

公衆衛生活動報告

山形県における時空間三次元地図を用いた新型コロナウイルス
感染症流行可視化の取り組み

セ ト	ジュンジ	スズキ	エミ	ヤマダ	ケイ	イシカワ	ヒトシ
瀬戸	順次*	鈴木	恵美子 ^{2*}	山田	敬子 ^{3*}	石川	仁 ^{4*}
カトウ	ユウイチ	カトウ	タケオ	ヤマシタ	ヒデトシ	アヒコ	タダユキ
加藤	裕一 ^{5*}	加藤	丈夫 ^{5*,6*}	山下	英俊 ^{5*}	阿彦	忠之 ^{7*,8*}
ミズタ	カツミ	ナカヤ	トモキ				
水田	克巳 ^{8*}	中谷	友樹 ^{9*}				

目的 感染症の流行状況を的確に示すためには、時・場所・人の3つの情報の要約が求められる。本報告では、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が山形県において「いつ・どこで・どのように」広がっているのかを可視化したCOVID-19時空間三次元マップ（時空間マップ）を用いて実施した公衆衛生活動の概要を紹介することを目的とした。

方法 山形県および山形市（中核市）のプレスリリース情報を基に感染者の疫学情報をリスト化し、無料統計ソフトを用いて時空間マップ（自由に回転、拡大・縮小が可能な3次元グラフィックスを含むhtmlファイル）を作成した。時空間マップの底面には、山形県地図を配置した。各感染者は、XY平面の居住地市町村（代表点から規定範囲でランダムに配置）とZ軸の発病日（推定を含む）の交点にプロットした。また、色分けにより、感染者の年齢群、感染経路を示した。さらに、県外との疫学的関連性を有する感染者には、都道府県名等を挿入した。完成した時空間マップは、山形県衛生研究所ホームページ上で公開し、随時更新した。

活動内容 2020年8月に時空間マップの公開を開始し、以降、山形県で経験した第六波までの流行状況を公開した。その中で確認された、第一波（2020年3～5月）から第五波（2021年7～9月）までに共通していた流行の特徴をまとめ、ホームページ上に掲載した。あわせて、その特徴を踏まえた感染対策（山形県外での流行と人の流れの増加の把握、飲食店クラスターの発生抑制、および家庭内感染の予防）を地域住民に提言した。2022年1月以降の第六波では、10歳未満、10代、そして子育て世代の30代の感染者が増加し、保育施設・小学校におけるクラスターも増えていたことから、これら施設においてクラスターが発生した際の家庭内感染の予防徹底を呼びかけた。

結論 時・場所・人の情報を含むCOVID-19流行状況をまとめた図を作成・公開する中で得られた気づきを基に、地域住民に対して具体的な感染対策を提言することができた。本報告は、自治体が公表している感染者情報を用いた新たな公衆衛生活動の方策を示した一例と考えられる。

Key words : 新型コロナウイルス感染症, 空間疫学, 記述疫学, 分析疫学, クラスター, 感染対策

日本公衆衛生雑誌 2023; 70(3): 185–196. doi:10.11236/jph.22–072

* 山形県衛生研究所微生物部

2* 山形県最上保健所

3* 山形県置賜保健所

4* 山形県立保健医療大学理学療法学科

5* 山形市保健所

6* 独立行政法人国立病院機構山形病院 ALS 治療研究センター

7* 山形県健康福祉部

8* 山形県衛生研究所

9* 東北大学大学院環境科学研究科

責任著者連絡先: 〒990-0031 山形市十日町 1-6-6

山形県衛生研究所微生物部 瀬戸順次

I はじめに

2020年3月に世界保健機関によりパンデミックが宣言された新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は、世界中の人々の生活に大きな影響を及ぼしている。国内では、全国の新型コロナウイルス感染者数が日々報道され、その数の増減に国民の関心が集まっている。さらに、都道府県によっては、より詳細なデータ（市町村別感染者数、クラスター発生状

況等)が日々報道され、地域住民の行動指標の一つになっている。しかし、それら情報は、毎日の状況を示しているに過ぎず、長期的な流行状況を把握するための情報源にはなっていない。

COVID-19の流行状況を説明する際、時・場所・人の情報、すなわち「いつ・どこで・どのように」新型コロナウイルスが広がっているのかを示すことが重要と考えられる。しかし、これら3要素の平面上(二次元)への図示は煩雑であり、困難さを伴う。この問題を克服するため、空間的および時間空間的な流行推移の疫学的な分析を課題とする空間疫学では、時間地理学と呼ばれる概念を利用した時間(一次元)と空間(二次元)をあわせた三次元空間での流行状況の視覚化方法論²⁾が提案されており、本研究でもこれを応用することにした。すなわち、平面方向を地理的座標、垂直方向を時間座標として山形県内のCOVID-19流行状況を視覚化した「COVID-19時空間三次元マップ(時空間マップ)」を開発した。

本報告では、COVID-19流行状況をわかりやすく図示する方法として開発した時空間マップを用いた山形県における公衆衛生活動について、実運用上の課題を交えながら報告することを目的とした。

Ⅱ 方 法

2020年3月31日-2022年5月31日(26か月間)に、山形県では28,492人の新型コロナウイルス感染者が報告され、これまでに6つの流行の波を経験している(図1)。以下に、これら6つの波に対する時空間マップ作成の経過を示す。

1. プレスリリース情報のリスト化

時空間マップの作成には、山形県および山形市(中核市)のプレスリリースを用いた。はじめに、両プレスリリースの様式を総合し、以下11項目を含む、1感染者あたり1行の感染者の疫学情報をまとめたリスト(感染者リスト)を作成した: 県症例番号、市症例番号、管轄保健所名、および感染者の居住地市町村、年齢10歳階級(2022年2月8日までのプレスリリースにおける乳児[33人]、幼児[502人]、小学生[613人]は10歳未満、中学生[228人]、高校生[467人]は10代とした)、性別、発病日、検査確定日、職業、疫学的関連性に関する情報、および感染源の県症例番号。その後、疫学的関連性に関する情報をもとに、各感染者の感染経路および事例ごとの保健所別通し番号を付与した。時空間マップの「時」の情報には発病日を用いた。無症状および症状出現時期不明の感染者については、検査確定日から5日(山形県内第一波における有症状者の発病

日から検査確定日までの中央値³⁾)を引いた日を発病日と推定した。以上の情報を、プレスリリースがなされるたび、順次蓄積していった。

データ入力は、2021年7月まではPDFファイルを印刷して手入力した。感染者が増加した2021年8月以降は、PDFファイルをMicrosoft Excelファイルに変換し、コピー&ペーストにより感染者リストを作成した。2022年1月以降は、Microsoft Excel Visual Basic for Applications (VBA)を用いたプログラミングにより入力作業を一部自動化することで感染者の急増に対応した。

2. 山形県内第一波・第二波の時空間マップ

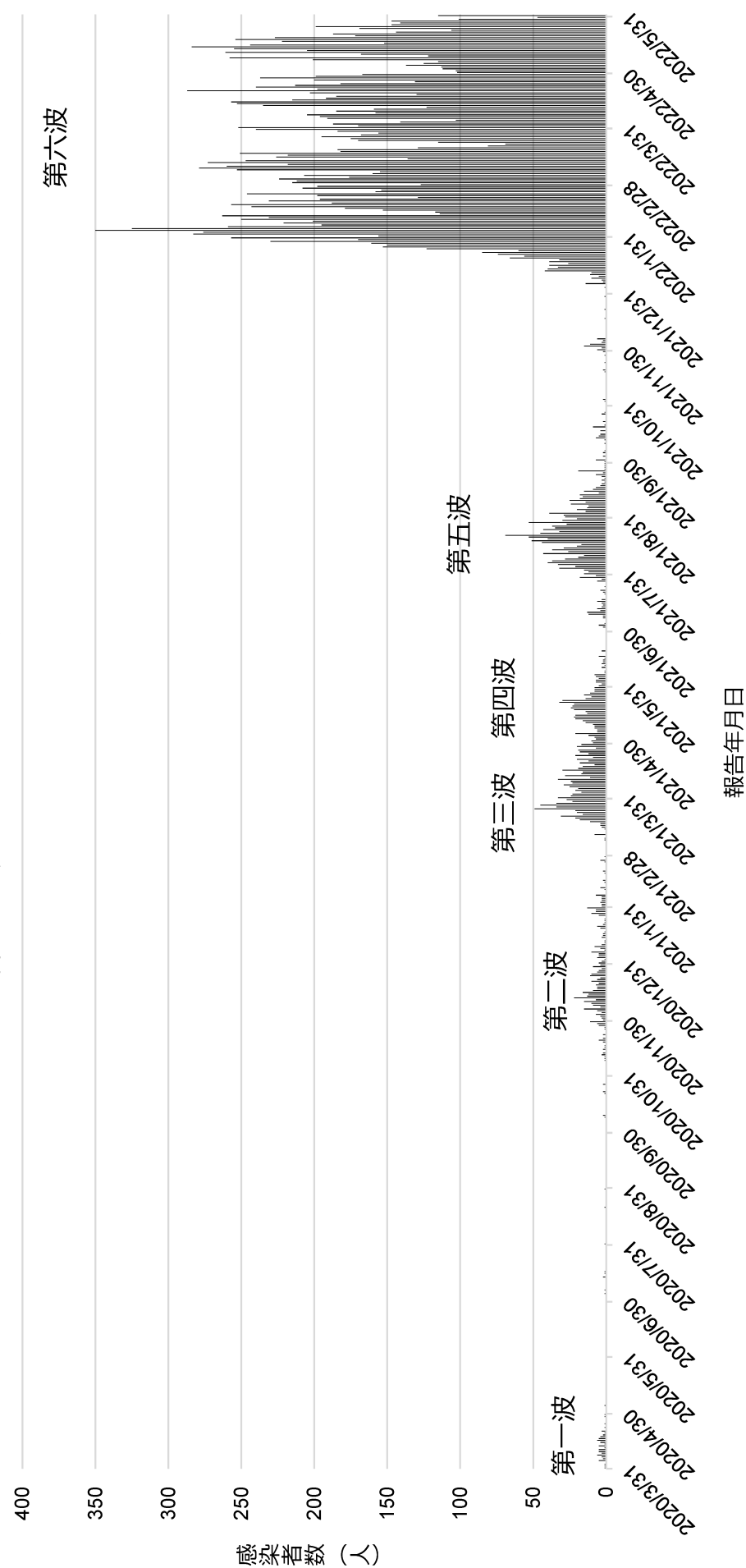
感染者が比較的少なかった第一波・第二波においては、疫学的関連性が見出された感染者間を、感染源の感染者から被感染者に向かう矢印で結び、それらを感染経路別に色分け(家庭内感染は赤、院内感染は黄、飲食店感染は水色等)した図を作成した。

作図には、R version 3.6.3または4.1.2⁴⁾および6つのRパッケージ(rgl, proj4, misc3d, sf, OpenStreetMap, xlsx)を利用して可視化処理を行うスクリプトを作成した。3次元グラフィックスはrglパッケージを用いて生成し、これにブラウザ上でインタラクティブに操作可能とするwebGLと呼ばれる形式の情報を埋め込んだhtmlファイルを出力した。このhtmlファイルを、インターネットを通じて配信した。生成した時空間マップは、平面上に山形県地図に対応する感染者の居住地を、垂直方向に発病日となる日付を表示している。各感染者は、居住地市町村の代表点(例 山形市は山形市役所)の平面上の位置と発病日に相当する垂直方向の位置からなる三次元空間内の座標にプロットした。ただし、感染者の発生地点を示す平面座標については、各市町村の代表点から半径3 kmのジッター処理⁵⁾(視覚的な重なりを割けるためのランダムプロット)を行った。配色は、39歳以下を赤、40-59歳を灰色、60歳以上を黒とした。あわせて、疫学的関連性のある感染者間を感染経路別に色分けした矢印でつないだ。クラスター(本報告では、施設等における感染者5人以上の集団感染事例)については、発病日が最も早い感染者とその他の感染者を矢印でつないだ。さらに、県外との疫学的関連性を有する感染者には関連する都道府県名等を挿入した。

3. 山形県内第三波-第六波の時空間マップ

感染者が増加した第三波以降は、矢印を用いた図の視認性が悪くなったこと、およびファイル容量が大きくなりホームページ上でのデータ読み込みに時間がかかるようになったことから、感染経路別の色付き矢印を排し、各プロットを年齢群別の色分けか

図 1 山形県における COVID-19 流行状況



ら感染経路別の色分けに変更した。また、ジッター処理の半径を6 kmとした。その他は第二波までの時空間マップと同じ方法で作図した。

4. 山形県内第六波のクラスター限定時空間マップ

感染者の急増に伴い、第六波期間中の2022年2月上旬以降、山形県および山形市のプレスリリース内容が簡素化された。それに伴い、第六波途中で従前の時空間マップ作成を中止した。しかし、クラスターに関する情報は公開され続けたため、クラスター限定の時空間マップを作成することとした。

感染者は第三波-第六波の時空間マップと同様に空間上に配置した。各クラスターについて、大型の球体で示した最も発病日が早い感染者の点と、その他の感染者の空間上の位置を直線で結んだ。あわせて、クラスターは感染経路別に色分けした。

5. 時空間マップの公開

完成した時空間マップは、山形県衛生研究所ホームページ (http://www.eiken.yamagata.yamagata.jp/biseibutsu/covid_19_3D_map/covid_19_3D_map.html) 上で公開し、随時更新した。

6. 統計解析

2020年3月31日-2021年12月31日（第一波-第五波期間を含む）と2022年1月1日-5月31日（第六波期間を含む）の流行状況を比較するため、両期間の年齢群別感染者数、感染者死亡率、施設別クラスター発生状況、およびクラスターサイズについて統計解析した。クラスターサイズは、coinライブラリを用いたWilcoxon-Mann-Whitney検定により解析した⁶⁾。その他の項目は、カイ二乗検定、フィッシャーの直接確率法、または残差分析により解析した。解析にはR version 4.1.2を用い、*P*値0.05未満をもって統計学的有意差ありとした。

Ⅲ 活動内容

1. 時空間マップの公開

2020年8月、山形県衛生研究所ホームページ上で時空間マップの公開を開始し、以降、原則としてプレスリリース公表の翌勤務日に最新の時空間マップを公開した。時空間マップは、閲覧者がマウス操作で自由に回転および拡大・縮小することが可能な仕様とした。そのため、特定の時期の流行状況を把握する、特定の地域に焦点を絞って観察する、あるいは色別に分けられた感染経路別の傾向を読み取る等の、求めに応じた時・場所・人の情報の閲覧が可能な仕組みとした。

2. 山形県内第一波

2020年3-5月の第一波で確認された69人の新型コ

ロナウイルス感染者の流行状況を時空間マップ上に示す（図2）。第一波は、県外関連の感染者から始まり、家庭内感染を軸として5次感染まで流行が持続、2件（介護施設および食品工場）のクラスターが発生した³⁾。これら感染の広がりを、感染者の地理的分布や感染経路を含めた形で時空間マップ上に表現できた。

3. 山形県内第二波

2020年11月-2021年2月の第二波は、村山および庄内地域を中心とした流行であった（図3）。村山地域（図3手前側）では、流行初期に飲食店におけるクラスターが2件発生し、その後、家庭内感染を中心として流行が持続した。庄内地域では、2か所の精神科病院でクラスター（感染者24人および75人）が発生し、入院患者の特性上、対策の徹底が困難であったことから終息までに時間を要した（図3右奥にて、2か所の花火のような塊として視認可能）。

4. 山形県内第三波

2021年3-4月の第三波は新型コロナウイルスR.1系統⁷⁾を主因とする村山地域中心の流行であった（図4下部）。具体的には、2021年3月上旬以降、村山地域において隣県との関連性を有する感染者（図中にR、Miyagiと表示）が約10人見出された後、飲食店クラスターが3件発生した。その後、家庭内感染を中心に流行が継続する中で、介護施設等においてもクラスターが発生した。

5. 山形県内第四波

2021年5-6月の第四波は、アルファ株を中心とする流行であった⁸⁾（図4上部）。第四波では、ゴールデンウィーク前後に県外との関連性を有する感染者（図4にT、Rと表示）が増加し、続いて村山地域で2件、置賜地域（県南部）で3件の飲食店または会合でのクラスターが発生した。第三波までと同様、流行の持続には家庭内感染が影響していたが、6月に入ると感染者は次第に減少した。

6. 山形県内第五波

2021年7-9月の第五波は、デルタ株を中心とする流行であった⁸⁾。東京オリンピック開催期間を含むこの時期は、全国同様、山形県においても当時過去最大の流行となった（図1）。流行は、県外（とくに関東地方）関連の感染者の確認に始まり、流行早期に飲食店クラスターが2件発生、家庭内感染を中心とした感染の広がりが続いた（図5）。その中で、最上地域（県北部）の精神科病院1か所での大規模なクラスター（感染者56人）を含む、事業所・保育施設等の多様な施設でのクラスターを計27件経験した。しかしながら、9月に入ると次第に感染者は減少し、流行は終息した。

図2 第一波（2020年3-5月）を含む，2020年3-10月のCOVID-19流行状況。本報告における時空間マップのカラー原図および詳細な解説については，山形県衛生研究所ホームページ（https://www.eiken.yamagata.yamagata.jp/biseibutsu/covid_19_3D_map/covid_19_3D_map.html）を参照されたい。

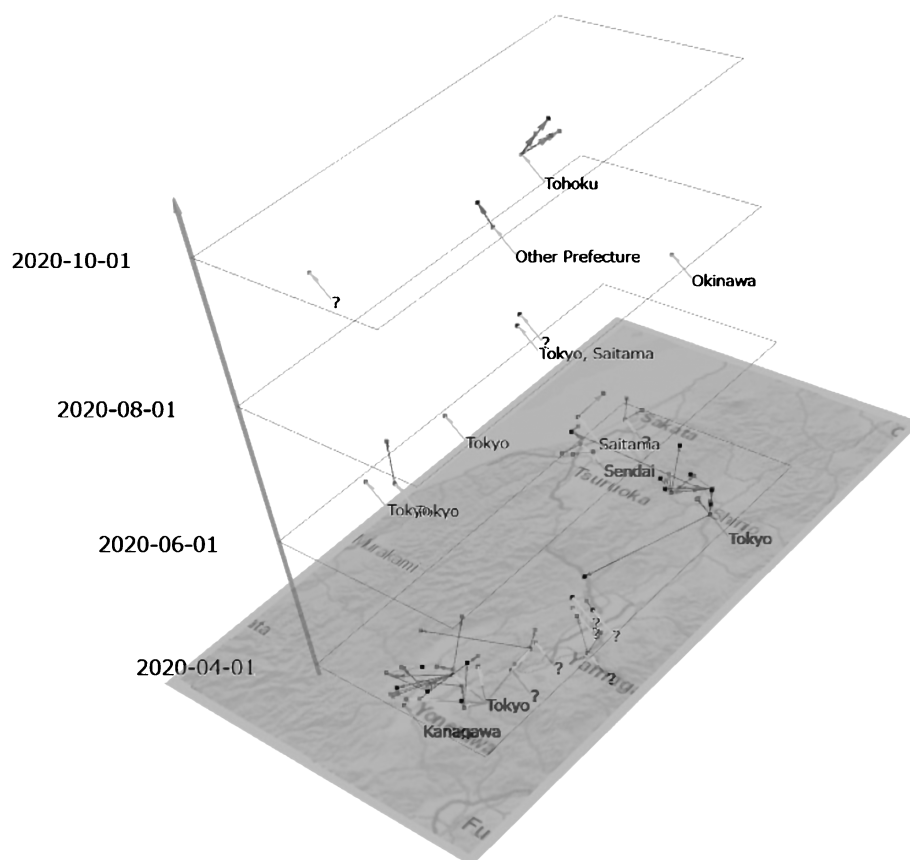


図3 第二波（2020年11月-2021年2月）のCOVID-19流行状況

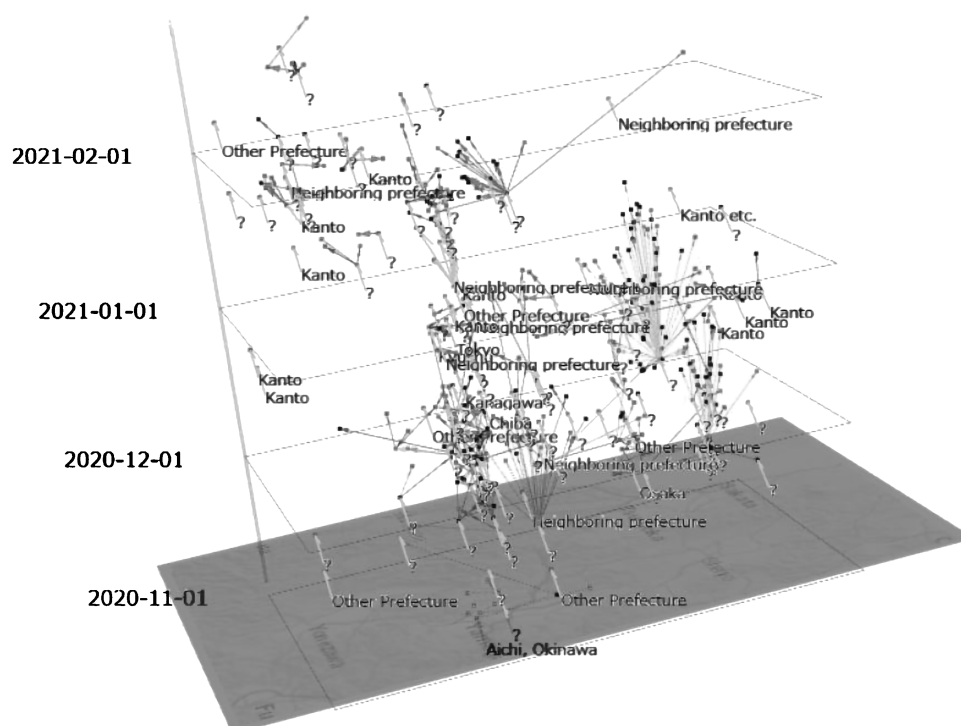


図4 第三波（2021年3-4月）および第四波（2021年5-6月）のCOVID-19流行状況。
2021年3月22日は、山形県・山形市の緊急事態宣言発出日を示す。

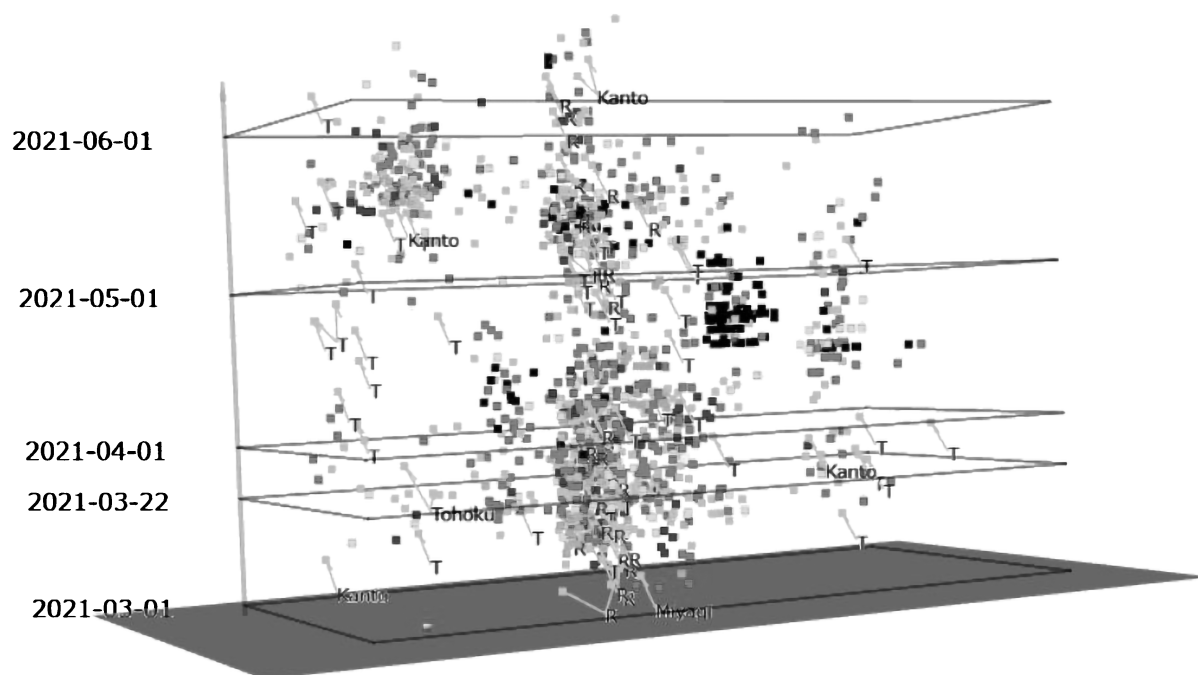


図5 第五波（2021年7-9月）のCOVID-19流行状況

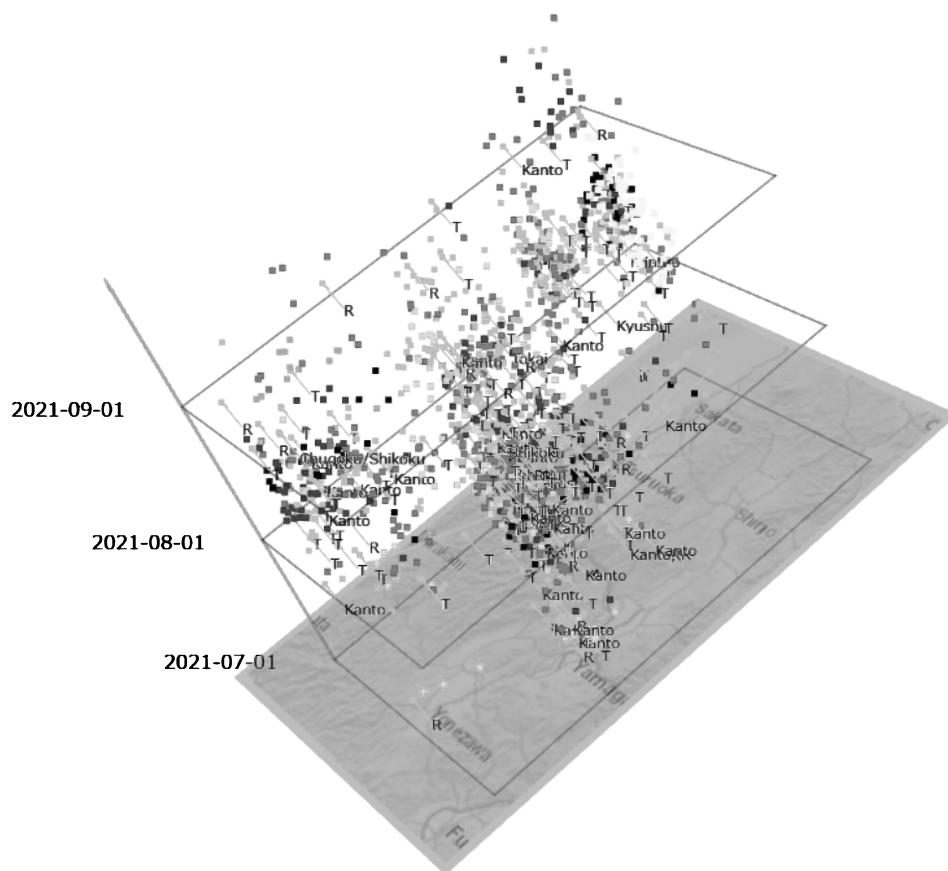


図6 第一波-第五波に共通する COVID-19流行開始から終息までの特徴
山形県外でのCOVID-19流行+人の流れの増加

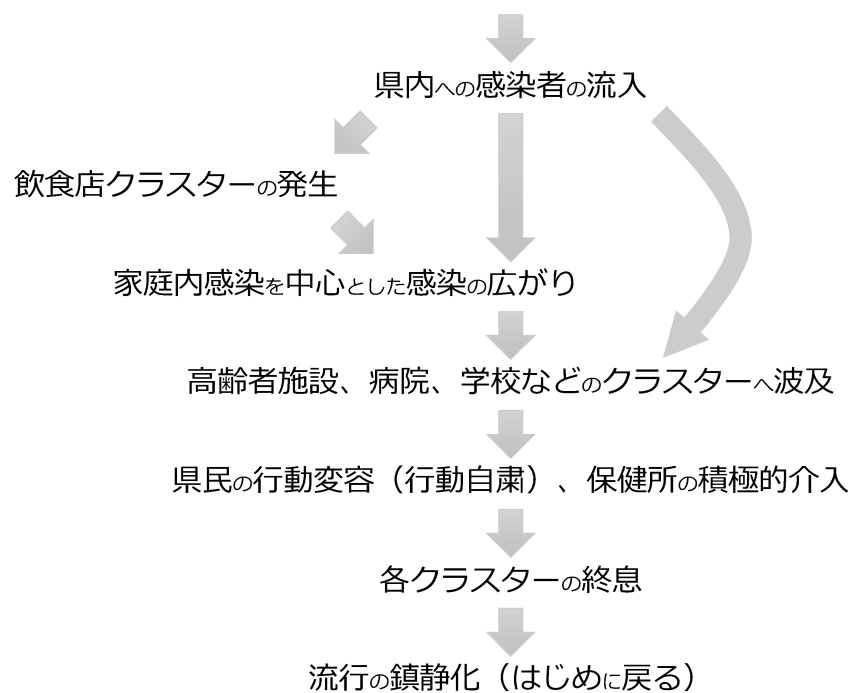


図7 第六波の一部期間（2022年 1-2 月）を含む、2021年10月-2022年 2 月の COVID-19流行状況

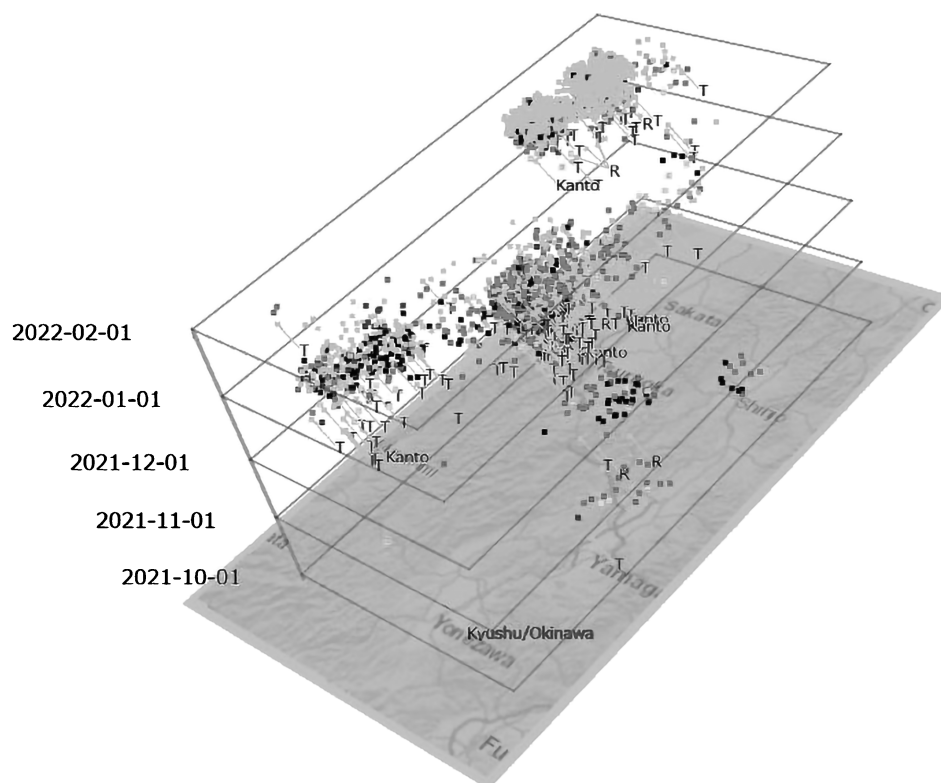
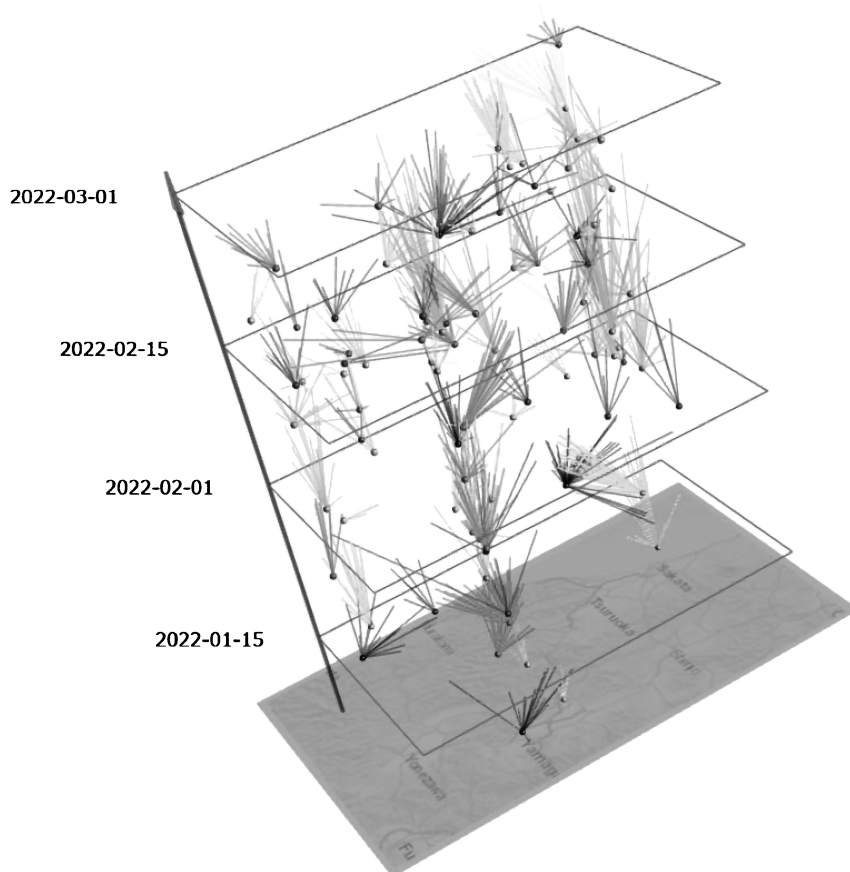


図8 第六波の一部期間（2022年1-3月）におけるCOVID-19クラスター発生状況



7. 山形県内第一波-第五波の総括

第一波-第五波の時空間マップを観察する中で見出された、流行の始まりから終息までの共通する特徴をホームページ上で公開した(図6)。この中で、山形県内での新型コロナウイルス流行を抑える鍵として、①山形県外での流行と人の流れの増加の把握、②飲食店クラスターの発生抑止、および③家庭内感染の予防、を位置づけ、感染予防のための具体的な方法を提言した。

8. 山形県内第六波

2022年1月以降のオミクロン株による第六波は⁹⁾、第五波までとは比較にならないほどの大きな流行であり(図1, 7)、本原稿を執筆している2022年6月時点でも流行が続いている。2022年の年明け以降、これまでに類を見ない多数の県外関連感染者(図中にT, R, およびKantoと表示)が見出され始め、爆発的な流行へと続いた。とくに、庄内地域では1月-2月初めに感染者が急増し、大半の感染者が「疫学的関連性不明」となる事態に至った(図7上部の薄い灰色で塗りつぶされている像がその状況を示す)。その後、県内他地域においても感染者が急増傾向となり、全県的に保健所の業務が逼迫し

た。その状況を受け、山形県および山形市は、疫学調査方法の見直し¹⁰⁾およびプレスリリース内容の簡素化に踏み切った。結果、第六波の時空間マップは2022年2月上旬で更新を終了した(図7)。一方で、クラスター関連情報は公開され続けたため、新たにクラスター限定の時空間マップを開発・公開した(図8)。その中で、第五波までは少なかった保育施設および小学校における子供関連クラスターが多くなっていることが明らかとなった。

9. 第一波-第五波と第六波の比較解析

第六波のクラスター限定時空間マップで得た「オミクロン株による流行では、第五波までと比べて流行形態が変わったのかもしれない」という仮説を基に、2020年3月31日-2021年12月31日(第一波-第五波期間含む)と2022年1月1日-5月31日(第六波期間含む)の流行状況を比較した。

はじめに、年齢群別感染者数では両群に統計学的有意差($P < 0.001$, カイ二乗検定)が確認された(表1)。また、2022年1-5月は、2021年までに比べ、10歳未満、10代、30代の感染者割合が有意に増加していた。次に、死亡率は、2021年までが1.55%(感染者3,607人中56人死亡)、2022年1-5月が0.15%

表1 年齢群別新型コロナウイルス感染者数（山形県）

	2020年3月-2021年12月 (第一波-第五波期間含む)		2022年1-5月 (第六波期間含む)	
	感染者数 ($n=3,606^*$)	% (95%信頼区間)	感染者数 ($n=24,885$)	% (95%信頼区間)
10歳未満	282	7.8(6.9-8.7)	5,147	20.7(20.2-21.2) [†]
10代	503	13.9(12.8-15.1)	4,050	16.3(15.8-16.7) [†]
20代	589	16.3(15.1-17.5) [†]	2,822	11.3(10.9-11.7)
30代	470	13.0(11.9-14.1)	3,892	15.6(15.2-16.1) [†]
40代	549	15.2(14.1-16.4)	3,504	14.1(13.6-14.5)
50代	467	13.0(11.9-14.0) [†]	1,823	7.3(7.0-7.6)
60代	286	7.9(7.0-8.8) [†]	1,515	6.1(5.8-6.4)
70代	241	6.7(5.9-7.5) [†]	995	4.0(3.8-4.2)
80代	156	4.3(3.7-5.0) [†]	697	2.8(2.6-3.0)
90歳以上	63	1.7(1.3-2.2)	440	1.8(1.6-1.9)

* 期間中の3,607人から年齢非公表の1人を除いた。

[†] 残差分析にて有意に高い割合 ($P<0.05$)

表2 新型コロナウイルス感染症施設別クラスター発生状況（山形県）

	2020年3月-2021年12月 (第一波-第五波期間含む)		2022年1-5月 (第六波期間含む)	
	クラスター数 ($n=60$)	% (95%信頼区間)	クラスター数 ($n=299$)	% (95%信頼区間)
保育施設	8	13.3(4.7-21.9)	91	30.4(25.2-35.7)
小学校・学童施設	0	0(0-0)	47	15.7(11.6-19.8)
中学校	1	1.7(0-4.9)	8	2.7(0.8-4.5)
高校	8	13.3(4.7-21.9)	37	12.4(8.6-16.1)
介護施設・高齢者施設	10	16.7(7.2-26.1)	39	13.0(9.2-16.9)
事業所	9	15.0(6.0-24.0)	31	10.4(6.9-13.8)
病院・医療機関	3	5.0(0-10.5)	14	4.7(2.3-7.1)
飲食店・会合	15	25.0(14.0-36.0)	6	2.0(0.4-3.6)
その他	6	10.0(2.4-17.6)	26	8.7(5.5-11.9)

（感染者24,885人中38人死亡）であり、両群に統計学的有意差 ($P<0.001$) が観察された。クラスター発生状況においても、両群に統計学的有意差 ($P<0.001$) が確認された（表2）。第一波-第五波では飲食店・会合クラスターが25.0%と最多であったのに対し、第六波では2.0%と減少した。一方、第五波までは主流ではなかった保育施設および小学校・学童施設におけるクラスターが、第六波では全体の46.1%を占めた。最後に、クラスターサイズは、2021年までの60クラスターが中央値11人、四分位範囲8-15人、最少5人、最大91人に対し、2022年1-5月の299クラスターは中央値10人、四分位範囲6-17人、最少5人、最大84人であった。これら2群のクラスターサイズに統計学的有意差は確認されなかった ($P=0.42$, Wilcoxon-Mann-Whitney 検定)。

以上の統計解析の概要および考えられる対策についてもホームページ上に公開した。具体的には、第

六波では子供の感染者が増えていること、30代の子育て世代の感染者も増えていること、および保育施設・小学校（学童施設含む）でのクラスターが増えていることを総合し、自身の子供が通う学校施設でクラスターが起きた際に家庭内感染の予防を徹底するよう呼びかけた。

10. 時空間マップホームページアクセス状況

時空間マップ公開の意義を考察する一助とすべく、2021年8月以降、ホームページ閲覧数をカウントした。結果、2021年8月-2022年5月の月当たり閲覧数は、中央値471回、最少281回、最大982回であった（サーバー不具合により閲覧数が確認できなかった2022年1月を除く）。閲覧数最多は第五波期間中の2021年8月、最少は非流行期の2021年10月であり（図1）、感染者が多い月に閲覧数が多くなる傾向を認めた。

11. 説明・教育資料としての時空間マップ

山形県内保健所・県庁との情報共有のため、最新の時空間マップを随時提供し、流行状況の概要を説明した。その他、行政内部における会議、対外的な講演会、あるいは医療系・獣医系大学における講義の中で、山形県のCOVID-19流行状況を説明するための資料として時空間マップを活用した。

12. 時空間マップデータベースの活用

プレスリリースを基にした感染者リストを、「9. 第一波-第五波と第六波の比較解析」に示した分析に使用した他、流行に関する仮説が得られるごとに、分析疫学のために利用した。また、時空間マップからは離れるが、山形県で2021年5月から開始した新型コロナウイルスゲノム解析において、検体選別のために感染者リストを活用している。実地疫学とウイルスゲノム解析を結びつける橋渡し役として、感染者リストは必要不可欠な存在になっている。

Ⅳ 考 察

本報告では、山形県で実施した時空間マップ公開の取り組みを紹介した。インターネット上で公開した時・場所・人の情報を含むインタラクティブ（閲覧者が自由に操作可能）な時空間マップに対しては、毎月約300-1,000件のホームページ閲覧数があったことを踏まえても、一定の需要があったものと考えられた。また、流行状況の可視化により得られた感染伝播の特徴に関する気付きを基に、地域住民に対して具体的な感染対策を提言できた点は、衛生研究所という公衆衛生に携わる一行政機関としての役割を果たすことにつながったと考えている。今回の新たな取り組みにより、山形県におけるCOVID-19流行状況をコンパクトにまとめることができた。将来的に世界史に刻まれるであろうCOVID-19パンデミックの一端を今後も公開し続けることで、時空間マップが「歴史資料」となりうる可能性が示唆された。

本取り組みの強みは、一覧表形式の感染者情報を要約して図にすることで、COVID-19の流行状況を時空間的に可視化した点にある。自治体から発出される情報は正確である一方、必ずしも容易に理解できる内容にはなっていない。また、時・場所・人の情報を総合した流行状況の可視化結果を公開している自治体は他にはみられない。そのような中、空間疫学の特長を生かして時空間上に流行状況を描画し、順次ホームページ上に公開した今回の取り組みは、行政機関が実施可能な新たな情報提供の方策を示した一例と言える。

時空間マップという新たな取り組みを継続する中

で、2022年1月以降の山形県内第六波の流行状況が、それ以前と比べて変化しているという気付きを得たため、両期間の感染状況を解析した。その結果、COVID-19は、パンデミック当初に強く記憶に刷り込まれた「下気道炎を起こし得る成人を中心とした感染症^{3,11,12)}」から、第六波では「上気道炎が主症状の子供も多く感染する感染症¹³⁾」に変化したことを推し量ることができた（表1, 2）。この点を踏まえると、時・場所・人の情報を含む流行状況を可視化できる時空間マップの公開は、それぞれのホームページ閲覧者に流行の全体像を提供し、ひいては感染予防のためにどのような行動をとるべきかに関する示唆を与えることにつながっているのかもしれない。

今回の時空間マップ公開の取り組みは、地域住民に対して山形県内で何が起きているのかを示すことができた点において有用であったと考えられる。我々の時空間マップと同様の取り組みとしては、時空間カーネル密度を用いて患者発生の密度や罹患率を視覚化した全国の時空間地図が2020年末から公開されている^{5,14)}。当該地図は流行が持続する地区等の流行推移の集合的な特徴を明確に示すものであり、俯瞰的な流行動態を追究可能な点において意義深い。一方、我々の時空間マップは、上記全国地図の「いつ・どこで」の情報に加え、個々の感染者の感染経路、年齢群等の「どのように」の情報を示しており、地域における詳細なCOVID-19伝播状況を表現している。本取り組みでは、実際に地域住民に対して具体的な感染予防策を提言することができた点を踏まえても、時空間情報を用いたCOVID-19流行状況の公開は、新しいリスクコミュニケーション手法としての利用価値があるものと考えられる。

この度の時空間マップは、山形県内保健所が徹底的かつ丁寧な疫学調査を実施し³⁾、その結果を山形県および山形市が時・場所・人の情報を含むプレスリリースとして発出していたからこそ作ることができた。つまり、自治体からの情報の質によってデータ取得者側ができることが決まってくる中、山形県は、時空間マップの開発・作成に適した環境であったと言える。今後、他の研究者が我々と同様の取り組みを始めようと考えたとしても、自治体から発出されるデータが残っていなければ何もすることができない。将来的なCOVID-19パンデミックの振り返りのための材料を残すという意味でも、自治体ホームページ等で公開されている感染者情報を、将来にわたって「消さない」ことは強く望みたい。

今回、プレスリリースを活用した新たなチャレン

ジとして時空間マップを作成したが、結果的に、大元の感染者リスト作成がいかに重要であるかを強く実感するに至った。大きな流行が起きるたび、心が折れそうになりながらデータ入力を進めていったのが正直なところではあるが、そのデータがあったからこそ、時空間マップができ、本報告でも示したような分析疫学を随時おこなうことができ、さらには実地疫学情報を加味した実験室内解析の検体選択をすることができた。そのような意味において、将来的な変化を見越して決定した項目を継続的にデータベースに蓄積していった今回の経験は、疫学の基本を学ぶことができたという点からも意義があったと考えられる。

本報告には、いくつかの限界が含まれる。はじめに、今回使用した無料統計ソフト⁴⁾の rgl パッケージでは、生成する3次元グラフィックスのファイル(webGL ファイル)がスマートフォン用オペレーティングシステム(OS)での操作に非対応であるため、スマートフォンやタブレット等の携帯端末から時空間マップを操作できない。今後、スマートフォンユーザー向けに解説動画を追加する等、ホームページ構成の改善が必要と考えられる。次に、データ入力の一部を手作業で行ったため、入力内容に誤りが含まれる可能性が否定できない。この点に関しては、将来的な感染者数の増加を見越して、データの自動入力が可能になるようにプログラミングした表計算ソフトをはじめから導入すべきであった。最後に、オミクロン株による山形県内第六波では、高齢者施設、医療機関、および学校施設での感染者発生に重点対応することとなり、事業所等(飲食店含む)に対する調査が浅くなった¹⁰⁾。そのため、第六波のクラスター検出割合に偏りが生じている可能性がある(表2)。しかし、第六波で子供の感染者が増加している中¹⁵⁾、保育施設および小学校がクラスター発生の要所となっている傾向は変わらないものと考えられる。

おわりに、本取り組みでは、時・場所・人の情報を含む COVID-19 流行状況を可視化した時空間マップを開発・公開し、得られた観察結果を基に地域住民に対して具体的な感染対策を提言した。自治体から発出される感染者情報は、アイデア次第で様々な公衆衛生活動に利用できると考えられる。本報告が、他自治体等における新たな COVID-19 関連公衆衛生活動の参考となれば幸いである。

山形県における COVID-19 対応では、保健所以外の県および山形市職員からも多大なるご協力をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

本研究に関し、開示すべき COI はありません。

(受付 2022. 7. 1)
(採用 2022. 9. 7)
(J-STAGE 早期公開 2022.11. 8)

文 献

- 1) 阪本尚正, 岡本和士. 記述疫学. 田中平三, 秋葉澄伯, 編. はじめて学ぶやさしい疫学 ~疫学への招待~. 東京: 南江堂. 2013; 41-48.
- 2) Nakaya T, Yano K. Visualising crime clusters in a space-time cube: an exploratory data-analysis approach using space-time kernel density estimation and scan statistics. *Trans GIS* 2010; 14: 223-229.
- 3) Seto J, Aoki Y, Komabayashi K, et al. Epidemiology of coronavirus disease 2019 in Yamagata Prefecture, Japan, January-May 2020: the importance of retrospective contact tracing. *Jpn J Infect Dis* 2021; 74: 522-529.
- 4) R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. <https://www.R-project.org/> (2022年6月2日アクセス可能).
- 5) 中谷友樹, 永田彰平. 時空間キューブを利用した COVID-19 流行の時空間地図. *ESTRELA* 2022; 336: 2-7.
- 6) Hothorn T, Hornik K, van de Wiel M, et al. Implementing a class of permutation tests: the coin package. *J Stat Softw* 2008; 28: 1-23.
- 7) Sekizuka T, Itokawa K, Hashino M, et al. A discernable increase in the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 R.1 lineage carrying an E484K spike protein mutation in Japan. *Infect Genet Evol* 2021; 94: 105013.
- 8) Ito K, Piantham C, Nishiura H. Predicted dominance of variant Delta of SARS-CoV-2 before Tokyo Olympic Games, Japan, July 2021. *Euro Surveill* 2021; 26: 2100570.
- 9) Hirotsu Y, Maejima M, Shibusawa M, et al. SARS-CoV-2 Omicron sublineage BA.2 replaces BA.1.1: Genomic surveillance in Japan from September 2021 to March 2022. *J Infect* 2022; S0163-4453: 00247-X.
- 10) 山形県. オミクロン株が主流である間の積極的疫学調査について. 2022. <https://www.pref.yamagata.jp/documents/10045/ekigakucyouusa.pdf> (2022年6月2日アクセス可能).
- 11) Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med* 2020; 382: 727-733.
- 12) Tabata S, Imai K, Kawano S, et al. Clinical characteristics of COVID-19 in 104 people with SARS-CoV-2 infection on the Diamond Princess cruise ship: a retrospective analysis. *Lancet Infect Dis* 2020; 20: 1043-1050.
- 13) Iacobucci G. Covid-19: Runny nose, headache, and

- fatigue are commonest symptoms of omicron, early data show. *BMJ* 2021; 375: n3103.
- 14) 中谷友樹, 永田彰平. COVID-19流行の空間疫学 : コロナ禍の地理学. *学術の動向* 2021; 26: 60-67.
- 15) 厚生労働省. 新型コロナウイルス感染症対策アドバイザリーボード (第80回) 議事概要. 2022. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000939865.pdf> (2022年6月2日アクセス可能).
-