

# 始業時刻選択モデルの構造推定

小林 渉<sup>1</sup>・柳沼 秀樹<sup>2</sup>・岩倉 成志<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 芝浦工業大学大学院 理工学研究科 (〒 135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail: na17103@shibaura-it.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京理科大学 講師 理工学部土木工学科 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 芝浦工業大学 教授 工学部土木工学科 (〒 135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail: iwakura@sic.shibaura-it.ac.jp

首都圏における朝ラッシュ時間帯の慢性的な混雑・遅延問題解決に向けて、企業の始業時刻を平準化する TDM 施策が検討されている。本研究では、TDM 施策評価を念頭に企業間の戦略的な相互関係を考慮した始業時刻選択モデルを構築した。具体的には、ゲーム理論の枠組みを基本として、各地域に立地する企業が 30 分ごとに区切った 7 つの時間帯を選択するものとし、地域間の経済的な空間および時間に関する近接性を表現した集積変数を導入した。また、自地域の始業時刻選択が他地域の選択に依存する相互関係、すなわち内生性を有しているため、疑似最尤法に基づく構造推定手法を適用した。その結果、集積を示すパラメータは都心部よりも郊外部で大きく、都心部の始業時刻決定には他地域の始業時刻が影響しないが、郊外部では都心部の始業時刻に影響される非対称な相互作用の構造が明らかになった。

**Key Words:** *Structural estimation, Work start time choice, Discrete choice model, TDM*

## 1. はじめに

首都圏の都市鉄道における朝の通勤時間帯の混雑および遅延問題の解決は急務である。問題解決に向けた対策には、供給側である鉄道事業者と需要側である鉄道利用者およびその雇用者である企業に働きかける対策がある。供給側の対策には、列車速度の向上や複々線化、保安設備の改良など線路容量を向上させるものがある。東京圏においては、今日までに供給施策が重点的に進められてきたが、財政面などの各種制約からこれ以上の投資は困難な状況にある。一方、需要側の対策には、オフピーク通勤や時間帯別課金などの乗車時間帯を分散させる TDM 施策 (Travel Demand Management) が挙げられ、通勤利用者を直接コントロールすることで需要の平準化を目指すものである。しかしながら、混雑が激しい朝ピークの通勤トリップは、通勤先である企業の始業時刻に大きく依存しており、当該利用者に対する TDM 施策の効果は限定的であると懸念される。よって、最混雑時である朝ピークの混雑解消に向けた TDM 施策を検討するためには、通勤トリップの根源である企業の始業時刻に対するアプローチが必須である。

ここで企業の始業時刻に関して、第 11 回大都市交通センサス (2010 年 10 月に実施) から得られた東京圏の市区町村別始業時刻を見ると、東京 23 区のうち中心部である都心 3 区、副都心 3 区ならびに外縁部の区では、中心部の方が始業時刻が遅い傾向が見られた<sup>1)</sup>。これは、郊外部から 23 区中心部と外縁部へ通勤する利用者の鉄

道利用時間帯が重複し、現状の列車混雑・遅延問題を悪化させている可能性を示唆している。そのため、始業時刻に対して何らかの TDM 施策を行うことにより、始業時刻の変更と連動して通勤時間帯が変化し、最混雑時の列車混雑と遅延緩和が期待される。

企業の始業時刻と交通混雑に関する既往研究は多くはない。先駆的な研究として Henderson<sup>2)</sup> は、企業は関係する他企業と就業時間を重ねることで生産性の向上をもたらす「時間集積性の経済」を提唱している。これは、集積の経済を時間について拡張した概念であると言えよう。東京圏においては、先述の大都市交通センサスの結果からも時間集積性が働いていると考えられる。さらに、始業時刻分布が空間的にも異なることを踏まえれば、時間と空間の両方の集積の経済の結果として始業時刻が決定されていると推察される。これは、特定の地域や企業に対して始業時間帯別課金を実施した場合、時空間的な集積の経済が働くことにより、関連する他地域の企業も同調して始業時刻を変化させる可能性を意味しており、例えば、都心三区に対する限定的な政策介入であっても、企業間の相互関係により間接的に始業時刻の変更が波及すると考えられる。

以上を踏まえて、本研究では、企業の始業時刻変更を念頭に置いた TDM 施策の検討に向けて、時空間的な集積性を考慮した始業時刻選択モデルを構築する。また、ケーススタディとして、東京圏を対象にモデルパラメータの試算を行い、提案した方法の妥当性につい

ても検討する。

## 2. 既往研究の整理

企業の始業時刻と交通混雑に関連する先駆的な研究として Henderson<sup>2)</sup> が挙げられる。ここでは、企業の始業時刻と交通混雑を同時に考慮した時差出勤制度の効果を初めて検証している。そこでは、始業時刻と生産性の関係をモデル化されており、企業間の就業時間が重なることによる生産性向上を示す「時間集積の経済」が提唱されている。実際に原田ら<sup>3)</sup> は、東京の上場企業に対する始業時刻の決定理由に関するアンケートより、時間集積性が始業時刻に与える影響を確認している。具体的には、複数の企業において社外（取引先）との関係（50%）や、顧客サービスとの関係（35%）により始業時刻の決定している企業が多く、関連会社と就業時間を重ねるように始業時刻を決定していることが示された。

Henderson の枠組みを参考に多くの始業時刻を扱う研究が行われている。佐藤・赤松<sup>4)</sup> は Henderson のモデルを基に、住宅地区と CBD が単一の道路で結ばれた都市を想定し、唯一の経路上に存在するボトルネック渋滞を考慮した始業・出発時刻均衡モデルを構築している。そこでは、始業時刻が 1 点に集中する場合と、分散する場合、同時に発生する場合の複数の均衡状態があることが確認された。奥村・水野<sup>5)</sup> は PT 調査の個票データを用いて、入社・退社時刻モデルを構築している。また企業の労働時間帯決定モデルを時間集積性の指標を含めて構築しているが、定式化にとどまっておらず、具体的な変数を導入したモデルの推定は行われていない。文・米川<sup>6)</sup> は通勤者の通勤行動と企業の生産活動をモデル化し、フレックスタイム制導入に関する企業行動を分析する均衡モデルを構築している。そこでは、固定始業とフレックスタイム制度の最適採用企業数がシミュレーションより求められている。高山<sup>7)</sup> は、これら従来研究の課題として、均衡状態の安定性が未確認である点を挙げている。そしてボトルネック渋滞と離散的な始業時刻が表現可能な始業・出発時刻均衡モデルを構築し、均衡状態の一般特性を明らかにしている。柳沼・岩倉<sup>8)</sup> は東京圏に存在する法人の取引データ等を用い、ゲーム理論を援用して企業をプレイヤーとする始業時刻決定モデルの構築を行っている。30 社を抽出し非営利法人に対し時間帯別課金を行ったシミュレーションでは、始業時刻が分散していく様子を確認している。ただし、利潤関数の時間集積を示す変数が統計的に有意でない点やシミュレーションする企業数が少ない点が課題としてある。

他者との間で戦略的行動を表現した研究として、

Aguirregabiria<sup>9)</sup> がある。ここでは、市場参入モデルに例に挙げ、市場の大きさや参入している企業数に応じて市場への参入確率を定式化しており、構造推定によるパラメータ推定手法を示している。

以上の研究を整理すると、始業時刻の決定行動のモデル化は行われているものの、理論的な定式化にとどまっているものや、始業時刻と混雑を一体的に取り扱ったものは、単一の OD ペアによる仮想空間上のモデル構築が多い。また、始業時刻の決定行動において、就業時間を重ねることによる時間集積性は確認できているが、自社と他社との空間的な近接性が始業時刻選択へ与える議論はされていない。しかし実際の通勤者の行動は、OD ペアやボトルネック箇所が複数存在していること、通勤者の始業時刻は地域ごとの産業特性等により異なっていること、始業時刻決定には時空間的な集積性が働いていることが考えられ、実データを用いた始業時刻選択行動のモデル化を行う必要性は高いと考える。

実際に実データを用いて個々の企業間の時間集積性を考慮した始業時刻選択モデルを構築する場合に以下の問題点が発生する。

- すべての企業の売上データが公開されていない。
- 企業の取引先情報が不明確であり、取引関係を示すネットワークの構築が十分に行えない。
- 企業数が莫大であり、計算コストが高い。

以上の制約より、個々の企業を主体として実データを用いた始業時刻選択モデルの構築は容易ではない。そこで、個々の企業を集約した市区町村を意思決定主体として始業時刻選択をする場合を考える。ゲーム理論の枠組みに基づくと、市区町村を域内に属する個々の企業の集計値とみることが可能である。

本研究では、東京圏という実空間を対象として、始業時刻に対する政策介入の効果を定量的に計測することを念頭に置いた、始業時刻選択モデルの構築を行う。具体的には、ゲーム理論による枠組みに基づき、集計単位を個々の企業ではなく企業の集合体としての地域を 1 単位として、地域間の時空間的な集積性に基づく相互作用を考慮したモデルを構築する。また、このモデルは各プレイヤーの利得関数に他地域の始業時刻の割合が入れ子になるモデルを想定しているため、構造推定を用いてパラメータを推定していく。

## 3. データ概要

### (1) 使用データ

#### a) 大都市交通センサス

まず 2010 年実施の第 11 回大都市交通センサスから、各市区町村の始業時刻を抽出する。始業時刻は以下の

条件を満たすサンプルを対象とする。

- 乗車時刻，降車時刻，始業時刻，イグレス所要時間が明確である。
- 1 回目の移動が定期利用かつ通勤目的である。
- 目的地が明確であり，かつ自宅から出発している。

以上の条件を満たした 101,752 サンプルを拡大した 4,661,364 人を分析に用いる。その中で，東京 23 区に通勤しているのは 3,312,882 人であった。なお，自宅から出発している条件を加えた理由は，本研究が「自宅から勤務先に通勤する」という日々の習慣的な行動を扱うためである。

**b) 産業連関表**

本研究では，大都市交通センサスの調査範囲である 1 都 3 県と茨城県が，2011 年にそれぞれ公表した産業連関表を用いる。具体的には投入係数表（統合大分類）を用いる。投入係数とは，ある産業で 1 単位の生産を行うために必要な原材料等の単位を示したものである。

例として東京都の製造業，情報通信業，金融・保険業への投入係数を図-1 に示す。製造業であれば製造業，情報通信業であれば他産業である不動産業や製造業で生産された原料を用いて生産活動を行っている。産業間の取引関係を比率により示すことで，産業の集積関係のある地域の抽出ができる。

**c) 経済センサス**

本研究では，2012 年経済センサス活動調査<sup>10)</sup>の結果を用いる。具体的には「企業産業（大分類），単一・複数（2 区分）別企業等数，事業所数，従業者数，売上（収入）金額，費用，付加価値額及び設備投資額—市区町村」のデータを用いる。経済センサスでは産業を 17 種類に分類しているが，産業連関表の 13 分類と対応させるため，企業産業大分類の「L 学術研究，専門・技術サービス業」から「R サービス業（他に分類されないもの）」までを合計してサービス業として分析を行っている。

**(2) 基礎集計結果**

まず始業時刻に関する集計を行う。図-2 は千代田区と町田市の始業時刻分布を示している。町田市の始業時刻分布は 8:00-8:29 から立ち上がり，8:30-8:59 にピークとなるのに対し，千代田区の始業時刻分布のピークは 9:00-9:29 である。始業時刻分布は地域間で異なっていることが考えられるため，空間的な広がりについて確認する。大都市交通センサスから抽出したサンプルを用いて，地域ごとの時間帯別始業割合を示したものが図-3 から図-6 である。これは各市区町村の始業時刻について，7:30~10:30 まで 30 分間隔に 7 分類したときの 8:00-8:29，8:30-8:59，9:00-9:29，9:30-9:59 に始業する割合である。集計したサンプルは，大都市交通センサスの調査範囲のうち，始業時刻のサンプルの少な

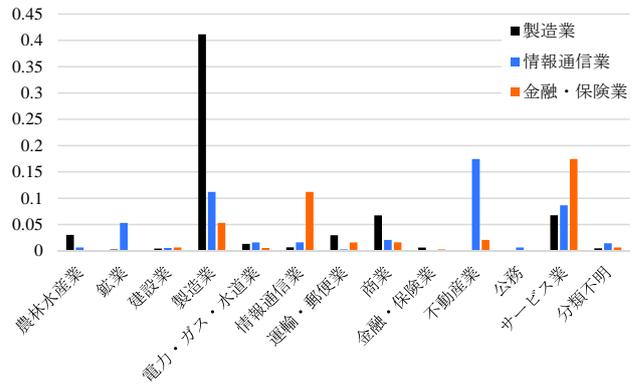


図-1 投入係数例（東京都）

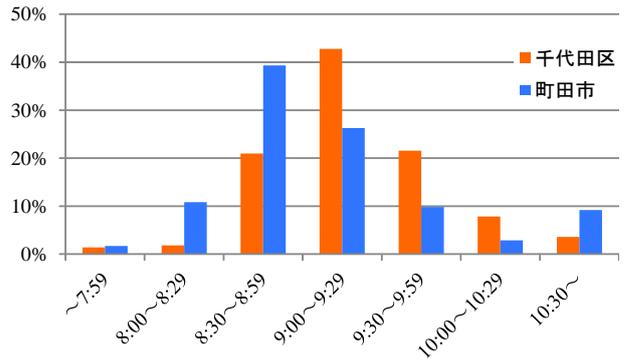


図-2 千代田区と町田市の始業時刻分布

い自治体を除外した 143 市区町村である。

始業時刻のピークは 8:30 から 9:29 の間である地域が多い。時刻順に見ると，8:00 過ぎにあたる図-3 では，郊外の一部地域の始業割合が 20%を超えている。図-4 の時間帯になると多くの地域で始業割合が 20%を超えている。特に郊外部では 40%を超えている地域も散見される。9:00 を過ぎた頃になると（図-5 参照），都心 3 区や副都心 3 区で始業のピークを迎える。都心部は図-6 のように他地域がほとんど始業した後になってもなお始業している様子が確認できる。このように始業割合を東京圏全体で見ると，郊外部ほど始業時刻の立ち上がりが早く，都心の中心部に向かうにつれてピークが遅くなっている。また，隣接する地域間に着目すると，始業割合が類似している。つまり，空間的な視点から見た始業時刻の特徴として，近隣の自治体と始業時刻を揃える傾向と，都心部に向けて始業時刻が遅くなっていく傾向の 2 点が考えられる。

続いて，産業分布と始業時刻に関する集計結果を示す。産業分布に関しては様々な示し方があるが，本研究では収入額に対する割合を指す。経済センサスより，全産業総収入額に対する産業別割合を図-7 に示す。ここでは中央区と港区，日野市を例に取り上げる。中央区と隣接する港区の産業分布は商業やサービス業に偏っており類似している。一方で日野市は製造業の割合が突出している。これらの地域の始業時刻を示したもの

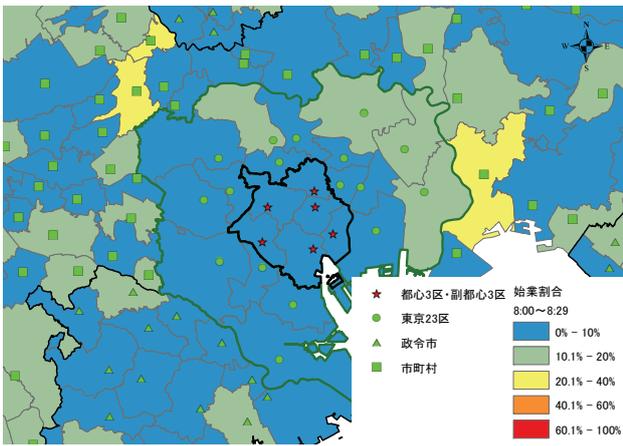


図-3 8:00-8:29 の始業割合

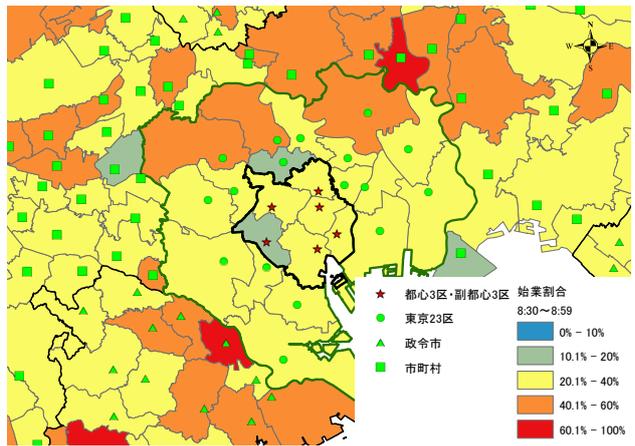


図-4 8:30-8:59 の始業割合

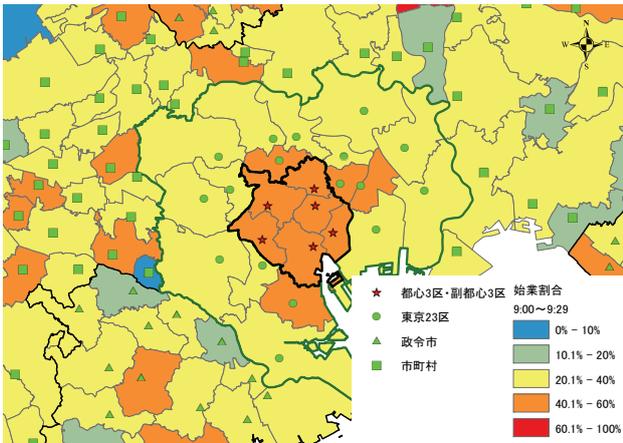


図-5 9:00-9:29 の始業割合

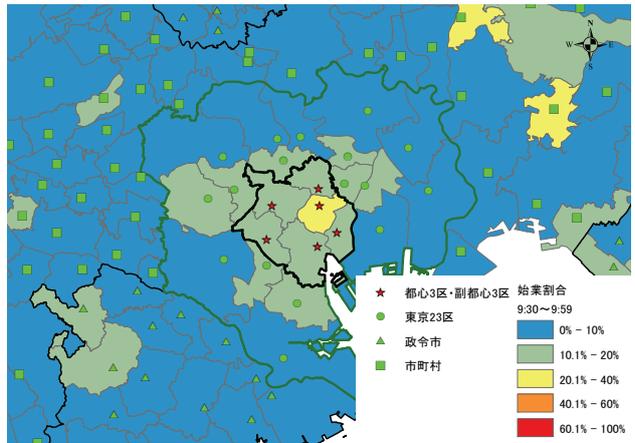


図-6 9:30-9:59 の始業割合

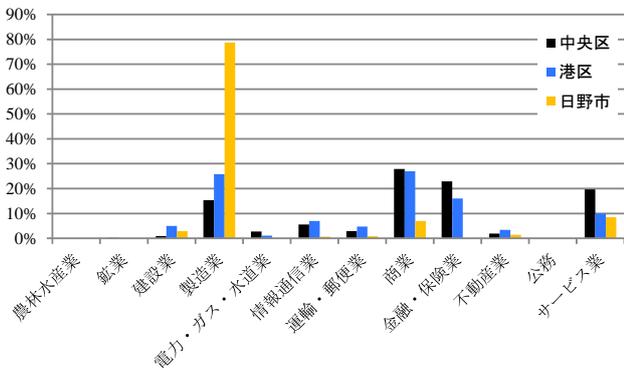


図-7 中央区，港区，日野市の産業分布

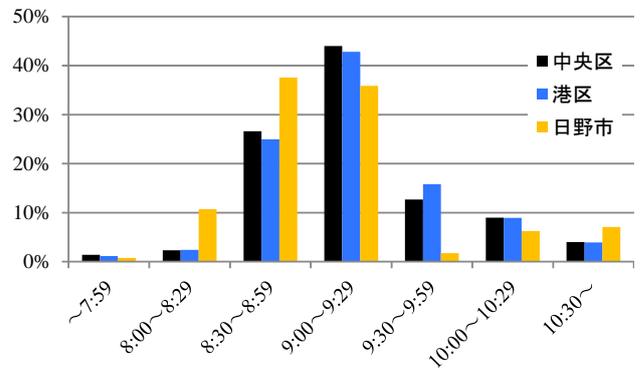


図-8 中央区，港区，日野市の始業時刻分布

が図-8である。中央区と港区の産業分布同様に始業時刻分布も類似しているが、日野市の始業時刻分布はやや早めにシフトしている。このように産業分布と始業時刻との間にも関係性が伺える結果となった。

以上をまとめると、自地域の始業時刻決定に影響する要因として、周辺自治体の始業時刻分布のような空間的な近接性と、自地域と他地域の産業分布の近接性が考えられる。次章以降のモデル構築の際には、これらの点を考慮したモデル構築を試みる。

#### 4. 始業時刻選択モデルの構築

##### (1) 始業時刻選択モデルの基本的な考え方

本研究では利得最大化を仮定し、各市区町村の始業時刻 7:30~10:30 までを 30 分間隔で離散化した 7 選択肢の始業時刻選択行動のモデル化を行う。具体的には地域別時間帯別の利得関数を構築し、その中に時間集積を表す変数を導入することで、地域間の相互作用を考慮した始業時刻選択行動を表現する。

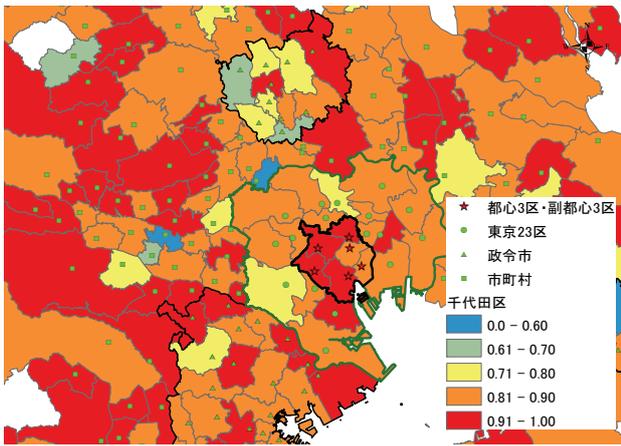


図-9 千代田区との経済的近接性

地域  $i$  に属する企業が始業時刻  $t$  に始業する割合  $p_{it}$  は式 (1) のようなロジット型 (誤差項は独立かつ同一なガンベル分布を仮定) の式とし、始業時刻別の利得関数  $\pi_{it}$  として以下式 (2) を構築する。

$$p_{it} = \frac{\exp(\pi_{it})}{\sum_{i=1}^7 \exp(\pi_{it})} \quad (1)$$

$$\pi_{it} = \alpha K_i L_{it} + \beta I_{it} \quad (2)$$

ここで  $K_i$  は地域  $i$  の資本、 $L_{it}$  は地域  $i$  の時刻  $t$  における労働、 $I_{it}$  は時間集積を表す変数、 $\alpha, \beta$  はパラメータである。式 (2) はコブ=ダグラス型を基本とした関数に時間集積項を加えた構造としている。

労働の項  $L_{it}$  に時刻の添字  $t$  を付けたのは、自社の始業時刻における関連企業の始業割合に応じて、取引可能性の有無に差が生じることで生産性が変化すると考えたためであり、式 (3) のように表現する。

$$L_{it} = L_i \sum_{j=1}^J q_{jt} L_j \quad (3)$$

$$q_{jt} = \sum_{k=1}^7 \frac{p_{jk}(8 - |t - k| * 0.5)}{d_{ij}} \quad (4)$$

ここで  $q_{jt}$  は、他地域  $j$  と時刻  $t$  に始業する地域  $i$  との業務時間の重複割合を表している (式 (4) 参照)。労働時間は 8 時間と仮定し、始業時刻の差の絶対値を乗じている。 $L_j$  は地域  $j$  の労働、 $d_{ij}$  は地域  $ij$  間の距離 ( $i = j$  の場合は 0.5km) である。

時間集積変数  $I_{it}$  は、関連企業の始業時刻を考慮する戦略的相互関係を示す変数である。この相互関係が企業の集合体としてみた地域間にも同様に作用している考えのもと、自地域が関係性のある地域の始業時刻を考慮した上で自地域の始業時刻を決定する戦略的行動を表現する。本研究では、自地域との関係性を空間的な近接性と経済的な近接性の両面を考慮し、時間集積

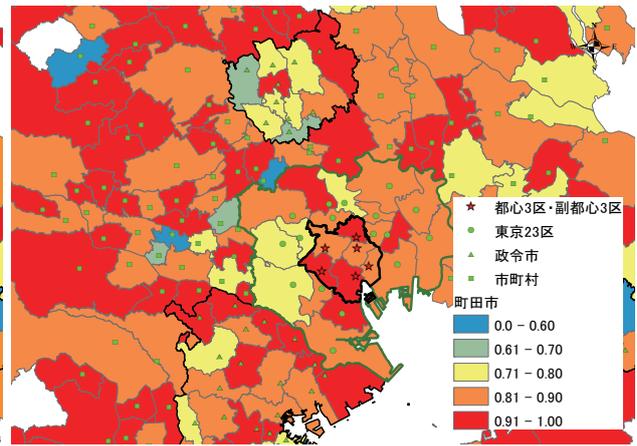


図-10 町田市との経済的近接性

変数  $I_{it}$  を式 (5) のように定式化する。

$$I_{it} = \sum_{j=1}^J \frac{p_{jt} s_{ij}}{d_{ij}} \quad (5)$$

ここで、 $p_{jt}$  は他地域  $j$  の始業時刻  $t$  の選択割合、 $s_{ij}$  は当該地域  $i$  と他地域  $j$  との経済的な近接性を示す指標である。 $d_{ij}$  は地域  $ij$  間の距離 ( $i = j$  の場合は 0.5km) とした。これらの変数は  $i, j \in J$  である。経済的な近接性を示す指標  $s_{ij}$  は以下の手順により算出する。

$$IR_{in} = \frac{IN_{in}}{AIN_i} \quad (6)$$

$$RM_{in} = \sum_{m=1}^{13} IR_{im} IC_{mn} \cdot pref \quad (7)$$

$$s_{ij} = 1 - \left( \sum_{n=1}^{13} (RM_{in} - IR_{jn})^2 \right) \quad (8)$$

ここで、 $AIN_i$  は地域  $i$  の総収入額、 $IN_{in}$  は地域  $i$  産業  $n$  の収入額、 $IR_{in}$  は地域  $i$  産業  $n$  全産業総収入額に対する産業別割合、 $IC_{mn} \cdot pref$  は都県  $pref$  ごとの産業  $m$  から産業  $n$  への投入係数、 $RM_{in}$  は地域  $i$  の産業  $n$  の生産に必要な原材料を表す。

この指標  $s_{ij}$  は、自地域の生産に必要な産業分布が、他地域の産業分布と比較した際の類似度を示した指標である。もし両者が一致していた場合には、 $s_{ij} = 1$  となる。本来、生産に必要な原材料は、様々な場所から仕入れているため、地域間の産業構成の類似性で評価出来ない点が存在するが、市区町村間における取引金額に関するデータが無いため、本研究ではその代理変数として採用している。計算した  $s_{ij}$  の分布を図-9 と図-10 に示す。ここでは千代田区と町田市の分布を示している。どちらの地域も広い範囲で類似した産業分布の市区町村が存在していることを示している。

## (2) パラメータ推定

本研究の始業時刻選択モデルの利得関数である式 (2) に式 (5) と式 (3) を代入すると、次の式 (9) のように

なる。

$$\pi_{it} = \alpha K_i L_i \sum_{j=1}^J q_{jt} L_j + \beta \sum_{j=1}^J \frac{p_{jt} s_{ij}}{d_{ij}} \quad (9)$$

パラメータ推定にあたり、 $K_i$  と  $L_i$  はそれぞれ、経済センサスより各自治体の有形固定資産、従業員数を全産業で合計した値を用いる。始業時刻の推定対象は、大都市交通センサスの調査範囲である 1 都 3 県に茨城県を加えた自治体のうち、始業時刻のサンプル数の少ない自治体を除外した 143 市区町村とする。

#### a) 構造推定

式 (2) の利得関数は、労働の項  $L_{it}$  と時間集積変数  $I_{it}$  に、他地域の始業時刻選択確率  $p_{jt}$  が含まれた入れ子構造となっているため、一般的な尤度関数を正確に定義できない。そこで本研究では、構造推定によって時間集積変数のパラメータ  $\alpha, \beta$  を推定する。

構造推定とは、分析の対象とする意思決定主体が、特定の経済理論モデルの中で最適化行動をとっており、観測されたデータが最適化行動や均衡状態を表現している前提の下で、モデルのパラメータを推定することである。本研究では、柳沼・福田<sup>11)</sup>、松村・福田<sup>7)</sup> が用いた、Aguirregabiria and Mira<sup>12)</sup> による疑似最尤法の 1 つである Nested Pseudo Maximum Likelihood を用いる。

なお、Nested Pseudo Maximum Likelihood は、以下「NPL」とする。NPL は、他者の選択割合の初期値に観測値などを与え尤度関数を定義したものを疑似尤度として定義し、繰り返し計算を行い疑似尤度を更新することでパラメータを推定する手法である。推定するパラメータベクトル  $\theta$ 、各地域の選択確率ベクトル  $P_{it} = \frac{\exp(\theta, P_{it})}{\sum_t \exp(\theta, P_{it})} = F(\theta, P_{it})$ 、 $P_{it} = \sum_{j \in J} p_{jt}$ 、対数尤度関数  $LL(\theta, P) = \sum_t \sum_{i \in I} \phi_{it} \ln(F(\theta, P_{it}))$ 、( $\phi_{it}$  は実際の選択割合) とする。推定は以下のステップで行う。

**Step1:**  $P$  に初期値 (観測値)  $P^0$  を与える。

**Step2:** 初期値を用いて疑似尤度を最大化するパラメータを推定する。それを  $\hat{\theta}^1 = \operatorname{argmax}_{\theta} LL(\theta, P)$  とする。

**Step3:** Step2 で求められたパラメータ  $\hat{\theta}^1$  と  $P^0$  を用いて、選択割合を算出し、 $\hat{p}^1 = F(\hat{\theta}^1, P^0)$  とする。

**Step4:** Step3 で求められた  $\hat{p}^1$  より  $\hat{P}^1$  を求め、それを新たな初期値に用いて、Step2 と Step3 の手順をパラメータが収束するまで繰り返す。

この構造推定の推定プロセスは、柳沼・福田<sup>11)</sup> によれば、疑似尤度を用いた繰り返しの計算というものが、ゲームにおける最適応答と同様のプロセスと見なすことができる。本研究においては、個々の企業の集合体としての地域が他地域の始業時刻を踏

表-1 パラメータ推定結果

|            | 変数         | パラメータ   | t値     |
|------------|------------|---------|--------|
| $\alpha_1$ | 東京23区      | 1.010   | 0.57   |
| $\alpha_2$ | 政令市と23区隣接市 | -1.330  | -0.10  |
| $\alpha_3$ | 市町村        | -4.110  | -0.24  |
| $\beta_1$  | 東京23区      | 0.421   | 2.78 * |
| $\beta_2$  | 政令市と23区隣接市 | 0.587   | 5.29 * |
| $\beta_3$  | 市町村        | 0.681   | 5.81 * |
|            | 初期尤度       | -278.27 |        |
|            | 最終尤度       | -221.75 |        |
|            | 修正済み尤度比    | 0.181   |        |
|            | サンプル数      | 143     |        |

\*1%有意

まえた戦略的な意思決定行動を表現しているものといえる。なお、パラメータ推定の収束条件は、算出されたパラメータと、1 ステップ前のプロセスで計算されたパラメータの差の絶対値が  $10^{-5}$  以内に収まった場合としている。

#### b) 推定結果と再現性

式 (9) のパラメータを推定した結果を示す。なお、式 (9) の各項は地域によって考慮するレベルが異なると考えられる。従ってパラメータ  $\alpha, \beta$  は「東京 23 区」、「政令市の区と東京 23 区の隣接市」およびそれら以外の「市町村」にパラメータを構造化して推定した。推定結果を表-1 に示す。 $\alpha$  は東京 23 区のパラメータが正となり、それ以外のパラメータの符号は負とった。都心部の企業ほど労働力のある企業と就業時間を重ねる傾向は見られたが、パラメータは有意に推定されなかった。 $\beta$  はすべての地域においてパラメータの符号が正となり、周辺地域のパラメータが他地域と比較して大きな値となった。これは、周辺地域ほど産業的に近い地域と始業時刻を合わせる傾向が見られた。モデル全体の適合度を示す尤度比は 0.183 であり、今回構築したモデルの精度は良好とまではいえない結果となった。

## 5. おわりに

本研究では、企業の始業時刻変更を念頭に置いた TDM 施策の検討のため、実データを用いて時空間的な集積性を考慮した始業時刻選択モデルを構築した。モデルは、個々の企業の集合体としての各地域が利得最大化を仮定したうえで、利得関数に他地域の選択割合や空間的・経済的近接性を含めた時間集積変数を導入した。始業時刻選択に他地域の選択割合が含まれる入れ子の構造のため、構造推定の一環である NPL を用いてパラメータ推定を行った。

結果として、実空間を対象としてマクロデータを用いた始業時刻選択モデルの構築はできたがモデル全体の推定精度は良好とまではいえない結果となった。

課題として、モデル構造では企業を産業ごとに区別せずに集計している点や、企業の主従関係が考慮できていない点がある。データ側には、市区町村単位の投入係数がないこと、通勤者の始業時刻と就業する企業との関わりが不明である点が課題である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省: 平成 24 年度大都市交通センサス分析調査報告書, 2013.
- 2) J.V.Henderson: 経済理論と都市 折下 功 訳, 日本交通政策研究会研究双書 4, 勁草書房, 1987.
- 3) 原田知可子, 鍋山弘道, 岩倉成志: ゲーム理論を用いた企業の始業時刻推定手法に関する研究, 土木学会第 59 回年次学術講演会, Vol.59, pp.743-744, 2004.
- 4) 佐藤慎太郎, 赤松隆: 企業と家計の相互作用を考慮した始業・出発時刻均衡モデル, 土木計画学研究・論文集, No.23(4), pp.903-910, 2006.
- 5) 奥村誠, 永野光三: 企業行動からみた出社・退社時刻の要因分析, 第 32 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.79-84, 1997.
- 6) 文世一, 米川誠: フレックスタイムが交通混雑に及ぼす影響, 日本交通政策研究会, 1999.
- 7) 高山雄貴: ボトルネック渋滞を考慮した出発・始業時刻均衡モデル, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, NO.363(CD-ROM), 2013.
- 8) 柳沼秀樹, 岩倉成志: 行動ゲーム理論を用いた法人の始業時刻決定モデルの構築, 土木学会第 62 回年次学術講演会, Vol.62, pp.31-32, 2007.
- 9) Aguirregabiria, V.: Pseudo maximum likelihood estimation of structural models involving fixed-point problems, *Economics Letters*, Vol.84, pp.335-340, 2004.
- 10) 総務省統計局: 平成 24 年経済センサス活動調査, <http://www.stat.go.jp/data/e-census/2012/> (2018 年 2 月 23 日閲覧), 2012.
- 11) 柳沼秀樹, 福田大輔: 混雑外部性を内生化した離散選択モデルと構造推定, 土木計画学研究・講演集, Vol.37, NO.225(CD-ROM), 2008.
- 12) Aguirregabiria, V. and Mira, P.: Sequential Estimation of Dynamic Discrete Games, *Econometrica*, Vol.75, No.1, pp.1-53, 2007.

(\*\*\*\*. \*\*. \*\* 受付)

## STRUCTURAL ESTIMATION OF WORK START TIME CHOICE MODEL

Wataru KOBAYASHI, Hideki YAGINUMA and Seiji IWAKURA

To solve the heavy congestion and delay problem of the morning rush hour in the Tokyo metropolitan area, we develop a work start time model. In the model, seven time zones separated by city, town and village units every 30 minutes are selected, and a time accumulation variable expressing the spatial and economic connection between the regions is introduced in the model formula. Parameter estimation was carried out by structure estimation using the pseudo maximum likelihood method since the selection probability of other regions is included in the starting time selection probability of its own area. As a result, it is obvious that the parameter indicating time accumulation grows larger in the suburbs than the central part, the starting time of other areas is not influenced in determining the start time of the downtown area, and the start time of the city in the suburbs is affected became.