都市圏におけるラストマイル施設の空間分布に関する研究

平林　佑基[1]・坂井　孝典[2]・田中　慎也[3]・兵藤　哲朗[4]

[1]学生非会員　東京海洋大学　海洋工学部流通情報工学科（〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6）
E-mail: t203047@edu.kaiyodai.ac.jp

[2]正会員　東京海洋大学准教授　海洋工学部流通情報工学科（〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6）
E-mail: tsakai2@kaiyodai.ac.jp

[3]学生非会員　東京海洋大学大学院　海運ロジスティクス専攻（〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6）
E-mail: shinya1122.org@gmail.com

[4]正会員　東京海洋大学教授　海洋工学部流通情報工学科（〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6）
E-mail: hyodo@kaiyodai.ac.jp

近年，E コマース市場の成長により宅配需要が急速に増加し，端末配送の交通システムに大きな負荷がかかっている．端末配送にはその出発点となるラストマイル施設が配送先に近接していることが必要だが，度に都市化された地域において用地の確保が困難になれば，より遠隔地からの配送が必要となり，配送効率の低下が懸念される．本研究は，国内の 3 大都市圏を含む主要都市圏を対象にラストマイル施設の空間的分布と配送距離の関係を分析し，ラストマイル施設の立地と貨物交通の関係を明らかにした．また，配送効率の良い都市圏の条件を明らかにした．

Key Words: *Urban freight, Logistics facilities, Spatial analysis, Parcels*

1. はじめに

世界の E コマース(EC)市場の売上高は，2020 年の新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響で大きく増加している [1]．日本の物販系分野 BtoC の EC 市場おいても 2013 年時点で約 6 兆円だった市場規模は 2022 年に約 14 兆円に上っている [2]．これにより端末配送に大きな負荷がかかっており，端末配送にはその出発点となるラストマイル施設が配送先に近接していることが必要だが，都市化の進んだ地域において用地の確保が困難になると，より遠隔地からの配送が必要となり，配送効率の低下が懸念される．Sakai ら(2019)[3]は，需要が高い都心部から物流施設の設置を禁止すると負の外部性を大幅に増加させることを示している．

本研究では，日本の 3 大都市圏を含む主要都市圏を対象にラストマイル施設の空間的分布と配送距離の関係を分析し，配送効率の良い都市圏の条件を明らかにすることで今後のラストマイル施設の立地場所の確保や土地利用政策に有用な知見を与えることを目的とする．

2. 既往研究のレビュー

物流施設のスプロールは世界の多くの都市圏で起きており，都市地域での貨物トラックの配送距離の増加に繋がることが懸念されている(FHWA, 2012)[4]．Sakai ら(2017)[5]は 2003 年と 2013 年の東京都市圏物資流動調査のデータを用いて物流施設の空間分布について調査を行い，都市中心から物流施設までの平均距離が 26%増加したことを明らかにした．また，これは同期間における人口と事業所における同様の平均距離の増加よりも大きい．Sakai ら(2019)[3]は，東京都市圏を対象とし物流施設の空間的な分布パターンに伴う外部性を評価し，物流施設の極端な集中や分散は負の外部性を高めることを明らかにした．

これは需要の高い場所に物流施設が不足すると負の外部性が高まることを示している．Dablanc & Rakotonarivo (2010)[6]はフランスのパリで物流施設の調査を行い，1974 年から 2008 年にかけてパリ中心部から物流施設までの平均距離が約 10km 増加し，CO^2 排出量が増加したことを示した．一方、深圳とシアトルについては都市の中心に物流施設が集まっていたため他の都市と比較して物流施設のスプロール化が起きていないことが報告されている(Dablanc ら, 2014[7]; Xiao ら, 2021[8])．また，Rai ら(2022)[9]は需要の高い地域では物流施設を商品が使用及び消費される地域に近づける近接物流 - “Proximity Logistics” – を推進する動きが高まっていることを示唆している．

田中ら(2022)[10]はラストマイル施設のみに着目し，配達距離や最も近い施設から配達される割合といった配達効率性を評価する指標について，配達需要やラストマイル施設の許容量（配達可能数）を地価に応じて変化させた将来（20xx 年）のシナリオと現状を比較した．その結果，配達需要の増加に併せて施設の配達可能数を増加させることができれば 1 件当たりの平均配達距離を 9%減少させることができることが示された．ここでは 1.5 倍の増加がなされている．一方で，高地価エリアに立地する施設の配達可能数を需要の増加に対応させない場合，1 件当たりの平均配達距離は大幅に増加し，高地価エリアでラストマイル施設の立地が完全に困難になった場合は平均配達距離が 144%増加するとしている．これより，高地価エリアにおいてもラストマイル施設の用地を確保することが重要であるとしている．

上述の通り，既往研究では物流施設一般に関する研究が多く，ラストマイル施設のみに着目した研究は少ない．本研究では田中ら(2022)[10]と同様に，ラストマイル施設を対象として配送距離との関係を分析する．また，田中ら(2022)[10]は配達需要や各ラストマイル施設の配達可能数を変化させたシナリオを想定し，配送効率を分析しているが，本研究では都市圏間の比較を行ない，配送効率の良いラストマイル施設の空間分布を実現している都市の条件を明らかにする．

3. 調査地域

本研究では，日本三大都市圏である関東大都市圏，中京大都市圏，近畿大都市圏に加えて地方四市を含む大都市圏である札幌大都市圏，仙台大都市圏，広島大都市圏，北九州・福岡大都市圏を調査対象地域とした．各大都市圏の範囲は，国勢調査で定義される大都市圏範囲としており，東京都特別区及び政令指定都市の中心市と，中心市への 15 歳以上通勤・通学者数割合が当該市町村の常住人口の 1.5%以上かつ中心市と連接している市町村である周辺市町村から構成されている[11]．

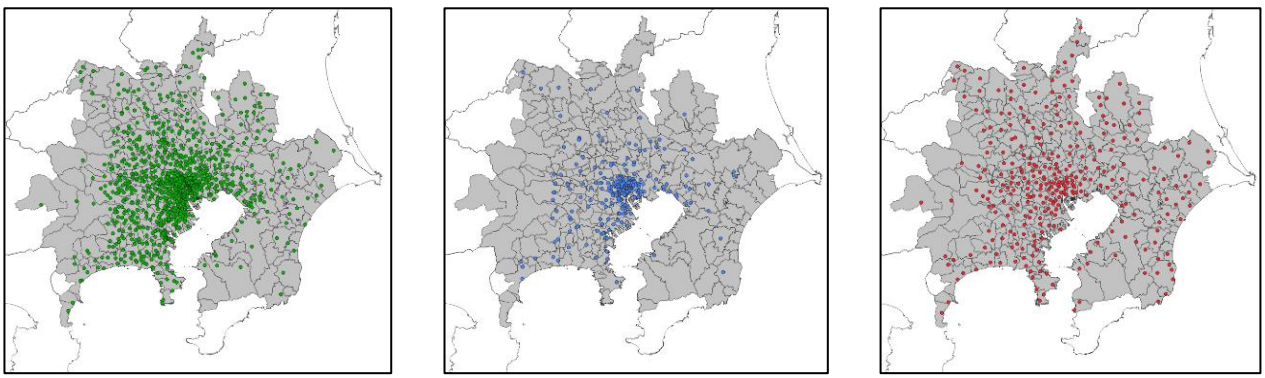
関東大都市圏は世界最大の人口と経済規模を誇り，日本の首都を含んだ都市圏である．それに次いで近畿大都市圏は西日本の中心部で，日本で 2 番目の人口を有する都市圏であり，中京大都市圏は日本最大の工業地域を含む都市圏である．国勢調査で定義された大都市圏のうち，これら三大都市圏とその他 4 つの大都市圏の中心市では地価が上昇傾向にあり将来的に用地の確保が困難になる可能性がある．

4. 使用データ

(1) ラストマイル施設データ

ラストマイル施設本研究では，令和 3 年宅配便取扱個数の供給構成率 94.8%[12]を占めるヤマト運輸(47.5%)，佐川急便(27.6%)，日本郵便(19.9%)のラストマイル施設のデータを扱う．

ラストマイル施設の位置情報取得にあたっては，ヤマト運輸と佐川急便は NAVITIME[13] の情報から施設名と住所を取得し Google Map を用いて緯度経度を取得した．その際に営業状況が臨時休業もしくは閉業となっているものを除外した．ヤマト運輸と佐川急便のラストマイル施設は営業所と呼ばれており，佐川急便の特に都心部の小型ラストマイル施設はサービスセンターと名付けられている．日本郵便については物流機能を有する郵便局であ



ヤマト運輸(n = 1068)　　佐川急便(n = 330)　　日本郵便(n = 298)

図-1　関東大都市圏ラストマイル施設分布

る集配郵便局のみを対象とした．各配送業者の分布例として関東大都市圏におけるラストマイル施設の分布を**図-1** に示す．ヤマト運輸と佐川急便は都心部に集中して立地しているが，日本郵便については都市圏の広範囲に立地する傾向がある．こうした傾向は他の大都市圏にも当てはまる．ヤマト運輸は宅配便事業を主力としているのに対し，佐川急便は企業間取引を得意としている．日本郵便については宅配便事業の他に郵便事業を行っており，2022 年度の郵便物取扱個数は約 144 億通 [14]と日本郵便の宅配便取扱個数の約 15 倍である．これらのことから各配送業者のラストマイル施設の分布が異なっていると考えられる．

(2) 世帯・事業所データ

世帯データは 2020 年国勢調査の結果を小地域（基本単位区）ごとに集計されたデータから，各小地域内に世帯を世帯数だけランダムでプロットした空間分布データを使用した．基本的に一つの街区を基本単位区の区画としている [14]．そのため，道路，河川，学校，警察署などの非可住地には世帯がプロットされておらず，より現実的な分析が可能である．事業所データは 2016 年経済センサス-活動調査の結果を小地域（丁字・大字）ごとに集計されたデータを用いて世帯データと同様の手法で空間分布データを作成した．いずれのデータも政府統計ポータルサイト e-Stat[15]にて公開されている境界データの中で最も詳細に区切られている．本研究で対象とした都市圏での非可住地を含む小地域の平均面積は約 0.072km^2，丁字・大字平均面積は約 0.821km^2 となっている．

各大都市圏の詳細を**表-1** に示す．関東大都市圏は日本で最大規模の都市圏であり，人口，雇用，ラストマイル施設数が最も多くなっている．近畿大都市圏と中京大都市圏がそれに次いで規模の大きな都市圏である．大都市圏面積当たりのラストマイル施設数は関東大都市圏が最多で札幌大都市圏が最も少なくなっている．

図-2～4 に特色のある大都市圏の範囲と世帯のカーネル密度分布を示す．関東大都市圏(**図-2**)は都市化が進んでいるため広範囲に世帯や事業所，ラストマイル施設が多く分布しており，近畿大都市圏(**図-3**)では東西に延び

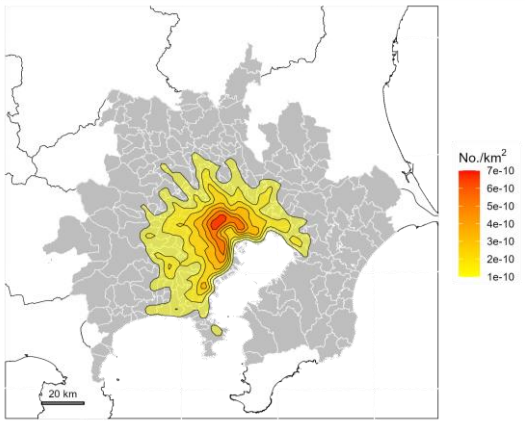


図-2 関東大都市圏での世帯分布(バンド幅：7km)

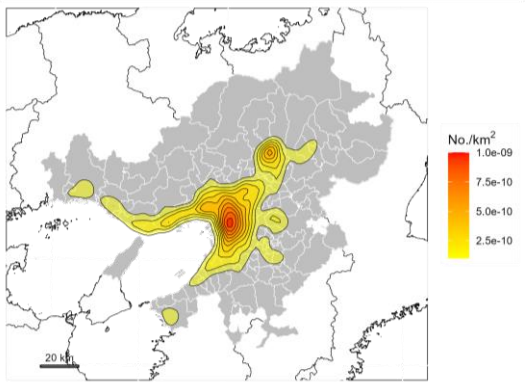


図-3 近畿大都市圏での世帯分布(バンド幅：10km)

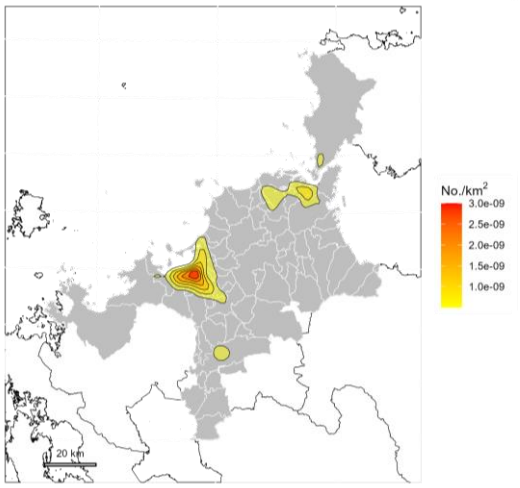


図-4 北九州・福岡大都市圏での世帯分布(バンド幅：6.5km)

表-1 関東大都市圏ラストマイル施設分布

大都市圏	面積 (km^2)	人口	世帯数	従業員数	事業所数	ヤマト運輸施設数	佐川急便施設数	日本郵便施設数	計
札幌	5130	2,641,452	1,265,162	1,089,918	97,036	60	11	35	106
仙台	6505	2,228,837	952,731	978,302	94,480	53	14	70	137
関東	13,561	38,034,418	17,855,333	17,621,151	1,373,107	1068	330	298	1696
中京	6948	9,192,193	3,905,197	4,488,181	385,013	175	38	130	343
近畿	13,091	19,176,439	8,685,034	8,567,758	790,573	438	105	233	776
広島	5047	2,075,693	940,016	958,241	89,975	52	8	54	114
北九州・福岡	5663	5,510,405	2,485,970	2,384,116	226,277	108	32	89	229

る沿岸部に多く分布している．北九州・福岡大都市圏(図-4)については，中心市である北九州市と福岡市が約50km 離れており，他の中心市を複数含む大都市圏の中心市間の距離と比較して長いことが特徴である．

5. 分析指標

(1) 地理的中間点からの距離分布

都市圏におけるラストマイル施設と配送先(世帯・事業所)の分布関係を調べるために，世帯，事業所，ラストマイル施設それぞれの地理的中間地点を算出し，そこからの距離分布を明らかにする．ラストマイル施設は宅配便取扱個数の最も多いヤマト運輸の施設を対象とした．地理的中間地点からの距離分布から都市圏ごとに世帯や事業所，ラストマイル施設がどの程度拡散しているかを表すことが可能である．

地理的中間点は以下で示す(u, v)とし，表-2，3 は世帯，事業所，ヤマト運輸ラストマイル施設それぞれの地理的中間地点からの距離分布である．分布例として，関東大都市圏(図-5)と札幌大都市圏(図-6)の世帯，事業所，ヤマト運輸のラストマイル施設までの距離分布を示す．

$$(u,v) = argmin \sum_{i=1}^{n} \sqrt{(x_i-u)^2+(y_i-v)^2} \quad (1)$$

(x_i, y_i)：地点iの座標，n：地点総数

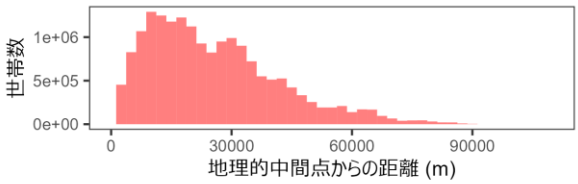
(2) 配送距離

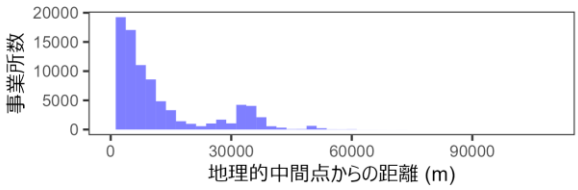
端末配送の出発点であるラストマイル施設から配送先である世帯・事業所への配送距離の関係を分析するために，各配送先へは最も近いラストマイル施設から配送されると仮定し，配送先ごとに最近傍ラストマイル施設の探索を配送業者ごとに行った．配送距離の算出に当たっては，全国の配達個数 [2]を N_Xとし，ラストマイル施設数を考慮して大都市圏ごと配達個数n_Xを推定した後，配送業者の配達個数シェアで配送距離に重み付けを行った．配達個数n_Xの算出方法は以下の通りである．

$$n_X = N \times \frac{f_X}{F_X} \quad (2)$$

n_X：配送業者Xの配達個数
N_X：配送業者Xの全国配達個数
f_X：配送業者Xのラストマイル施設数
F_X：配送業者Xの全国ラストマイル施設数

また，配送業者ごとに世帯向け配送と事業者向け配送の比率に表-4 に示すような違いがあるため，世帯と事業所への配送距離D_{hh}，D_{estb}について配送業者ごとに計算





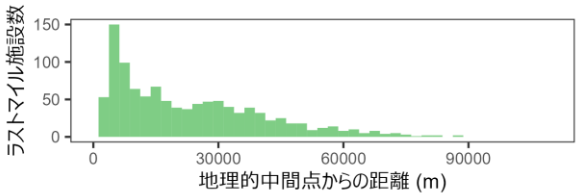
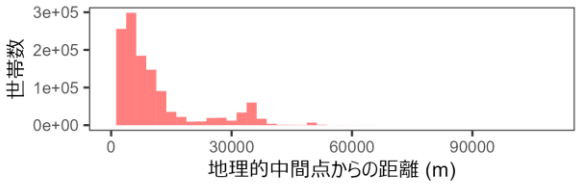
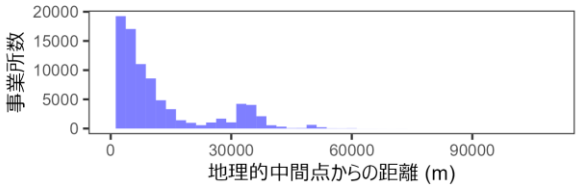


図-5 関東大都市圏の距離分布





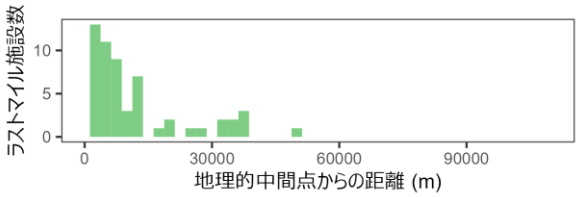


図-6 札幌大都市圏の距離分布

表-2 地理的中間点からの平均距離(km)

大都市圏	世帯	事業所	ラストマイル施設
札幌	10.6	10.6	11.3
仙台	15.9	17.8	16.0
関東	25.6	25.0	23.0
中京	20.2	20.1	20.6
近畿	27.1	26.7	25.8
広島	13.3	12.9	14.1
北九州・福岡	26.3	27.7	26.1

表-3 地理的中間点からの距離標準偏差(km)

大都市圏	世帯	事業所	ラストマイル施設
札幌	10.3	11.7	11.9
仙台	15.6	17.2	15.1
関東	16.4	18.2	17.8
中京	12.8	13.8	13.1
近畿	20.3	21.9	21.6
広島	11.4	12.2	12.8
北九州・福岡	19.0	19.7	20.1

表-4　各配送業者の配送先シェア

	ヤマト運輸	佐川急便	日本郵便
世帯向け	0.55	0.30	0.15
事業所向け	0.45	0.70	0.85

表-5　配送距離計算結果

大都市圏	D_{hh}	D_{estb}	D
札幌	936.2	1488.7	3327.1
仙台	1289.6	2325.0	4942.2
関東	769.1	1231.8	2734.3
中京	1028.8	1668.8	3697.8
近畿	969.1	1508.4	3379.6
広島	1227.8	2002.7	4448.5
北九州・福岡	1108.6	1848.8	4035.3

を行い，世帯向けと事業所向けの比率を乗じて合算することでその都市圏における配送距離Dとした．配送距離Dの算出方法と計算した値を**表-5**に示す．

$$D_{hh} = \frac{1}{n_Y + n_S + n_P}\left(r_{hh,Y} n_Y \frac{\sum_{i=1}^{H} d_{iY}}{H} + r_{hh,S} n_S \frac{\sum_{i=1}^{H} d_{iS}}{H} + r_{hh,P} n_P \frac{\sum_{i=1}^{H} d_{iP}}{H}\right) \quad (3)$$

$$D_{estb} = \frac{1}{n_Y + n_S + n_P}\left(r_{estb,Y} n_Y \frac{\sum_{i=1}^{H} d_{iY}}{H} + r_{estb,S} n_S \frac{\sum_{i=1}^{H} d_{iS}}{H} + + r_{estb,P} n_P \frac{\sum_{i=1}^{H} d_{iP}}{H}\right) \quad (4)$$

$$D = D_{hh} + D_{estb} \quad (5)$$

D：配送先(世帯もしくは事業所)への配送距離
Y：ヤマト運輸,S：佐川急便,P：日本郵便
n_X：配送業者Xの配達個数
$r_{hh,X}$：配送業者Xの世帯配達シェア
$r_{estb,X}$：配送業者Xの事業所配達シェア
d_{iY}：配送先iに最も近い配送業者Xの施設間の距離
H：配送先(世帯もしくは事業所)総数

6.　都市圏の特徴と配送距離の関係

都市圏の特徴と配送距離の関係を散布図で表し，それに基づいて考察を行う．**図-7**より都市圏の人口密度と配送距離の関係を見ると，人口密度が低くなるほど配送距離が長くなっていることが分かる．しかし，札幌大都市圏では人口密度が低いにもかかわらず，配送距離が他の地域よりも短いことが分かる．以上のことは，**図-8**の配送距離と 1km² あたりのラストマイル施設数の関係にも当てはまる．

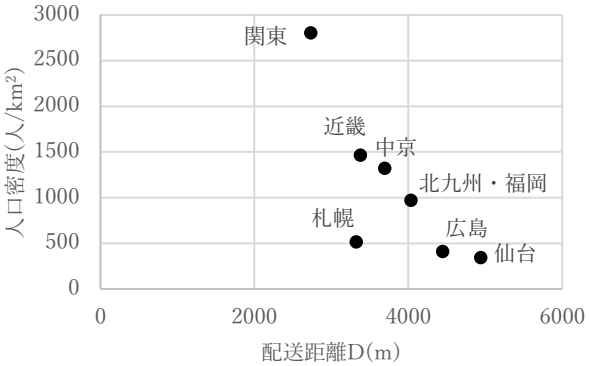


図-7　配送距離と人口密度
(相関係数 = -0.762)

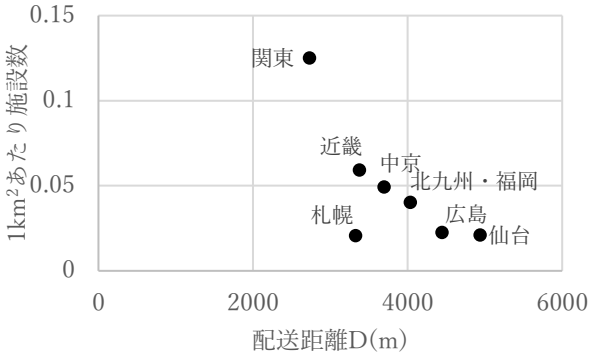


図-8　配送距離と 1km² あたりラストマイル施設数
(相関係数 = -0.743)

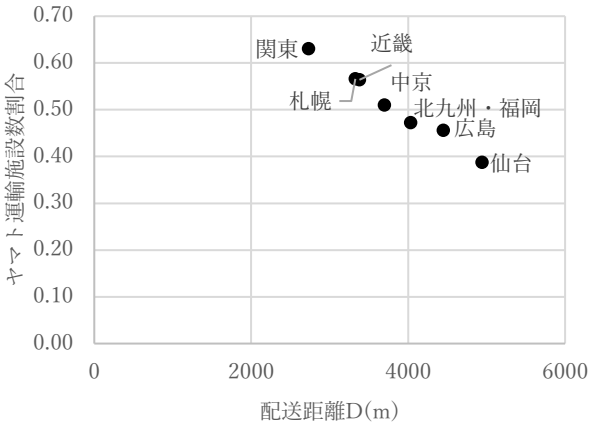


図-9　配送距離とその都市圏に含まれるヤマト運輸ラストマイル施設数の割合
(相関係数 = -0.992)

図-9はその都市圏に存在するヤマト運輸のラストマイル施設の割合と配送距離の関係を表しており，**図-7**，**8**と比較して高い相関がある．ヤマト運輸は他の配送業者と比べて，ほとんどの都市圏においてラストマイル施設

数が最多であることに加え，配達個数シェアの割合も最も高い．それによって配達距離に大きな影響を及ぼしていると考えられる．

7. まとめと今後の展開

本研究では，端末配送の出発点であるラストマイル施設と配送先である世帯と事業所の空間分布を調査した．ラストマイル施設については施設数と配達個数の多いヤマト運輸に着目した．また，配送距離をラストマイル施設数，配達個数シェア，配達先シェアを考慮して算出した結果，都市圏によって配送距離に違いがあった．配送距離と都市圏の特徴を比較したところ，その都市圏に存在するヤマト運輸のラストマイル施設数の割合との相関が高く，ヤマト運輸のラストマイル施設数の割合が低くなるほど配送距離が長くなることが分かった．人口密度と配送距離の関係を調べると，人口密度が低い都市圏ほど配送距離が長くなり，人口が密集した都市圏ほど配達距離が短くなる傾向があった．しかし，札幌大都市圏おいては人口密度が低いにもかかわらず，配送距離が他の地域よりも短いことが分かった．これは 1km^2 あたりの全配送業者ラストマイル施設数についても同様の関係が確認できた．

今後は，ラストマイル施設と配送先の地理的中間地点からの，距離分布の類似度を算出して配送距離との関係を調査する．これにより，空間的な視点から配送効率の良い都市圏の条件を明確にできると考えられる．

REFERENCES

1) 総務省｜令和 4 年版 情報通信白書｜EC (soumu.go.jp)
2) 国土交通省：令和 4 年度電子商取引に関する市場調査報告書
3) Sakai, T., Kawamura, K., & Hyodo, T. (2019). Evaluation of the spatial pattern of logistics facilities using urban logistics land-use and traffic simulator. Journal of Transport Geography, 74, 145-160.
4) Federal Highway Administration, (2012). FHWA Freight and Land Use Handbook. US Department of Transport.
5) Sakai, T., Kawamura, K., & Hyodo, T. (2017). Spatial reorganization of urban logistics system and its impacts: Case of Tokyo. Journal of Transport Geography, 60, 110-118.
6) Dablanc, L., & Rakotonarivo, D. (2010). The impacts of logistics sprawl: How does the location of parcel transport terminals affect the energy efficiency of goods' movements in Paris and what can we do about it?. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2(3), 6087-6096.
7) Dablanc, L., Ogilvie, S., Goodchild, A., (2014). Logistics sprawl: differential warehousing development patterns in Los Angeles, California, and Seattle, Washington. Transportation Research Record. J. Transp. Res. Board 105–112.
8) Xiao, Z., Yuan, Q., Sun, Y., & Sun, X. (2021). New paradigm of logistics space reorganization: E-commerce, land use, and supply chain management. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 9, 100300.
9) Rai, H. B., Kang, S., Sakai, T., Tejada, C., Yuan, Q. J., Conway, A., & Dablanc, L. (2022). 'Proximity logistics': Characterizing the development of logistics facilities in dense, mixed-use urban areas around the world. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 166, 41-61.
10) 田中慎也, 坂井孝典, 兵藤哲朗, 2022：宅配事業におけるラストマイル施設の立地と効率性に関する研究, 東京海洋大学学士論文
11) 総務省統計局：地域区分に関する用語 https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/users-g/word7.htm
12) 国土交通省：令和 4 年度宅配便等取扱実績関係資料
13) NAVITIME：https://www.navitime.co.jp/
14) 日本郵政グループ：2022 年度郵便物・荷物の引受物数, 2023
15) e-Stat：統計地理情報システム https://www.e-stat.go.jp/gis

SPATIAL DISTRIBUTIONS OF LAST-MILE FACILITIES IN JAPANESE METROPOLITAN AREAS

Yuuki HIRABAYASHI, Takanori SAKAI, Shinya Tanaka and Tetsuro HYODO

In recent years, the rapid growth of the e-commerce market has led to a significant increase in demand for home delivery services, placing a substantial burden on the last-mile delivery transportation system. Last-mile delivery requires the proximity of the originating facilities to the delivery destinations. However, in highly urbanized areas, securing suitable land for these facilities can become challenging. This could necessitate deliveries from more remote locations, potentially resulting in decreased delivery efficiency. This study focuses on major urban areas, including the three largest metropolitan regions in the country, to analyze the spatial distribution of last-mile delivery facilities and their relationship with delivery distances. It also elucidates the relationship between the location of last-mile facilities and delivery demand. Furthermore, the result provides insight into the conditions for efficient delivery in urban areas.