

公益財団法人 全日本科学技術協会 (JAREC)  
「新興感染症感染拡大防止に向けた  
地域プラットフォーム」シンポジウム講演

# 「下水疫学調査による感染リスクの予測 と経済評価」

ユウ ヘイキョウ

兪 炳匡

Byung-Kwang (BK) YOO, MD, MS, PhD

早稲田大学 人間科学学術院 健康福祉学科 教授

神奈川県立保健福祉大学・大学院ヘルスイノベーション研究科 教授（兼任）

Email: [yoobk@waseda.jp](mailto:yoobk@waseda.jp)

2025年2月17日

# 略歴

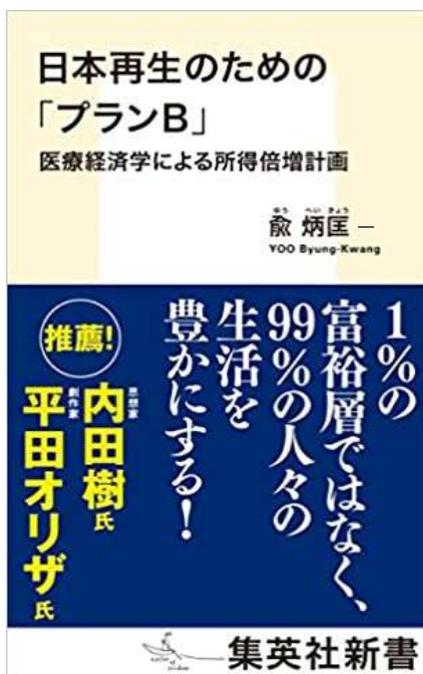
- 1993年北海道大学医学部卒業後、国立大阪病院で臨床研修。
- 1997年ハーバード大学より修士号（医療政策・管理学）
- 2002年ジョンズ・ホプキンス大学より博士号（PhD, 医療経済学）取得
  - 日本の医師免許取得者（約33万人）で初
- 2002-04年スタンフォード大学医療政策センター研究員（2004年以降非常勤研究員）
- 2004-06年米国疾病管理予防センター（CDC）エコノミスト
- 2006-2011年ニューヨーク州ロチェスター大学医学部公衆衛生学科助教授
- 2011年から2020年3月までカリフォルニア大学デービス校医学部公衆衛生学科（終身職）准教授として、医療経済学の研究と教育（大学院生を対象に医療経済学を講義・研究指導）に従事。
- 2020年3月に25年ぶりに日本に帰国。
- 2020年から2023年まで神奈川県立保健福祉大学イノベーション政策センター・大学院ヘルスイノベーション研究科 教授
- 2023年4月より現職。

# 研究テーマ

- **大規模感染症（パンデミック）の公衆衛生対策：**  
予防接種の受領モデル、予防接種の健康格差、診療報酬制度の影響、国レベルでの大規模感染症（パンデミック）予想モデル等は、世界で最先端の研究を行った。
- **個人の行動変容を目指す健康教育：**  
米国カリフォルニア大学デービス校医学部公衆衛生学講座（准教授として9年間在籍）で、私が開発した**即興劇の手法を重視する新奇の健康教育プログラム**の評価研究
- 費用対効果分析・費用対便益分析の研究対象も、救急医療やICUにおける遠隔医療、学校における予防接種、乳児スクリーニング検査等多岐にわたる。
- 医療従事者（特に看護・介護分野）の需要・供給分析、高齢者介護制度の国際比較研究、プライマリーケアの需要・供給分析、日本の医療保険制度の研究。
- カリフォルニア（加）州の民間医療保険の規制（規制法案に関連する科学的資料を作成し、加州議会に提出する委員会のメンバーを2012年-2016年に務めた。
- 米国National Institute of Health研究助成金の研究計画の審査委員を、医療経済学の専門家として2017年-2019年に務めた。

『日本再生のための「プランB」  
医療経済学による所得倍増計画』  
(集英社新書) 新書 2021/3/17

『「プランB」をもっと知るための10通の手紙  
—個人と社会の多様性を豊かにするために—  
(北東亜州出版)2021/3/17



<https://www.amazon.co.jp/dp/4087211614/>



<https://www.amazon.co.jp/dp/4991195012/>

# その他の参考書籍・動画

## □書籍（共著）

- 『ポストコロナ期を生きるきみたちへ』（内田 樹（編集）、2020年11月に晶文社より出版）に『台風とコロナ・パンデミックは同じか?』を寄稿。ASIN : B08MWG2L2J
- 『撤退論 歴史のパラダイム転換にむけて』（内田 樹（編集）、2022年4月に晶文社より出版）に『個人の選択肢を増やす「プランB」とは何か』を寄稿。ISBN-10 : 4794973071

## □「デモクラシー・タイムズ」の動画（全て無料）

- 2021年8月22日、タイトルは『感染爆発「プランB」で抑え込め！』（50分）  
<https://www.youtube.com/watch?v=ldbSxJK8VFI>
- 2021年10月9日、「いまこそ科学的コロナ対策を！」（54分）  
<https://www.youtube.com/watch?v=jNiLSNg5OfY>
- 2021年10月23日-12月24日、「どん底ニッポンを立て直す」（全7回）のシリーズ  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLtvuS8Y1umY9ag8ClbWPYDHmqO2pzRykF>

# Road Map

世界標準から逸脱し続けた日本のコロナ・パンデミック対策

- 不十分だった臨床PCR検査体制
  - 超過死亡率についてのLancet論文で暴露（？）された日本の逸脱
  - 感染の将来予測も困難
- 神奈川県のエBPMプロジェクト
  - 背景
  - 経済評価論文の紹介
- 下水サーベイランス
  - 神奈川県の実証事業
  - 経済評価論文の紹介

# Road Map

## 世界標準から逸脱し続けた日本のコロナ・パンデミック対策

### ●不十分だった臨床PCR検査体制

- 超過死亡率についてのLancet論文で暴露（？）された日本の逸脱
- 感染の将来予測も困難

### ●神奈川県のEBPMプロジェクト

- 背景
- 経済評価論文の紹介

### ●下水サーベイランス

- 神奈川県の実証事業
- 経済評価論文の紹介

# Global ranking of COVID-19 vaccination rates among G7 countries (as of Oct. 29 2022)

Country	Date updated	Cumulative number of persons fully vaccinated per 100 population	Global Ranking
Canada	2022-10-21	83.5	33
<b>Japan</b>	<b>2022-09-16</b>	<b>81.3</b>	<b>39</b>
Italy	2022-10-16	79.7	43
Germany	2022-10-16	78.0	55
France	2022-10-16	77.5	56
The United Kingdom	2022-09-11	74.6	65
<b>United States of America</b>	<b>2022-10-21</b>	<b>67.6</b>	<b>94</b>

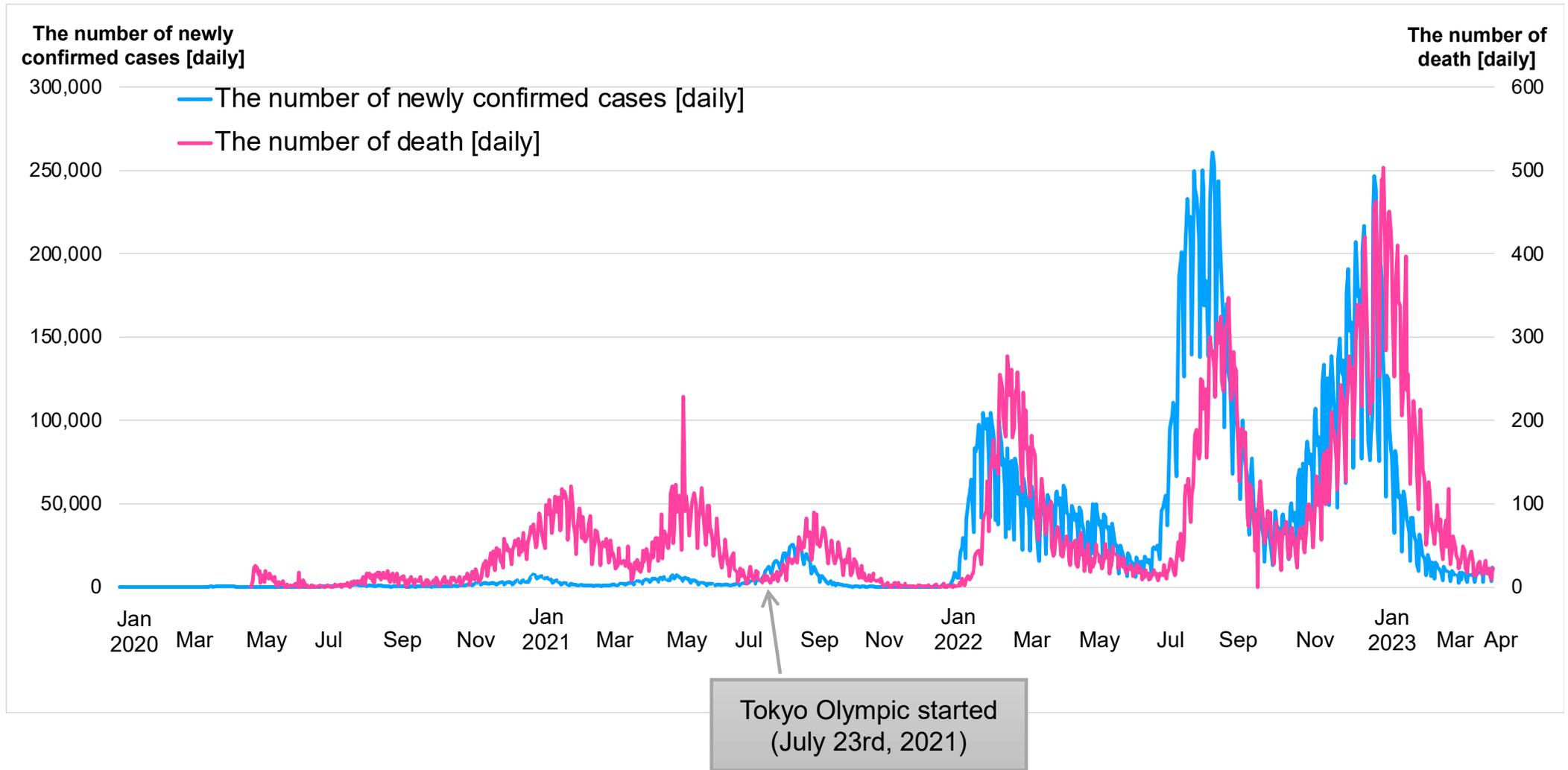
# Global ranking for mortality rates from COVID-19 (as of Oct. 29 2022)

Country	# of deaths (per million)	Global Ranking
United States	3,271	16
Italy	2,971	23
United Kingdom	2,827	26
Germany	1,830	60
Hong Kong	1,363	79
Canada	1,208	87
New Zealand	630	122
Australia	601	125
South Korea	568	130
Taiwan	531	133
Japan	371	145

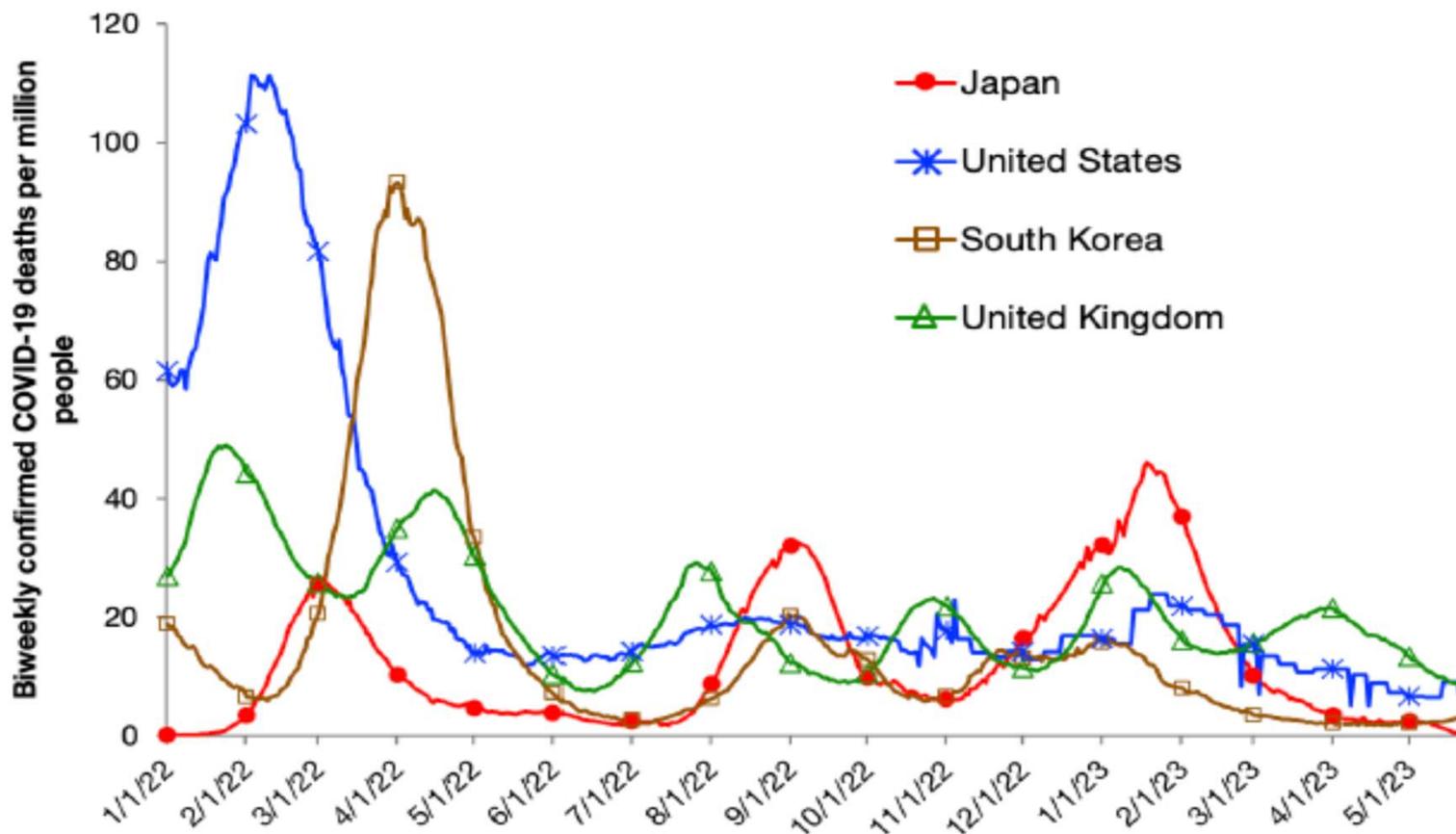
Source: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>, accessed 10-29-2022

# Time trends of epidemic cases & deaths in Japan

**BLUE: New (+) case per day; RED: Death per day**



日本のピーク死亡率が例外的に上昇傾向  
COVID-19 mortality rates  
in 4 countries [per million per 2 weeks]  
from Jan. 2022 to May 2023



Appendix Figure S1: Biweekly confirmed COVID-19 deaths per million people among 4 countries from January 1, 2022 to May 24, 2023\*  
(Footnote) \*Due to the suspension of data reporting, data are not available after May 25, 2023. <sup>41</sup>

# コロナの過剰死亡論文の評価

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8912932/>

*Lancet* 2022; 399: 1513–36

This online publication has been corrected.

*The corrected version first appeared at thelancet.com on April 14, 2022*

以下のURLにこのPPTのリンクあり

<https://www.ric.u-tokyo.ac.jp/topics/2020/ig.html>

<https://www.ric.u-tokyo.ac.jp/topics/2020/ig-20220509.pdf>

YOO BYUNG KWANG (兪炳匡 ; ゆう へいきょう)

神奈川県立保健福祉大学 ヘルスイノベーション研究科 教授

兼 イノベーション政策研究センター長

Email: bk.yoo-7jv@kuhs.ac.jp

2022年5月07日に上記の研究会ホームページで公表

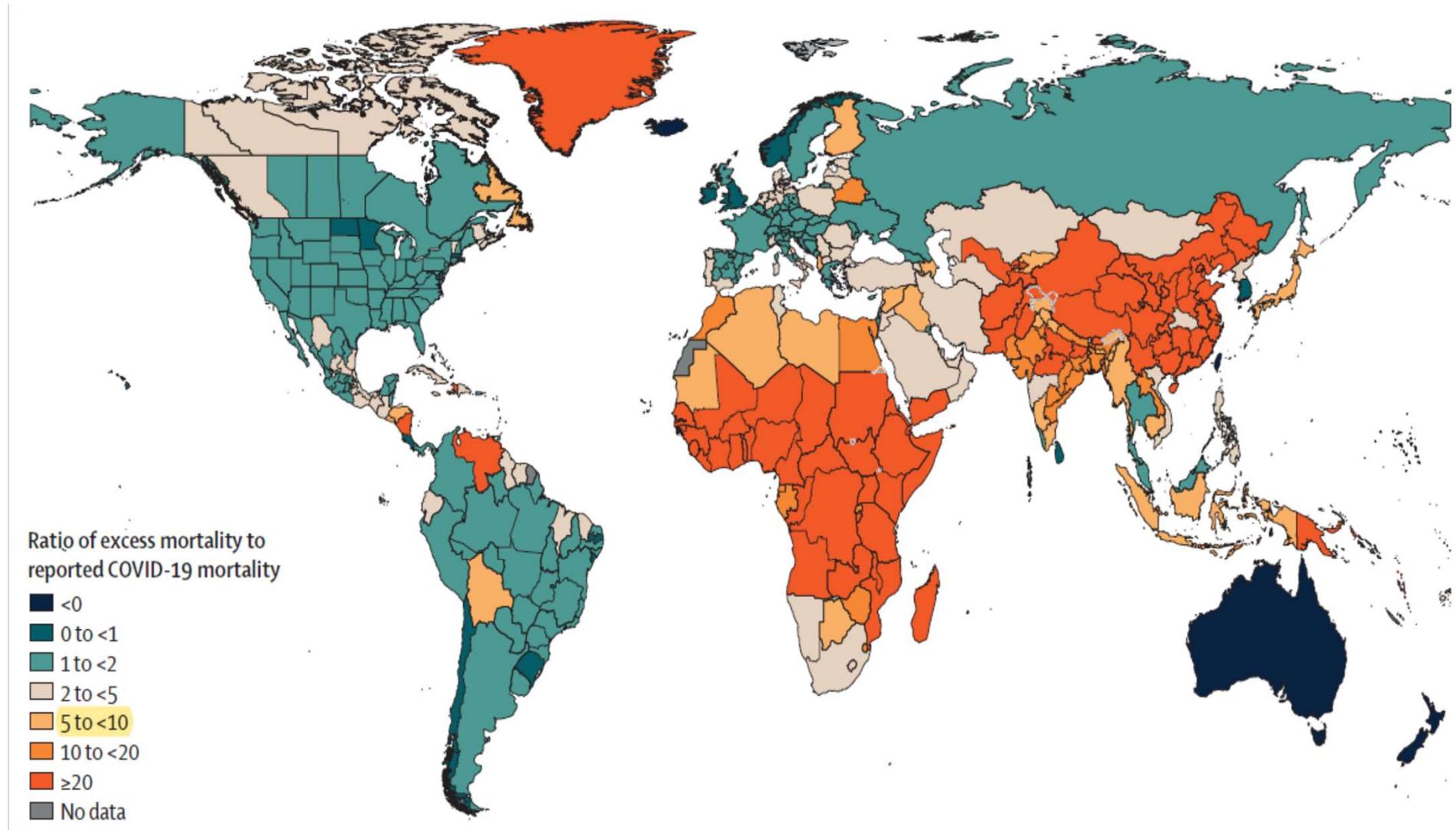
Figure 4: Global distribution of the ratio between estimated excess mortality rate due to the COVID-19 pandemic and reported COVID-19 mortality rate, for the cumulative period 2020–21

## Yooの解説

[本研究のCOVID-19の推定超過死亡率] と[各国で報告されたCOVID-19死亡率]の比率の国際比較

- 1より大きければ、その国で過小報告の可能性あり
- 数字が大きいか程、その国の報告数の信頼性が低い
- 多くの先進国(韓国、台湾、豪州含む)は2以下
- 5以上は、日本(6.02)、低・中所得国
- 中国: 武漢含む湖北省(2.34)、他の省全体(23.57)

Figure 4: Global distribution of the ratio between estimated excess mortality rate due to the COVID-19 pandemic and reported COVID-19 mortality rate, for the cumulative period 2020–21



[本研究の推定死亡率] と[各国で報告されたCOVID-19死亡率]の比率が大きい潜在的理由  
(厳密なデータ分析なし)

- 主たる潜在的理由
  - 検査数が少ない故の過小診断
  - 医療・治療方針の違い
  - COVID-19死亡の定義の国ごとの違い
- 行動変容に関するデータ(高所得国のみ)が示唆する理由
  - マスク使用率が低い
  - 人流が高い(携帯電話のデータ)
  - 社会的隔離政策の実施が少ない

# 日本の過小検査を示唆する 別のエビデンス

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34776499/>

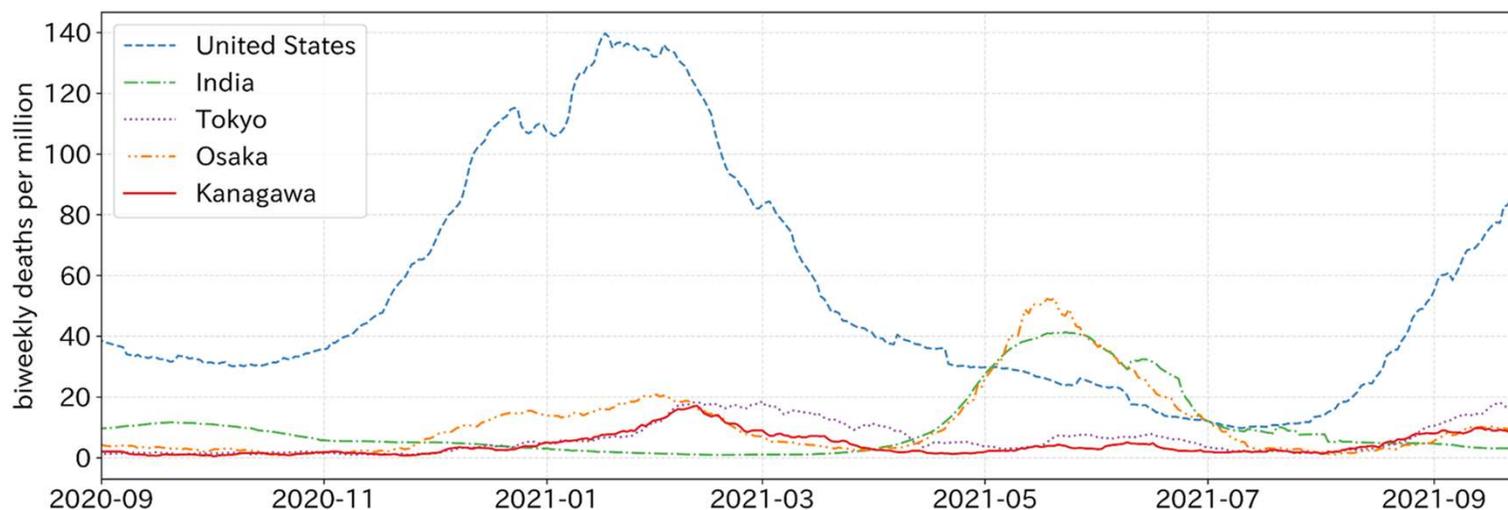
東大の児玉龍彦先生を含む研究グループが抗体価に基づく感染歴の調べによると、  
東京都内での臨床検査による感染歴の3.9倍高い感染歴の差

## 超過死亡率の補正なし: Reported Data Only

In May, 2021, Osaka was worse than India and the US.

Kanagawa has been relatively better than Tokyo and Osaka.

“**Biweekly deaths per million (M)** Sep.2020-Oct.2021:  
the US, Tokyo (14M), Kanagawa (9.2M), Osaka (8.8M)”



17

Source: 都道府県別人口構成について(総務省より都道府県別人口数を参照)

[https://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/jichi\\_gyousei/daityo/jinkou\\_jinkoudoutai-setaisuu.html](https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/daityo/jinkou_jinkoudoutai-setaisuu.html); 厚生労働省オープンデータベース  
について(検査要請者・累積死亡者数を参照・計算)<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>; 世界のオープンデータ  
ベースについて(githubより各種データを使用)<https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data/jhu>

# Detailed Road Map

## 世界標準から逸脱し続けているコロナ・パンデミック対策

- 不十分だった臨床PCR検査体制
  - 超過死亡率についてのLancet論文で暴露（？）された日本の逸脱
  - 感染の将来予測も困難
  - 臨床PCR検査の代替案としての下水検査
  - ワクチン接種の効果の評価も困難
  - 日本からの頭脳流出が加速するのでは？

- 流行予測モデルに関する米国CDCと日本の中央政府との違い
- 神奈川県の取り組み：新型コロナ感染者情報分析EBPMプロジェクト
  - 科学的根拠によるデータエビデンスに基づく施策実現を目的とした、県健康医療局と県立保健福祉大学のコラボレーション
    - 流行予測モデルの開発と活用

# 国際社会における感染予測の政策含意

1. 主たる目的は、正確な予測ではない
2. 予測が困難であるため、複数の研究グループによる複数の予測シナリオが必須
3. 複数の予測シナリオのうち、最悪の予測シナリオに対応できる政策を早期に実施

# 新型コロナウイルス感染症の流行予測モデルに関する米国CDCと日本の中央政府との違い

	米国CDC	日本の中央政府
地理的な対象範囲 (更新頻度)	国全体/ 50州単位/ 3006郡単位/ (毎週)*	国全体 (不明) 47 都道府県単位 (過去に一度限り)
予測モデルを使用・ 更新する研究組織の数	およそ 20*	1組織のみ (中央政府が任命)
地域レベルで予測する 無料ソフトウェアの有無	あり (**)	なし

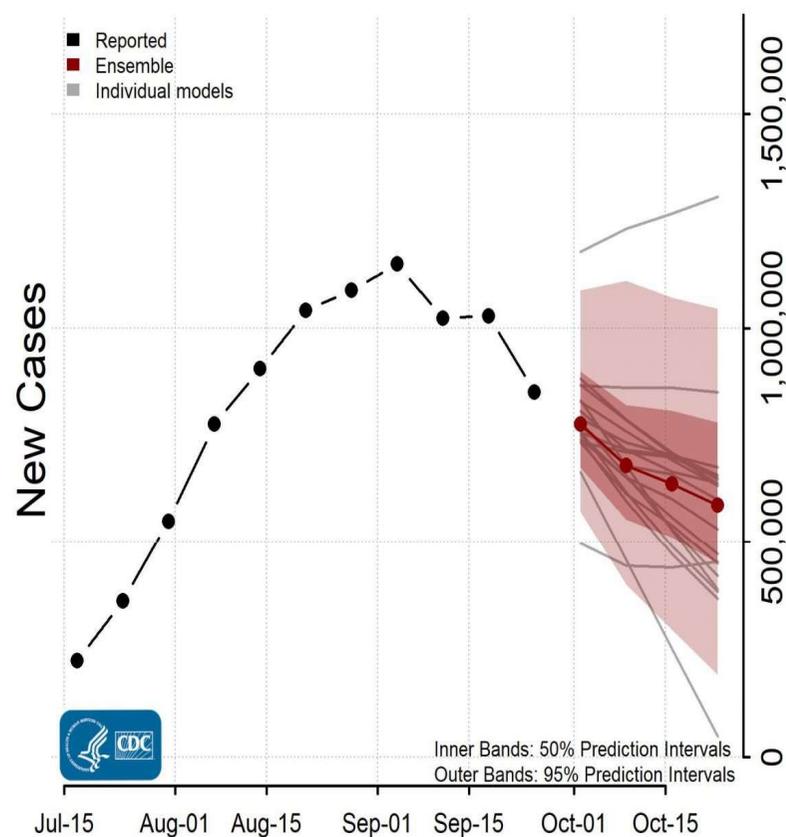
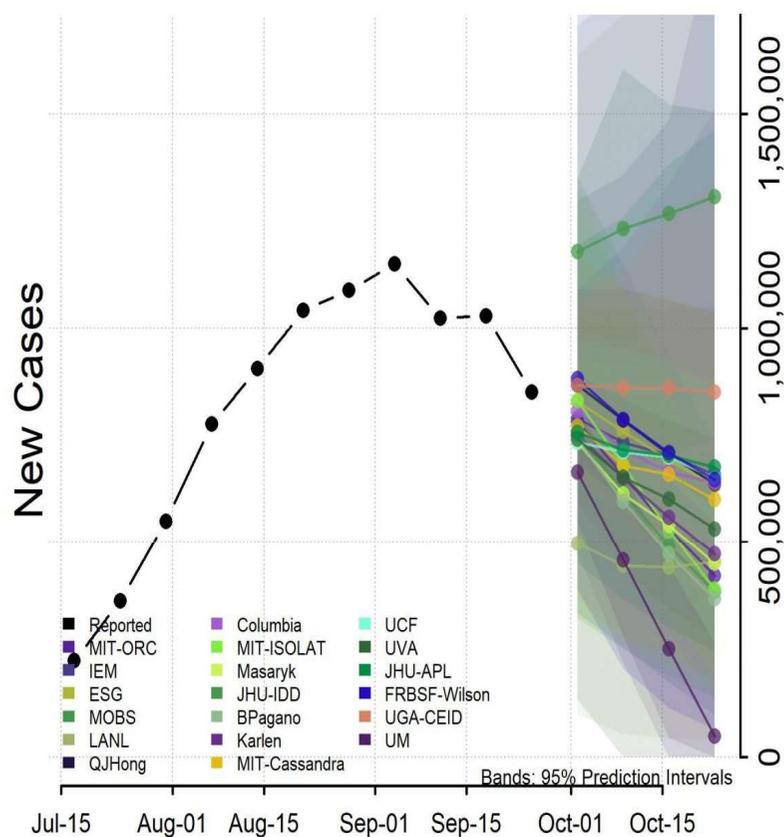
Source: (\*) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/forecasting/forecasts-cases.html>

(\*\*) <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/COVIDSurge.html>

# 米国CDC: 19の研究グループによる「次の4週間の新規感染者数」に関する予測データ(2通りの方法によるもの)が、毎週公開される

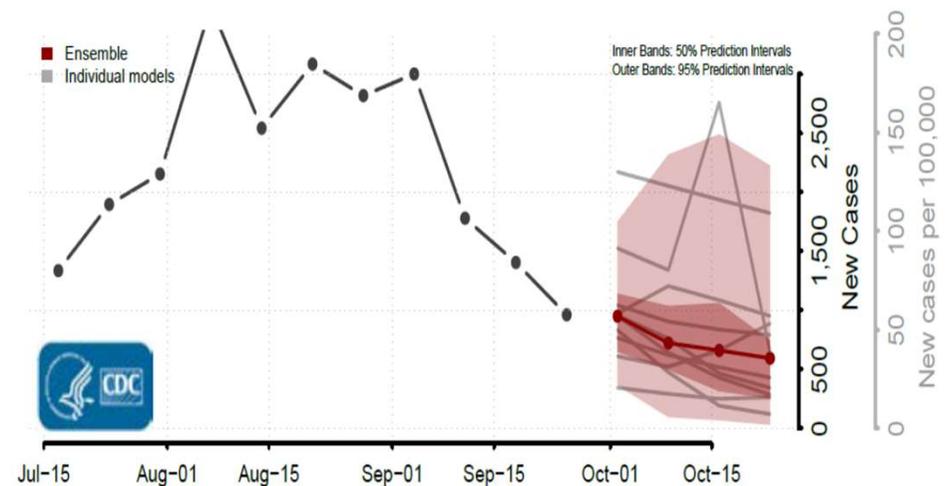
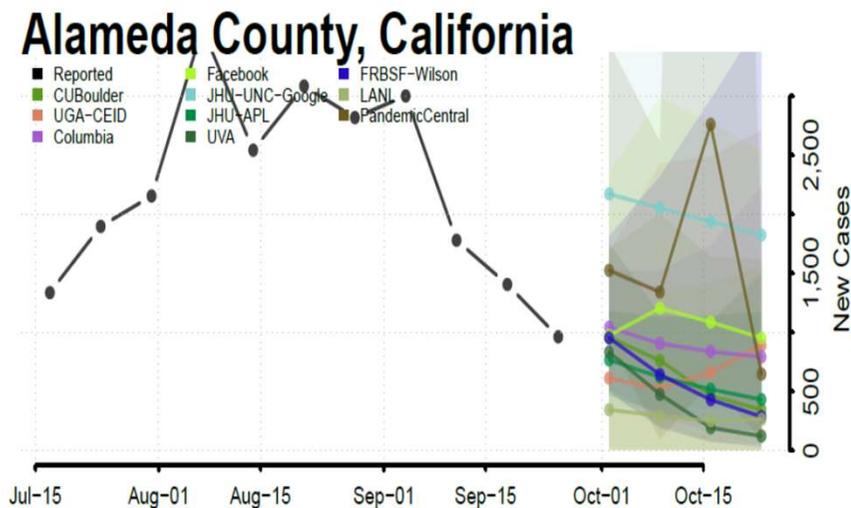
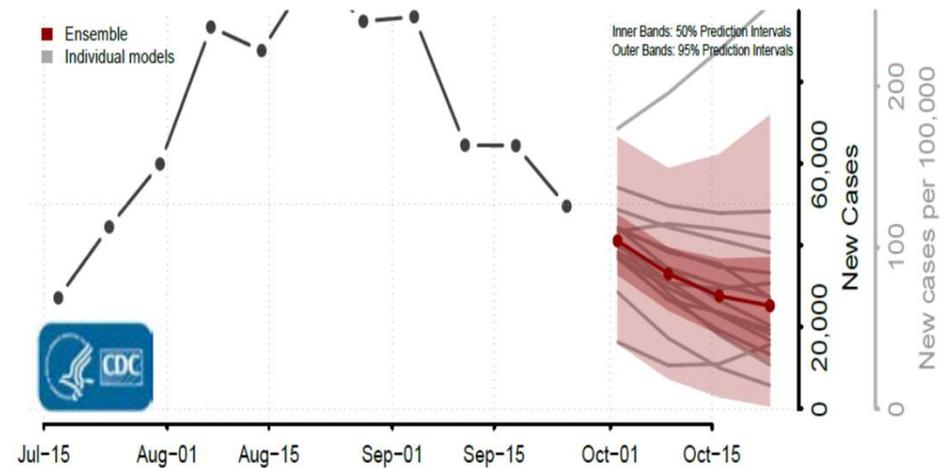
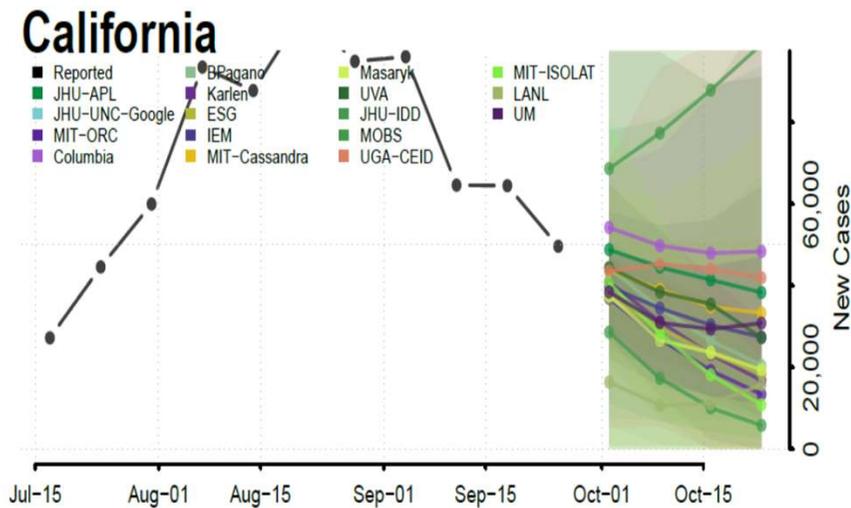
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/forecasting/forecasts-cases.html>

## National Forecast



# 米国CDC: 10以上の研究グループによる50州および3006郡規模での新規感染者数の予測データが、毎週公開・更新される

<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/forecasting/forecasts-cases.html>



# Road Map

## 世界標準から逸脱し続けた日本のコロナ・パンデミック対策

### ●不十分だった臨床PCR検査体制

- 超過死亡率についてのLancet論文で暴露（？）された日本の逸脱
- 感染の将来予測も困難

### ●神奈川県のEBPMプロジェクト

- 背景
- 経済評価論文の紹介

### ●下水サーベイランス

- 神奈川県の実証事業
- 経済評価論文の紹介

# 背景と目的

科学的根拠によるデータエビデンスに基づく施策実現を目的とした、  
県健康医療局と大学の共同プロジェクト

- 2021年6月より開始
- 2021年8月と9月にプレスリリースを発信

## 目的

- 新型コロナウイルス感染症の中等症・重症者数の感染状況の将来予測
- 県内8地域の「2次医療圏(\*)」レベルにおける(a)入院者(特に(b)重症者)および(c)累積陽性者数(回復者を除く)を予測
- 神奈川県ホームページにて予測データを毎週公開

(\*) 医療提供体制(病床数、医師数など)を整えるために県が設定する地域単位(人口約50~100万人)

# 理論的根拠：県行政からの要望

## 主要モデルの概要【予測モデル利用】

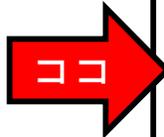


予測モデルを活用した  
具体的施策シーン

科学的根拠に基づく  
具体的数値の提示

県民へお願いする行動変容

病床、医療資材、人材の確保



まん延防止等重点措置の該当市町村  
の選択と期限 **※県判断**

- ✓ 最悪、最善、よく起こるケースを予測
- ✓ 入院・重症者病床の確保病床がいつ超えるか（具体的日付(いつまで)）どのくらい必要かを予測
- ✓ 将来に向けて、人流抑制、ワクチン接種率を何パーセント達成すれば良いかを予測

# 方法

シンプルかつパッチワーク的手法を用いた背景

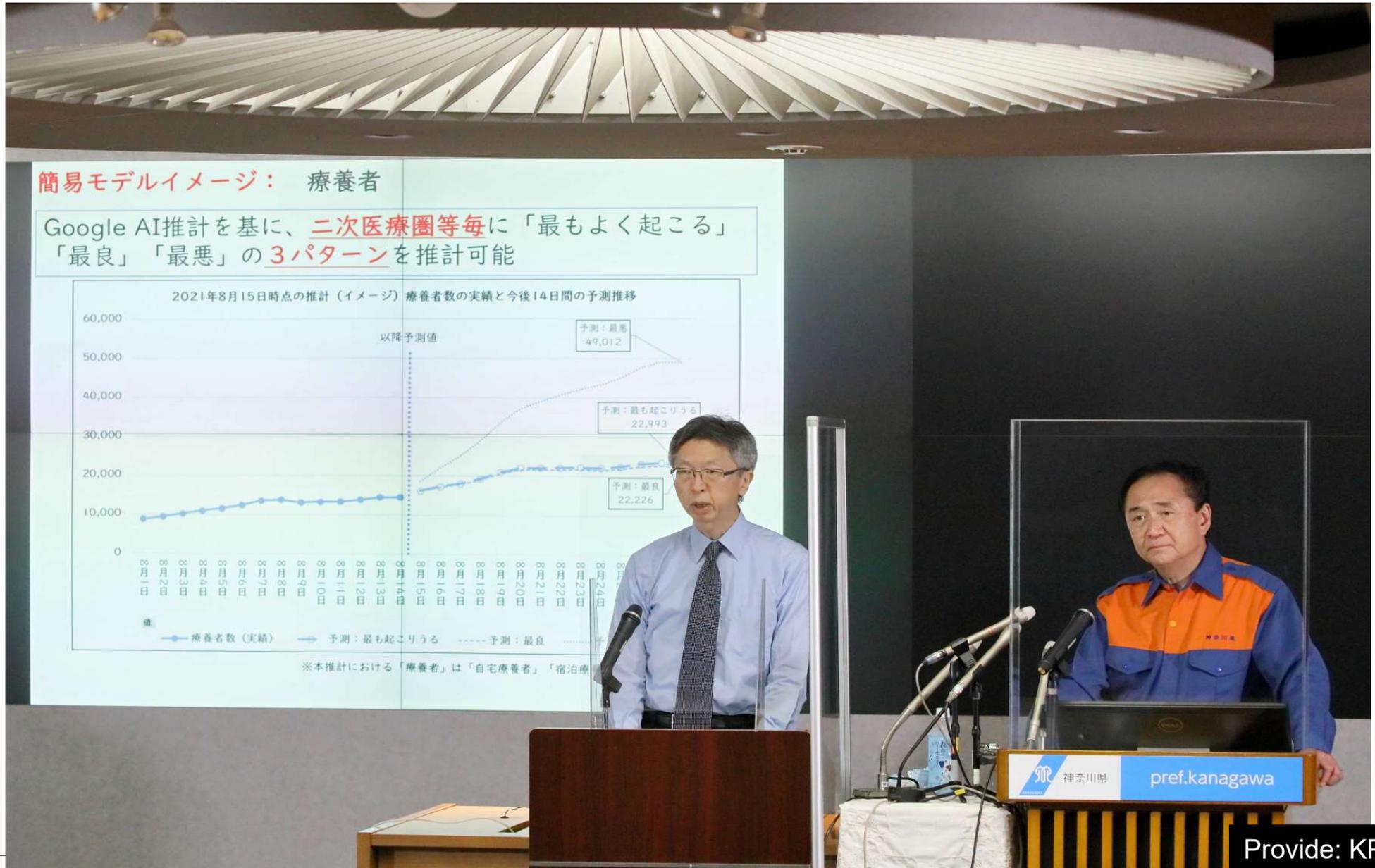
- 県行政からの要望に応えるための非常に限られた時間とリソース

データ

- 県行政の唯一の包括的な(しかし現在進行型の)データベース
  - 県内8地域について毎日または毎週更新
- **Googleの予測(毎週更新)**
  - 数理(SIR)モデルと機械学習モデル
  - 47都道府県レベルのみに限定
  - 公開データが限られていることもあり、2022年2月に予測停止

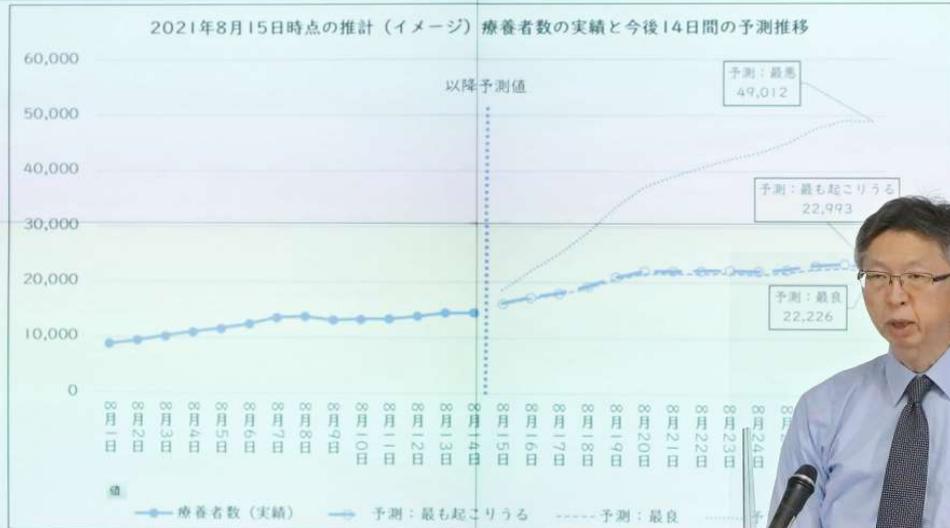
<https://datastudio.google.com/u/0/reporting/8224d512-a76e-4d38-91c1-935ba119eb8f/page/ncZpB?s=nXbF2P6La2M>

# Joint press conference (SHI & KPG) on Aug 18, 2021 → Extensive media coverage at the national level



## 簡易モデルイメージ：療養者

Google AI推計を基に、**二次医療圏等毎に「最もよく起こる」「最良」「最悪」の3パターン**を推計可能



※本推計における「療養者」は「自宅療養者」「宿泊療養者」を含む

# コロナ患者数予測

## 県など 地域別、4週間先まで

神奈川県と県立保健福祉大学は18日、新型コロナウイルスの地域別重症患者数などが予測できる独自の推計モデルを開発したと発表した。人流抑制やワクチン接種率などの影響がシミュレーションできるモデルも追加、病床確保や感染防止策の検討などに役立てる。

最新の推計モデルは15日時点のデータで、県内民にどうも科学的根拠がある。黒岩知事は「県民にどうも科学的根拠がある。黒岩知事は「県民にどうも科学的根拠がある。黒岩知事は「県民にどうも科学的根拠がある。」と述べ、県民の行動変容にもつなげたい考えを示した。

読売新聞

8月19日(木)

# 感染市町村単位まで予測

県は18日、新型コロナウイルスの感染の広がりを予測する独自のモデルを開発したと発表した。日々「EPRM」(証拠に基づく政策の新規感染者数などに加え、ワクチン接種率などの環境要因を含めて分析すること、感染者を大々共同で進めてきた。

数市町村単位での精密な人流抑制などの施策を打ち出すことができるといいます。公表している感染予測に、ワクチン接種率や感染者の健康管理

独自のモデルが県独自のモデル

データを併せて計算する仕組み。自宅・宿泊施設での療養患者、入院患者、重症患者の数を「最良」「最悪」「最も可能性が高いケース」の3パターンで、最長4週間先まで予測できる。

今月15日時点のデータを基にした28日の最も可能性が高い予測では、療養者が2万2009人、入院者は2588人、重症者は2533人にまで増加するといわれる。

神奈川新聞

8月19日(木)

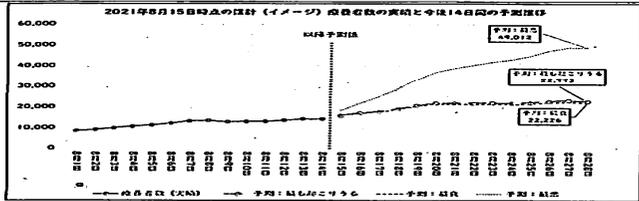
# 地域別に患者推計も

## 県独自の予測モデル開発

県と県立保健福祉大学は18日、新型コロナウイルスの地域別に推計できる予測モデルを開発したと発表した。

県独自に開発された予測モデル(県提供) 簡易モデルイメージ: 療養者

Google AI推計を基に、三次医療圏毎毎に「最もよく起こる」「最良」「最悪」の3パターンを推計可能



起り、予測は2万2009人、最悪の予測では4万0112人になるという。

人流の抑制率やワクチン接種率、変異株の割合などを加味したモデルも8月中に完成予定。

黒岩知事は「科学的根拠に基づいたメッセージとして重みが増している」と述べ、県民の行動変容にもつなげたい考えを示した。(佐々木 航哉)

表した。人流抑制やワクチン接種などの状況を加味することで精密な予測を行い、病床確保の計画や政策の効果検証などに役立てたい考えだ。

開発したのは同大学ヘルスインベシジョン研究所の菅野匡教授によるプロジェクト。15日時点の推計では、28日には県内の療養者が「最も起り、予測は2万2009人、最悪の予測では4万0112人になるという。」と述べ、県民の行動変容にもつなげたい考えを示した。

県は「まん延防止等重点措置」の対象区域変更など政策判断の材料としての活用のほか、ホームページ上の推計データ公表も検討している。

## 不十分だった臨床PCR検査データ： 神奈川県感染症予測モデルの問題

- 予測が比較的容易
  - 新規感染者数
- 予測が困難
  - 入院者数
  - 重症者数

→ なぜ？

入院者・重症者数のデータの質が悪いのでは？

# データサイエンスの基本原則

## *“Garbage in, garbage out”*

直訳: ゴミからはゴミしか生まれない

コロナ対策での意味:

インプット・データの質が悪いと、  
スーパー・コンピューター／人工知能を使用しても、  
アウト・プットの質は悪いまま。

- 疫学モニター
- 感染予測
- ワクチン効果の評価

江頭勇紀, 渡邊亮, 吉田穂波, 鄭雄一, 西海昇,  
Byung-Kwang Yoo (2023).

新型コロナウイルス感染症下における県立大学と  
広域自治体の連携事例: 神奈川県EBPMプロジェ  
クトの成果と課題.

日本公衆衛生雑誌, 70(3), 197-205.

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jph/70/3/70\\_22-039/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jph/70/3/70_22-039/_pdf)

# Abstract

**目的** COVID-19の感染流行に伴うまん延防止措置法等の適用に際し，都道府県は科学的根拠に基づいた政策立案を求められたが，国の支援と都道府県の政策需要の乖離が課題であった。そのため，神奈川県立保健福祉大学と神奈川県庁は，共同でEBPM（Evidence Based Policy Making）プロジェクトを立ち上げ，COVID-19感染予測モデルを開発し，政策判断へ活用した。そこで，本事例の成果および課題を検討し，今後の公衆衛生行政への示唆を提示する。

**方法** Google社が開発した新型コロナウイルス感染者予測モデル『COVID-19感染予測（日本版）』（Google AI）の推計と公開データを組み合わせた「簡易モデル」，二次医療圏の日別データを使用した「主要モデル」を開発した。主要モデルの開発では，神奈川県庁内で散逸したデータを統合データプラットフォームに格納し，二次医療圏ごとに療養者，入院者，重症者を予測した。予測は，パネルデータ推計にGoogle AIの推計を外挿することで，新規感染者数のピーク値を反映させた。

# Abstract (cont.)

**活動内容** 約50種類のデータを統合データプラットフォームに格納し、神奈川県立保健福祉大学の学術チームによる、データの質の評価後、使用データを選定した。推計結果は、平均絶対パーセント誤差 (MAPE), 平均二乗誤差の平方根 (RMSE), 平均二乗対数誤差 (RMSLE) により評価した。主要モデルで最も精度が高かったのは、2021年9月5日を基準日としたモデルであった。

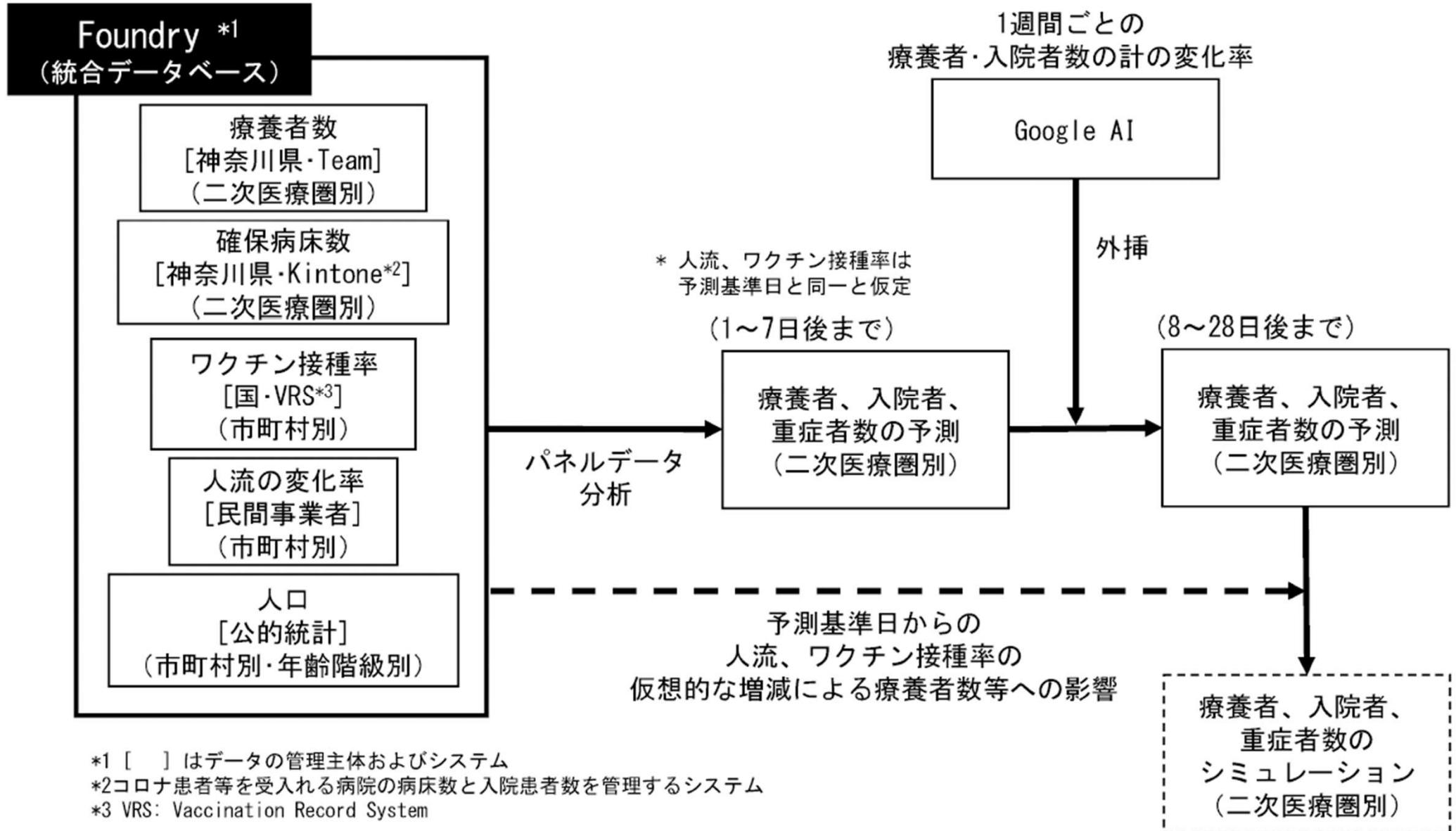
**結論** 統合データプラットフォームを用いて二次医療圏の日別データを用いることで、高い精度で予測できたため、政策判断の際に活用された。官学連携の際、専門家とともに、行政側の意思決定プロセスに精通した者をアカデミア側に参画させることにより、円滑な連携が行えることがわかった。一方、諸外国と比較し、本邦では、公開データの粒度の粗さ、限定された研究主体、継続的な予測モデルの開発が課題であることが明らかとなった。

**Key words** : COVID-19, EBPM, 感染予測モデル, 統合データ, 官学連携, 政策判断

日本公衆衛生雑誌 J-STAGE早期公開 doi:10.11236/jph.22-039

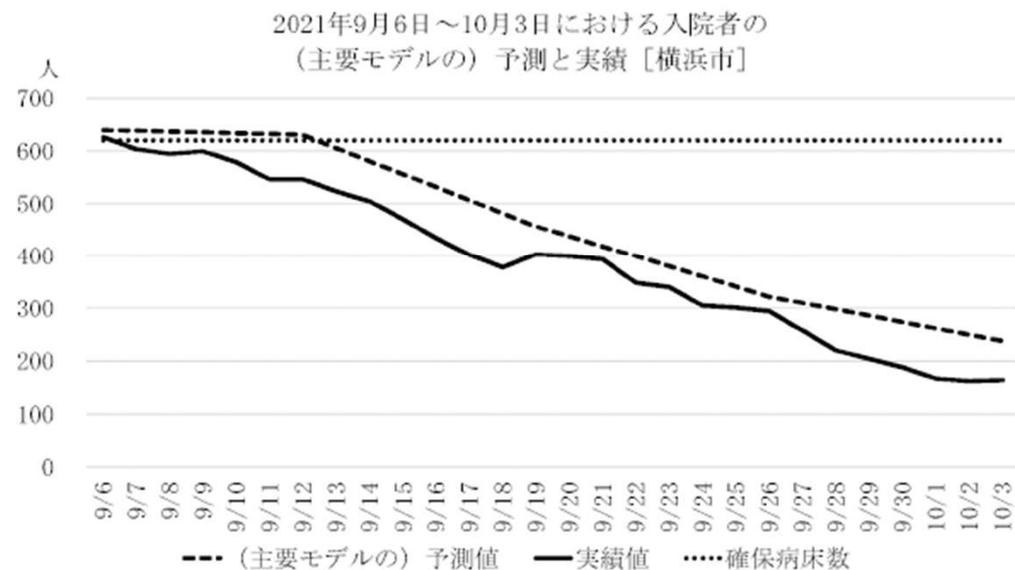
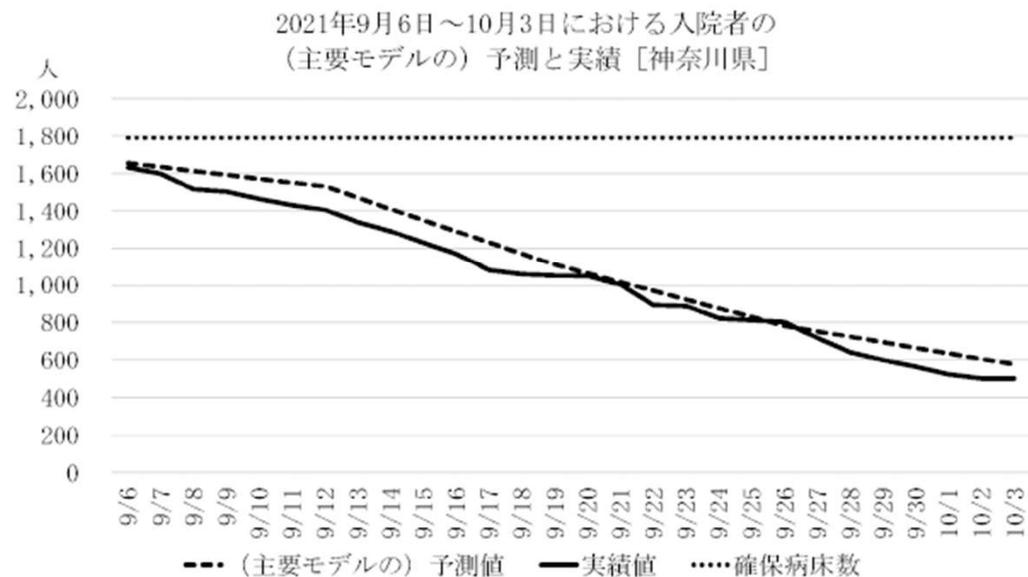
# 図2 主要モデルの推計ロジック

図2 主要モデルの推計ロジック



# 図3 主要モデルの入院者の予測と実績

図3 主要モデルの入院者の予測と実績



# Road Map

世界標準から逸脱し続けた日本のコロナ・パンデミック対策

- 不十分だった臨床PCR検査体制
- 神奈川県のEBPMプロジェクト

- 下水サーベイランス

- 神奈川県の実証事業

- ・県庁のホームページ「新型コロナ・下水疫学調査について」
    - ・<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/h2d/covid19/simulation.html>

- 経済評価論文の紹介

# 感染症対策としての下水サーベイランス

- 内閣官房ホームページの定義 (<https://corona.go.jp/surveillance/>)
  - 下水サーベイランス(ヒトの糞便・唾液中に排出されるウイルスを下水中で検査・監視すること)は、地域のCOVID-19・インフルエンザを含む大規模感染症のまん延状況の把握や、特定の施設における感染者の有無の探知を可能とし、効果的・効率的な感染症対策につながる。
  
- 従来のヒト対象の臨床検査に比較した下水サーベイランスの3つの御利益
  1. 感染状況の検出時期が 「早い」
    - 既存ウイルスなら1週間早い、新たな変異株なら1 - 3週間早い
  2. 検査費用が 「安い」
    - 人口10万人の下水処理場1カ所の費用は、臨床検査の1万分の1
  3. 疫学情報としてより 「うまい（正確）」
    - 臨床検査を避ける人も、トイレは避けないので、情報が偏らない
    - 感染者の数が100倍になっても下水検査のサンプル量は同じなので、検査不足にならない

# 日本と欧米の下水サーベイランス実施状況の違い

- 欧米では下水処理場で定期的・大規模に実施・公表
  - 米国では1,700か所以上
  - 欧州連合では1,300か所以上(人口15万人以上の都市すべて)
- **日本の下水サーベイランス整備の遅れ**
  - 下水処理場で下水サーベイランスを継続的に実施し、その結果を公表している自治体は20か所未満
  - 2021年から神奈川県庁ホームページで検査結果を毎週公表(図表1,2)  
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/ga4/covid19/simulation.html>
- 将来の大規模感染症にも有用な下水サーベイランス制度を社会的なインフラとして整備・維持していくために、この制度の**経済的な価値を示すことが、公共政策の視点から重要**
  - 下水処理場の他、特定施設(東京オリパラ村)、国際空港で実施済

# 神奈川県下水道疫学調査エリア

相模川流域で下水疫学調査を実施  
流域人口 左岸：124万人、右岸：54万人

相模川流域下水道 下水道法事業計画

区分	左岸処理区	右岸処理区	計
届出年月日 (※1)		当初：昭和48年6月27日 直近：平成30年8月29日	
処理区域	15,129 ha	9,226 ha	24,355 ha
処理人口	1,241.2 千人	545.4 千人	1,786.6 千人
計画汚水量 (※2)	476 千m <sup>3</sup> /日平均 563 千m <sup>3</sup> /日最大	268 千m <sup>3</sup> /日平均 340 千m <sup>3</sup> /日最大	744 千m <sup>3</sup> /日平均 904 千m <sup>3</sup> /日最大
幹線管渠	○ 200 ~ 4,000 mm 91.07 km	○ 700 ~ 3,200 mm 36.69 km (その他1.27km改築更新)	○ 200 ~ 4,000 mm 127.76 km (その他1.27km改築更新)

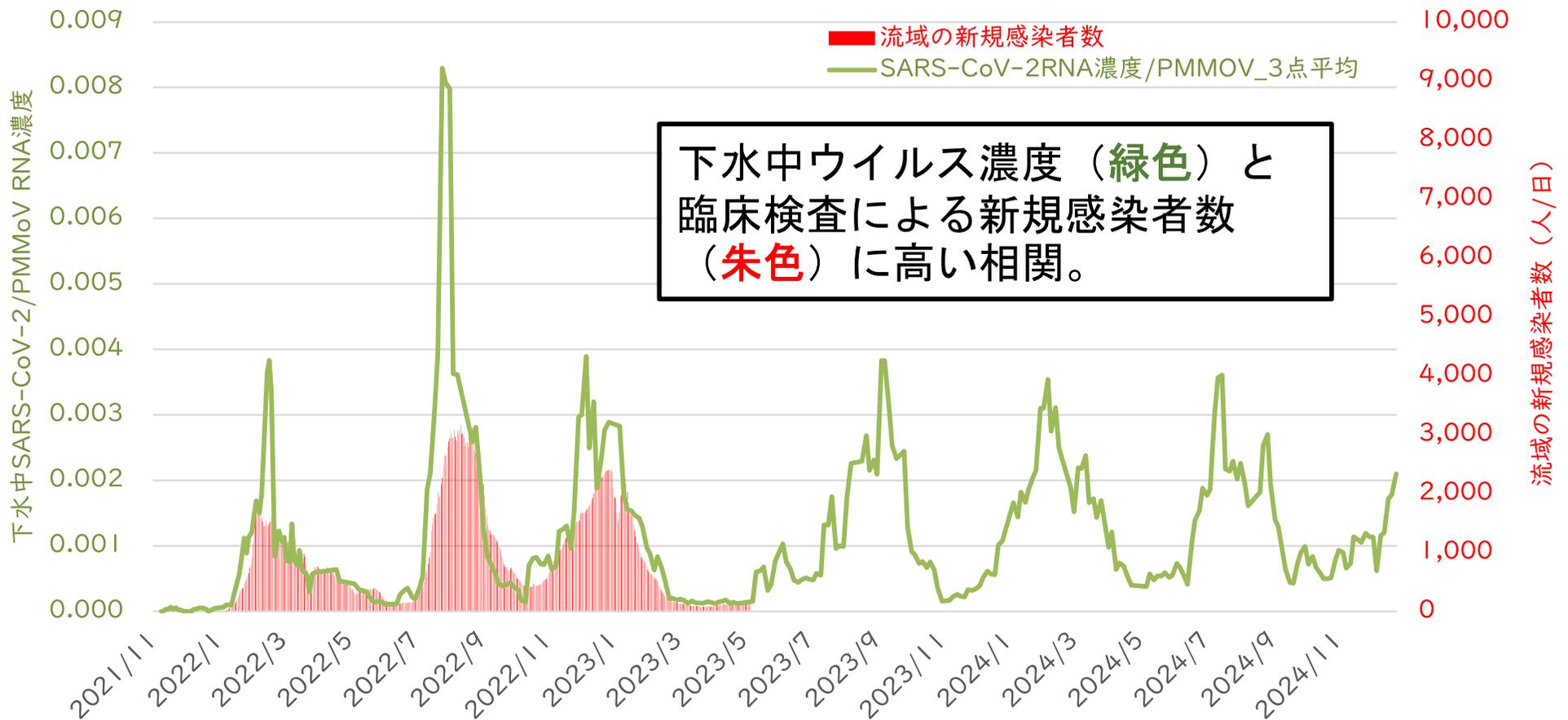


処理区名	全体計画区域内		処理区域 人口	処理区域 面積
	行政人口 (A) 千人	人口 (B) 千人		
相模原市	707.6	695.5	7,691	
座間市	131.7	128.4	1,212	
綾瀬市	20.4	17.6	327	
海老名市	135.1	129.8	1,317	
寒川町	48.7	45.4	761	
藤沢市	15.8	11.3	287	
茅ヶ崎市	240.2	229.6	2,191	
平塚市	0.5	0.5	11	
<b>左岸計</b>	<b>1,300.0</b>	<b>1,258.1</b>	<b>13,797</b>	
愛川町	39.7	36.5	852	
厚木市	224.1	200.3	3,521	
伊勢原市	33.2	30.5	366	
平塚市	251.7	250.0	3,513	
大磯町	31.7	26.0	449	
<b>右岸計</b>	<b>580.5</b>	<b>543.3</b>	<b>8,700</b>	
<b>合計</b>	<b>1,880.5</b>	<b>1,801.4</b>	<b>22,497</b>	

# 図表1. 神奈川県相模川流域のCOVID-19新規感染者数と下水サーベイランス（下水中のウイルス濃度）の比較

※流域の推定感染者数は自宅療養含む（～2023年5月7日）

## 2021年11月1日から2024年12月24日まで（相模川左岸+右岸）



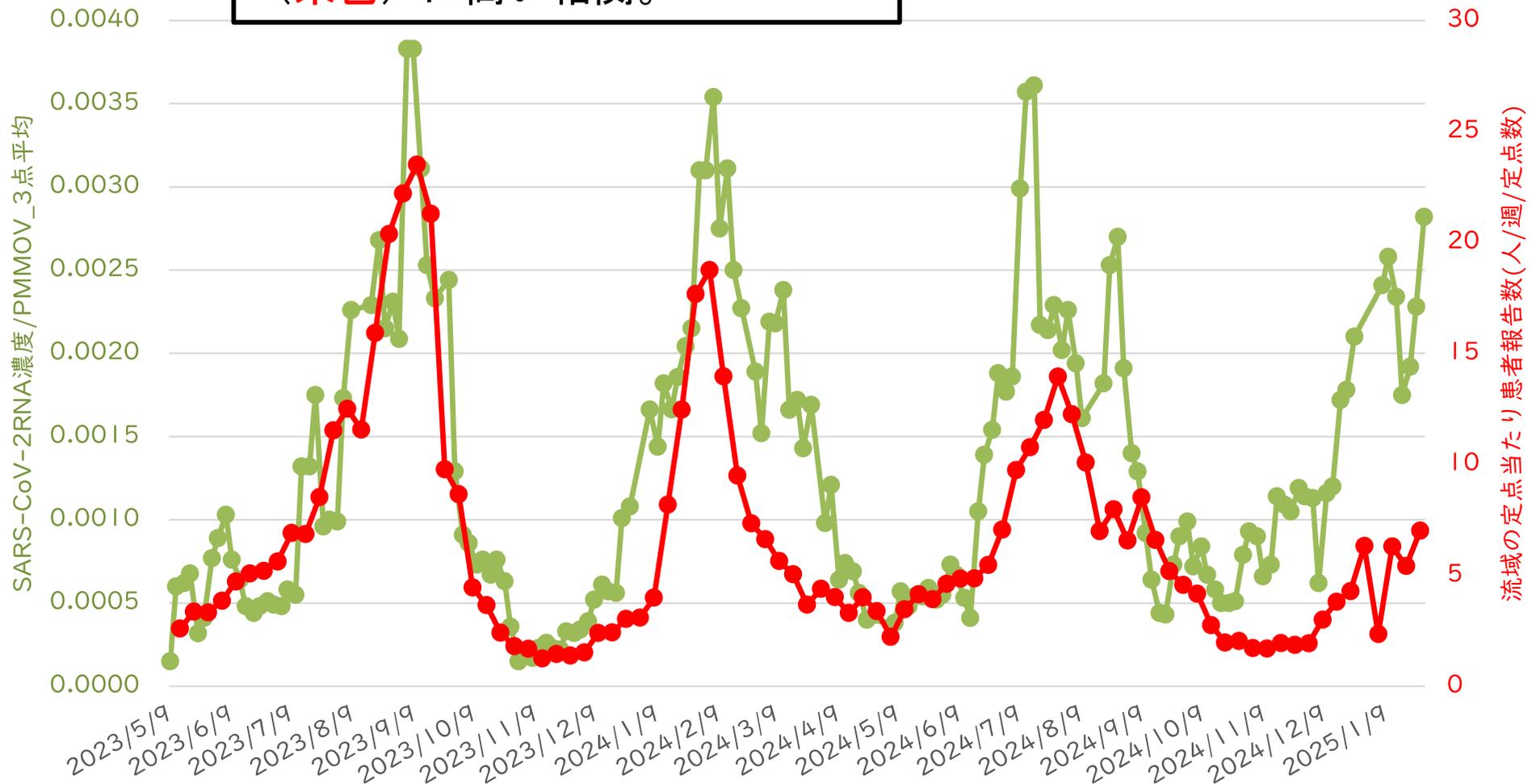
# 図表1. 神奈川県・相模川流域の新型コロナウイルスの定点当たり患者報告数と下水サーベイランス（下水中のウイルス濃度）の比較



2023年5月8日から2025年1月28日まで

下水中ウイルス濃度（緑色）と臨床検査による新規感染者数（朱色）に高い相関。

● SARS-CoV-2RNA濃度/PMMOV\_3点平均  
● 流域の定点あたり患者報告数(人/週/定点数)

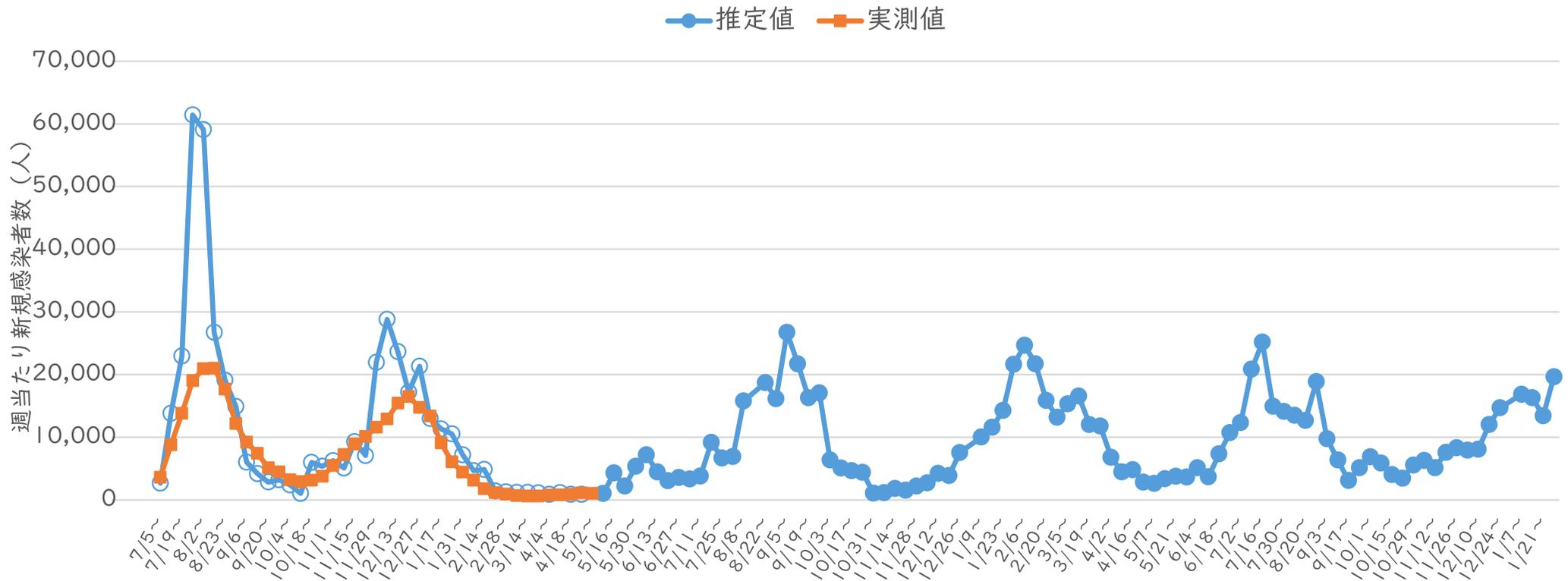


# 相模川右岸・左岸下水流域内の週当たり新規感染者数の予測



2025年1月28日時点の週当たり新規感染者数の推測値を含む

## 推定値と実測値の推移 (2022年7月5日～2025年1月28日)



※2023年5月9日以降の推定値は新たな予測モデル(ver6.0)に基づいた結果を使用



AdvanSentinel社「右岸左岸\_北大モデル\_自宅療養含む\_3点新ver」『1.30【神奈川県】返却用解析シートver6.1.xlsx』

# 図表2. 神奈川県下水サーベイランスにおける 変異株の存在割合の経時的な推移

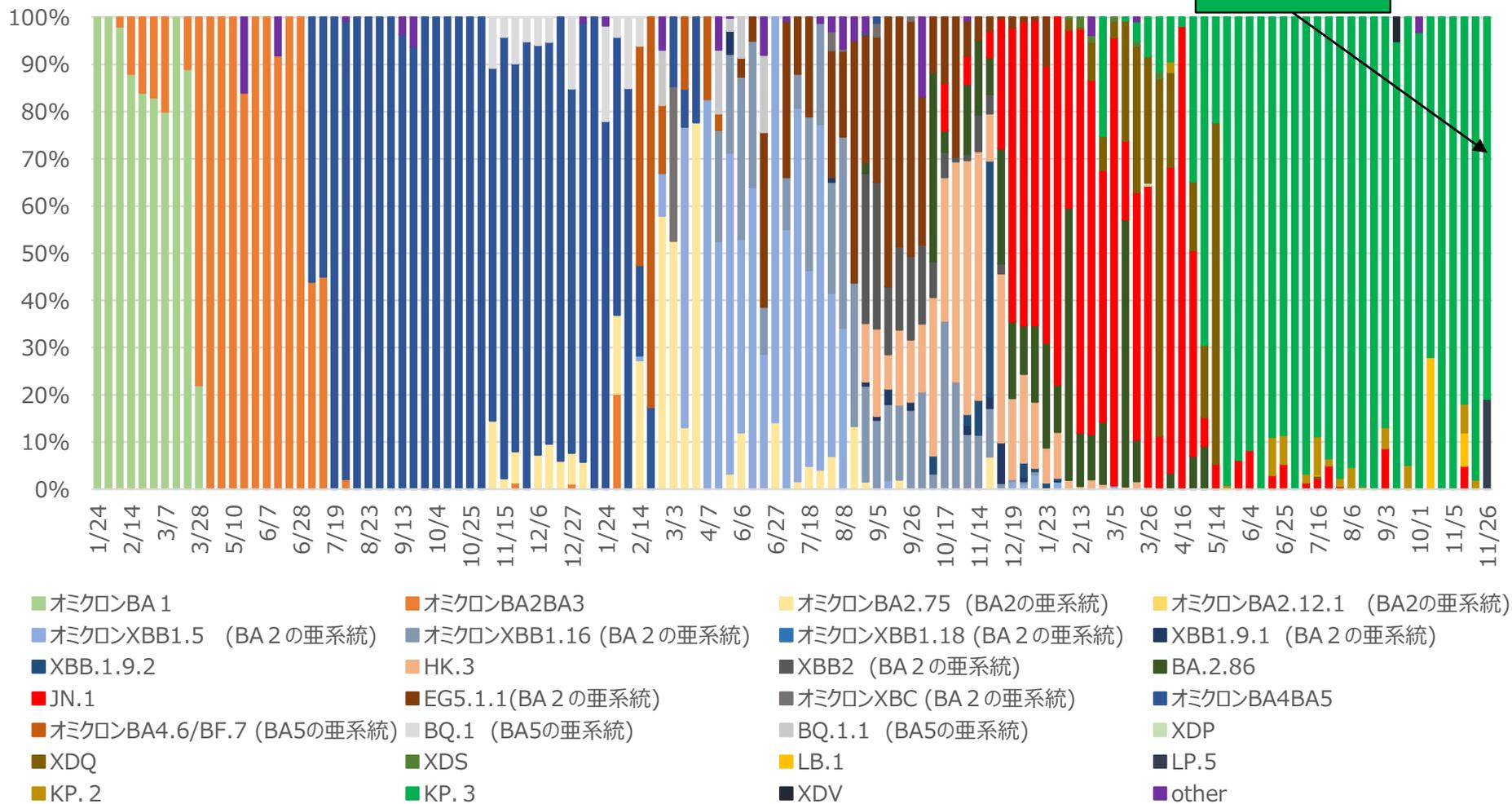


## 左岸

2022年1月24日から2024年11月26日まで

左岸：相模原市、座間市、綾瀬市（一部）、海老名市、寒川町、  
藤沢市（一部）、茅ヶ崎市、平塚市（飛地）

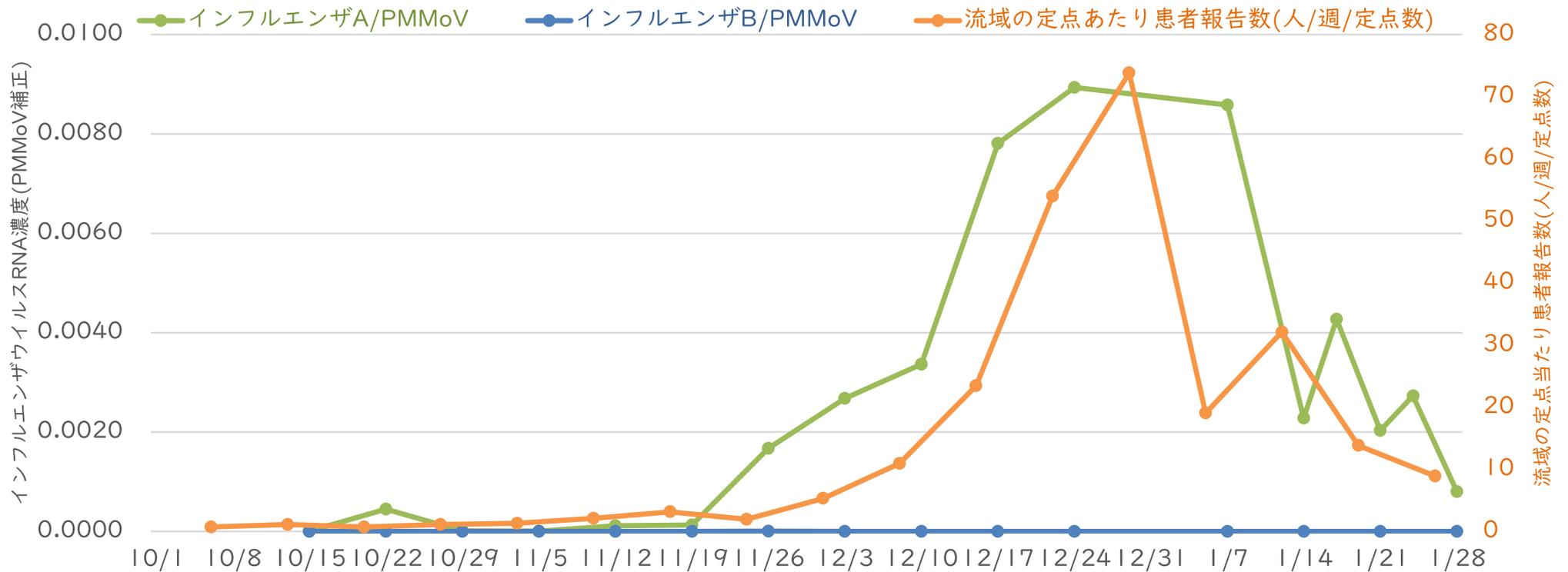
KP.3  
81%



# 図表3. 神奈川県・相模川流域のインフルエンザの定点当たり患者報告数と下水サーベイランス（下水中のウイルス濃度）の比較

2024年10月6日から2025年1月28日まで

インフルエンザA型・B型濃度/PMMoVと流域の定点あたり患者報告数



※流域の定点あたり患者報告数にはA型およびB型を含む

# Road Map

世界標準から逸脱し続けた日本のコロナ・パンデミック対策

- 不十分だった臨床PCR検査体制
- 神奈川県のEBPMプロジェクト

- 下水サーベイランス

- 神奈川県の実証事業

- 経済評価論文の紹介

- 総論
    - 各論 1. 単独施設で実施するWWSの経済評価
    - 各論 2. WWSに対する支払い意思額

# 下水サーベイランス(WWS)の経済的価値の研究

□高齢者施設・病院での定期的な臨床スクリーニング検査（早期治療に繋がる）の開始・中止時期を勧告することが可能になる

- 施設単位でのWWSでは経済効率の改善は限定的（Yoo他 2023, EID）
- 下水処理場でのWWSが高い経済効率・費用削減を実現（Yoo他2024、査読中）

Preprint: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4878309](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4878309)

□国際空港（航空機とターミナルのからのトイレ排水）での下水サーベイランス

- 国内・米国の空港でのWWSと臨床検査の比較研究を実施中
- 国際線の搭乗前・中・後のトイレ使用についてのデータ収集の研究費を申請中（日本のみならず、米国、韓国、シンガポール、台湾との共同調査）

□将来のパンデミックに対して、日本国内の納税者のWWSに対する支払い意志額

- 将来のパンデミックは死亡率等が不明であるため、費用対効果分析は適応できない
- 日本の全世帯の支払い意志額（年間450億円）は、全国規模のWWS費用（30億円）を上回るため、公共政策として正当化可能（Yoo他 2024, *Environmental Science: Water Research & Technology*）

# 下水サーベイランスの追加によるCOVID-19 スクリーニング検査の経済効率の改善を説明

## 発表論文概要

Yoo BK, Iwamoto R, Chung U, Sasaki T, Kitajima M. “Economic evaluation of wastewater surveillance combined with clinical COVID-19 screening tests, Japan” Emerging Infectious Diseases.

[https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/29/8/22-1775\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/29/8/22-1775_article). early version

published online 2023年7月11日

＜和訳：日本におけるCOVID-19の臨床スクリーニング検査と組み合わせた下水サーベイランスの経済評価＞

- 掲載誌は米国疾病予防管理センター(CDC)が編纂。2021年のインパクトファクターは16で、世界の感染症専門誌94誌中9位、オープンアクセス誌中4位。
- 早稲田大学・神奈川県立保健福祉大学からプレスリリース(2023年7月23日)  
<https://www.waseda.jp/top/news/92260>
- 日本経済新聞に掲載(2023年7月23日)  
[https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP659904\\_X20C23A7000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP659904_X20C23A7000000/)

# 結果の要約

- 高齢者施設でのコロナ検査(毎週1回)の経済効率を改善する方法
  - 感染リスクが低い場合
    - ✓ ヒト対象の抗原検査を中止して、
      - ✓ 施設単位の下水サーベイランス(低コスト、検査結果の判明に1日)で代替
  - 感染リスクが高い場合
    - ✓ 検査結果判明(1日)までに感染が拡大する下水サーベイランスは中止して、
    - ✓ 検査結果が1時間以内に判明する、抗原検査を実施する。

## →感染リスクの「低い」と「高い」の閾値の判断は？

- シミュレーション分析で事前に閾値の計算は可能。
- 実装後は、閾値に達する度にスクリーニングの開始(ないし中止)を勧める
  - ✓ 非現実的:「施設単位のみ」の下水サーベイランス」1施設当り>1000人
  - ✓ 施設が立地している地域の「下水処理場での下水サーベイランス」  
(2本目の姉妹論文が査読中)

# 研究方法

- 施設入居者全員に対する抗原検査(オプション1)または施設単位の下水サーベイランス(オプション2)による一次スクリーニングで陽性結果が出た後に、臨床PCR検査を使用して個人レベルの感染の有無を診断するという2段階のスクリーニング方法を比較
- オプション2が、オプション1に対して低い費用を「相対的な便益」、オプション1に対して低い便益を「相対的な費用」とみなして、「オプション1に対する相対的な費用便益比・投資回収率(ROI)」を算出

# 投資回収率 (ROI)

投資回収率 (ROI) と便益費用比は、概念的には同じ経済効率指標であり、解釈も同じ。

具体的には、あるオプションのROIが $>1$ であれば、費用削減が実現される。

例えば、ROIが1.50の場合、あるオプションに100万円投資すると、150万円の費用削減、すなわち純額で50万円を削減できることを意味する。

# 費用対効用・効果分析(CEA)から 費用対便益分析(CBA)への変換

□健康改善を貨幣価値に換算する方法とは？

● 質調整生存1年延長 = 500万円の便益

□近年欧米では、医療分野でもCBAが増えている

● 理由1: 政治家・一般人に理解しやすい

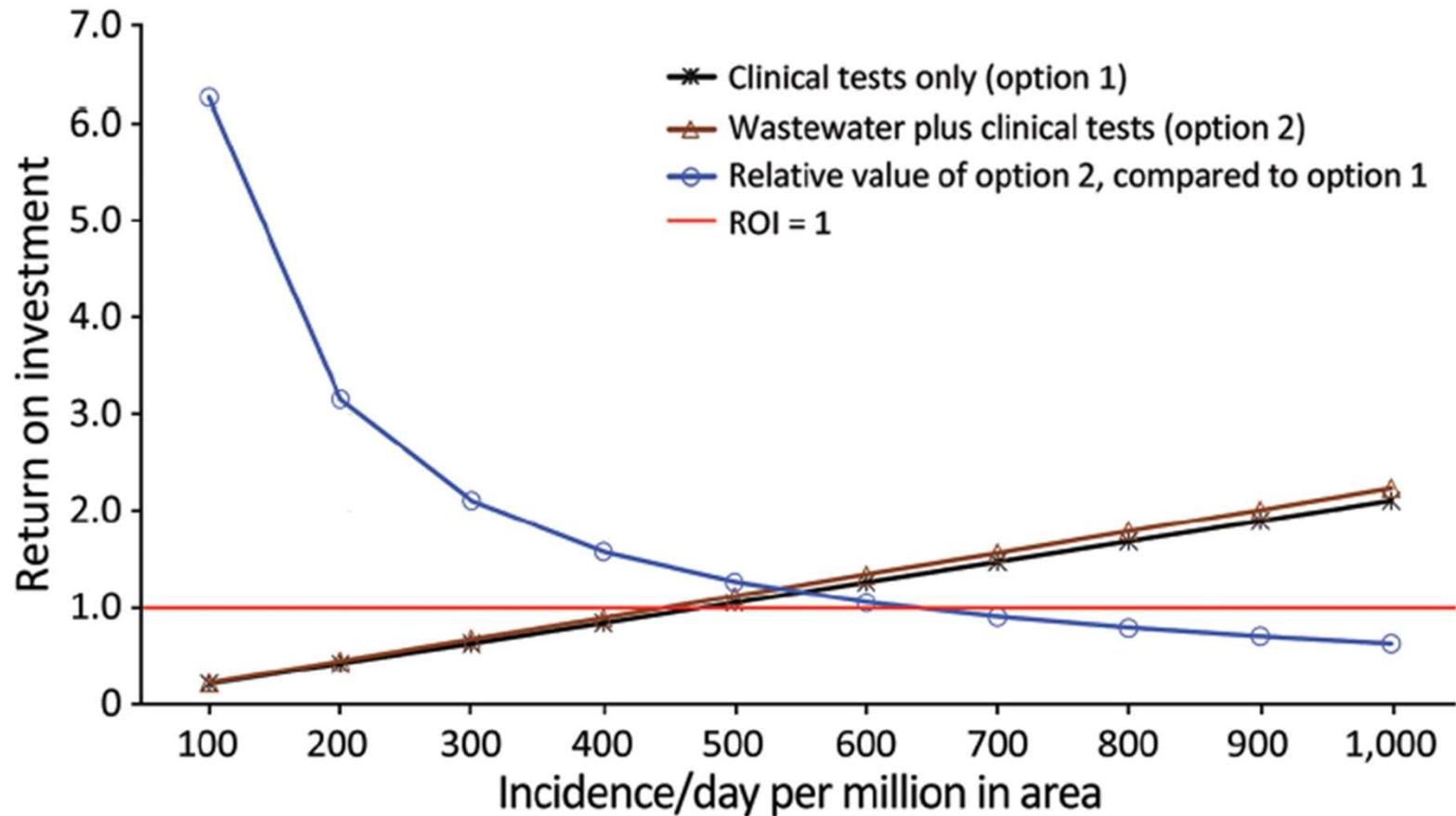
● 理由2: 理論上CEAとCBAは同じ結論

→ 日本は周回遅れで、CEAが未だに主流

# 研究方法

- 施設入居者全員に対する抗原検査(オプション1)または施設単位の下水サーベイランス(オプション2)による一次スクリーニングで陽性結果が出た後に、臨床PCR検査を使用して個人レベルの感染の有無を診断するという2段階のスクリーニング方法を比較
  - オプション2が、オプション1に対して低い費用を「相対的な便益」、オプション1に対して低い便益を「相対的な費用」とみなして、「オプション1に対する相対的な費用便益比・投資回収率(ROI)」を算出
- 下水サーベイランス(オプション2)を経済的に正当化することが、特に、長期介護施設が立地している地域の新規感染者数[人口100万人当たり1日当たり]が少ない場合に容易に。

# 研究結果



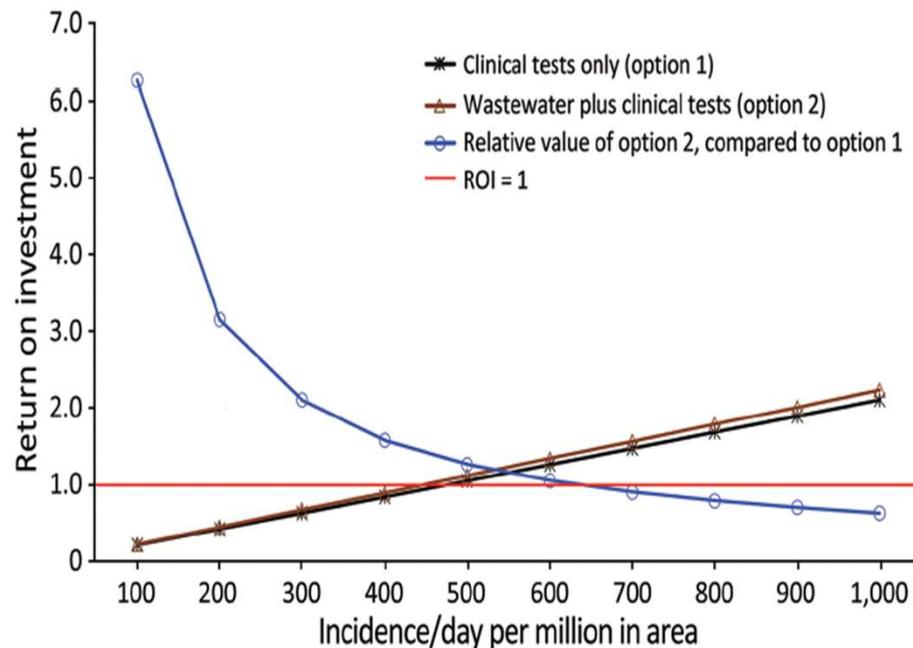
図表1 施設単位でのCOVID-19スクリーニング検査オプションの投資回収率(ROI; 縦軸)と新規感染者数の関係[人口100万人当たり1日当たり](横軸)

- 新規感染者数が多いほど、「オプション1のROI (図表1中の黒色の直線)」と「何もしない場合と比較したオプション2のROI (茶色の直線)」が高くなる
- 新規感染者数が少ないほど、「1次スクリーニングの手法を抗原検査から下水サーベイランスに変更した場合のROI (青色の曲線)」は高くなる<sup>54</sup>

# 単独施設で実施する下水サーベイランスの経済評価<sup>1</sup>

無症状者に対するCOVID-19のスクリーニング検査として「抗原検査」または「施設単位の下水サーベイランス(FW)」を選択する閾値(投資回収率(return on investment (ROI))>1になる損益分岐点)の例

図表(縦軸)施設単位での3つの検査の投資回収率(return on investment (ROI))



損益分岐点の例: 以下の条件なら「FW」を選択

- (横軸)新規感染者数/発生率  
[人口100万人当たり1日当たり]: 630人以下
- 入居者数>80人(理想的には>1000人)
- 下水サンプル採取の人件費<20万円
- 抗原検査>1740円

⇒結論:

施設単位のみの下水サーベイランスの導入による臨床スクリーニング検査の効率改善の効果は限定的。

効率を最大化するには、下水処理場でのサンプル採取と地域全体の発症率予測が必要(2本目の姉妹論文が査読中)

# 下水を用いる感染症対策の経済価値 — 大規模アンケート調査による支払い意思額 —

Yoo BK, Goto R, Kitajima M, Sasaki T, Himmler S.

**“Willingness to pay for nationwide wastewater surveillance system for infectious diseases in Japan,”**

*Environmental Science: Water Research & Technology*. 2024: in press;  
<https://doi.org/10.1039/D4EW00332B>

- 論文タイトル和訳：「感染症対策である全国規模の下水サーベイランス制度への支払い意思額」
- 掲載誌は英国Royal Society of Chemistryが出版
- 2024年6月20日(木)にオンラインで最終版が掲載
- 早稲田大学・神奈川県立保健福祉大学から和文のプレスリリース  
(2024年6月27日) : <https://www.waseda.jp/inst/research/news/77825>
- [日本経済新聞に掲載](#) (2024年6月27日)
- [英文のプレスリリース](#) (2024年7月17日) : [世界のメディア掲載の国際ランキングで上位5%](#)
- Social Science Research Network ([SSRN](#)) で査読中のPreprint論文のダウンロード数が世界で[Top 10](#) (Water, Sanitation & Hygiene分野)

# 2024年6月27日の日本経済新聞に掲載

[https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP673862\\_X20C24A6000000/](https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP673862_X20C24A6000000/)

日本経済新聞

記事利用について

## 早大・神奈川県立保健福祉大・東大、下水サーベイランス制度に対する住民の「支払い意思額」を推定

2024/6/27 15:01 | 日本経済新聞 電子版

【プレスリリース】 発表日:2024年06月27日

下水を用いる感染症対策の経済価値

— 大規模アンケート調査による支払い意思額 —

<発表のポイント>

◆将来の大規模感染症の予防政策について、正当化できる財源の金額を推定するため、日本国内の公共政策の財源を負担する一般住民を対象とした大規模アンケート調査を実施した。この調査は、経済学の評価手法を用い、特定の政策に対して「支払っても構わない金額（支払い意思額（Willingnessto-pay）（※1）」を質問した。

◆アンケート調査の結果、全国の主要都市において下水サーベイランス（下水中に存在するヒト由来のウイルスを検査・監視すること）を開始・維持する政策に対する年間支払い意思額（WTP）は、1世帯あたり平均値で2,100円（中央値800円）であった。

◆日本の全世帯のWTP（年間450億円）は、「全国規模の下水サーベイランス」を開始・維持するための費用（年間30億円）をはるかに上回ったため、公共政策として「全国規模の下水サーベイランス」の整備は経済的に正当化されたとと言えます。



## Impact Highlights

Impact Highlights - Performance Metrics from Altmetric (As of August 15<sup>th</sup>, 2024)

### Top 5%

Is where your article was ranked – based on popularity – in this area of research among more than **26 million** articles tracked by Altmetric.

### Ranked 1

Among **66** articles from *Environmental Science: Water Research & Technology* published within six weeks before or after the article's date of publication.

### >98%

Earned an altmetric score that is higher than **98%** of the **380,671** research papers published within six weeks before or after the article's date of publication.



Altmetric score increased from **37** to a healthy **101** after press release.  
Altmetric Score:  
<https://www.altmetric.com/details/164872146>

## Media Coverage Highlights

### 25

Global news outlets and social media handles featured the story of your research

### 883K

Individuals were reached on Australian news portal [Mirage News](#)

### 13.5 million

People were potentially reached through online publications

### 10.5 million

Readers learned about your research on [Phys.org](#), a popular Science research news outlet

### 650 million

Monthly visitors on [MSN](#), Microsoft's highly renowned news aggregator website

### 287

The graphical press release received **287** hits on [Alpha Galileo](#).

### 676

The research paper received **676** page views on [EurekAlert](#).

# 用語解説

## ※1 支払い意思額 (Willingness-to-pay; WTP)

特定の財・サービス・政策に対し、消費者・納税者が支払ってよいと思う金額。

- 0円から2万円までの金額から選択
- または、2万円以上の額を記入

## ※2 仮想評価法

アンケート調査を用いて、仮想的な市場を描いたシナリオの下でのサービスに対する被験者の**支払い意思額を推定**する経済学的手法。

- 将来のパンデミックの死亡率を10%と仮定
- シナリオ1: 下水サーベイランスで死亡率を10%→8%に低下
- シナリオ2: 下水サーベイランスで死亡率を10%→5%に低下

# 下水を用いる感染症対策の経済価値

## — 大規模アンケート調査による支払い意思額 — 2

日本の全住民を代表する大規模なアンケート調査（N=2,538）の結果、「全国規模の下水サーベイランス制度（COVID-19、インフルエンザ、新興感染症等に対応可能）」の整備が経済的に正当化された。



欧州の6か国での先行研究のWTPの中央値は日本の約20倍：  
1,600円[1世帯1年間あたり]を外挿すると日本の全世帯WTPは9千億円  
(Himmler et al., 2020; Himmler et al., 2022)

# 研究の波及効果や社会的影響

- 日本の世帯の多くが、年間800円の追加課税で、「全国規模の下水サーベイランス」の実施を支持していることを示唆
- 追加課税をする場合は、累進課税を実施することが望ましい
  - WTPをゼロと回答した(アンケート調査全体の約3%)傾向が高かった低所得世帯にとっては免税対象となるため
- 年間450億円のWTPの総額は、下水処理場での下水サーベイランス(30億円)だけでなく、国際空港での下水サーベイランスの導入など、広範囲な対象をカバーできる可能性
- 日本のみならず諸外国の下水サーベイランス制度に関与する政治家・公衆衛生専門家間の議論に有用な示唆をもたらす

# 政策含意

- 医療経済学の目標は、限られた資源の配分を変えることで、社会全体の健康状態の改善を最大化すること
- 本研究の結果は、下水サーベイランスに対する(金銭的・人的)資源配分を、これまでより厚くする政策変更を支持
- 今後、日本の中央政府による政策変更が進まない場合でも、下水サーベイランスを実施する自治体が増えることも期待
- 地方自治体政府は、本研究の結果(1世帯あたり平均WTPは2,100円;中央値は800円)を財政支出の根拠として用いることで、政策変更を進めることが可能
- 大規模感染症に対する下水サーベイランスの実施規模で欧米先進諸国に遅れをとるが、世界最高レベルのサーベイランス技術を用いて、社会的なインフラ(社会資本)として継続的に維持され、国際標準に追いつくことに期待

ご清聴ありがとうございました。