

令和元年6月10日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01245

研究課題名（和文）顧客行動の曖昧性および確率的不確実性に耐えうる商業施設の立地における最適化

研究課題名（英文）Optimization of commercial facility location with customer behavior including ambiguity and probabilistic uncertainty

研究代表者

宇野 剛史（Uno, Takeshi）

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（理工学域）・准教授

研究者番号：50363023

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：地域に存在する住民の位置および特徴に基づいて日常生活行動線（動線）を推測し、その動線の巡る状況に応じた商業施設の効率的な立地を導出する新しい数理モデルを提案した。動線は住民の生活行動に起因する不確実性を伴うが、曖昧性および確率的な不確実性に分けることでファジィランダム変数として表すことで最適化問題として定式化した。得られた問題を効率的に解くためのアルゴリズムを構築し、数値例に適用して最適立地を導出できることを挙げて本研究の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

施設立地における従来の多くの数理モデルでは、主要駅や大型交差点などの交通発生源に対する定点調査に基づき構築されている。近年、地域住民の日常生活行動線に基づき立地を決めることが有望視されている。動線の測定には定点観測よりも多くの不確実性が含まれることから、有力な数理モデルはこれまで提案されていなかった。本研究では、住民の生活行動に起因する不確実性を曖昧性および確率的な不確実性に分けることで数理モデル化し、求解可能な最適化問題として定式化できたことに意義がある。

研究成果の概要（英文）：We proposed a new mathematical model for finding an effective location of commercial facilities, based on traffic lines (TLs) shaped by moving residents. TLs are inferred by residents' site and characteristics, and then includes uncertainty. In our model, fuzzy random variables are utilized by representing both types of uncertainty, which is randomness and vagueness. By using fuzzy random variables, we can formulate optimal location problem with uncertain TLs. We constructed an algorithm for solving the problem. Its effectiveness is shown by applying numerical examples of facility location.

研究分野：オペレーションズリサーチ

キーワード：最適化 立地 動線 不確実性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

施設立地における従来の多くの数理モデルでは、主要駅や大型交差点などの交通発生源に対する定点調査に基づき構築されている。交通発生源の周辺に施設を立地した場合、施設の潜在的利用者が多く訪れることから高い売上が見込まれる一方で立地にかかる費用が一般に多くなることから、必ずしも良い立地とは言えない。近年、地域住民の日常生活行動線（動線）に基づき立地を決めることが有望視されている。動線の存在する地域周辺では交通発生源周辺ほどの売上は見込めないものの、立地費用を抑えることができることから有力な立地の候補となり得る。動線の測定には定点観測よりも困難かつ多くの不確実性が含まれることから、効率的な立地を求める数理モデルはこれまで提案されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、レストランやスーパーマーケットなど商業施設の立地を計画する意思決定者に対して、需要の曖昧性および確率的不確実性に耐えうる指針となり得る数理モデルの構築を目的とする。施設の潜在的顧客となる地域住民には、施設の提供するサービスに対する需要量および行動パターンから推測される利用頻度に不確実性が含まれる。提案モデルでは特に後者に注目して、顧客の日常生活行動線（動線）を数理モデルとして表現し、最適立地問題として定式化して効率的解法を構築する。さらに、将来予想される競合他社の立地を考慮することで、長期間の施設運営に耐えうる立地の指針となることを目的とする。

3. 研究の方法

この研究計画では、商業施設の立地において顧客行動に含まれる不確実性に耐えうる数理最適化モデルの構築を目的とする。研究計画の進め方は次の通りである。

- (1) 地域住民の動線の推定に伴う不確実性を考慮した数理モデルの構築
- (2) 顧客行動の曖昧性および確率的不確実性を同時に考慮した最適立地問題の定式化および解法アルゴリズムの考案
- (3) 競合他社の施設を考慮した最適立地問題への拡張および解法アルゴリズムの考案

4. 研究成果

研究初年度において、立地候補となる地域に存在する住民の動線を表現するモデルを構築することを目標とし、都市部に在住する地域住民の交通手段を主に徒歩とみなした場合における商業施設の立地について考察した。動線をモデル化するためには動線に含まれる不確実性を表す必要があるが、本研究では特に天候や景気など未解明の現象により事前に予測しきれないことから生じる不確実性を表すために確率的不確実性を用いた。施設立地モデルを構築することで、利益最大化を目的とする最適立地問題として定式化できた。解くべき問題は確率計画問題として与えられ、効率的に求解するためのアルゴリズムを構築した。さらに、数値例に適用することで、求解アルゴリズムの有用性を示した。考慮した施設立地は汎用的に適用可能であり、膨大な計算コストをかけずに求解できることから現実における立地を導出するのに有用であると評価できる。

研究2年目において、潜在的利用者の位置および目標から日常生活行動線（動線）を推定することで、新しい施設立地モデルを構築する研究を遂行した。動線は一般に地域調査によって測定されるが、地域住民の移動を追う必要があることから、従来の施設立地モデルより用いられている駅や大型交差点などの交通発生源における交通量の測定より多くの費用および労力が必要となる。さらに、動線は測定する日時によって交通量および移動方向の変化が大きいことから、実用的なデータを得るためには長い測定時間が必要となり、かつ得られた結果は不確実性を伴う。

本研究では、施設の潜在的利用者となる地域住民をその嗜好や購買力に基づいて複数のクラスに分類した。地域住民をその初期位置、クラスにより与えられる経由地、および最終位置で共通するように集合をとり、この集合の移動をフローとみなすことにより動線を予測した。この動線が移動において施設を通りかかるように立地することで潜在的利用者となると仮定することで、施設から得られる利益最大化を目的とする最適立地問題として定式化した。動線の予測において最短路を通ると仮定することでフローの経路を導出するアルゴリズムを構築し、最適立地を得る解法を提案した。さらに、数値例に適用することで、求解アルゴリズムの有用性を示した。

研究3年目において、施設の潜在的利用者となる地域住民の日常生活行動線（動線）を推定することで、新しい施設立地モデルを構築する研究を遂行した。動線は一般に地域調査によって測定されるが、地域住民ごとの移動を追跡する必要がある。このことは、従来の施設立地モデルより用いられている駅や大型交差点などの交通発生源における交通量の測定より、はるか

に多くの費用および労力が生じることを意味する。さらに、動線は測定する日時によって交通量および移動方向に差異が生じることから、データを得るためには長期間測定する必要がある。

本研究では、交通発生源の位置および交通量から動線の発生を推測する数理モデルを構築した。本モデルでは、相異なる2つの交通発生源間の距離および交通発生源のもつ交通量の大きさにより動線が発生するかどうかを判定している。さらに、動線のもつ交通量の大きさは交通発生源のもつ交通量の大きさに依存して決まると仮定している。これらの推測に基づき施設立地モデルを構築することで、利益最大化を目的とする最適立地問題として定式化できた。解くべき問題は非線形計画問題として与えられるが、効率的に求解するためのアルゴリズムを構築した。さらに、数値例に適用することで、求解アルゴリズムの有用性を示した。考慮した施設立地は汎用的に応用可能であり、膨大な計算コストをかけずに求解できることから、実用的な立地が得られる数理モデルを構築できたと評価できる。

最後に、施設立地の数値例を挙げることで研究成果の概要を述べる。図1に数値例において施設立地を考察する領域を挙げる。この例では交通発生源(TG)が6つ存在し、それらの位置が示されている。

図2にTGから発生される動線を示す。TG間に動線が発生するかはTG間の距離および2つのTGの大きさに依存し、形成される動線は最短経路をとる傾向があるが知られている。これらを数理モデルで表すことにより、動線を推測して与えることが可能になった。

図3に得られた動線に基づき最適立地を求めるための数理計画問題を解いて得られた結果を示す。動線における需要にはあいまい性および確率的不確実性を伴うが、ファジィランダム変数により与えることで定式化を可能にした。得られた問題に対して効率的な解法アルゴリズムを提案しており、その有効性は数値例に適用して最適立地が得られたことで示されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Takeshi Uno, Hideki Katagiri, Kosuke Kato, A Shop Location Optimization with Traffic Generators and Lines based on Prediction of Residents' Movement, Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2019, 査読有, 2019, pp. 491-494.

〔学会発表〕(計 3 件)

Takeshi Uno, Hideki Katagiri, Kosuke Kato, A Shop Location Optimization with Traffic Generators and Lines based on Prediction of Residents' Movement, The International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2019, March, 2019.

宇野剛史, 片桐英樹, 加藤浩介, 地域住民の動線の推測に基づく商業施設の立地最適化, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2018 年春季研究発表会, 2018 年 3 月.

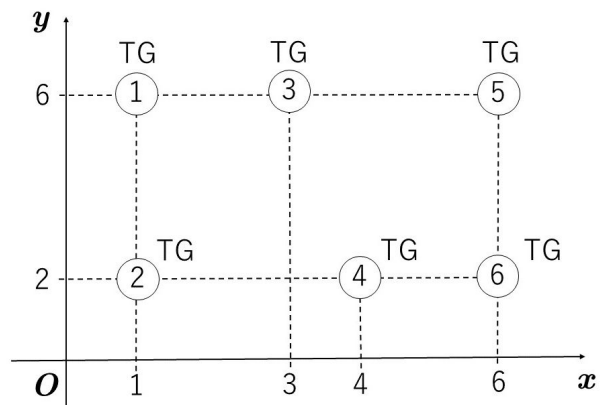


図 1. 立地領域における TG の位置

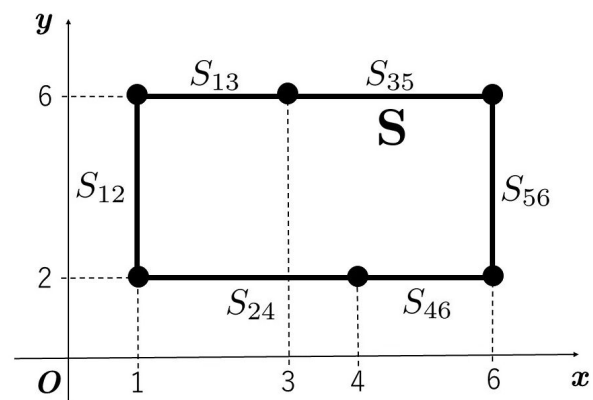


図 2. TG 間に発生する動線

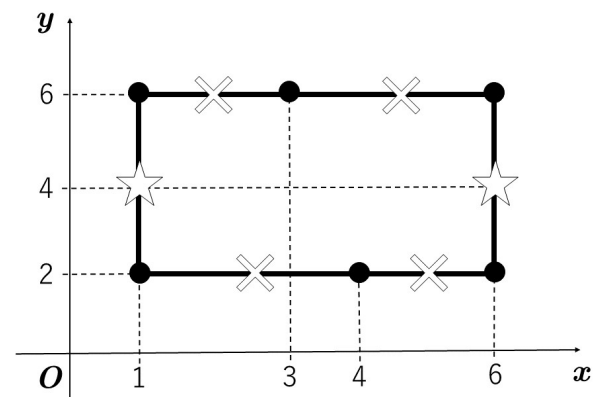


図 3. 最適立地 (図中の 印)

宇野剛史，片桐英樹，加藤浩介，益田駿志，地域住民の動線および交通量の確率的不確実性を考慮した商業施設の立地最適化，日本オペレーションズ・リサーチ学会 2018 年春季研究発表会，2017 年 3 月。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。