Ⅳ-436 高速道路の整備が都市システム構造に及ぼす影響に関する研究

鳥取大学大学院 学生会員 ○山室 良徳
広島大学工学部 正会員 奥村 誠
京都大学大学院 正会員 小林 潔司

1. 研究の目的

高速道路の整備は輸送時間の短縮や輸送費削減を通じて地域分業の進展をもたらし国土構造に多大な影響を与える。本研究では、複数の都市により構成される都市システムにおける一般均衡モデルを提案し、高速道路の整備による輸送費用の変化が都市システムの構造に及ぼす影響を分析する枠組みを開発する。これにより、高速道路の整備と都市の人口集中、地域間における経済格差に及ぼす影響を分析する方法を提案する。

2. モデル化の前提

本研究では、複数の都市 $k=1,2,\cdots,K$から構成される都市システムを想定する。各都市には n_k 個の製造業と m_k 個のサービス業が立地している。各企業が生産する財・サービスは差別化されており独占的競争市場が成立している。製造業が生産した財はその都市で消費されるほか、高速道路により他都市に輸送され、どの都市においてもすべての種類 ($n=\sum_k n_k$ 種類) の財が消費できる。財は各都市で生産者価格に輸送費用が上乗せされた価格で販売される。国際貿易は考えない。一方、サービスは都市内だけで消費される。各都市内で立地する企業はすべて対称的であり、価格・生産量は同一であると仮定する。各都市における生産活動とサービスの提供は面積の無視できる CBD において行われる。都市の住民は完全雇用され、都市内の住宅地からとし交通機関を用いて CBD に通勤する。住宅地は区画化され各都市を通じて一定値 $h_k=1$ をとる。また農業は存在せず、都市端における地代は 0 とする。土地の public ownership を仮定し地代収入は都市住民に還付されると考える。家計は同質であり、各都市の賃金率は各産業を通じて一定である。交通企業は外国企業であり、交通費用は国外に流出すると仮定する。この仮定を緩めることは可能であるが、その詳細は紙面の都合省略する。

3. 都市システムモデルの定式化

(1) 都市内均衡モデル

都市 k の CBD から地点 t に居住する代表的な家計の都市 lで生産された財 i_lの消費量を $x_{ki_l}(i_l=1,\cdots,n_l;l=1,\cdots,K)$、都市 k内で生産されたサービスの消費量を y_{kj}、土地面積を h_k とし、都市 kに居住する代表的個人の効用関数を以下のように定式化する。

$$U=\left(\sum_{l=1}^{K}\sum_{i_l=1}^{n_l}x_{ki_l}^{\sigma}\right)^{\frac{a}{\sigma}}\left(\sum_{j=1}^{m_k}y_{kj}^{\rho}\right)^{\frac{b}{\rho}}h_k^{c} \tag{1}$$

ここで、 a,b,σ,ρ はパラメータであり、 $0<a+b+c<1,\sigma>1,\rho>1$ を仮定する。ここに、n_l,m_kは内生変数であり、都市で利用可能なサービスメニューの多寡が効用水準に影響を及ぼす。一方、家計の予算制約式は次式のようになる。

$$I_k-c_kt=\sum_{l=1}^{K}\sum_{i_l=1}^{n_l}p_{ki_l}x_{ki_l}+\sum_{j=1}^{m_k}q_{kj}y_{kj}+\zeta_k(t)h_k \tag{2}$$

ただし、 I_k は代表的家計の所得、 c_k は単位距離当たりの交通費用、 p_{ki_l} は消費財の価格、 q_{kj} はサービス価格、$\zeta_k(t)$ は地点 t における地代を表している。財・サービスの対称性条件 $p_{ki_l}=p_{kl},q_{kj}=q_k,x_{ki_l}=x_{kl},y_{kj}=y_k$、および $h_k=1$ を考慮しよう。ただし、都市 1 のサービス価格をニューメレールとして選択し $q_1=1$ を仮定する。効用最大化条件より地点 t に居住する個人の消費財、サービスに対する需要関数は次式で表される。

$$x_{kl}=\frac{a}{a+b}(I_k-c_kt-\zeta_k(t))P_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}p_{kl}^{\frac{-1}{1-\sigma}} \tag{3a}$$

$$y_k=\frac{b}{a+b}(I_k-c_kt-\zeta_k(t))Q_k^{\frac{\rho}{1-\rho}}q_k^{\frac{-1}{1-\rho}} \tag{3b}$$

ただし、$P_k=(\sum_{l=1}^{K}n_lp_{kl}^{\frac{-\sigma}{1-\sigma}})^{-\frac{1-\sigma}{\sigma}}$, $Q_k=m_k^{-\frac{1-\rho}{\rho}}q_k$ である。以上の需要関数を都市 kに居住する住民全体に集計化すれば、都市 kにおける個々の財・サービスごとの集計的需要関数を得る。

$$X_{kl}=\frac{a}{a+b}(I_k-c_k\pi^{-\frac{1}{2}}N_k^{\frac{1}{2}})P_k^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}p_{kl}^{\frac{-1}{1-\sigma}}\cdot N_k \tag{4a}$$

$$Y_k=\frac{b}{a+b}(I_k-c_k\pi^{-\frac{1}{2}}N_k^{\frac{1}{2}})m_k^{-1}q_k^{-1}\cdot N_k \tag{4b}$$

よって都市 k に居住する家計の効用水準 V_k は、都市人口 N_k の関数として次式のように表される。

$$V_k=AP_k^{-a}Q_k^{-b}(I_k-c_k\pi^{-\frac{1}{2}}N_k^{\frac{1}{2}}) \tag{5}$$

但し、 $A=a^ab^b/(a+b)^{a+b}$である。

(2) 製造業の行動

消費財の生産技術を規模に関して収穫逓減のコブ＝ダグラス型生産関数で表す。消費財の生産にあたっては集積

の経済性が働くと考え都市kの製造業の生産関数を

$$X_{i_k} = K_{i_k}^{\alpha} L_{i_k}^{\beta} N_k^{\gamma} \tag{6}$$

と仮定する。ここで、X_{i_k}は企業i_kの生産量であり$X_{i_k} = \sum_l X_{li_k}$で表せる。また、$K_{i_k}$:資本、$L_{i_k}$:雇用者数である。$\alpha+\beta<1$を仮定する。当該企業の利潤を次式で定義する。

$$\Pi_{i_k} = \hat{p}_{i_k}(X_{i_k})X_{i_k} - w_k L_{i_k} - r_k K_{i_k} - f_{i_k} \tag{7}$$

ただし、r_k:資本レント、w_k:賃金率、f_{i_k}:固定費用、$\hat{p}_{i_k}(X_k)$は生産者価格関数である。集計的需要関数(4a)を考慮すれば、利潤最大化条件より、

$$K_{i_k} = \sigma\alpha X_{i_k}\frac{\hat{p}_k}{r_k} \tag{8}$$

$$L_{i_k} = \sigma\beta X_{i_k}\frac{\hat{p}_k}{w_k} \tag{9}$$

が成立する。企業の対称性$K_{i_k} = K_k, L_{i_k} = L_k, \hat{p}_{i_k} = \hat{p}_k, X_{i_k} = X_k, f_{i_k} = f_k$を仮定する。この時、都市$k$に立地する製造業の１社当たりの生産量、生産者価格、利潤は以下のようになる。

$$X_k = (\sigma\hat{p}_k)^{\frac{\alpha+\beta}{1-\alpha-\beta}}\left(\frac{\alpha}{r_k}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}}\left(\frac{\beta}{w_k}\right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} N_k^{\frac{\gamma}{1-\alpha-\beta}} \tag{10}$$

$$\hat{p}_k = X_k^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}}\left(\frac{r_k}{\alpha}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}}\left(\frac{w_k}{\beta}\right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} N_k^{-\frac{\gamma}{\alpha+\beta}}\sigma^{-1} \tag{11}$$

$$\Pi_{i_k} = \hat{p}_k X_k(1-\sigma\alpha-\sigma\beta) - f_k \tag{12}$$

ただし、企業の利潤が正である限り新規の参入が生じ、長期には利潤がゼロとなる水準に立地企業数が決定される。長期均衡条件（$\Pi_{i_k}=0$）より

$$\hat{p}_k X_k = \frac{1}{1-\sigma\alpha-\sigma\beta} f_k \cdot n_k \tag{13}$$

となり、立地企業数は次式で表される。

$$n_k = \hat{p}_k X_k (1-\sigma\alpha-\sigma\beta) f_k^{-1} \tag{14}$$

消費財は地域間交易を通じて他都市でも消費される。地域(k,l)間の輸送費用をτ_{kl}^iと表せば、都市lにおける財の消費価格は次式のようになる。

$$p_{kl} = (1+\tau_{kl})\hat{p}_k \tag{15}$$

(3) サービス業の企業行動

都市kにおけるサービス業の代表的企業jの生産関数と利潤を次式で定義する。

$$Y_{j_k} = E_{j_k}^{\varepsilon} F_{j_k}^{\xi} N_k^{\eta} \tag{16}$$

ここに、E_{j_k}, F_{j_k}は企業j_kの資本、雇用数である。

$$\Pi_{j_k} = \hat{q}_{j_k}(Y_{j_k})Y_{j_k} - r_k E_{j_k} - w_k F_{j_k} - g_{j_k} \tag{17}$$

ただし、$\hat{q}_{j_k}(Y_{j_k})$は集計的需要関数(4b)から求まる価格関数である。サービス業に対しても対称性を仮定しよう。利潤最大化条件により次式を得る。

$$E_k = \rho\varepsilon Y_k \frac{\hat{q}_k}{r_k} \tag{18}$$

$$F_k = \rho\xi Y_k \frac{\hat{q}_k}{w_k} \tag{19}$$

$$\hat{q}_k = \left[\frac{b}{a+b}(I_k - c_k\pi^{-\frac{1}{2}}N_k^{\frac{1}{2}})N_k(1-\rho\varepsilon-\rho\xi)^{-1}g_k\right]^{\frac{1-\varepsilon-\xi}{2}} \rho^{-(\varepsilon+\xi)}\left(\frac{r_k}{\varepsilon}\right)^{\varepsilon}\left(\frac{w_k}{\xi}\right)^{\xi} N_k^{-\eta} \tag{20}$$

$$Y_k = \left[\frac{b}{a+b}(I_k - c_k\pi^{-\frac{1}{2}}N_k^{\frac{1}{2}})N_k(1-\rho\varepsilon-\rho\xi)^{-1}g_k\right]^{\frac{\varepsilon+\xi}{2}} \rho^{(\varepsilon+\xi)}\left(\frac{r_k}{\varepsilon}\right)^{-\varepsilon}\left(\frac{w_k}{\xi}\right)^{-\xi} N_k^{\eta} \tag{21}$$

長期均衡条件により、

$$\hat{q}_k Y_k = \frac{1}{1-\rho\varepsilon-\rho\xi} g_k \cdot m_k \tag{22}$$

を考慮すれば立地企業数は次式のようになる。

$$m_k = \left[\frac{b}{a+b}(I_k - c_k\pi^{-\frac{1}{2}}N_k^{\frac{1}{2}})N_k(1-\rho\varepsilon-\rho\xi)g_k^{-1}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{23}$$

(4) 都市間均衡モデル

都市間均衡モデルは、都市システム内の財市場、資本市場、人口市場の均衡状態を記述する一般均衡モデルである。地域間では財、資本、人口が自由に移動することができる。各都市における労働と資本量は次式で定義される。

$$L_k = n_k L_k + m_k F_k \tag{24}$$

$$K_k = n_k K_k + m_k E_k \tag{25}$$

都市内の家計がすべて同質であると仮定すると、都市kの住民一人当りの所得は

$$I_k = w_k + \frac{R_k}{N_k} + \frac{s\sum_k r_k N_k}{\sum_k N_k} \tag{26}$$

で表される。ここに、第１項は賃金率、第２項は地代収入、第３項は資本所得を表す。ここで、sは国民一人当りの貯蓄残高であり経済内の全ての家計を通じて一定値を仮定する。また、$R_k = 1/3\cdot\pi^{-1/2}c_k N_k^{1/2}$は都市$k$の総地代収入である。資本は国内市場により獲得され、資本市場の均衡条件は以下のように定義できる。

$$\sum_{k=1}^{K} K_k = s\sum_{k=1}^{K} N_k \tag{27}$$

$$r_1 = \cdots = r_K = r \tag{28}$$

すなわち、各地域の利子率が均衡化されるように資本が各都市に配分される。rは均衡利子率であり、モデルにおいて内生的に決定される。都市間では人口移動が生じ、各都市圏で完全雇用が達成される。この時の国内における人口市場の均衡条件は以下のように定義できる。

$$L_k = N_k \tag{29}$$

$$\sum_{k=1}^{K} N_k = N \tag{30}$$

$$V_1 = V_2 = \cdots = V_k = V \tag{31}$$

すなわち、各都市の労働市場の清算条件(27)により各都市の賃金率が決定される。また、Vは均衡間接効用水準（内生変数）であり、各都市の人口は都市間の間接効用値が均衡化される水準に決定される。

4. おわりに

本研究で提案したモデルは多方面の問題への拡張が可能であり、例えば1)国際貿易を考慮した資本移動、2)都市成長モデルを用いての動学分析を行うといったモデルの拡張、3)交通企業の代替的な取り扱い方法の開発等が今後の拡張の可能性として挙げられる。紙面の都合、数値計算の結果については講演時に発表する。