

新型コロナウイルスの時系列解析

(1) 全国の状況

nino

2022年 3月 12日

1. はじめに

新型コロナウイルスの感染対策や医療体制に資するため、厚生労働省のオープンデータを用いて時系列解析を行った。

2. 時系列データ

時系列データは、次の5項目（略称）である¹⁾。

PCR検査実施人数（検査）、新規陽性者数（陽性）、入院治療等を要する者（入院）、重症者数（重症）、死亡者数（死亡）。これ以降は、略称を用いる。

期間：2020/2/5～2021/12/11。但し、開始時点は各項目で異なり、検査：20/2/5～、陽性：20/2/5～、入院：20/5/9～、重症：20/5/9～、死亡：20/5/10～である。

3. 各項目の時系列

5項目の時系列の特徴を調べた（図1）。

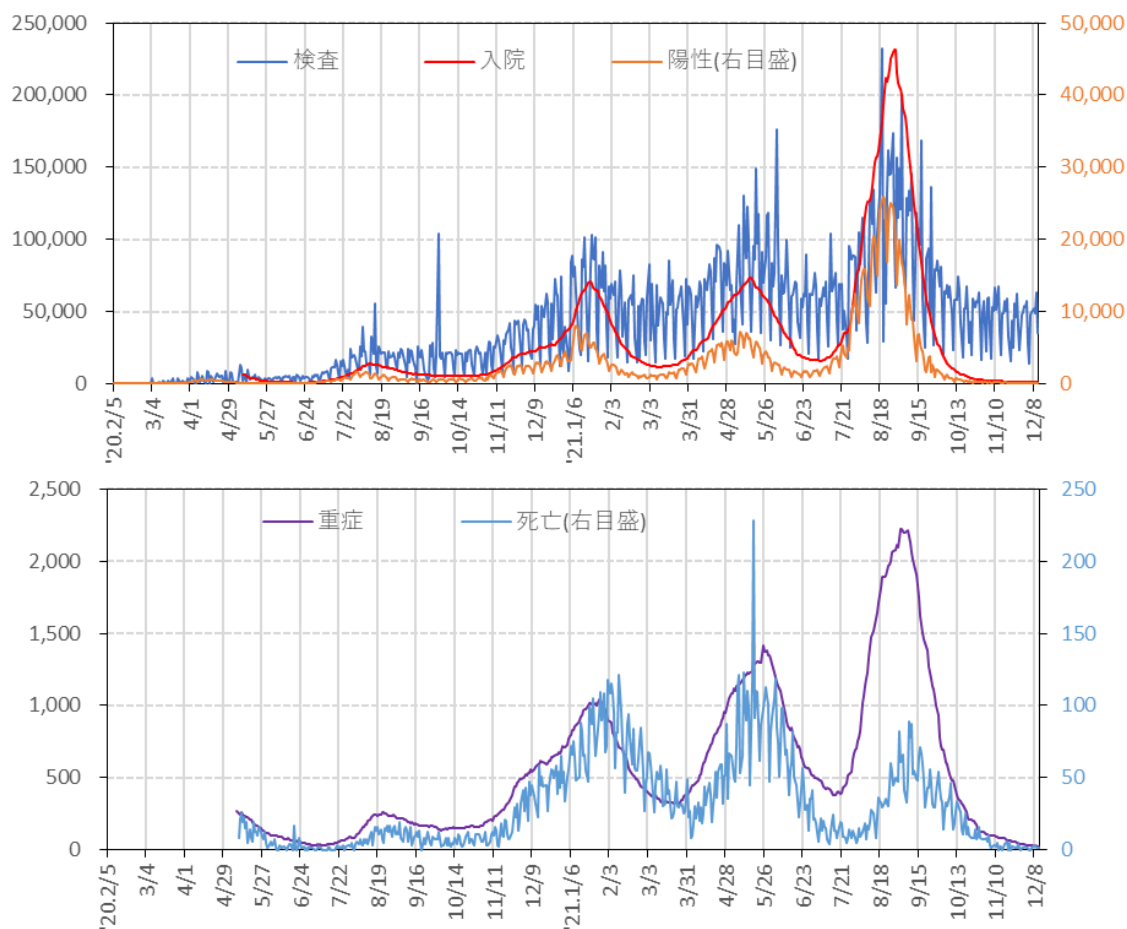


図1 各項目の時系列（縦軸単位：人）

全期間の時系列データがある検査と陽性においては、周期が3～5カ月程度の5つの大きな波すなわち第1波から第5波までが認められた。検査、陽性および死亡では大きな波に短周期変動が加わる波形を示したが、入院と重症では短周期変動は明確には認められなかった。短周期変動は人間の社会活動による1週間（7日間）周期のもので、その振幅は大きな波の高さにほぼ比例して増減する傾向を示した。

一方、死亡を除きピーク高は第1波から第5波まで経時的に増加傾向を示した。ピークの最大値は検査と入院が約250,000人で最も高く、次いで陽性の約25,000人、重症の約2,500人、死亡の約250人であり、この順にほぼ1桁ずつ低下した。なお、入院が陽性より1桁高いのは、陽性は当日の集計値であるが、入院は入院中の人数を積み上げたものであるためと考えられる。

3. 時系列データの7日間移動平均と曜日効果

時系列データの7日間移動平均を求め、大きな波の変化傾向を調べた。7日間移動平均は時系列データから7日周期変動成分（正確には、 $7/2$ 日 ≈ 3.5 日周期や $7/3$ 日 ≈ 2.3 日周期なども含む短周期変動成分）を除去する方法^{2,3)}である。以降、7日周期変動成分を曜日効果という。

一方、時系列データは7日間移動平均と曜日効果と誤差の和からなるという簡単なモデルを考える。

$$\text{時系列データ} = 7\text{日間移動平均} + \text{曜日効果} + \text{誤差}$$

このモデルは季節調整⁴⁾に準じるものである。ここで、誤差を無視すると、時系列データから7日間移動平均を差し引けば、曜日効果が得られる。

$$\text{曜日効果} \approx \text{時系列データ} - 7\text{日間移動平均}$$

図2に項目ごとの7日間移動平均（点線）と曜日効果（実線）を示した。

なお、厚生労働省や地方自治体では当日の情報が欲しいため？前6日から当日までの7日間移動平均を用いている場合が多いが⁵⁾、ここでは当日と前後3日の7日間移動平均を用いた。

図1の時系列データと比較すると、図2では7日間移動平均と曜日効果によく分離されている。曜日効果はほぼレベル0を中心に比較的対称な形で変動している。実際に、各項目において曜日効果の和を求めると、ほぼ0に近い値が得られた。したがって、先のモデルは比較的よく当てはまっていると考えられた。

まず、7日間移動平均の波形についてみると、検査はバラツキが大きく、死亡もバラツキがやや大きかったが、入院と重症は比較的滑らかであった。検査と陽性の第3波と第4波ではピークの割れがあり、死亡の第4波では尖ったピークが見られた。ピークの割れや尖ったピークはそれぞれ該当する7日間移動平均の週のある1日のデータが特に低いあるいは高いことの影響を受けたためである。一方、各波のピークの時期を比較すると、入院のピークは陽性のピークよりも少し遅れて現れるなど、項目ごとに違いが見られた。この詳細については後述する。

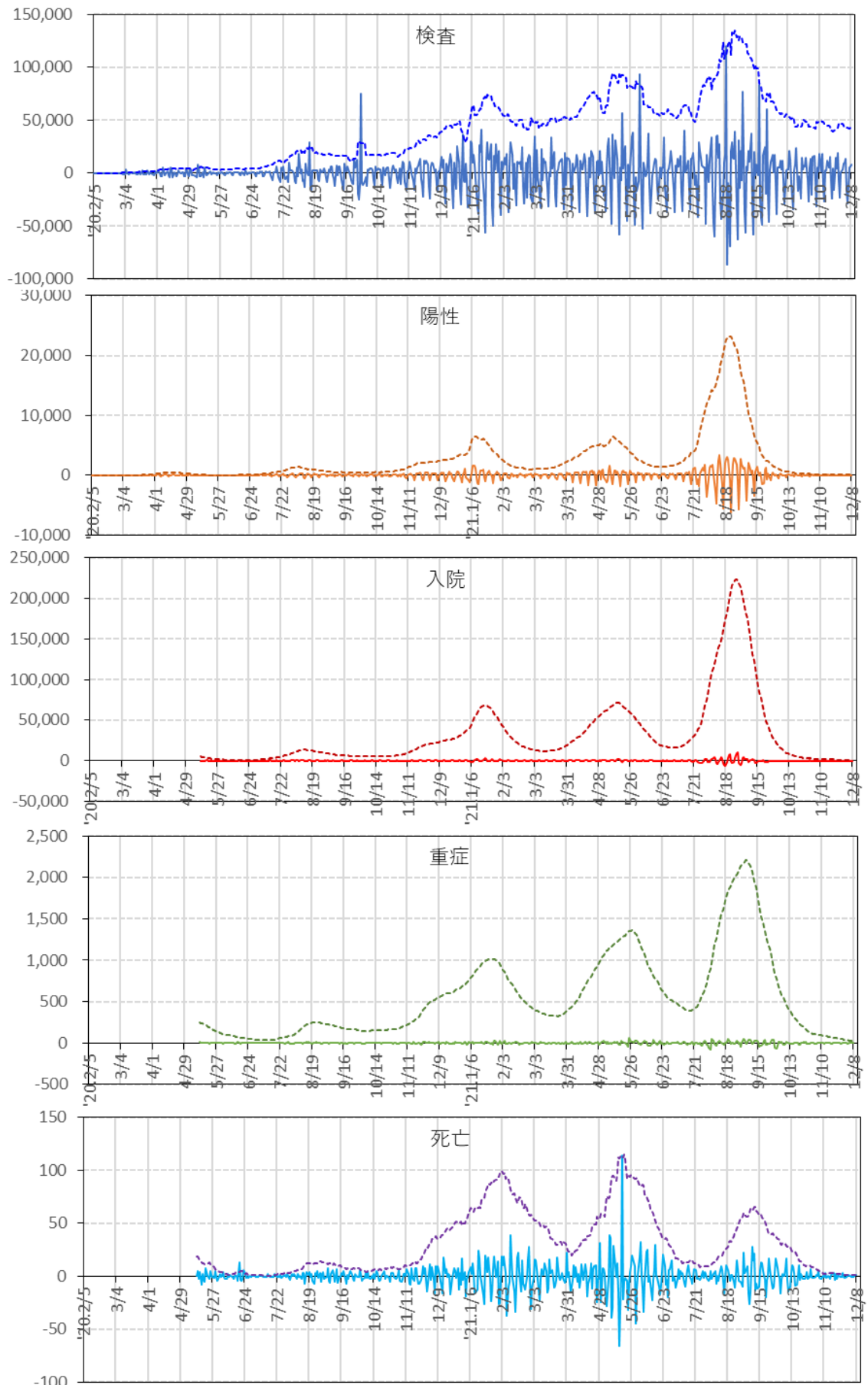


図2 7日間移動平均(点線)と曜日効果(実線) (縦軸単位:人)

次に、曜日効果についてみると、検査や陽性では曜日効果がはっきりと現れているが、検査の曜日効果はバラツキが大きかった。検査数はその時々状況に応じて激しく変化しているためと考えられる。入院の曜日効果は小さいが、陽性の曜日効果に似たパターンを示した。陽性と入院における曜日効果の振幅（最大ピークと最小ピークの差）を求めると、それぞれ約 10,000 人と約 15,000 人となり、陽性より入院のほうが大きかった。入院は陽性よりも人数が 1 桁高いので、時系列データでは曜日効果が振幅の大きな波の中に取り込まれ、相対的に小さくなったためである。一方、重症の曜日効果は微弱だが、死亡の曜日効果は多少バラツキがあるもののはっきりと現れている。これら曜日効果は 7 日間移動平均のピーク高とほぼ比例して増減している。

4. 項目間のピーク出現日の違い

先述したように、7 日間移動平均（図 2）における各項目間のピーク出現日に違いが見られたので、このことについて検討した。表 1 に第 2 波～第 5 波における項目別のピークの出現日を示した。

表 1 第 2 波～第 5 波における項目別のピークの出現日

	第 2 波	第 3 波	第 4 波	第 5 波
検査	2020/8/14	2021/1/19	2021/5/10	2021/8/27
陽性	2020/8/6	2021/1/8	2021/5/11	2021/8/22
入院	2020/8/12	2021/1/18	2021/5/14	2021/8/27
重症	2020/8/23	2021/1/25	2021/5/28	2021/9/5
死亡	2020/8/28	2021/2/2	2021/5/20	2021/9/10

表 1 から各波における項目間のピーク出現日を比較すると、第 4 波を除いて陽性ピークの出現日が最も早かった。そこで、各波について陽性ピークから他項目ピークまでの日数を求めた（表 2）。日数は陽性ピークに対する他項目ピークの時間遅れに相当する。なお、表中には第 4 波を除いた項目別の平均値もあわせて示した。

表 2 陽性ピークから他項目ピークまでの日数

	第 2 波	第 3 波	第 4 波	第 5 波	平均値*
検査	8	11	-1	5	8
陽性	0	0	0	0	0
入院	6	10	3	5	7
重症	17	17	17	14	16
死亡	22	25	9	19	22

*：第 4 波を除く

各波で日数はやや異なる傾向を示した。特に、検査は波ごとのバラツキが大きく、第 4 波ではマイナスとなるなど異常値による影響があると考えられた。第 4 波を除くと、日数は入院、検査、重症、そして死亡の順に大きくなった。

各項目間における日数のおおよその違いを把握するため、第4波を除いた平均値を用いて検討した。陽性ピークに対する検査ピークの日数は8日であった。陽性がピークに達して8日程度経過してから検査数が減少に転じたことが示唆された。入院の日数は7日であった。陽性になってから入院するまでに時間のズレが生じているようである。一方、重症の日数は16日、死亡の日数は22日となった。重症と死亡については入院してからの日数も重要と考えられるので、入院ピークに対する重症と死亡のピークの日数をあらためて求めたところ、それぞれ9日と15日となった。なお、これらの結果の解釈について留意すべき点は、陽性は当日の集計値であるが、入院は入院中の人数を積み上げたものであることである。重症についても同様である。

なお、変異株の種類によって陽性速度や重症度などが異なると言われている。第5波の主体株はデルタ株と指摘されているので、その特性が第5波における重症や死亡などの日数に影響している可能性が考えられる。さらに詳細な解析を行うにはデータを精査、検証した上で用いる必要がある。

5. 曜日効果

先述したように、陽性や入院などにおける曜日効果は無視できなかった。より有効的な感染対策や医療体制を考える上で、曜日効果を把握しておくことは重要である。

そこで、曜日効果（曜日別の平均人数）を求めた（図3）。本来は各波に分けて曜日効果を求めるべきだが、ここでは、曜日効果のおおよその傾向を把握するため、全期間を対象とした。

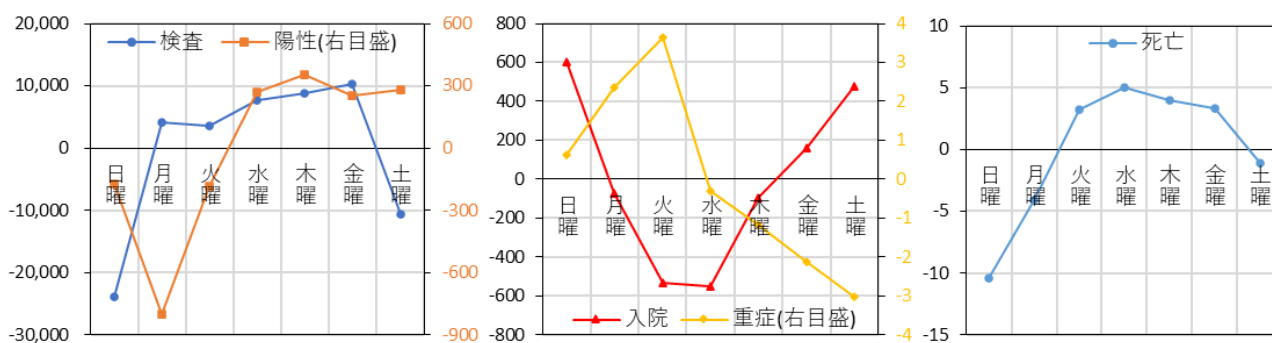


図3 各項目の曜日効果（縦軸単位：人）

検査は日曜に最も低く、次いで土曜であった。また、月曜から金曜に向けて徐々に上昇した。検査数の増減が1週間単位の社会活動による直接的な影響を受けていたと考えられる。一方、陽性は月曜に最も低く、次いで火曜と日曜の順となり、検査に比べてほぼ1日遅れの変化パターンを示した。陽性判定の結果が検査より1日程度の遅れで集計されていたためと考えられた。入院は火曜と水曜で最も低かった。これは陽性の最低日より1～2日程度の遅れであった。その一因として、陽性判定から入院までにその程度の日数が必要であったことが挙げられるが、陽性はその時点での係数値であるが、入院は入院中の者として数値を積み上げたものであることに留意する必要がある。次の重症も同

様である。重症は土曜に最も低く、火曜に最も高くなる傾向を示した。重症は変位幅が7人と小さく、また、入院してから重症化するまでの時間に個人差があるので、その評価は難しい。死亡は日曜に最も低く、次いで月曜、土曜であった。死亡も重症と同様に曜日効果を評価するのは難しいが、1週間単位の社会活動による影響を多少受けている可能性がある。このように7日間移動平均だけでなく曜日効果を加味することによってより精度の高い人数を推測できると考えられる。

6. 陽性率

感染の拡大に検査が追いつかない状況にあると、症状があるにもかかわらず検査を受けられない患者が多いことになる。このような場合は、新規陽性者数だけでなく、陽性率を併せて確認することで、全体像を把握できるようになる⁶⁾。陽性率は、7日間移動平均における陽性/検査(%)で表され、その値が高いほど見逃している新規陽性者が多くいると推測できる。陽性率の変化を図4に示した。

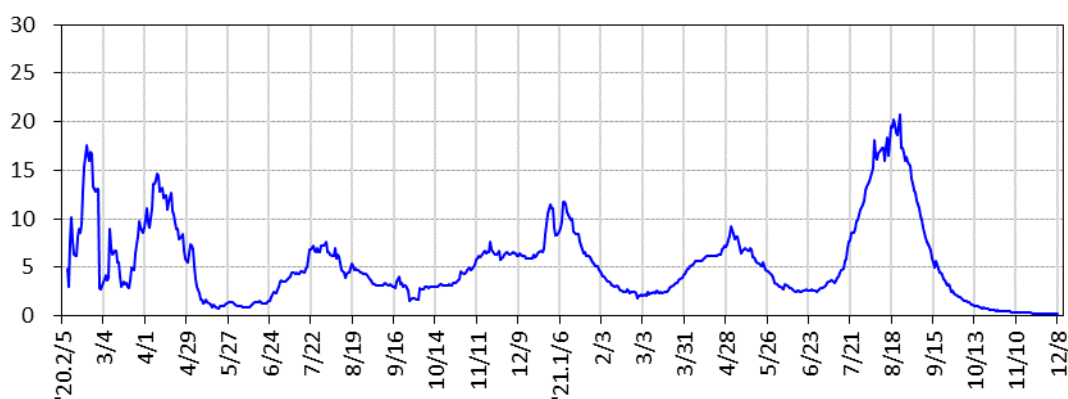


図4 陽性率(%)の変化

第1波の陽性率は他波に比べてバラツキが大きかった。新型コロナの感染当初は混乱しており、それがデータに現れたためと考えられる。第2波から第5波における陽性率のピークは、検査や陽性のピークに比べて1週間前後早く現れていた(図2)。感染が拡大傾向の時は検査が追いつかなかったことが示唆される。陽性率のピーク高は第2波から第4波までが約7.5~約12%であったのに対して第5波では約20%と倍近い値を示した。第5波は強い感染力を持つデルタ株が主体であり⁷⁾、感染に対応した検査数が十分に確保できなかったことなどが考えられた。

7. まとめ

新型コロナウイルスの感染対策や医療体制の整備を効率良く行うためには、7日間移動平均による大きな波だけでなく、曜日効果も考慮することが重要であると考えられた。

参考文献

1) 厚生労働省

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

2) なるほど統計学園

https://www.stat.go.jp/naruhodo/10_tokucho/sonota.html

3) 物理のかぎしっぽ, 周期時系列の統計解析 (3) 移動平均とフーリエ変換

<http://hooktail.sub.jp/contributions/shuki03.pdf>

4) 季節調整

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%AD%A3%E7%AF%80%E8%AA%BF%E6%95%B4>

5) 神奈川県衛生研究所、神奈川県 新型コロナウイルス感染症情報 (66)

https://www.pref.kanagawa.jp/sys/eiken/003_center/0005_ryukou/COVID-19/210702_COVID-19.html

6) 済生会、新規感染者数や検査陽性率などの感染の指標から何が分かる？

https://www.saiseikai.or.jp/feature/covid19/data_q03/

7) 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_siryoul-2_houkoku.pdf