

パーソントリップ調査に基づく日常生活圏を考慮した東京都 23 区における インフルエンザの感染率予測に関する研究

日大生産工（院）○中村 遼 日大生産工 岩田 伸一郎

1. 研究の背景と目的

感染症を予防するためには、医学的なアプローチだけでなく、疫学や社会学などからの多面的な考察も必要である。感染症の流行動態は、感染の場となる空間の状態や利用状況と密接に関係していると考えられ、建築的な視点から伝播傾向を分析することは感染症リスクの予測や対処法を検討において重要である。

インフルエンザは日本において毎年流行する感染症で、接触感染や空気感染のメカニズムについては様々な知識が獲得されており、空調によるウイルス除去の技術も普及している。しかし、流行するインフルエンザの型が毎年異なることや、発生源や伝播傾向が変化するなどの不確定要因が多く、都市スケールの感染実態については十分に把握されていない。

都市スケールでインフルエンザの流行動態を考察するためには、その根拠となる人々の活動実態に

ついても都市スケールで捉えることが必要となる。パーソントリップのデータなどを用いて行動モデルを作成し、感染者数を予測する既往研究¹⁾などはあるが、パラメータの設定方法に結果が強く依存するため結果の信憑性には更なる検証が必要である。また、年ごとに特徴が異なるインフルエンザの流行は複数年に渡って傾向を捉えていく必要があるが、流行性の違いを考慮して感染者数の予測や伝播傾向の分析を行った研究は見当たらない。

都市スケールにおける人々の活動実態については、前研究²⁾でも用いた用途別延床床面積比率³⁾や、人の移動を調査し統計されたデータであるパーソントリップ調査⁴⁾の発着施設別発生集中量や目的種類別原単位を用いて簡易的に推定することができる。そこで、本研究では性別年齢階層ごとに複数年分の感染者数と用途別総延床面積のデータを使用し、用途別総延床面積を説明変数とした各年各性別、各年齢階級の感染率の予測式を導くこと

表 1 各区の発着施設別発生集中量と目的種類別原単位

	住 宅・ 寮	学 校・ 教育・ 幼稚園・ 保育施設	文 化・ 宗教施設	医 療・ 厚生・ 福祉施設	事務所・ 会社・ 銀行	官公庁	ス ー パ ー マ ー ケ ッ ト・SC	そ の 他 の 商 業 施設	宿 泊 施 設・ ホ テ ル	工 場・ 作業所	交 通・ 運 輸 施設	倉 庫・ 物 流 ターミ ナル	そ の 他 の施設	不明
千代田区	1.226	3.710	0.794	1.006	22.180	3.234	1.322	4.400	0.555	0.208	0.506	0.029	1.069	2.557
中央区	1.046	0.256	0.168	0.312	6.456	0.100	1.123	1.603	0.068	0.079	0.060	0.036	0.343	0.764
港区	0.997	0.470	0.159	0.272	4.889	0.127	0.240	0.928	0.172	0.061	0.078	0.021	0.278	0.553
目黒区	0.969	0.312	0.041	0.133	0.339	0.034	0.161	0.163	0.010	0.019	0.013	0.002	0.073	0.053
品川区	0.981	0.236	0.034	0.115	0.909	0.036	0.225	0.188	0.009	0.042	0.029	0.022	0.092	0.109
大田区	0.995	0.177	0.030	0.107	0.327	0.030	0.192	0.112	0.003	0.050	0.052	0.028	0.072	0.051
豊島区	0.951	0.450	0.070	0.129	0.725	0.051	0.581	0.345	0.017	0.025	0.026	0.002	0.112	0.109
文京区	0.995	0.728	0.072	0.285	0.831	0.063	0.123	0.202	0.024	0.029	0.014	0.004	0.109	0.104
新宿区	0.913	0.539	0.092	0.247	1.571	0.211	0.567	0.586	0.045	0.039	0.045	0.004	0.169	0.222
渋谷区	1.009	0.518	0.127	0.207	1.969	0.074	0.606	0.717	0.028	0.032	0.048	0.004	0.228	0.268
荒川区	0.913	0.176	0.019	0.114	0.258	0.027	0.167	0.101	0.006	0.046	0.014	0.006	0.071	0.054
台東区	0.979	0.233	0.267	0.127	1.172	0.070	0.363	0.471	0.019	0.059	0.058	0.010	0.172	0.181
墨田区	0.982	0.192	0.049	0.125	0.515	0.037	0.217	0.151	0.007	0.061	0.013	0.009	0.084	0.091
江東区	0.974	0.188	0.046	0.101	0.647	0.044	0.229	0.146	0.005	0.053	0.027	0.039	0.098	0.093
中野区	0.964	0.172	0.029	0.095	0.232	0.028	0.146	0.120	0.003	0.013	0.010	0.002	0.064	0.047
杉並区	0.980	0.213	0.030	0.082	0.168	0.023	0.163	0.108	0.001	0.013	0.015	0.001	0.063	0.036
世田谷区	0.973	0.271	0.028	0.085	0.157	0.023	0.161	0.105	0.001	0.013	0.013	0.004	0.070	0.036
練馬区	0.962	0.190	0.038	0.099	0.224	0.051	0.187	0.111	0.003	0.034	0.022	0.004	0.071	0.053
板橋区	0.964	0.208	0.019	0.123	0.200	0.024	0.190	0.093	0.000	0.035	0.008	0.009	0.062	0.045
北区	0.962	0.190	0.038	0.099	0.224	0.051	0.187	0.111	0.003	0.034	0.022	0.004	0.071	0.053
足立区	0.986	0.186	0.020	0.099	0.174	0.027	0.210	0.083	0.001	0.041	0.016	0.008	0.071	0.042
葛飾区	0.992	0.197	0.022	0.101	0.155	0.030	0.210	0.095	0.001	0.039	0.012	0.003	0.081	0.040
江戸川区	0.956	0.205	0.025	0.077	0.150	0.020	0.164	0.076	0.001	0.030	0.012	0.009	0.067	0.031

In 23 wards of Tokyo considering the daily living area based on a survey PHS
Prediction of the rate of influenza infection

Ryo NAKAMURA, Shinichiro IWATA

で、感染率、予測式の精度、説明変数として抽出される建物用途について項目ごとの傾向や関係性を探り性別や年齢ごとの傾向を明らかにする。さらに、総務省が行っているパーソントリップ調査のデータに基づき、各区の移動目的のトリップ数のデータである発着施設別発生集中量、目的地ごとのトリップ数のデータである目的種類別原単位を用いてインフルエンザの患者数と移動との関係性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

疾病の流行状況を複数年のデータを扱う場合、一般的には疾病件数が繰り返しデータとなることを踏まえて疾病状況の経年変化を考慮する必要がある。一方、インフルエンザの場合は、発生から終息のまでのサイクルが1年以内で完結することや、インフルエンザの型が毎年異なることから、各年の流行を独立した疾病と捉えて比較する分析方法が適当であると考えられる。

対象地域として東京都23区を設定する。人口密度が高い東京都23区は感染症のリスクが高く、伝播傾向の把握が急務である。感染者数については、東京都感染症発生動向調査⁵⁾で報告されている各医療機関を受診した感染した患者数（定点報告疾病集計表週報告分）に関する2001年から2012年24週目までのデータを使用する。感染率は区の年間インフルエンザ感染者数を区の総人口で除した値と定義する。統計データとして東京都統計年鑑を参照し、建物用途の分類についても東京都統計年鑑に従い15種類の分類を採用する。インフルエンザは年を越して流行するが、感染者数がほぼ居なくなる25週目を開始として翌年の24週目までを1サイクルとして感染者数をカウントし、例えば2005年に

発生して2006年に終息する流行については2005年と記す。

4. 性別年齢階層ごとの用途別総延床面積に基づく感染率の予測

性別年齢階層ごとに2001年から2011年の各年について、項目ごとの区の感染率を目的変数、区の建物の用途別総延床面積を説明変数とした総当たり法による重回帰分析を行い、自由度修正済決定係数の値が最も高くなる予測式とそのときの説明変数の組合せを導いた。説明変数で用いた施設の用途は、1. 官公庁施設、2. 教育文化施設、3. 厚生医療施設、4. 供給処理施設、5. 事務所建築物、6. 専用商業施設、7. 住商併用施設、8. 宿泊遊興施設、9. スポーツ興業施設、10. 独立住宅、11. 集合住宅、12. 専用工場、13. 住居併用工場、14. 倉庫・運輸関係施設、15. 農林漁業施設の15項目を設定する。説明変数同士の多重共線性を考慮するために導かれた予測式の説明変数についてVIF値を求め、その値が10以上となった説明変数を除外した。さらに、各説明変数についてp値を用いて有意性の検定を行い、p値が0.05を超える説明変数についても除外した。導かれた性別・年齢階層別決定係数を表2に建物用途と標準化偏回帰係数の一覧を図1に示す。決定係数は、数値が高いほど式の精度が高いことを意味し、5.0以上で精度が高い、8.0以上で精度が非常に高いと言われている。そして、標準化偏回帰係数の符号が正の場合には延床面積が増加すると感染率が高くなる説明変数であることを意味し、負の場合には総延床面積が増加すると感染率が低くなる説明変数であることを意味する。

表2より、同年であっても性別や年齢により決定係数が異なり、2005年を境に自由度修正済み決定

表2 性別・年齢階層別決定係数

年齢階級	性別		2001- 2002	2002- 2003	2003- 2004	2004- 2005	2005- 2006	2006- 2007	2007- 2008	2008- 2009	2009- 2010	2010- 2011	2011- 2012
～4	man	決定係数 (自由度修正済み)	0.794 (0.623)	0.654 (0.524)	0.606 (0.380)	0.727 (0.647)	0.692 (0.577)	0.453 (0.367)	0.251 (0.176)	0.564 (0.435)	0.286 (0.174)	0.607 (0.382)	0.385 (0.248)
	woman	決定係数 (自由度修正済み)	0.714 (0.476)	0.741 (0.665)	0.737 (0.555)	0.689 (0.598)	0.693 (0.517)	0.396 (0.301)	0.197 (0.117)	0.525 (0.385)	0.173 (0.042)	0.519 (0.378)	0.363 (0.176)
5～19	man	決定係数 (自由度修正済み)	0.696 (0.443)	0.699 (0.559)	0.802 (0.638)	0.704 (0.639)	0.535 (0.269)	0.426 (0.258)	0.421 (0.251)	0.473 (0.356)	0.376 (0.278)	0.679 (0.495)	0.396 (0.219)
	woman	決定係数 (自由度修正済み)	0.664 (0.431)	0.718 (0.586)	0.705 (0.501)	0.683 (0.590)	0.582 (0.386)	0.381 (0.243)	0.459 (0.300)	0.427 (0.336)	0.409 (0.316)	0.749 (0.575)	0.540 (0.326)
20～59	man	決定係数 (自由度修正済み)	0.944 (0.905)	0.936 (0.899)	0.874 (0.769)	0.843 (0.796)	0.863 (0.823)	0.535 (0.361)	0.678 (0.528)	0.528 (0.308)	0.619 (0.476)	0.493 (0.413)	0.775 (0.670)
	woman	決定係数 (自由度修正済み)	0.942 (0.884)	0.868 (0.806)	0.831 (0.628)	0.748 (0.604)	0.620 (0.477)	0.543 (0.409)	0.462 (0.304)	0.337 (0.089)	0.649 (0.406)	0.355 (0.212)	0.445 (0.237)
60～	man	決定係数 (自由度修正済み)	0.574 (0.375)	0.836 (0.742)	0.916 (0.815)	0.761 (0.595)	0.501 (0.268)	0.655 (0.458)	0.575 (0.416)	0.657 (0.461)	0.643 (0.439)	0.654 (0.493)	0.823 (0.700)
	woman	決定係数 (自由度修正済み)	0.728 (0.626)	0.902 (0.820)	0.897 (0.838)	0.766 (0.531)	0.579 (0.382)	0.647 (0.482)	0.745 (0.533)	0.336 (0.027)	0.712 (0.578)	0.651 (0.452)	0.801 (0.635)
total	total	決定係数 (自由度修正済み)	0.856 (0.737)	0.835 (0.721)	0.782 (0.6)	0.799 (0.74)	0.701 (0.613)	0.371 (0.185)	0.324 (0.174)	0.468 (0.384)	0.358 (0.215)	0.707 (0.504)	0.547 (0.446)

係数が0.5を超える項目が少なくなっていることがうかがえる。自由度修正済み決定係数が、「man20～59」「woman60～」は0.5を超える年が11年中7年と多い。また、各年齢階層で性別ごとに比較を行うと「～4」「20～59」歳で男性の決定係数が上がっており、これらの項目では感染率の予測に用途面積の影響が大きいことがうかがえる。「man5～19」では、係数が0.5を超える年は11年中3年であり「man～4」「woman～4」「woman5～19」「woman20～59」「man60～」では、4年である。そのため、用途面積だけでは、感染率を予測することは難しい。

次に、性別・年齢階層ごとに15項目の標準化偏回帰係数の値がまとめられた図1より、「官公庁施設」は、正の値であり、特に20～59歳で顕著でありこれらの年齢に影響が大きいことがうかがえる。「集合住宅」「住居併用工場」は、正の値であり、特に60～歳で顕著である。「供給処理施設」は、負の値であり、特に20～59、60～歳で顕著である。また、年齢が上がるにつれて、正の値として上がる数が増え、標準化偏回帰係数の値も高くなっている。

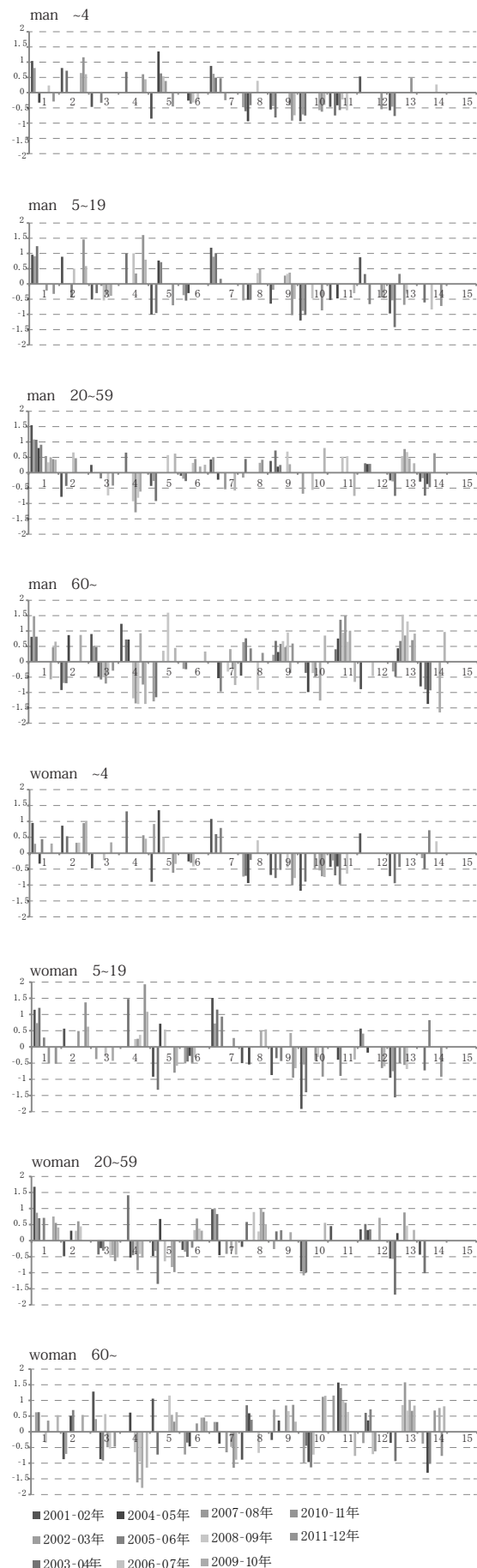
4. パーソントリップ調査に基づく人の移動を考慮した感染率の予測

3章と同様の方法を用いて2001年から2011年の各年について、区の感染率を目的変数、区の発着施設別発生集中量と目的種類別原単位を説明変数とした総当たり法による重回帰分析を行い、自由度修正済み決定係数の値が最も高くなる予測式とそのときの説明変数の組合せを導いた。説明変数の発着施設と移動目的は各14項目と8項目を用いた。導かれた決定係数を各表3・4に示す。

表3より発着施設の標準化偏回帰係数では、正の相値として抽出された要素として「文化・宗教施設」「医療・厚生・福祉施設」「事務所・会社・銀行」「官公庁」「宿泊施設・ホテル」があげられる。負の値として抽出された要素として「住宅・寮」「学校・教育・幼稚園・保育施設」があげられる。「学校・教育・幼稚園・保育施設」「文化・宗教施設」「官公庁」が複数年度であげられている。「事務所・会社・銀行」においては、係数の値が非常に高い項目となっておりこれらの項目が発着施設を用いた感染率の予測に影響が大きいことがうかがえる。

表4より目的種類の標準化偏回帰係数では、正の値として抽出された移動目的として「自宅・業務」「帰宅」負の値として抽出された項目として「自宅

図1 建物用途と標準化偏回帰係数



「私事」「勤務・業務」「不明」があげられる。その中でも、「自宅－業務」11年中の7年であげられており、正の値としてあげられていることから移動目的を用いた感染率の予測に影響が大きいことがわかる。

各説明変数の感染率の自由度済み決定係数を示した図2より各説明変数の係数の値が近い数値及び近い各年の数値の動きをしていることがわかる。これらより、各説明変数の相関性がうかがえる。

5. まとめ

インフルエンザの伝播は、性別年齢階層ごとに感染率の予測と関係が深い用途が異なっており、その傾向を明らかにした。インフルエンザの感染率の予測について、建物用途面積と目的種類別移動数と発着施設別移動数についての相関性があることを明らかにした。また、感染率に強く影響を及ぼす発着施設や移動目的種類を明らかにした。

今後の課題として、感染率の予測式に影響を及ぼす主要な目的種類別移動数や発着施設別移動数について、移動手段や移動目的を整理し、検証することで具体的なインフルエンザの感染傾向を明らかにし、性別年齢階層ごとの建築用途と目的種類別移動数と発着施設別移動数を比較することでインフルエンザの感染傾向を検証していきたい。また、定期券利用者の情報がまとまった大都市交通センサスの簡易的に入手できるデータも合わせて検証することで移動と感染の繋がりを検証していきたい。

参考文献

- 1) 稲葉寿：人口と感染症の数理，2007年数学公開講座「現象と数理」，2007.12
- 2) 松浦真也：都市の用途別床面積に基づくインフルエンザの伝播傾向に関する研究 2012
- 3) 総務省「東京都統計年鑑 平成18年・平成20年」土地利用現状調査 (2) 建物の地域、用途別延面積比率等(平成13年又は平成14年)、(平成18年又は平成19年)
- 4) 総務省「パーソントリップ調査」[b-1]居住地ゾーン別・性別・年齢階層別・目的種類別原単位[c-4]ゾーン別・代表交通手段別・発着施設別発生集中量(平成22年)
- 5) 東京都感染症センター「定点報告疾病集計表週報告分」2002-2010
- 6) 総務省「国勢調査」区市町村別人口及び世帯数(2010) 地域別人口(2002-2009)

表3 説明変数として抽出された発着施設の標準化偏回帰係数

	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
住宅・寮		0.420				-1.230				-1.036	-0.811
学校・教育・幼稚園・保育施設	-4.631	-3.896	-4.461								-1.134
文化・宗教施設	1.112	1.280	1.623			1.222					
医療・厚生・福祉施設	2.026	2.541	3.257			-1.570				-1.619	
事務所・会社・銀行	15.455	-1.280	-1.921			51.442				10.222	
官公庁	4.255	2.696	2.989	1.155	1.389						
スーパー・デパート・SC											1.007
その他の商業施設	-2.584			3.912	3.741		0.295			-12.37	-13.72
宿泊施設・ホテル	-1.380					-3.161		0.649	2.006	-3.029	
工場・作業所		-0.935	-0.894	-0.483		0.784					
交通・運輸施設											
倉庫・物流ターミナル	-0.343			0.611	0.460	-0.445					
その他の施設	6.723			-4.106	-4.661					7.684	5.304
不明	-20.02					-47.10			-1.581		9.739

表4 説明変数として抽出された目的種類の標準化偏回帰係数

	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
自宅－勤務		0.168					0.855	0.817		-0.971	-1.754
自宅－通学						0.288	0.621	0.587			-0.846
自宅－業務	1.034	0.912	0.797	0.725	0.660	0.287	0.641	0.959	0.533		
自宅－私事						-0.322			-0.259	-0.504	-1.015
帰宅											0.794
勤務・業務	-0.397	-0.274	-0.538				-0.667	-0.668	-0.496	0.410	
私事	-0.174		0.200								
不明	-0.167	-0.245	-0.275	-0.301	-0.271				-0.261	-0.191	

表5 各説明変数の決定係数

説明変数		2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
用途面積	決定係数	0.856	0.835	0.782	0.799	0.701	0.371	0.324	0.468	0.358	0.707	0.547
	(自由度修正済み)	(0.737)	(0.721)	(0.600)	(0.740)	(0.613)	(0.185)	(0.174)	(0.384)	(0.215)	(0.504)	(0.446)
移動目的毎の移動数	決定係数	0.703	0.789	0.601	0.733	0.605	0.183	0.278	0.540	0.283	0.418	0.427
	(自由度修正済み)	(0.637)	(0.742)	(0.513)	(0.707)	(0.566)	(0.055)	(0.118)	(0.438)	(0.124)	(0.289)	(0.299)
目的施設毎の移動数	決定係数	0.931	0.838	0.619	0.817	0.639	0.595	0.087	0.421	0.313	0.472	0.505
	(自由度修正済み)	(0.873)	(0.762)	(0.476)	(0.763)	(0.559)	(0.364)	(0.043)	(0.394)	(0.244)	(0.274)	(0.319)

図2 各説明変数の決定係数

