

第IV 部門

居住地・交通機関同時選択モデルを用いた地域ソーティングに関する一考察

京都大学工学部 学生会員 ○山下 翔平
 京都大学大学院 正会員 松島 格也
 京都大学大学院 フェロー 小林 潔司

1 はじめに

異質な交通モードに対する選好をもつ家計が居住地や交通モードを選択する場合、同質の選好をもつ家計が同一の居住地や交通機関を選択し、結果として選択した似たような選好を持つ家計が居住することになる地域ソーティングが発生しうる。地域ソーティングが生じた結果、異なる選好を持つ家計が同一地域に居住することにより発生する外部性が解消される可能性がある。本研究では、Tibout モデルの枠組をもちいて居住地・交通機関を同時に選択する行動モデルを構築し、地域ソーティングが発生するメカニズムを分析する。地域ソーティングが生じる条件を整理すると共に、市場均衡解と社会的最適解を比較して、有用な政策を提言する。

2 基本モデル

2.1 モデルの前提条件

それぞれに地方政府と民営鉄道企業がある2地域を考える。いずれかの地域 $i (i = 1, 2)$ に居住する全ての家計はいずれかの交通モード $j (j = c, r)$ を用いて通勤する。モード c は自動車、モード r は鉄道を示す。ここで地域毎に鉄道・道路に対する投資効率が異なっており、地域1は鉄道に、地域2は道路に対して相対的に高い投資効率を持つと仮定する。

2.2 家計・地方政府・鉄道企業の行動

地域 i に居住し、モード j を利用する家計の効用関数を以下のように表し、家計は最大の効用が得られる地域・交通モードの組み合わせを選択する。

$$U_{ic}(s_i, \beta, k, n_{ic}, W_i) = Y - s_i + \beta(1 - k) - \alpha t_{ic}(n_{ic}, W_i) \\ U_{ir}(s_i, \beta, k, \tau_{ir}) = Y - s_i + \beta k - \alpha t_r - \tau_{ir}$$

ただし、 Y : 所得, s_i : 地域 i の税額, k : 各家計の持つ交通モードに対する選好の強度, α : 時間価値, β :

選好の異質性パラメータ, t_{ic} : 地域 i に居住し、自動車をを用いたトリップにかかる往復通勤時間, W_i : 地域 i の交通容量, t_r : 鉄道をを用いたトリップにかかる往復通勤時間, τ_{ir} : 地域 i の鉄道の往復運賃とする。 $0 \leq k \leq 1$ で一様分布し k が大きくなるほど鉄道を好むことを表している。各地域の地方政府は以下の式で表されるように住民の厚生を最大化するように税額を定め、税収を用いて道路整備を行う。

$$\max_{s_i} n_{ic} V_{ic} + n_{ir} V_{ir} \quad (i = 1, 2)$$

ただし、 V_{ic} , V_{ir} は間接効用関数を表す。鉄道企業は利潤が最大となるように運賃を決定する。

$$\max_{\tau_{ir}} \pi(n_{ir}, \tau_{ir}) = n_{ir} \tau_{ir} - F - C v_i(n_{ir})$$

ただし、 F : 鉄道運営に関する固定費用, n_{ir} : 地域 i におけるモード r (鉄道) の利用者数, $C v_i(n_{ir})$: 可変な維持費用であり、 $\frac{\partial C v_i(n_{ir})}{\partial n_{ir}} \geq 0$ とする。また、 $\frac{\partial C v_1}{\partial n} > \frac{\partial C v_2}{\partial n}$ である。

3 市場均衡解

各家計が交通インフラのサービス水準や自らの選好から最も大きい効用が得られるように居住地・交通モードを選択した結果、他の地域・交通モードを選択しても現在よりせいぜい等しい効用しか得られないような状態に落ち着く。そのような状態を本研究では均衡状態と呼ぶ。一例として均衡時に全家計が地域1に居住し自動車を利用する解が存在するための条件式は以下である。

$$V_{1c}(s_1(N, 0), k, N, W_1(N, 0)) \geq V_{2c}(s_2(0, 0), k, 0, W_2(0, 0))$$

また、同様に一例として均衡時に全家計が地域2に居住し自動車を利用する解が存在するための条件式

は以下である．

$$V_{2c}(s_2(N, 0), k, N, W_2(N, 0)) \\ \geq V_{1c}(s_1(0, 0), k, 0, W_1(0, 0))$$

他の場合についても同様に条件式を導出する．

本研究では「仮に均衡時の地域・交通モード選択から微小な人数が変更を行っても，変更後に得られる効用は変更後の人口分布においてもともと選択していた地域・モード選択において得られる効用より小さくなるため，変更行った家計は元の地域・交通モード選択に戻り，均衡時の人口分布のままとなる均衡」を安定な均衡と定義し，具体的には本モデルで微小な Δn 人の家計が地域・モード変更を行った後の効用を比較し，均衡の安定性を議論する．一例として均衡時に全家計が地域 1 に居住し自動車を利用する解が安定的であるための条件式は以下である．

$$V_{1c}(s_1(N - \Delta n, 0), k, N - \Delta n, W_1(N - \Delta n, 0)) \\ \geq V_{2c}(s_2(\Delta n, 0), k, \Delta n, W_2(\Delta n, 0))$$

他の場合についても同様に安定性を議論する．

3.1 安定均衡解の整理

安定的均衡解を整理すると以下の命題が得られる．
[命題 1] モードに対する異質性を持つ家計が居住地・モード同時選択を行う場合、安定的均衡解として以下の表 1 の 7 つの解が存在する．

表 1: 安定均衡解

市場均衡解で選択される地域・モード選択		
	地域・モード選択	
1	(1,c)	全家計が地域 1 に居住し自動車を利用
2	(2,c)	全家計が地域 2 に居住し自動車を利用
3	(1,c),(2,c)	家計が地域 1 と地域 2 にそれぞれ居住し自動車を利用
4	(1,r)	全家計が地域 1 に居住し鉄道を利用
5	(2,r)	全家計が地域 2 に居住し鉄道を利用
6	(1,c),(2,r)	家計が地域 1 に居住し自動車を利用，または地域 2 に居住し鉄道を利用
7	(2,c),(1,r)	家計が地域 2 に居住し自動車を利用，または地域 1 に居住し鉄道を利用

ここで家計が選択する地域・交通モードの組み合わせを (i, j) と表す．このうち，6 と 7 の市場均衡解は地域ソーティングが生じている．地域ソーティングが生じてる市場均衡解に着目すると，表 2 に示す安定均衡解の条件式より以下の命題が得られる．
[命題 2] 表 2 で示される条件式の外生的なパラメーターに着目すると β （選好の異質性パラメータ）が大きいほど，また α （時間価値）が小さいほどソーティングが生じやすくなる．ただし， n_{ij}^* ：均衡時に (i, j) を選択している家計の人口， k^* ：交通モード選択が無差別な家計の選好強度であり， $0 \leq k \leq k^*$ の

選好強度 k である家計は自動車を選択し， $k^* \leq k \leq 1$ の選好強度 k である家計は鉄道を選択する．

表 2: 安定均衡解の条件式

地域・モード選択		条件式
6	(1,c),(2,r)	$-s_1 - \alpha(t_{1c}(n_{1c}^*, W_1) - t_{2c}(0, W_2)) \geq 0$
		$-s_1 + \beta - \alpha(t_{1c}(n_{1c}^*, W_1) - t_r) + \tau_{2r} \geq 0$
		$s_1 + \beta - \alpha(t_r - t_{1c}(n_{1c}^*, W_1)) - \tau_{2r} \geq 0$
		$-s_1 + \beta(1 - 2k^*)$
		$-\alpha(t_{1c}(n_{1c}^*, W_1) - t_r) + \tau_{2r} = 0$
		$\frac{\partial s_1}{\partial n_{1c}} + \alpha \frac{\partial t_{1c}}{\partial n_{1c}} + \frac{\partial s_2}{\partial n_{2c}} + \frac{\partial \tau_{2r}}{\partial n_{2c}} \geq 0$
		$\beta(2k^* - 1) - \alpha(t_r - t_{2c}(0, W_2))$
		$-\tau_{2r} + \alpha \frac{\partial t_{2c}}{\partial n_{2c}} + \frac{\partial \tau_{2r}}{\partial n_{2c}} \geq 0$
		$-s_2 - \alpha(-t_{1c}(0, W_1) + t_{2c}(n_{2c}^*, W_2)) \geq 0$
		$-s_2 + \beta - \alpha(t_{2c}(n_{2c}^*, W_2) - t_r) + \tau_{1r} \geq 0$
7	(2,c),(1,r)	$s_2 + \beta - \alpha(-t_{2c}(n_{2c}^*, W_2) + t_r) - \tau_{1r} \geq 0$
		$-s_2 + \beta(1 - 2k^*)$
		$-\alpha(t_{2c}(n_{2c}^*, W_2) - t_r) + \tau_{1r} \geq 0$
		$\beta(2k^* - 1) - \alpha(t_r - t_{1c}(0, W_1))$
		$-\tau_{1r} + \alpha \frac{\partial t_{1c}}{\partial n_{1c}} + \frac{\partial \tau_{1r}}{\partial n_{1c}} \geq 0$
		$\frac{\partial s_1}{\partial n_{1r}} + \frac{\partial \tau_{1r}}{\partial n_{1r}} + \frac{\partial s_2}{\partial n_{2c}} + \alpha \frac{\partial t_{2c}}{\partial n_{2c}} \geq 0$

4 社会的最適解

両地域に居住する地域住民の厚生と鉄道企業の利潤の和により定義される社会的厚生 W が最大になる社会的最適解を，以下の問題の解として定義する．

$$\max_{n_{ij}, s_i, \tau_{ir}} n_{ic} V_{ic} + n_{ir} V_{ir} + \pi$$

地域間の投資優位性を考慮した結果，パラメータの大きさ次第で社会的最適になりうる解は表 1 の 1,3,5,6 であり，1,3,5 の解については税額をそもそも住民の厚生を最大化するよう決定していることから，市場均衡解の社会的厚生 wf と社会的最適解の社会的厚生 wf^* は等しい．一方，地域ソーティングの生じている 6 の解における社会的厚生は以下になる．

$$wf^* - wf = -(n_{1c}^{**} - n_{1c}^*)(s_1 + 2\beta k + \alpha t_{1c} - \alpha t_r) \\ - (Cv_2(N - n_{1c}^{**}) - Cv_2(N - n_{1c}^*))$$

ただし， n_{1c}^{**} ：社会的最適の時の地域 1 にすみ自動車を利用する家計の人口とする．市場均衡解における wf は鉄道運賃 τ_1 に関する減少関数であるので，鉄道企業の運賃に規制をかけて市場均衡時に利潤最大化行動を行った結果として決定した運賃より低くすることで社会的最適に近づける事ができる．

5 おわりに

本研究ではソーティングの理論的な分析を目的として選好の異質性を考慮した居住地・交通機関同時選択モデルを構築して安定均衡解を導出し，選好の異質性が大きくなれば市場均衡として地域ソーティングが生じやすいを理論的に示した．また，地域ソーティングが発生している時に社会的最適に近づけるためには運賃に規制をかけて市場均衡時よりも低く抑える政策が有効であると理論的に明示した．