

## 研究助成実施報告書

助成実施年度	2019 年度
研究課題（タイトル）	モビリティ変革時代における集約型都市と広域公共交通設計に関する研究
研究者名※	鈴木 勉
所属組織※	筑波大学 システム情報系社会工学域 教授
研究種別	研究助成
研究分野	都市交通システム、エネルギー計画
助成金額	150 万円
発表論文等	都市計画論文集, Vol.55, No.3, pp. 1086-1091, 2020 都市計画論文集, Vol.55, No.3, pp. 1227-1232, 2020 第 29 回地理情報システム学会学術研究発表大会, 2020 地理情報システム学会講演論文集, 2020 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp.156-157, 2021 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp.172-173, 2021

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

( ) は、報告書提出時所属先。

# 大林財団2019年度研究助成実施報告書

所属機関名

筑波大学

申請者氏名

鈴木 勉

研究課題	モビリティ変革時代における集約型都市と広域公共交通設計に関する研究
<p>(概要) ※最大10行まで</p> <p>モビリティ技術発展を見越した集約型都市実現に向け、(1)拠点集約による持続可能な都市の数理的設計を行い、都市特性に応じた目標像を明らかにし、(2)距離・所要時間からみた公共交通運賃の空間構造の分析を通して、MaaS(Mobility as a Service)の時代に適応するための公共交通サービスに見合う費用負担の公平性を実現する持続可能な公共交通体系を明らかにする。さらに、(3)広域的な都市・地域構造に応じた拠点を結ぶ広域交通ネットワークの交通手段と利用者サービスを考察することを通して、現状でのコンパクト・シティ・アンド・ネットワーク政策の推進、将来的な新たなモビリティの普及という大きな社会的変革に対応した政策の推進の具体的な目標を提示する。</p>	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<p>人口減少や地方自治体の財政悪化という社会的背景の中で、コンパクトシティ政策が推進されている。この政策を有効なものとするためには、今後のモビリティ技術の発展を公共交通にも有利となるように応用し、どのような拠点を指すか、また、既に広域化した生活圏を支えるために、どのようなネットワークを設計するのかをより具体的に明確にする必要があると考えられる。モビリティ変革を考慮した上で、拠点型都市と交通手段毎の移動コストの設計を一体的に行うことは、利便性向上と社会的コストの削減により、無駄のないシームレスな社会を形成するために、大都市においても地方都市において不可欠であるといえる。しかしながら、その具体像を追求する研究はまだ数少ない。</p> <p>そこで、本研究では、生活利便性の効率的向上のための拠点・施設集約と、速達性、シームレス性、公平な運賃体系を合わせ持つような、新しいモビリティも含めた交通ネットワークの総合的な設計方法について考察する。具体的には、モビリティ技術発展を見越した集約型都市実現に向け、(1)拠点集約による持続可能な都市の数理的設計を行い、都市特性に応じた目標像を明らかにし、(2)距離・所要時間からみた公共交通運賃の空間構造の分析を通して、MaaS (Mobility as a Service)の時代に適応するための公共交通サービスに見合う費用負担の公平性を実現する持続可能な公共交通体系を明らかにする。さらに、(3)広域的な都市・地域構造に応じた拠点を結ぶ広域交通ネットワークの交通手段と利用者サービスを考察することを通して、現状でのコンパクト・シティ・アンド・ネットワーク政策の推進、将来的な新たなモビリティの普及という大きな</p>	

社会的変革に対応した政策の推進の具体的な目標を提示することを目指す。

## 2. 研究の経過

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究は、以下の3つのサブテーマを通して、集約型都市における拠点設定と交通システムの設計についての研究を行った。

### 【1】拠点集約による持続可能な都市の数理的設計

1-a) 市町村マスタープランや立地適正化計画などの自治体による拠点計画も踏まえ、全国の自治体を対象とし、商業、医療、福祉施設などの生活利便施設の集約状況を把握した上で、移動コスト（時間、距離）をベース指標として、個別の施設の利用のみならず複数の施設の集約も考慮しながら全国の生活利便施設の配置評価を行った。自治体の人口分布、公共交通ネットワーク、施設分布の違いを考慮した上で、現状において評価の高い拠点集約型都市の特徴を明らかにした。

1-b) 拠点配置の面から持続可能な将来都市構造を設計するための数理的モデルを住民の移動の利便性と拠点・施設コストの両面を考慮しながら開発し、都市形態に見合ったコンパクト化の目標像に相応する具体的な都市構造の定量的な解明を行うとともに、全国レベルでその優劣を比較しながら、利便性維持に有効な方策を明らかにした。

### 【2】公共交通サービスに見合う費用負担の公平性を実現する持続可能な公共交通体系の解明

2-a) 全国の市区町村を対象として、公共交通の運賃・移動距離・所要時間及びデータに基づいた人の移動量を把握し、それらの関係性を分析するとともに、地域間比較を通して公共交通運賃の地域格差を明らかにした。

2-b) 公共交通の速度や利用距離と直線距離の比率である迂回率、交流可能人口、アクセス可能な生活利便施設などの指標を用いて全国の公共交通の運賃体系について移動で得られる便益・サービスの面から分析し、公平性を高められる運賃体系について人口や路線状況などの地域差に応じて提言を行った。

2-c) 実際の人の移動データからどのような移動が発生しているかを交通手段・距離・目的の面で把握し、現状の人口・施設分布、公共交通網、運賃との関係性を調べることで、小型モビリティを含む様々な交通手段の成立条件を明らかにした。

2-d) 小型モビリティや自動運転も含めた交通手段について、それらの運行費用や利用者が得られる便益やサービス水準の観点からどのような交通手段で構成される公共交通が地域に適するののかについて、人口、交通ネットワーク、施設の分布などの地域差を考慮しながら明らかにした。

### 【3】モビリティ変革時代における集約型都市と広域公共交通設計の総合化

3-a) 現状の都市構造の分析からわかる拠点の階層性と、既に広域化している生活圏の実態を背景として、自治体間のネットワークの連結性や人の移動量から自治体間の相互連携関係を明らかにした。

3-b) 階層性のある拠点間を結ぶ広域ネットワークについて、その社会的コストや利便性の面からどのような交通手段によってネットワークが構成されるべきかについて考察した。

3-c) 公共交通システムを利用者の負担構造，社会的持続可能性の観点から便益と社会的コストを勘案した上で，集約型都市と広域公共交通をセットで包括的に設計するための，サービス維持を可能とする都市構造と公共交通の形態の総合的な設計方法を構築した．単純な階層構造ではなく，地域の生活圏の重複性を考慮した連続型ネットワーク状集約連坦都市群をイメージとしながら，設計像の総合化を行った．

### 3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

3つのサブテーマについて，以下の通りの研究成果を得た．

#### 【1】拠点集約による持続可能な都市の数理的設計

都市の拠点を構成する主要な施設の立地状況を施設までの距離を用いて評価し，施設配置の量と質の面から評価するために施設充実度と超過率の指標を用いて，日本全国の自治体間の差違を明らかにするとともに，施設分布から都市拠点設計を考える際にそれらの水準を考慮することが有効であることを示した．主要な結論として，以下の知見を得た．①拠点を構成する地域施設は種類により立地特性が異なるが，施設充実度と平均距離は概ね負の関係にあり，スーパーや銀行といった商業系では関係が強く，図書館や役場/支所のような公共施設，郵便局では弱い．また，施設充実度が高くても配置の優劣により距離に差違が見られる．②超過率の高い自治体では，現状の施設配置と人口分布から決定されるミニサム配置との乖離が大きく，現状の平均距離が長いことは配置の質が大きく影響していると考えられるため，施設再配置によるアクセシビリティ改善が見込まれる．③複数種類の都市施設間を結ぶドローネ網の部分グラフで定義される施設間近接性で拠点を構築する手法により，超過率の高い自治体における現状配置と最適配置の拠点形成の結果にも大きな違いが確認される．

上述の成果に基づき，1件の学術論文の刊行（佐野雅人・巖先鏞・鈴木勉：都市拠点設計への応用のための全国自治体の地域施設配置比較評価，都市計画論文集，Vol.55，No.3，pp.1086-1091，2020）を行った．

#### 【2】公共交通サービスに見合う費用負担の公平性を実現する持続可能な公共交通体系の解明

公共交通の全国的な距離当たりの運賃水準について広域的に調査するとともに，人口と直線距離による重力モデルを用いて各自治体住民の移動欲求を仮定し，移動欲求による加重平均運賃を各自治体別に算出することにより運賃水準の地域差について明らかとするとともに可視化を行った．さらに，各自治体間の自動車による移動を想定した場合の費用を道路移動距離及び平均燃費より算出し，公共交通と自家用車それぞれの運賃（費用）・移動時間・移動距離及び，公共交通を利用した際の乗換回数・出発地と目的地の自治体の人口密度とその間の直線距離の変数による集計ロジットモデルを用いて公共交通の分担率を推定し公共交通が優勢である地域について明らかとした．主要な結論としては，①日本における運賃水準として30円/kmという値が存在し，都市圏別では大都市中心部や地方部に分類される自治体において高く，大都市周辺部では安いということ，②公共交通の分担率推定により大都市圏郊外部及び主要都市では運賃の値下げ，地方部

における運賃水準の抑制による公共交通の分担率向上させる見込みがあること、③各自治体間の直線距離と運賃・移動時間の関係をカルトグラムにより可視化したことにより、地理的配置と運賃・移動時間の関係性の都道府県別の差異があることなどが明らかとなり、また、相対的な運賃と移動速度というサービスレベルの関係性の地域差を示すことができた。

上述の成果に基づき、1件の学術論文の刊行（榎本俊祐・巖先鏞・鈴木勉：公共交通運賃の空間構造と公共交通優位地域の空間的評価，都市計画論文集，Vol. 55, No. 3, pp. 1227-1232, 2020）と1件の外部発表（榎本俊祐・巖先鏞・鈴木勉：距離カルトグラムを用いた公共交通運賃の空間構造の可視化，第29回地理情報システム学会学術研究発表大会，2020）を行った。

### 【3】モビリティ変革時代における集約型都市と広域公共交通設計の総合化

都市拠点計画において重要な地域施設へのアクセシビリティを基礎指標とし、最近隣の施設が隣接する他の自治体となる人口を施設種類別に計測した。これにより、アクセシビリティの面から越境利用が合理的選択となる人口と移動距離を定量的に求めるとともに、拠点計画策定時に自治体間の広域連携によりアクセシビリティ向上が期待される自治体を抽出し、広域連携に基づく拠点計画策定の必要性を考察した。その結果、居住地と異なる自治体を利用することが合理的となる越境人数が全国人口の10%程度、都道府県境を越えるものも1%程度あること、施設の偏在している病院、スーパー、銀行の越境率が高いことなどが明らかとされ、行政界付近に鉄道駅を中心とした市街地が広がるなど拠点計画において、今後、連携強化がより重要であるケースを考察した。

また、ビッグデータを活用した都市拠点と公共交通網分析として、携帯電話の位置情報データから茨城県南地域の鉄道駅における時間帯別人口流動を類型化し、駅周辺に立地する施設の密度・種類と合わせて分析を行い、市街地と郊外部や平日・土日の滞在人口パターンに差が見られること、鉄道駅周辺の施設立地と滞在人口パターンの地区類型との間に対応する関連性があることなどを示した。さらに、土浦市新治地区においてコミュニティバス運行ルートを検討するために、流動人口データから滞在点を求め、それらをバス需要と想定して効率的にカバーすることを目的とする停留所およびルートの設計問題を考え、求解を行った。その結果、①最も効率の高いルートは停留所数23箇所の際に実現されること、②60分以内という周回時間制約を設けた場合も同様に23箇所であるが、制約なしの場合と比べてルート数が増えることも影響し、停留所数の増加に伴う効率性の低下が大きいことなどを明らかにした。

上述の成果に基づき、3件の外部発表（佐野雅人・田宮圭祐・鈴木勉・大澤義明：越境利用から見た都市拠点計画における広域連携の必要性評価，地理情報システム学会講演論文集，2020；佐野雅人・定梶圭・雨宮護・藤井さやか・鈴木勉・大澤義明：時間帯別滞在人口による地区類型と駅周辺施設立地との関係，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集，pp. 156-157, 2021；榎本俊祐・佐野雅人・鈴木勉・大澤義明：流動人口データを用いたコミュニティバスのルート設計，日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集，pp. 172-173, 2021）を行った。

#### 4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究に関しては、以下の課題が残されている。

##### 【1】 拠点集約による持続可能な都市の数理的設計

- 1) 都市施設の種類の別々に充実度と配置の評価を行ったが、施設規模の大小、魅力度の違いや複数施設の周遊利用についても反映した評価指標・モデル構築が課題として挙げられる。
- 2) 施設の最適配置についての計算は自治体内での再配置によるアクセシビリティ改善可能性を議論したが、行政界を越えた再配置についても分析することが望まれ、広域での最適配置を現実的な計算時間で求める手法開発が課題である。

##### 【2】 公共交通サービスに見合う費用負担の公平性を実現する持続可能な公共交通体系の解明

- 1) 出発地と目的地の設定方法や移動の重みづけや経路設計手法といった点でのより現実的である各自治体の移動欲求推定モデル構築が課題としてあげられる。
- 2) 小型モビリティその他の多様な交通手段で構成される公共交通がどのような地域に適するののかについて明らかにするため、運賃・移動時間の地域差についてその原因についての分析を行うことが課題である。

##### 【3】 モビリティ変革時代における集約型都市と広域公共交通設計の総合化

- 1) 最近隣施設が他の自治体となる人口を越境が合理的な人数とし、その大小や越境の効果から連携必要性を議論したが、実際の越境利用者や他の行政圏との照合、既存の広域行政の枠組みとの比較などが課題として挙げられる。
- 2) 携帯電話の位置情報データをもとに時間帯別人口による地域類型化を行ったが、広域公共交通設計に結びつけるためには特徴的な地域についてはより詳細に人流の変化要因を探ること、時間帯で変動する人口がどの地域からどの地域へ移動しているのかを分析することが必要である。
- 3) コミュニティバスの路線長に対して効率的なバスルート及びバス停の数を実際の地域において導出したが、路線長以外にも運行頻度といった条件にも影響される車両数などの運行費用に関わる要因を考慮することにより運行費用の算定を精緻化し、バス停毎の需要の違いを反映した上で待ち時間という利用者にとっての負担を加えた、より社会的コストを適切に導出するモデルを用いて効率的なバスルートの設計を行うことが課題である。