

原 著

都道府県ごとの新型コロナウイルス（COVID-19）累積感染割合と人口密集度の指標との関連に関する研究

調 憲¹, 播本 憲史¹, 小山 洋²

1 群馬県前橋市昭和町 3-39-22 群馬大学大学院医学系研究科肝胆膵外科学

2 群馬県前橋市昭和町 3-39-22 群馬大学大学院医学系研究科公衆衛生学

要 旨

【背景・目的】 COVID-19 感染症は世界的なパンデミックの状況となった。日本でも 2020 年 1 月から 5 月にかけて大きな感染拡大が見られた。中国では、感染率は地域によって大きな差があり、人口密度の高い地域ほど高いことが報告されている。本邦においても都道府県ごとの累積感染者数が大きく異なるものの、詳細な検討はない。

【対象と方法】 日本において初発患者が見られた 2020 年 1 月 16 日から多くの都道府県で流行がほぼ終息し始めた 2020 年 5 月 3-6 日までの約 110 日間における 47 都道府県における COVID-19 に対する PCR 検査陽性者（累積感染者）の数を都道府県人口で除した累積感染者の割合（累積感染割合）と人口集中度、人口密度、公共交通機関を用いて通勤・通学する人の割合、人口当たりの乗用車保有台数の指標との相関を単・多変量解析を用いて検討した。さらに COVID-19 感染者のうち、感染経路が不明な者、調査中など明らかな感染経路不明な感染者を感染経路不明割合としてそれぞれの因子との関連を単・多変量にて解析した。さらに回帰直線の 95%信頼区間を超えて高い感染率を示す都道府県について検討をした。

【結 果】 単変量解析では都道府県別の累積感染割合とすべての因子は有意な相関を示した。多変量解析では累積感染割合では人口密度が独立した因子として選択された。さらに感染経路不明割合とすべての因子は単変量解析で相関した。同様に多変量解析では人口密度と公共交通機関を用いて通勤・通学する人の割合が独立した因子として選択された。回帰直線の 95%信頼区間を超えて感染率の高い都道府県には石川、富山、福井県、高知県、東京都、北海道などが挙げられた。

【結 論】 COVID-19 累積感染割合は人口密度などの因子と強い相関を認め、ポストコロナの時代に向けて「密集」、「密接」を回避するライフスタイルの導入が重要と考えられた。95%信頼区間を超えて感染割合の高い都道府県においては観光や夜の繁華街など人口密集の要因以外が関与している可能性があり、地域別の詳細な解析が今後の感染対策に有用と考えられた。

文献情報

キーワード：

COVID-19 感染症,
人口集中度,
人口密度,
公共交通機関による通勤・通学率,
乗用車の保有台数

投稿履歴：

受付 令和 2 年 6 月 23 日
修正 令和 2 年 6 月 26 日
採択 令和 2 年 6 月 29 日

論文別刷請求先：

調 憲
〒371-8511 群馬県前橋市昭和町3-39-22
群馬大学大学院医学系研究科肝胆膵外科学
電話：027-220-8800
E-mail: kshirabe@gunma-u.ac.jp

緒言

2020 年 6 月の現在、COVID-19 感染は日本では終息の方向に向かっているものの、世界的な拡大をみせている。COVID-19 は人から人へ感染することが知られており、感染者の咳、くしゃみや会話などで生じる飛沫感染が最も重要な原因として考えられている。^{1,2} 我が国では「密閉」、「密集」、「密接」のいわゆる 3 密を避けることが感染予防に重要とされている。³ このうち密集、密接はその地域の人口密度やライフスタイルに関連しているものと考えられる。中国の武漢地区においても人口密度が感染率と相関するデータが示されている⁴ もの、本邦における詳細な解析はみられない。

そこで、密集、密接に関与すると考えられる人口集中度、人口密度、公共交通機関による通勤・通学率、乗用車の保有台数の因子と感染割合、特に感染経路不明の感染割合との相関について解析した。都会では公共交通機関による通

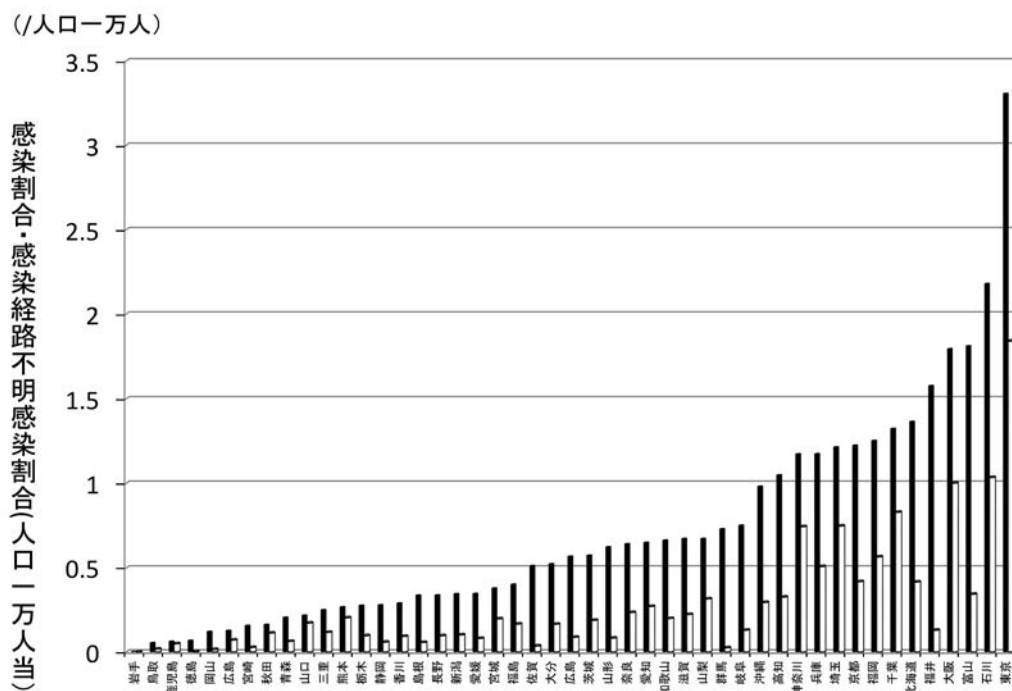


図 1 都道府県別の COVID-19 感染割合, 感染経路不明感染割合 (人口 1 万人当)
 黒：感染割合, 白抜き：感染経路不明感染割合

勤・通学は密集, 密接, 密閉された空間となりうる。一方, 地方では乗用車を用いた通勤や移動が多く, 乗用車の保有台数は人口密集と相反する因子と考えられ, 解析に加えることとした。

方法

都道府県別の COVID-19 陽性患者の数は各都道府県別の新型コロナ感染症の関連サイトで調査し, 2020 年 5 月 3-6 日にまでに示された COVID-19 に対する PCR 検査陽性者数を用いた。感染経路不明患者数については各都道府県の新型コロナ感染症の関連サイトで感染発生状況を確認し, 明らかな感染経路が不明の者・調査中などの者を感染経路不明とした。また, 感染者数が多く確認が難しい場合は, 都道府県の公式の報道における値を用いた。いずれも各都道府県の人口にて除し, 累積感染割合, 感染経路不明感染割合とした。なお, これらは人口 1 万人当たりで示した。

人口集中度, 人口密度は 2015 年の国勢調査⁵ 公共交通機関を用いた通勤・通学率は 2010 年の国勢調査⁶ のデータを用い, 乗用車保有台数は 2019 年の自動車検査登録情報協会⁷ のデータを用いた。いずれも偏差値をパラメーターとして用いた。人口集中度は日本の国勢調査において設定される統計上の地区である人口集中地区 (市区町村の区域内で人口密度が 4,000 人/km² 以上の基本単位区が互いに隣接して人口が 5,000 人以上となる地域) の人口を人口で割り, 比率を計算したものとした。人口集中度は都市化の指標として用いられている。

更に回帰直線の 5 % 信頼区間を超える累積感染割合を示す都道府県について検討した。

統計解析には STATEVIEW 4.0 ソフトを用いた。まず, それぞれの因子と都道府県別の累積感染割合, 感染経路不明感染割合との相関を単回帰分析にて明らかにし, 多変量解析は Stepwise 増加法を用いて独立因子を検討した。

結果

1. 都道府県別の累積感染割合, 感染経路不明感染割合

都道府県別の累積感染割合, 感染経路不明感染割合を図 1 に示した。一万人当たりの累積感染割合は東京都で最も高く 3.31, 岩手県でもっと低く 0 で, 平均は 0.717 であった。感染経路不明感染割合はやはり東京都で最も高く 1.84, 岩手県では 0 で, 平均は 0.27 であった (図 1)。

都道府県別の累積感染割合と感染経路不明感染割合, 人口集中度, 人口密度, 公共交通機関を用いて通勤・通学の人割合, 乗用車の保有台数の実際を表 1 に示した。

2. 累積感染割合と相関する因子

人口集中度, 人口密度, 公共交通機関を用いて通勤・通学の人割合は累積感染割合と正の相関を認めた (図 2a, b, c, 表 2a)。乗用車の保有台数は累積感染割合と負の相関を認めた (図 2d, 表 2a)。さらに Stepwise 増加法によって多変量解析を行ったところ, 人口密度のみが独立した因子として選択された (表 2b)。

表1 都道府県別の COVID-19 累積感染割合, 感染経路不明感染割合と人口集中に関する因子

都道府県	累積感染割合 (人口1万人当)	感染経路 不明感染割合 (人口1万人当)	人口集中度 (偏差値)	人口密度 (偏差値)	公共交通機関 通勤・通学率 (偏差値)	乗用車保有台数 (偏差値)
岩手	0.000	0.000	38.980	45.160	44.580	52.660
鳥取	0.054	0.018	41.700	45.840	42.660	54.640
鹿児島	0.062	0.050	43.410	45.970	44.950	52.040
徳島	0.068	0.003	39.400	46.000	42.060	54.990
岡山	0.121	0.016	46.700	46.740	45.100	54.090
長崎	0.127	0.072	47.550	47.290	51.760	45.160
宮崎	0.157	0.028	46.100	45.660	41.410	55.490
秋田	0.163	0.114	40.630	45.200	43.050	53.190
青森	0.206	0.064	46.600	45.600	43.620	50.700
山口	0.218	0.174	49.200	46.400	44.460	52.950
三重	0.251	0.118	45.170	47.120	48.070	57.590
熊本	0.268	0.205	47.470	46.490	44.230	51.970
栃木	0.277	0.098	46.080	47.060	45.060	61.490
静岡	0.280	0.060	53.940	48.480	46.480	53.620
香川	0.291	0.094	39.350	48.860	44.090	54.280
島根	0.338	0.058	34.860	45.330	41.760	53.190
長野	0.339	0.098	40.240	45.760	44.440	59.600
新潟	0.347	0.103	48.700	46.000	45.580	54.860
愛媛	0.348	0.082	52.900	46.520	42.330	47.980
宮城	0.380	0.199	56.180	47.170	52.840	48.960
福島	0.402	0.168	44.690	45.630	43.900	58.460
佐賀	0.513	0.037	38.710	47.340	43.910	54.670
大分	0.524	0.167	47.200	46.010	43.990	53.560
広島	0.568	0.089	56.390	47.290	51.760	44.870
茨城	0.574	0.190	42.340	48.500	48.750	61.580
山形	0.624	0.084	45.280	45.470	41.950	56.630
奈良	0.642	0.237	56.550	47.580	67.080	41.760
愛知	0.650	0.273	63.340	56.700	54.800	48.570
和歌山	0.663	0.201	41.810	46.180	47.020	50.960
滋賀	0.673	0.225	49.450	47.430	54.370	49.910
山梨	0.673	0.318	38.660	46.040	44.310	60.910
群馬	0.730	0.026	43.250	47.080	43.560	63.360
岐阜	0.751	0.131	42.340	46.070	47.170	57.990
沖縄	0.981	0.297	58.160	49.770	44.620	52.100
高知	1.048	0.329	45.170	45.320	42.360	49.230
神奈川県	1.172	0.745	72.370	76.430	77.870	26.610
兵庫	1.173	0.510	63.440	50.030	64.810	35.360
埼玉	1.213	0.749	64.780	60.650	68.150	36.900
京都	1.223	0.420	66.600	49.240	61.150	32.030
福岡	1.251	0.567	60.660	53.110	55.880	44.080
千葉	1.322	0.830	61.630	54.550	70.310	38.090
北海道	1.364	0.418	62.110	45.030	52.750	46.100
福井	1.576	0.131	45.440	46.040	42.640	59.060
大阪	1.793	1.002	73.060	83.720	68.360	24.900
富山	1.810	0.346	42.130	46.580	43.880	60.390
石川	2.179	1.035	49.450	46.790	45.160	56.250
東京都	3.305	1.841	74.500	96.660	81.090	16.210

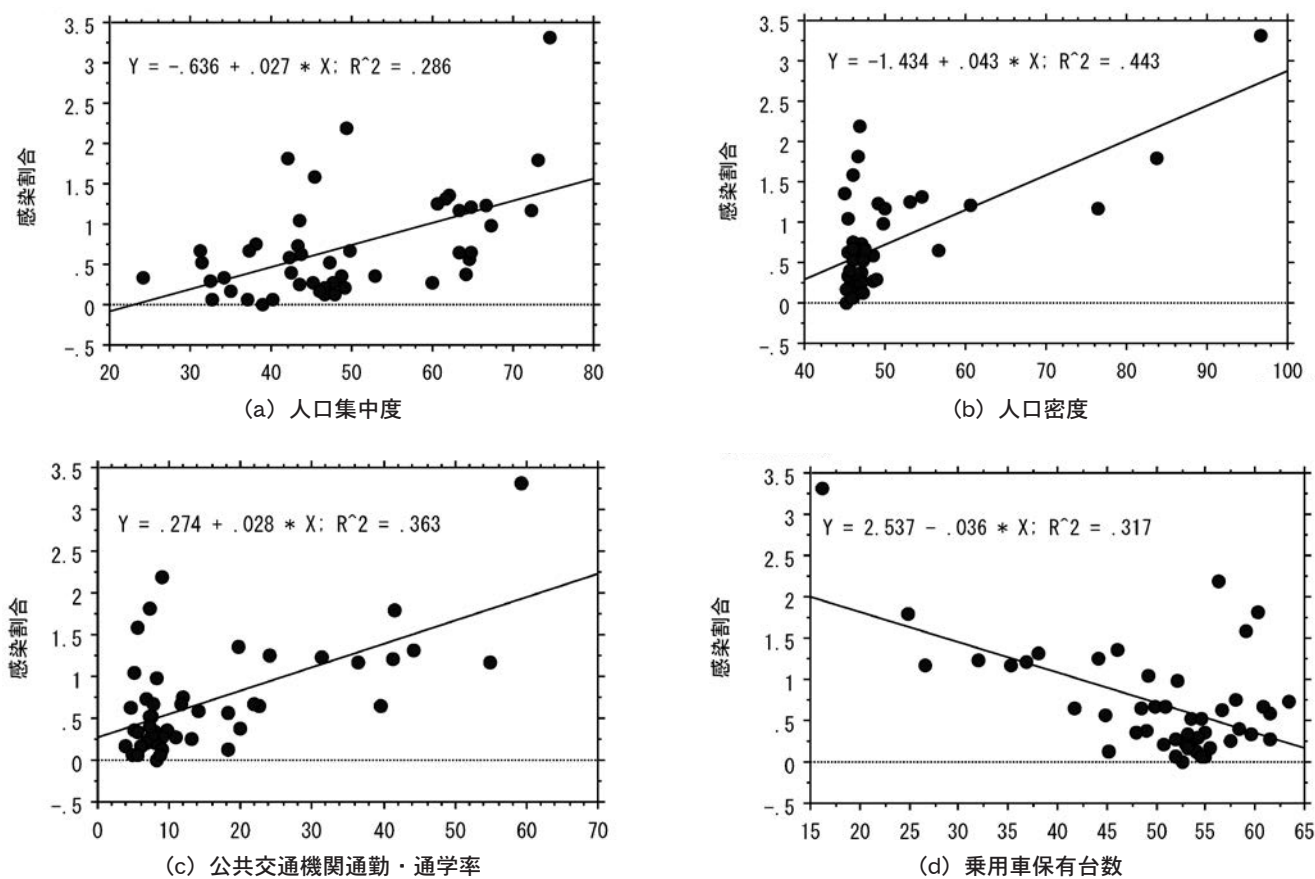


図2 都道府県別の COVID-19 感染割合と各因子の相関 (X = 偏差値, Y = 人口 1 万人)

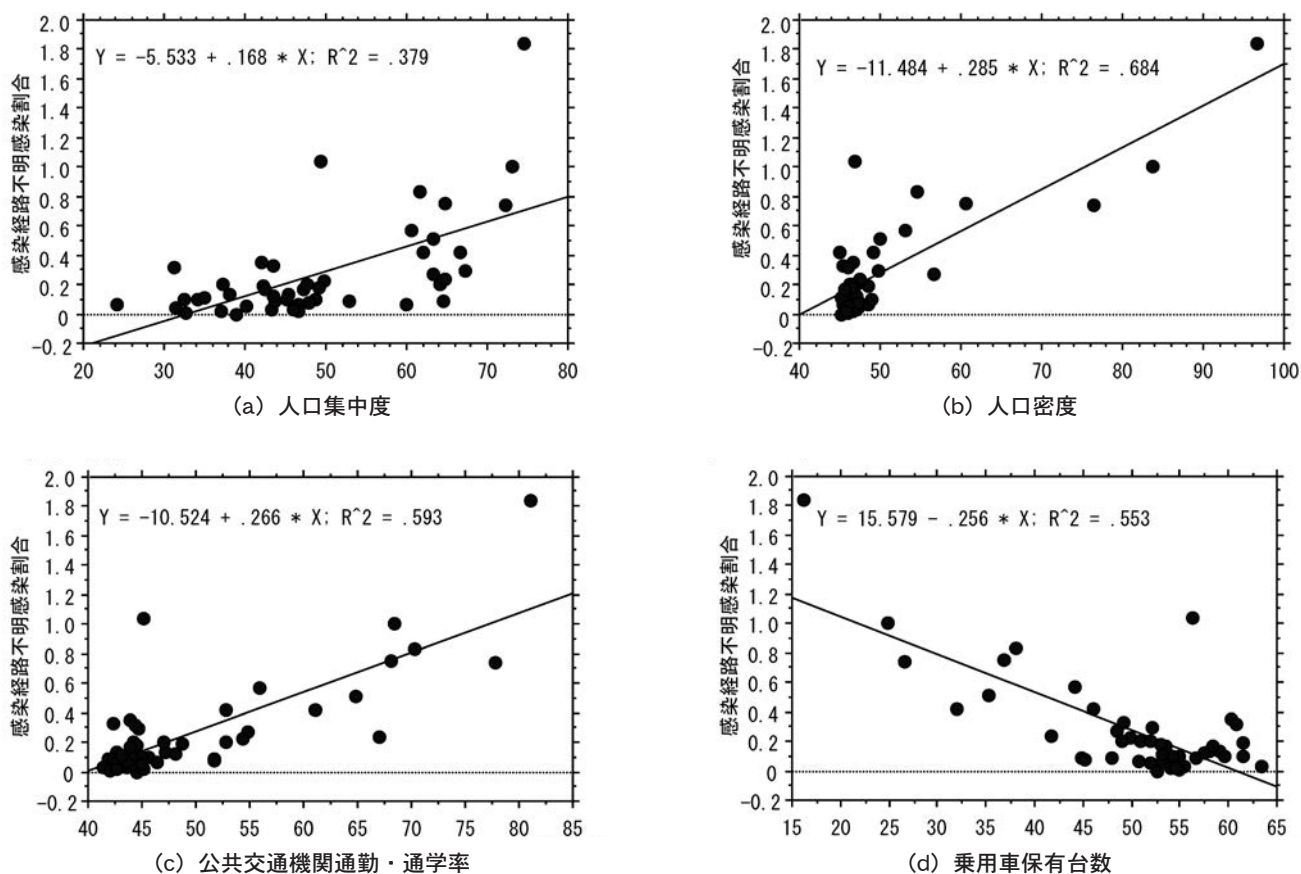


図3 都道府県別の COVID-19 感染経路不明感染割合と各因子の相関 (X = 偏差値, Y = 人口 1 万人)

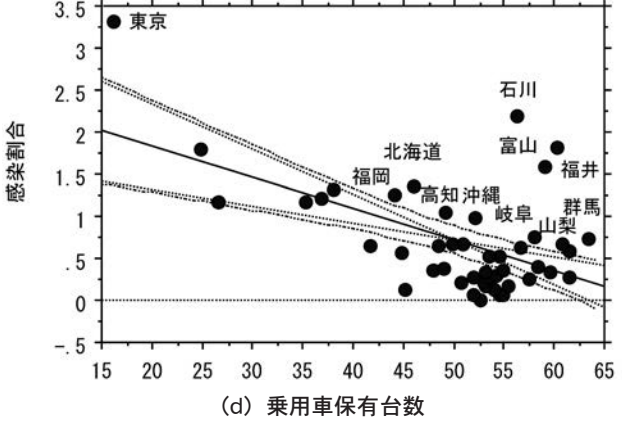
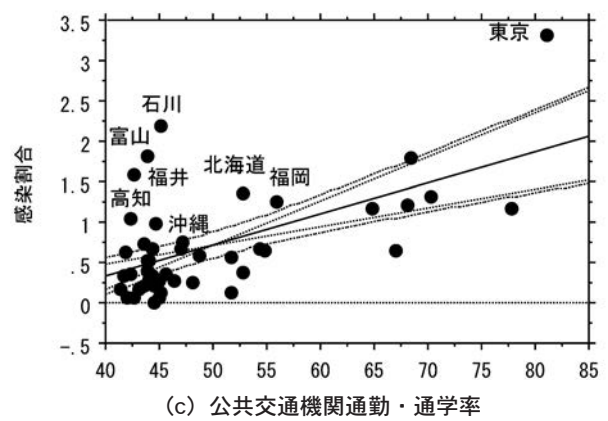
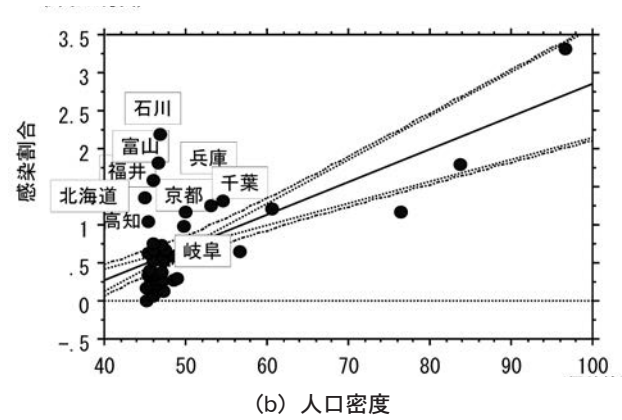
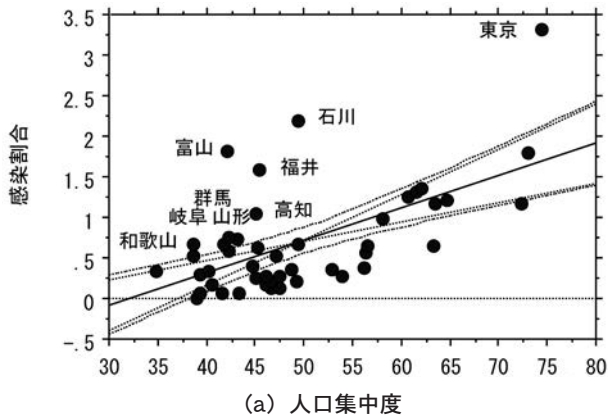


図4 95%信頼区間を超えてCOVID-19感染割合が高い都道府県 (X = 偏差値, Y = 人口1万人)

表2 a COVID-19感染割合と相関する因子に関する単変量解析

因子	相関係数	p
人口集中度	0.534	0.0001
人口密度	0.665	<0.0001
公共交通機関を用いた通勤・通学率	0.603	<0.0001
乗用車の保有台数	-0.563	<0.0001

表3 a COVID-19感染経路不明感染割合と相関する因子に関する単変量解析

因子	相関係数	p
人口集中度	0.615	<0.0001
人口密度	0.827	<0.0001
公共交通機関を用いた通勤・通学率	0.770	<0.0001
乗用車の保有台数	-0.743	<0.0001

表2 b COVID-19感染割合と相関する因子に関する多変量解析 (Stepwise 増加法)

因子	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	除外 F 値
人口密度	0.285	0.029	0.827	97.468

表3 b COVID-19感染経路不明感染割合と相関する因子に関する多変量解析 (Stepwise 増加法)

因子	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	除外 F 値
人口密度	0.201	0.045	0.589	19.809
公共交通機関通勤・通学率	0.106	0.045	0.308	5.513

3. 感染経路不明感染割合と相関する因子

人口集中度、人口密度、公共交通機関を用いて通勤・通学の人割合は感染経路不明感染割合と正の相関を認めた(図3a, b, c, 表3a)。乗用車の保有台数は感染経路不明感染割合と負の相関を認めた(図3d, 表3a)。相関係数やp値から、累積感染割合より感染経路不明感染割合の方がより強い相関を認めた(表2a, 表3a)。さらにStepwise増加法によって感染経路不明感染割合に関与する因子について多変量解析を行ったところ、人口密度と公共交通機関を用いて通勤・通学の人割合が独立した因子として選択された(表3b)。

4. 人口の密集の因子を超えて累積感染割合の高い都道府県の検討

図4には回帰直線の95%信頼区間を外れて感染率が高い都道府県を示した。4つの要因のうち、4つとも外れて高い都道府県には石川県、福井県、富山県、高知県が挙げられる。3つの要因で外れているのは東京都、岐阜県、北海道が挙げられる。

考察

日本における COVID-19 の流行は、2020 年 1 月 16 日の初発感染者に始まり、4 月 7 日に 7 都府県に緊急事態宣言がだされ、4 月 11 日に 720 人とピークを迎え、4 月 16 日には緊急事態宣言が全国へと拡大された。その後、5 月 7 日には 1 日新規感染者数が 96 人と 100 人を下回り、5 月 19 日の緊急事態宣言の 39 県での解除、5 月 25 日の全面解除へと繋がった。

本研究では、初発患者から流行の終息が始まった 2020 年 5 月 7 日前までの約 110 日間の観察期間における都道府県ごとの COVID-19 の累積感染者数を用いた。

COVID-19 の累積感染割合は、岩手県の 0 から東京都の 3.31 まで都道府県によって大きな差を認めた。平均の 0.717 と比べると東京都の累積感染割合は 4.6 倍を超える。

今回の解析では、COVID-19 感染への人口密集の影響を明らかにする目的で、累積感染割合・感染経路不明感染割合と人口集中度、人口密度、公共交通機関を用いた通勤・通学率、乗用車保有台数との相関を検討した。いずれも人口密集を示す因子であり、これらの因子間では強い相関があることがすでに知られている。結果として、高い人口集中度、高い人口密度、公共交通機関を用いた通勤・通学する人の割合が多い都道府県、乗用車の保有台数が低い都道府県において、累積感染割合、感染経路不明感染割合が高かった。これらの因子はいずれも人と人の接触機会の多さに関わっており、すれ違う際の飛沫感染のリスクと関係しているものと考えられる。

特に累積感染割合においては人口密度が、感染経路不明感染割合では人口密度、公共交通機関を用いた通勤・通学する人の割合が独立した危険因子であった。当然のことながら、これらの因子は専門家会議が感染のリスクとして警鐘を鳴らす 3 密の状況の中で「密集」、「密接」と深い関連があることが推察される。さらに感染経路不明感染割合において公共交通機関を用いた通勤・通学をする人の割合が独立した危険因子として選択されたことは不明の感染場所の一つとして通勤・通学時の公共交通機関が挙げられる可能性がある。

3 密を避けるために企業に対してはリモート会議や在宅勤務が推奨された。少なくとも緊急事態宣言中には人と人との接触機会は減少し、その結果として感染者数は減少したものと推察される。しかしながら、緊急事態宣言の解除に伴い、宣言発動前の市中の雑踏や通勤・通学の状況となるならば再び感染率の上昇が起きることが懸念される。特に市中の雑踏や混雑した公共交通機関を利用する際にはマスクの着用が感染予防に有用である可能性がある。現在の 3 密を避けることが極めて難しい都市部の状況は世界共通の課題であろう。今後ウィズコロナ・ポストコロナの時代を迎えるにあたって、人口密度の低い地域に居住し在宅勤務を主体とするとするようリモート勤務を基盤としたラ

イフスタイルの変革は重要と思われる。

今回の解析で、累積感染割合が回帰直線上にある都道府県と回帰直線から外れている都道府県がみられた (図 4)。4 つとも外れて累積感染割合が高い都道府県には石川県、福井県、富山県、高知県が、3 つの要因で外れているのは東京都、岐阜県、北海道が挙げられた。これらの都道府県は人口の密集の要因を超えて感染率が高いために、それ以外の因子が関わっている可能性がある。このうち、福井県、富山県、岐阜県は病院や夜の繁華街などでの大きなクラスターの発生が報告されている。東京都の累積感染割合・感染経路不明感染割合はいずれも回帰直線から外れて高く、密集による飛沫感染以外の因子が関与している可能性がある。例えば、クラスターの発生が指摘されているライブハウスや夜の繁華街などでの感染が影響している可能性がある。北海道や石川県の感染率も回帰直線よりも高くなっており、観光などの因子が作用している可能性がある。北海道は第 1 波の感染拡大はさっぽろ雪まつりへの観光客が感染拡大に関与していた可能性が指摘されている。⁸ 石川県は感染経路不明感染割合においても大きく外れている。石川県は 3 月下旬に若い世代の観光客が多く訪れたことが、感染の拡大に繋がった可能性を指摘する地域の専門家の意見がある。⁹ 今後も無症状の若い世代や外国人が多く訪れる観光地における自粛の解除については慎重な検討が必要であろう。他にも回帰直線から外れている都道府県があり感染拡大の要因についてそれぞれの地域での詳細な検討が必要であるが、今回の解析から回帰直線から外れている都道府県における感染経路の検討は今後の COVID-19 に対する対策を考える上で貴重なデータとなるであろう。

群馬県は人口集中度、密度は低く、公共交通機関の利用率も低く、乗用車の保有台数は多いために、本来、累積感染割合は低いはずである。しかしながら、群馬県の感染状況を翻って検討すると 2020 年 5 月 4 日までに 149 名の方が COVID-19 陽性となっており、累積感染割合は、人口集中度、乗用車の保有台数の因子では回帰直線を上回っている (2020 年 6 月 4 日現在)。しかしながら、いわゆる感染経路不明の患者は 16 名で感染経路不明感染割合は著しく低く、累積感染割合の高さは老健施設などに発生したクラスターの影響を受けているものと考えられる。群馬県の高齢化の状況を考えれば今後も老健施設における施設内感染予防は重要な課題といえよう。

以上まとめると、単・多変量解析の結果から COVID-19 の累積感染割合、特に感染経路不明感染割合には人口密度と公共交通機関を用いた通勤・通学が重要な因子である。いずれも「密集」、「密接」を介した飛沫感染に関与している可能性がある。さらに人口密集の要因だけでは説明できない高い累積感染割合を示す地域があり、それぞれの都道府県の地域特性を考慮した解析が新たな対策を考える上で重要と考える。今後ウィズコロナ・ポストコロナの時代には、人口密度の低い地域では観光対策や施設内感染対策、人口

密度の高い地域では在宅勤務やリモート会議などを用いて「密集」, 「密接」を避ける生活スタイルの導入は喫緊の課題である。

引用文献

1. Lai CC, Shih TP, Ko WC, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (AARS-CoV-2) and corona virus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *Int J Antimicrob Agents* 2020, 2020, 105924.
2. Singhal T. A Review of Coronavirus Disease-2019 (COVID-19). *Indian J Pediatr.* 2020; 87: 281-286. doi: 10.1007/s12098-020-03263-6.
3. 内閣府ホームページ <https://www.kantei.go.jp/jp/content/000061234.pdf>
4. You H, Wu X, Guo X. Distribution of COVID-19 morbidity rate in association with social and economic factors in Wuhan, China: Implication for urban development. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17; doi: 10.3390/ijrph17103417.
5. 2015年国勢調査 <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html>
6. 2010年国勢調査 <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/users-g/wakatta.html#jump4>
7. 一般社団法人 自動車検査登録情報協会 <https://www.airia.or.jp/publish/statistics/number.html>
8. 新型コロナウイルス, 北海道で感染者突出のなぜ 冬の観光行事要因か 福井新聞 WEB版 <https://www.fukuishimbun.co.jp/articles/-/1038775>
9. 一定の感染受け入れを 市村宏・金沢大医学部教授に聞く 朝日新聞 WEB版 <https://www.asahi.com/articles/ASN697S9SN69PISC00J.html>

The Correlations between Prefectural Proportions of Infected Persons with COVID-19 and Population-related Factors in Japan

Ken Shirabe¹, Norifumi Harimoto¹ and Hiroshi Koyama²

1 Department of General Surgical Science, Gunma University Graduate School of Medicine, 3-39-22 Showa-machi, Maebashi, Gunma 371-8511, Japan

2 Department of Public Health, Gunma University Graduate School of Medicine, 3-39-22 Showa-machi, Maebashi, Gunma 371-8511, Japan

Abstract

Objectives: In Japan, the incidence of COVID-19 infection was extremely varied among prefectures. Population-related factors may be related to the incidence of COVID-19.

Methods: Proportions of persons infected with COVID-19 and factors such as concentration of population, population density, number of passenger cars, and ratio of those who use public transportation for commuting, were examined by prefecture. Patients whose infection pathways were unknown were also examined.

Results: By univariate analysis, both the number of COVID-19 patients and the number of patients whose infection pathways were unknown significantly correlated with all factors. Using multivariate analysis, the incidence of infection was independently correlated with population density. The incidence of patients whose infection pathways were unknown independently correlated with population density and ratio of those who use the public transportation for commuting.

Conclusion: The proportions of persons infected with COVID-19 were significantly correlated with population-related factors. These factors may be related to “crowding” and “close contact”. In the post- and with- COVID-19 era, establishment of new life styles, avoiding “crowding” and “close contact” might be important.

Key words:

COVID-19 infection,
concentration of population,
population density,
number of passenger cars,
ratio of those who use the public transportation for commuting
