

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510164

研究課題名(和文)土地利用・交通政策の最適設計手法の開発

研究課題名(英文)Development of Computational Methods for the Optimal Design of Land Use and Transportation Policies

研究代表者

應 江黔(Ying, Jiang Qian)

岐阜大学・地域科学部・教授

研究者番号：30242738

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、交通ネットワーク均衡モデルと土地利用に関する都市経済学モデルを結合し、都市・交通政策の数量的最適設計の体系的な手法の開発を進めた。線形的ランダム効用関数を持つモデルについて、モデルの数理的性質の解析を行い、厳密な数理計画的手法に基づいて最適化手法の開発を行った。具体的には、交通料金や、都市の土地利用規制(容積率など)などの都市・交通政策について、数量的最適化の手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：This research combined the urban economic theory on land use with the traffic network equilibrium model, and, based on such an integrated model, developed systematic computational optimization methods for the quantitative design of urban and transportation policies. We studied the mathematical properties of the model with linear random utility functions, and developed optimization methods in the rigorous framework of mathematical programming. Specifically, optimization algorithms were developed for the quantitative design of urban and transportation policies including traffic congestion charge, urban land use regulation measures such as floor area ratio regulation.

研究分野：社会システム工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム工学

キーワード：土地利用 交通ネットワーク 混雑料金 容積率 最適化

1. 研究開始当初の背景

都市の利便性とアメニティを向上させるため、合理的に都市・交通インフラを整備して、土地利用と交通における混雑などの外部不経済を抑制し、インフラの規模・集積の経済性を発揮させることが重要である。そのため、土地利用規制、立地誘導の補助・課税、公共交通利用の促進などの政策を行い、都市空間における家計、企業の立地の分布と交通の流れを望ましいパターンへ誘導する必要がある。

交通需要は立地の分布から派生するもので、交通の時間や費用などのコストがまた立地を影響する。土地利用と交通を統一の枠組みの中で、両者の関連性、混雑現象、規模・集積の経済性などを数理的に分析する体系的な研究が都市経済学等の分野で行われ、関連の都市・交通政策分析のミクロ経済理論的体系が形成されていた(藤田昌久: “Urban Economic Theory: Land Use and City Size”, Cambridge Univ. Press 1989)。

しかし、経済学の理論は複雑なネットワーク構造を持つ実際の都市・交通の計量的分析手法を提供していない。従来、都市経済学では交通のネットワーク構造が捨象されてきた。一方、交通の分析では、立地行動が捨象され、交通需要を定数または簡単な需要関数で表現した交通ネットワーク均衡分析の手法が開発され、交通計画・交通政策の策定に応用されてきた(土木学会: “交通ネットワークの均衡分析”, 1998)。

このようなネットワークモデルの枠組みの中で交通に係る政策の数理的最適化の研究も行われ、数多くの成果が得られている。しかし、例えば交通渋滞緩和策の設定のような場合でも、交通政策だけでなく土地利用の規制や誘導なども同時に考慮しなければ有効性がかなり限定的である。そのため、土地利用と交通の関連を忠実に表現した分析手法も開発され、土地利用と交通政策の

統合的分析に適用されている。既存の研究及び応用は、与えられた政策案についての分析が基本である。最適な政策設計を近似的な数値最適化手法によって求める研究も試みられている (Vold: “Optimal land use and transport planning for the Greater Oslo area”, *Transportation Research A-39*, 2005)。

しかし、厳密な数理最適化の手法が欠如しているため、都市経済学の豊富な内容に対応するネットワーク構造の都市分析の体系的な手法は確立されていない。

2. 研究の目的

本研究は、実用化された交通ネットワーク均衡モデルと立地に関する都市経済学モデルを結合し、厳密な数学的手法を用い、各種政策設計の最適化の体系的な手法を開発することが目的である。特に、ネットワークで繋ぐゾーンに分割された離散的な都市モデルに対して、交通料金や、都市の土地利用規制(容積率など)、税・補助金などの誘導策を始めとする都市・交通政策について、数量的最適化の手法を提供することを目指す。

3. 研究の方法

- (1) データ整備と実態分析: 実際の都市に対して、データの収集整理を行い、土地利用・交通の実態を把握し、実態に合うモデルの作成などを行う。
- (2) モデルの作成と解析: ランダム効用理論、都市経済理論に基づく土地利用と交通ネットワークの均衡モデルを作成し、その数理的性質の解析を行う。また、最適化の数理的手法を応用し、土地利用・交通政策の数量的最適化の体系的な計算手法を開発する。
- (3) 計算アルゴリズムとプログラムの開発: 計算アルゴリズムの効率化を検討し、並列計算などのプログラミングの技法を

用いて、実規模のネットワーク構造都市について最適化手法が適用できるようなプログラムの開発を行う。

4. 研究成果

(1) 家計のランダム効用による住宅立地と通勤経路選択の nested logit モデルに基づいて、収入クラスや移動距離によって異なる時間価値を考慮した住宅立地と通勤経路選択の均衡モデルの最適化法の数理分析を行った。本研究では家計の効用関数は時間に関して線形であると仮定しているが、移動距離によって異なる時間価値の取り扱いはこの仮定の制約を緩和している。また、他の研究者が開発した random bidding モデルと対比しながら、本研究で採用しているモデルの均衡解の存在や唯一性のなどの条件を導いた。具体的には、交通システムに混雑現象が現れる状況下、家計の居住地選択に関わる選好の分散が十分大きい(つまり、ランダム性が十分強い)または家計の収入や選好が同質である、などの場合において、均衡状態が唯一決まるという諸結果が得られ、土地利用・交通ネットワーク均衡モデルの数理的性質を部分的に明かにした。

このような定性的解析とともに、非線形数理計画の理論に基づき、均衡解析・最適化の厳密な計算手法を開発した。最適化については、立地コスト、交通時間コスト等から構成される指標を目的関数としている。また、並列計算などの手法を用いて、100程度のゾーン数を有するモデルの最適化ができるようになっている。

(2) 交通混雑やと居住環境などに関わる外部性が顕在する都市について、Pigou 税や補助金(限界費用課金)の経済的手段による外部性の内部化を通じ、土地利用や交通の最適化を図るのが、経済理論の重要な処方箋である。しかし、人口密度を主な変数とする居住環境の質などの非凸性や、家計

の収入や選好における差異などの要素は、限界費用課金が応用された場合、必ずしも最適な土地利用が実現できるとは限らない。本研究では、具体的なネットワーク構造を有するモデルにおいて、このような現象を説明した。本研究では、人口の分布などを政策的に制御できる変数とし、課金スキームとは双対的な関係にあるモデルについて最適化計算手法を開発しているが、計算例などによって、上記の Pigou の理論を単純に適用する政策との比較を行い、定量的最適化によって得られる政策の柔軟性を示した。なお、本研究の最適化法は限界費用課金に代わる課金スキーム(人口分布などの双対変数)の設計に適用することが可能である。

(3) 一戸建てが住宅の主要な形態である場合、最低敷地面積規制(minimum lot size zoning)などによれば人口の分布を間接的、近似的に制御することは可能である。しかし、国と地域によっては容積率規制がより一般的な手法である。これに対応して、本研究では、人口の分布の制御の政策とは別に、容積率規制によって都市空間上における家計の分布を制御するモデルについても、最適計算手法を開発した。これにより、住宅市場と都市計画規制などが分析できるようになった。最適化の目標としては、効用が一定である場合、都市全体の支出が最小となるなどの設定を可能にしている。

(4) 中京圏などの都市に対して、データの収集整理を行い、土地利用・交通の実態を把握し、実態に合うモデルの作成などを行った。特に、容積率規制について、指定容積率に対する実際の容積率の割合(充足率)が100%でない場合が多い。一般的には充足率を家賃(または地価)の関数と考えられる。本研究ではこのような設定の下で、容積率と交通料金を同時に最適化する方法の開発を進めた。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

J. Q. Ying: “Optimization for multi-class residential location models with congestible transportation networks”, *Transportation Science* (印刷中、査読有)

[学会発表](計7件)

J. Q. Ying: “城市形態与交通：穩定性与可持續性 (Urban Form and Transportation System: Stability and Sustainability)”, *第一回運輸与時空經濟論壇*, 北京交通大学, Nov. 23, 2013.

J. Q. Ying: “Simultaneous Optimization of Road Network Pricing and FAR Regulation”, *The Annual Conference of the International Transportation Economics Association*, Evanston, Illinois, July 10-12, 2013.

J. Q. Ying: “Combining Urban Economic Analysis and Transportation Network Optimization”, *The 9th Japan-China Joint Seminar on Transportation and Smart City*, Gifu, June 21-22, 2013.

J. Q. Ying: [招待講演] “Optimal Transport Network Pricing in an Urban Economic Framework: Some Initial Results and Challenges”, *The Eighth International Conference on Traffic & Transportation Studies*, Changsha, China, Aug. 1-3, 2012.

L. Zheng, J. Q. Ying, R. Song, T. Li. “Relationship between Urban Structure and Railway System in Nagoya Metropolitan Area”. *Proc. of the 8th International Conference on Traffic & Transportation Studies*, Changsha, pp. 98-110. Aug. 1-3, 2012.

應江黔：“太陽光発電の特性を考慮した自動車充電ネットワークの構築に向けて”

岐阜大学未来型太陽光発電システム研究センターシンポジウム, 岐阜、2012年2月.

L. Zheng, J. Q. Ying. “Urban Structure and Railway System in Nagoya Metropolitan Area”. *The 7th Japan-China Joint Seminar on City and ITS: Spatial Planning and Transportation*, Kanazawa, Aug. 31, 2011.

6. 研究組織

(1)研究代表者

應江黔 (YING JIANG QIAN)
岐阜大学・地域科学部・教授
研究者番号: 30242738