図1 報告値  $O(t)$  の時系列

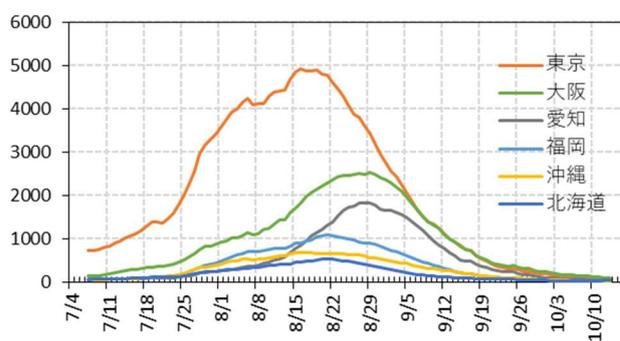


図2 7日間移動平均（7MA）の時系列

#### 3.2 6都道府県の詳細モデル

第5報<sup>3)</sup>で述べたように、詳細モデルは曜日効果を主ピークの前期と後期で振り分けた式で表すが、前述したように6都道府県の主ピークの時期はそれぞれ異なるので、それ

らに合わせて曜日効果を修正する必要がある。

詳細モデルの概要を説明するなかで、曜日効果の修正点について言及する。

報告値  $O(t)$  は正規分布の主ピーク  $G_m(t)$  とショルダーピーク  $G_s(t)$  (それらの和を  $G_a(t)$  とした)、バックグラウンド  $b_a$ 、曜日効果  $D_a(t)$  および不規則変動  $I_a(t)$  の各成分の和からなる次のモデルである (時点  $t=0, 1, 2, \dots, 104$  日)。

$$O(t) = [G_m(t) + G_s(t)] + b_a + D_a(t) + I_a(t) \quad (1)$$

$$G_a(t) = G_m(t) + G_s(t) + b_a + D_a(t) + I_a(t) \quad (2)$$

$G_m(t)$  と  $G_s(t)$  はともに正規分布に準じた次式で表される。

$$G(t) = H \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

$H$ 、 $\mu$ 、 $\sigma$  はそれぞれピーク高 (人)、平均 (ピーク時期; 日)、標準偏差 (拡がり程度; 日) を表し、 $G_m(t)$  のパラメーターは  $H_m$ 、 $\mu_m$ 、 $\sigma_m$ 、そして  $G_s(t)$  のパラメーターは  $H_s$ 、 $\mu_s$ 、 $\sigma_s$  とした。

曜日効果  $D_a(t)$  の修正について説明する。前期  $j=1$  と後期  $j=2$  に分けた曜日係数  $d_{jn}$  ( $\sum d_{jn} = 0$ ;  $n=0, 1, \dots, 6$  とすると、それぞれ日曜、月曜、…土曜に該当する) を用いて、曜日係数  $d_{jn}$  を各都道府県の主ピークを境にして  $D_a(t)$  の前期と後期に振り分ける。具体的には、前述した 7MA のピーク時期を参考にして、東京は前期  $d_{1n}$  (7/4~8/16) と後期  $d_{2n}$  (8/17~10/16) に、北海道と福岡および沖縄は前期  $d_{1n}$  (7/4~8/23) と後期  $d_{2n}$  (8/24~10/16) に、また、大阪と愛知は前期  $d_{1n}$  (7/4~8/30) と後期  $d_{2n}$  (8/31~10/16) とした。そうすると、 $D_a(t)$  は曜日係数  $d_{jn}$  と、正規分布とバックグラウンドの和  $[G_a(t) + b_a]$  との積で表される。

$$D_a(t) = d_{jn} [G_a(t) + b_a] \quad (4)$$

なお、式(1)の右辺の最初の3項をまとめて、推定値  $E_a(t)$  とした。

$$\begin{aligned} E_a(t) &= G_a(t) + b_a + D_a(t) \\ &= [1 + d_{jn}] [G_a(t) + b_a] \end{aligned} \quad (5)$$

したがって、詳細モデルの不規則変動  $I_a(t)$  は次式で表される。

$$I_a(t) = O(t) - E_a(t) \quad (6)$$

そして、第5報<sup>3)</sup>と同様に、各都道府県の陽性データに最小二乗法を適用して不規則変動 (誤差)  $I_a(t)$  の二乗和が最小になるように各パラメーターを推定した。

## 4 詳細モデルの結果

### 4.1 推定値 $E_a(t)$

推定値  $E_a(t)$  を報告値  $O(t)$  と比較検討した。

図3に都道府県別に推定値  $E_a(t)$ 、報告値  $O(t)$ 、および不規則変動  $I_a(t)$  の時系列を示した。

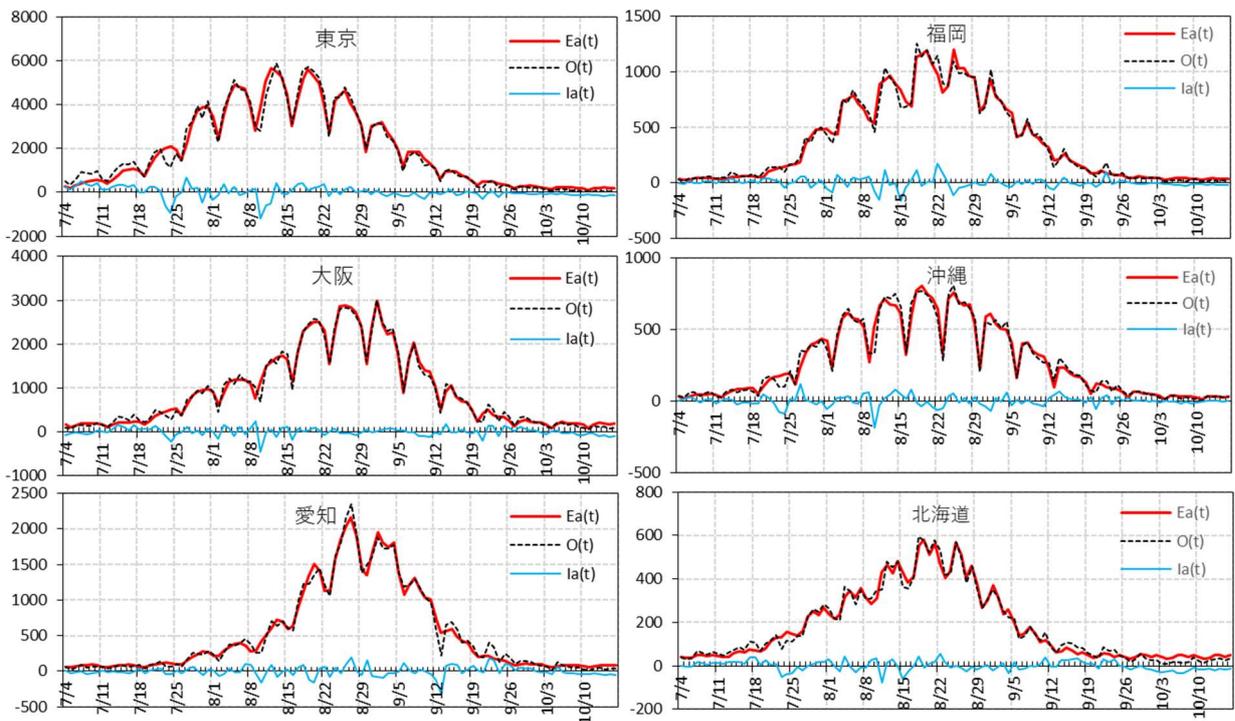


図3 推定値  $E_a(t)$ 、報告値  $O(t)$ 、および不規則変動  $I_a(t)$  の時系列

各都道府県とも、推定値  $E_a(t)$  は報告値  $O(t)$  とほぼ同じ変化を示し、両者の相関係数はいずれも 0.98 以上であった。なかでも、大阪は曜日効果における前期後期の形状の違いを含めて両者は良く一致している。また、バラツキ  $I_a(t)$  は比較的小さくかつ期間を通してほぼ均一であった。さらに詳しく調べるため、成分ごとに考察する。

#### 4.2 主ピーク $G_m(t)$ とショルダーピーク $G_s(t)$

表1に  $G_m(t)$  の各パラメーターとバックグラウンド  $b_a$  の推定結果を、表2に  $G_s(t)$  の各パラメーターの推定結果を示した。表中にはピーク時期  $\mu$  に対応する月/日をあわせて示した。また、数値データだけではわかりにくいので、 $G_m(t)$  と  $G_s(t)$  の時系列 (図4) を参考にして考察する。

表1  $G_m(t)$  の各パラメーターの推定結果

	東京	大阪	愛知	福岡	沖縄	北海道
$H_m$ (人)	4,607	2,371	1,755	994	642	462
$\mu_m$ (日)	42	54	56	49	47	48
(月/日)	(8/15)	(8/26)	(8/29)	(8/22)	(8/20)	(8/21)
$\sigma_m$ (日)	16	12	10	13	16	10
$b_a$ (人)	181	164	75	36	24	43

表2  $G_s(t)$  の各パラメーターの推定結果

	東京	大阪	愛知	福岡	沖縄	北海道
$H_s$ (人)	516	511	164	244	111	137
$\mu_s$ (日)	27	27	29	30	29	27
(月/日)	(7/31)	(7/31)	(8/2)	(8/3)	(8/2)	(7/31)
$\sigma_s$ (日)	3.2	6.1	4.9	4.9	4.0	7.4

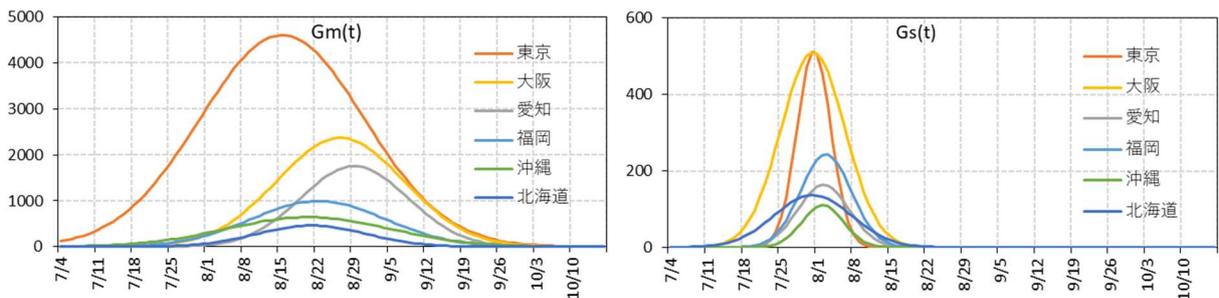


図4  $G_m(t)$  と  $G_s(t)$  の時系列

表 1 より、 $G_m(t)$ のピーク時期  $\mu_m$  は東京の 8/15 が最も早く、次いで沖縄 (8/20)、北海道 (8/21)、福岡 (8/22)、大阪 (8/26)、愛知 (8/29) の順であり、東京から愛知まで 14 日間の差があった。地域による感染状況や感染対策の違いなどが影響していたためと考えられた<sup>4)</sup>。一方、 $G_s(t)$ のピーク時期  $\mu_s$  は 7/31~8/3 までの 4 日間に集中していた (表 2)。この時期は緊急事態宣言やまん延防止等重点措置が発出あるいは適用されており、それらとの関連が考えられる。このことについては、後述する。

$G_m(t)$ の拡がり程度  $\sigma_m$  についてみると (表 1)、東京と沖縄は 16 であり、他の自治体の 10~13 に比べて大きかった。東京と沖縄は感染が長期間に及んでいたことが示唆される。 $G_s(t)$ の拡がり程度  $\sigma_s$  は大阪と北海道が他自治体よりも大きかった (表 2、図 4)。この理由についてはわからなかった。

### 4.3 $G_a(t)$ とバックグラウンド $b_a$ の和 $[G_a(t)+b_a]$ 、

報告値  $O(t)$ の 7 日間移動平均 (7MA) は陽性のトレンドを表し、詳細モデルでは  $G_a(t)$ と  $b_a$  の和  $[G_a(t)+b_a]$ に相当する。両者を比較することによって、詳細モデルがトレンドに対応しているかが把握できる。

図 5 に  $G_a(t)$ と  $b_a$  の和  $[G_a(t)+b_a]$ 、と  $O(t)$ の 7MA を示した。

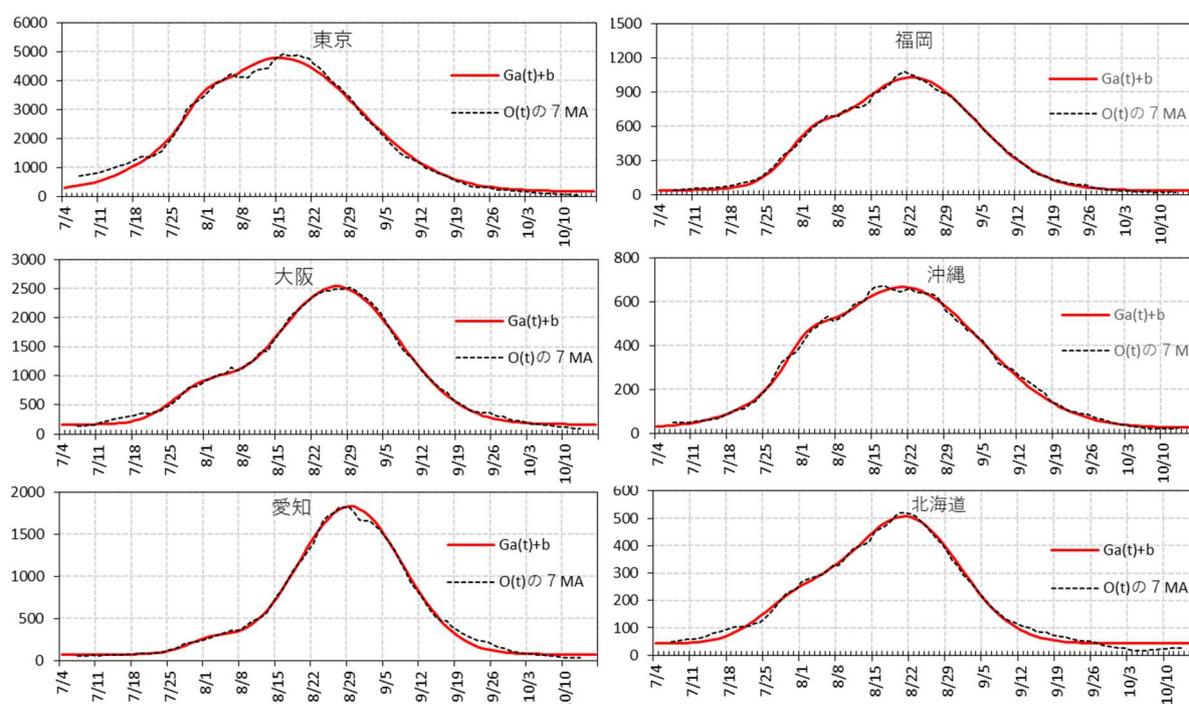


図 5  $[G_a(t)+b_a]$ と  $O(t)$ の 7MA の時系列

$[G_a(t)+b_a]$ はショルダーピーク部分を含めて  $O(t)$ の 7MA とほぼ同じ変化を示した。なかでも大阪は当てはまりが良かった。他の自治体はピークトップ前後の当てはまりがやや悪く、特に東京はピークトップ前後と立ち上がり部分の当てはまりが悪かった。東京は 1 日当たりの新規陽性者数が 5,000 人を超え、保健所等も混乱していたと示唆される。

### 4.4 曜日効果 $D_a(t)$

図 6 に曜日効果  $D_a(t)$ と、報告値  $O(t)$ とその 7 日間移動平均との差  $[O(t)-7MA]$ を示した。 $D_a(t)$ は  $[O(t)-7MA]$ とほぼ同じ変化を示した。特に、大阪は両者の一致度が良く、前期と後期の違いもはっきりと現れていた。

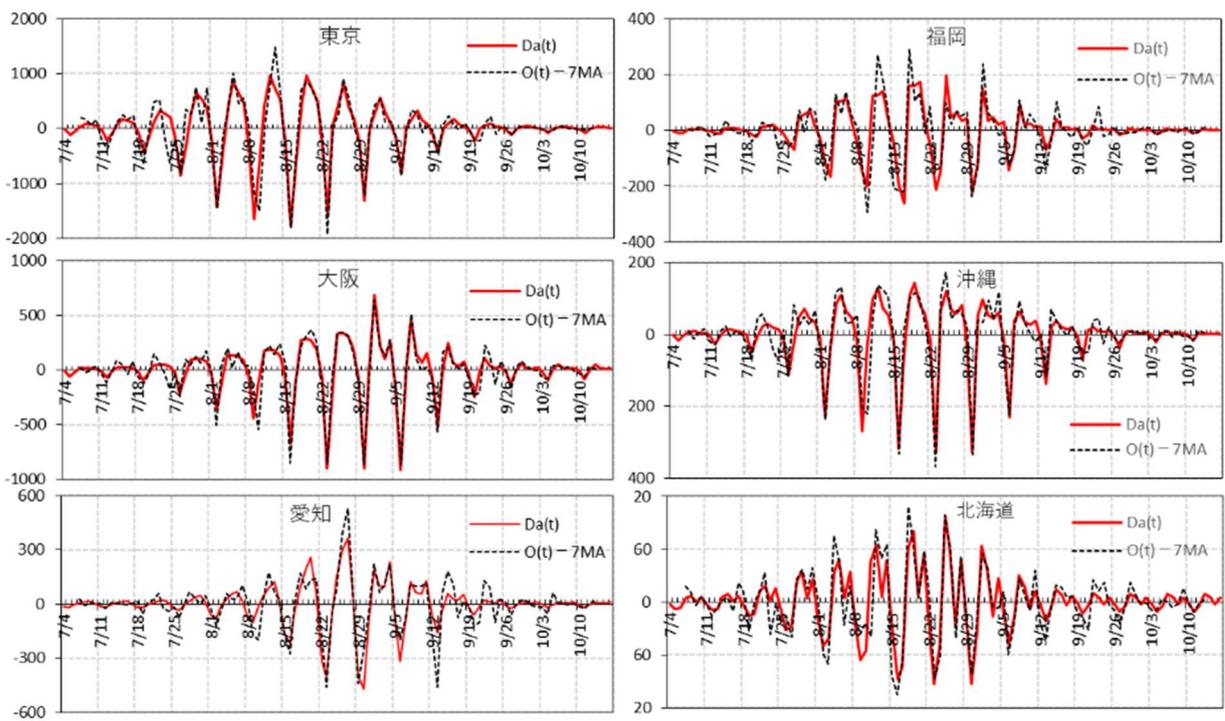


図6 曜日効果  $D_a(t)$  と、報告値  $O(t)$  とその7日間移動平均との差 ( $[O(t) - 7MA]$ : 点線) の時系列

## 5. 感染対策の評価

### 5.1 緊急事態宣言とまん延防止等重点措置について

感染対策には、緊急事態宣言とまん延防止等重点措置のほかにワクチン接種やPCR検査などもあるが、ここでは、時系列的な観点から前2者に焦点を当てて検討する。

6都道府県における緊急事態宣言とまん延防止等重点措置の期間<sup>4)</sup>についてまとめた(表3、表4)。なお、緊急事態宣言は全国で9/30まで発出された。

表3 緊急事態宣言期間<sup>4)</sup>

	~7/11	7/12	8/2	8/20	8/27	9/13
緊急事態宣言	沖縄	東京	東京、大阪、 沖縄	東京、大阪、 福岡、沖縄	東京、大阪、 愛知、福岡、 沖縄、北海道	東京、大阪、 愛知、福岡、 沖縄、北海道

表4 まん延防止等重点措置期間<sup>4)</sup>

	~8/2	8/2	8/8	8/20
まん延防止等 重点措置	大阪	福岡、北海道	愛知、福岡、 北海道	愛知、北海道

表3より、緊急事態宣言が8/1以前に発出されていたのは東京と沖縄の2自治体だけであったが、8/2には大阪も発出された。表中にはないが、同時に埼玉、千葉、および神奈川県を加えた計6自治体で発出された<sup>4)</sup>。まん延防止等重点措置(表4)も8/2に福岡と北海道に適用され、同じく石川、京都、および兵庫までの計5自治体に適用された<sup>4)</sup>。このように全国的に見ても8/2の感染対策を契機にして感染状況が変化した可能性が高い。しかし、6都道府県の中で、愛知だけはまん延防止等重点措置が適用されたのは8/2より

6日遅れの8/8であり、緊急事態宣言が発出されたのは8/27と遅かった。このことが、愛知の主ピークの時期が他自治体より遅い8/29にずれた一因となった可能性がある。

## 5.2 詳細モデルの変化率

詳細モデルの各成分だけで感染対策を評価するのは難しいが、変化率を用いればより明確になると考えられる。第5報<sup>3)</sup>では、統計用語の「差分」という言葉を用いたが、ここでは「変化率」に統一する。

図7に6都道府県における1日ごとの新規陽性者数  $G_a(t)$  の変化率（前日との差  $[G_a(t) - G_a(t-1)]$ 、単位：人/日）と、報告値  $O(t)$  の7日間移動平均の変化率（略称：7MAの変化率）を示した。また、7MAの変化率はバラツキが大きくトレンドが読み取りにくいので、それを平滑化するため、7MAの変化率の7日間移動平均（略称：7ma、7MAと区別するために小文字とした）を求め、図中にあわせて示した。

図7より、6都道府県とも、7MAの変化率はバラツキが大きいですが、その7maはトレンドを比較的良く表している。 $G_a(t)$ の変化率は7MAの変化率の7maと大略一致し、なかでも大阪や愛知は一致度が良かった。しかし、東京の一致度はやや悪かった。その理由として、東京は感染ピークの8/15前後に新規陽性者数が1日当たり5,000人を超えており（図1）、医療現場だけでなく保健所もかなり混乱していたことなどが考えられた。

図7において、変化率がプラスを示す前半は新規陽性者数の増加期、マイナスを示す後半は減少期に相当する。6都道府県とも増加期には2山型を示し、1番目のピーク（第1

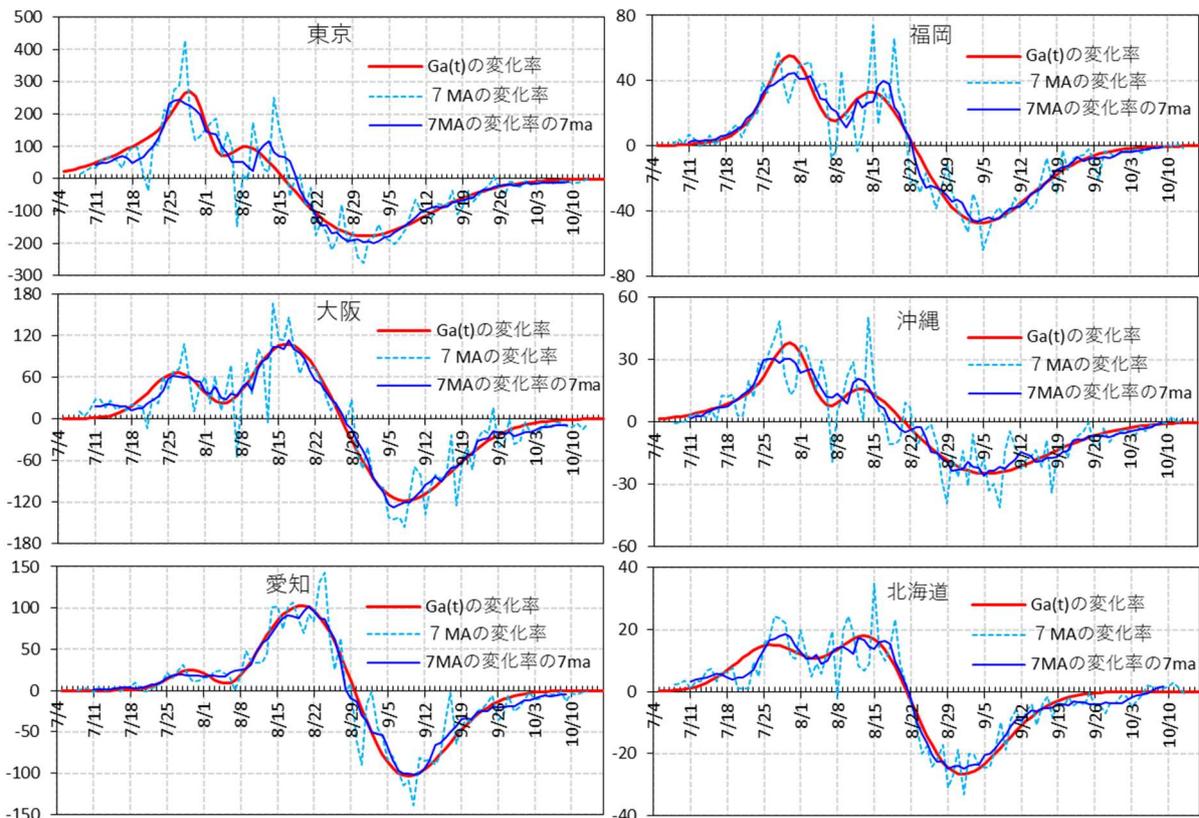


図7  $G_a(t)$  の変化率と  $O(t)$  の7日間移動平均（7MA）の変化率（点線）およびその7日間移動平均（7MAの変化率の7ma）の時系列（縦軸単位：人/日）

ピーク)と2番目ピーク(第2ピーク)の間に落ち込み(極小値)が見られた。落ち込みが生じたのは、新規陽性者数の増加率が一時的だが抑制されたためと考えられる。その2山型は都道府県により異なるパターンを取り、第1ピークの方が第2ピークより高いパターンを示したのは東京、福岡および沖縄であり、逆に第2ピークの方が高いパターンを示したのは大阪と愛知であった。北海道は両ピークともほぼ同じ高さであった。

第1ピークの方が高いパターンは、第1ピークから大きく落ち込んだ後、再度増加に転じるが、その増加率は小さく感染は比較的速やかに縮小して行ったと考えられる。一方、第2ピークの方が高いパターンは、第1ピークから少し落ち込んだ後、再度感染拡大が生じたためと考えられる。

$G_a(t)$ の変化率における第1ピーク、極小値、および第2ピークの時期が感染対策の効果判定に重要であると考えられることから、これらの月日を求めた(表5)。

表5 第1ピーク、極小値、第2ピークの月日

	東京	大阪	愛知	福岡	沖縄	北海道
第1ピーク	7/29	7/27	7/30	7/30	7/30	7/26
極小値	8/5	8/4	8/5	8/8	8/7	8/5
第2ピーク	8/9	8/16	8/20	8/15	8/12	8/13

極小値は8/4~8の範囲にあり、先述の感染対策の発出・適用の時期(8/2)より2日~6日が経過している。感染対策から数日を要したためと推察される。また、極小値から第2ピークまでの日数は東京、福岡、沖縄および北海道が4~8日であったのに対して、大阪と愛知は12日と15日であり、1週間ほど遅かった。愛知については、前述したよう、感染対策の発出・適用時期が他自治体よりも遅かったことが影響していた可能性が高い。大阪は8/2に緊急事態宣言が発出されているので、他の要因が考えられる。

感染対策には国主導の緊急事態宣言やワクチン接種などのほか各自治体独自のものもあるので、一概に言えないが、緊急事態宣言やまんえん防止等重点措置が感染抑制の一因になっていた可能性が高い。

## 6. まとめと課題

6都道府県の感染状況のパターンはそれぞれ異なるが、それらの詳細モデルは陽性報告値と比較的良く当てはまった。また、感染拡大の抑制に緊急事態宣言やまんえん防止等重点措置による効果もあると考えられたが、より正確な評価を行うには個々の自治体における各種情報も活用して検討する必要がある。

## 参考文献

1) 物理のかぎしっぽ, 新型コロナウイルスの時系列解析 (6) 6都道府県における第5波の感染状況の特徴

[http://hooktail.sub.jp/contributions/covid\\_06.pdf](http://hooktail.sub.jp/contributions/covid_06.pdf)

2) 厚生労働省

<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>

3) 物理のかぎしっぽ, 新型コロナウイルスの時系列解析 (5) 第5波の詳細モデル

[https://hooktail.sub.jp/contributions/covid\\_05.pdf](https://hooktail.sub.jp/contributions/covid_05.pdf)

4) 新型コロナウイルス感染症「第5波」検証等結果報告書

[http://www.nga.gr.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/2/20211121\\_siryou1-2\\_houkoku.pdf](http://www.nga.gr.jp/ikkrwebBrowse/material/files/group/2/20211121_siryou1-2_houkoku.pdf)