

アクティブな交通行動・歩行量に関連するマルチスケールな都市環境要因の解析 - 全国 70 都市を対象とした横断分析 -

瀧宮健介*・埴淵知哉**・磯田弦***・中谷友樹****

An analysis of relationships between the active transport behaviors and urban environment - A multilevel cross-sectional analysis of 70 cities in Japan -

Kensuke TAKIMIYA, Tomoya HANIBUCHI, Yuzuru ISODA, and Tomoki NAKAYA

Recently, improved urban environment that discourages the use of private cars and promotes walking and public transportation have attracted much attention, such as compact cities and 15-minute cities. The purpose of this study is to clarify the relationships between urban environment and travel behavior, i.e. amount of walking and mode choice, taking into account individual attributes. Combining geographic information with individual data from the National Urban Traffic Characteristics Survey covering 70 cities in Japan, this study conducts a multi-level regression analysis that simultaneously considers local characteristics in different scales, such as city units, neighborhoods, and intermediate scales between them. The result indicates that the purpose and the use of active transport are affected by urban environmental factors of several different spatial scales, suggesting the need to consider the micro-urban hierarchical structure in improving the urban environment to promote active transport.

Keywords: 交通行動 (Travel behavior), 都市環境 (Urban environment), 15分都市 (15 minutes city), コンパクトシティ (Compact city), 全国都市交通特性調査 (National Urban Traffic Characteristics Survey)

1. はじめに

1.1. 背景

近年、都市計画の分野において、土地利用を見直すことで自家用車の利用を抑制し公共交通や徒歩・自転車によるアクティブな移動を促進するコンパクトシティや「15分都市」(Moreno, 2019)が注目を集めている。これらの施策は、日本の諸都市においても効果が期待され、特にモータリゼーションが進行している地方都市において、アクティブな交通手段の利用を促すことで環境負荷の軽減や人々の健康増進に寄与すると考えられる。

一方で、交通手段選択や歩行量の多寡には様々な要因が関連していることが多くの研究から示唆されている (Oregon-Biosca, 2021; Ewing et al., 2001)。Eldeeb et al. (2021)によると、人々の交通行動の規定要因は、個人・世帯要因、トリップ要因、都市環境的要因などに大別される。個人・世帯要因には、住居形式、収入、世帯人員、性別、年齢、自家用車

保有台数などが含まれる。トリップ要因には、移動にかかる時間や費用、移動の時間帯、天候などが該当する。都市環境的要因は、居住地域周辺の人口密度、店舗数、土地利用多様性、公共交通の利便性などである。

こうした交通行動の決定要因の中でも都市環境的要因と人々の交通行動の関係を日本の都市において明らかにすることは、コンパクトシティや15分都市といった新たな都市政策の効用を日本社会の文脈に沿って検討する上で欠かせない課題である。

1.2. 先行研究

交通行動と都市環境の関係に関する既往研究は多く蓄積されている。例えば Zhao and Li (2017)では、中国・北京市において自転車利用に関する個人・世帯要因及び地下鉄駅周辺の都市環境要因を、マルチレベル・ロジスティックモデルを用いて分析した。その結果、年齢や性別といった個人的要因に加え、

* 学生会員 〒 980 8572 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1

東北大学 環境科学研究科 (Tohoku University) E mail: kensuke.takimiya.p3@dc.tohoku.ac.jp

** 非会員 東北大学大学院 環境科学研究科

*** 正会員 東北大学大学院 理学研究科

**** 正会員 東北大学大学院 環境科学研究科

地下鉄駅から目的地までの距離や地下鉄駅周辺の土地利用など都市環境的な変数が自転車利用に影響を及ぼしていることが明らかになった。

日本の文脈においても、交通手段選択と都市環境の関係を問うた研究は多く存在する。鈴木・室町（2011）では、東京都市圏において自動車利用の個人・世帯要因及び都市環境要因を、マルチレベル・ロジスティック回帰モデルを用いて分析した。その結果、都市環境要因及び個人・世帯要因の両方が人々の交通行動に寄与していることが示唆された。上杉・矢野（2016）では、京都府を対象地域とし、交通行動と近隣環境の関係を、居住者属性を地区レベルで要約したジオデモグラフィクスを用いて分析した。その結果、同じ交通手段の選択においても、移動目的により個人・世帯的要因や都市環境的要因の影響が異なるということが示唆されている。

このように、都市環境的な要因を考慮した交通手段選択に関する研究は、国内外を問わずみられる。しかし、多くの研究は一つの地域内での分析に留まっている。多数の都市を含む分析としては、大庭ほか（2013）や森ほか（2017）のように全国都市交通特性調査のデータを用いて都市全体の人口密度の高さが自動車の依存度の低さや歩行量の多さと関連することを示した研究がある。しかし、これらの研究は都市レベルの人口密度以外の都市環境要因を十分に考慮していない。また、より微細な近隣スケールでの都市環境について検討を行っている鈴木・室町（2011）や上杉・矢野（2016）においても、どのような範囲の都市環境が交通行動に関連しているのかについては明確な議論が見られない。

1.3. 研究の目的

以上の課題を踏まえて、本研究では、全国の多数の都市から得られたデータを用い、都市内部における様々な近隣スケールの都市環境と交通行動・歩行量との関連を明らかにすることを目的とする。

2. 分析の概要

2.1. 使用するデータ

本研究では、平成 27 年（2015 年）に実施された

全国都市交通特性調査（通称、全国 PT 調査）の個票データを使用した。この調査では、日本全国 70 都市（表 1）を対象に人々の交通行動の実態がサンプリング調査されている。今回の分析では、全国都市交通特性調査のデータから、トリップ手段とトリップ目的、またトリップ者の個人・世帯属性を用いて分析を行った。また、トリップ目的の 1 つとして「通勤・通学」のデータを含めて分析するため、平日のトリップに限定して利用した。

居住地周辺の都市環境に関する変数を作成するため、平成 27 年（2015 年）に行われた国勢調査のデータ（e-stat より取得）、平成 26 年（2014 年）の商業統計メッシュデータ（国土数値情報より取得）、平成 27 年（2015 年）の鉄道時系列データ（国土数値情報より取得）を利用した。なお、調査サンプルの居住地について、全国都市交通特性調査データの居住町丁字をジオコーディングによって座標化し、その座標に対応する 3 次メッシュを居住メッシュとした。なお、3 次メッシュを用いた理由は、各都市で統一的に都市環境を比較するためである。

本研究で用いた変数の一覧は、表 2 の通りである。すなわち、被説明変数として、歩行量の指標である歩行時間及び交通手段選択の指標であるトリップの交通手段利用ダミーを選んだ。ただし、歩行量は 1 人の個人が行う 1 日すべてのトリップから求めているが、交通手段選択の分析の対象は自宅発のトリップに限定した。個人・世帯的要因の説明変数としては、鈴木・室町（2011）や上杉・矢野（2016）を参考に自家用車保有台数、年齢、世帯人員、性別（男性ダミー）、都市環境的要因の説明変数として、人口密度、駅からの距離に加え、様々な日常的な活動機会の規模と多様性を簡易に測定する指標として、小売業事業所数と業種数を選択した。

2.2. 分析手法

まず、歩行時間については、歩行時間（個人ごと）を被説明変数、個人・世帯要因及び都市環境要因を説明変数、都市単位のランダム効果（ランダム切片）を持つマルチレベル・トービットモデルによる分析を行った（ $n=79,356$ ）。なお、トービットモデルを用

いた理由は、歩行時間が0であるサンプルが一定数存在し、歩行時間0未満は観測されないため、歩行時間を0の位置での左切断データとして回帰分析を実施する必要が認められたためである。

表1 対象都市

都市類型		都市名
三大都市圏	中心都市	さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市
	周辺都市	取手市、所沢市、松戸市、稲城市、堺市、豊中市、奈良市、青梅市、小田原市、岐阜市、豊橋市、春日井市、津島市、東海市、四日市市、亀山市、近江八幡市、宇治市、泉佐野市、明石市
地方中枢都市圏(中心都市人口40万人以上)	中心都市	札幌市、仙台市、広島市、北九州市、福岡市
	周辺都市	小樽市、千歳市、塩竈市、呉市、大竹市、太宰府市
地方中核都市圏(中心都市人口40万人以上)	中心都市	宇都宮市、金沢市、静岡市、松山市、熊本市、鹿児島市
	周辺都市	小矢部市、小松市、磐田市、総社市、諫早市、白杵市
地方中核都市圏(中心都市人口40万人未満)	中心都市	弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市
	周辺都市	高崎市、山梨市、海南市、安来市、南国市、浦添市
地方中心都市圏		湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市

表2 分析に使用する変数

変数名	説明	出典	
目的変数	徒歩時間	個人ごとの徒歩時間(分)	A
	自家用車利用ダミー	自家用車利用=1	A
	公共交通利用ダミー	公共交通利用=1	A
	徒歩ダミー	徒歩移動=1	A
	自転車ダミー	自転車移動=1	A
説明変数(個人・世帯要因)	自家用車保有台数	世帯が保有する車の数(台)	A
	年齢	(歳)	A
	世帯人員	(人)	A
	男性ダミー	男性=1	A
説明変数(都市環境要因)	駅からの距離	居住地から最近隣の駅までの距離(km)	D
	人口密度	(人/km ²) 隣接メッシュを考慮する場合は該当メッシュの人口密度の合計をメッシュ数で除す	C
	小売業事業所数	商業統計メッシュデータよりメッシュ内の小売業事業所数をカウント 隣接メッシュを考慮する場合は該当メッシュの小売業事業所数の合計をメッシュ数で除す	B
	業種の種類数	商業統計メッシュデータにおいてメッシュ内に存在する業種の数をカウント 隣接メッシュを考慮する場合は該当メッシュの業種の種類数の合計をメッシュ数で除す	B

A:全国都市交通特性調査(H27) B:商業統計メッシュ(H26)
C:国勢調査(H27) D:鉄道時系列(H27)

なお、都市環境要因の変数値を計算する居住地の近隣の範囲としては、3つのパターンを比較した。すなわち、居住地が存在する1kmメッシュのみの

都市環境を考慮する場合、居住地が存在する1kmメッシュ及びその周囲の8メッシュの計9メッシュを考慮する場合(1次近傍)、居住地が存在する1kmメッシュ及びその周囲の20メッシュの計21メッシュを考慮する場合(2次近傍)である(図1)。

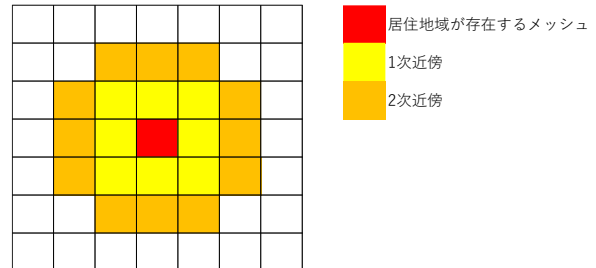


図1 都市環境要因の考慮範囲

交通手段選択についてもその規定要因について分析を行うため、自家用車利用ダミー、公共交通利用ダミー、徒歩ダミー、自転車ダミーそれぞれを被説明変数(トリップごと)とし、個人・世帯要因及び都市環境要因を説明変数とする都市単位のランダム切片を持つマルチレベル・ロジスティック回帰分析を行った。なお、この分析においても歩行時間の場合と同様に、都市環境の変数を算出する居住地周辺の範囲を3パターンに分けて分析した。また、交通手段(自家用車・公共交通・徒歩・自転車)について、移動目的(通勤通学・買い物)ごとにそれぞれ分析を行い、結果を比較した(通勤通学:n=33,151, 買い物:n=9,532)。

3. 分析結果

3.1. 歩行時間の規定要因

歩行時間に関するマルチレベル・トービットモデルの推定結果を表3に示す。居住地周辺の範囲について、モデル比較の指標であるAICを3つのパターンに対応するモデル間で比較したところ、居住するメッシュのみを考慮するモデルでAICが一番小さくなった。なお比較するモデルのパラメーターが同数であるため、ここでの比較は適合度の比較と実質的に同じである。

都市環境要因の変数の係数についてみると、駅からの距離はどのモデルでも有意となり、駅から居住地までの距離が近いほど歩行時間が増加する傾向が

表3 徒歩時間のマルチレベル・トービットモデルの推定結果

目的変数：徒歩時間	近隣なし	近隣1	近隣2
(Intercept)	21.99 ***	22.31 ***	23.42 ***
年齢	参照:0~19歳		
	20~39歳	-42.77 ***	-42.83 ***
	40~64歳	-44.73 ***	-44.74 ***
	65歳以上	-51.96 ***	-51.92 ***
自家用車保有台数		-7.84 ***	-7.91 ***
世帯人員		0.16	0.15
1.男性ダミー	男性:1	1.49 ***	1.49 ***
駅からの距離	参照:0~1km		
	1~4km	-5.18 ***	-6.28 ***
	4km以上	-9.51 ***	-10.94 ***
人口密度	参照:4000人以下		
	4000~8000人	1.47 *	
	8000人以上	1.81	
小売業事業所数	参照:24以下		
	25~49	-1.22	
	50以上	2.28 *	
業種の種類	参照:7以下		
	8~15	2.37 ***	
	16以上	5.09 ***	
人口密度_近隣1	参照:4000人以下		
	4000~8000人		1.97 **
	8000人以上		2.42
小売業事業所数_近隣1	参照:24以下		
	25~49		1.03
	50以上		6.06 ***
業種の種類_近隣1	参照:7以下		
	8~15		1.87 *
	16以上		1.76
人口密度_近隣2	参照:4000人以下		
	4000~8000人		2.64 *
	8000人以上		3.84 *
小売業事業所数_近隣2	参照:24以下		
	25~49		1.93 *
	50以上		2.51
業種の種類_近隣2	参照:7以下		
	8~15		0.97
	16以上		3.68 *
AIC	276,073	276,086	276,131
対数尤度	-138,019	-138,026	-138,049
観測数	79,356	79,356	79,356
グループ数(都市数)	70	70	70
ランダム切片の分散	25.00	23.33	22.18

***p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05

表4 移動手段選択のマルチレベル・ロジスティックモデルの推定結果（自家用車）

自家用車の選択要因 目的変数:自家用車利用ダミー	通勤通学			買い物		
	近隣なし	近隣1	近隣2	近隣なし	近隣1	近隣2
(Intercept)	-3.180 ***	-3.085 ***	-3.102 ***	-1.545 ***	-1.528 ***	-1.679 ***
自家用車保有台数	0.875 ***	0.867 ***	0.870 ***	1.208 ***	1.206 ***	1.211 ***
年齢20~39歳(参照:0~19歳)	2.360 ***	2.366 ***	2.364 ***	0.920 ***	0.930 ***	0.932 ***
年齢40~64歳	2.808 ***	2.815 ***	2.812 ***	0.959 ***	0.967 ***	0.964 ***
年齢65歳以上	2.793 ***	2.792 ***	2.794 ***	0.733 ***	0.715 ***	0.723 ***
世帯人員	-0.202 ***	-0.203 ***	-0.203 ***	-0.130 ***	-0.129 ***	-0.127 ***
男性ダミー	0.076 **	0.076 **	0.074 **	0.666 ***	0.675 ***	0.675 ***
駅からの距離1~4km(参照:0~1km)	0.252 ***	0.220 ***	0.244 ***	0.130 *	0.152 **	0.229 ***
駅からの距離4km以上	0.471 ***	0.403 ***	0.445 ***	0.538 ***	0.508 ***	0.652 ***
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)	-0.088			-0.171 *		
人口密度8000人以上	-0.207 **			-0.421 ***		
小売業事業所数25~49(参照:24以下)	0.057			-0.165 *		
小売業事業所数50以上	-0.138			-0.602 ***		
業種の種類8~15(参照:7以下)	-0.098 *			-0.188 **		
業種の種類16以上	-0.126			-0.164		
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)		-0.051			-0.105	
人口密度8000人以上		-0.208 *			-0.417 ***	
小売業事業所数25~49(参照:24以下)		-0.004			-0.198 **	
小売業事業所数50以上		-0.316 ***			-0.778 ***	
業種の種類8~15(参照:7以下)		-0.181 ***			-0.305 ***	
業種の種類16以上		-0.350 ***			-0.310 *	
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)			-0.120 *			-0.261 **
人口密度8000人以上			-0.252 **			-0.420 **
小売業事業所数25~49(参照:24以下)			-0.129 *			-0.268 ***
小売業事業所数50以上			-0.235 **			-0.577 ***
業種の種類8~15(参照:7以下)			-0.144 **			-0.143
業種の種類16以上			-0.467 ***			-0.412 *
AIC	31,755	31,660	31,680	10,173	10,130	10,184
BIC	31,890	31,795	31,814	10,288	10,244	10,298
対数尤度	-15,862	-15,814	-15,824	-5,070	-5,049	-5,076
観測数	33,151	33,151	33,151	9,532	9,532	9,532
グループ数(都市数)	70	70	70	70	70	70
ランダム切片の分散	0.498	0.451	0.412	0.147	0.102	0.103

***p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05

示された。また、人口密度、小売業事業所数、業種の種類については、AICの最も低かった居住メッシュのみを考慮するモデルの結果を見ると、人口密度が増加するほど、また小売業事業所数や業種の種類が増加するほど歩行時間が長くなる傾向が見られた。

個人・世帯要因については、各モデルとも世帯人員以外は有意な関連を示し、年齢が低いほど、自家用車保有台数が少ないほど、女性に比べて男性で歩行時間が長くなる傾向が示された。

3.2. 交通手段選択の規定要因

交通手段選択の規定要因を検討するマルチレベ

ル・ロジスティック回帰モデルの推定結果を、表4~7に示した。

まず、都市環境を考慮する近隣の範囲についてAICを比較したところ、自家用車、公共交通、徒歩において、移動目的が通勤、通学・買い物のいずれも近隣の範囲が1次の近傍メッシュを含む場合にAICが最も低かった。自転車の場合においては、移動目的が通勤通学の場合、2次までの近傍メッシュを含む場合に、買い物の場合、1次の近傍メッシュを含む際にAICが最も低かった。

都市環境要因についてみると、駅からの距離は、公共交通、徒歩の利用に関しては移動目的に関わら

表5 移動手段選択のマルチレベル・ロジスティックモデルの推定結果（公共交通）

公共交通の選択要因 目的変数:公共交通利用ダミー	通勤通学			買い物		
	近隣なし	近隣1	近隣2	近隣なし	近隣1	近隣2
(Intercept)	-1.641 ***	-1.660 ***	-1.661 ***	-0.967 *	-1.093 *	-1.173 *
自家用車保有台数	-0.477 ***	-0.480 ***	-0.479 ***	-1.082 ***	-1.062 ***	-1.064 ***
年齢20~39歳(参照:0~19歳)	1.032 ***	1.037 ***	1.037 ***	-0.936 *	-0.887 *	-0.850
年齢40~64歳	0.589 ***	0.593 ***	0.592 ***	-1.329 **	-1.277 **	-1.240 **
年齢65歳以上	0.077	0.076	0.079	-1.267 **	-1.212 **	-1.163 **
世帯人員	0.099 ***	0.097 ***	0.098 ***	0.005	0.004	0.011
男性ダミー	0.016	0.013	0.016	-0.229 *	-0.218 *	-0.232 *
駅からの距離1~4km(参照:0~1km)	-0.290 ***	-0.296 ***	-0.278 ***	0.080	0.092	0.092
駅からの距離4km以上	-0.267 **	-0.285 **	-0.274 **	-0.047	-0.141	-0.116
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)	-0.003			0.397 *		
人口密度8000人以上	-0.007			0.677 **		
小売業事業所数25~49(参照:24以下)	-0.089			0.240		
小売業事業所数50以上	-0.083			0.077		
業種の種類8~15(参照:7以下)	-0.083			-0.581 **		
業種の種類16以上	-0.053			-0.895 ***		
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)		0.117 *			0.674 ***	
人口密度8000人以上		0.317 ***			1.313 ***	
小売業事業所数25~49(参照:24以下)		-0.246 ***			-0.504 **	
小売業事業所数50以上		-0.340 ***			-0.291	
業種の種類8~15(参照:7以下)		-0.053			-0.428 *	
業種の種類16以上		-0.025			-0.928 **	
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)			0.089			0.733 ***
人口密度8000人以上			0.273 **			1.371 ***
小売業事業所数25~49(参照:24以下)			-0.054			-0.345
小売業事業所数50以上			-0.222 *			-0.290
業種の種類8~15(参照:7以下)			-0.184 **			-0.561 **
業種の種類16以上			-0.174			-1.033 **
AIC	26,882	26,858	26,870	3,073	3,064	3,065
BIC	27,017	26,992	27,004	3,188	3,178	3,180
対数尤度	-13,425	-13,413	-13,419	-1,521	-1,516	-1,517
観測数	33,151	33,151	33,151	9,532	9,532	9,532
グループ数(都市数)	70	70	70	70	70	70
ランダム切片の分散	1.258	1.174	1.205	0.431	0.365	0.364

***p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05

ず有意となったが、公共交通による移動については移動目的が「通勤通学」の場合のみ有意となった。概して、居住地と鉄道駅の距離が遠いほど自家用車による移動が選択され、公共交通や徒歩による移動が選択されにくくなる傾向が見られた。人口密度は徒歩、自転車の選択にはあまり寄与しないという結果が得られた一方で、人口密度が大きくなることで自家用車の利用が抑制され、公共交通の利用が促進されることが示唆された。小売業事業所数と業種の種類数については、多重共線性は見られなかったものの同一のモデル内でどちらかのみが有意になる場合が多くみられた。これらの変数が大きいほど自家

用車と公共交通の利用は少なく、徒歩と自転車の利用が多くなる傾向が見られた。

また、個人・世帯要因について、多くの変数で有意な結果となったが、一部の交通手段や移動目的において有意でない場合が存在した。

4. 考察

本研究では、鈴木・室町(2011)や上杉・矢野(2016)等で行われてきた交通行動と近隣スケールの都市環境の分析を、全国都市交通特性調査のデータを用いることで、日本全国 70 都市を対象とした研究を行った。さらに、既往研究ではほとんど考慮されてい

表 6 移動手段選択のマルチレベル・ロジスティックモデルの推定結果 (徒歩)

徒歩移動の選択要因 目的変数:徒歩ダミー	通勤通学			買い物		
	近隣なし	近隣1	近隣2	近隣なし	近隣1	近隣2
(Intercept)	0.580 ***	0.621 ***	0.688 ***	-0.403	-0.321	-0.197
自家用車保有台数	-0.350 ***	-0.347 ***	-0.348 ***	-0.734 ***	-0.726 ***	-0.740 ***
年齢20~39歳(参照:0~19歳)	-3.186 ***	-3.198 ***	-3.193 ***	-0.344	-0.385	-0.380
年齢40~64歳	-3.019 ***	-3.031 ***	-3.025 ***	-0.369	-0.400	-0.398
年齢65歳以上	-2.576 ***	-2.578 ***	-2.580 ***	-0.314	-0.327	-0.332
世帯人員	0.033 *	0.034 *	0.032 *	-0.018	-0.022	-0.021
男性ダミー	-0.143 ***	-0.141 ***	-0.142 ***	-0.473 ***	-0.482 ***	-0.481 ***
駅からの距離1~4km(参照:0~1km)	-0.117 **	-0.116 **	-0.162 ***	-0.293 ***	-0.305 ***	-0.380 ***
駅からの距離4km以上	-0.244 **	-0.246 **	-0.317 ***	-0.818 ***	-0.822 ***	-0.927 ***
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)	0.067			0.101		
人口密度8000人以上	-0.077			0.198		
小売業事業所数25~49(参照:24以下)	0.082			0.014		
小売業事業所数50以上	0.371 ***			0.320 *		
業種の種類8~15(参照:7以下)	0.216 ***			0.250 **		
業種の種類16以上	0.124			0.404 **		
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)		-0.066			0.020	
人口密度8000人以上		-0.309 ***			0.243	
小売業事業所数25~49(参照:24以下)		0.237 ***			0.339 ***	
小売業事業所数50以上		0.707 ***			0.622 ***	
業種の種類8~15(参照:7以下)		0.135 *			0.126	
業種の種類16以上		0.018			0.159	
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)			-0.025			-0.035
人口密度8000人以上			-0.204 *			0.106
小売業事業所数25~49(参照:24以下)			0.144 *			0.365 ***
小売業事業所数50以上			0.438 ***			0.452 **
業種の種類8~15(参照:7以下)			0.138 *			0.158
業種の種類16以上			0.256 *			0.324
AIC	21,444	21,412	21,458	8,295	8,286	8,313
BIC	21,578	21,546	21,592	8,409	8,401	8,427
対数尤度	-10,706	-10,690	-10,713	-4,131	-4,127	-4,140
観測数	33,151	33,151	33,151	9,532	9,532	9,532
グループ数(都市数)	70	70	70	70	70	70
ランダム切片の分散	0.056	0.054	0.066	0.141	0.119	0.126

***p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05

なかった都市環境が交通行動に影響を及ぼす近隣の範囲についても、居住メッシュのみ、1次近傍、2次近傍と3パターンに分けて分析を行い、モデルを比較した。これらにより、先行研究と比較して、日本全国を対象に、より統一的でより一般性のある分析が可能となった。

まず都市スケールの議論として、3.2の結果から都市ごとのランダム切片を比較したところ、公共交通の選択モデルにおいて大きな分散が見られた。これは、公共交通網の発達具合が都市ごとに大きく異なっていることに加え、上杉・矢野(2016)で述べられているように、公共交通利用において社会的規範

や習慣の違いによる文脈効果が存在することを反映していると考えられる。

また都市内スケールの議論として、都市環境の影響する近隣の範囲については、交通手段選択について分析した3.2の結果より、自転車移動・通勤通学の際にのみ居住地の2次の近傍メッシュを含む場合にAICが低く、その他については1次の近傍メッシュを含む場合にAICが低かった。このことから、交通手段や移動目的により交通行動に関連する近隣の範囲は異なるものの、多くの場合において居住地のあるメッシュ周辺の1次近傍程度の範囲が交通行動の選択と関連していることが示唆された。一方で、

表7 移動手段選択のマルチレベル・ロジスティックモデルの推定結果（自転車）

自転車移動の選択要因 目的変数:自転車ダミー	通勤通学			買い物		
	近隣なし	近隣1	近隣2	近隣なし	近隣1	近隣2
(Intercept)	-1.503 ***	-1.620 ***	-1.599 ***	-1.492 ***	-1.522 ***	-1.340 ***
自家用車保有台数	-0.454 ***	-0.443 ***	-0.441 ***	-0.710 ***	-0.705 ***	-0.709 ***
年齢20~39歳(参照:0~19歳)	-0.385 ***	-0.393 ***	-0.397 ***	-0.426	-0.446	-0.461
年齢40~64歳	-0.557 ***	-0.564 ***	-0.565 ***	-0.344	-0.355	-0.371
年齢65歳以上	-0.594 ***	-0.593 ***	-0.598 ***	-0.388	-0.383	-0.407
世帯人員	0.099 ***	0.102 ***	0.100 ***	0.171 ***	0.173 ***	0.170 ***
男性ダミー	-0.186 ***	-0.184 ***	-0.184 ***	-0.373 ***	-0.383 ***	-0.385 ***
駅からの距離1~4km(参照:0~1km)	0.051	0.094 *	0.063	0.020	0.009	-0.040
駅からの距離4km以上	-0.285 **	-0.161	-0.205 *	-0.311	-0.212	-0.357
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)	0.032			0.193 *		
人口密度8000人以上	0.190 *			0.262 *		
小売業事業所数25~49(参照:24以下)	0.035			0.105		
小売業事業所数50以上	0.159			0.258		
業種の種類8~15(参照:7以下)	0.135 *			0.302 **		
業種の種類16以上	0.130			0.299		
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)		-0.042			0.088	
人口密度8000人以上		-0.162			-0.072	
小売業事業所数25~49(参照:24以下)		0.185 **			0.095	
小売業事業所数50以上		0.277 **			0.264	
業種の種類8~15(参照:7以下)		0.260 ***			0.533 ***	
業種の種類16以上		0.551 ***			0.664 ***	
人口密度4000~8000人(参照:4000人以下)			0.031			0.154
人口密度8000人以上			-0.208			-0.156
小売業事業所数25~49(参照:24以下)			0.264 ***			0.168
小売業事業所数50以上			0.383 ***			0.369 *
業種の種類8~15(参照:7以下)			0.263 ***			0.376 ***
業種の種類16以上			0.536 ***			0.528 **
AIC	22,493	22,415	22,410	7,245	7,222	7,239
BIC	22,627	22,550	22,544	7,360	7,336	7,354
対数尤度	-11,230	-11,192	-11,189	-3,607	-3,595	-3,604
観測数	33,151	33,151	33,151	9,532	9,532	9,532
グループ数(都市数)	70	70	70	70	70	70
ランダム切片の分散	0.246	0.219	0.232	0.232	0.210	0.216

***p < 0.001; **p < 0.01; *p < 0.05

徒歩時間を説明変数とした 3.1.の分析結果では、隣接メッシュを含まない狭い近隣を想定したモデルでAICが最も低くなる結果となった。つまり、同じ徒歩においても、徒歩による移動の有無を被説明変数とする場合と徒歩時間を被説明変数とする場合では最適な近隣の範囲が異なっていた。この結果より、徒歩移動を選択するかについては居住地域から1.5kmほど、つまり、15分都市で想定されている程度の範囲の都市環境が影響しているのに対し、徒歩時間については居住地域の半径500m程の比較的狭い範囲の都市環境が主たる影響を及ぼしていると考えられる。よって、同じ交通手段の分析についても、

被説明変数の特性により都市環境が影響を及ぼす近隣の範囲が異なることが明らかとなった。

これら回帰分析の結果からは、居住地域周辺の人口密度が高いほど、また小売業の業種の種類が多いほど歩行時間が長くなる傾向や人口密度が高い地域ほど自家用車の利用が抑制され、公共交通の利用が促進される傾向、また、小売業事業所数と業種の種類数が多いほど、徒歩や自転車といったアクティブな交通手段の利用が促進される傾向が見られた。これらの結果は、都市政策において、コンパクトシティのように鉄道駅等の周辺に居住地区および商業地区を誘致すること、また、15分都市のように居住地

域周辺の土地利用を混在化することで、アクティブな交通行動が増加し、人々の健康や生活に良い影響を与える可能性を支持するものと考えられる。

ただし、選択される交通手段に影響する都市環境の範囲は移動の目的等によって異なる可能性が今回の結果からは示唆されており、500m 圏内程度（3次メッシュ内；徒歩 7~8 分）、1500m 圏内程度（3次メッシュの1次近隣内；徒歩 20 分弱）、2500m 圏内程度（3次メッシュの2次近隣内；自転車で 10 分程度）のように近隣の範囲にも階層性を考慮した都市設計が必要であることも示唆された。

5. おわりに

本研究では、全国を対象とした交通行動のデータを用いて、歩行量・交通手段選択と近隣スケールの都市環境要因を分析した。その結果、都市環境的要因は都市単位のスケールのみならず 1km メッシュ単位の様な都市内部の近隣スケールでも人々の歩行時間や交通行動に影響を与えており、また、その影響範囲は、交通手段や移動目的により異なることが明らかとなった。また、分析を日本全国の都市を対象に行ったことにより、先行研究と比較してより一般性のある関係が得られたと考えられる。

分析の結果からは、居住地の近隣レベルでも、500m 圏内、1500m 圏内、2500m 圏内など階層性を考慮して近隣の都市環境の設計を見直すことにより、自家用車の利用を抑制し、公共交通、徒歩、自転車といったより環境負荷の少ないアクティブな交通手段の利用を推進できる可能性が示唆された。

ただし、本研究は1年次のデータのみを用いた横断的分析にとどまっている。そのため、今後は大庭ほか（2013）のように過去のデータについても分析を行い、日本都市における交通手段選択の変化と都市環境の変化との関連に関する理解を、時間次元を含めて深めていきたい。

参考文献

Moreno, C. (2019) The 15 minutes-city: for a new chrono-urbanism! <<https://www.moreno-web.net/the-15-minutes-city-for-a-new-chrono-urbanism-pr-carlos-moreno/>>.
Eldeeb, G., Mohamed, M. and Páez, A. (2021) Built for active travel? Investigating the contextual effects of the built

environment on transportation mode choice. *Journal of Transport Geography*, 96, 1-14.
Ewing, R. and Cervero, R. (2001) Travel and the built environment: a synthesis. *Transport Research Record* 1780 (1), 87-114.
Obregón-Biosca, S. A. (2022) Choice of transport in urban and periurban zones in metropolitan area. *Journal of Transport Geography*, 100, 1-14.
Zhao, P. and Li, S. (2017) Bicycle-metro integration in a growing city: The determinants of cycling as a transfer mode in metro station areas in Beijing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 99, 46-60.
上杉昌也・矢野桂司 (2016) 個人の交通行動と近隣環境に関するジオデモグラフィクス分析。「GIS-理論と応用」, 25(1), 11-22.
大庭哲治・松中亮治・中川 大・井上和晃 (2013) 交通行動データを用いた都市特性と交通身体活動量の関連分析。「都市計画論文集」, 48(1), 73-81.
鈴木崇正・室町泰徳 (2011) 自動車利用に影響を与える都市環境・個人要因のマルチレベル分析。「都市計画論文集」, 46(1), 13-18.
森 克美・李 廷秀・浅見泰司・樋野 公宏・渡辺悦子 (2017) 地域の物理的環境と移動に伴う歩行時間との関連。「厚生 の 指 標」, 64(6), 1-8.