

## 時差出勤制度が都市空間構造に与える影響

金沢大学 学生会員 ○椎名 哲雄  
 金沢大学 正会員 高山 雄貴

## 1. はじめに

時差出勤制度は、交通需要のピークを時間的にずらすことで通勤混雑の緩和を図る、交通需要マネジメント施策の一つである。直近の時差出勤に関する話題では、東京都で時差 Biz が実施されたことが挙げられる。時差出勤制度が交通面に与える影響は知られているが、土地利用面に与える影響は明らかになっていない。

Alonso<sup>1)</sup> は、都市空間構造に関する先駆的研究であり、都市部における居住地選択モデルを構築している。しかし、居住する地域のみ選択可能で、始業時刻を固定した分析しか行われていない。したがって、時差出勤制度そのものが与える影響を表現できない。Henderson<sup>2)</sup> は、時差出勤制度に関する分析を行っている。しかし、始業時刻のみ選択可能で、居住する地域を固定した分析しか行われていない。したがって、時差出勤制度が土地利用面に与える影響を表現できない。

そこで、本研究では、居住する地域と始業時刻の両者を選択可能にしたモデルを構築し、時差出勤制度が都市空間構造に与える影響を検証する。そのために、Alonso モデルと Henderson モデルを統合したモデルを構築する。さらに、このモデルにポテンシャル関数が存在することを利用して、モデルの安定均衡状態の性質を示す。

## 2. モデル

## (1) 設定

図-1 に示すように、立地点 0,1 (各々、郊外・都心を想定) が存在する経済を考える。立地点  $l$  ( $l = 0, 1$ ) の面積を  $A_l$  とする。企業は全て都心に立地し、 $I$  種類の時刻から始業時刻を選択する。以降では、始業時刻が  $t_i$  の企業を“企業  $i$ ”と呼ぶ。総数  $N$  の労働者は、労働を供給する企業、居住地を選択できる。

立地点  $l$  に居住する労働者は、合成財消費量  $z_l$ 、住宅面積  $y_l$  に応じた効用  $u(z_l, y_l)$  を得る。そして、予算制約の下でその効用を最大化する  $z_l, y_l$  を選択する。この労働者の効用最大化行動は、次のように表される：

$$\max_{z_l, y_l} u(z_l, y_l) = z_l - \mu \frac{1}{2y_l}, \quad (1a)$$

$$\text{s.t. } w_i - c_{li}(\mathbf{n}) = z_l + r_l y_l. \quad (1b)$$

ここで、立地点  $l$  に居住し、企業  $i$  に勤務する労働者の所得は  $w_i$ 、通勤費用は  $c_{li}(\mathbf{n})$  である。また、立地点  $l$  に居住し、時刻  $i$  に始業する人数を  $n_{li}$  とする。このと

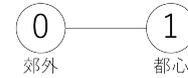


図-1 郊外と都心が存在する経済

き、 $c_{li}(\mathbf{n})$  は Henderson<sup>2)</sup> と同様、以下で定義する：

$$c_{li}(\mathbf{n}) = \begin{cases} 0 & \text{if } l = 1, \\ \beta n_{li} & \text{if } l = 0. \end{cases} \quad (2)$$

本モデルでは、企業は始業時刻を  $I$  種類の選択肢  $\{t_1, t_2, \dots, t_I\}$  から決定すると仮定する。この選択可能な始業時刻  $t_i$  は、全て同一の時間間隔  $\tau$  で並んでおり、 $t_i = t_{i-1} + \tau$  ( $i = 2, 3, \dots, I$ ) が成立する。また、全企業の労働時間  $H$  は同一かつ一定値であり、さらに、必ず全企業が同時に業務を行っている時間帯が存在する (i.e.,  $t_I \leq t_1 + H$ ) と仮定する。

企業は完全競争下で一単位の労働を投入し、財を生産する。この財の生産に関して、本研究では、Henderson<sup>2)</sup> と同様の生産性効果を導入する。すなわち、ある企業の生産性は、同時に業務を行っている企業の数が多いほど高いと仮定する。このとき、企業は利潤  $\pi_i$  を最大化する始業時刻  $i$  を選択すると考えることができるため、企業の利潤最大化行動は、次のようになる：

$$\max_i \pi_i = \sum_j \tau_{ij} \left\{ \sum_l n_{lj} \right\} - w_i. \quad (3)$$

ここで、 $\tau_{ij} = H - |t_i - t_j|$  は、企業  $i$  と  $j$  が同時に業務を行う時間間隔を表す。従って、(3) 式の右辺第 1 項は生産性向上の効果を表す。また、利潤ゼロ条件から賃金  $w_i$  が得られる： $w_i = \sum_j \tau_{ij} \{ \sum_l n_{lj} \}$ 。

労働者の効用最大化行動、企業の利潤ゼロ条件を用いると、間接効用関数  $v_{li}(\mathbf{n})$  は次式で表される：

$$v_{li}(\mathbf{n}) = \sum_j \tau_{ij} \left\{ \sum_l n_{lj} \right\} - c_{li}(\mathbf{n}) - \frac{\mu \sum_i n_{li}}{A_l}. \quad (4)$$

ここで、右辺第 1 項は賃金、第 2 項は通勤費用、第 3 項は地代を表す。よって、同一時刻に多くの企業が始業すると、賃金が上がる一方で、通勤費用も上がる。また、都心に居住する人が多くなると、通勤費用が下がるが、地代は上がる。このように、各項の間でトレードオフの関係があることがわかる。

## (2) 均衡状態

以上の設定の下で、均衡条件を示す。労働者の企業・居住地選択に関して均衡状態にあるならば、すべての

労働者は企業・居住地を変更するインセンティブを持たない。すなわち、ある始業時刻  $t_i$  の企業と居住する地点  $l$  を労働者が選択するのであれば、その効用  $v_{li}$  は均衡効用水準  $v^*$  に等しく、そうでなければ  $v^*$  以下である。したがって、均衡状態は、以下の条件を満たす状態である：

$$\begin{cases} v^* = v_{li}(\mathbf{n}) & \text{if } n_{li} > 0, \\ v^* \geq v_{li}(\mathbf{n}) & \text{if } n_{li} = 0, \end{cases} \quad (5a)$$

$$\sum_l \sum_i n_{li} = N. \quad (5b)$$

本章で示したモデルには、複数の均衡状態が存在し得る。しかし、実際にどのパターンの均衡解が起り得るか分かっていないため、均衡解の安定性を調べる必要がある。

### (3) 安定均衡状態

安定均衡状態の解析は、一般的に困難とされている。それを容易にする方法として、ポテンシャル関数がある。このポテンシャル関数  $P(\mathbf{n})$  が存在する場合、 $P(\mathbf{n})$  を局所的に最大化する  $\mathbf{n}$  が安定解となることが知られている。そこで本研究では、構築したモデルに次のポテンシャル関数が存在することを利用して、安定均衡状態の性質を調べる：

$$P(\mathbf{n}) = \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \left\{ \tau_{ij} \sum_l n_{li} \sum_l n_{lj} \right\} - \frac{\beta}{2} \sum_i \left\{ \sum_l n_{li} \right\}^2 - \frac{\mu}{2} \sum_l \frac{\{\sum_i n_{li}\}^2}{A_l}. \quad (6)$$

### 3. 2 始業時刻及び 2 立地点モデルの解析

この節では、2 始業時刻の場合に限定して解析を行う。労働者は効用を最大化するように居住地  $l$  と始業時刻  $i$  を選択する。本モデルには多様な居住地及び始業時刻パターンが存在することが想定される。しかし、都心に居住する労働者は通勤混雑の影響を受けないため、時差出勤をするインセンティブを持たない。このようなことを踏まえると、均衡状態として存在し得るパターンは、次の 3 パターン (図-2,3,4) のみとなることがわかる (証明は省略)：“時差出勤がない均衡” 全ての労働者が同一時刻に出勤；“一部時差出勤がある均衡” 都心居住者は時刻 1 (または 2) のみ、郊外居住者は時刻 1 と 2 の両方に出勤；“完全に時差出勤がある均衡” 都心居住者、郊外居住者ともに時刻 1 と 2 に出勤。

図-2,3,4 では、2 つの立地点 0,1 があり、立地点 0 は郊外、立地点 1 は都心を表している。また、矢印の実線は時刻 1 に出勤する場合、破線は時刻 2 に出勤する場合を表している。この経済で労働者はどこに居住し、

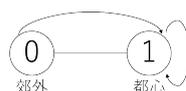


図-2 時差出勤がない均衡

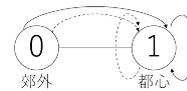
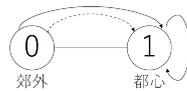


図-3 一部時差出勤の均衡 図-4 完全に時差出勤の均衡

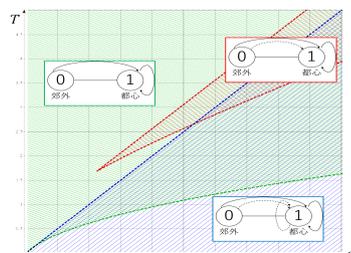


図-5 安定均衡解領域図 ( $\beta - T$ )

いつ出勤するかをパターン分けしている。なお、矢印の始点は居住地  $l$ 、終点は勤務先を表す。

### 4. モデル解析の結果

モデル解析の結果、(5) 式を満たす均衡解であり、かつ安定な状態である、安定均衡解の領域は図-5 のようになった。なお、横軸は通勤費用  $\beta$ 、縦軸は生産性向上の効果  $T = |t_2 - t_1|$  を表す。 $\beta$  軸に着目すると、通勤費用が高いと時差出勤が起りやすく、低いと起りにくいことがわかる。これは、労働者は自らの効用を最大化するために、通勤費用を抑えられる企業  $i$  を選択するためではないかと考える。 $T$  軸に着目すると、生産性向上の効果が高いと時差出勤が起りにくく、低いと起りやすいことがわかる。これは、企業は利潤を最大化するために、生産性を高められる始業時刻  $i$  を選択するためではないかと考える。また、通勤費用、生産性向上の効果ともに高いとき、郊外で時差出勤が起りやすいことがわかる。

### 5. おわりに

本研究では、Alonso モデルと Henderson モデルを統合し、本研究で用いるためのモデル構築を行った。そして、安定均衡状態の性質を調べるために、本モデルでポテンシャル関数と 2 始業時刻及び 2 立地点モデルの均衡解を調べ、安定性解析をした。その結果、通勤費用及び生産性向上の効果の大きさによって、始業時刻及び立地点のパターンが異なることが示された。

### 参考文献

- 1) Alonso, W. (1964) *Location and Land Use*, Harvard University Press.
- 2) Henderson, J. V.: The Economics of Staggered Work Hours, *Journal of Urban Economics*, Vol. 9, No. 3, pp.349-364, 1981.