

## 研究助成実施報告書

助成実施年度	2022 年度
研究課題（タイトル）	都市拠点の人流パターン解析と市街地構造変容のモデル分析研究
研究者名※	鈴木 勉
所属組織※	筑波大学 システム情報系 教授
研究種別	研究助成
研究分野	都市計画、都市景観
助成金額	150 万円
発表論文等	

※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 2022 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	都市拠点の人流パターン解析と市街地構造変容のモデル分析研究
<p>(概要) ※最大 10 行まで</p> <p>本研究では、都市拠点における毎日の人流特性を分析し、その特徴を把握することで、都市拠点の発展プロセスを理解し、市街地の更新速度と容積変化をモデル化して将来の都市変容を予測することを目的とする。都市の拠点地区における人流パターンの解析については、平日と土休日の人流パターンの時間変動に基づき街区・商業集積地・町丁目の 3 レベルで地区を類型化し、街区は土地利用用途構成、商業集積地は業種構成、町丁目は土地利用混合状況や建物・道路特性と有意な対応関係があることを示した。また、類型ごとに街区の滞在時間や移動距離、および商業集積地の滞在者数や圏域に特徴があることを明らかにした。市街地更新速度と容積率変化のモデル分析では、土地利用データの時系列分析を通じ、東京区部全体での容積率及び、集合住宅の増加を明らかにするとともに、安定した人口構成を維持する 3 地区を比較し、人口構成と市街地更新の関連性を示し、市街地の成熟度や容積率の関係をモデル化するための基礎データを得た。</p>	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<p>都市や国土の歴史研究については、それを与件として事実の検証と要因の解明を行うケーススタディ研究に重きが置かれてきたが、これまでの計画や政策がもたらした空間構造がその後の計画・政策にどのような制約を与えているか、また、それによって空間構造にどのような特徴がもたらされているかといった観点からの理論研究は少ない。都市・国土計画は百年の計といわれるように、一度決定した事項はその後長きにわたって我々の生活に影響を及ぼす。それは、時代を超えて普遍的な合理性を有している場合もあれば、時として時代の変化に対応できずに不合理を生じさせる場合もある。</p> <p>そこで、本研究では、都市拠点における毎日の人流特性を解析し、その特徴を把握することにより、都市拠点の発展プロセスを記述するとともに、市街地更新速度と容積変化の経緯をモデル化することにより、将来の市街地変容を明らかにすることを目的とする。【1】都市の拠点地区における人流パターンの解析と【2】市街地更新速度と容積変化のモデル分析の 2 つのサブテーマを対象に進める。</p>	

2. 研究の経過	(注) 必要なページ数をご使用ください。
<p>【1】都市の拠点地区における人流パターン解析</p> <p>本研究で用いた人流データは、東京区部における株式会社 Agoop のポイント型流動人口データである。本データは GPS をもとに測位され、移動軌跡を移動経度単位で把握することができる点</p>	

で、マイクロレベルでの分析に優れている。また、土地利用データは東京都土地利用現況・建物現況、1-b)で扱う電話帳データは株式会社ゼンリンの座標付き電話帳データベース「テレポイントPack!」を用いた。

#### 1-a) 人流日変動パターン分析と時系列クラスタリングによる地区分類

まず大規模 GPS データを用いて、街区レベルでトリップの発生量・集中量とその時間帯別変化パターンを求め、時間帯別マルチレベルモデルにより詳細な建物用途別の発生集中の大小関係を、平日平均に対する比である発生指数・集中指数により把握した。続いて、発生量・集中量の変化パターンに基づき街区、公園を類型化し、その空間的分布や、滞在時間・移動距離・トリップ長との関係を示した。最後に、建物用途構成をもとに街区を類型化し、街区の発生集中パターン・滞在時間・移動距離・トリップ長との関係を分析した。

#### 1-b) 人流パターンの要因分析と拠点の土地利用との関係の分析

都市の最も主要な構成要素である商業に着目し、商業集積地を拠点と捉えて分析を行った。はじめに、電話帳データに基づく業種構成割合により商業集積地をk-means法で類型化した。続いて、時間帯ごとの滞在数に基づいた滞在パターンにより商業集積地をk-means法で類型化し、業種構成との関係を分析した。最後に、滞在者の多さを示す滞在点密度と、市区町村エントロピー指標で表される来訪者の居住地の多様性と来訪者の平均移動距離の2つで表される圏域を合わせて滞在移動特性と定義し、業種構成や滞在パターン類型ごとに滞在移動特性の特徴を分析した。

#### 1-c) 混合度指標・地区分類指標との関係の分析

混合度として用途別の延床面積構成比による町丁目別クラスタ分析による各類型（以下、用途構成類型）と定義し、町丁目別の滞在パターンによる類型との関係をクロス分析により求めることで、両類型の対応関係を分析した。また、地区分類指標に関しては、若林ら<sup>[1]</sup>の提唱した建物指標および道路指標を計算し、それぞれ各指標を特徴量としたk-means法のクラスタ分析により類型化した上で、町丁目別の滞在パターンとクロス分析を行い両者の対応関係を調べた。

### 【2】市街地更新速度と容積率変化のモデル分析

本研究では、土地利用に関する分析において、2001-2021年(5時点分)の東京都土地利用現況・建物現況データ、人口特性に関する分析において、2000-2020年(5時点分)の国勢調査、5歳階級別人口・平均年齢(小地域集計)データを用いた。

#### 2-a) 利用容積率・プロジェクト計画頻度の時系列モデル分析

東京区部全体での容積率変化、用途別延床面積構成比を算出し、市街地構造の変化について全体的な傾向を把握した。

#### 2-b) 人口特性・インフラ条件・人流パターンとの関係分析

安定した人口構成を維持する地域を特定し、市街地構造との関連性を分析した。安定した人口構成を維持する地域を特定するため、5時点の各町丁目における平均年齢、カイ二乗値、年齢構成類型の変化について分析した。カイ二乗値は、安定した人口構成(基準値)から各地域の年齢分布がどれだけ乖離しているのかを表す指標である。基準値は、各5歳階級別人口が同数分布した状態から、各階級における死亡率を適用させた年齢構成割合とした。年齢構成類型は、各町丁目の年齢構成割合を14のクラスターに分類したものである。これらの3指標の変化が小さい3地域(荒川区荒川2丁目、世田谷区成城7丁目、港区南青山1丁目)を取り上げ、区部全体と同様の分析を行い、市街地構造と人口構成の関連性について分析した。

## 2-c) 人口成長曲線の分析とモデル化

土地利用別に人口成長曲線(古藤, 2008)の分析を行うために, 市街地の成熟度, 飽和容積率, 法定容積充足率との関係をモデル化するための基礎データを得た.

## 3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください.

### 【1】都市の拠点地区における人流パターン解析

#### 1-a) 人流日変動パターン分析と時系列クラスタリングによる地区分類

第一に, 時間帯別発生指数・集中指数の算出により, 平日は事務所建築物で 12 時台と 18 時台にそれぞれ平日平均の 14 倍, 10 倍程度の発生があり, 9 時台と 12 時台にそれぞれ 13 倍, 14 倍程度の集中があることを示した. また, 土休日は商業・娯楽系施設の発生・集中が相対的に大きく, スポーツ・興行施設では 15 時台の発生と 14 時台の集中がそれぞれ平日平均の 16 倍程度, 専用商業施設では 15 時台に平日平均の 7.5~7.6 倍程度の発生集中があることを示した. さらに, 平日の業務系用途はピークが 2 回に分かれる一方, 土休日では日中に単一のピークを持つ用途が 5 種類存在することを明らかにした.

第二に, 時間帯別の発生量・集中量もとに街区・公園を 13 種類に類型化することで, 平日は都心部で同一種類の集積があり, 業務地区では朝・昼に集中/昼・夕に発生が高率の類型, 駅付近の商業地区では午後以降の発生集中が高率の類型が中心であるほか, 土休日は商業・業務を問わず午後の発生集中が高率の類型が平日の 4.6 倍程度存在することを示した.

第三に, 街区の建物用途構成比に基づく 28 種類の用途構成類型と発生集中パターンタイプのクロス分析により, 住宅系は朝の発生・夕方以降の集中, 業務系は平日の朝と昼の集中・昼と夕の発生, 商業系は午後以降の集中・夕方以降の発生, 特に平日の遊興施設は 19 時台以降の発生・集中が有意に多いことなど, 用途構成パターンごとの発生集中パターンの特性と, 平日・土休日による違いを示した. また, 用途構成類型ごとに平均滞在点密度・滞在時間・総移動距離・トリップ長を比較した結果, 平均滞在点密度の対平日平均比は事務所系で平均値が 2 倍を上回る一方, 土休日は概ね 1 倍を下回り, 平日と土休日の差が激しいこと, 商業系では平日・土休日ともに平均値が 1 倍を上回り, 平日と土休日と同程度の人出があること, 住宅や公共系施設では平日平均を下回る場所が中心であることを示した. 滞在時間は, 事務所系, 住居系で平均値が 250 分前後と比較的長く, オフィスワーカーや自宅滞在者が中心である一方, 商業系では 60~100 分程度の滞在が中心であり, 買い物や飲食による来訪者の割合が高いことが示唆された. 移動距離については, 平均値では羽田空港や主要駅を含む運輸特化で 300km, 宿泊特化で 70km を超えて突出する一方, 中央値で見ると宿泊特化は事務所や商業系と同程度であり, 一部の人が長距離を移動しているほか, 住居系では平均値が 30km 前後と比較的短いことを示した.

このように, 大規模 GPS データを用いることで, パーソントリップ (PT) 調査に代表されるこれまでの交通調査では把握できなかった人流パターンの特性を詳細かつ定量的に記述した.

#### 1-b) 人流パターンの要因分析と拠点の土地利用との関係の分析

第一に, 電話帳データから商業集積地を抽出した上で, これらを業種構成により 10 種類に類型化し, 各種類の構成割合や平均施設数, 密度, 面積などの傾向を示した. その結果, 商業集積地が 1,045 か所抽出され, 娯楽・飲食系の施設を中心とする類型が全体の 29%, 最寄品系の店舗を中心とする類型が 27%, 買回品店舗の割合が高い類型が 14%程度を占めることを明らかにした.

第二に、時間帯別の滞在中の人数を1分ごとに重みづけをした上で、1時間ごとの平均を滞在パターンとして商業集積地を8種類に類型化した。業種構成による類型との対応関係を調べた結果、買回品店舗の割合が高い集積では午後に滞在者数が増加し、娯楽・飲食系の割合が高い類型では平日の夜や土休日の午後～夜に滞在者数が増加し、いずれも商業地の特性を示すこと、最寄品の割合が高い類型では深夜～早朝に増加したり終日滞在者数がほぼ変わらなかったりと、住宅の特徴を示すことなどを示した。

第三に、滞在点密度、市区町村エントロピー、平均移動距離を滞在移動特性と定義した上で、業種構成類型と滞在パターン類型別に滞在移動特性の傾向を相対的に比較し、以下の点を示した。業種構成類型のうち都心部に分布する金融・宿泊系や娯楽・飲食系、買回品系、滞在パターン類型のうち平日の都心部における日中増加型や土休日の主要駅付近における午後増加型は、滞在点密度が平日平均の5倍以上である場所が有意に多いほか、市区町村エントロピーが0.4～0.6程度と比較的大きく、平均移動距離も50km以上が有意に多いなど、滞在者数も多く圏域も大きい傾向がある。一方、業種構成類型のうちおもに周辺部の住宅地域に分布する最寄品系、滞在パターン類型のうち周辺部に幅広く分布する深夜～早朝増加型、終日一定型は、滞在点密度が0.2倍未満の集積が有意に多く、市区町村エントロピーは0.1～0.3程度と低水準であり、平均移動距離も30km未満の階級で有意に多いなど、滞在者数が少なく圏域も小さい傾向にある。また、滞在点密度と市区町村エントロピーには強い正の相関が認められた。

#### 1-c) 混合度指標・地区分類指標との関係の分析

町丁目別の1時間ごとの滞在パターン、用途別の延床面積、若林ら<sup>[1]</sup>による建物指標と道路指標をそれぞれk-means法により類型化した上で、滞在パターン類型と用途構成類型、建物指標類型、道路指標類型の対応関係を残差分析により以下の通り明らかにした。

第一に、用途構成類型と滞在パターン類型の関係については、公共系や事務所系、商業系は平休ともに滞在者数が日中に増加し、土休日の事務所・商業混合地区は昼間に微増、住宅に特化した地区は深夜～早朝に増加する傾向がある。また、住宅と他用途の混在した地区では日中に微増し、事務所との混合地区では平日の日中と土休日の午後～夜に増加する場所も有意に多い。全体として、土地利用が混合しているほうが滞在者数の時間変動が少ない傾向がある。これは、日中に滞在する従業者や来街者と、夜間に滞在する住民が同程度の割合で入れ替わっているためと考えられる。

第二に、建物指標類型と滞在パターン類型の関係については、平日は、小規模建物が一定程度以上密集している場所では昼間よりも夜間、中高層の建物が中心の場所では夜間よりも日中のほうが、滞在者数が多い傾向がある一方、土休日は小規模建物地域では終日ほぼ一定である場所も有意に多い傾向がある。

第三に、道路指標類型と滞在パターン類型の関係については、平日は、道路率の高い都心部（千代田区・台東区付近）や道路延長が低密な場所（臨海部や皇居周辺）で日中から夜にかけて、狭い道路の延長および交差点密度が高い密集市街地では深夜～早朝に滞在者数が増加する一方、土休日は、道路率の高い場所や道路延長の低密な場所で午後から夜にかけて増加し、狭い道路の延長および交差点密度が高い密集市街地における深夜～早朝の滞在者数の増加傾向は平日よりも弱い。

## 【2】市街地更新速度と容積率変化のモデル分析

#### 2-a) 利用容積率・プロジェクト計画頻度の時系列モデル分析

2001-2021年にかけて東京区部全体での容積率は増加傾向である。特に2001-2006年にかけての増加幅が大きく、115.8%から132.1%へと変化している。しかし、2016-2021年にかけては、146.2%から147.3%と、1.1%しか増加せず、その傾向は落ち着いてきていることが明らかとなった。

用途別延床面積構成比では、2001-2021年にかけて住商併用施設(-2.0%)、独立住宅(-1.8%)、工場(-1.4%)で減少幅が大きく、集合住宅(+7.2%)、厚生医療施設(+0.5%)、専用商業施設(+0.5%)で増加が確認できる。集合住宅での増加が著しく、臨海部や都心部を中心とする近年のタワーマンション開発が影響していると推測される。2001-2021年にかけての容積率の増加の要因としては、このような住宅の高層化が大きく影響していると考えられる。

#### 2-b) 人口特性・インフラ条件・人流パターンとの関係分析

安定した人口構成を維持する3地域(荒川区荒川2丁目、世田谷区成城7丁目、港区南青山1丁目)の容積率推移は、区部全体と同様に増加傾向である。2021年の荒川2丁目では、2001年時と比較して+10.6%、成城7丁目では+15.2%、南青山1丁目では+39.4%の変化が見られることが分かった。

また、用途別延床面積構成比においても区部全体の傾向と同様に、それぞれの地域で集合住宅の増加が見られる。2021年の荒川2丁目では2001年時と比較して+2.6%、成城7丁目では+1.8%、南青山1丁目では+20.5%である。これらの結果から、容積率や用途別延床面積構成比が変化し続ける地域では、人口構成が安定しやすくなる可能性が考えられる。また、人口構成の安定する3地域と東京区部の傾向が似ていることから、東京区部は多様な年齢層で構成される人口構成を維持しやすい地域である可能性が考えられる。

#### 2-c) 人口成長曲線の分析とモデル化

2-b)の地区別に、市街地の成熟度、飽和容積率、法定容積充足率を計測し、これらの関係をモデル化するための基礎データを得た。

#### 4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

##### 【1】都市の拠点地区における人流パターン解析

1-a)および1-b)については、本研究の対象は東京区部のみであるため、断片的な傾向に過ぎない。よって、他の期間や地域においても分析を行い、結果をより一般化したり、特性の長期的変化を計測したりすることが課題である。また、本研究の滞在点の定義では、20分以下の滞在を考慮できていないため、滞在点の定義を再考して、短時間の滞在や買い回り行動を反映することが課題である。さらに、使用したデータには年齢や性別などの詳細な個人属性は含まれていない。個人属性が充実した最新版のデータを入手することで、特に世代間の行動パターンの違いを定量化することが今後の課題となる。1-c)については、混合度指標として、本研究では用途構成比による類型を用いているが、より厳密な土地利用混合を考慮するには、Eom, Suzuki and Lee (2020)の隣接度、近接度、集積度を用いた分析も必要となる。これについては今後の課題である。

##### 【2】市街地更新速度と容積率変化のモデル分析

2-a)については、建物の築年数についても分析し、都市再開発などのプロジェクトの計画頻度を決定するモデルを開発することが残されている。2-b)については、他地域でも容積率や用途別延

床面積構成比を分析し，市街地構造の変化と安定した人口構成との関連性を明らかにする．人口属性以外の，鉄道駅・主要道路などのインフラや人流パターン，行政界，災害危険度についても分析し，その関連性を見ることが課題である．2-c)については，市街地成熟度・飽和容積率・法定容積充足率の関係のモデル化について分析を進める．