

相乗り通勤行動を考慮した居住地選択モデル

金沢大学 学生会員 ○鬼頭 尚志
金沢大学 正会員 高山 雄貴

1. はじめに

人口・経済集積は、都市を発展させる一方で、交通混雑等の不便益をもたらす。この交通混雑に対して、アメリカでは、High-Occupancy Vehicle (HOV) レーンの設置により、“相乗り通勤”を促進させる方策がとられている。この相乗り通勤は、利用者が多ければ多いほど効率化が進む (e.g., 同乗者を見つけやすい) といった形で“規模の経済”が働く。ただし、この効果の存在は、利用者が少ない状況下では、相乗り通勤が非効率になる (e.g., 同乗者を見つけるための負担が非常に大きくなる) ことを意味する。

相乗り通勤の規模の経済性は、上述した特徴から、HOV レーン設置の影響を決定づける要素になりうる。さらに、その影響は、交通混雑の緩和だけでなく、長期的には、都市内部の土地利用を変化させる (e.g., 都市の郊外化) ことにもつながる。しかし、相乗り通勤に働く規模の経済を明示的に考慮して HOV レーンの効果を検証した研究は存在しない。

そこで、本研究では、相乗りにおける規模の経済を考慮した上で、HOV レーンの設置が都市の空間構造に与える影響を明らかにする。そのために、Alonso¹⁾ 型の居住地選択モデルの通勤手段に、規模の経済を考慮した相乗り通勤を追加する。そして、そ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、均衡状態の特性を示す。また、HOV レーン設置を想定し、設置前後の均衡効用変化について調べる。

2. モデル

(1) 設定

本研究では、都心と郊外の2箇所の地点からなる都市を考える。以降では、便宜上、都心・郊外を、各々、居住地1,2と表し、そのインデックスの集合を $\mathcal{A} \equiv \{1, 2\}$ と表す。そして、居住地 $a \in \mathcal{A}$ の人口を N_a で表す。また、各居住地の面積は同一で、 L であると仮定する。

労働者はすべて均質であり、総数は固定的に N である。企業はすべて都心に立地しており、労働者は居住地から都心へ通勤する。居住地1 (i.e., 都心) に住む労働者は、自動車で通勤する必要がないため、その通勤費用は定数 c_1 とする。それに対し、郊外に住む労働者は、1人で通勤する単独通勤 (solo drive) か、2人で相乗り通勤する相乗り通勤 (carpool) かを選択できる。これらの通勤手段の集合を $\mathcal{C} \equiv \{s, p\}$ 、通勤手段 $i \in \mathcal{C}$ の

労働者数を $n_{2,i}$ で表す。また、相乗り通勤者は、燃料やその他維持費などの固定的にかかる費用 c_F を折半できるが、追加的な費用 $\theta/n_{2,p}$ が生じると仮定する。この追加的な費用に想定されるものとしては、同じ目的地の相乗り通勤者とマッチングする待ち時間等の相乗り特有の不便さが挙げられる。相乗り通勤者が増加することでこの費用は小さくなることから、規模の経済を表現する項となっている。

(2) 主体の行動

まず、郊外に住む労働者の通勤行動について考えよう。郊外と都心を結ぶ道路の総容量は μ であり、道路は通勤手段ごとにレーンが分けられていると仮定する。単独通勤者レーンのシェアは $\phi \in [0, 1]$ で表す。また、相乗り通勤者は、以降の議論を単純化するために、二人で通勤すると仮定する (この仮定を緩和しても、以降の定性的な結果は変わらない)。したがって、HOV レーンの交通量は $n_{2,p}/2$ である。このとき、郊外に住む労働者の通勤費用は、通勤手段別に以下で与える：

$$c_{2,s}(n_{2,s}) = c\left(\frac{n_{2,s}}{\phi\mu}\right) + c_1 + c_F, \quad (1a)$$

$$c_{2,p}(n_{2,p}) = c\left(\frac{n_{2,p}/2}{(1-\phi)\mu}\right) + c_1 + \frac{c_F}{2} + \frac{\theta}{n_{2,p}}. \quad (1b)$$

ここで、右辺第1項は、交通量・容量に応じて定まる交通混雑の影響を表している。

労働者はすべて均質であり、同一の効用関数を有する。したがって、この労働者は、居住地 a 、通勤手段 i により特徴づけられる。この労働者の効用は、合成財の消費量 $z_{a,i}$ 、住宅面積 y_a に応じて定まる。この労働者の効用最大化行動は、以下に示す形で定式化される：

$$\max_{z_{a,i}, y_a} u_{a,i}(z_{a,i}, y_a) = z_{a,i} - \frac{\alpha}{y_a}, \quad (2a)$$

$$\text{s.t. } w = z_{a,i} + r_a y_a + c_{a,i}. \quad (2b)$$

ここで、 α は正のパラメータ、 w は賃金、 r_a は居住地 a の地代、 $c_{a,i}$ は居住地 a ・通勤手段 i の労働者の通勤費用である。

(3) 均衡状態

本モデルでは、短期と長期の2段階の均衡を考える。短期的には、均衡状態における各居住地の総労働者数を与件として、郊外に住む労働者は、通勤費用を最小にする通勤手段を選択する。そして、長期的には、均衡通勤費用を与件として、労働者は効用を最大にする居住地を選択する。

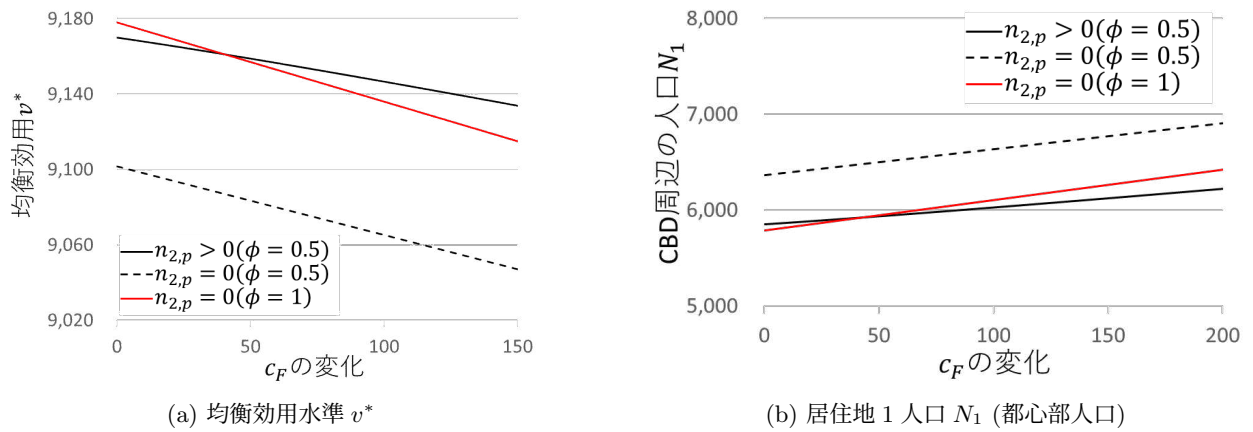


図-1 c_F の変化が均衡状態に与える影響 ($N = w = 10000$, $\alpha = 2$, $L = 30$, $\mu = 20$, $\theta = 250000$, $c_1 = 50$, $c(x) = x$)

a) 通勤手段選択均衡状態

通勤手段選択において、均衡状態が満たす均衡条件は、次の条件で与えられる:

$$\begin{cases} c_2^* = c_{2,i}(n_{2,i}) & \text{if } n_{2,i} > 0, \\ c_2^* \leq c_{2,i}(n_{2,i}) & \text{if } n_{2,i} = 0, \end{cases} \quad (3a)$$

$$n_{2,s} + n_{2,p} = N_2. \quad (3b)$$

ここで、 c_2^* は均衡通勤費用である。条件 (3a) は、通勤手段選択均衡状態であり、単一の労働者の選択変更のみでは自らの通勤費用を改善できないことを表している。また、条件 (3b) は労働者数の保存則を表す。

b) 立地選択均衡状態

立地選択において、均衡状態が満たす均衡条件は、次の条件で与えられる:

$$\begin{cases} v^* = w - c_a^* - \frac{2\alpha}{L} N_a & \text{if } N_a > 0, \\ v^* \geq w - c_a^* - \frac{2\alpha}{L} N_a & \text{if } N_a = 0, \end{cases} \quad (4a)$$

$$N_1 + N_2 = N. \quad (4b)$$

ここで、 v^* は均衡効用である。条件 (4a) は、立地選択均衡状態であり、単一の労働者の選択変更のみでは自らの効用を改善できないことを表している。また、条件 (4b) は労働者数の人口保存則である。

3. 均衡状態の特性分析

(1) 均衡状態の理論解析

本研究では、相乗り通勤に規模の経済が働く状況を考えているため、複数種類の均衡状態が存在しうる。そこで、構築したモデルにポテンシャル関数を存在することを利用し、均衡状態の基本特性を分析した。そして、均衡状態が一意ではないことを示すとともに、安定均衡状態の次の特徴を明らかにした: 1) 相乗り通勤者が全く存在しない状態、存在する状態が同時に安定均衡状態となる; 2) HOV レーンの導入は、必ずしも通勤費用の低下・効用水準の増加をもたらすわけではない; 3) 自動車保有費用 c_F の低下は都市を郊外化 (N_2 の増加) させる。

(2) 数値解析例

本節では数値解析により、HOV レーンの導入前後の均衡効用 v^* ・都心人口 N_1 を比較する。さらに、燃料やその他維持費などの自動車保有費用 c_F が均衡状態に与える影響に関する比較静学も実施する。そして、その結果と前節で得られた理論解析結果との整合性を確認しつつ、その結果の考察を行う。

数値解析により得られた結果は、図-1 に示す通りである。なお、図の赤線は HOV レーンが存在しない状況下での均衡状態、黒の実線・破線は、各々、HOV レーン設置下の相乗り利用者が存在する・存在しない均衡状態を表す。これらの結果から、前節に示した理論解析と整合した結果が確認できる。より具体的には、 c_F の値が小さい場合、HOV レーン導入が都心人口の増加・均衡効用水準を低下させている。これは、相乗りを導入しても、郊外での通勤費用の改善幅が小さいためである。ただし、 c_F が大きい場合には、HOV レーンの導入は、効用水準の増加・都市の郊外化をもたらしていることも確認できる。

4. おわりに

本研究では、Alonso¹⁾ 型の居住地選択モデルの通勤手段に相乗り通勤を追加することで、相乗り通勤が都市の空間構造に与える影響を表すことのできる枠組みを構築した。そして、本モデルにポテンシャル関数が存在することを利用することで、均衡状態の性質を明らかにした。その結果、HOV レーンを導入しても、効用が改善されない可能性がある、という知見が得られた。

今後の展開としては、自動運転技術の発達による相乗り通勤の易化の影響評価や、社会最適状態を定義した上で、均衡状態と社会最適状態の比較による政策の提言等が考えられる。

参考文献

- 1) Alonso, W.: *Location and Land Use*, Harvard University Press, 1964.