

**簡単に計算できる「新型コロナの実効再生産指数 R^{W8} 」を提案. R^{W8} をみれば新型コロナの感染状況が明瞭に把握できる.
収束させるには $R^{W8} < 1$ を保ち続けるのが必須!**

概要

鳥取大学の小谷岳生工学部教授, 工学専攻博士前期課程2年澤田資也, 榊原寛史工学部助教は, 新型コロナの実効再生産数の指数 R^{W8} を考案し, 各国での感染状況を解析しました.

新型コロナの感染拡大をいかに押さえ込むには感染状況の把握が必要です. ただ, 日々の報告人数を見るだけではその把握は困難です. 重要な量は「何月何日には感染者1人あたり何人の新たな感染者を生み出したか」という数字です. これが「日ごとの実効再生産数 R 」です. R の正確な値がわからなければ正しい対策が打てません. R を得るには, なんらかの推定計算の方法が必要です.

本研究では, 簡単明瞭な推定計算の数式を提案しました. その数式で得られるのが指数 R^{W8} です. R^{W8} はおよそ R と一致します. $R^{W8} < 1$ を維持するように対策を打てれば新型コロナの拡大を抑えこめます. 以下の図1の上側には報道等で報告される日本全国の新規感染者数 N^{obs} とその週平均 (赤線) を示しています. 横軸が日付です. 下側のグラフが, N^{obs} から計算した R^{W8} の値とその週平均です. 赤の横棒で示した全国緊急事態宣言の時期では赤線で示した R^{W8} (週平均) は1を十分に下回っていました. 9月以後, 1を越えてだんだん大きくなりつつあります.

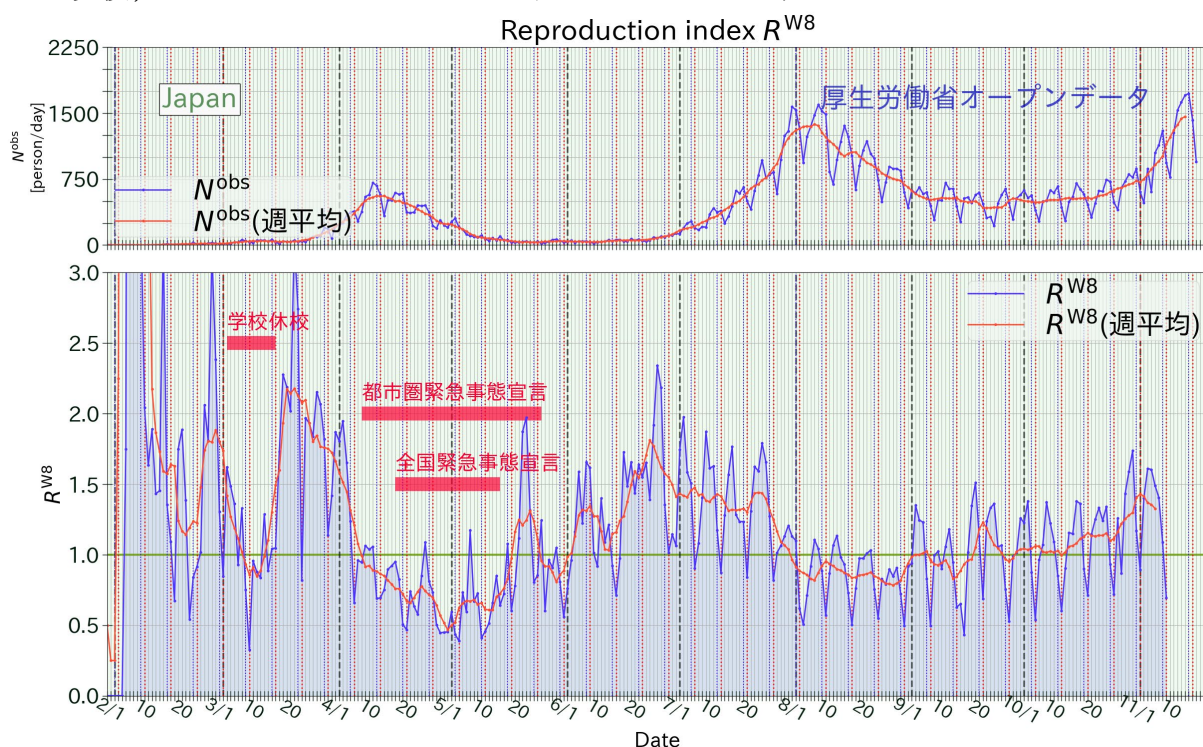


図 1. グラフの横軸は日付. 厚生省オープンデータの青線と赤線は日々の感染者数 N^{obs} とその週平均である. 下側に R^{W8} とその週平均を示した. 収束には R^{W8} が 1 を下回っている状況を維持する必要がある.

本研究成果は 2020 年 11 月 25 日に日本物理学会誌が発行する「Journal of the Physical Society of Japan」に掲載されました.

(参考資料)

ポイント

- ・ 新型コロナ新規感染者の日ごとの実効再生産指数 R^{W8} を提案した.
- ・ R^{W8} を用いて国別の新型コロナ感染状況の比較を行った.

研究背景

実効再生産数 R が重要な量であることは報道でも取りあげられ、よく認識されつつあります. まず、いづらか簡単化して R を説明します. このために 1 日目, 2 日目, 3 日目, ... でのどのように新規感染者数が変わっていくかを考えます. ちょっと乱暴ですが簡単のために、感染した人は次の日のみ他人に感染させる能力を持つと仮定します. もし、1 日目の感染者 100 人が 2 日目に 150 人を感染させたとする、1 日目の感染者が 2 日目に 1 人あたり 1.5 人を感染させたことになるので、 $R(2 \text{ 日目})=1.5$ ということになります. 書き直すと 1 日目の新規感染者数は $100 \text{ 人} \times R(2 \text{ 日目})$ と書けます. 3 日目にはこの感染者が新たな感染者を生み出します. その人数は、 $100 \times R(2 \text{ 日目}) \times R(3 \text{ 日目})$ となります. R は日付 i によるので、 $R(i)$ と書いています. $R(i)$ は日付 i に感染者がどのような行動をしていたか? で決まります. たとえば 2 日目に誰とも接触しないのなら $R(2 \text{ 日目})=0$ となるはずですが. この $R(i)$ が日ごとの実効再生産数です.

実際には、新型コロナの実態に即して数学的に正確な方法で $R(i)$ が定義されます. この $R(i)$ の値についてはインターネット上でも多くの場所で表示されるようになっていきます. ただ裏付けのない方法も多いようにみえます. 厚労省の報告では Cori の方法というのが使われています. ただ、計算手順にきちんと取り入れられていない誤差 (系統誤差) もそれなりには大きいはずですが.

研究内容

上記の背景のもと、本研究では Cori の方法よりも有用な「日ごとの実効再生産数 $R(i)$ 」の推定計算の方法の案出を試みました. 案出のための出発点は、感染の連鎖をあらわす感染方程式と観測方程式です. 観測方程式は「あらたな感染者が何日目に感染確認されるか」を示す方程式です. これらの方程式の中に含まれるパラメータについては、今までの多くの研究でおよその知見が蓄積されています. この 2 つの方程式を組み合わせて解けば「もし $R(i)$ が与えられているとして、それから得られる日ごとの新たな感染確認者数 $N^{\text{obs}}(i)$ 」を計算できます. 我々はこれを逆算する方法を考案して $N^{\text{obs}}(i)$ から $R(i)$ を得たいわけです.

われわれは、方程式の性質を吟味し、 $R(i)$ を直接的に計算する方法を案出しました. 得た結果は簡単明瞭で、 $R^{\text{W8}}(i)$ は以下のように書けます.

$$R^{\text{W8}}(i) = \frac{N^{\text{obs}}(i+8)}{\langle N^{\text{obs}}(i+3) \rangle}$$

$N^{\text{obs}}(i)$ は日付 i での感染確認者数です. 分母の $\langle N^{\text{obs}}(i+3) \rangle$ は $i+3$ 日を中心にした週平均です. この $R^{\text{W8}}(i)$ が $R(i)$ とおよそ同じ値になると考えてよいです. 分子の $N^{\text{obs}}(i+8)$ は日付 i からみて 8 日後の確認者数です. 分母の平均操作を除いて言えば、この式は、「5 日で何倍になるか」の比を 8 日後の N^{obs} を用いて計算する式となっています. こ

の数式の正当化と限界を明らかにする目的で論文中では方程式を用いたシミュレーションを行っています。この数式では今日までのデータから8日前の日付の $R^{W8}(i)$ までしか計算できないけれど、これは感染から確認までその程度かかるということなの

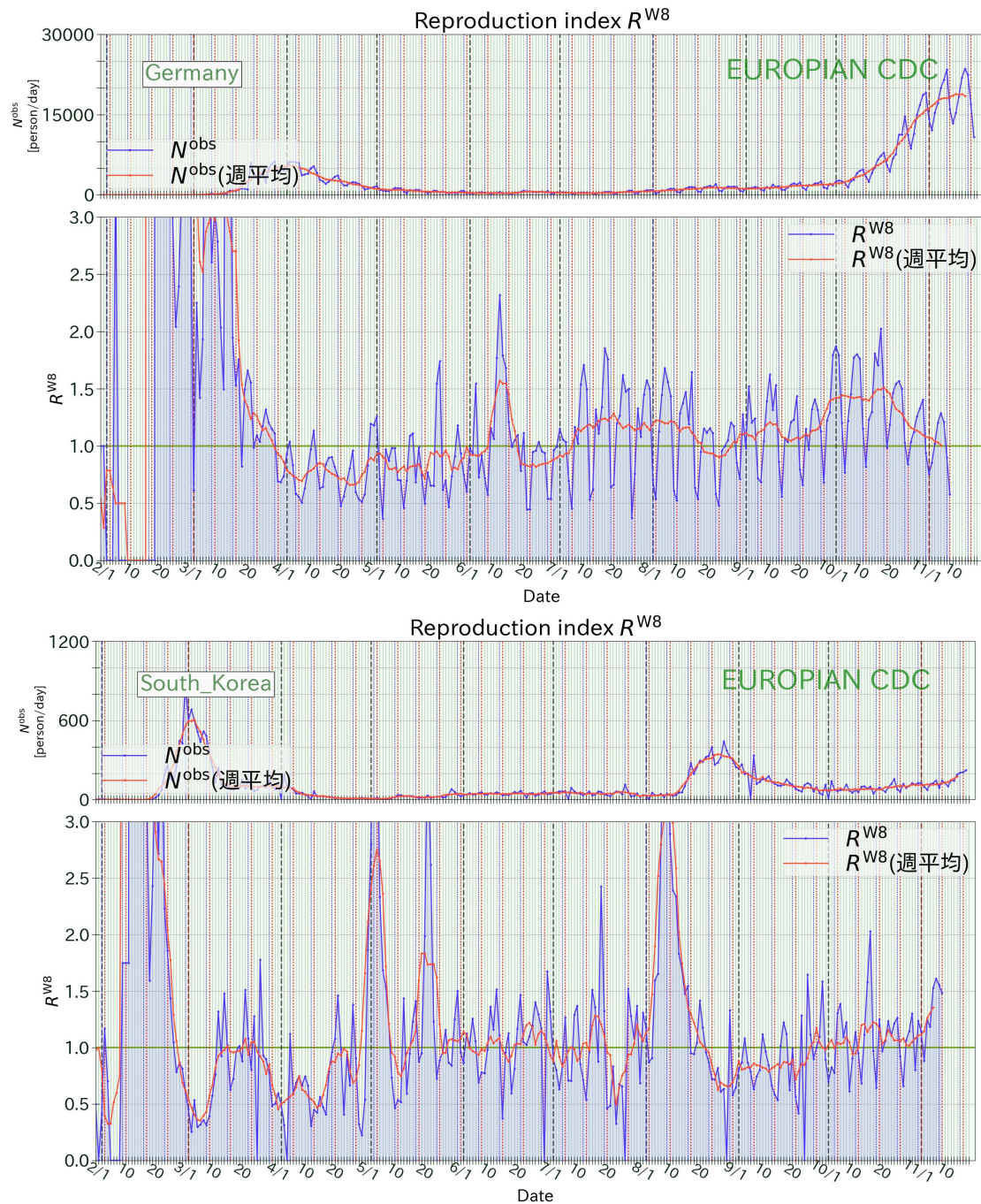


図 2.ドイツと韓国の結果，他国の結果以下のリンクを参照

<https://drive.google.com/drive/folders/1TFfLVpYAmbgWFqEWVPa7gFiiBnG7PmY>

で仕方ないです。週末のPCR検査数は少ないので、週単位で $R^{W8}(i)$ の振動があります。これを除くには $R^{W8}(i)$ を週平均した図 1 の赤線を主に観察したほうが良いです。この数式では、例えて言えば「低解像度になってしまった画像から元画像を得るのはあきらめる」というスタンスに立っています。 $R(i)$ が元画像で $N^{obs}(i)$ がその低解像度画像です。いまの場合、元画像がどういう変形を受けて低解像度になったのかが大体はわかっているけど、系統誤差があり正確にはわかっていない。こういうとき、元画像の再現は困難です。 $R^{W8}(i)$ の式は、解像度を上げて元画像を得ようとするのでなく、ザクッと妥当な輪廓を得てしまおうという数式です。

施策の決定に用いるにあたっての指標として $R^{W8}(i)$ を用いることができると考えています。厚労省の報告結果の $R(i)$ と比べてみると、およそ一致する結果となっているように見えます。一方、 $R^{W8}(i)$ は数式が非常に単純で優れています。

論文では $R^{W8}(i)$ を用いて各国の結果を分析しています。ドイツと韓国の結果を図 2 に示しました。ドイツでは、7 月以降はほとんど $R^{W8}(i) < 1$ とできていないですが、10 月末ぐらいから状況は好転しているようにも見えます。韓国では、9 月 20 日ぐらいまでは良好でしたが、それ以後は徐々に $R^{W8}(i)$ の値が大きくなって来ています。

今後の展開

R^{W8} は新型コロナの感染拡大の指数として重要です。日々の報告者の絶対数だけでなく、たとえば「 R^{W8} を 0.9 程度以下に保たないとそのうちまずいことになる、これを守るように施策する」というような社会的コンセンサスが重要です。 R^{W8} の数式の簡便さはそのための大きな武器です。8 日前の R^{W8} までが計算できるので 9 月末ごろには第 3 波へ至りうる傾向は認識できていたのではないかと思います。

現在、小谷研究室では報告人数の週サイクルの解析を行っており図 1 の赤線の R^{W8} の週平均の操作の正当性を確認中です。この週平均は、週単位でのトレンドをみるには良いのですが突発的事象を平均操作に混ぜ込んでしまうという難点があります。これを改善するには観測方程式を週サイクルの効果を取り込んだものに修正する必要があります。また、地域別の $R^{W8}(i)$ も重要です。もしも鳥取県において $R^{W8}(i) < 1$ が余裕をもって保たれているのならば、たとえ感染が持ち込まれても感染連鎖は自然消滅するような環境にあるということになりえます。もし、そうでなければかなりの警戒が必要です。このような解析は今後の課題です。

論文情報

タイトル : Comparison of Daily Reproduction of COVID-19 among Countries by a New Reproduction Index R^{W8}

著者名 : Takao Kotani *, Motonari Sawada, Hirofumi Sakakibara

掲載誌 : Journal of the Physical Society of Japan **89**, 124803 (2020)
<https://journals.jps.jp/doi/full/10.7566/JPSJ.89.124803>

DOI : 10.7566/JPSJ.89.124803

以上

【本件に関する問合せ先】

◆取材に関すること

国立大学法人鳥取大学 総務企画部総務企画課広報企画室

TEL : 0857-31-5006 E-mail : toridai-kouhou@ml.adm.tottori-u.ac.jp

◆研究内容に関すること

鳥取大学 工学部機械物理系学科, 先端機械電子システム研究センター (兼任)
教授 小谷岳生* E-mail : tkotani@tottori-u.ac.jp TEL : 0857-31-6741