死亡数の平年値の推計にあたっての１月に観察される死亡数の追加的増加の反映方法の研究

菅沼　祐一 *

A Study on the Method to Incorporate the Additional Increase in January Deaths in Estimating the Normal Weekly Deaths

SUGANUMA Yuichi

COVID-19 の流行が契機となり死亡数の指標が注目されることとなった。東京都での週別の死亡数推移をみると、冬期に増加し夏期に減少する季節変動に加えて、1 月中における死亡数の追加的増加が観察される。1 月中の推移をみると、第 3 週前後に死亡数のピークが生じていた。死因別にみると、呼吸器系疾患と循環器系疾患でこの動きが観察される。実績より推計した死亡数の平年値があると超過死亡の大小の観察にあたっての参考となる。平年値の推計にあたっては、季節変動に加えて、1 月中の追加的増加の反映が課題である。本研究では、説明変数に sinc 関数を追加した重回帰分析により死亡数の平年値を推計し、1 月中に生じていた死亡数の追加的増加の反映状況を観察した。

キーワード：COVID-19、死亡数、1 月の追加的増加、超過死亡、周波数解析、sinc 関数

The COVID-19 pandemic has highlighted the importance of death number indicators and excess deaths. In Tokyo, weekly death trends exhibit a clear seasonal pattern, with increases in winter and decreases in summer. In addition to this seasonal fluctuation, an additional rise in deaths is observed in January, peaking around the third week of the month. When analysed in terms of cause of death, this trend is particularly evident in deaths related to respiratory and circulatory diseases. Using the normal number of weekly deaths estimated from actual data provides a useful benchmark for comparing these trends with the actual figures. This approach helps in assessing the scale of excess deaths more effectively. A key issue in estimating normal weekly deaths is to accurately reflect both seasonal fluctuations and the additional increase in January. This study proposes the method to incorporate the January increase into the estimation of normal weekly deaths with using sinc function and examines the resulting trends.

Keywords: COVID-19, normal number of deaths, january further increase, excess deaths, frequency analysis, sinc function

* 株式会社野村総合研究所　Email：y1-suganuma@jcom.zaq.ne.jp

1　研究の背景

2020 年冬からの新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行が契機となり、超過死亡（excess deaths）が注目されることとなった。超過死亡とは、平年と比べた死亡数の増加を示す指標である。超過死亡は、死亡数の過去の実績から推計した平年値と実績との差から算出するが、平年値ならびに超過死亡の算出にあたって確定した方法があるわけではない。

週別の死亡数データを用いて死亡数の平年値を推計する場合、2 つの代表的な方法がある。1 つは、三角関数（$\cos x$、$\sin x$）を説明変数とする重回帰分析により過去の実績から推計する方法（EU の欧州死亡率モニター（EuroMOMO）が使用する FluMOMO [1] など）である。もう 1 つは、過去数年間の中での当該週と同時期の実績の平均を用いて推計する方法（米国の疾病予防管理センターが使用する Farrington アルゴリズム [2] ）である。

日本の国立感染症研究所（以下、「感染研」と呼ぶ）では、週別の死亡数推移を掲載する Web サイト [3]（以下、「ダッシュボード」と呼ぶ）を開設するとともに、都道府県単位と全国で男女計での週別の死亡数データを公表してきている。全死因死亡数に加えて COVID-19、呼吸器系疾患、循環器系疾患、悪性新生物、老衰、自殺、これら 6 つの死因別死亡数の把握が可能である。ダッシュボードが公表する東京都のデータを用いて、前述の前者の方法（後述の式(1)）により推計した死亡数の平年値と実績の推移（図 1）をみると、冬期に増加し夏期に減少する季節変動に加えて、1 月中における死亡数の追加的増加が観察される。2019 年 1 月中など、過去より平年値を上回る状況が生じていた。死亡率の指標でみても同様な結果であった（図は省略）。平年値の推計にあたっては、この 1 月中に生じていた死亡数の追加的増加に留意する必要がある。また、COVID-19 流行後の 2021 年 1 月以降（図 1）をみると、平年値の水準を上回る 1 月中の追加的増加が続いていた（2024 年 10 月現在）。

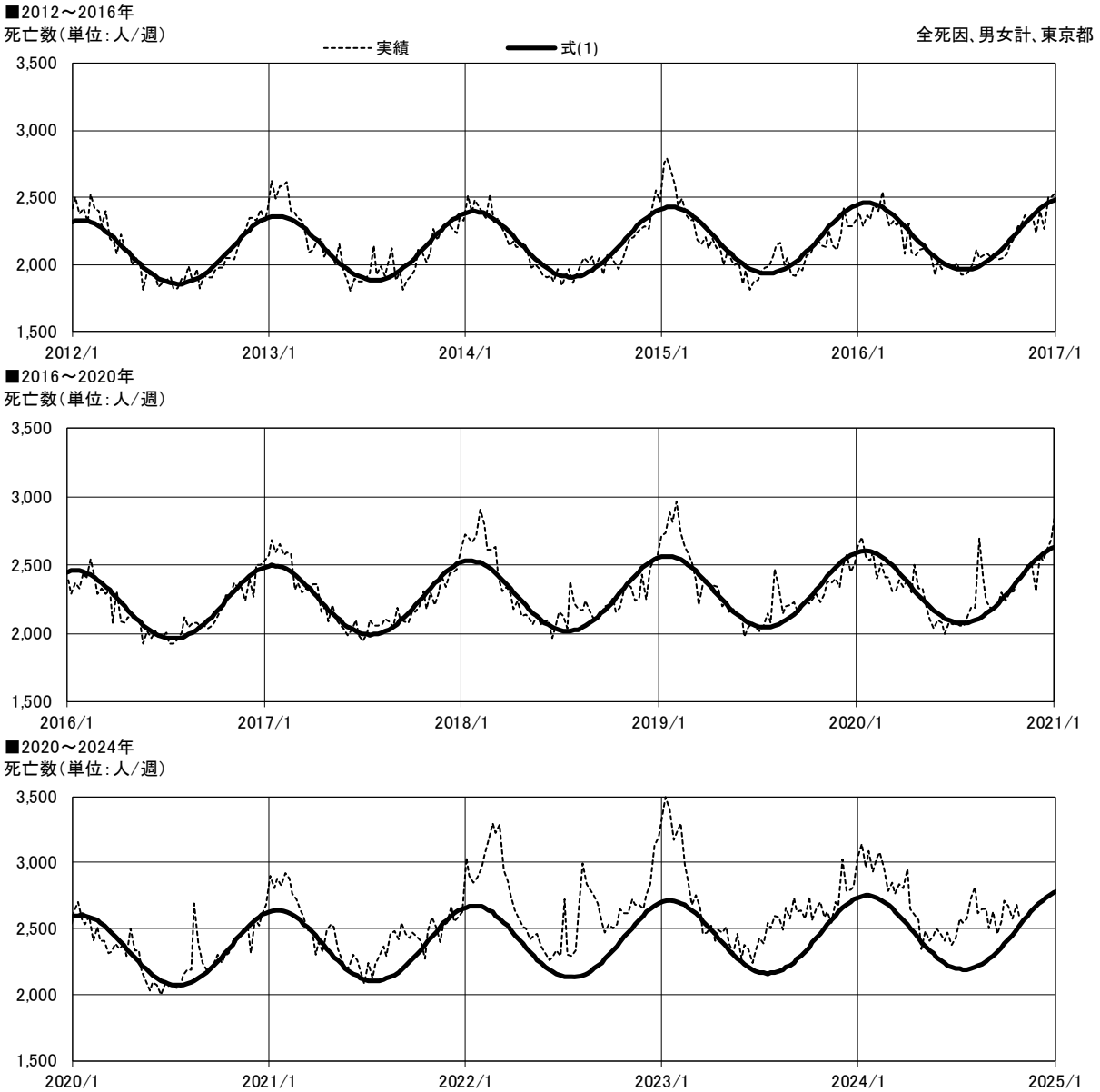
平年値を推計する場合、前述の後者の方法では、過去の同時期の実績より算出するため、1 月中の追加的増加は同時期の平年値に反映される。一方、前者の方法では、1 月中の追加的増加の要素は平年値の推計式（後述の式(1)）には反映されない。仮に、2020 年 3 月以前より生じていた 1 月中の追加的増加が反映されないまま、実績と平年値との差から超過死亡を算出した場合、1 月中の超過死亡を過大に計上することが懸念される。前者の方法による平年値の推計にあたって、1 月中の追加的増加の要素の推計式への組み込みは、同方法での推計にあたっての課題の 1 つである。

---

[1] 欧州死亡率モニター（EuroMOMO）, Graphs and maps, https://www.euromomo.eu/graphs-and-maps（2025 年 1 月 20 日確認）

[2] 米国疾病対策予防管理センター（Centers for Disease Control and Prevention）, Excess Deaths Associated with COVID -19, Weekly number of deaths (from all causes), https://www.cdc.gov/nchs/nvss/vsrr/covid19/excess_deaths.htm（2025 年 1 月 20 日確認）

[3] 国立感染症研究所 感染症疫学センター「日本の超過および過少死亡数ダッシュボード」, https://exdeaths-japan.org/（2025 年 1 月 20 日確認）



注）1. 式(1)による平年値の推計結果
2. 自由度調整済決定係数 r^2 0.8004
3. 位相のずれ θ_1 3.19
4. 係数とそのt値、p値、VIF （p値が0.001未満の場合、*** を記載）

	a：定数項	b：t	c：cos	d：sin
係数	7.6361	0.00026	0.1083	0.0438
t値	1,754.2	15.1	35.2	14.3
p値	***	***	***	***
VIF	－	1.004	1.003	1.002

5. 直近値は、2024年10月

図１ 週別の死亡数（全死因死亡数）の推移（東京都）

出所）ダッシュボードが公表する死亡数データより作成

2 研究の目的と方法

2.1 研究の目的

本研究の目的は、週別にみた死亡数の平年値の推計にあたって、1 月中に生じていた死亡数の

追加的増加を反映させる手法を見出すことである。具体的には、説明変数として sinc 関数（sin 関数をその変数で割って得られる関数、$(\sin x)/x$）を組み込んだ推計式を用いた重回帰分析（先述の前者の方法）により、週別にみた死亡数の平年値を推計し、実績との差異を観察した。推計式の選定にあたっては、推計式の自由度調整済決定係数 r^2、各係数の p 値、t 値、VIF [4]の指標に加えて、平年値と実績との差異の推移を視覚的にグラフにより観察する手法を併用した。追加的増加の大小をグラフにより直観的に観察することができる。本研究では、東京都をケースとして分析した。

なお本研究では、英国ロンドンでの 2020 年 4 月ならびに 2021 年 1 月のような平年値の 2 倍を超える大幅な死亡数増加（図 2）が生じており、グラフでも簡易に確認できるような場合を超過死亡と見込む。これまでのところ、日本ではこの状況は生じていない（2024 年 10 月現在）。また、COVID-19 による超過死亡数の算出については、既にダッシュボードによりその評価(感染研(2020)ほか)が都道府県単位で行われているため、本研究の範囲外とした。

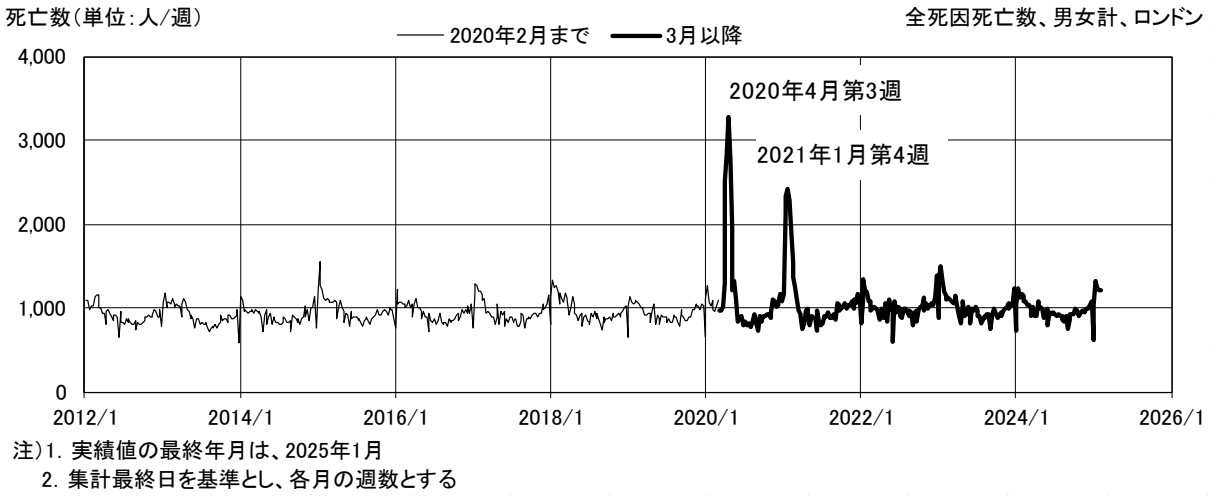


図 2　週別の死亡数（全死因死亡数）の推移（ロンドン）

出所）英国統計局公表データ [5] より作成

2.2　研究で使用した死亡数データ

本研究では、感染研が都道府県単位で公表する週別の死亡数データの中の東京都のデータを使用した。感染研では、2021 年 3 月末にダッシュボードを開設し、都道府県単位で週別データを公表していた。

2023 年 5 月に COVID-19 の扱いが、全数把握対象疾患から定点把握対象疾患（5 類感染症）に移行 [6] された。これに伴い、2023 年 6 月からは、死亡数の提供が可能な自治体からの報告を用いて、概ね 1 か月以内に感染研により超過死亡の動向が超過死亡数と死亡数推移のグラフで報告 [7,]

---

[4] VIF は、Variance Inflation Factor の略称であり、分散拡大要因と呼ばれている。重回帰分析で使用する説明変数間の相関をみる指標である。VIF が 10 を超えると、説明変数間の相関である多重共線性が懸念される(蓑谷(1997))。

[5] 英国統計局、Deaths registered weekly in England and Wales, provisional、https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/datasets/weeklyprovisionalfiguresondeathsregisteredinenglandandwales（2025 年 1 月 20 日確認）.

[6] 厚生労働省、「新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に係る新型インフルエンザ等感染症から 5 類感染症への移行について」、2023 年 4 月 27 日, https://www.mhlw.go.jp/content/001091810.pdf（2025 年 1 月 20 日確認）.

[7] 厚生労働省、「死亡者数及び超過死亡の迅速把握に係る取組について」、2023 年 5 月 1 日, https://www.mhlw.go.jp/content/001093352.pdf（2025 年 1 月 20 日確認）.

[8] されることとなった。しかしながら。死亡数の数値は公表していない。このため、定期的に公表される週別データは、ダッシュボードが公表するデータに限られる（2025 年 2 月現在）。

2.3 分析対象とした死因

ダッシュボードでは時系列グラフを掲載しており、死亡数の実績推移を死因別に簡便に確認することができる。同グラフでは、Farrington アルゴリズム（先述の後者の方法）を用いて過去の実績より推計した死亡数の平年値も併記している（2025 年 2 月現在）。死因別の実績推移をみると、呼吸器系疾患と循環器系疾患では、夏期に減少し冬期に増加する季節変動に加えて、1 月中の死亡数の追加的増加が観察される（表 1、後述の各グラフ参照）。本研究では、これら呼吸器系疾患と循環器系疾患の 2 死因を分析対象とした。

表 1 死因別にみた死亡数推移の特性

	季節変動の有無	1 月中の死亡数の追加的増加の有無
呼吸器系疾患	有り	有り
循環器系疾患	有り	有り
悪性新生物（がん）	ー	ー
老衰	有り	ー
自殺	ー	ー
COVID-19	ー	ー

注）事象が観察されない場合は、ーを記載した。

2.4 研究の方法

重回帰分析による平年値の推計にあたっては、2012 年 1 月から COVID-19 流行前の 2020 年 3 月までの週別データ（N=431）を使用した。自治体の人口規模に応じた死亡数の多寡による影響を抑えた汎用的な推計モデルとするため、被説明変数である死亡数は対数変換した。加えて、被説明変数を死亡率とした場合も確認した。死亡率算出に使用する人口は、住民基本台帳による各月 1 日時点での日本人人口 [9] を使用した。被説明変数を死亡率とした場合の推計結果ならびにグラフの形状をみると死亡数と同様な結果であった（推計結果は省略）。また、対数変換せず実数を被説明変数とした場合も同様な結果であった（推計結果は省略）。

分析では、推計式の有意性に関する情報として、自由度調整済決定係数 r^2、各説明変数の係数とその t 値、p 値、VIF をグラフ下に記載した。VIF は、説明変数間の相関をみる指標である。使用した説明変数の VIF はいずれも小さく、除外すべき説明変数は生じなかった。後述のグラフでは、推計した平年値に加えて、式(1)または式(4)による平年値も比較値として併記した。

3 先行研究のレビュー

3.1 三角関数を用いた死亡数の平年値の推計

COVID-19 流行前よりインフルエンザの流行による超過死亡の評価が行われていた。その評価にあたって、死亡数（または死亡率）の平年値の推計が行われていた。三角関数（$\cos x$、$\sin x$）を説明変数とする重回帰分析により過去の実績から死亡数の平年値を推計する方法（前述の前者

[8] 国立感染症研究所 感染症疫学センター、「超過死亡の迅速把握 2024 年 2 月 29 日までの報告」、2024 年 3 月 29 日, https://www.niid.go.jp/niid/ja/from-idsc/493-guidelines/12571-excess-mortality-r-240229.html （2025 年 1 月 20 日確認）.

[9] 東京都、「住民基本台帳による世帯と人口」, https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/juukim/jm-index.htm（2025 年 1 月 20 日確認）.

の方法）としては、主として式(1)、(3)、(4)が使用されていた。この手法は、時系列の波形を周波数成分に分解し、その特性を分析する周波数解析の方法である。

式(1)は、長期トレンドを反映するデータ番号(t)（右辺第 2 項）と死亡数の季節変動を反映する三角関数（右辺第 3 項、第 4 項）からなるモデル式である(Serfling(1963)、大島ほか(1976))。式(2)は、式(1)の右辺第 3 項と第 4 項を加法定理を用いて cos 関数に統合したものである。加法定理により式(1)より得られる θ_1 を位相のずれとして使用する。式(1)と(2)の推計値は、同値となる。式(3)は、長期での増加または減少のトレンドを反映させるために、データ番号(t)の 2 乗値(t^2)を説明変数（右辺第 3 項）に追加したものである(Simonsen et al.(1997))。式(3)による推計結果をみると、過去のデータ遡及期間が長いほど直近値への影響が大きくなるため、本研究では不使用とした。式(4)は、式(1)に周期 6 か月の三角関数（cos 関数、sin 関数）を追加したものである。EuroMOMO が使用するモデルである。周期 6 か月の三角関数を説明変数として追加することにより、春期および秋期での死亡数増減の変動を反映させることができる。式(5)は、式(4)の右辺第 3 項と第 4 項および第 5 項と第 6 項を加法定理を用いて cos 関数に統合したものである。加法定理により式(4)より得られる θ_2 および θ_3 を位相のずれとして使用する。式(4)と(5)の推計値は、同値となる。

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+\varepsilon_t \tag{1}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi(t-\theta_1)}{w}+\varepsilon_t \tag{2}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\,t^2+d\cos\frac{2\pi t}{w}+e\sin\frac{2\pi t}{w}+\varepsilon_t \tag{3}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+e\cos\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+f\sin\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+\varepsilon_t \tag{4}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi(t-\theta_2)}{w}+d\cos\frac{2\pi(t-\theta_3)}{\frac{w}{2}}+\varepsilon_t \tag{5}$$

y_t ：ある時点（t）での死亡数 または 死亡率
t ：データ番号（1,2,3,･･･）
w ：分割単位（週単位での変動周期、365.25÷7）
a ：定数項
b, c, d, e, f ：係数
ε_t ：誤差項
θ_1 ：位相のずれ（式(1)の c, d より算出、$\theta_1=\frac{w}{2\pi}\arctan\frac{d}{c}$ ）
θ_2 ：位相のずれ（式(4)の c, d より算出、$\theta_2=\frac{\frac{w}{2}}{2\pi}\arctan\frac{d}{c}$ ）
θ_3 ：位相のずれ（式(4)の e, f より算出、$\theta_3=\frac{\frac{w}{2}}{2\pi}\arctan\frac{f}{e}$ ）

3.2 1 月中の死亡数の追加的増加の反映

死亡数の平年値の推計にあたって、1 月の死亡数の追加的増加を反映させた研究として Ramanathan et al.(2020)がある。同研究では、月別データを用いた平年値の推計にあたって、sinc 関数を推計式の説明変数に使用し、1 月の死亡数の追加的増加を反映させている。sinc 関数の候補として、$(\sin x)/x$、$(\sin x/2)/(x/2)$、$\{(\sin x/2)/(x/2)\}^2$ の 3 つを用いている。しかしながら、月別データ

を用いて 1 月の追加的増加を反映させる場合、説明変数に 1 月を対象とするダミー変数（1 月は 1、その他の月は 0）を適用する方法が簡便である。sinc 関数を用いる場合には、月別データではなく週別データへの適用が有用と考えられる。

4　1 月中に生じていた死亡数の追加的増加を組み込んだ死亡数の平年値の推計方法の設定

平年値の推計式は、以下の流れで設定した。

① 式(1)と(4)を基本式とする。
② 式(1)と(4)を比較し、1 月中の死亡数の追加的増加の反映の有無を確認する。
③ 式(1)および(4)より三角関数の加法定理を用い、位相のずれ θ（θ_1、θ_2、θ_3）を得る。
④ 式(1)に sinc 関数を追加し、式(6)～(9)を得る。
⑤ 式(4)に sinc 関数を追加し、式(10)～(13)を得る。

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+g\,\frac{\sin x-\theta}{x-\theta}+\varepsilon_t \tag{6}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+h\left(\frac{\sin x-\theta}{x-\theta}\right)^2+\varepsilon_t \tag{7}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+i\,\frac{\sin\frac{x-\theta}{2}}{\frac{x-\theta}{2}}+\varepsilon_t \tag{8}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+j\left(\frac{\sin\frac{x-\theta}{2}}{\frac{x-\theta}{2}}\right)^2+\varepsilon_t \tag{9}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+e\cos\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+f\sin\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+g\,\frac{\sin x-\theta}{x-\theta}+\varepsilon_t \tag{10}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+e\cos\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+f\sin\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+h\left(\frac{\sin x-\theta}{x-\theta}\right)^2+\varepsilon_t \tag{11}$$

$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+e\cos\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+f\sin\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+i\,\frac{\sin\frac{x-\theta}{2}}{\frac{x-\theta}{2}}+\varepsilon_t \tag{12}$$

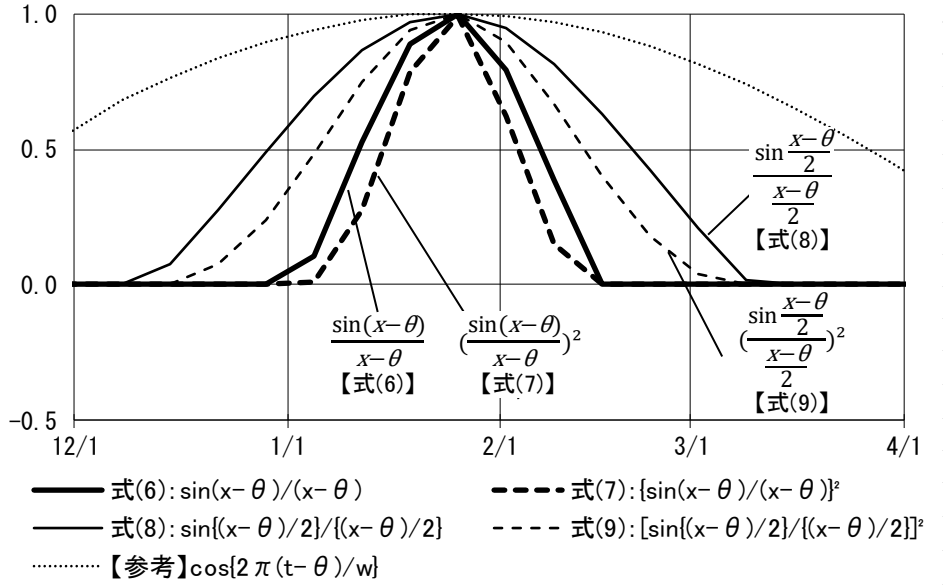
$$\ln(y_t)=a+b\,t+c\cos\frac{2\pi t}{w}+d\sin\frac{2\pi t}{w}+e\cos\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+f\sin\frac{2\pi t}{\frac{w}{2}}+j\left(\frac{\sin\frac{x-\theta}{2}}{\frac{x-\theta}{2}}\right)^2+\varepsilon_t \tag{13}$$

θ　：式(6)～(9)では θ_1、式(10)～(13)では θ_2
g, h, i, j　：sinc 関数の係数
x　：sinc 関数のデータ番号（1 月第 1 週を 0 とし、前後に 1 ずつ増減。･･･-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3,･･･。{sin(x-θ)}/(x-θ)、sin{(x-θ)/2}/{(x-θ)/2}が正値となる-π～πの範囲内に適用）

これらの推計式は、高齢化、長寿命化による死亡数増減の長期トレンドと、死亡数が夏期に減少し冬期に増加する季節変動を同時に反映できる簡便なモデル式である。過去の推移（図 1）をみると、1 月中の死亡数の追加的増加は、1 月の第 3 週前後をピークとする動きとして観察される。例えば、呼吸器系疾患では、2015 年シーズンでは、第 3 週である 2015 年 1 月 18 日までの週が突出したピークであった。同じく循環器系疾患では、第 2 週である 2015 年 1 月 11 日までの週が突出したピークであった。この動きは、位相のずれ θ により推計式に反映される。

sinc 関数は、位相のずれを反映させた{sin(x-θ)}/(x-θ)、[{sin(x-θ)}/(x-θ)]^2、sin{(x-θ)/2)}/{(x-θ)/2}、[sin{(x-θ)/2)}/{(x-θ)/2}]^2 の 4 つを使用した。sinc 関数での位相のずれ θ は、式(6)～(9)では θ_1、式(10)～(13)では θ_2 とした。ならびに、sinc 関数は、sin (x-θ)、{sin (x-θ/2)}/(x-θ/2)が正値となる -π～

πの範囲内の場合のみ適用対象とした。これら sinc 関数の説明変数への入力値の推移は、図 3 となる。鋭度が高い凸性（以下、「突出性」と呼ぶ）が最も大きい説明変数は、$[\{\sin(x-\theta)\}/(x-\theta)]^2$である。突出性が最も小さい説明変数は、$\sin\{(x-\theta)/2)\}/\{(x-\theta)/2\}$である。なお、sinc 関数を 1 年全体に適用する方法も考えられるが、sinc 関数の特徴である減衰しながら増減を繰り返す波動性と死亡数推移との関係は不明であるため、本研究では不使用とした。



注) 1. 呼吸器系疾患の場合
2. 位相のずれ θ_1　2.84
3.【参考】として、cos関数とsin関数を統合した式(2)の説明変数の入力値も併記した

図 3　sinc 関数の説明変数への入力値

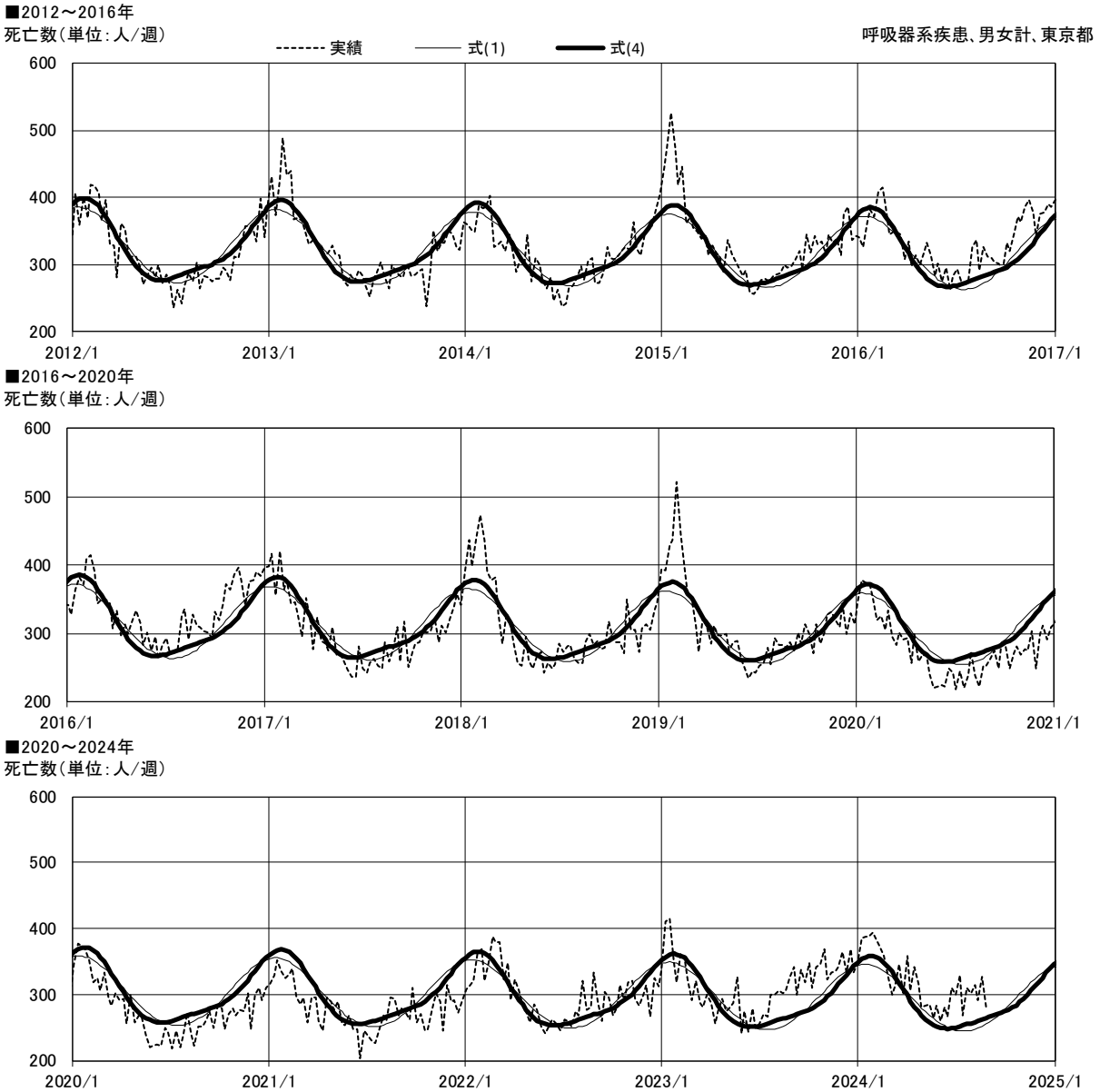
5　推計結果の比較

5.1　式(1)と(4)による推計結果の比較

式(1)と(4)による推計結果を比較すると、呼吸器系疾患と循環器系疾患のいずれにおいても、式(4)が 1 月中の死亡数増加が反映され、平年値の水準が大きくなる結果であった（図 4、5）。

自由度調整済決定係数 r^2は、いずれの死因においても式(4)が大きい結果であった。各説明変数の p 値をみると、呼吸器系疾患では、式(4)での周期が 6 か月である cos 関数（$\cos\{2\pi t/(w/2)\}$）の p 値(0.297)が大きい結果であった。循環器系疾患では、長期的にみた増加を反映する説明変数であるデータ番号(t)の p 値が式(1)と(4)ともにやや大きい結果であった。

なお、長期的にみた死亡数増減を反映するデータ番号(t)の係数をみると、呼吸器系疾患では式(1)と(4)のいずれも負値であった。死亡率の指標でみても負値であった（図は省略）。一方、循環器系疾患では、死亡数の指標でみると正値であるが、死亡率の指標では負値であった（図は省略）。人口構造の高齢化の進行により全死因死亡数は増加してきているが、死因別にみた場合には、死亡数ならびに死亡率は必ずしも増加するとは限らないことに留意する必要がある。



注)1. 自由度調整済決定係数、位相のずれ

	r^2	θ_1、θ_2	θ_3
式(1)	0.6548	2.87	―
式(4)	0.6963	2.84	5.96

2. 式(1)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g*/*h*/*i*/*j*
係数	5.7849	−0.00017	0.1603	0.0576	−	−	−
t値	675.4	−5.0	26.5	9.5	−	−	−
p値	***	***	***	***	−	−	−
VIF	−	1.004	1.003	1.002	−	−	−

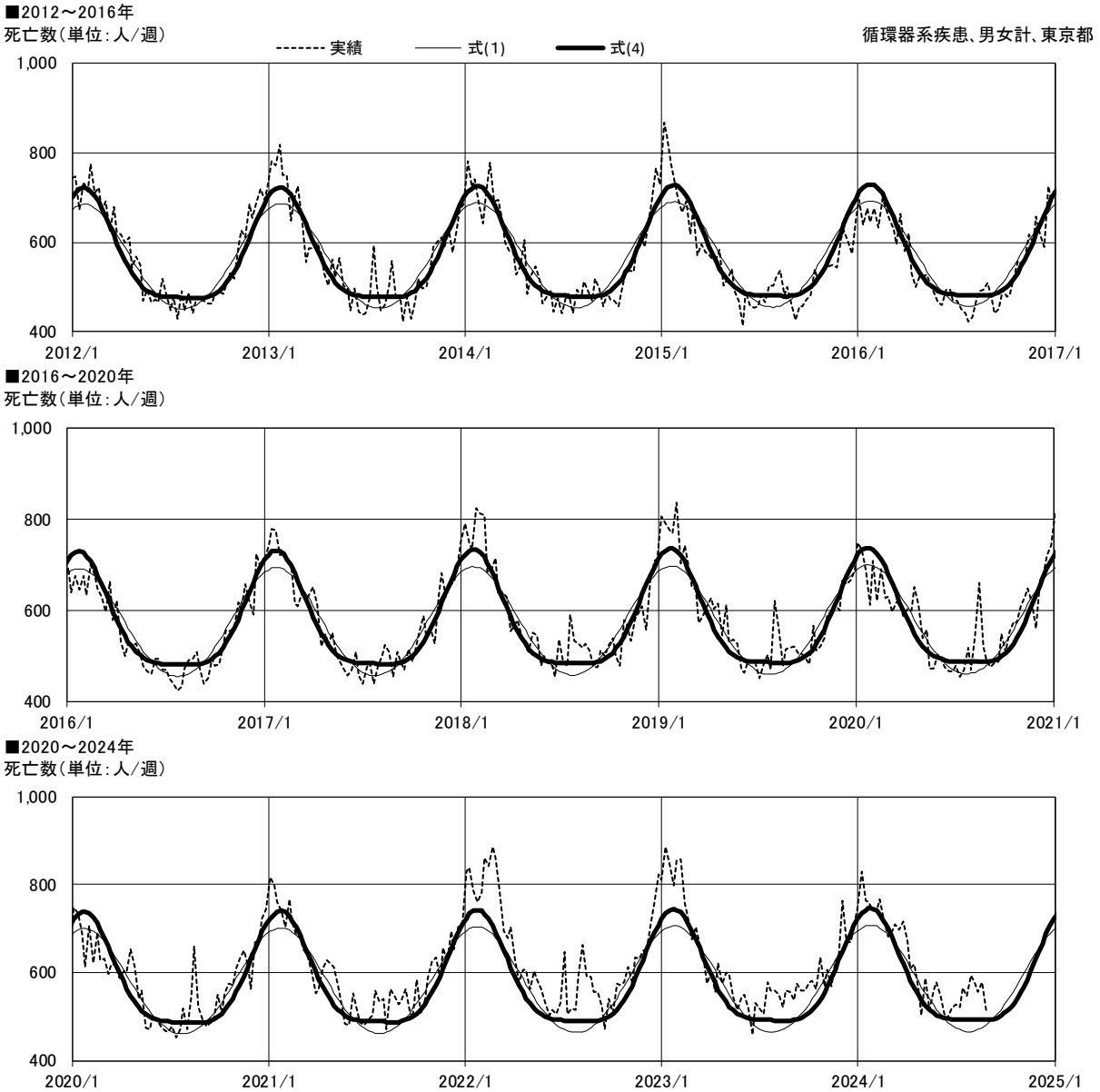
3. 式(4)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g*/*h*/*i*/*j*
係数	5.7840	−0.00017	0.1591	0.0567	0.0059	0.0437	−
t値	719.9	−5.3	28.0	10.0	1.0	7.7	−
p値	***	***	***	***	0.297	***	−
VIF	−	1.004	1.003	1.003	1.000	1.001	−

4. 直近値は、2024年8月(以下同じ)

図4 式(1)と(4)による推計値の比較(呼吸器系疾患)

出所) ダッシュボードが公表する死亡数データより作成(以下同じ)



注)1.　自由度調整済決定係数、位相のずれ

	r^2	θ_1、θ_2	θ_3
式(1)	0.7958	4.26	―
式(4)	0.8496	4.27	4.04

2.　式(1)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g*/*h*/*i*/*j*
係数	6.3191	0.00005	0.1824	0.1028	−	−	−
t値	863.8	1.8	35.3	19.9	−	−	−
p値	***	0.066	***	***	−	−	−
VIF	−	1.004	1.003	1.002	−	−	−

3.　式(4)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g*/*h*/*i*/*j*
係数	6.3181	0.00006	0.1810	0.1023	0.0310	0.0455	−
t値	1,006.4	2.2	40.8	23.1	7.0	10.3	−
p値	***	0.029	***	***	***	***	−
VIF	−	1.004	1.003	1.003	1.000	1.001	−

図５　式(1)と(4)による推計値の比較（循環器系疾患）

5.2 呼吸器系疾患での式(10)～(13)による死亡数の平年値の推計結果の比較

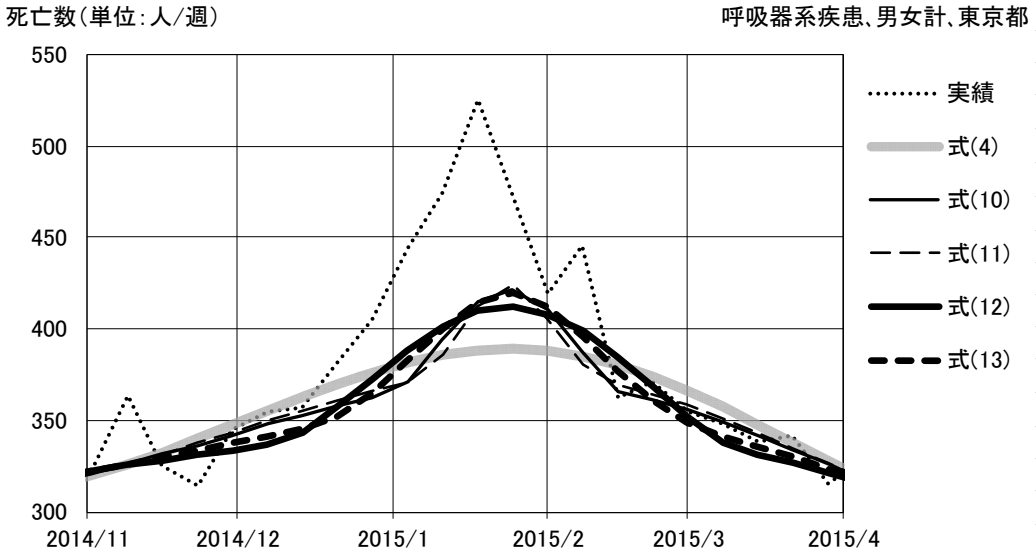
表2は、式(4)を基本式とする式(10)～(13)について、呼吸器系疾患での推計にあたって使用した推計式の各説明変数の係数、ｐ値および自由度調整済決定係数 r^2 を一覧化したものである。

死亡数の平年値の推移をみると、式(10)～(13)のいずれにおいても1月中において突出性が観察される結果であった（図6）。自由度調整済決定係数 r^2 は、式(12)が最も大きい結果であった。各説明変数の係数のｐ値をみると、周期を6か月とする三角関数のｐ値が大きい式が多い結果であった。

表2 式(4)を基本式とした場合の推計式の比較（呼吸器系疾患）

呼吸器系疾患		係数とp値							自由度調整済決定係数 r^2	
		a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g/h/i/j*		
式(4)	係数	5.7840	−0.00017	0.1591	0.0567	0.0059	0.0437	−	0.6963	−
	p値	***	***	***	***	0.297	***	−		
式(10)	係数	5.7741	−0.00017	0.1432	0.0480	−0.0035	0.0286	0.1271	0.7185	−
	p値	***	***	***	***	0.538	***	***		
式(11)	係数	5.7767	−0.00017	0.1474	0.0502	−0.0011	0.0323	0.1220	0.7133	−
	p値	***	***	***	***	0.850	***	***		
式(12)	係数	5.7587	−0.00017	0.1188	0.0342	−0.0149	0.0091	0.1692	0.7288	最大
	p値	***	***	***	***	0.014	0.201	***		
式(13)	係数	5.7655	−0.00017	0.1296	0.0403	−0.0103	0.0170	0.1581	0.7279	−
	p値	***	***	***	***	0.077	0.009	***		

注） ｐ値が0.001未満の場合、***と記載



注）実績は、例として2015年1月前後を記載した。ピークの発生時期は、各年により異なる

図6 式(10)～(13)による推計値の比較（呼吸器系疾患）

5.3 循環器系疾患での式(10)～(13)による死亡数の平年値の推計結果の比較

表3は、式(4)を基本式とする式(10)～(13)について、循環器系疾患での推計にあたって使用した推計式の各説明変数の係数、ｐ値および自由度調整済決定係数 r^2 を一覧化したものである。

死亡数の平年値の推移をみると、1月中において突出性は反映できない結果であった（図は省略）。その原因は、sinc関数の係数がいずれの式においても負値となることによる。また、sinc関数のｐ値も大きい水準であった。

このため、循環器系疾患での死亡数増加を反映する推計式としては、sinc 関数の追加は妥当ではない。ならびに、死亡数の平年値の推計にあたっては、死因を問わず共通する方法での推計が望まれる。このため、式(4)を基本式とする平年値の推計は望ましくない。

表 3　式(4)を基本式とした場合の推計式の比較（循環器系疾患）

循環器系疾患		係数とp値							自由度調整済	
		a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g/h/i/j*	決定係数 r^2	
式(4)	係数	6.3181	0.00006	0.1810	0.1023	0.0310	0.0455	−	0.8496	最大
	p値	***	0.029	***	***	***	***	−		
式(10)	係数	6.3193	0.00006	0.1828	0.1038	0.0315	0.0478	−0.0167	0.8492	−
	p値	***	0.029	***	***	***	***	0.337		
式(11)	係数	6.3192	0.00006	0.1826	0.1036	0.0314	0.0476	−0.0192	0.8493	−
	p値	***	0.029	***	***	***	***	0.308		
式(12)	係数	6.3190	0.00006	0.1822	0.1033	0.0313	0.0469	−0.0057	0.8489	−
	p値	***	0.029	***	***	***	***	0.765		
式(13)	係数	6.3192	0.00006	0.1825	0.1035	0.0314	0.0473	−0.0093	0.8490	−
	p値	***	0.029	***	***	***	***	0.609		

注）ｐ値が 0.001 未満の場合、***と記載

5.4　式(1)に sinc 関数を追加した式(6)～(9)による死亡数の平年値の推計結果の比較

表 4、5 は、式(1)を基本式とする式(6)～(9)での各説明変数の係数、ｐ値および自由度調整済決定係数 r^2 を一覧化したものである。

呼吸器系疾患および循環器系疾患のいずれにおいても 1 月中における死亡数の突出性が反映される結果であった。sinc 関数の係数は、いずれも正値であった。自由度調整済決定係数 r^2 は、いずれも式(8)が最も大きい結果であった。図 7、8 は、式(8)による平年値の推計結果である。

表 4　式(1)を基本式とした場合の推計式の比較（呼吸器系疾患）

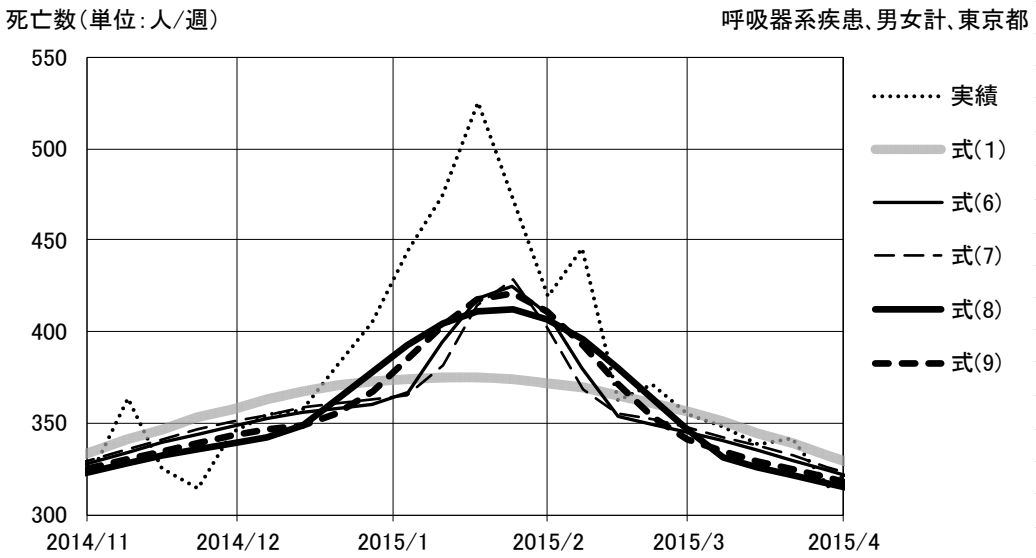
呼吸器系疾患		係数とp値							自由度調整済	
		a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g/h/i/j*	決定係数 r^2	
式(1)	係数	5.7849	−0.00017	0.1603	0.0576	−	−	−	0.6548	−
	p値	***	***	***	***	−	−	−		
式(6)	係数	5.7717	−0.00017	0.1392	0.0461	−	−	0.1642	0.7043	−
	p値	***	***	***	***	−	−	***		
式(7)	係数	5.7746	−0.00017	0.1438	0.0486	−	−	0.1664	0.6947	−
	p値	***	***	***	***	−	−	***		
式(8)	係数	5.7588	−0.00017	0.1188	0.0345	−	−	0.1697	0.7236	最大
	p値	***	***	***	***	−	−	***		
式(9)	係数	5.7635	−0.00016	0.1263	0.0388	−	−	0.1769	0.7214	−
	p値	***	***	***	***	−	−	***		

注）ｐ値が 0.001 未満の場合、***と記載

表５　式(1)を基本式とした場合の推計式の比較（循環器系疾患）

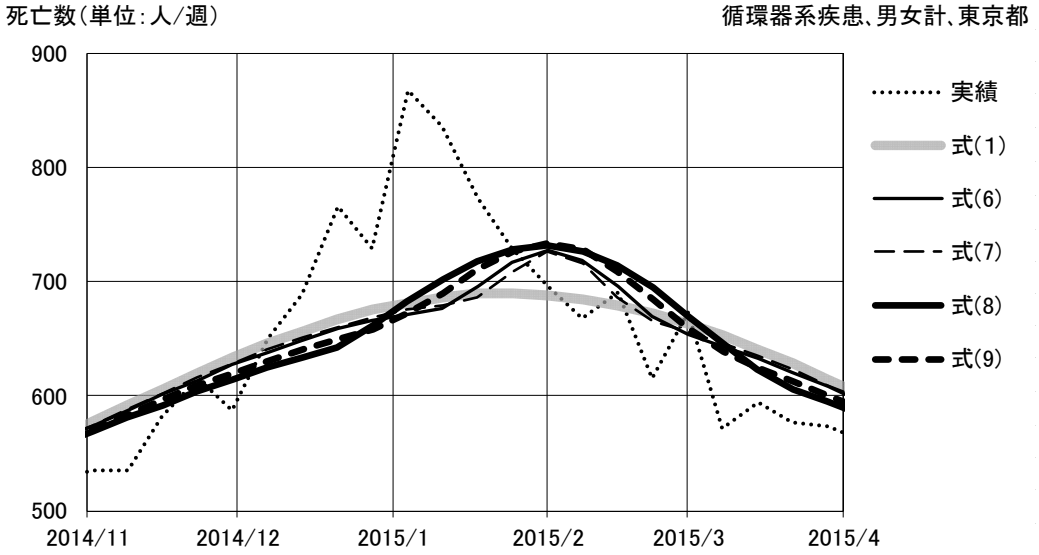
循環器系疾患		係数とp値							自由度調整済	
		a:定数項	*b*:t	*c*:cos	*d*:sin	*e*	*f*	*g*/*h*/*i*/*j*	決定係数 r^2	
式(1)	係数	6.3191	0.00005	0.1824	0.1028	−	−	−	0.7958	−
	p値	***	0.066	***	***	−	−	−		
式(6)	係数	6.3136	0.00006	0.1745	0.0963	−	−	0.0704	0.8024	−
	p値	***	0.055	***	***	−	−	***		
式(7)	係数	6.3152	0.00006	0.1767	0.0981	−	−	0.0660	0.8001	−
	p値	***	0.058	***	***	−	−	***		
式(8)	係数	6.3027	0.00006	0.1592	0.0838	−	−	0.1072	0.8175	最大
	p値	***	0.040	***	***	−	−	***		
式(9)	係数	6.3077	0.00006	0.1661	0.0895	−	−	0.0963	0.8112	−
	p値	***	0.045	***	***	−	−	***		

注）ｐ値が 0.001 未満の場合、***と記載



注）実績は、例として 2015 年 1 月前後を記載した。ピークの発生時期は、各年により異なる

図７　式(6)～(9)による推計値の比較（呼吸器系疾患）



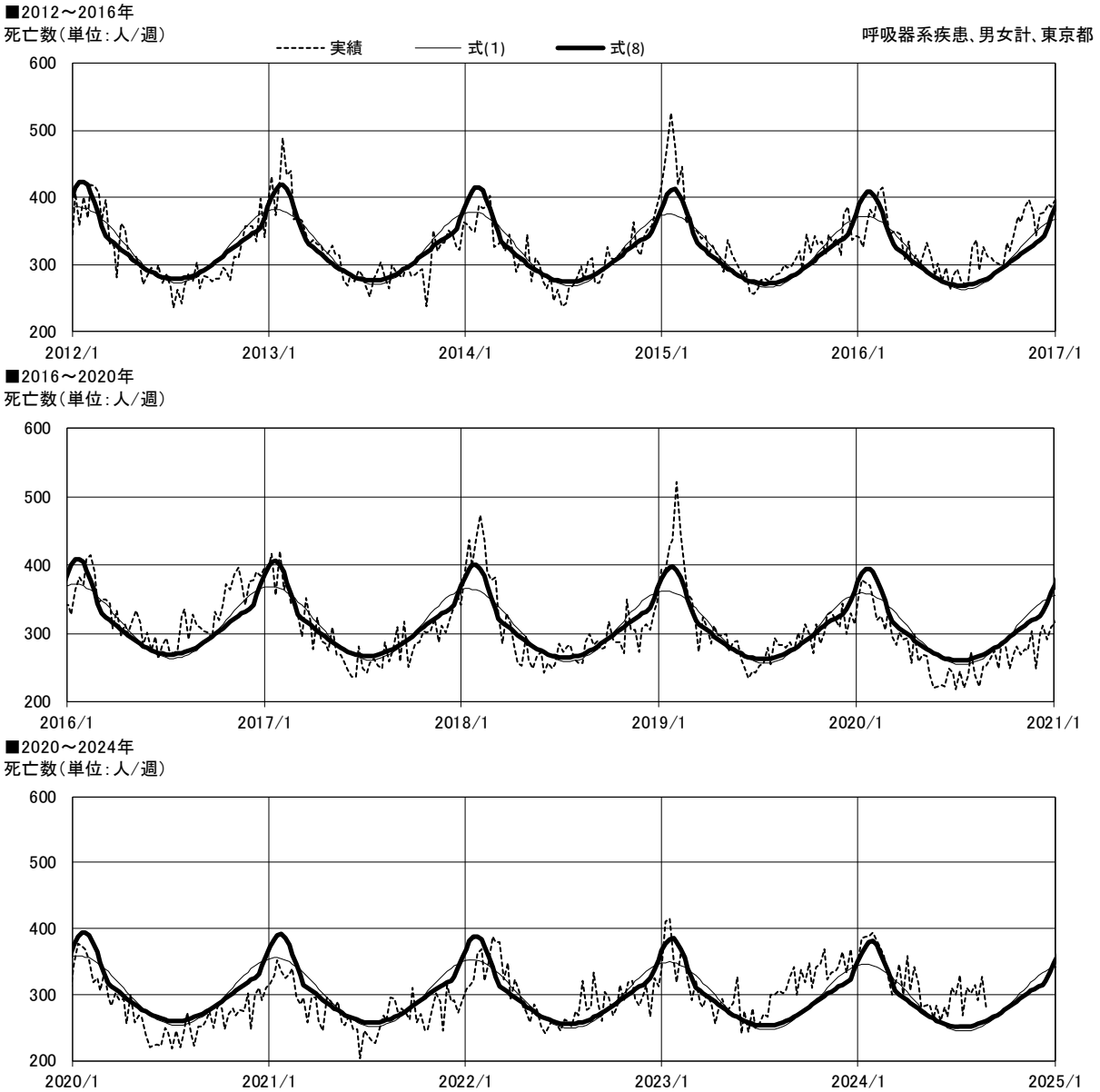
注)実績は、例として 2015 年 1 月前後を記載した。ピークの発生時期は、各年により異なる

図 8　式(6)～(9)による推計値の比較（循環器系疾患）

6　1 月中に生じていた死亡数の追加的増加の特性の観察

1 月中に生じていた死亡数の追加的増加について、式(8)により推計した平年値と実績の推移（図 9、10）をみると、呼吸器系疾患と循環器系疾患で共通する特性として、各シーズン年により 1 月中の死亡数の追加的増加は大小があること、ピークが生じる週の時期は各シーズン年により異なること、死亡数の追加的増加の形状は突出性が高い場合もあれば、そうではない場合もあり、多様であること、これらが挙げられる。

2021 年 1 月以降における死亡数の実績と推計した平年値の推移をみると、呼吸器系疾患では、週別の死亡数が 400 人/週を超える週は、2023 年 1 月中のみであった（図 9）。循環器系疾患では、週別の死亡数が 800 人/週を超える週は、毎年続いていた（図 10）。



注)1. 自由度調整済決定係数、位相のずれ

	r^2	θ_1、θ_2	θ_3
式(1)	0.6548	2.87	―
式(8)	0.7236	2.84	5.96

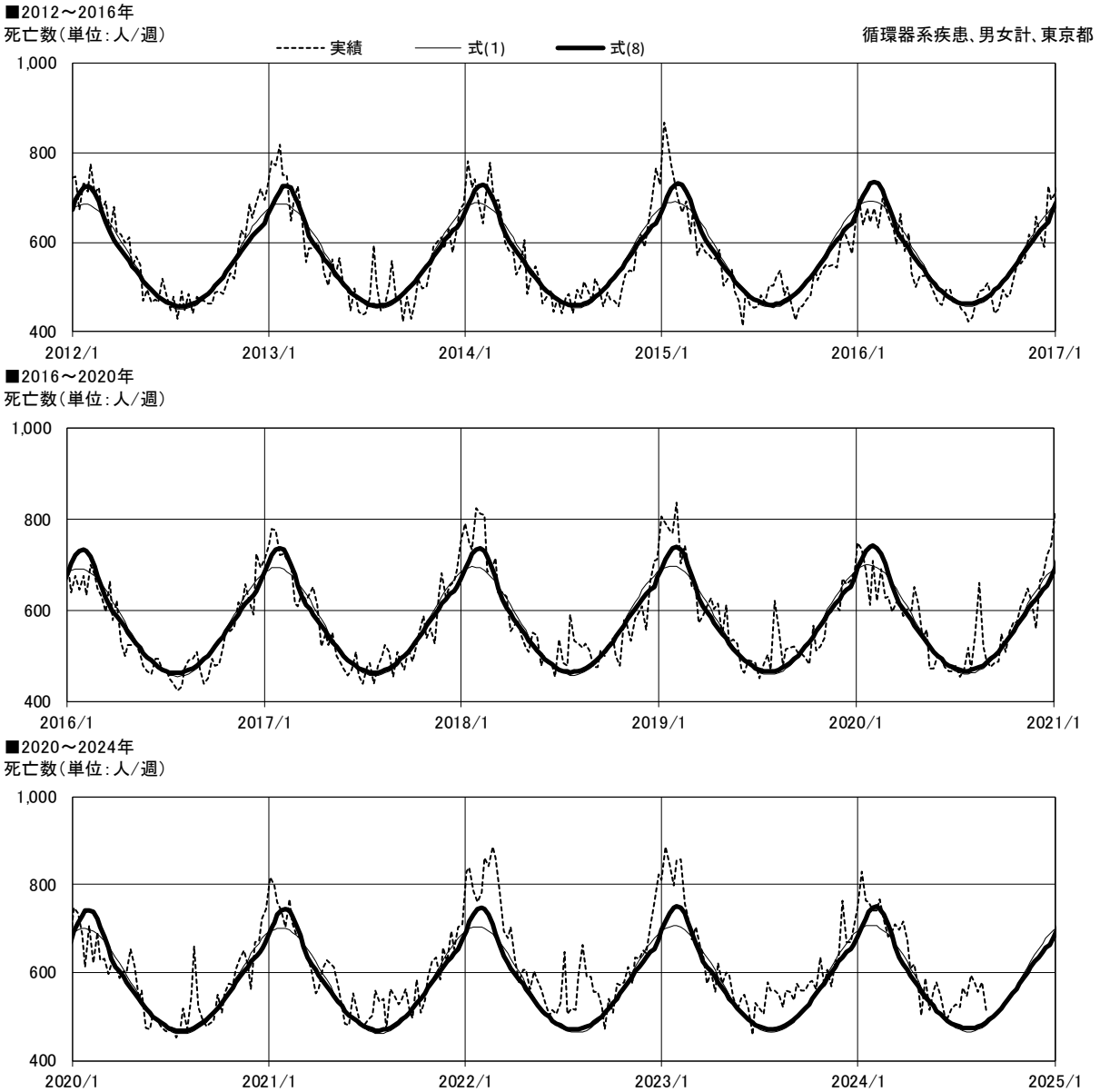
2. 式(1)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	b:t	c:cos	d:sin	$g/h/i/j$
係数	5.7849	−0.00017	0.1603	0.0576	−
t値	675.4	−5.0	26.5	9.5	−
p値	***	***	***	***	−
VIF	−	1.004	1.003	1.002	−

3. 式(8)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	b:t	c:cos	d:sin	$g/h/i/j$
係数	5.7588	−0.00017	0.1188	0.0345	0.1697
t値	714.9	−5.4	17.7	5.9	10.4
p値	***	***	***	***	***
VIF	−	1.004	1.544	1.172	1.722

図 9 式(1)、(8)による推計値の比較 (呼吸器系疾患)



注)1.　自由度調整済決定係数、位相のずれ

	r^2	θ_1、θ_2	θ_3
式(1)	0.7958	4.26	―
式(8)	0.8175	4.27	4.04

2.　式(1)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	b:t	c:cos	d:sin	$g/h/i/j$
係数	6.3191	0.00005	0.1824	0.1028	−
t値	863.8	1.8	35.3	19.9	−
p値	***	0.066	***	***	−
VIF	−	1.004	1.003	1.002	−

3.　式(8)での係数とそのt値、p値、VIF について記載(p値が0.001未満の場合、*** を記載)

	a:定数項	b:t	c:cos	d:sin	$g/h/i/j$
係数	6.3027	0.00006	0.1592	0.0838	0.1072
t値	867.9	2.1	27.3	15.2	7.3
p値	***	0.040	***	***	***
VIF	−	1.004	1.432	1.291	1.730

図 10　式(1)、(8)による推計値の比較（循環器系疾患）

7 得られた知見と今後の課題

本研究では、週別にみた死亡数の平年値の推計にあたって、1 月中における死亡数の追加的増加が観察される呼吸器系疾患と循環器系疾患について、その追加的増加の反映方法を考察した。具体的には、sinc 関数を説明変数に追加した重回帰分析を行った。自由度調整済決定係数 r^2、各説明変数の p 値、t 値、VIF の指標に加えて、グラフによる推計した平年値でのその増加の大小を踏まえ、式(1)および式(4)を基本式とし、1 月中に生じていた追加的増加が反映されるとともにあてはまりのよい推計式を選定した。死因を問わず共通して 1 月中の追加的増加を反映できる推計式を選定する場合、自由度調整済決定係数 r^2 が最大である式(8)による推計が考えられる。この推計式は、sinc 関数として $\sin\{(x-\theta)/2)\}/\{(x-\theta)/2\}$ の説明変数を追加したものである。

1 月中に生じていた死亡数の追加的増加の反映に向けて、sinc 関数の適用方法の改変、sinc 関数に代わる新たな説明変数の適用について引き続き検討する必要がある。ならびに、式(4)を基本式とし説明変数に sinc 関数を追加する場合、1 月中の追加的増加の反映の有無は、呼吸器系疾患と循環器系疾患で異なる結果であった。循環器系疾患において追加的増加が反映されない要因の分析も継続検討課題である。

参考文献

[1] 大島健次郎・富永真琴・森亨・福富和夫・柳川洋・杉浦昭(1976),「インフルエンザの流行と超過死亡 ー慢性疾患への影響ー」,『日本医事新報』, No.2717, 48-52.

[2] 国立感染症研究所 感染症疫学センター(2020),「我が国における超過死亡の推定（2020 年 4 月までのデータ分析）」, 2020 年 7 月, https://www.niid.go.jp/niid/ja/from-idsc/493-guidelines/9748-excess-mortality-20jul.html （2024 年 10 月 27 日確認）.

[3] 国立感染症研究所 感染症疫学センター(2021),「日本の超過および過少死亡数ダッシュボード」, https://exdeaths-japan.org/ （2024 年 10 月 27 日確認）

[4] 蓑谷千凰彦(1997),『計量経済学』, 多賀出版.

[5] Ramanathan, Kavitha; Thenmozhi, Mani; George, Sebastian; Anandan, Shalini; Veeraraghavan, Balaji; Naumova, Elena N.; Jeyaseelan, Lakshmanan (2020), Assessing Seasonality Variation with Harmonic Regression: Accommodations for Sharp Peaks, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(4), 1318; https://www.mdpi.com/1660-4601/17/4/1318 （2024 年 10 月 27 日確認）.

[6] Serfling, R. E. (1963), Methods for current statistical analysis of excess pneumonia-influenza deaths, *Public health reports*, 78(6), 494, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1915276/ （2024 年 10 月 27 日確認）.

[7] Simonsen, L., Clarke, M. J., Stroup, D. F., Williamson, G. D., Arden, N. H., & Cox, N. J. (1997), A method for timely assessment of influenza-associated mortality in the United States, Epidemiology, 8(4), 390-395.