【土木計画学研究・講演集 No.20(1) 1997年11月】

地方生活圏の都市システム構造に関する応用一般均衡モデル*

An Applied General Equilibrium Model for Urban Systems within Non-Metropolitan Areas *

秀島栄三** ・小林潔司***

By Eizo HIDESHIMA** and Kiyoshi KOBAYASHI***

1. はじめに

近年、大規模な交通施設の整備が都市システムに及ぼす影響を分析するための応用一般均衡分析モデルの研究が進展しつつある。その中でも、都市集積のメカニズムを内生的に説明しうる内生的集積モデルが着目されている。これらは、各都市を空間的に分断された市場として表現し、都市間の財・アイデアの短期的な流動、及び資本・人口の長期的な流動を通じて都市システムの構造が内生的に決定されるメカニズムをモデル化する点に特徴がある。その中で、交通施設の整備は、都市間の交通費用に影響を及ぼし、結果的に都市システムの構造に影響を及ぼす。一方、地方生活圏といったある日常的な生活圏を対象とした応用一般均衡分析に関しては、あまり研究が蓄積されていない。地方生活圏内においては、都市間における通勤、買い物が可能であり、空間的に統合化された地域内市場が存在し、その中で中心地構造という都市間の階層構造が形成されている。交通施設やその他の社会資本整備が地方都市圏の地域構造に及ぼす影響を分析するためには、このような地方生活圏内の中心地構造を表現しうる分析方法論の開発が必要となる。そこで、本研究では統合化された空間市場における階層構造の形成を内生的に説明しうる応用一般均衡分析モデルの開発をめざす。

2. 本研究の基本的な考え方

従来の都市システムモデルは空間的に分断された市場が前提とされ、都市間通勤は考慮されてこなかった。すなわち、家計は単一の都市に居住することによって、その都市における都市サービスを享受することが可能となる。都市システムが形成されるためには、空間的集積をもたらす規模の経済性と、人口・産業の分散化をもたらすメカニズムが同時に働く必要がある。規模の経済性の源泉としては、生産における技術的外部性、及び消費メニューの多様性に基づく外部経済性がある。特に後者は、都市サービスというその都市に立地しないと消費できない、いわゆる非貿易財の存在がもたらす金銭的外部経済性である。一方、分散化の要因としては地代、通勤費用の上昇という都市の混雑費用があげられる。

一方、地方都市圏内では市場が空間的に分断されておらず、上述のようなconcealed non-convexityの問題は存在しない。したがって、消費メニューの多寡という外部経済性は機能しにくい。中心地システムという三次産業の階層構造は、都市システム内に働く規模の経済性の結果として形成されたものである。本研究ではこのような階層性が生起するメカニズムとして、1）集積の経済、2）買い物行動における規模の経済性に着目したい。一方、分散化要因しては前述の都市混雑費用があげられる。地方都市圏の場合、兼業農家が依然として数多く存在していることを考えれば、農地等へのアクセス、自然資源、アメニティ等も重要な分散化要因となっている。本稿では紙面の都合上、これらの要因のすべてを考慮することはできないが、地方都市圏を対象とした応用一般均衡モデルのプロトタイプを示したいと考える。

3. 地方生活圏モデルの定式化

(1) モデル化の前提

地方生活圏は複数の都市 $k(k=1,\cdots,K)$ から構成される。各都市のCBDには（企業が立地すれば）ある種の三次産業（もしくは製造業）が立地し、圏

*キーワーズ：地域計画、一般均衡分析、都市システム

**正員、工博、京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(京都市左京区吉田本町、TEL=FAX 075-753-5073)
***同上 (TEL=FAX 075-753-5071)

内に居住する住民が消費するサービス（域外に移出する財）を生産する。各都市には土地利用規制が施行されており、住宅用地として利用可能な土地面積が外生的に与えられている。多くの地方都市圏では農業が実施されており、農地の所有形態や農業の経営形態のあり方が、家計の居住地選択のあり方に大きな影響を及ぼす。この意味で土地の所有形態に関する仮定が、一般均衡モデルの構造に本質的な影響を及ぼす。紙面の都合上、本稿では土地の holistic な public ownership（圏域全体での土地の共同保有）を仮定する。この仮定は地方生活圏の実態を考慮すれば unrealistic であるが、この仮定を採用することによりモデルを単純化できる。農業収益、地代収入の問題は、土地所有形態と連動させて議論すべき問題であり、bench-mark モデルを提案する本稿においては、簡単のために農業部門を無視することとする。この問題については講演時に補足したい。

都市圏経済は small open であり、地域住民は自由に立地都市を選択できると仮定する。いま、都市 k に家計が N_k（内生変数）立地すると考えよう。地方生活圏内には j $(j = 1, \cdots, J)$ タイプの財が利用可能であり、各タイプの財を提供する小売業が n_k^j（内生変数）立地する。ある都市ですべてのタイプの財を販売する小売業が立地しなくてもいい。小売業が提供する財はすべて水平的に差別化され、圏内のすべての顧客に独占競争的に提供される。小売業者は財を全国市場から仕入れ、地方生活圏内の家計のみに販売する。製造業者は財を生産し、全国（モデル上では圏外に大都市 o が存在すると想定する）に出荷する。圏域内外の移出入に関わる収支制約より、上位政府からの補助金等の所得移転がなければ、製造業の移出総額は移入総額に一致する。各都市の住民は、圏域内のいずれの都市に対しても通勤可能である。労働市場では完全雇用が達成され、賃金率は都市ごとに差別化されるものの各都市内では業種・タイプを問わず一定とする。

(2) 家計の消費行動

都市 k に居住し、都市 s に通勤する代表的家計を考える。都市 l $(l = 1, \cdots, K)$ で販売されるタイプ j $(j = 1, \cdots, J)$ の財および都市 k の土地を消費することによって自らの効用を最大化する。都市 l で販売されるタイプ j の消費財 $i_l^j (i_l^j = 1, \cdots, n_l^j)$ の消費量を x_{ks,i_l^j}、住宅地面積を h_{ks} とし、家計の効用関数 U_{ks} を以下のように定義する。

$$U_{ks} = \prod_{j=1}^{J} \left(\sum_{l=1}^{K} \sum_{i_l^j=1}^{n_l^j} x_{ks,i_l^j}^{\rho^j} \right)^{\frac{a^j}{\rho^j}} h_{ks}^b \tag{1}$$

ここに a_j, b はそれぞれタイプ j の消費財、土地への支出性向を示すパラメータで、$\sum_{j=1}^{J} a^j + b = 1$ を満たす。また、ρ は消費財消費における代替性パラメータであり、$0 < \rho < 1$ を仮定する。ρ が小さいほど家計の消費財の多様性に対する選好が強い。各都市 l で販売される消費財のタイプとその種類 n_l^j は、小売業の独占的競争によって決定される内生変数である。家計の予算制約式は次のようになる。

$$I_{ks} = \sum_{j}^{J} \sum_{l=1}^{K} \sum_{i_l^j=1}^{n_l^j} p_{k,i_l^j} x_{ks,i_l^j} + r_k h_{ks} + d_{ks} \tag{2}$$

ただし、I_{ks} は都市 k に居住して都市 s に通勤する家計の所得、p_{k,i_l^j} は都市 k に居住する家計によるタイプ j の消費財 i_l^j の購入価格（のちに示すように購入費用、探索費用を含む）、r_k は都市 k における地代、d_{ks} は (k, s) 間の通勤交通費用である。家計の所得 I_{ks} は賃金収入と public land ownership の下での地代収入の和で表される。

$$I_{ks} = w_s + \frac{R}{N} \tag{3}$$

ここに w_s は都市 s での賃金率、R は地方生活圏全体での地代総収入, N は総人口である。ここで、都市都市 k の家計による消費財 i_l^j の購入価格 p_{k,i_l^j} は、消費財の販売価格 $p_{i_l^j}$ に (k, l) 間の買物交通費用率 τ_{kl} と探索費用をマークアップした価格で表現される。

$$p_{k,i_l^j} = (1 + \tau_{kl} + \frac{\theta}{(n_l^j)^{\eta^j}}) p_{i_l^j} \tag{4}$$

ここに、$\theta (> 0)$ は買物行動における探索費用パラメータである。パラメータ $\eta^j (> 0)$ は財のタイプごとに異なり、$\eta^1 > \cdots > \eta^J$ を仮定する。η^j が大きいほど、都市 l の品揃えの豊富さ $(n_l^j)^{\eta^j} (\eta_l > 0)$ が探索費用が節約され、より買い回り性の高い財であることを表す。効用最大化行動より、家計の消費財、土地に対する需要関数は次式で表される。

$$x_{ks,i_l^j} = \frac{a^j \hat{I}_{ks} p_{k,i_l^j}^{\frac{-1}{1-\rho^j}}}{\sum_{l=1}^{K} \sum_{i_l^j=1}^{n_l^j} p_{k,i_l^j}^{\frac{-\rho^j}{1-\rho^j}}} \tag{5}$$

$$h_{ks} = \frac{b \hat{I}_{ks}}{r_k} \tag{6}$$

ただし、$\hat{I}_{ks} = I_{ks} - d_{ks}$である。消費財の対称性条件を考慮すると次式が成立する。

$$p_{i_l^j} = p_l^j (i_l^j = 1, \cdots, n_l^j; l = 1, \cdots, K, j = 1, \cdots, J)$$

消費財の購入価格、消費量にも対称性が成立ち、次式が成立する。

$$p_{k,i_l^j} = p_{kl}^j \quad x_{ks,i_l^j} = x_{ksl}^j$$
$$(i_l^j = 1, \cdots, n_l^j; l = 1, \cdots, K; j = 1, \cdots, J)$$

これより、消費財の需要関数は簡便化される。

$$x_{ksl}^j = a^j \hat{I}_{ks} P_k^{j \frac{-\rho^j}{1-\rho^j}} p_{kl}^{j \frac{-1}{1-\rho^j}} \tag{7}$$

$$P_k^j = \left(\sum_{l=1}^{K} n_l^j p_{kl}^{j \, -\frac{-\rho^j}{1-\rho^j}} \right)^{\frac{1-\rho^j}{\rho^j}} \tag{8}$$

P_k^jは都市 kにおけるタイプ jの消費財の購入価格水準を表す。式 (7) を式 (1) の効用関数に代入することにより、間接効用関数 V_{ks}は次式で表せる。

$$V_{ks} = b^b \hat{I}_{ks} r_k^{-b} \prod_{j=1}^{J} \{(a^j)^{a^j} (P_k^j)^{-a^j}\} \tag{9}$$

ここで、P_k^jが小売業立地数 n_l^j $(j = 1, \cdots, J; l = 1, \cdots, K)$ の関数で表せることに着目しよう。すなわち、間接効用関数 V_{ks}は小売業立地ベクトル $\mathbf{n} = \{n_1^1, \cdots, n_l^j, \cdots, n_K^J\}$ の関数で表される。この時、人口分布の空間的均衡は次式で定義される。

$$V_{ks}(\mathbf{n}) - V^* = 0 \quad s.t. \quad \mathrm{N}_{ks} > 0 \quad and$$
$$V_{ks}(\mathbf{n}) - V^* \leq 0 \quad s.t. \quad \mathrm{N}_{ks} = 0 \tag{10}$$

ここに、V^*は均衡効用水準であり、都市圏の openess の仮定よりその値は外生的に与えられる。

(3) 製造業の行動

都市 lには製造業が m_l社立地し、生産した消費財を大都市 o に移出する。都市 lの各企業が生産する財の全国需要は集計的に次式で表現されると仮定する。

$$Y_l = \zeta q_{ol}^{\varepsilon} \tag{11}$$

Y_lは代表的企業が生産する財の 1 社あたりの集計的需要、q_{ol}は都市 lで生産された消費財の大都市 o における販売価格である。ζ、εはそれぞれ大都市における消費財の需要に関するパラメータ、価格弾力値を表すパラメータであり、$\zeta > 1$、$\varepsilon > 1$ とする。q_{ol}は都市 lにおける消費財の生産者価格に輸送費用をマークアップした価格として表現する。

$$q_{ol} = (1 + \chi_{ol}) q_l \tag{12}$$

χ_{ol}は大都市 o と都市 lの間の輸送費用率、q_lは都市 l における生産者価格である。集積の経済性を仮定し、生産技術をコブ=ダグラス型の生産関数

$$Y_l = E_l^{\alpha} M_l^{\gamma} \tag{13}$$

で表す。Y_l、E_lはそれぞれ都市 lに立地する代表的企業 1 社あたりの生産量と雇用者数であり、Mは都市 l の労働人口である。αは生産技術における規模に関する収穫を表すパラメータである。$M_l^{\gamma} (\gamma > 0)$ は、集積の経済性が労働人口の関数であることを表し、各企業にとっては外生的に与えられる。各製造業は独占的競争市場において利潤

$$\Pi_{Yl} = q_l(Y_l) Y_l - w_l E_l - r_l f_l \tag{14}$$

の最大化を図る。ただし、w_lは都市 lでの賃金率、R_lは都市 lでの地代、f_lは製造業 1 社あたりの土地使用量（定数）である。なお、生産者価格関数は、式 (11)、(12) より次式のようになる。

$$q_l(Y_l) = (1 + \chi_{ol})^{-1} \zeta^{\frac{1}{\varepsilon}} Y_l^{\frac{-1}{\varepsilon}} \tag{15}$$

生産関数 (13)、生産者価格関数 (15) を考慮し、式 (14) で表される利潤を最大化すると企業の労働需要を表す次式が得られる。

$$E_l = (\alpha \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon})^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} \zeta^{\frac{1}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}}$$
$$(1 + \chi_{ol})^{\frac{-\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} M_l^{\frac{\varepsilon\gamma - \gamma}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} w_l^{\frac{-\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} \tag{16}$$

上式を生産関数 (13) に代入すると、製造業 1 社あたりの生産量 Y_lは次式で表される。

$$Y_l = (\alpha \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon})^{\frac{\alpha\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} \zeta^{\frac{\alpha}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}}$$
$$\times (1 + \chi_{ol})^{\frac{-\alpha\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} M_l^{\frac{\varepsilon\gamma}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} w_l^{\frac{-\alpha\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} \tag{17}$$

式 (15) に代入すれば、生産者価格 q_lを得る。

$$q_l = (\alpha \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon})^{\frac{-\alpha}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} \zeta^{\frac{1-\alpha}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}}$$
$$\times (1 + \chi_{ol})^{\frac{-\varepsilon + \alpha\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} M_l^{\frac{-\gamma}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} w_l^{\frac{\alpha}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} \tag{18}$$

以上の式 (16)(17)(18) を利潤を表す式 (14) に代入することにより、利潤関数を次式で表現できる。

$$\Pi_{Yl} = \psi \zeta^{\frac{1}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} (1 + \chi_{ol})^{\frac{-\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}}$$
$$\times M_l^{\frac{\varepsilon\gamma - \gamma}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} w_l^{\frac{-\alpha\varepsilon + \alpha}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} - R_l f_l \tag{19}$$
$$\psi = (\alpha \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon})^{\frac{-\alpha + \alpha\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}} - (\alpha \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon})^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon - \alpha\varepsilon + \alpha}}$$

立地企業数は各企業の利潤がゼロとなる水準に決定される。式 (18) より利潤関数が各都市の立地企業数 m_kの関数で表されることに着目し、利潤関数 Π_{Yl}を明示的に各都市の立地企業数ベクトル $\mathbf{m} = (\mathrm{m_l}, \cdots, \mathrm{m_K})$ の関数として$\Pi_{Yl}(\mathbf{m})$ と表す。企業の立地均衡は次式で表される。

$$\Pi_{Yl}(\mathbf{m}) = 0 \quad s.t. \quad m_l > 0 \quad and$$
$$\Pi_{Yl}(\mathbf{m}) \geq 0 \quad s.t. \quad m_l = 0 \tag{20}$$

(4) 小売業の行動

都市lにはタイプjの対称的小売業$n_l^j(\geq 0)$社が立地している。大都市oから消費財を仕入れ、マージンを上乗せした価格で地方生活圏内の家計を対象に販売する。都市lにおける消費財の仕入れ価格p_{ol}^jは、大都市oにおける出荷価格（f.o.b.price）に輸送費用をマークアップした価格に設定される。

$$p_{ol}^j = (1+\chi_{ol})p_o^j \tag{21}$$

p_o^jは大都市oにおける出荷価格であり、簡単のために$p_o^j = 1$を仮定する。地方経済の smallness の仮定より、消費財の出荷価格p_oは一定と考える。χ_{ol}は大都市oと都市lの間の輸送費用率である。規模に関して収穫一定の生産関数を次式で表す。

$$X_l^j = L_l^j \tag{22}$$

X_l^j、L_l^jはそれぞれ都市lに立地するタイプjの代表的小売業1社あたりの販売量、雇用者数である。小売業は独占的競争市場において利潤が最大となるように価格設定を行う。小売業の利潤を次式で定義する。

$$\Pi_{Xl}^j = (p_l^j - p_{ol}^j - w_l)X_l(p_l^j) - r_l g_l \tag{23}$$

ただし、p_l^jは都市lにおける消費財の販売価格、g_l^jは小売業1社あたりの土地使用量である。販売量は家計の消費財に対する集計的需要関数そのものであるから、消費財の購入価格の定義式 (4) とタイプjの消費財の需要関数 (7) より、

$$X_l^j(p_l^j) = \sum_{k=1}^{K}\sum_{s=1}^{K} x_{ksl}^j N_{ks} = F_l^j {p_l^j}^{\frac{-1}{1-\rho^j}} \tag{24}$$

$$F_l^j = \sum_{k=1}^{K}\{(1+\tau_{kl}+\frac{\theta}{(n_l^j)^{\eta^j}})^{\frac{-1}{1-\rho^j}} {P_k^j}^{\frac{\rho^j}{1-\rho^j}} \sum_{s=1}^{K}\hat{I}_{ks}N_{ks}\}$$

となる。ただし、$n_l^j = 0$のときに限っては$F_l^j = 0$であるとする。ここで、各企業は自社の行動が各都市における消費財の購入価格水準に及ぼす影響に関して近視眼的な期待を形成するものと仮定する。

$$\frac{\partial P_k^j}{\partial p_l^j} = 0 \tag{25}$$

式 (23) で表される利潤を最大化すると小売価格は

$$p_l^j = \frac{1}{\rho^j}(p_{ol}^j + w_l) \tag{26}$$

と表される。上式を式 (25) に代入すると消費財の販売量および労働需要は次式で表される。

$$X_l^j = L_l^j = {\rho^j}^{\frac{1}{1-\rho^j}} F_l^j (p_{ol}^j + w_l)^{\frac{-1}{1-\rho^j}} \tag{27}$$

さらに小売価格 (26)、労働需要 (30) を利潤 (23) に代入すると利潤関数は次式で表現される。

$$\Pi_{Xl}^j = BF_l^j(p_{ol}^j + w_l)^{\frac{-\rho^j}{1-\rho^j}} - r_l g_l^j \tag{28}$$

ただし、$B = (1-\rho^j){\rho^j}^{\frac{\rho^j}{1-\rho^j}}$である。立地企業数は各企業の利潤がゼロとなる水準に決定される。消費財の購入価格水準の定義式 (8) および式 (25) より利潤関数が各都市の立地企業数n_lの関数で表されることに着目し、利潤関数Π_{Xl}^jを明示的に各都市の立地企業数ベクトル$\mathbf{n} = (n_1^1, \cdots, n_K^J)$の関数として$\Pi_{Xl}^j(\mathbf{n})$と表す。このとき、都市$l$における立地企業数$n_l^j$は次式が成立する水準に決定される。

$$\begin{aligned} &\Pi_{Xl}^j(\mathbf{n}) = 0 \quad s.t. \quad n_l^j > 0 \quad and \\ &\Pi_{Xl}^j(\mathbf{n}) \geq 0 \quad s.t. \quad n_l^j = 0 \end{aligned} \tag{29}$$

(5) 市場均衡

家計は勤務地を自由に選択し、労働力を提供する。一方、企業は生産・販売活動のために労働力を必要とする。この労働市場の供給と需要のバランスによって各都市における賃金率が決定される。都市kにおける集計的な労働需要M_kは製造業、小売業の雇用者数の和として次のように表される。

$$M_k = m_k E_k + \sum_{j=1}^{J} n_k^j L_k^j \tag{30}$$

都市kの労働力供給量は$\sum_{k=1}^{K} N_{sk}$であるから、労働市場の均衡条件式は次のように定義できる。

$$M_k = \sum_{s=1}^{K} N_{sk} \tag{31}$$

一方、都市k $(k = 1, \cdots, K)$における総住宅地面積をH_k、都市sに通勤する人口N_{ks} $(s = 1, \cdots, K)$とすれば、土地市場の均衡式

$$\sum_{s=1}^{K} N_{ks}\frac{b\hat{I}_{ks}}{r_k} = H_k \tag{32}$$

を得る。同じく、工業用地面積、商業用地面積をそれぞれF_k, G_kとすれば、次式が成立する。

$$m_k f_k = F_k, \quad \sum_{j=1}^{J} n_k^j g_k^j = G_k \tag{33}$$

4. おわりに

本稿では地方生活圏における都市構造の階層性の形成メカニズムについて分析を行った。紙面の都合上、モデルの詳細や数値計算事例に関しては割愛せざるを得ない。これについては講演時に説明する。また、以上のプロトタイプモデルにおいて、1）探索費用の行動的基礎、2）代替的土地所有形態、3）農業経営の取り扱い等が今後の課題として残されている。