

# 産業別従業者数の集積における鉄道駅及び都心からの距離減衰効果に関する分析

小西 純

## Analysis of the impact of station density and distance decay from the center of Tokyo on the industrial agglomeration of employees

Jun Konishi

This study aims to reveal the relationship between the agglomeration of employees in the "I - Wholesale and retail trade" and "P - Medical, health care and welfare" sectors and transport accessibility in the Tokyo metropolitan area.

This analysis consider MAUP. Using the grid square statistics of the Economic Census of 2016 and GIS, the results of aggregation in circles of 1 km, 1.5 km and 2 km radius are used to discuss the differences in analysis results by aggregation size. A multiple regression analysis will be conducted with the density of railroad stations, population density and distance from the center of Tokyo as explanatory variables and the density of employees as the objective variable.

The purpose of this study is to quantify the effect of station density and distance from the center of Tokyo on the agglomeration of employees.

**Keywords:** 移動窓法 (moving window method) ,地域メッシュ統計 (grid square statistics) , 重回帰分析 (multiple regression analysis)

### 1. はじめに

社会全体のデジタル化の推進は、感染症の流行を契機としてより一層重要性を増している。

2020年に12月に閣議決定された「デジタルガバメント実行計画」では、社会全体のデジタル化を進めるために、まずは国・地方の「行政」が、自らが担う行政サービスにおいて、デジタル技術やデータを活用して、新たな価値を創出することが述べられている。

感染症の流行とデジタル化推進下においては、GISとデータを利用した社会事象の空間的な分析の重要性は増し、証拠に基づく行政サービスの検討が積極的に行われていくと考えられる。

社会のデジタル化が進展するに従い、多くの産業、職種でオンライン化が実現していく一方で、全ての業務をオンライン化することが難しい、医療・福祉、農業、小売・販売、通信、公共交通機関など、日常

生活を支援するエッセンシャルワーカーが多い産業も存在する。

本稿では東京圏（埼玉県、千葉県、東京都（島嶼部を除く）、神奈川県）においてエッセンシャルワーカーが多い「I卸売業、小売業」、「P医療、福祉」の従業者の集積について、市区町村よりも小さい地域単位で編成されている地域メッシュ統計データを利用して、鉄道駅の密度、人口密度、都心からの距離、鉄道路線からの距離を説明変数、「I卸売業、小売業」、「P医療、福祉」の従業者密度を目的変数としてモデル化する。

本研究の目的は、従業者集積における鉄道駅数、駅及び都心からの距離、人口密度の影響について定量的に把握し、地域データを用いた回帰分析における分析地域単位、及び他の変数を一定にした（コントロールした）駅密度の効果の測定、について考察することである。

---

\* 正会員 (公財) 統計情報研究開発センター (Statistical Information institute for Consulting and Analysis)  
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町3-6 能楽書林ビル5F E-mail : [junkonishi@sinfonica.or.jp](mailto:junkonishi@sinfonica.or.jp)

### 1.1. 先行研究

郭 (2019) は、経済センサスの地域メッシュ統計を利用して、京阪神大都市圏を対象地域として飲食店の立地特性の変化の要因について検討するために回帰分析を行っている。具体的には店舗数と従業者規模を目的変数として、一般国道ダミー、鉄道駅数、SC面積、周辺の事業所数、周辺の夜間人口を説明変数として負の二項分布回帰分析を行っている。分析結果として、従業者規模の拡大傾向は複数の駅がある地域と大規模な SC にあることを明らかにしている。

Y. Song et al. (2012) は、ソウル都市圏における産業集積と交通アクセスの関係について 2005 年のデータを利用して分析している。ソウルの都市圏の拡大にもかかわらず CBD が依然として産業と交通システムの中心として機能していることを示し、産業集積と都市との強い関係があるとの仮説についてロジット分析を用いて分析している。交通ネットワークは一般的に産業集積と正の相関関係にあり、特にサービス業ではその傾向が強いことを示している。

中村・高塚 (2009) は、地方に位置する政令指定都市を除く県庁所在都市を対象として、平成 12 年の国勢調査と平成 11 年の商業統計を基準とした町丁目単位のデータセットを作成し、都市内における販売額の分布が人口分布も考慮に入れた都市の空間構造によってどのように説明されるかについてモデルを定式化し、その推定を試みている。推定されたパラメータを用いて、都市内交通の改善がもたらす影響とコンパクトシティ政策を念頭においた影響に関してシミュレーション分析を行い、都市のコンパクト化(集積)が中心部の活性化に寄与することを、小売販売額の点から示している。

### 1.2. 目的

平成 28 年経済センサスー活動調査による東京圏(埼玉県、千葉県、東京都(島嶼部を除く)、神奈川県)の「I 卸売業、小売業」と「P 医療、福祉」の従業者数の集積について、鉄道駅密度、人口密度、都心からの距離、鉄道路線からの距離を説明変数とし、地域メッシュ統計データを利用して重回帰分析する。集計地域単位を半径 1 km 1.5km, 2km の円とし分析

地域単位の違いによる分析結果の違いについて考察する。

本研究の目的は、従業者集積における鉄道駅数、駅及び都心からの距離の効果について定量的に把握することである。

### 1.3. 可変単位地区問題

地域研究では、公的統計データの都道府県別や市区町村別などの集計結果を利用した分析が多い。しかし、このような地域データを利用した分析については、集計された地域単位や分析する地域範囲のサイズで分析結果が異なる「可変単位地区問題」に注意する必要がある。地域分析においては、研究の目的に応じて分析地域単位と分析地域範囲を設定するが、地理情報を用いた分布図の作成や、各種の空間データ解析を行う際に、分析地域単位と分析地域範囲の違いが分析結果に違いをもたらすことがある。これらの分析単位によって結果が変わる問題は空間スケール問題といわれ、可変単位地区問題(MAUP: Modifiable Areal Unit Problem)のひとつとして知られている(Openshaw (1984), 中谷 (2015))。

可変単位地区問題には、分析地域単位問題や分析地域範囲問題のような空間スケール問題以外にゾーニング問題もある。ゾーニング問題とは、同じ程度のサイズの分析地域単位であっても、その分析地域単位の作り方(境界設定の仕方)によって分析結果が変わってしまうものである。本稿では回帰式の推定における集計地域単位別の決定係数について整理する。

## 2. 任意の分析地域単位における産業別従業者密度の算出

### 2.1. 利用データ

平成 28 年経済センサスー活動調査の地域メッシュ統計データ、平成 27 年国勢調査の地域メッシュ統計データ(共に 2 分の 1 地域区画別の編成結果)、国土数値情報の平 28 年度鉄道データを利用する。

本稿では、地域メッシュ統計データを地域メッシュ区画単位で利用するのではなく、GIS で各メッシュの重心点座標を算出して重心点ポイントデータを作成し、重心点上に当該メッシュの統計データを収

録して利用する。

分析対象地域は埼玉県，千葉県，東京都（島嶼部を除く），神奈川県と，全従業者数が20人未満のメッシュ重心点は分析から除外した。

### 3.2. 移動窓法

作成した重心点データを，空間データ分析手法のひとつである「移動窓法」により任意の地域範囲に集計して利用する。空間データはある地域では大きい値を示し，他の地域では小さい値を示すなど多くの場合において場所によって異なる特徴を示すが，移動窓法を利用することにより，場所による特徴の違いを把握することができる。

移動窓法は分析地域全域の一部を覆う領域を表し，この領域（あるいは「窓」）はある位置から他の位置に移動し，窓には円形か四角形が使われることが多い（本稿では円形を窓とした）。窓は分析範囲全体を規則正しいステップで動き，各場所で集計などの処理を実行するものとする(Lloyd,2010)。

### 2.3. 集計方法

従業者数，駅数については，各地域メッシュの図形重心点から半径1km，1.5km，2km（以下バンド幅という）の円（移動窓）を作成し，その窓内にある重心点の従業者数，駅数を集計し円の面積で割って密度を算出し，その結果を重心点に収録している（図1）。

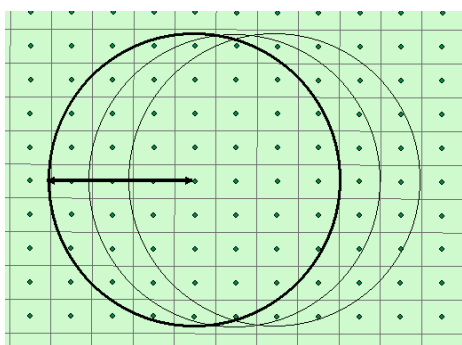


図1 メッシュの重心点と移動窓

### 2.4. 産業別従業者密度と鉄道路線

バンド幅1kmの移動窓ではその面積は約3.142km<sup>2</sup>となる。図2，図3は，東京圏におけるバンド幅1kmの移動窓による「I卸売業，小売業」と「P医療，福祉」従業者密度（人/km<sup>2</sup>）の分布である。図4に凡例を示す。

「I卸売業，小売業」従業者密度，「P医療，福祉」従業者密度ともに都心部における従業者密度が高く，都心から離れるほど従業者密度が低い傾向が見られるが，鉄道路線沿いでは郊外においても従業者密度の高い地域が分布している。また郊外の2以上の鉄道路線が乗り入れている乗換駅付近で従業者密度の高い地域が偏在している。

図5は駅密度と鉄道路線の分布である。都心部において駅密度が高く，郊外では複数路線が接続する乗換駅付近の重心点の駅密度が高い。

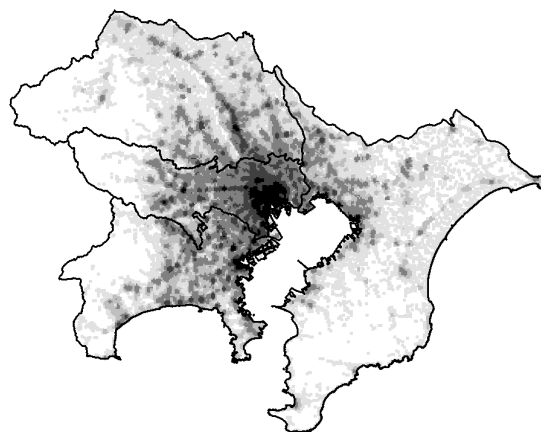


図2 「I卸売業，小売業」従業者密度の分布

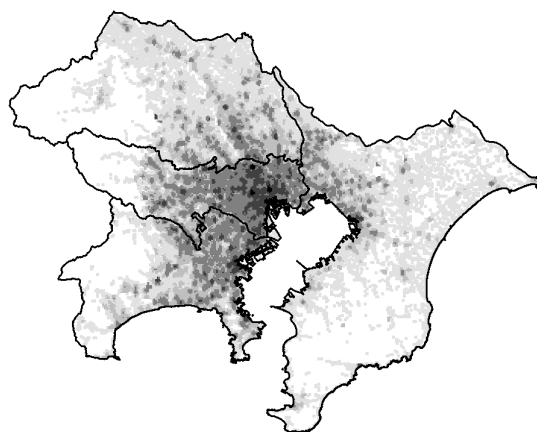


図3 「P医療，福祉」従業者密度の分布

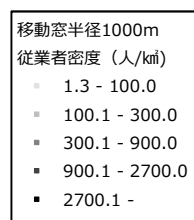


図4 従業者密度の凡例

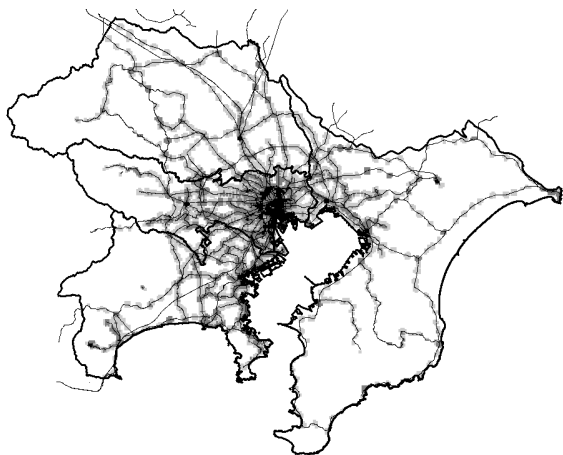


図5 駅密度と鉄道路線の分布

### 2.5. ランダム抽出点

移動窓法による集計では、図1のように隣接する分析地域単位ではほとんどの重心点が重複する。この影響を取り除いて任意の分析地域単位別の回帰分析を行うため、分析地域単位のサイズごとに空間的に互いに独立でランダムな点を作成した（以下、「ランダム抽出点」という）。

地域データは集計する位置によってデータ値の傾向が異なるため、多くのパターンについて東京圏における回帰係数の推定を行うことが望ましい。ランダム抽出点はバンド幅毎に100組作成した。

ランダム抽出点の作成に当たっては、以下の①~③の処理を1.5万回繰り返して行った。

- ①GISの乱数発生関数により任意の重心点を検索し、ランダム抽出点を示す符号を付与する。
  - ②ランダム抽出点を中心としてバンド幅を半径とするバッファを作成する。
  - ③バッファに重なる重心点にランダム抽出点のバッファ内であることを示す符号を付与する。
- 2回目以降も①~③の処理を行うが、新しいバッファ内に既存の符号が存在しない場合にのみ新たに符号を付与する。

図6~8 バンド幅1 km, 1.5 km, 2 kmのランダム抽出点の例である。

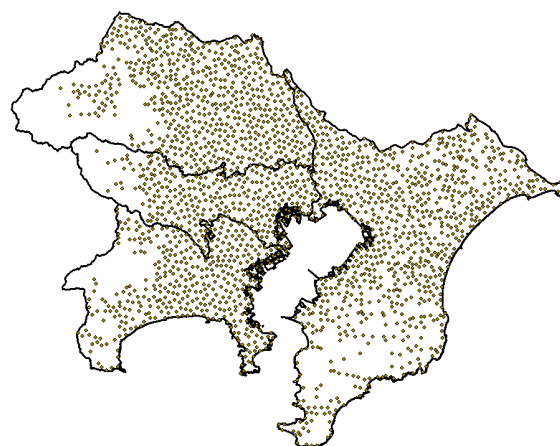


図6 ランダム抽出点 バンド幅1 km

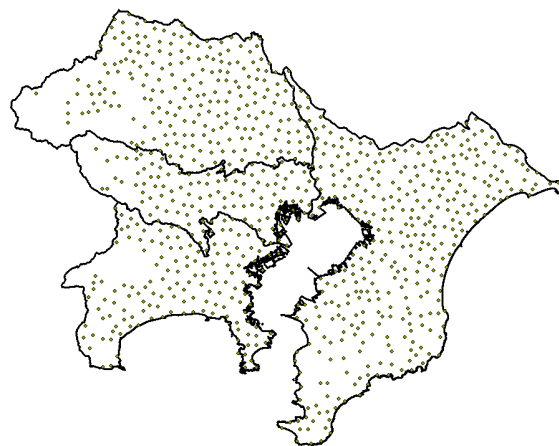


図7 ランダム抽出点 バンド幅1.5 km

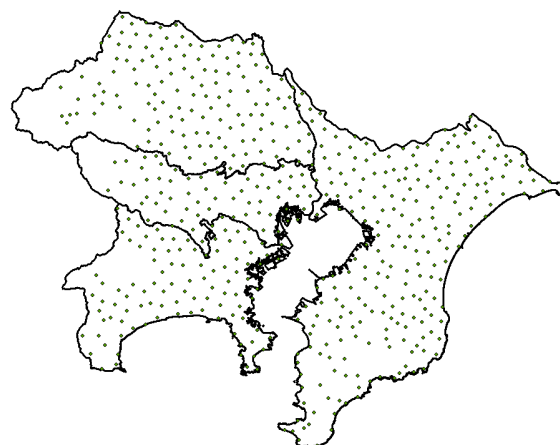


図8 ランダム抽出点 バンド幅2 km

### 2.6 目的変数と説明変数の相関分析

本項では、前項で示したランダム抽出点に重なる重心点のデータを用いて変数間の相関分析を行う。分析に利用する項目とその処理は以下の通りである。

る。

①「I 卸売業，小売業」従業者密度（人/km<sup>2</sup>）

平成 28 年経済センサスー活動調査の地域メッシュ統計のデータで，回帰分析では目的変数として利用する。集計地域単位は重心点から半径 1 km，1.5 km，2 km の円とし，それぞれの円に含まれる「I 卸売業，小売業」従業者数の集計結果を各面積で割って密度を算出する。分析にあたり対数変換を行った。

②「P 医療，福祉」従業者密度（人/km<sup>2</sup>）

平成 28 年経済センサスー活動調査の地域メッシュ統計のデータで，回帰分析では目的変数として利用する。集計地域単位は重心点から半径 1 km，1.5 km，2 km の円とし，それぞれの円に含まれる「P 医療，福祉」従業者数の集計結果を面積で除して密度を算出する。分析にあたり対数変換を行った。

③人口密度（人/km<sup>2</sup>）

平成 27 年国勢調査の地域メッシュ統計のデータで，回帰分析では説明変数として利用する。集計地域単位は重心点から半径 1 km，1.5 km，2 km の円とし，それぞれの円に含まれる駅数の集計結果を面積で除して密度を算出する。分析にあたり対数変換を行った。

④駅密度（駅/km<sup>2</sup>）

国土数値情報の平成 28 年度鉄道データの駅数を用い，回帰分析では説明変数として利用する。集計地域単位は重心点から半径 1 km，1.5 km，2 km の円とし，それぞれの円に含まれる駅数の集計結果を面積で除して密度を算出する。乗換駅で複数の鉄道路線が乗り入れている場合は重複して駅数を算出している。

⑤都心からの距離（km）

旧都庁跡地である東京国際フォーラムがある街区の中心点と各メッシュの重心点の距離を GIS で算出した。

⑥鉄道沿線ダミー

国土数値情報の平成 28 年度鉄道データの鉄道路線の線データから 1 km，1.5 km，2 km のバッファを作成し，バッファに含まれる重心点に「1」，バッファに含まれない重心点に「0」を収録した。

図 9 に①「I 卸売業，小売業」従業者密度，③人口密度，④駅密度，⑤都心からの距離の散布図を示す。同じ変数がクロスする箇所に当該変数のヒストグラムが表示される。①「I 卸売業，小売業」従業者密度，③人口密度は対数変換を行っている。

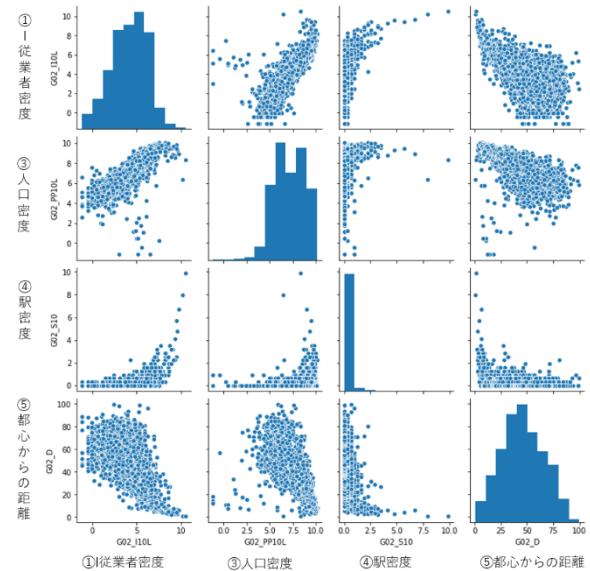


図 9 ①，③，④，⑤の散布図（バンド幅 1 km）

表 1 目的変数と説明変数の相関係数

①「I 卸売業，小売業」従業者密度			
バンド幅	1 km	1.5 km	2 km
③人口密度	0.789	0.868	0.889
④駅密度	0.457	0.475	0.518
⑤都心からの距離	-0.618	-0.654	-0.657
抽出点数	2113	848	540
②「P 医療，福祉」従業者密度			
バンド幅	1 km	1.5 km	2 km
③人口密度	0.817	0.873	0.888
④駅密度	0.379	0.404	0.467
⑤都心からの距離	-0.550	-0.607	-0.619
抽出点数	2113	848	540

表 1 に各集計地域単位における目的変数（①「I 卸売業，小売業」従業者密度，②「P 医療，福祉」従業者密度）と説明変数（③人口密度，④駅密度，⑤都心からの距離）との相関係数を示す。①「I 卸売業，小売業」，②「P 医療，福祉」ともに③人口密度，④駅密度と正の相関関係があり，⑤都心からの距離とは負の相関関係がある。つまり，人口密度，駅密度が高いほど従業者密度が高く，都心から

離れるほど従業者密度が低くなる傾向がある。

移動窓のサイズ別に見ると、①「I 卸売業，小売業」，②「P 医療，福祉」ともに移動窓が大きいほど相関係数が高い。

産業別の傾向を見ると、①「I 卸売業，小売業」の従業者密度は④駅密度，⑤都心からの距離との相関係数が高く，②「P 医療，福祉」従業者密度は③人口密度との相関係数が高い。

### 3 重回帰分析による従業者密度の推定

#### 3.1 単回帰分析

2.5 項で示したバンド幅 1 km のランダム抽出点に重なる重心点を用いて最小二乗法で「I 卸売業，小売業」従業者密度を目的変数，駅密度を説明変数として回帰方程式を計算すると(1)式のように表せる。

$$Y = 3.658 + 1.783 X \quad (1)$$

ただし、Y：「I 卸売業，小売業」従業者密度（対数変換），X：駅密度

この式は、駅密度が1増えたときに「I 卸売業，小売業」従業者数密度が1.7831増えることを示しているが、Yは対数変換しているため、駅密度が1増えたときに従業者密度が178%増えることを示す。

しかし、駅があることは「I 卸売業，小売業」従業者が集積することの側面の1つに過ぎず、同じ駅数でも従業者密度が異なることはあり得る。このため、(1)は全ての地域において厳密に成立するものではなく、母集団の分析地域単位で平均的に成立する関係を表すものとする。この式をそれぞれの地域で成立するように考えるためには、地域の固有の要因を組み入れる必要があるが、それらをすべて「その他の要因」として*i*番目の「I 卸売業，小売業」従業者密度を $Y_i$ ，駅密度を $X_i$ ，「その他の要因」によるばらつきを $u_i$ として(1)式を次のように表す。

$$Y_i = 3.658 + 1.783 X_i + u_i (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

この式をより一般的な形にして表現すると、

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + u_i (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

と表され、この式はそれぞれの重心点  $i = 1, 2, \dots, n$  について成り立つ。ここで、 $\beta_0$ は切片， $\beta_1$ は傾きを表す。このモデルを母回帰方程式と呼び、 $\beta_0, \beta_1$ を母回帰係数という。これは母集団の値であるから一般にはわからないが、これについて推定，検定するのが回帰分析である。 $u_i$ は誤差項と呼ばれる。

#### 3.2 除外された変数のバイアス

(2)式から駅の密度が高い地域は「I 卸売業，小売業」従業者が集積する傾向にあることが示されるが、駅密度だけではなく、他の要因もあって従業者が集積しているのかもしれないと考えることもできる。例えば、その地域の人口密度が高く、顧客となりうる住民が多いため小売業事業所が多く立地し、「I 卸売業，小売業」従業者密度が高くなることも考えられる。このように分析から除外されている要因があると、この推定量にはバイアスが発生する。この変数が除外されることによるバイアスがある場合に、除外された変数を説明変数として回帰モデルに追加し、ある説明変数（駅密度）の効果を、他の変数（人口密度など）のコントロールの下で推計できる。

除外された変数のバイアスが生じるのは、次の2つの条件が成り立つ場合である。

(1) 除外された変数が、すでに含まれている説明変数と相関があること、(2) 除外された変数が目的変数の被説明変数の決定要因であること

(ストック, J. H. and ワトソン, M. W (2016))。

表2は④駅密度と③人口密度，⑤都心からの距離との相関係数をバンド幅別に表したものである。

表2 ④駅密度と他の変数との相関係数

バンド幅	④駅密度		
	1 km	1.5 km	2 km
③人口密度	0.320	0.372	0.465
⑤都心からの距離	-0.340	-0.388	-0.450

条件 (1) については、表2から、④駅密度と③人口密度，⑤都心からの距離との間には、前者とは正の、後者とは負の相関関係がある。

条件 (2) については、③の人口密度はその地域に居住している人が多ければ顧客となり得るので小売

業事業所数の立地を促進し、「I卸売業、小売業」の従業者密度を高める要因になり得ること、⑤「都心からの距離」が小さい（都心に近い）地域は、昼間人口が多いことから、③と同様に「I卸売業、小売業」従業者数の密度を高める要因となり得る。

### 3.3 重回帰モデル

重回帰モデルは 3.1 項の単回帰モデルを拡張し、別の変数を説明変数として追加する。このモデルでは、ある変数 $X_{1i}$ の $Y_i$ への影響を、他の説明変数を一定とした下で推定できる。例えば、人口密度や都心からの距離を一定とした地域における駅密度増加の影響を推計することができる。

1つの説明変数の場合と同じく、 $X_{1i}$ 、 $X_{2i}$ ... $X_{ki}$ 以外の決定要因は誤差項 $u_i$ として考慮される。この誤差項はある特定の観測値と母集団の平均的な関係式との乖離を表し、母集団の重回帰モデルは次のように表せる。

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$Y_i$ は目的変数の第*i*番目の観測値、 $X_{1i}$ 、 $X_{2i}$ ... $X_{ki}$ は、*k*個の説明変数それぞれの第*i*番目の観測値、そして $u_i$ は誤差項である。

集団の重回帰モデルの未知の係数 $\beta_0$ ... $\beta_k$ は最小二乗法を使って推定できる。

### 3.4. 「I卸売業、小売業」従業者密度の重回帰分析

バンド幅 1 kmの重心点において、「I卸売業、小売業」従業者密度を目的変数、③人口密度、④駅密度、⑤都心からの距離、⑥沿線ダミーを説明変数として重回帰モデルを推定した（(5)式）。

$$Y_i = 0.801 + 0.599X_{1i} + 0.533X_{2i} - 0.028X_{3i} + 0.571X_{4i} + u_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

ただし $X_{1i}$ ：人口密度、 $X_{2i}$ ：駅密度、 $X_{3i}$ ：都心からの距離、 $X_{4i}$ ：鉄道沿線ダミー（鉄道沿線から 1 km内は 1、それ以外は 0 とする）

この結果重回帰モデルは次のように解釈できる。駅密度が 1 増加すると従業者密度は 53%増加し、人

口密度が 1 %増加すると従業者密度が 0.6%増加し、都心からの距離が 1 km増加すると、従業者密度が 2.8%減少し、鉄道路線から 1 km内の地域はそれ以外の地域よりも従業者密度が 57%多い。

「I卸売業、小売業」従業者密度に与える影響は、単回帰モデルの係数 1.783 と比較して 0.533 と約 3分の1になっており、単回帰モデルでは駅密度が 1 上がることで従業者密度は 178%増加すると推定されたが、重回帰モデルでは 53%の増加と推定された。

重回帰モデルによる分析の利点は、駅密度増加の効果について、定量的な推定値を示すことができること、説明変数のうち駅密度の増加以外のその他の要因についてコントロールする場合にも使える、ということが挙げられる。

### 3.5. 決定係数と検定

回帰の $R^2$ とは $Y_i$ の変動のうち $X_i$ の回帰方程式で説明できる変動の割合である。重回帰分析においては説明変数が追加されれば、 $R^2$ は上昇する。新しい変数が追加されることで大きくなるため、 $R^2$ が増加しても変数の追加によって本当のモデルの当てはまりがよくなったか明らかでない。この問題に対応するのが、修正済み $R^2$ である。

「I卸売業、小売業」従業者密度の回帰分析においては、単回帰モデルの決定係数が 0.208 であったのに対して、重回帰モデルの決定係数は 0.726 となり上昇している。

係数の推定には誤差が伴うためその大きさについて考慮する必要がある。係数が 0 になってしまうと、その説明変数が目的変数に影響を与えていないと解釈できるため、推定結果を解釈する上で重要である。この判断基準について、*t*値による仮説検定を行う。バンド幅 1 kmの係数は全て 5%水準で帰無仮説を棄却できることから、各説明変数は目的変数に影響を与えていると統計的に見なすことができる。

重回帰分析では各係数の検定のみならず全ての係数が同時に 0 になるという複合仮説を検定するために、*F*値による検定を行う。この*F*検定による*p*値は 1 %水準で有意であるため、帰無仮説は棄却される。

表3 分析地域単位別の産業別従業者密度の重回帰分析結果

① 「I 卸売業、小売業」従業者密度			
バンド幅	1 km	1.5 km	2 km
切片(p 値) (標準誤差)	0.8009(0.018) (0.146)	-0.4446(0.550) (0.744)	-1.1092(0.357) (1.204)
③人口密度(p 値) (標準誤差)	0.5991(0.000) (0.016)	0.7460(0.000) (0.078)	0.8148(0.000) (0.127)
④駅密度(p 値) (標準誤差)	0.5332(0.000) (0.051)	0.5778(0.000) (0.058)	0.5126(0.000) (0.079)
⑤都心からの距離(p 値) (標準誤差)	-0.0275(0.000) (0.001)	-0.0201(0.000) (0.005)	-0.0171(0.034) (0.008)
⑥沿線ダミー(p 値) (標準誤差)	0.5709(0.000) (0.058)	0.4292(0.001) (0.126)	0.4532(0.034) (0.139)
抽出点数	2113	848	540
決定係数 R <sup>2</sup>	0.726	0.807	0.824
修正済み R <sup>2</sup>	0.726	0.806	0.822
F 値	1670	1137	778.2
P 値	0.00	0.00	0.00
② 「P 医療、福祉」従業者密度			
バンド幅	1 km	1.5 km	2 km
切片(p 値) (標準誤差)	-1.0299(0.000) (0.232)	-1.6757(0.000) (0.480)	-1.9398(0.015) (0.796)
③人口密度(p 値) (標準誤差)	0.7634(0.000) (0.025)	0.8545(0.000) (0.050)	0.8847(0.000) (0.086)
④駅密度(p 値) (標準誤差)	0.3171(0.000) (0.039)	0.2899(0.000) (0.041)	0.2533(0.000) (0.058)
⑤都心からの距離(p 値) (標準誤差)	-0.0181(0.000) (0.001)	-0.0133(0.000) (0.003)	-0.0102(0.052) (0.005)
⑥沿線ダミー(p 値) (標準誤差)	0.3026(0.000) (0.058)	0.1612(0.121) (0.104)	0.0977(0.441) (0.127)
抽出点数	2113	848	540
決定係数 R <sup>2</sup>	0.705	0.780	0.798
修正済み R <sup>2</sup>	0.704	0.779	0.796
F 値	1396	885.7	660.5
p 値	0.00	0.00	0.00

分析は python のモジュール statmodels を使用し、不均一分散に対して頑健な推定を行った。

### 3.6 バンド幅別の重回帰分析

バンド幅 1 km, 1.5 km, 2 km について①「I 卸売業、小売業」従業者密度を目的変数、③人口密度、④駅密度、⑤都心からの距離、⑥沿線ダミーを説明変数として重回帰分析を行うと、バンド幅 1.5 km, 2 km と分析地域単位が大きくなると、決定係数 R<sup>2</sup> は 0.807, 0.824 と大きくなりモデルの当てはまりはよくなるが、t 検定の結果から切片の p 値が共に 10% 水準でも棄却できず、重回帰分析の結果が不安定である。バンド幅が大きくなると人口密度の係数が大きくなっており、分析地域単位が大きくなることによって駅密度と人口密度の影響が混在していると考

えられる。

### 3.7 産業別従業者密度の重回帰分析

②「P 医療、福祉」従業者密度について同様の説明変数を用いて重回帰分析を行った結果を見ると(表3)、バンド幅 1.5 km, 2 km では⑥沿線ダミーの p 値が 10% 水準で棄却できず不安定な結果となっている。バンド幅 1 km の係数について解釈すると、駅密度が 1 増加すると、従業者密度は 32% 増加し、人口密度が 1% 増加すると従業者密度が 0.8% 増加し、都心からの距離が 1 km 増加すると、従業者密度が 2% 減少し、鉄道路線から 1 km 内の地域はそれ以外の地域よりも従業者密度が 30% 多い、と解釈できる。「I



卸売業、小売業」従業者密度と比較して「P 医療、福祉」従業者密度は駅密度の影響が小さく、人口密度の影響が高いといえる。

## 4. おわりに

### 4.1. まとめ

本稿では、今後のデジタル化社会においても対面による業務が求められる「I 卸売業、小売業」、「P 医療、福祉」従業者の集積について、人口密度、駅密度、都心からの距離、鉄道沿線からの距離を説明変数として重回帰分析を行った。分析では、複数の説明変数を用いた重回帰分析を行うことにより、従業者の集積に影響を及ぼす変数の係数について定量的に把握し、人口密度、都心からの距離、鉄道沿線からの距離をコントロールの下、駅密度の従業者集積に対する影響について把握した。

可変単位地区問題を考慮して移動窓のバンド幅を 1 km, 1.5 km, 2 km として分析地域単位を変えて分析を行ったところ、バンド幅が大きくなるほど決定係数が大きくなることが確認できたが、本研究では駅密度や鉄道路線からの距離を説明変数として採用しているため、その影響圏を適切に測ることができない大きな分析地域単位では、説明変数の係数の推定が不安定になることを示した。

また、目的変数として「I 卸売業、小売業」、「P 医療、福祉」の従業者密度を採用し、同様の分析を行うことで、影響の大きい変数は産業によって異なり、「I 卸売業、小売業」の集積の方がより駅密度の影響を受けることが明らかにした。

### 4.2. 今後の課題

今回はアクセシビリティの指標として鉄道データのみを利用したが、自動車利用による移動など鉄道以外の利便性に関する説明変数を追加した重回帰分析を行うことが課題として考えられる。

また、分析地域単位の抽出においては、ランダム抽出点の 1 パターンのみの分析を行ったが、可変単位地区問題のうちゾーニング問題が回帰分析に与える影響について把握するために複数のパターンのランダム抽出点についても回帰係数の推定や検定を行い、分析の頑健性について考察を行う必要がある。

## 参考文献

- 郭凱鴻 (2019) 2000 年代以降の外食産業再編期における飲食店の立地特性変化—京阪神大都市圏を事例とした小地域分析—, 地理科学 vol. 74 no. 4 218-234
- ストック, J. H. and ワトソン, M.W. 原著, 宮尾龍蔵訳 (2016) 『入門計量経済学』, 共立出版
- 中谷友樹 (2015) . 「空間分析におけるスケール」『地理情報科学 GIS スタンダード』 浅見泰司, 矢野佳司, 貞広幸雄, 湯田ミノリ編, 古今書院.
- 中村良平・高塚創 (2009) 都市の空間構造と小売り販売額の分布—NEG ポテンシャルモデルによる分析—, RIETI Discussion Paper Series 09-J-022
- Lloyd, C.D.(2010) *Spatial Data Analysis : An Introduction for GIS Users*, Oxford University Press.
- Stan Openshaw (1984). The Modifiable Areal Unit Problem, 38, GeoBooks.
- Yena Song • Keumsook Lee • William P. Anderson • T. R. Lakshmanan (2012), Industrial agglomeration and transport accessibility in metropolitan Seoul, J Geogr Syst, 14:299-318