移動軌跡データを用いた富山市における COVID-19 禍の生活行動分析

瀬戸寿一*

Analysis of Lifestyle Behaviors During the COVID-19 Pandemic in Toyama City Using Human Mobility Trajectory Data

Toshikazu Seto*

Abstract: This study performed a quantitative analysis of human mobility dynamics in Toyama City during September 2021, using smartphone location data from Agoop Inc. (8,414,697 records, 118,074 unique daily IDs). By integrating the "Trajectools" plugin for QGIS with the "MovingPandas" library, the analytical framework thoroughly assessed changes in mobility behavior under priority COVID-19 prevention measures from temporal, demographic, and spatial perspectives. The analysis revealed a mobility pattern with an average speed of 10.72 km/h, predominantly featuring short-distance movements, as walking and cycling comprised 78.51% of all trips. The peak movement occurred at 5:00 PM, and among age groups, mobility speed was notably low among 15–19 year-olds, quantitatively confirming the impact of COVID-19 restrictions on youth behavior. The analytical methods developed in this study and the findings obtained can serve as a foundation for evidence-based decision-making support in pandemic response and urban planning.

Keywords: 移動軌跡データ（human mobility trajectory data），生活様式（lifestyle），時間地理学（time-geography），COVID-19（COVID-19 pandemic），富山市（Toyama city）

１．はじめに

COVID-19 は世界規模で人々の移動行動に劇的な変化をもたらし，2021 年には感染拡大の第 5 波により，日本政府は地域別の緊急事態宣言やまん延防止等重点措置を通じて行動制限を実施した．本研究の対象地域である富山市では，2021 年 8 月 20 日から 9 月 12 日まで初のまん延防止等重点措置が適用され，飲食店の営業時間短縮や，昼夜を問わない不要不急の外出自粛要請が行われた．

このような状況で，従来の交通調査手法では，大規模かつ長期間に渡る人流変化の把握は技術的に困難であった．また，質問紙（アンケート）調査ベースによる COVI-19 に伴う日常的な生活行動への影響を調査した研究も多くなされ，社会階層別の実態が把握されてきたが（岡田・出口 2024; Hanibuchi et al., 2021），実際の空間的移動や具体的な場所の立地と関連付けた特徴が捉えにくい．他方スマートフォンの普及に伴って，位置情報ビッグデータを活用した解析が近年では日本全国で可能となっている．

そこで本研究の目的は，COVID-19 禍における富山市の人流軌跡データを用いて多面的に評価し，行動制限の状況を定量化することである．特に，年齢層別・時間帯別・空間的な移動パターンの変化を分析することで，COVID-19 のような感染症対策に伴う行動制限を位置情報ビッグデータで把握する可能性と課題を示す．

２．分析手法

２.１　データの概要

本研究では，Agoop 社の「ポイント型流動人口データ」より，2021 年 9 月 1 日から 30 日までの富山市を流出入したデータセットを利用した．このデータセットから，年代の属性（15 歳～70 歳までは概ね 5 歳ごと）を有するレコード 12,667,818 件から，富山市内での移動を示す速度 1km/h 以上の条件でフィルタリングし，8,414,697 件（66.4%）の有効データが得られた．なお，1 日単位でのユニークユーザー数は 118,074 人（平日平均 3,979 人，休日平均 3,817 人）から構成され，富山市内における典型的な移動パターンを概ねカバーしていると考えられる．

２.２　解析ツール

本研究での主な空間分析は，QGIS のプラグイン・パッケージとして提供されている「Trajectools」（v2.6.1）を使用した（Graser et al., 2020; Graser, 2021; Graser and Dragaschnig, 2024）．このパッケージは，Python ライブラリの一つで移動軌跡データの解析と視覚化を扱う「MovingPandas」を核として，scikit-mobility（移動データの操作），stonesoup（スムージング処理），gtfs-functions（GTFS データ処理）ライブラリを利用可能である．

Trajectools の主要機能としては，各時刻の滞在点データをもとにした「Create trajectories（軌跡の作成）」を中心に，

* 正会員　駒澤大学文学部 (Komazawa University)
〒154-8525 東京都世田谷区駒沢 1-23-1　E-mail：tosseto@komazawa-u.ac.jp

「Extract OD points（発着地の検出）」「Extract stop points（滞在地点の抽出）」などの機能がある．また，高度な機能として，軌跡データの一般化処理やスムージング等があり，その詳細なアルゴリズムは MovingPandas のウェブサイト（https://movingpandas.github.io/）が参考となる．

３　移動軌跡データによる生活行動分析

３.１　空間特性と速度分析

Trajectools を用いた移動軌跡データ全体の解析結果（図1）と合わせて，元データについて R ベースの探索的データ解析ツールである「Exploratory」（v.13.8）を用いて１ヶ月分のデータを集計した結果，平均速度 10.7km/h 程度での移動が主体となっていることが明らかになった．速度をカテゴリごとに見ると，徒歩速度に相当する 1-5km/h の移動が 2,110,119 件（25.1%），自転車利用に相当する 5-15km/h の移動が 4,496,136 件（53.4%）となり，徒歩・自転車による移動が全体の 78.5%を占める結果となった．一方，市街地での自動車速度での移動（15-40km/h）は 1,772,465 件（21.6%），40km/h 以上は 35,977 件（0. 4%）となり，自動車利用と推定される 15km/h 以上の移動は合計で 21.5%に留まった．

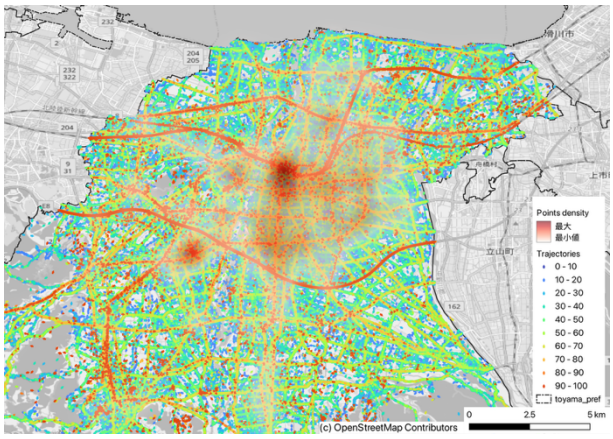


図１　富山市内における 2021 年 9 月の移動軌跡の視覚化

地域別の移動傾向については，富山市内に完結した移動が 5,343,768 件（63.5%）と全体の約 2/3 を占め，移動集中を示した．周辺市町村では，射水市から富山市への移動が 786,393 件（9.4%，平均速度 12.5km/h），高岡市からの移動が 504,839 件（6.0%，11.2km/h）と続き，これらの地域では富山市より高い移動速度を示した．小矢部市からの移動は平均速度 18.8km/h となっているが，市内に 2 箇所の高速道路 IC が存在するため，広域移動の拠点となっていると考えられる．

３.２　時間帯別・曜日別の特徴

1 時間単位での移動傾向を捉えると，17 時に移動ピーク（702,166 件）を記録し，夕方の帰宅時間が最も集中していることが確認された．一方で，朝の通勤時間帯は 8 時に 589,755 件のピークとなっており，帰宅時の 18 時には引き続き 606,516 件の移動傾向が見られた．なお，深夜時間帯（22 時）になると 139,756 件まで減少し，平均移動速度が 12.3km/h に上昇する傾向を示した．このような状況は，COVID-19 禍における一部業種のテレワークの普及や時差出勤の浸透に伴い朝の移動が分散化された一方で，飲食店の営業時間短縮等に伴い，夕方の活動需要が一定程度維持されたことを示している．

各時間帯のユニークユーザー数は，17 時に最大の 48,310 人が移動しており，8 時の 43,632 人を上回る結果となった．注目すべきは，朝の活動開始時間である 7 時（578,031 件，35,767 人）から 8 時にかけての急激な増加パターンで，出勤を要する業種（小売店や流通業，工場勤務者など）が，COVID-19 禍においても従来の通勤パターンを維持している影響と考えられる．

次に曜日別に見ると，水曜日が最大の移動量（1,408,772 件）を記録し，次いで木曜日（1,389,097 件）が続く結果となった．週末の土曜日は 1,116,749 件，日曜日は 1,044,010 件となり，週末より平日が移動量の多い傾向を示した．移動速度に着目すると，週末の平均移動速度（土曜日 11.0km/h，日曜日 11.1km/h）が，平日（10.5-10.7km/h）より約 0.5km/h 速い結果となった（t 検定：$p<0.001$）．この傾向は，郊外のショッピングモール（例：コストコ射水倉庫店）や屋外施設（例：ゴルフ場・公園）への短時間の訪問機会と，平日の通勤・通学による近距離移動という基本的な生活行動が維持されていたと考えられる．

３.３　年齢層別の行動特性

ここでは年齢層別でのライフステージへの影響を検討する．移動ログ 8,414,697 件を時間帯および世代別（ここでは 10 歳階級別）に分類した結果，表 1 に示すように，20 代が 2,274,405 件（27.0%）で最多，次いで 30 代が 1,987,140 件（23.6%），40 代が 1,906,892 件（22.7%）となり，20〜40 代の世代で全体の 73.3%を占める結果となった．60 代は 259,687 件（3.1%），70 歳以上は 24,039 件（0.3%）と急激に減少する結果となった．

時間帯別の傾向を加味すると，20 代の移動は 17 時に 205,650 件でピークを迎え，1 日の移動の 9.0%がこの時間帯に集中している．30 代は 17 時に 163,766 件（8.2%），40 代も 17 時に 152,507 件（8.0%）で最多であった．また，日中 10-15 時の 6 時間では 3,170,413 件で全体の 37.7%を占め，継続的な移動が確認された．なお，世代と活動時間の 2 変数に対して χ 二乗検定を行った結果，$p<0.001$ で，Cramer's V は 0.04 という値が算出された．

次に，各ログの平均移動速度をもとに実際の空間的移動を加味して Trajectools を用いて視覚化すると，15-19 歳が 8.5km/h と最も低く，特に 15 歳以下の移動軌跡に着目

表 1　世代別と時間帯別の移動ログ数の集計

hour	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70以上	合計
0	8,251	33,334	16,921	19,209	10,102	2,276	193	90,286
1	5,630	20,688	12,914	14,867	10,778	1,626	172	66,675
2	4,571	14,360	12,165	15,000	11,922	1,178	185	59,381
3	3,702	11,100	9,898	14,131	14,174	2,153	86	55,244
4	4,124	11,124	9,296	17,915	13,549	3,098	433	59,539
5	5,808	21,456	16,796	27,272	17,559	8,540	1,787	99,218
6	22,110	57,163	52,906	68,329	42,995	12,593	907	257,003
7	96,670	220,148	193,381	176,476	96,867	23,926	1,949	809,417
8	129,438	230,048	221,976	200,324	98,080	25,092	2,410	907,368
9	47,196	171,732	194,228	167,444	92,020	23,205	2,514	698,339
10	53,225	187,899	203,310	175,587	103,622	29,546	2,946	756,135
11	70,021	209,092	211,557	178,417	100,169	30,427	3,224	802,907
12	97,677	224,942	204,131	179,647	102,611	29,142	2,626	840,776
13	91,507	230,443	203,396	179,669	102,570	28,340	1,960	837,885
14	84,610	235,519	216,414	186,279	104,162	28,508	2,290	857,782
15	102,940	242,714	224,578	192,561	108,301	28,303	2,691	902,088
16	131,961	266,756	233,487	193,824	104,492	29,433	3,583	963,536
17	123,423	313,287	244,974	216,386	112,859	28,966	2,693	1,042,588
18	108,842	273,261	198,855	180,795	96,633	21,282	1,518	881,186
19	78,342	186,994	128,398	131,442	68,825	16,042	921	610,964
20	60,113	147,583	89,160	90,150	44,288	8,238	865	440,397
21	42,120	103,893	59,912	59,313	27,763	4,943	630	298,574
22	23,072	76,681	38,745	35,777	17,744	4,013	409	196,441
23	14,452	52,047	26,227	25,798	12,250	3,046	269	134,089
合計	1,409,805	3,542,264	3,023,625	2,746,612	1,514,335	393,916	37,261	12,667,818

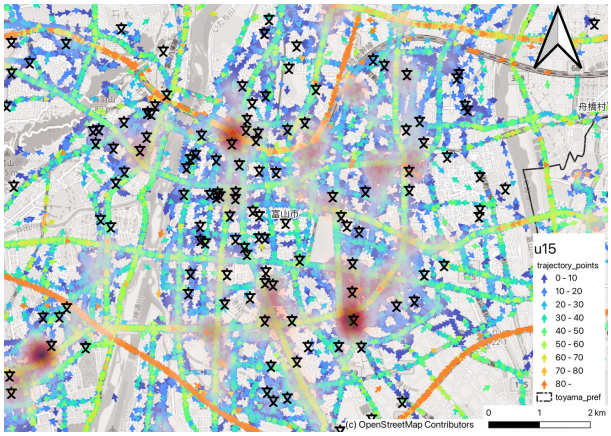


図 2　富山市内中心部の 15 歳以下の移動軌跡（1 ヶ月分）

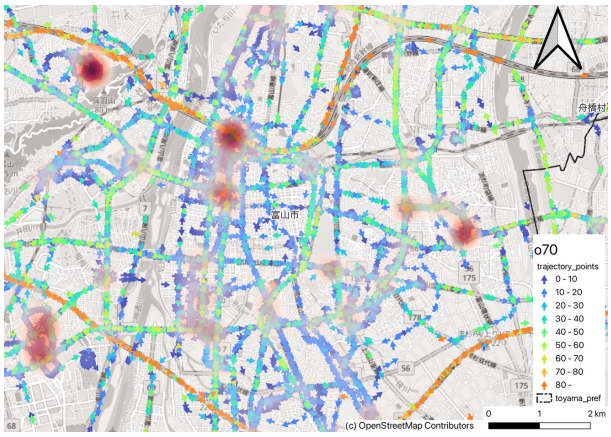


図 3　富山市内中心部の 70 歳以上の移動軌跡（1 ヶ月分）

すると，富山市中心部においては学校や子育て施設への移動が中心で（図 2），50-54 歳の 11.4km/h をピークに，さらに年代が上がると速度低下するパターンが確認された．特に 65-69 歳が 56,245 件（0.7%・平均 10.3km/h），70 歳以上が 24,039 件（0.3%・平均 9.5km/h）と移動量が減少するとともに，近距離移動が多かった（図 3）．

さらに COVID-19 禍においては，発熱外来を始めとする医療機関，特に救急病院の逼迫が全国的な課題となった．そこで国土数値情報の医療機関データ（2020 年時点）の分布と富山市内の滞在行動の密度分布をオーバーレイ分析した結果，平日・休日ともに，該当する病院について局所的な集中傾向は見られなかった（図 4）．

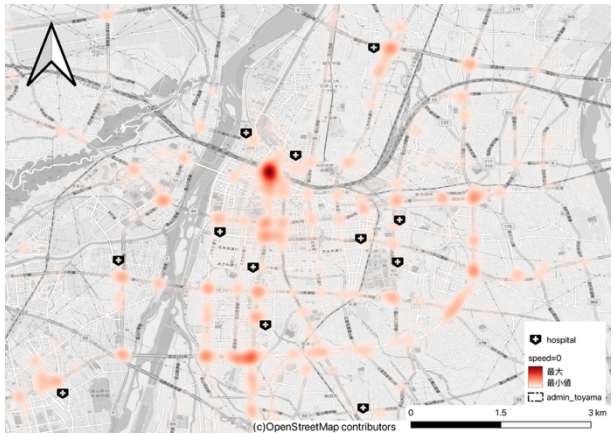


図 4　富山市内の救急告示病院と滞在行動の密度分布

3．4　250m メッシュ単位の滞在パターン分析

次に滞在ログを含む全データに含まれる移動先のメッシュコードをもとに，富山県内の 250m メッシュ単位で空間集計（総メッシュ数 25,159 個）し，（移動を伴う）滞在行動の傾向を明らかにする．

平休日との相違については，平日に滞在活動のあるメッシュが 12,810 個（全体の 51.0%），休日が 10,661 個（42.4%）となり，平日の滞在活動がより広範囲に分散した．また滞在活動の空間的な集中度に着目すると，比較的人数の多い滞在メッシュ（500 人以上/250m²）は平日 240 個，休日 82 個となり，平日の高密度エリアが休日の約 3 倍となった．平日・休日ともに最大の滞在者数を記録したメッシュでは平日 5,365 人，休日 1,856 人の滞在者がそれぞれ確認された（図 3・図 4）．

このメッシュは富山駅前に位置し，交通結節点と商業集積が相乗的に作用した結果と考えられる．また高密度となった他の滞在メッシュの多くは，富山市近郊のショッピングモール（ファボーレやグリンモール）などがほとんどで，COVID-19 禍以前から比較的集中が見られる区域での滞在が多かった．さらに，富山市以外の広域移動を伴う滞在メッシュは限定的で，コストコ射水倉庫店や幹線道路の交差点などに限られる結果となり，基本的には富山市内での移動に特化している傾向を示した．

このように 250m メッシュの空間単位による分析を行った結果から，移動軌跡では正確に把握できない局所的な集中・分散パターンを定量化できた．なお Agoop デー

タではよりミクロな空間単位として 100m メッシュごとの集計も可能であるが，滞在が卓越するショッピングモールなど大規模施設では複数のメッシュにまたがるため，集計上，メッシュが分散されてしまうため，250m メッシュがより現実の生活行動の結果に近い傾向を示した．

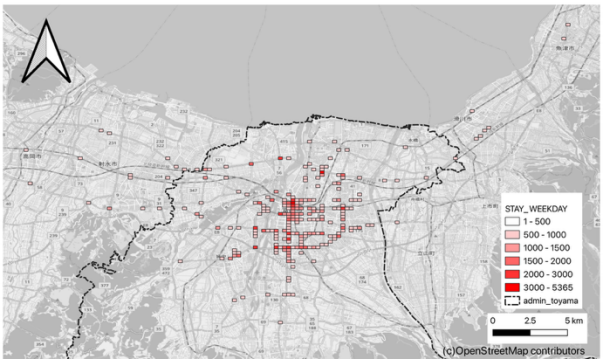


図 4　富山市周辺の高密度滞在メッシュ（平日）

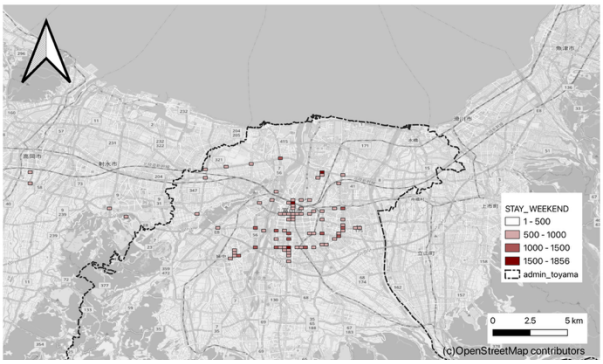


図 5　富山市周辺の高密度滞在メッシュ（休日）

4　おわりに

本研究の結果は，COVID-19 の流行とそれに伴う「まん延防止等重点措置」が，地方都市の一つである富山市民の生活行動にどのような変化をもたらしたことを人流軌跡データから定量的に示した．平均移動速度 10.72km/h は，徒歩から自転車程度の速度であり，一般的な移動が自家用車という車社会でありながら，移動の近距離化と低速化が一定程度中心となったことを示している．

時間的パターンでは，夕方 17 時のピークが朝 8 時のピークを上回る現象が確認され，朝の通勤・通学ラッシュの分散化と，夕方の買い物・私用外出の集中化を反映している．特に深夜 22 時の移動が 139,756 件という低水準は，夜間外出自粛要請の効果を端的に示す結果となった．

年齢層別では，15-19 歳の異常な低速移動（8.5km/h）が最も顕著な特徴として確認された．この世代は学校活動の制限，部活動の中止，友人との交流制限など，複合的な行動制約を受けたと考えられ，その影響が一定程度移動データに明確に現れている．一方，働き盛り世代（45-54 歳）では 11.2-11.4km/h と相対的に高い移動速度を維持しており，職業活動の継続による移動需要と感染リスクの間での調整が行われたことを示している．

また移動軌跡の可視化分析は，QGIS の Trajectools プラグイン用いることで大規模な位置情報データを処理しても有効に機能し，直感的な GUI 環境を通じて複雑な軌跡解析処理を効率的に実行できることが実証された．

本研究にはいくつかの重要な限界が存在する．第一に研究データ上の制約から分析期間が 2021 年 9 月の 1 ヶ月間に限定されており，季節変動など長期的な行動変容の捕捉ができなかった．特に COVID-19 の影響は段階的に変化しており，緊急事態宣言期間との比較や変異株の出現に伴う政策変更など，長期的な時間経過に伴う動的な変化の分析が必要である．交通手段の推定についてもパーソントリップ調査等の質問紙調査とは異なり，速度情報のみに基づいている．したがって，実際の交通手段選択との乖離が存在する可能性がある．特に，自転車と低速自動車の速度域（5-15km/h）では重複が生じ，分類精度に限界がある．

移動目的や個人属性との関連分析も実施できておらず，行動変容のメカニズム解明には，時間地理学の活動日誌法に代表される追加的な調査手法が必要である．また，また COVID-19 では外出自粛を示す行動が多い傾向を示すため，人々の移動を捉える携帯電話位置情報の「動かない」ログを，このような研究でどのように解釈するかについては引き続き議論が必要である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費（23K22032・24K15662）の助成を受けた．

参考文献

岡田潤・出口敦 (2024) テレワーカーおよび職住近接型通勤者の余暇時間に関する研究．「都市計画論文集」，59(3), 1280-1287.

Graser, A. (2021) An exploratory data analysis protocol for identifying problems in continuous movement data. *Journal of Location Based Services*, 15(2), 89-117.

Graser, A. and Dragaschnig, M. (2024) Trajectools Demo: Towards No-Code Solutions for Movement Data Analytics. *25th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)*, 235-238.

Graser, A., Widhalm, P. and Dragaschnig, M. (2020) Extracting Patterns from Large Movement Datasets. *GI_Forum*, 8(1), 153-163.

Hanibuchi, T., Yabe, N. and Nakaya, T. (2021) Who is staying home and who is not?: demographic, socioeconomic, and geographic differences in time spent outside the home during the COVID-19 outbreak in Japan. *Preventive Medicine Reports*, 21, Article 101306.