

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

田中 慎也¹・坂井 孝典²・兵藤 哲朗³

¹ 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: shinya1122.org@gmail.com

² 非会員 東京海洋大学准教授 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 正会員 東京海洋大学教授 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

E コマース市場の発展に伴い宅配事業者の取扱個数は年々増加している。一方で東京都 23 区をはじめとする都心部ではラストマイル施設の用地確保が困難になってきている。また、物流分野における労働者不足は近年顕在化しており、人員不足を訴える企業は増加傾向にある。効率的にラストマイル配送を行うためには、配達先にラストマイル施設が近接していることが求められる。本研究ではラストマイル施設の立地傾向の分析、現状の配達効率性の評価、用地確保シナリオ毎の配送の効率性の評価を行った。

Key Words: last mile, location choice, city logistics, land use, e-commerce

1. はじめに

(1) 背景と目的

近年、物販系分野 EC 市場は急速に成長している。物販系分野 EC 市場での商品の購入は即座に宅配事業者への需要の増加につながる。2013 年度の宅配便取扱個数は約 26 億 5 千万個であったのに対し、2021 年度には約 49 億 5 千万個に増加した¹⁾。

EC 市場が拡大する一方で、急増する取扱量に宅配事業者が対応できなくなり、サービスの水準を低下させる宅配クライシスが 2017 年ごろ注目された。ヤマト運輸はこの問題に対して取扱量を制限する総量規制と運賃の値上げを行った。その後、佐川急便、日本郵便もこの流れに追従した。この対策は配達員の待遇改善にはつながったものの、拡大する EC 市場とそれに伴う宅配便の取扱量増加のため依然として宅配クライシスの問題解決には至っていない²⁾。物流分野での平均労働時間は全産業の平均と比較しても 2 割程度長い傾向にある一方でトラックドライバーの年収は全産業平均に比して 5%から 10%程度低い状況となっている³⁾。「第 103 回トラック運

送業界景況感」によると 7-9 月期において労働力が「不足」または「やや不足」している事業所は約 7 割であり、多くの事業所で人手不足である⁴⁾。鉄道貨物協会の調査によると 今後もドライバーの供給量不足量は増加していき 2028 年度には約 27.8 万人のドライバー不足が予測されている⁵⁾。

また、ラストマイル施設の立地に関して用地確保が困難になっている。CBRE PROPERTY SEARCH の調査⁶⁾によると 1000 坪未満の物流施設の空室件数は 2013 年時点で 300 件ほどであったのに対し 2021 年現在では 50%程度減少し 150 件を下回る状況となっている。ラストマイル施設の新規供給は難しく、新たに物流施設を立地させる土地が存在しないことや、老朽化した施設を立て替えようとしても収益性や法令の観点から立て替えが出来ないケースが多い。Xiao et al. (2021)⁷⁾は、現在のような EC 市場での取引が活発な時代においては、都市部での物流施設の必要性が増加することを示している。ラストマイル配送のための用地が確保できれば配達先から離れた箇所にラストマイル用の施設を確保し、そこから配達を行うことになる。本研究では東京都市圏において、今後、

ラストマイル施設の確保が困難になった場合、配達の効率性がどの程度低下するのかについて明らかにし、都心部でのラストマイル施設確保の重要性について知見を得ることを目的とする。

(2) 既往研究と本研究の位置づけ

東京都市圏やその他の国での大型の物流施設のスプロール化について様々な研究がなされている。Sakai et al. (2015)⁹⁾は2003年の東京都市圏物資流動調査のデータを用い、1980年から2003年にかけて東京都市圏の物流施設の立地の経年変化を分析し、1980年から2003年にかけて港湾部を含む物流施設の東京駅からの平均距離が2.4km増加したことを示し、物流施設のスプロール化を明らかにした。Xiao et al. (2021)⁷⁾は2008年と2016年の中国深圳の物流施設の変遷について調査を行った。その結果、中心地では賃料の増加に伴い物流施設の減少がみられた。また、中心市街地から離れた地域に施設を確保し、そこから都心部への配達を行うケースがみられた。スプロール化による物流の効率性について、Sakai et al. (2017)⁹⁾は2003年と2013年の東京物資流動調査のデータを用い、物流施設のスプロール化による輸送距離増加の影響は平均出荷重量の増加などにより相殺され、輸送効率率は4%改善したことを示した。また、Sakai et al. (2019)¹⁰⁾は東京都市圏を対象として開発されたULTRA-SIMを用い複数の空間的な分布パターンシナリオにおける外部性を比較評価し、中心市街地への物流施設の極端な集中や、中心市街地を極端に避けた空間分布は、外部性を高める傾向があることが示された。

大型の物流施設のスプロール化やそれに伴う効率性の変化などについては多く研究がなされているが、ラストマイル施設の立地に関する分析や、スプロール化に伴う効率性の変化について分析している研究は少ない。これらを踏まえ、本研究では、ラストマイル施設の用地確保が配達の効率性に与える影響について分析を行う。

2. 本研究の枠組み

(1) 分析対象

本研究の分析エリアは東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県と茨城県の県西・県南エリアとする。分析エリアの総面積は15709.2km²で、人口は3715万人(2015年時点)、事業所数は126万3775、就業人口は1582万4413人である。高速道路網では環状高速道路が内側から、首都高速道路中央環状線、東京外かく環状自動車道、首都圏中央連絡自動車道と3路線整備され、放射道路としては首都高速湾岸線、東名高速道路、中央自動車道、関越自動車道、東北自動車道、常磐自動車道、東関東自動車道、京葉道路などが整備されている。

本研究では宅配便を扱う取扱事業者のうち取扱個数上位3社のヤマト運輸、佐川急便、日本郵便とした。令和3年度の宅配便の合計取扱個数は約48億8千万個で、ヤマト運輸、佐川急便、日本郵便の取扱個数はそれぞれ22.75億個、13.69億個、9.85億個である。また、3社の構成比率はそれぞれ46.6%、28%、20.2%で、3社で宅配便の供給構成率94.8%を占めている。分析の対象はラストマイル施設で、日本郵便については配達設備を有しない郵便局は除外し、物流機能を有する郵便局である集配郵便局のみを分析対象とした。

(2) データの概要

a) 施設データ

ヤマト運輸と佐川急便についてはNAVITIMEを使用し調査エリア内に所在するラストマイル施設名と住所を収集したのちGoogleMapを用いて緯度経度を取得した。その際、GoogleMapの営業状況ステータスが2022年6月時点で臨時休業または閉業となっているものを除外した。また、ヤマト運輸は1つの所在地に複数の営業所名がつけられていることがあったため、得られた緯度経度をもとに施設間の直線距離が10メートル以下のものについては同一敷地に所在すると判断し、重複するものを削除しラストマイル施設のリストを作成した。日本郵便の集配郵便局については日本郵便公式サイトをもとに、調査エリア内に所在する集配郵便局のリストを作成した。施設数について、ヤマト運輸は1079施設、佐川急便は335施設、日本郵便は340施設となった。ヤマト運輸、佐川急便、日本郵便の施設散布図を図-1から図-3に示す。

b) 世帯データ

2015年の国勢調査の結果をもとに世帯構成人員と世帯位置を500メートルメッシュ内にランダムに割り振ったものを用いる。

c) 事業所データ

2013年の物資流動調査と2012年の経済センサスをもとに事業所内で働く人数と産業タイプ、事業所の位置を500メートルメッシュ内でランダムに割り振ったものを用いる。

d) 土地特性データ

本研究では国土数値情報の3次メッシュ(1km×1km)を基本とし、それぞれのメッシュごとに人口や用途地域、地価などの特性がまとめられたデータを用いる。

(3) 分析項目

本研究では次に示す3点の分析を行う。1点目はヤマト運輸、日本郵便、佐川急便の3社に対して立地要因を分析するために立地選択モデルを構築する。各社のラストマイル施設がどのような立地要因で分布しているのかについて分析し、各社で比較しその傾向をとらえる。

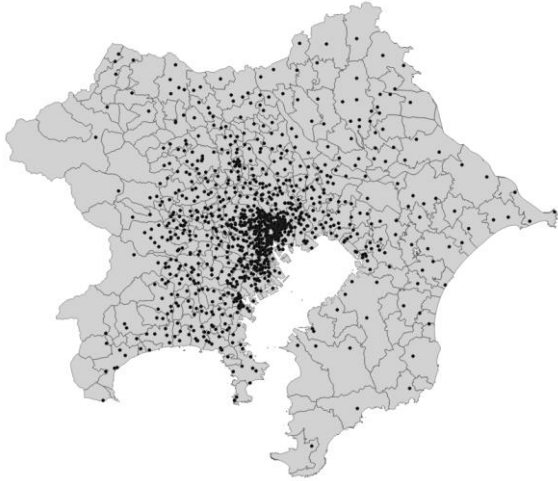


図-1 ヤマト運輸 施設散布図

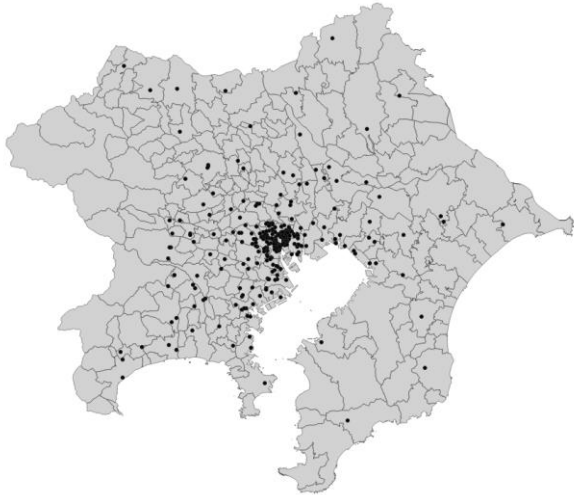


図-2 佐川急便 施設散布図



図-3 日本郵便 施設散布図

2 点目は現状のラストマイル施設の立地と取扱個数をもとに配達シミュレーションモデルを構築し、各ラストマイル施設の 1 日当たりの平均取扱個数と、現状の配達で負荷を検証する。

3 点目は将来の都心部での用地確保について複数のシナリオを想定し、配送の効率性の変化についてとらえ、将来の宅配需要が増加した際に中心市街地における用地確保の重要性について知見を得る。

3. ラストマイル施設の立地に関する分析

(1) 目的と手法

本研究ではヤマト運輸、佐川急便、日本郵便の 3 社についてラストマイル施設がどのような要因で立地しているのかについて明らかにするとともに 3 社の比較を行いそれぞれの特徴について知見を得ることを目的とする。また、3 社に対して立地選択モデルを構築しラストマイル施設の立地ポテンシャルが高い場所を定量的に推計する。

(2) 施設の立地する用途地域

ヤマト運輸、佐川急便、日本郵便のラストマイル施設が立地している用途地域を集計したものを表 1 に示す。佐川急便は東京都心部に施設が集中していることから商業地域での立地が他二社よりも多く 63%である。日本郵便とヤマト運輸はどちらも全用途地域に幅広く立地している傾向があるが、ヤマト運輸については市街化調整区域に立地する施設の数が多いことが分かった。

(3) 立地要因の分析

土地特性データを用いた立地選択モデルを推定することにより、各社のラストマイル施設の立地選好の分析を行う。モデル式には多項ロジットモデルを用い、最尤推定法によりパラメータを推定する。

a) モデル式

ラストマイル施設がメッシュ i を選択する確率は以下の式で表される。

$$P_i = \frac{M_i \exp(v_i)}{\sum_j M_j \exp(v_j)}$$

$$= \frac{\exp(v_i + \ln(M_i))}{\sum_j \exp(v_j + \ln M_j)} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_j V_j} \quad (1)$$

P_i : 物流施設がメッシュ i を選択する確率

v_i : メッシュ i 内の立地可能な敷地の平均効用

M_i : メッシュ i の立地可能な敷地の数

V_i : 効用関数

表-1 ラストマイル施設の立地する用途地域

	ヤマト運輸		佐川急便		日本郵便	
	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合
第一種低層住居専用地域	15	1%	2	1%	14	4%
第二種低層住居専用地域	4	0%	2	1%	2	1%
第一種中高層住居専用地域	45	4%	3	1%	11	3%
第二種中高層住居専用地域	28	3%	4	1%	5	1%
第一種住居地域	129	12%	14	5%	53	16%
第二種住居地域	40	4%	5	2%	26	8%
準住居地域	37	3%	6	2%	13	4%
近隣商業地域	82	8%	17	5%	44	13%
商業地域	241	22%	195	63%	76	23%
準工業地域	153	14%	27	9%	22	7%
工業地域	33	3%	13	4%	4	1%
工業専用地域	14	1%	23	7%	5	1%
市街化調整区域	225	21%	0	0%	20	6%
その他地域	33	3%	0	0%	41	12%
合計	1079		311		336	

ここで立地可能な敷地の数 M_i は直接観測することが出来ない。よってメッシュ i の観測可能な規模を表す変数 S_i に対して

$$M_i = \alpha S_i \quad (2)$$

α : パラメータ

S_i : メッシュ i の規模変数

とすると効用関数は以下のように定義される。

$$V_i = \sum_k \beta_k x_{ki} + \ln S_i \quad (3)$$

b) 選択肢集合

ゾーン区分は国土数値情報の 3 次メッシュ (1km×1km) を利用する。分析対象内に存在するメッシュ数は 15,739 であり、そのうちで開発可能な土地を含まない場所(すべての面積が森林又は水域であるため)、地価公示のデータでカバーされていないメッシュを分析対象から除外した。そのため本モデルにおける分析対象のメッシュ数は 12,420 である。

c) 説明変数

本分析に使用した説明変数を表 2 に示す。表 2 に記載されていない指標以外にも交通利便性を評価する道路延長などについては有意な影響を示さなかったため採用しなかった。また一部のモデルについては表 2 に示していてもモデルに有意な影響を与えなかったため、変数を除外した。すべての変数はモデル推定前に平均 0、標準偏差が 1 になるように標準化を行った。

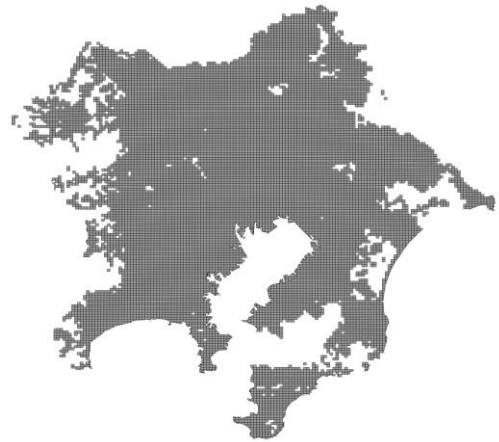


図-4 立地選択モデルにおける選択肢集合

d) 結果と考察

モデルの推定結果を表 4 に示す。

業務地へのアクセス性のパラメータについては 3 社とも正で推定された。このことからラストマイル施設は就業人口が多く集まる地域に強く立地する傾向にある。ヤマト運輸と佐川急便については同社営業所までの距離パラメータの符号が負になった。このことから施設同士が集中して立地する傾向があることが示された。東京都心部などに多く施設が立地していることが要因であると考えられる。一方、日本郵便の同社営業所までの距離パラメータの符号は正で推定された。このことから日本郵便の集配郵便局はヤマト運輸や佐川急便の施設とは異なり、集中して立地するのではなく郵便局間で距離を取り立地する傾向にある。

表-2 立地選択モデルに用いた変数の考え方

説明変数		説明変数の考え方
ln(業務地へのアクセス性)		物流施設の主な搬出先である業務地への近接性を示す指標
ln(高速道路ICまでの距離)		高速道路ICまでのアクセス性を示す指標
ln(人口密度)		住宅の多いエリアにある物流施設の立地傾向を示す指標
ln(平均地価)		施設の所在する地価を示す指標
用途地域 (対可住面積割合)	商業地域面積割合	用途地域ごとに施設の立地の しやすさ・しにくさを表す指標
	準工業地域面積割合	
	工業地域面積割合	
	工業専用地域面積割合	
	市街化調整区域面積割合	
	その他地域面積割合	
同社施設までの距離		施設同士が近接して立地しているかを表す指標

表-3 立地選択モデルに用いた変数の概要

	平均	中央値	標準偏差	最小値	最大値
業務地へのアクセス性	154,833	26,510	633,746	0	21,290,110
高速道路ICまでの距離(km)	10.07	7.30	8.97	0	77.74
ln(人口密度)	3429.38	917.00	5052.28	0	45500
地価(10万円)	0.106	0.034	0.355	0.001	19.5
商業地域面積割合	0.023	0	0.082	0	1
準工業地域面積割合	0.026	0	0.088	0	1
工業地域面積割合	0.010	0	0.052	0	0.864
工業専用地域面積割合	0.018	0	0.090	0	1
市街化調整区域面積割合	0.309	0.097	0.361	0	1
その他地域面積割合	0.086	0.000	0.229	0	1
都市計画区域外面積割合	0.030	0.000	0.124	0	1
同社営業所までの距離 ヤマト運輸(m)	8,615	9,880	6,715	450	75,569
同社営業所までの距離 佐川急便(m)	20,917	20,022	11,717	356	100,348
同社営業所までの距離 日本郵便(m)	9,839	9,755	3,312	2,440	72,654

表-4 立地選択モデルのパラメータ推定結果

	ヤマト運輸		佐川急便		日本郵便	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
ln(業務地へのアクセス性)	0.732	7.82	1.55	8.28	1.84	12.64
ln(高速道路ICまでの距離)	====	====	====	====	0.087	1.390
ln(人口密度)	0.118	1.44	====	====	====	====
ln(平均地価)	-0.120	-1.9	-0.231	-2.06	====	====
商業地域面積割合	-0.033	-1.88	0.083	3.05	-0.018	-0.54
準工業地域面積割合	0.006	0.34	0.030	0.89	-0.058	-1.41
工業地域面積割合	0.019	0.87	0.065	1.74	-0.100	-2.12
工業専用地域面積割合	-0.036	-0.85	0.122	2.64	-0.267	-3.54
市街化調整区域面積割合	0.252	3.85	0.153	1.16	-0.569	-5.01
その他地域面積割合	0.222	2.91	-0.147	-0.49	-0.084	-0.94
都市計画区域外面積割合	0.065	0.44	0.345	2.86	0.182	3.26
同社営業所までの距離	-1.059	-20.47	-0.543	-6.62	0.820	12.88
初期尤度	-10124.67		-3158.066		-3054.369	
最終尤度	-8066.611		-2299.376		-2668.577	
自由度調整済尤度比	0.202		0.268		0.123	
サンプル数	1079		335		340	

4. 現状の効率性に関する分析

(1) 目的と手法

本章では、現状の宅配需要で施設に対してかかっている負荷を取扱個数と配達距離の 2 点から定量的に分析する。佐川急便は BtoB の宅配を主力としており、個人向けの宅配については分析には適さないと判断した。また日本郵便は宅配事業以外に郵便事業を行っているため宅配事業のみに着目することが困難だと判断したため分析対象としない。そのため分析対象の事業者として、個人向け宅配を主力事業としているヤマト運輸に着目する。本章の手法として匿名の聞き取り調査をもとに各施設の配達件数を推定する。k-means 法と巡回セールスマン問題を用いて 1 日当たりの配達をモデル化し配達距離を評価する。

(2) 配達個数に関する分析

平成 27 年国勢調査 人口基本集計結果から日本の人口は 1 億 2709 万 4745 人である。また調査エリア内の人口は 3715 万 6353 人である。

2020 年度のヤマト運輸の宅急便と取扱個数は 20 億 9699 万 4 千個で宅配便構成比は 43.8% である。

本分析では地域間の宅配便需要には差がないものと仮定し、調査エリア内で配達される宅配便の個数は人口のみに依存するものとする。また簡単のため月間変動や週内での変動も考慮しないものとする。

宅配事業にかかわりが深い人に実施した匿名の聞き取り調査の結果をもとに世帯と事業所の一人当たりの月間宅配個数を算出した。その結果を表 6 に示す。

表-6 ヤマト運輸の配達個数推定

	調査エリア内 月間取扱個数	世帯一人当たりの 配達個数	事業所一人当たりの 配達個数
個数(個/月)	51,088,297	1.09	0.73

世帯の 1 日当たりの配達回数は平均配達個数を 30 で割った値を用いる。また事業所の 1 日当たりの配達回数は土曜、休日を考慮し平均配達個数を 24 で割った値を用いる。推定された配達個数と東京駅からの距離との関係について図 5 に示す。東京駅周辺の都心部では大型のラストマイル施設を持つことが難しいため小型のラストマイル施設を間隔を狭く立地し、台車などを用い運ぶことが多い。そのため東京駅から近いエリアでは各施設がカバーする面積が小さくなるので配達個数も少なくなる。また東京駅からの距離が 20km-30km で配達個数は最大となりそれ以遠はおおむね横ばいである。このことは東京都心部に就業するのにアクセスのよい地域に世帯が集まっており、都心部ほどラストマイル施設が密に立地していないことからこのような結果になっていると考えられる。

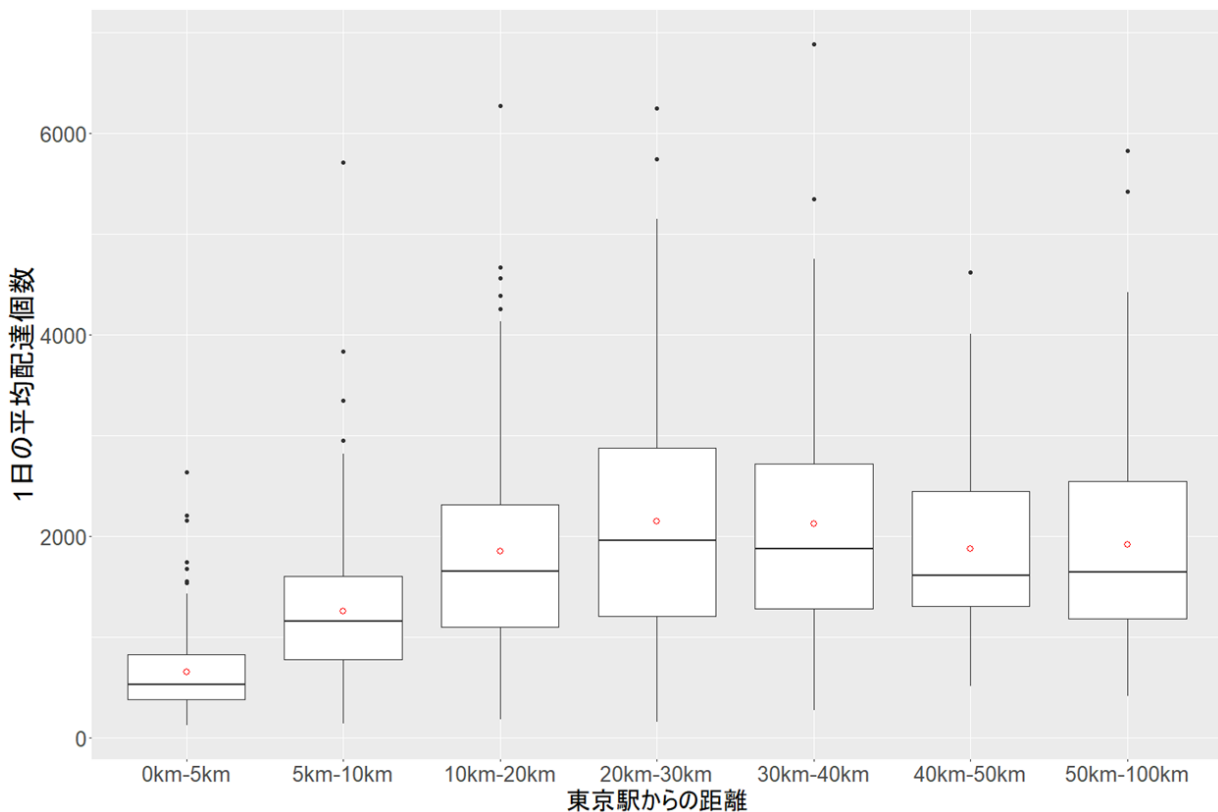


図-5 東京駅からの距離と 1 日の配達個数との関係

(3) 距離に関する推定

次に各施設が世帯及び事業所への配達のために必要となる距離について推計を行う。評価指標としてある世帯または事業所への配達を終えたのち、次の配達個所への平均移動距離を示す 1 件当たりの平均配達距離を用いる。1 件当たりの平均配達距離は式 4 によって計算する。

$$ave_dist_i = \frac{\sum_{m=1}^n tsp_m}{num_deli_i} \quad (4)$$

ave_dist : 施設 i の 1 件当たりの平均配達距離

num_deli_i : 施設の 1 日の平均配達個数

tsp_m : m 番目のクラスタの tsp 巡回距離

n : クラスタ数

各施設がカバーする世帯の世帯構成員数及び事業所の就業人口を用い、配達箇所を確率によりランダムに決定する。次に決定された発送箇所を k -平均法を用いて一人の配達員当たり配達件数が 120 件程度になるように配達区域の分割を行う。続いて分割された全点と配達箇所とラストマイル施設を訪れる巡回セールスマン問題について最近挿入法アルゴリズムを用い近似解を求める。簡単のために、配達行動のみに着目し、集荷、再配達、時間指定、建物の縦方向の移動については考慮しない。

図 6 から一件当たりの平均配達距離は都心部では短く東京駅からの距離が 0km-5km までのラストマイル施設では平均が約 40m であり、都心部から離れていくと距離は

増加していき 50km-100km に所在するラストマイル施設では平均が 250m 程度と 6 倍以上の距離が必要であることが分かった。このことは郊外部に向かうにつれ人口密度が低くなりトラックでの配達が多くなることから 1 つのラストマイル施設で広範囲に配達が可能であることが要因であると考えられる。また配達個数については 20km-30km の地点からほぼ横ばい、又は減少傾向であったのに対して、1 件当たりの平均配達距離については都心部からの距離の増加に伴い増加していく傾向が明らかであった。

5. 立地と宅配需要に関するシナリオ分析

(1) 目的と手法

a) 目的

本章では今後も増加すると見込まれている宅配便の取扱個数について、今後も同程度に EC 市場の成長を見込むとおおよそ 7 から 8 年後に現在の取扱個数の 1.5 倍程度に増加することが予測できる。一方で都心部での用地確保は困難である。宅配便の取扱個数増加と都心部での用地確保の難しさが配達の効率性に及ぼす影響を調査し定量的に示すために、現状ケースと 3 つのシナリオを想定しそのシナリオごとの配達の効率性を評価する。

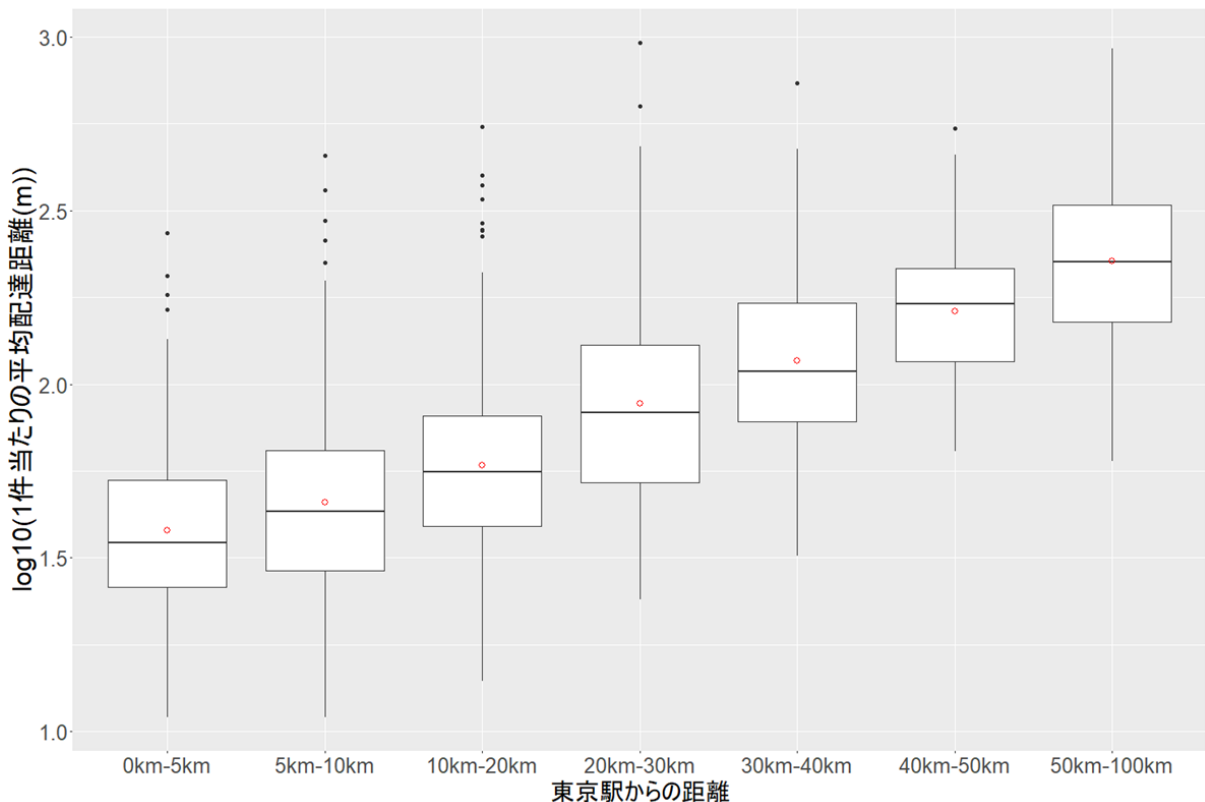


図-6 東京駅からの距離と 1 件当たりの平均配達距離

b) 手法

本章の分析範囲は東京駅から半径 20km 内に所在するヤマト運輸のラストマイル施設と、東京駅から3次メッシュの中心座標との距離が 20km 以下となるメッシュを採用する。

本章では1つのベースケースと3つのシナリオを設定し分析を行う。SN1では用地確保が容易であるように設定し、SN4に向かうにつれて中心市街地での用地確保が困難になるように設定した。シナリオごとの設定を次に示す。

- BASE：2021年の12月の取扱個数を現状のラストマイル施設の立地とキャパシティで取り扱った基本ケース
- SN1：取扱個数が2021年の1.5倍に増加したケースで地価に関わらず施設の供給数を1.5倍に増加させたケース
- SN2：取扱個数をSN1と同じ値とし、地価により施設の取扱個数を変化させたケース
- SN3：取扱個数をSN1と同じ値とし、高地価エリア

で更なる立地が困難になり周辺施設から配達を行うケース

- SN4：取扱個数をSN1と同じ値とし、高地価エリアで既存の施設を含め、完全に施設の立地が困難になったケース

ラストマイル施設の所在するメッシュの平均地価をもとに4つのZoneに区分した。Zone1が最も地価が安くZone4が最も地価が高く設定した。ゾーンごとの施設数と地価の閾値を表7に示す。ランクごとに色分けをした散布図を図7に示す。

施設の宅配便取扱可能数は5章と同様に算出した個数にシナリオごとに決定した係数をZoneごとに乗じることによって決定する。現実で宅配需要が増えれば、新規用地を確保するなどの対応がとられるが、今回は簡単のため現状のキャパシティ増加させることによって新規用地取得を表現することとした。各シナリオで用いる係数を表8に示す。

表-7 ゾーン区分の概要

	zone1	zone2	zone3	zone4
地価閾値(/㎡)	36.8万円以下	65万円以下	1700万円以下	1703万円以上
施設数	135	134	135	136
東京駅からの平均距離(km)	14.9	8.5	9.2	3.6

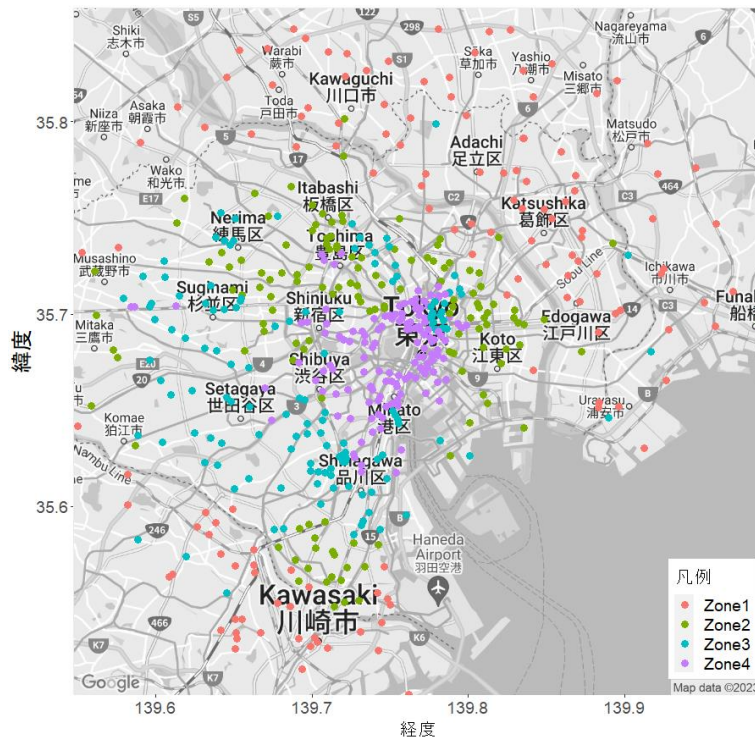


図-7 ラストマイル施設のゾーン区分の散布図

1. 総走行距離
2. 1 日当たりの総走行距離
3. 1 件当たりの平均配達距離
4. 最も近い施設から配達される割合 (%)

$$\text{最小化 } w_{ij}: \sum_{i=1}^{540} \sum_{j=1}^{1048} \text{demand}_i w_{ij} \text{dist}_{ij} \quad (5)$$

制約:

$$0 \leq w_{ij} \leq 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^{1048} w_{ij} \text{demand}_j \leq \text{capacity}_i \quad \forall i \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{540} w_{ij} \text{demand}_i = \text{demand}_j \quad \forall j \quad (8)$$

demand_j : メッシュ j 内で生じる配達個数
 w_{ij} : 施設からメッシュ j への配達割合を示すパラメータ
 dist_{ij} : ラストマイル施設からメッシュ j までの距離
 capacity_i : ラストマイル施設 i の取扱いキャパシティ

(2) 結果と考察

BASE と SN1 の結果を比較すると取扱個数が増加すると減少すること 1 件当たりの平均配達距離が減少することが確認できた。これは需要量が増加すると配達の密度が高くなるために配達先同士の間隔が狭くなることが要因である。

一方で SN2 と SN4 の結果から、高地価エリアに所在する施設の配達可能数を需要の増加に対応させないと、1 件当たりの平均配達距離が大幅に増加することが確認できた。SN2 では SN1 と比較して 23%、SN3 では 62%、SN4 では 144%の増加する。このことから同じ個数の宅配便を運ぶとしても配達先に近い箇所に十分なキャ各シナリオにおける評価指標の値を表 8 に示す。

パシティを持ったラストマイル施設がなければ 1 件当たりの配達にかかる時間や車両使用などが大幅に増加することが示された。物流業界全体の課題である労働者不足を解決するためには、効率的に配送を行い、少ない人員でなるべく多くの物を運ぶことが重要である。この結果から、ラストマイル施設については一部の地域に取扱個数が多い施設を設置するよりも、配達箇所へに近接した位置に満遍なくその地域の配達個数を満たす施設を配置することが求められることが分かった。

6. 結論

(1) 本研究のまとめ

本研究ではラストマイル施設の立地要因分析と効率性の評価を行った。ヤマト運輸と佐川急便、日本郵便のラストマイル施設のデータを作成し、その立地要因分析を行った。その結果として、ヤマト運輸と佐川急便は施設同士が近接して立地する傾向にあること。一方で日本郵便は施設同士が離れて立地する傾向にあった。

4 章では国勢調査や経済センサスなどのオープンソースのデータをもとにヤマト運輸の各施設の一日当たりの配達個数と一件当たりの平均配達距離を算出した。都心部では配達個数が比較的少なく都心部へのアクセスが良く住宅が集中するような地域では配達個数が増加し、更に都心から離れると配達個数が減少する傾向にある。一方で、1 件当たりの平均配達では都心部が最も短く、郊外に行くにつれて徐々に増加していくことが示された。

5 章では宅配需要が 2021 年 12 月から 1.5 倍に増加した場合を想定しシナリオ分析を行った。その結果、ラストマイル施設については一部の地域に取扱個数が多い施設を設置するよりも、全域に満遍なくその地域の需要量を満たす施設を配置することが 1 件当たりの平均配達距離を下げ、配達を効率的に行う方法であることを明らかにした。

表-8 シナリオ分析の結果

	BASE	SN1	SN2	SN3	SN4
目的関数値	8.06.E+08	1.23.E+09	1.51.E+09	1.98.E+09	3.14.E+09
1日当たりの総輸送距離(m)	5.26.E+07	7.26.E+07	8.90.E+07	1.17.E+08	1.77.E+08
1日当たりの取扱個数(個)	1,123,187	1,685,032	1,685,032	1,685,032	1,685,032
1件当たりの平均配達距離(m)	47	43	53	70	105
1件当たりの平均配達距離 BASEケースとの比率	100	92	113	148	224
1件当たりの平均配達距離 SN1との比率	109	100	123	162	244
最寄り施設からの 配達割合	81%	77%	59%	49%	40%

(2) 今後の課題

本研究では宅配ドライバーの平面内での移動に限定し分析を行った。しかし現実で、商業施設内での縦方向の移動や複数階層の住宅などで縦方向の移動を考慮しなければならない。また時間指定や集荷、再配達などについても考慮が出来ていない。Allen ら(2018)⁽¹¹⁾の調査ではドライバーの動きは配達先を次々と巡っているのではなく、ある箇所にトラックを止め拠点を作りそこから荷物を持ち出し配達している。

このような点を解決し配達シミュレーションを行うことでより現実の配達に近いシミュレーション評価を行うことにより、正確に都心部での用地不足による外部性を評価することが出来る。

参考文献

- 1) 国土交通省 “宅配便（トラック）取扱個数（国土交通省調べ）”
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001494501.pdf>
(参照 2023 年 1 月 20 日)
- 2) 塚原康博. (2020). インターネット通販の拡大と宅配クライシス— 再配達の有料化の実現可能性に関する調査研究—. 情報通信学会誌, 38(3), 1-13.
- 3) 国土交通省 “最近の物流政策について”2021 年 1 月 22 日
<https://www.mlit.go.jp/common/001388194.pdf>, (最終閲覧 2023 年 3 月 5 日)
- 4) 公益社団法人 全日本トラック協会 “トラック運送業界の景況感(速報)” 平成 30 年 11 月 12 日
https://jta.or.jp/wp-content/themes/jta_theme/pdf/keikyo/keikyo1807_09.pdf (最終閲覧 2023 年 3 月 5 日)
- 5) 公益社団法人鉄道貨物協会 “本部委員会報告書” 令和元年 5 月
<https://rfa.or.jp/wp/pdf/guide/activity/30report.pdf>
(最終閲覧 2023 年 3 月 5 日)
- 6) CBRE PROPERTY SEARCH “東京 23 区で需要が急増。変容するテナントニーズが切り開く、都市物流施設の新しいかたち” 2022 年 12 月 22 日
https://www.cbrepropertysearch.jp/article/urban_logistics_facilities_01/
(最終閲覧 2023 年 3 月 5 日)
- 7) 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.
- 8) Sakai, T., Kawamura, K., & Hyodo, T. (2015). Locational dynamics of logistics facilities: Evidence from Tokyo. *Journal of Transport Geography*, 46, 10-19.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) Allen, J., Pieczyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., ... & Austwick, M. (2018). Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 325-338.
- 12) 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.

A Study on the Location and Efficiency of Last-Mile Facilities in the Home Delivery Business

Shinya TANAKA, Takanori SAKAI, and Tetsuro HYODO

With the development of the e-commerce market, the number of units handled by delivery companies is increasing year by year. On the other hand, it is becoming increasingly difficult to secure land for last-mile facilities in the 23 wards of Tokyo and other urban centers. In addition, the shortage of workers in the logistics field has become apparent in recent years, and the number of companies complaining of personnel shortages is on the rise. For efficient last-mile delivery, it is required that last-mile facilities are located in close proximity to delivery destinations. Therefore, this study analyzes the location trends of last-mile facilities, evaluates the efficiency of current delivery, and then quantitatively analyzes the efficiency of delivery by assuming multiple scenarios for securing land.