

# 陽性者数の増減に係る人流・雪等の直接・間接効果

518376 山下 将大

気象・気候ダイナミクス研究室 指導教員 立花 義裕 教授

Keywords: SARS-CoV-2, Foot Traffic, Daily Weather, MLS, Pass Analysis

## 1. 研究背景・目的

SARS-CoV-2 の世界的流行は、今なお終息の兆しが見えず、連日のように新規陽性者数（以下、陽性者数と表記）の速報や予測に関する話題を耳にする。流行の初期には免疫学的な要素を重視した従来の理論疫学モデル（SIR・SEIR）による予測が試みられたが、最近では疫学的要素に人流や気象要素を加味した新しいモデルも考案されている。<sup>1)</sup>このような予測に先立ち、これまでに、感染症と人口、健康状態と気象といった1対1の関係性が記され、予測時の参考とされてきた。<sup>2)-5)</sup>しかし、こうした研究は2要素間の直接的な関係のみを取り上げ、間接的な効果を検討していない。加えて、対象期間や地域が限定的であり、とりわけ、我が国における気象・気候、人流等の社会的要素と陽性者数の増減に焦点を当てたものは数少ない。そのため、陽性者数の増減に関する種々の因子の検討は十分であるとは言えない。

また、感染症と気象については、 Dengue 熱<sup>6)</sup>などの熱帯地方に特有な疾患を対象とした研究は多いが、降雪地域における感染症と気象に焦点を当てたものは見当たらない。さらに、SARS-CoV-2 への感染は気候を問わず全球規模で発生している。それゆえ、熱帯のみならず、降雪地域を対象とした検討も行う必要があると考える。

そこで、本研究では第1に気象要素と社会変容の過去の陽性者数の増減に係る直接・間接的な効果の高低を統計的に調べることで、第2に北海道の2都市を対象に降雪と感染者数の増減の関係に迫ることの2点を目的とした。

## 2. データと手法

### 2.1 データ処理

#### 2.1.1 全国・北海道

全国の気象官署 157 地点、北海道の 22 地点それぞれの日平均気温、日寒暖差（日最高気温と日最低気温の差）、前日差（ある日の最高気温とその前日の最高気温の差）の気候値からの偏差を算出し、その平均値を用いた。また、陽性者数、電力供給実績量、人流データ（Google の位置情報）、および、日経平均株価（日経 225）のデータを政府、企業の HP より引用した。<sup>7)-9)</sup>

次に、SARS-CoV-2 の潜伏期間<sup>10)</sup>を考慮して陽性者数の値を 5 日間繰り上げ、その 7 日間走査中央値の推移から全国のデータを第 1 波、第 2 波、第 3 波に、北海道のデータを前半部、後半部へと細分した。その後、SIR・SEIR と相似な双曲線関数を用い、最小二乗法により近

似曲線を求め、その残差（疫学に基づく陽性者数の増減からの差）を算出した。

また、電力供給実績量のデータに対して季節調整を施し、前年の同月同曜日平均値からの偏差をとった。さらに、日経 225 の欠損値を ARIMA モデルにより推定した。

#### 2.1.2 道内都市

2.1.1 と同様に、札幌と旭川を対象に気象、陽性者数のデータを処理した。このとき、先述の要素に降雪量の日合計、日最深積雪を加えた。ただし、これらは生データとした。Fig.1 は札幌の陽性者数と曲線近似を示したもので、この流行における降雪期間（図中の矢印で示された期間）を抽出し解析に用いた（旭川も同様）。また、人流データは北海道の HP<sup>11)</sup>にて無償公開されている Agoop 社の値を採用し、前年の同月同曜日平均値からの増減比とした。

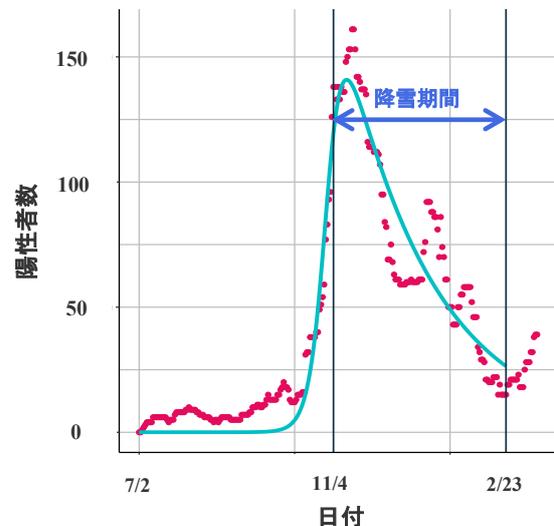


Fig.1 札幌の陽性者数と近似曲線  
点（赤）：陽性者数、曲線（緑）：近似曲線  
（横軸：日付、縦軸：陽性者数）

### 2.2 パス解析

人流、気象の陽性者数の増減に係る直接・間接効果を知るために全国、北海道、道内都市のそれぞれに対して最小二乗法を用いたパス解析を行い、適合度指標の高低からその結果を評価した。併せて、その結果を示すパス図を作成した。

なお、以上の実施には R, version 4.0.4 (R Core Team, 2021)<sup>12)</sup>と  $\Omega$ nyx を使用した。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 全国・北海道のパス解析（図略）

全国の結果に関して、第1波、第2波では直接、間接という形態の違いはあるが、日寒暖差が大きいときに陽性者数が減少したことが示された。他方、第3波では、この関係は認められなかった。

次に北海道に言及すると、全国の第1波、第2波と重複する前半部では、日寒暖差と陽性者数の関係にて全国と同様の結果が得られた。他方、後半部では人流と気象の関わりのみが示され、気象要素から陽性者数に架かるパスは見出されなかった。

#### 3.2 札幌・旭川の降雪と陽性者数の増減

Fig.2a より、札幌では降雪量、日最深積雪の増加はそれぞれ 20:00 の人流を媒介して、間接的に陽性者数の減少、増加をもたらした可能性が見出された。このような降雪量、積雪深の 20:00 の人流を介した陽性者数への間接効果は一連のパス係数の積で表され、降雪量、積雪深の間接効果を概算すると、それぞれ-0.05、0.22 であった。他方、人流から陽性者数へのパス係数は 0.35 であり、札幌における陽性者数の増減に対する降雪の間接効果に比べて、人流の直接効果のほうが高いことが分かった。しかしながら、間接効果の存在から、降雪と陽性者数の増減は無関係ではないことが明らかになった。

一方、旭川では降雪量、日最深積雪がそれぞれ人流を経由せず、陽性者数に対して直接的に作用していた (Fig.2b)。これは、両都市の降雪の程度や交通網の発達度合の差に由来すると予想する。

なお、適合度指標により上記のパス解析の結果を評価すると、十分な当てはまりであった。しかしながら、パス係数の符号から判断して常識に反する部分も見受けられた。この理由として、標本数の不足や潜在因子の存在が考えられる。

### 4. まとめと展望

全国、北海道、道内都市における気象要素と社会変容の過去の陽性者数の増減に係る直接・間接的な効果の高低をパス解析により検討し、適合度指標の高低からパス図を評価した。結果より、気象要素は陽性者数の増減に対して直接、または間接的に働いたことが示された。また、札幌と旭川ではともに、降雪が陽性者数の増減に関係した可能性が見出された。

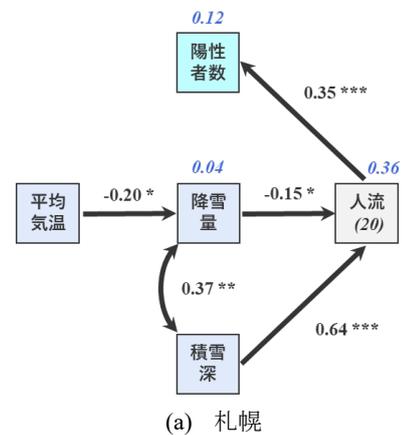
今後、本研究の対象期間に続く感染拡大の波や函館等の道内の他都市、および、他の降雪地域を対象とした検討が行われることを期待する。

### 5. 謝辞

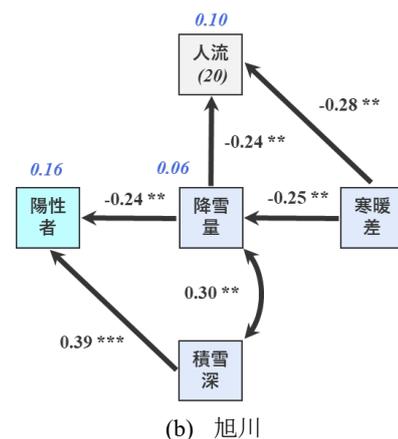
本研究を行うにあたり、ご指導していただきました立花義裕教授には深く感謝いたします。また、新潟大学の安藤雄太特任助教、同研究室の春日悟研究員、加藤茜氏、中村祐貴氏、竹端光希氏、松田佳奈氏、山中晴名氏、その他研究室の皆様にご感謝申し上げます。

### 6. 参考文献

- 1) Rashed E.A. and Hirata, A (2021) *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **18**, 5736.
- 2) Rosario DKA, et al. (2020) *Int J Hyg Environ Health*, **229**, 113587.
- 3) M. Ujiie, et al. (2020) *Int. J. Infect. Dis.*, **95**, 301-303.
- 4) Rashed, E.A., et al. (2020) *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **17**, 5354.
- 5) Kodera S, et al. (2020) *Int J Environ Res Public Health*, **17**, 5477.
- 6) Pei-ChihWu, et al. (2007) *Acta Tropica*, **103**, 50-57.
- 7) 厚生労働省 新規陽性者数の推移 (日別) (Last Accessed: 2021/02/13)  
URL: <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>
- 8) Google, COVID-19 コミュニティモビリティレポート (Last Accessed: 2021/02/13)  
URL: <https://www.google.com/covid19/mobility/?hl=ja>
- 9) Macrotrends LLC, Nikkei 225 Index (Last Accessed: 2021/02/13)  
URL: <https://www.macrotrends.net/2593/nikkei-225-index-historical-chart-data>
- 10) Q Li, et al. (2020) *N Engl J Med*, **382**, 1199-1207.
- 11) 北海道, 新北海道スタイル (Last Accessed: 2021/02/13)  
URL: <https://newhokkaidostyle.jp/top/>
- 12) R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.



(a) 札幌



(b) 旭川

Fig.2 道内都市のパス図

[要素の色] 淡青: 気象, 灰: 人流, 緑: 陽性者数  
 [数字] 黒字: パス係数, 青字: 決定係数  
 [矢印] 片矢印: 偏回帰, 両矢印: 偏相関  
 [p-value] \* p<0.1, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001