

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：12102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560162

研究課題名(和文)不確実・低成長時代の次世代都市時空間構成に関する数理的研究

研究課題名(英文) Mathematical approach to urban spatio-temporal structure in uncertain and low growth-rate society

研究代表者

鈴木 勉 (SUZUKI, Tsutomu)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：00282327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：第一に、正方格子状および放射環状道路網都市において交差の少ない経路誘導方策への示唆を得るとともに、都市圏・国土レベルでの交通網を時系列的に速達性、冗長性、環境性の面から評価し、また自前型・出向き型・出迎え型の交通システムの有利となる条件を明らかにした。第二に、ポリゴン形式の土地利用データから土地利用混合を隣接性、近接性、集積性の3つの観点による計測方法を開発し、東京都区部の地区分類へ応用した。第三に、人口の変動と施設の耐用年数に合致した適切な配置、建替、廃止のタイミングが存在することを示し、数理計画法に基づくモデル化と解法の適用により、現実的な問題に対する最適解を示すことを可能にした。

研究成果の概要(英文)：First, we suggested the routing system that reduces the amount of crossing in rectangular grid and radial-arc road network, evaluated road networks at regional and country level with regard to accessibility, redundancy, and environmental performances. We also clarified conditions for applying three types of transportation systems: direct type, pick-up-and-delivery type, and hub-and-spoke type. Second, we developed a method for measuring the degree of land use mixture in terms of adjacency, intensity, and proximity by using polygon-based land use geographic data, and applied it to the classification of districts in central Tokyo. Third, we showed the existence of desirable timings for locating, removing, and setting in accordance with population change and durability of buildings, and suggested optimum solutions for practical problems by applying the model based on mathematical programming methodology.

研究分野：都市計画・都市解析

キーワード：都市空間 ネットワーク構造 施設配置 土地利用 持続可能性 将来設計 最適戦略

1. 研究開始当初の背景

持続可能な都市形成の将来像として、集約型都市構造の概念が提示され、コンパクトな市街地形成を究極的な目標とした都市計画を中央政府や地方自治体が掲げるようになってきた。しかし一方で、地域や文化によってそのあるべき姿は異なるという指摘や、都市は生き物の如く、社会経済の変動にしたがって絶え間なく変化しているという指摘もある。こうした時間軸も考慮した都市の空間構成は、予測困難な将来に対して頑健性と柔軟性を併せ持つと同時に、一定の効率性も満たすものでなくてはならないと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、将来の不確実性と低成長時代の特徴を考慮した次世代都市空間構造について、数理的アプローチによる都市構成要素のモデルモジュールの開発を行い、未来都市の時空間構成のあり方を探ることを目的として3つのサブテーマについて研究を行う。まず第一に、施設(点オブジェクト)の配置密度とネットワーク構造(線オブジェクト)のパターンを解明する。第二に、純化と混合のバランスから定まる土地利用(面オブジェクト)の最適パターンと立体土地利用(3D)について、土地利用区分や類似度に着目しながら分析を行う。そして第三に、不確実性と低成長を前提とした最適時空間配置構成(4D)のモデル分析を行う。これらのサブモデルを総合化して、将来の不確実性と低成長時代の特徴を考慮した次世代都市空間構成のあり方を明らかにすることを目標とする。

3. 研究の方法

第一の施設の配置密度とネットワーク構造のパターンに関する研究については、溝本・塚井・奥村(2004)のネットワーク型施設配置モデルによる廃棄物リサイクル施設計画の分析研究のように、実社会に見られる施設の機能を模式化し、その性質と改善可能性を検討したものが多く、移動費用は実際の道路距離や所要時間などを与えているものがほとんどであり、移動空間の差が生み出す差違や、交通ネットワークパターンの変化や再設計を同時に考慮した研究は少なく、将来の同時設計の可能性が視野に入れられていない。そこで本研究では、空間場の限定性が生み出す最適立地点の変動と、移動システムの順序性が生み出すパターンの変動を総合的に考慮した最適な点オブジェクトと線オブジェクトの配置・パターンの組合せを明らかにし、地域間のつながりの存在下での配置理論の構築を目的とする。

第二の土地利用の最適パターンと立体土地利用に関する研究については、渡辺・鈴木・横張(2006)のように土地利用の評価基準と最適パターンを扱う研究は見られるものの、メッシュを用いた研究が多く、より自由

度が高く正確なポリゴンデータをベースとした土地利用の混合を記述できる指標やそれを用いた最適パターンの議論はなされていない。そこで本研究では、これまであまり理論的蓄積のなかった都市的土地利用の配置・パターンの理論化を目指して、土地利用混合の理論的計量手法とその性質の解明、そして土地利用の純化と混合のトレードオフから定まる最適土地利用混合の理論化を行い、立体的土地利用も考慮しながら、土地利用区分方法と土地利用間の相互作用との関係を解明することを目的とする。

第三の最適時空間配置構成のモデル分析については、角本・畑山・岡田(2004)のように、近年、地理情報システム(GIS)の分野で時空間情報を統合的に扱う手法とその応用の研究の蓄積が進んでいるが、空間と時間の意思決定を組み合わせた場合の理論的な基本性質についてはあまり研究が行われていない。本研究では、時間軸を明示的に導入することによってもたらされる空間利用の非一様性といった観点を取り入れて、成長・衰退、周期変動、寿命、スクラップ・アンド・ビルドとメンテナンス・更新をキーワードとしながら、動的な配置・パターンのサイクルを定量的に求めることを目的とする。

4. 研究成果

(1)施設の配置密度とネットワーク構造のパターン

(1a)移動経路を規定するネットワークパターンと距離の関係を明確化した上で、それを用いて(1b)格子状グリッドや放射環状等の典型的な街路網パターンに対して施設の最適な配置や密度を求めることにより、ネットワークパターンが点オブジェクトの最適パターンに与える影響を明確化した。また、(1c)ネットワークのパターン・密度と交差点密度の関係を明示的に求め、交差によるロスからネットワークの最適密度を導くとともに、(1d)ネットワーク上の輸送システムとして、自家用車や徒歩・自転車などの自前型、鉄道やバス・カーシェアリングなどの出向き型、タクシーやデマンド型交通などの出迎え型の3者を比較し、条件によるそれらの優劣を明らかにした。

その結果、正方格子状および放射環状道路網上の経路選択方法と交差によるロスとのトレードオフ関係を理論的に示し、交差の少ない経路誘導方策への示唆を得た。また、都市圏・国土レベルでの交通網を衛星リモートセンシングデータやオープンデータなども駆使しながら、時系列的に速達性、冗長性、環境性の面から評価することを可能とした。さらに、自前型・出向き型・出迎え型の交通システムの有利となる条件を明らかにするとともに、デマンド型交通を運行している茨城県の2市において、両市の条件の下では新規バス路線の導入がアクセス性の改善とデマンド型交通への利用者の利便性向上をも

たらずことを例示した。

(2)純化と混合のバランスから定まる土地利用の最適パターンと立体土地利用

(2a)土地利用の純化と混合の程度を表す指標を、その持つべき性質を明らかにした上で、GIS上での空間データを記述する上で基本とされるポリゴンデータを用いて定義し、その指標を用いて、(2b)土地利用区分方法と類似度に着目しながら純化と混合のバランスから決まる土地利用の最適パターンを解明した。また、(2c)空中・地下空間などの立体的土地利用とそれによる多層化が最適土地利用の実現にどのように寄与するかについて検討を行うとともに、(2d)大規模敷地の都市内配置が交通移動効率に及ぼす影響を定量化し、大規模敷地を伴う施設の最適配置パターンを明らかにした。

その結果、ポリゴン形式の土地利用データから土地利用混合を隣接性、近接性、集積性の3つの観点から計測する方法を開発し、住宅地地価に正負の影響を与えていること、東京都区部を対象に地区分類への応用が可能であることなどを示した。また、大規模敷地を伴う施設の最適配置が、交通量の多い中心部を避けて、通過交通を阻害しない周辺部に立地する傾向があることを示した。

(3)不確実性と低成長を前提とした最適時空間配置構成のモデル分析

(3a)時間軸を導入した施設・ネットワーク最適配置モデルを構築し、人口成長・衰退や周期変動と施設の最適な設置・廃止場所とタイミングとの関係を明らかにし、(3b)施設やネットワークの寿命を明示的に導入し、スクラップ・アンド・ビルドとメンテナンス・更新の比較とタイミングの最適化モデルを作成するとともに、これを用いて、(3c)費用構造と適正なライフサイクルを明確にすることにより、成熟社会における都市の盛衰に合わせた都市更新と時空間的変動サイクルを解明した。

その結果、人口の変動と施設の耐用年数に合致した適切な配置、建替、廃止のタイミングが存在することを示し、数理計画法に基づくモデル化と解法の適用により、現実的な問題に対する最適解を示すことを可能にした。

上記の成果を総合化し、将来の不確実性と低成長時代の特徴を考慮した次世代都市空間構造と未来都市の時空間構成のあり方についてとりまとめた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

鈴木勉，都市内の移動経路と流動量密度・交差密度の空間分布，都市計画論文集，査読有，51(3)，2016，pp.909-914.

安達修平・鈴木勉，国土交通網整備と所要時間短縮効果の変遷に関する研究，都市計画論文集，査読有，51(3)，2016，

pp.875-880.

巖先鏞・鈴木勉，用途間の隣接性・集積性・近接性の観点から見た混合土地利用パターンの定量化 - 東京都23区における地区分類と手段別分担率との関係の分析 - ，都市計画論文集，査読有，51(3)，2016，pp.867-874.

Lee, S. and Suzuki, T., A scenario approach to the evaluation of sustainable urban structure for reducing carbon dioxide emissions in Seoul, *International Journal of Urban Sciences*, 査読有，20(1)，2016，pp.30-48，10.1080/12265934.2015.1113141

西沢昂・鈴木勉，築年数と転用を考慮した地域公共施設の動的施設配置問題，都市計画論文集，査読有，50(3)，2015，pp.616-621.

鈴木勉，周期的人口変動下での動的施設配置とコンパクト化の有効性に関する研究，都市計画論文集，査読有，49(3)，2014，pp.591-596.

〔学会発表〕(計29件)

鈴木勉・三浦英俊，円形都市内の移動経路と流動量密度・交差密度の空間分布，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会，2017年3月15日～2017年3月17日，沖縄県市町村自治会館。

長谷川大輔・鈴木勉，デマンド型交通と組み合わせたバス輸送導入効果分析，地理情報システム学会第25回学術研究発表大会，2016年10月15日～2016年10月16日，立正大学品川キャンパス。

安達修平・鈴木勉，速達性と脆弱性のバランスを考慮した高速交通ネットワークの成長過程，地理情報システム学会第25回学術研究発表大会，2016年10月15日～2016年10月16日，立正大学品川キャンパス。

鈴木勉・三浦英俊，矩形都市内の移動経路と流動量密度・交差密度の空間分布，日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会，2016年9月14日～2016年9月16日，山形大学小白川キャンパス。

安成光・鈴木勉，都市形状と鉄道網との連携度の都市間比較，地理情報システム学会第24回学術研究発表大会，2015年10月10日～2015年10月11日，慶應義塾大学三田キャンパス。

Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, Land Use Mixture and Physical Built Environment, the 55th European Regional Science Association Congress (ERSA2015), August 25-28, 2015, Lisbon, Portugal.

Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, Mixed Land Use Allocation with Spatial Objectives: Adjacency, Intensity, and Proximity, 10th Triennial Conference of the Association of Asia-Pacific Operational Research Societies (APORS2015), August 2-6, 2015, Kuching, Malaysia.

鈴木 勉・西沢 昂, 転用を考慮した地域公共施設再編の数理モデル, 第 28 回応用地域学会 (ARSC) 研究発表大会, 2014 年 11 月 29 日 ~ 2014 年 11 月 30 日, 沖縄産業支援センター .

Sunyong Eom and Tsutomu Suzuki, Comparative Analysis of Measures for Land Use Mix, Proceedings of the International Symposium on City Planning 2014 (ISCP2014), November 6-8, 2014, Hanoi, Vietnam.

ほか

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 勉 (SUZUKI, Tsutomu)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号 : 0 0 2 8 2 3 2 7