【土木計画学研究・講演集　No.20(1)　1997年11月】

# 規模の経済性を持つ交通ネットワークの改善効果分析*—モデルの提案—

A Modeling for Impact Analysis of the Improvement of Transport Network with Increasing Returns*

上田孝行**，小森俊文***，宮城俊彦****，森杉壽芳*****

By Takayuki UEDA**, Toshifumi KOMORI***, Toshihiko MIYAGI****, Hisayoshi MORISUGI*****

## 1. はじめに

交通ネットワークは規模の経済性を有する典型的なシステムの一つであり，それが参入や料金水準の規制を行うことの根拠(例えば，金本・奥野(1991))となっている．また，今日ではハブ港湾・空港の整備が地域間競争の観点から関心を呼んでおり，それらの成立可能性や地域開発効果の特性については，ネットワークにおける規模の経済性を明示したモデルによる分析が不可欠である．しかし，従来の交通ネットワーク改善の効果分析(例えば，森杉(1989)など多数)においては，この点について明示的に考慮し，かつ，理論的な整合性を保持したものは乏しい．

そこで本研究では，以上の問題意識のもとに規模の経済性を持つ交通ネットワークを考慮した空間経済システムのモデリングを行う．なお，本稿ではいわゆるハブ港湾の整備を念頭に置いたモデルの提案を提示するが、ハブ空港や他の交通システムに読み替えることは容易に可能である．

## 2. モデルの基本的仮定

モデルは次のような仮定に基づいている．

1. $r,s \in \{\cdots,r,\cdots,s,\cdots\} = \mathbf{N}^C$ のラベルで表される社会経済都市が存在する．
2. 都市 $s$ には同一の選好を有する世帯 $n^s$，同一の生産技術を有する製造業 $m^s$，また港湾のある都市には一つの代表的港湾企業が存在する．
3. 全ての都市に region-specific factor を所有する不在地主が存在する．それぞれの都市で賃貸料を徴収し，その都市に居住する世帯に分配する．
4. 総世帯数（人口）は $n^T$ で一定である．
5. 同一の技術を有する交通企業が存在し，交通ネットワークを利用して都市から都市へ財を輸送する．
6. 交通ネットワークは $i,j \in \{\cdots,i,\cdots,j,\cdots\} = \mathbf{N}^n$ のラベルで表されるノード，$(i,j) \in \{\cdots,(i,j),\cdots\} = \mathbf{N}^L$ のラベルで表されるノードペアのリンクが存在する．
$i \in \{\cdots,i,\cdots\} = \mathbf{N}^P \subseteq \mathbf{N}^n$ で表されるノードは港湾都市を表し，そこでは交通企業が財を輸送するために港湾サービスを需要する．
7. 港湾を有する都市の政府は，その都市に居住する世帯から一括税を徴収し，港湾企業にその税収を譲渡する．

## 3. 各主体の行動モデルと主体的帰着便益

### (1) 世帯

世帯は都市の労働市場において労働量を提供し，交通企業によって輸送された各種の財(M 財)と region-specific factor を消費する．賃金収入と分配収入を受け取り，輸送された財に対しては c.i.f.価格(＝f.o.b.価格＋交通サービス価格)を支払い，region-specific factor に対しては交通サービス価格を含まないそれ自身の価格を支払う．

#### (a) 効用最大化行動

世帯は所得制約の下で効用最大化行動をするものと仮定し，次のように定式化する．

$$V^s(m, p^s+\lambda^s, \eta^s, w^s+\omega^s-\tau^s) = \max_{\chi^s, z^s} U(m, \chi^s, z^s) \tag{1}$$

$$\begin{aligned} s.t.\ & \sum_{r\in\mathbf{N}^C} m^r(p^{rs}+\lambda^{rs})\chi^{rs} + \eta^s z^s = w^s+\omega^s-\tau^s \\ & \chi^{rs} \ge 0 \quad for\ all\ \ r\in\mathbf{N}^C \\ & z^s \ge 0 \end{aligned}$$

ここで,

$V^s$：都市 $s$ に居住する世帯の間接効用関数

$U$：直接効用関数

$m^r$：都市 $r$ に立地する製造業数

$\chi^{rs}$：都市 $r$ に立地する一つの企業が生産した財の都市 $s$ に居住する一つの世帯の消費量

$z^s$：都市 $s$ に居住する世帯の region-specific factor 消費量

$p^{rs}$：都市 $r$ から都市 $s$ に輸送された財の f.o.b.価格

$\lambda^{rs}$：都市 $r$ から都市 $s$ に 1 単位の財を輸送するための交通サービス価格

$\eta^s$：都市 $s$ での region-specific factor の価格

$w^s$：都市 $s$ に居住する世帯の賃金収入

$\omega^s$：都市 $s$ に居住する世帯の分配収入

$\tau^s$：都市 $s$ に居住する世帯が徴収される一括税

$\chi^s = (\cdots,\chi^{rs},\cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^C|}$：消費量ベクトル

$p^s = (\cdots,p^{rs},\cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^C|}$：f.o.b.価格ベクトル

$\lambda^s = (\cdots,\lambda^{rs},\cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^C|}$：交通サービス価格ベクトル

$m = (\cdots,m^r,\cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^C|}$：製造業数ベクトル

Kuhn-Tucker 条件より

$$\begin{cases} \{\mu^s(p^{rs}+\lambda^{rs}) - \frac{\partial U}{\partial \chi^{rs}}\}\cdot\chi^{rs} = 0 \\ \mu^s(p^{rs}+\lambda^{rs}) - \frac{\partial U}{\partial \chi^{rs}} \ge 0 \\ \chi^{rs} \ge 0 \qquad\qquad for\ all\ \ r\in\mathbf{N}^C \end{cases} \tag{2.a}$$

$$\begin{cases} (\mu^s\eta^s - \frac{\partial U}{\partial z^s})\cdot z^s = 0 \\ \mu^s\eta^s - \frac{\partial U}{\partial z^s} \ge 0 \\ z^s \ge 0 \end{cases} \tag{2.b}$$

$$\begin{cases} [w^s+\omega^s-\tau^s - \{\sum_{r\in\mathbf{N}^C} m^r(p^{rs}+\lambda^{rs})\chi^{rs} + \eta^s z^s\}]\cdot\mu^s = 0 \\ w^s+\omega^s-\tau^s - \{\sum_{r\in\mathbf{N}^C} m^r(p^{rs}+\lambda^{rs})\chi^{rs} + \eta^s z^s\} \ge 0 \\ \mu^s \ge 0 \end{cases} \tag{2.c}$$

---

*ｷｰﾜｰﾄﾞ：国土計画，ﾈｯﾄﾜｰｸ交通流，整備効果計測法

**正会員　工博　岐阜大学助教授　工学部土木工学科
(岐阜市柳戸 1-1, TEL058-293-2447, FAX058-230-1248)
***学正員　岐阜大学大学院　博士前期課程
****正会員　工博　岐阜大学教授　地域科学学部
*****正会員　工博　アジア工科大学教授　土木工学科

ここで，

$\mu^s$ ：効用最大化行動(1)に対応したラグランジュ乗数

**(b) 経路選択**

それぞれの経路で Wardrop 均衡が成立すると仮定すると，次のような相補性問題(例えば，宮城(1985)など多数)として表現できる．

$$\begin{cases}(\alpha^r q_h^{rs} - \lambda^{rs}) \cdot x_h^{rs} = 0 \\ \alpha^r q_h^{rs} - \lambda^{rs} \geq 0 \\ x_h^{rs} \geq 0\end{cases} \tag{3.a}$$

$$\begin{cases}(\sum_{h \in \mathbf{P}^{rs}} x_h^{rs} - n^s m^r \chi^{rs}) \cdot \lambda^{rs} = 0 \\ \sum_{h \in \mathbf{P}^{rs}} x_h^{rs} - n^s m^r \chi^{rs} \geq 0 \\ \lambda^{rs} \geq 0\end{cases} \tag{3.b}$$

ここで，

$x_h^{rs}$ :OD ペア $(r,s)$ の経路 $h$ における輸送された財に換算した交通量

$q_h^{rs}$ ：OD ペア $(r,s)$ の経路 $h$ における交通サービス価格

$h \in \mathbf{P}^{rs}$ ：OD ペア $(r,s)$ における利用可能な経路のラベル

$\alpha^r$ ：都市 $r$ で生産された 1 単位当たりの財を交通量に転換するための係数もしくは 1 単位当たりの財を輸送するための必要交通サービス量

**(c) 立地選択行動**

世帯は効用がより高くなる都市に居住すると仮定すると，次のような相補性問題として表現できる．

$$\begin{cases}(V^* - V^s) \cdot n^s = 0 \\ V^* - V^s \geq 0 \\ n^s \geq 0 \qquad\qquad \mathit{for\ all} \quad s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}\end{cases} \tag{4.a}$$

$$\begin{cases}(n^T - \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} n^s) \cdot V^* = 0 \\ n^T - \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} n^s \geq 0 \\ V^* \geq 0\end{cases} \tag{4.b}$$

ここで，

$V^*$ ：均衡状態における効用レベル

**(d) 世帯の主体的帰着便益**

世帯の純便益は次のように表現できる．

$$\begin{aligned}HB^s = & \int_{V^a \to V^b} \tfrac{\partial}{\partial V}\{e(m^a, p^{sa} + \lambda^{sa}, \eta^{sa}, w^{sa} + \omega^{sa} - \tau^{sa}, V)\} dV \\ = & \oint_{0 \to 1} \tfrac{\partial}{\partial V}\{e(\cdots, V(\zeta))\}[(\tfrac{\partial V^s(\zeta)}{\partial \Omega^s})\{dw^s(\zeta) + d\omega^s(\zeta) - d\tau^s(\zeta) \\ & - \sum_{r \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} m^r(\zeta) \chi^{rs}(\zeta)(dp^{rs}(\zeta) + d\lambda^{rs}(\zeta)) - z^s(\zeta) d\eta^s(\zeta) \\ & - \sum_{r \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} (p^{rs}(\zeta) + \lambda^{rs}(\zeta)) \chi^{rs}(\zeta) dm^r(\zeta)\} + \sum_{r \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} \tfrac{\partial U(\zeta)}{\partial m^r} dm^r(\zeta)]\end{aligned} \tag{5}$$

ここで，

$e$ ：支出関数

$a,b$ ：プロジェクト無し，有りを表す

$\zeta$ ：線積分の経路を表すダミー変数

**(2) 製造業**

**(a) 利潤最大化行動**

異なる競争状態を想定し，その状態に応じた利潤関数を定式化する．

Bertrand 的競争の場合

$$\pi_M^r = \max_{p^{rs}} \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} p^{rs} n^s \chi^{rs}(p^{rs}, \cdot) - C_M^r(Q_M^r, w^r) \tag{6}$$

$$s.t. \quad Q_M^r - \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} n^s \chi^{rs}(p^{rs}, \cdot) \geq 0 \quad , \quad p^r \geq 0$$

ここで，

$\pi_M^r$ ：都市 $r$ に立地する一つの製造業の利潤

$\chi^{rs}(p^{rs}, \cdot)$ ：都市 $r$ に立地する一つの企業が生産した財の都市 $s$ に居住する世帯の需要関数

$C_M^r$ ：都市 $r$ に立地する製造業の費用関数

$Q_M^r$ ：都市 $r$ に立地する製造業が生産した財の総量

$p^r = (\cdots, p^{rs}, \cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^{\mathbf{C}}|}$ ：価格ベクトル

Kuhn-Tucker 条件より

$$\begin{cases}(\frac{\partial C_M^r}{\partial Q_M^r} - \psi^r) \cdot Q_M^r = 0 \\ \frac{\partial C_M^r}{\partial Q_M^r} - \psi^r \geq 0 \\ Q_M^r \geq 0\end{cases} \tag{7.a}$$

$$\begin{cases}\{\psi^r - p^{rs}(1 - \frac{1}{\sigma_M^{rs}})\} \cdot n^s \frac{\partial \chi^{rs}}{\partial p^{rs}} p^{rs} = 0 \\ \{\psi^r - p^{rs}(1 - \frac{1}{\sigma_M^{rs}})\} \cdot n^s \frac{\partial \chi^{rs}}{\partial p^{rs}} \geq 0 \\ p^{rs} \geq 0 \qquad\qquad \mathit{for\ all} \quad s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}\end{cases} \tag{7.b}$$

ここで，

$\psi^r$ ：利潤最大化行動に対応したラグランジュ乗数

$\sigma_M^{rs}$ ：都市 $r$ で生産され都市 $s$ に居住する世帯が需要する M 財の価格弾力性

Cournot 的競争の場合

$$\pi_M^r = \max_{Q_M^r, \chi^{rs}} \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} p^{rs}(\chi^{rs}, \cdot) n^s \chi^{rs} - C_M^r(Q_M^r, w^r) \tag{8}$$

$$s.t. \quad Q_M^r - \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} n^s \chi^{rs} \geq 0 \quad , \quad \chi^r \geq 0$$

ここで，

$\chi^r = (\cdots, \chi^{rs}, \cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^{\mathbf{C}}|}$ ：消費量ベクトル

Kuhn-Tucker 条件より

$$\begin{cases}(\frac{\partial C_M^r}{\partial Q_M^r} - \psi^r) \cdot Q_M^r = 0 \\ \frac{\partial C_M^r}{\partial Q_M^r} - \psi^r \geq 0 \\ Q_M^r \geq 0\end{cases} \tag{9.a}$$

$$\begin{cases}\{\psi^r - p^{rs}(1 - \frac{1}{\sigma_M^{rs}})\} \cdot \chi^{rs} = 0 \\ \{\psi^r - p^{rs}(1 - \frac{1}{\sigma_M^{rs}})\} \geq 0 \\ \chi^{rs} \geq 0 \qquad\qquad \mathit{for\ all} \quad s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}\end{cases} \tag{9.b}$$

**(b) 製造業の主体的帰着便益**

製造業の純便益は次のように表現できる．

$$\begin{aligned}MB^r = & \int_{a \to b} d\pi_M^r \\ = & \oint_{0 \to 1} \{\sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} n^s(\zeta) \chi^{rs}(\zeta) dp^{rs}(\zeta) + \sum_{s \in \mathbf{N}^{\mathbf{C}}} p^{rs}(\zeta) d(n^s \chi^{rs}(\zeta)) \\ & - \tfrac{\partial C_M^r(\zeta)}{\partial Q_M^r} dQ_M^r(\zeta) - \tfrac{\partial C_M^r(\zeta)}{\partial w^r} dw^r(\zeta)\}\end{aligned} \tag{10}$$

企業が自由に参入できると仮定すると，製造業の利潤および主体的帰着便益は次のようになる．

$\pi_M^r = 0$　ゆえに　$MB^r = 0$

### (3) 港湾企業

#### (a) 利潤関数の定式化

港湾企業は自然独占状態を想定し，利潤関数を次のように定式化する．

$$\pi_{Pi} = g_i Y_i - C_{Pi}(Y_i, w_i, A_i) - I_i + T_i \ \ or \ \ g_i = \frac{C_{Pi} + I_i - T_i}{Y_i} \quad (11)$$

ここで，

$g_i$ ：ノード $i$ での港湾サービス価格
$Y_i$ ：ノード $i$ で提供される港湾サービスの総量
$C_{Pi}$ ：ノード $i$ での港湾サービスの費用関数
$w_i$ ：ノード $i$ で港湾サービスを提供するための投入財（労働賃金）価格
$A_i$ ：ノード $i$ の港湾の性能（容量など）
$I_i$ ：ノード $i$ での港湾インフラ整備を行うための投資額
$T_i$ ：都市政府から補助金

港湾サービスの生産が規模に関して収穫逓増の場合

$$\frac{\partial}{\partial Y_i}\left(\frac{C_{Pi}}{Y_i}\right) < 0 \quad (12)$$

#### (b) 港湾企業の主体的帰着便益

港湾企業の純便益は次のように表現できる．

$$\begin{aligned} PB_i &= \int_{a\to b} d\pi_{Pi} \\ &= \oint_{0\to 1} \{Y_i(\zeta)dg_i(\zeta) + g_i(\zeta)dY_i(\zeta) - \tfrac{\partial C_{Pi}(\zeta)}{\partial Y_i} dY_i(\zeta) \\ &\quad - \tfrac{\partial C_{Pi}(\zeta)}{\partial w_i} dw_i(\zeta) - \tfrac{\partial C_{Pi}(\zeta)}{\partial A_i} dA_i(\zeta) - dI_i(\zeta) + dT_i(\zeta)\} \\ &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

### (4) 交通企業

#### (a) 利潤最大化行動

異なる競争状態を想定し，その状態に応じた利潤関数を定式化する．

Bertrand 的競争の場合

$$\pi_T = \max_{q_h} \sum_{h\in \mathbf{P}^{rs}} \{q_h y_h(q_h, \cdot) - C_h(y, Y, g, w^o)\} \quad (14)$$
$$s.t. \ \ q_h \geq 0$$

ここで，

$\pi_T$ ：一つの交通企業の利潤
$q_h$ ：経路 $h$ における交通サービス価格
$y_h$ ：経路 $h$ での交通企業が供給する交通サービス量
$C_h$ ：経路 $h$ での交通サービス費用関数
$Y = (\cdots, Y_h, \cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{P}|}$ ：交通サービスの総供給量ベクトル
$Y_h = K y_h$ ：経路 $h$ での交通サービス総供給量
$K$ ：交通企業数
$y = (\cdots, y_h, \cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{P}|}$ ：交通サービスの供給量ベクトル
$g = (\cdots, g_i, \cdots) \in \mathbf{R}^{|\mathbf{N}^P|}$ ：港湾サービスの価格ベクトル
$w^o$ ：交通サービスを供給するための投入財価格

Kuhn-Tucker 条件より

$$\begin{cases} \{\sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \frac{\partial C_{h'}}{\partial y_h} - q_h(1 - \frac{1}{\sigma_T^h})\} \frac{\partial y_h}{\partial q_h} q_h = 0 \\ \{\sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \frac{\partial C_{h'}}{\partial y_h} - q_h(1 - \frac{1}{\sigma_T^h})\} \frac{\partial y_h}{\partial q_h} \geq 0 \\ q_h \geq 0 \qquad \qquad for\ all \ \ h \in \mathbf{P}^{rs} \end{cases} \quad (15)$$

ここで，

$\sigma_T^h$ ：経路 $h$ における交通サービス需要の価格弾力性

Cournot 的競争の場合

$$\pi_T = \max_{y_h} \sum_{h\in \mathbf{P}^{rs}} \{q_h(y_h, \cdot) y_h - C_h(y, Y, g, w^o)\} \quad (16)$$
$$s.t. \ \ y \geq 0$$

Kuhn-Tucker 条件より

$$\begin{cases} \{\sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \frac{\partial C_{h'}}{\partial y_h} - q_h(1 - \frac{1}{\sigma_T^h})\} \cdot y_h = 0 \\ \sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \frac{\partial C_{h'}}{\partial y_h} - q_h(1 - \frac{1}{\sigma_T^h}) \geq 0 \\ y_h \geq 0 \qquad \qquad for\ all \ \ h \in \mathbf{P}^{rs} \end{cases} \quad (17)$$

#### (b) 交通企業の主体的帰着便益

交通企業の純便益は次のように表現できる．

$$\begin{aligned} TB^r &= \int_{a\to b} d\pi_T \\ &= \oint_{0\to 1} \sum_{s\in \mathbf{N}^C} \{y_h(\zeta)dq_h(\zeta) + q_h(\zeta)dy_h(\zeta) - \sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \tfrac{\partial C_h(\zeta)}{\partial y_{h'}} dy_{h'}(\zeta) \\ &\quad - \sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \tfrac{\partial C_h(\zeta)}{\partial Y_{h'}} dY_{h'}(\zeta) - \sum_{i\in \mathbf{N}^P} \tfrac{\partial C_h(\zeta)}{\partial g_i} dg_i(\zeta)\} \end{aligned} \quad (18)$$

企業が自由に参入できると仮定すると，交通企業の利潤および主体的帰着便益は次のようになる．

$$\pi_T = 0 \quad ゆえに \quad TB = 0$$

#### (c) 交通サービスの費用関数

リンク・経路接続要素は，次のように定義する．

$$\delta_{ij,h} = \begin{cases} 1: 経路 h にリンク (i,j) が含まれる場合 \\ 0: それ以外の場合 \end{cases}$$

$$\varepsilon_{i,h} = \begin{cases} 1: 経路 h にノード i が含まれる場合 \\ 0: それ以外の場合 \end{cases}$$

交通サービスの費用関数は次のように定式化する．

$$C_h(Y, y) = (\sum_{i\in \mathbf{N}^n} \varepsilon_{i,h} g_i) y_h + \sum_{(i,j)\in \mathbf{N}^L} \delta_{ij,h} C_{ij}(Y_{ij}, y_{ij}) \quad (19.a)$$

ただし， $y_{ij} = \sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \delta_{ij,h'} y_{h'}$ , $Y_{ij} = \sum_{h'\in \mathbf{P}^{rs}} \delta_{ij,h'} Y_{h'}$ (19.b)

交通サービスの生産が規模に関して収穫逓増の場合

$$\frac{\partial}{\partial y_{ij}}\left(\frac{C_{ij}}{y_{ij}}\right) < 0 \quad (20)$$

### (5) 不在地主

#### (a) 分配スキーム

region-specific factor の賃貸料の分配は，次のように定義する．

Ⅰ. region-specific factor の賃貸収入を全世帯で均一に配分する．

$$\sum_{s\in \mathbf{N}^c} \eta^s Z^s - n^T \omega^T = 0 \quad (21.a)$$

Ⅱ. region-specific factor の賃貸収入を各都市の世帯で均一に配分する．

$$\eta^s Z^s - n^s \omega^s = 0 \quad (21.b)$$

#### (b) 分配収入への影響

Ⅰ. $\sum_{s\in \mathbf{N}^c} Z^s d\eta^s - n^T d\omega^T = 0$ (22.a)

Ⅱ. $Z^s d\eta^s - \omega^s dn^s - n^s d\omega^s = 0$ (22.b)

**(6) 都市政府**

**(a) 財政のバランス**

世帯から徴収した一括税と，都市政府から港湾企業への補助金の関係は次のように表現できる．

$$n^s\tau^s - T^s(=T_i) = 0 \qquad for\ all \quad s \in \mathbf{N}^C \tag{23}$$

**(b) 影響**

$$\tau^s dn^s + n^s d\tau^s - dT^s = 0 \tag{24}$$

**4. 市場均衡**

**(1) M財市場**

**(a) 市場均衡状態**

市場均衡条件は，それぞれ次のような相補性問題として表現できる．

すべての製造業が都市において区別される場合

$$\begin{cases} \{\psi^r - p^{rs}(1-\frac{1}{\sigma_M^{rs}})\}\cdot\chi^{rs} = 0 \\ \psi^r - p^{rs}(1-\frac{1}{\sigma_M^{rs}}) \geq 0 \\ \chi^{rs} \geq 0 \qquad for\ all \quad (r,s) \in \mathbf{OD} \end{cases} \tag{25.a}$$

都市 $r$ における製造業が区別できない場合

$$\begin{cases} (m^r Q^r - \sum_{s \in \mathbf{N}^C} n^s \chi^{rs})\cdot p^r = 0 \\ m^r Q^r - \sum_{s \in \mathbf{N}^C} n^s \chi^{rs} \geq 0 \\ p^r \geq 0 \qquad for\ all \quad (r,s) \in \mathbf{OD} \end{cases} \tag{25.b}$$

自由に参入が行われると仮定した場合

$$\begin{cases} -\pi_M^r m^r = 0 \\ -\pi_M^r \geq 0 \\ m^r \geq 0 \qquad for\ all \quad r \in \mathbf{N}^C \end{cases} \tag{25.c}$$

**(b) M財市場への影響**

$$dQ^{rs} = d(n^s\chi^{rs}) \tag{26}$$

**(2) Region-specific factor 市場**

**(a) 市場均衡状態**

$$\begin{cases} (Z^s - n^s z^s)\cdot\eta^s = 0 \\ Z^s - n^s z^s \geq 0 \\ \eta^s \geq 0 \qquad for\ all \quad s \in \mathbf{N}^C \end{cases} \tag{27}$$

ここで，

$Z^s$ ：都市 $s$ での region-specific factor の総量

**(b) 市場への影響**

$$z^s dn^s + n^s dz^s = 0 \tag{28}$$

**(3) 労働市場**

それぞれの都市で労働市場が存在し，投入財として製造業と港湾企業の労働需要があり，居住する世帯は労働時間を供給する．

**(a) 市場均衡状態**

$$\begin{cases} (n^s - m^s l_M^s + l_P^s)\cdot w^s = 0 \\ n^s - m^s l_M^s + l_P^s \geq 0 \\ w^s \geq 0 \qquad for\ all \quad s \in \mathbf{N}^C \end{cases} \tag{29}$$

ここで，

$l_M^s = \frac{\partial C_M^s}{\partial w^s}$ ：都市 $s$ での製造業の労働需要量(ホテリングの補題より)

$l_P^s = \frac{\partial C_P^s}{\partial w^s} = l_{Pi} = \frac{\partial C_{Pi}}{\partial w^s}(i=s)$ ：都市 $s$ での港湾企業の労働需要量(ホテリングの補題より)

**(b) 労働市場への影響**

$$dn^s = l_M^s dm^s + m^s dl_M^s + dl_P^s \tag{30}$$

**(4) 交通サービス・港湾サービス市場**

**(a) 市場均衡状態**

交通サービス市場

$$\begin{cases} (Ky_h - \sum_{r \in \mathbf{N}^C}\sum_{s \in \mathbf{N}^C}\alpha^r x_h^{rs})\cdot q_h = 0 \\ Ky_h - \sum_{r \in \mathbf{N}^C}\sum_{s \in \mathbf{N}^C}\alpha^r x_h^{rs} \geq 0 \\ q_h \geq 0 \qquad for\ all \quad h \in \mathbf{P}^{rs} \end{cases} \tag{31.a}$$

港湾サービス市場

$$\begin{cases} (Y_i - \sum_{i \in \mathbf{N}^n}\varepsilon_{i,h} Ky_h)\cdot g_i = 0 \\ Y_i - \sum_{i \in \mathbf{N}^n}\varepsilon_{i,h} Ky_h \geq 0 \\ g_i \geq 0 \qquad for\ all \quad i \in \mathbf{N}^P \end{cases} \tag{31.b}$$

**(b) 市場への影響**

交通サービス市場

$$dY_h(=y_h dK + K dy_h) = \sum_{r \in \mathbf{N}^C}\sum_{s \in \mathbf{N}^C}\alpha^r dx_h^{rs} \tag{32.a}$$

港湾サービス市場

$$dY_i = \sum_{i \in \mathbf{N}^n}\varepsilon_{i,h} dY_h (= \sum_{i \in \mathbf{N}^n}\varepsilon_{i,h} y_h dK + K dy_h) \tag{32.b}$$

**(c) 企業の参入**

交通サービス市場に企業が自由に参入できると仮定すると，次のような相補性問題として表現できる．

$$\begin{cases} -\pi_T K = 0 \\ -\pi_T \geq 0 \\ K \geq 0 \end{cases} \tag{33}$$

**5. おわりに**

本モデルにおける均衡解は，想定する経済状況に応じて示された相補性条件を組み合わせて構成される全体的な相補性問題を解くことによって得られる．その数学的性質や解法については，福島(1996)などを参考に現在検討中であり，講演時には提示したいと考えている．また，内点解を仮定した場合の比較静学分析とそれに基づく便益帰着構成表については，既に UEDA&MORISUGI(1997)において示されている．

**【参考文献】**

1) Arthur, B. : Increasing Returns and Path Dependence in the Economy, The University of Michigan Press, 1993.
2) Krugman, P. : The hub effect: or, threeness in interregional trade, in Theory, Policy and Dynamics in International Trade, eds. by Ethier, W.J., Helpman, E. and Neary, J.P., Cambridge University Press, 1993.
3) 福島雅夫：均衡モデル：相補性問題への招待，オペレーションズ・リサーチ，pp331-336，1996.6.