

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：12614

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2022

課題番号：21K20445

研究課題名（和文）Eコマース交通分析のための供給側モデルの開発研究

研究課題名（英文）Modeling the supply side for the analysis of E-commerce-driven transportation

研究代表者

坂井 孝典（Sakai, Takanori）

東京海洋大学・学術研究院・准教授

研究者番号：20910780

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：都市圏交通シミュレーションへの適用を念頭に置いたEコマース物品配送の供給サイドに関連するモデルの開発を行った。物流施設の立地選択モデルの推定、ラストマイル施設選択モデルの構築、Eコマース世帯需要モデルと配送計画シミュレータの実装、施設間貨物輸送モデルの開発・キャリブレーションの他に、関連するデータ収集と分析を行った。この研究を通じて、供給側の意思決定要因やEコマースの交通影響を明らかにするとともに、都市圏貨物シミュレーションにおけるEコマース交通分析モデルの枠組みを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Eコマースに関してはこれまで、所在地や個人特性とEコマースを通じた物品購入の関連性など、購買特性を対象とした研究が多くなされている。一方で、貨物交通分析に焦点を当てた研究は極めて限定的である。本研究の新規性の1つは供給側（事業者）の意思決定及びそれに基づくロジスティクスをシミュレーションに反映させることにある。また、エージェント・ベースの都市貨物シミュレータの代表的なものとして、SimMobility Freight、MASS-GT、POLARISがあるが、本研究で提案・開発するモデルは、これらを補完するものである。

研究成果の概要（英文）：Models on the supply side of e-commerce goods delivery were developed for application to urban transportation simulation. The work includes the estimation of a location choice model for logistics facilities, the development of a last-mile facility selection model, the implementation of a simulator for household e-commerce demand and vehicle operations planning, and the development and calibration of an inter-facility freight transportation model, as well as other analyses of relevant data. Through this study, we identified supply-side decision factors and e-commerce transportation impacts and proposed a framework for an e-commerce transportation analysis in an urban freight simulation.

研究分野：都市貨物

キーワード：都市貨物 交通モデル Eコマース 立地選択 配送計画

### 1. 研究開始当初の背景

近年、Eコマース（電子商取引）は世界中で大きな成長を遂げている。日本では個人消費者向けのEコマースの市場規模は2010年-2019年の9年間で約2.5倍となり、全体の7%のシェアを占めるまで増大し、2020年はコロナ禍の影響により前年を大きく上回る見込みである。Eコマースを通じた物販のシェアの拡大が宅配便の増加につながり、結果として、交通システムが非効率となることが懸念されている。Eコマース市場の成長が、物流、更には、交通システムや人々の暮らしに変化をもたらす状況において、この動向を適切に各種施策の検討に反映するためには、Eコマースの需要・供給の両方の動向を反映できるシミュレーションモデルが必要である。

### 2. 研究の目的

交通分析を念頭においたEコマースモデルの文献は現時点において非常に限られており、供給側のモデルでは都市圏交通シミュレーションを想定したものはない。この点において、その手法を明らかにすることは世界中の様々な都市で計画策定における都市圏貨物交通シミュレーションの高度化が進められている現状において重要である。本研究の目的は以下の3点である。(1) Eコマース施設立地の動向を明らかにする。(2) Eコマースの成長に応じて見込まれる交通影響を明らかにする。(3) Eコマース世帯需要モデルと組み合わせ、都市圏貨物交通シミュレーションにおけるEコマースモデルのデザインを提案する。長期的には、本研究で開発するモデルは様々な施策分析に利用でき、また、旅客交通を対象とした非集計シミュレーションモデルとも統合できる。

### 3. 研究の方法

本研究で特に対象とするEコマース物品配送に関わる事業者による意思決定事項は4つである。以下、それぞれについて説明する。

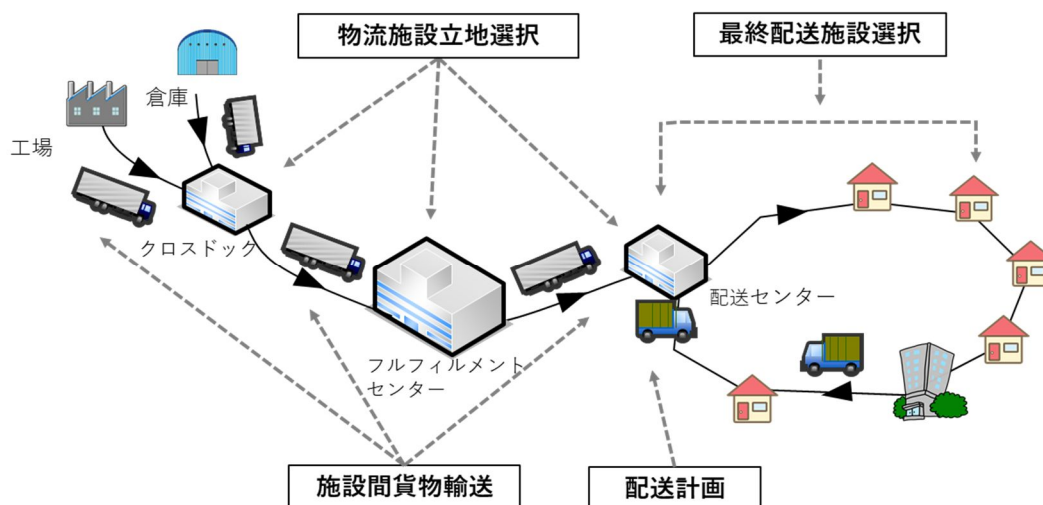


図-1 本研究で対象とする意思決定事項

**物流施設立地選択：**異なる機能を持つEコマース物流拠点について、離散選択モデルを用いた立地選択モデルを構築する。この際、複数の施設の立地の空間的な関連性を考慮する。  
**物品配送の最終発送施設の選択：**配送センターから消費者への配送は、サプライチェーンの中で最も物流コスト及び外部性が大きく、Eコマースの各種影響を考える上で極めて重要である。これについて、それぞれの配送目的地の配送センターへの割り当てをモデル化する。  
**配達計画：**既存の都市貨物シミュレータ(Sakai et al. 2020)の一部として開発した配達計画モデルの枠組みを用いる。これは、各配送センターにおいて使用可能な車両群と、配送リストをインプットとし、配送物を順次車両に割り当てを行いながら車両のスケジュールを作成するヒューリスティック・モデルである。  
**施設間貨物輸送：**既存の施設間の商品流通モデルや配達計画モデルを推定・実装・キャリブレーションする。

データについて、物流施設データについては、グーグルマップ他オープンアクセスデータから収集する。候補地関連データについては、社会経済指標やアクセシビリティ指標等、最新のデータを入手し用いる。他には、第5回東京物資流動調査(2013年)のデータを用いる。

## 4. 研究成果

主な研究成果は以下のとおりである。

(1) 都市環境における電子商取引配送と関連性の高い2種類の物流施設、マルチテナント(MT)施設とラストマイル(LM)施設に着目し、東京都市圏におけるそれらの空間分布と立地要因を分析した。これらの電子商取引関連施設と他の物流施設を比較することで、電子商取引市場の成長が物流土地利用の空間ダイナミクスにどのような影響を与え得るかを理解することを試みた。その結果、それらの立地選択メカニズムは、他のタイプの物流施設とは異なることが明らかになった。MT施設は、必ずしも物流施設のスプロールに寄与していない。しかし、過去に開発された大型施設に比べ、アクセスしにくい場所に立地する傾向がある。ゾーニング規制は、MT施設にとってより影響力があり、したがって重要である。MT施設の利用が進むにつれ、物流の土地利用に対する公共政策の役割は以前にも増して重要となっている。一方、LM施設はゾーニングの制約を受けにくく、住宅地や事業所の近くに立地する傾向があり、物流形態を地域の道路インフラに適応させることができる。しかし、その分布パターンは企業によって異なり、企業の過去の商習慣が現在の空間分布に影響を与えているようである。

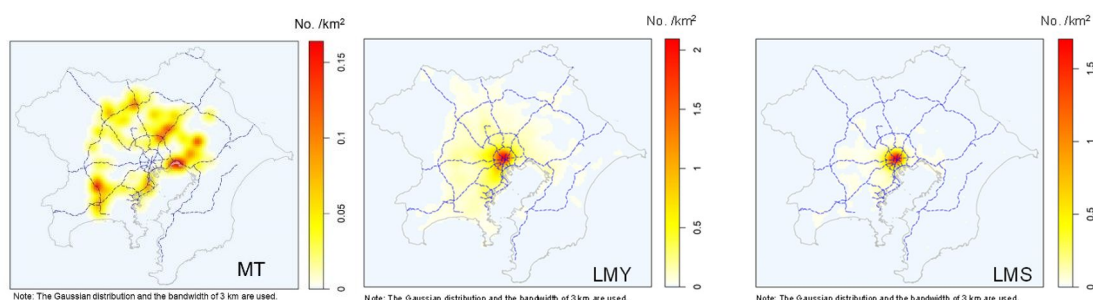


図-2 MT施設と2社のLM施設の空間分布

(2) 日本におけるオンライン購入に関する調査を実施し、Sakai et al. (2022) で提案したフレームワークに基づいて、世帯ベースの電子商取引需要モデルを推定した。推定されたモデルは、配送サービスの特性(配送料や配送速度など)と、食料品や日用品の月間電子商取引支出や平均注文金額との関係を捉えている。また、推定モデルを用いて、シナリオ分析を行い、配送料と配送速度が電子商取引需要に与える影響を明らかにした。その結果、配送料無料や翌日配送の施策が、総額よりも注文頻度に対して強い効果があることが示唆された。これらの知見は、電子商取引が都市の貨物システムに与える影響を懸念する電子商取引業者、配送サービス業者、政策立案者の観点から有益である。

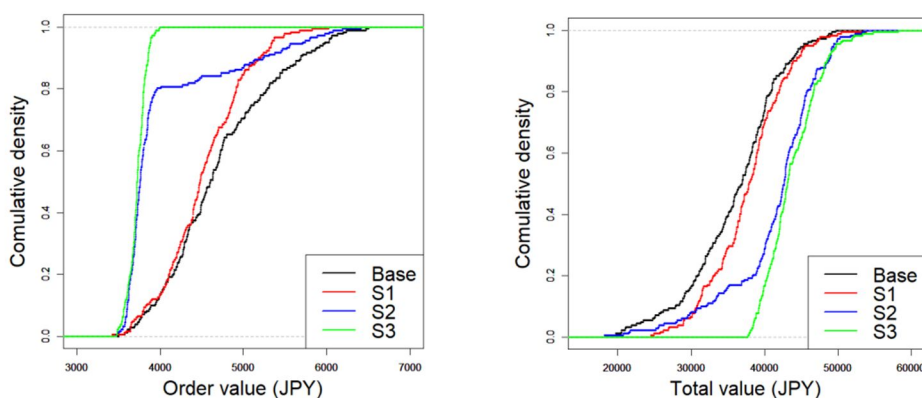


図-3 シナリオ毎の世帯一回当たり注文額(Order value)と月注文総額(Total value)

(3) 現状のラストマイル施設の立地においてそれぞれの施設がどの程度の世帯・事業所をカバーしているのか、最も近い施設が配達を行うという仮定の下で推計した。また、各施設の配達件数を推定、1日当たりの配達をモデル化し、配達距離を評価した。更に、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が、都心部での用地確保は困難となっていることから、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した。その結果、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。

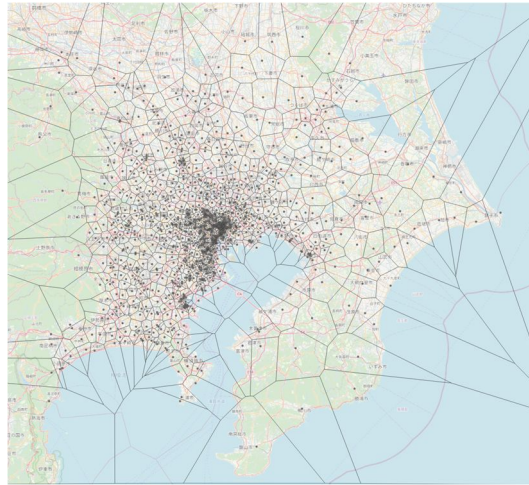


図 4.3 ヤマト運輸営業所 ボロノイ分割図

(4) 東京都市圏用に実装されたエージェントベースの都市貨物シミュレータを用いて、MT 施設の空間分布が貨物輸送に及ぼす影響を評価した。MT 施設は東京都市圏の過去 15 年間に急速に数を増やしたが、同様の傾向は世界中の多くの都市で観察されている。研究者や実務家が都市中心部付近の物流土地利用の重要性を認識していることを踏まえ、MT 施設の集中化や郊外化を表す仮想の MT 施設分布を検証し、実際の分布と比較した。その結果、144 万事業所が立地する東京都市圏において、わずか 155 の MT 施設が企業間貨物生産の約 2% を占める可能性があることが分かった。都市部の MT 施設は、MT 施設の近くに起点または目的地がある商品フローに対応し、総貨物輸送量の削減に貢献することができるが、この本分析の結果は、都市部と郊外の両方の MT 施設に需要があることも示している。都心部周辺の MT 施設を発着する車両ツアーは混雑した道路を利用する傾向があるため、MT 施設の立地（例：高速道路の入り口付近と小売店・消費者の近く）や取り扱う貨物の種類（例：住宅・商業地域向けと工業地域向けの出荷）による地域の道路交通への影響について詳細な分析が必要で、今後の課題として考えられる。

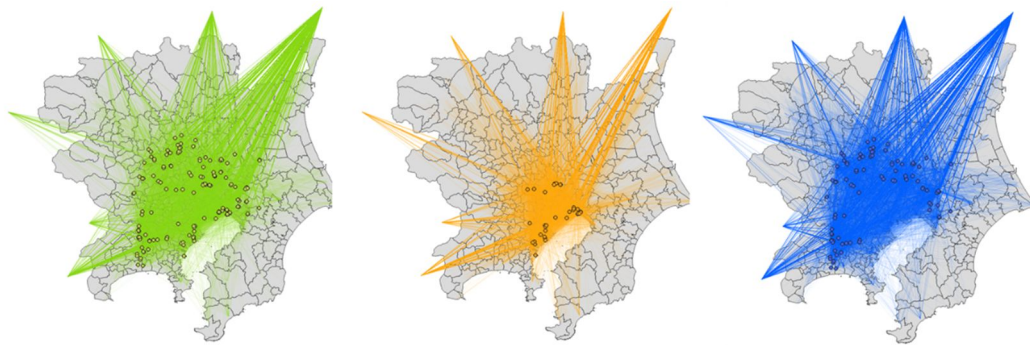


図-4 MT 施設と 2 社の LM 施設の空間分布

#### 参考文献

Sakai, T., Alho, A. R., Bhavathrathan, B. K., Dalla Chiara, G., Gopalakrishnan, R., Jing, P., ... & Ben-Akiva, M. (2020). SimMobility Freight: An agent-based urban freight simulator for evaluating logistics solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 141, 102017.

Sakai, T., Hara, Y., Seshadri, R., Alho, A. R., Hasnine, M. S., Jing, P., ... & Ben-Akiva, M. (2022). Household-based E-commerce demand modeling for an agent-based urban transportation simulation platform. *Transportation Planning and Technology*, 45(2), 179-201.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Buldeo Rai Heleen, Kang Sanggyun, Sakai Takanori, Tejada Carla, Yuan Quan (Jack), Conway Alison, Dablan Laetitia	4. 巻 166
2. 論文標題 'Proximity logistics': Characterizing the development of logistics facilities in dense, mixed-use urban areas around the world	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transportation Research Part A: Policy and Practice	6. 最初と最後の頁 41～61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.tra.2022.10.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sakai Takanori, Hara Yusuke, Seshadri Ravi, Alho Andre Romano, Hasnine Md Sami, Jing Peiyu, Chua ZhiYuan, Ben-Akiva Moshe	4. 巻 45
2. 論文標題 Household-based E-commerce demand modeling for an agent-based urban transportation simulation platform	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transportation Planning and Technology	6. 最初と最後の頁 179～201
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/03081060.2022.2084397	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Takanori Sakai, Kohei Santo, Shinya Tanaka, Tetsuro Hyodo
2. 発表標題 Locations of logistics facilities for e-commerce: a case of the Tokyo Metropolitan Area
3. 学会等名 16th World Conference on Transport Research（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takanori Sakai, Virgilio Ma. Jr. Ramos, Tetsuro Hyodo
2. 発表標題 The Relationship between the Spatial Distribution of Mega-scale Logistics Facilities and the Associated Freight Traffic
3. 学会等名 12th International Conference on City Logistics（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yurika Takano, Takanori Sakai, Tetsuro Hyodo
2. 発表標題 The evolution of urban freight generation: a study of intra- and inter-city truck trips
3. 学会等名 12th International Conference on City Logistics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Riki Motojima, Takanori Sakai, Tetsuro Hyodo
2. 発表標題 Modeling household-based e-commerce daily goods demand: Case study in Japan
3. 学会等名 12th International Conference on City Logistics (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 新部秀悟, 坂井孝典, 兵藤哲朗
2. 発表標題 プローブデータを用いた東京都市圏における貨物車ツアー分析
3. 学会等名 第67回土木計画学研究発表会・春大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中慎也, 坂井孝典, 兵藤哲朗
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第67回土木計画学研究発表会・春大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Heleen Buldeo Rai, Laetitia Dablanc, Sanggyun Kang, Takanori Sakai, Carla Tejada, Quan Yuan, Alison Conway
2. 発表標題 “Proximity logistics” : Characterizing the development of logistics facilities in dense mixed-use urban areas around the world
3. 学会等名 9th International Urban Freight Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯塚 将太、坂井 孝典、兵藤 哲朗
2. 発表標題 オンラインショッピングと買い物トリップの選択要因に関する研究: コロナ禍のニューヨーク市データを用いた分析
3. 学会等名 第65回土木計画学研究発表会・春大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
フランス	Univ Gustave Eiffel			
米国	City College of New York	Massachusetts Institute of Technology		
韓国	Chung-Ang University			
中国	Tongji University			
フランス	Univ Gustave Eiffel			

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	City College of New York			
韓国	Chung-Ang University			
中国	Tongji University			