

地域間交通システムの整備が産業立地と人口分布に及ぼす影響*

EFFECTS OF INTER-REGIONAL TRANSPORT SYSTEM IMPROVEMENT ON INDUSTRIAL LOCATION AND POPULATION DISTRIBUTION

文 世一**

By Se-il MUN

1. はじめに

地域間交通ネットワークは、国土構造を決定する重要な要因である。高速道路などが整備されると、地域間での企業や住民の移動を引き起こし、それは地域別の人口分布を変化させる。したがって過密・過疎などの国土構造上の問題は、交通ネットワークのあり方に深く関わっている。地域間の交通施設整備は、国土政策の一環として、過密・過疎を緩和し、国土構造を望ましい方向に誘導するという目的で行われる場合も多い。しかし、実際には、交通ネットワーク整備が常に問題を改善する効果を持つかどうかは明らかではなく、逆に過密・過疎を引き起こす原因となるかも知れない。したがって、地域間交通施設整備を有効ならしめるためには、それらの整備がネットワークの効果を通じて地域にいかなる効果を及ぼすかを正しく評価する必要がある。

本研究では、交通ネットワークによって結ばれた多数の都市から成るシステムを対象とし、集積の経済を指向する企業の立地と労働者世帯の移動を通じて実現する、都市別人口分布を求めるモデルの開発を第1の目的とする。第2の目的は、このモデルを用いて、地域間交通ネットワークの整備が都市別人口分布に及ぼす影響を分析することである。このような分析を通じて、交通ネットワークの整備が、果たして過密・過疎の解消に寄与することができるのかという、上述の問いに答えることができる。さらに交通ネットワークの整備が、住民の経済的厚生観点から常に望ましいものであるかどうかは依然として明らかでない。そこで、本研究の第3の目的は、いくつかの代替的な交通ネットワーク整備に対して、

経済的厚生の観点から評価を行うこととする。

上田(1994)は、同様の問題意識のもとで、交通ネットワークの改善が多都市システムにおける都市規模分布に及ぼす影響を分析している¹⁾。しかし彼のモデルでは、経済主体の行動が厳密に定式化されておらず、したがって都市規模分布を決定する経済的メカニズムが明らかではない。また同様の理由により、交通改善が経済厚生に与える影響を評価することも困難である。これに対し本研究では、企業、家計の行動とそれらの間の相互関係を明示的にモデル化した一般均衡的なアプローチを試みる。

都市間交通システム改善の効果に関する一般均衡論的分析は、Kanemoto and Mera(1985), Sasaki(1993)によって行われた^{2),3)}。前者は都市規模の決定メカニズムがモデル化されておらず、また両者とも、各都市の産業構造と交易パターンが与件として与えられている点は、本研究が目的とする都市規模の分析を行うためには制約的である。

多数の都市が含まれる地域または国土において、都市規模分布がどう決まるかという問題は、Christaller, Loschによる中心地理論にまでさかのぼることができる。中心地理論は、農業を中心とした経済システムを想定していたが、現代の都市システムは、特定の都市への産業の集中や巨大都市の出現によって特徴づけられる。都市経済学者は、多都市からなるシステムの中で、各都市の規模とその個数がどのように決まるかに関する研究を行ってきた^{4),5),6)}。このような都市システムのモデルは、都市規模の頻度分布を説明できるが、異なる規模の都市が空間的にどのように分布するかについては、まったく説明することができない。それは、都市間の距離や輸送費という空間的要因を考慮していないからである。

Krugman(1991a,b)は、規模の経済と不完全競争に

* キーワード：人口分布、産業立地、交通計画評価

**正会員 工博 東北大学情報科学研究科

(〒980-77 仙台市青葉区片平2丁目1-1,

電話: 022-217-5053, FAX: 022-263-9858)

もとづく貿易の理論に、輸送費を考慮することによって、地域における産業立地の問題を分析している^{7),8)}。このモデルでは、各地域があらゆる面で同等であり、比較優位が存在しなくても、地域的な産業の集中が生じ得ることを説明できる。これらの研究は、二地域のみから成るシステム、あるいは多地域の場合でも一次元空間を対象とした分析であったが、Krugman(1993)では、上述のモデルを拡張し、二次元空間に3地域が存在するという設定のもとで、産業の地域的集中と交通費との関係を分析している⁹⁾。ここでは、産業部門が一種類のみであり、そのような産業が3地域の内一地域だけに集中するという限定的なケースの生起する条件に関する分析に終始している。

本研究では、都市別の産業構造（どの産業が立地しているか）が都市規模を決定する重要な要因であると考え、多数の産業部門を考慮することとする。そして各都市の産業構造が、都市間の空間的位置関係やネットワークの構造によって、内生的に決まるようなモデルを構築する。ここでは地域間交通の「ネットワーク性」と、生産における集積の経済という二つの要因の相互作用によって、地域間交通施設の整備が過密・過疎に及ぼす影響のメカニズムを分析する。また、世帯の行動をモデル化しているので、世帯の効用にもとづいて交通ネットワークの評価を行うこととする。

2. モデル

本研究では、世帯及び企業の立地行動と、財市場、労働市場、資本市場、土地市場の均衡をモデル化する。そして、空間的価格均衡を通じて、地域間交易のパターンが決まる。企業は、大都市に立地すると、集積の経済により、高い生産性を享受できるが、高い賃金を支払わねばならない。一方の世帯にとっては、大都市において狭い住宅や高地価、長距離の通勤を強いられるが、高い賃金を得られることが大都市に立地する誘因となる。このような世帯と企業の立地選択の結果、世帯の効用と企業の利潤が、どの地域においても等しくなると、各地域の均衡人口規模が実現する。

まず、モデルにおける仮定を以下に列挙する。

(a)都市の数とそれぞれの位置は先決されており、すべての都市は、交通ネットワークにより結ばれている。この交通ネットワークは、都市間で交易される財の輸送に用いられる。

(b)企業と労働者世帯は都市間を自由に、コストをかけずに移動できる。

(c)このシステムにおける総人口(T)は固定されている。すなわち

$$\sum_{i=1}^I N_i = T \quad (1)$$

ここに I は都市の数、 N_i は都市 i の人口である。

(d)土地は世帯の住宅のために用いられる。各都市において利用可能な土地面積(H_i)は限られており、その量は外生的に与えられる。すなわち

$$N_i h_i = H_i \quad (2)$$

ここに h_i は、都市 i における一世帯あたりの住宅面積である。なお、土地は世帯によって所有されており、地代収入は都市内の各世帯に均等に分配されるものとする。

(e)この経済においては、 M 種類の財が生産される。生産のための投入要素は労働と資本である。財の種類によっては、集積の経済効果があり、都市規模（人口で測られる）が大きくなるほど生産性が高くなる。

(f)交易財の輸送には、その財そのものを投入する。すなわち一単位の財を単位距離輸送するために、その財を一定量使用する。

(g)この経済システムに存在する資本の量は固定されており、それらはすべての世帯に均等に所有されている。各世帯は資本賃貸料の収入を所得として受け取ることができる。

企業の行動を定式化する。まず企業の生産関数を次のように一次同次のコブ・ダグラス型に特定化する。

$$y_i^m = G^m(N_i)(L_i^m)^{\sigma^m}(K_i^m)^{1-\sigma^m}$$

ここに y_i^m , L_i^m , K_i^m は、それぞれ、都市 i における産業 m の生産額、労働投入、資本投入である。 $G^m(N_i)$ は、集積の経済効果を表す関数であり、次のように特定化される。

$$G^m(N_i) = N_i^{\sigma^m}$$

ここに σ^m はパラメータであり、 $0 \leq \sigma^m \leq 1$ の範囲に

ある。このとき、企業の利潤最大化行動により、次のように各投入要素需要が求められる。

$$L_i^m = \frac{a^m}{w_i} q_i^m y_i^m \quad (3)$$

$$K_i^m = \frac{1-a^m}{r} q_i^m y_i^m \quad (4)$$

ここに、 q_i^m は都市*i*における財*m*の出荷価格(f.o.b.)であり、 w_i と r は、それぞれ、労働者の賃金と資本の賃貸料である。資本は各世帯によって均等に保有されているが、対象とする経済システム内を自由に移動できると仮定する。したがって資本のコストは、どの都市においても等しくなる。

一次同次の生産関数を仮定したので、正の生産を行う場合、企業の利潤はゼロである。そして企業は、利潤が負になるような都市からは撤退する ϕ で、均衡においては次の式が成り立つ。

$$q_i^m = C^m(N_i, w_i, r), \quad \text{if } y_i^m > 0 \quad (5a)$$

$$q_i^m \leq C^m(N_i, w_i, r), \quad \text{if } y_i^m = 0 \quad (5b)$$

ここに、 $C^m(N_i, w_i, r)$ は、単位費用関数であり、具体的には次のように書ける。

$$C^m(N_i, w_i, r) = N_i^{1-\alpha^m} a^{m-\alpha^m} (1-a^m)^{\alpha^m-1} w_i^{\alpha^m} r^{1-\alpha^m}$$

一方、世帯の効用は、次のように定式化される。

$$U(h_i, x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^M) = h_i^\alpha \prod_{m=1}^M (x_i^m)^{\beta^m}$$

ここに x_i^m は都市*i*に住む世帯による財*m*の消費量である。 α, β^m はパラメータであり、 $\alpha + \sum_{m=1}^M \beta^m = 1$ の

関係を満たす。また世帯の所得制約は、次のようになる。

$$w_i + \frac{p_i^h H_i}{N_i} + \frac{r \bar{K}}{T} = \sum_{m=1}^M p_i^m x_i^m + p_i^h h_i$$

ここに、 p_i^m は、都市*i*における財*m*の消費者価格(c.i.f.)であり、 p_i^h は住宅地の地代である。左辺の第2項は、各世帯が都市内に所有する土地からの収入である。(2)式を考慮すると、両辺の第2項目は互いにキャンセルされる。また左辺の第3項は、世帯が均等に所有する資本に対する報酬である。効用最大化の条件より、次の式が導かれる。

$$x_i^m = \frac{\beta^m}{1-\alpha} \frac{1}{p_i^m} (w_i + \frac{r \bar{K}}{T}) \quad (6)$$

$$h_i = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{1}{p_i^h} (w_i + \frac{r \bar{K}}{T}) \quad (7)$$

さて、このシステムの均衡条件は、以下のように定義される。

$$\text{労働市場: } \sum_{m=1}^M L_i^m = N_i \quad (8)$$

$$\text{資本市場: } \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M K_i^m = \bar{K} \quad (9)$$

$$\text{財市場 (消費地): } N_j x_j^m = \sum_{i=1}^I z_{ij}^m \quad (10)$$

$$\text{財市場 (生産地): } y_i^m = \sum_{j=1}^I z_{ij}^m (1+t^m d_{ij}) \quad (11)$$

空間的価格均衡:

$$p_j^m = q_i^m (1+t^m d_{ij}), \quad \text{if } z_{ij}^m > 0 \quad (12a)$$

$$p_j^m \leq q_i^m (1+t^m d_{ij}), \quad \text{if } z_{ij}^m = 0 \quad (12b)$$

$$\text{世帯の立地均衡: } U(h_i, x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^M) = u^* \quad (13)$$

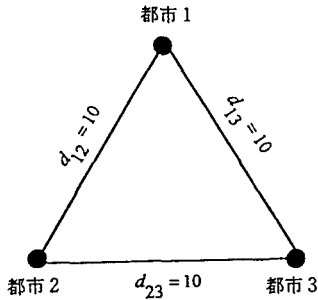
ここに z_{ij}^m は、都市*i*で生産され、都市*j*で消費される財*m*の量である。また t^m は一単位の財*m*を単位距離輸送するために用いられる財の量、 d_{ij} は、ネットワークにおける都市*i, j*間の最短距離である。したがって財*m*を一単位輸送するコストは、単位距離あたり $t^m q_i^m$ になる。

(8)、(9)、(10)式については、自明なので説明を省略する。(11)式は、都市*i*で生産される財*m*に対する各地域の消費需要を充足するためには、需要量に加えて輸送のために使用される分の生産を行わねばならないことを示している。(12)式は、ある者が生産地で財を購入して別の地域に運び、そこの消費者に売却することを企てても、そのような活動によって正の利潤を得ることはできないことを意味する。(13)式は、世帯が別の都市に移住する誘因を持たなくなるという点で均衡が達成されるための条件である。

以上のモデルにおける未知変数は、 $x_i^m, h_i, y_i^m, L_i^m, K_i^m, z_{ij}^m, w_i, r, q_i^m, p_i^m, p_i^h, N_i, u^*$ で、合計 $6MI+4I+MI^2+2$ 個である。これに対する方程式の数はやはり(1)-(13)の $6MI+4I+MI^2+2$ 本なので、システムは閉じられる。なお、ワルラスの法則により、価格変数は、相対的な値のみが決まるので、ここでは都市1における賃金 w_1 をニューメーラールとし、 $i=1$ における労働市場均衡式(8)を外すこととする。

3. 交通ネットワークと都市システムに関するシミュレーション分析

ここでは、図-1のような、三つの都市からなるシステムを対象に分析を行う。このシステムにおける財の種類は3種類とする。シミュレーションに用いるパラメータの値は以下の通り



図一 都市と交通ネットワーク

$$(a^1, a^2, a^3) = (0.4, 0.4, 0.4) \quad (\sigma^1, \sigma^2, \sigma^3) = (0.4, 0.3, 0.0)$$

$$(t^1, t^2, t^3) = (0.004, 0.004, 0.004)$$

$$(\beta^1, \beta^2, \beta^3) = (0.3, 0.2, 0.3) \quad (H_1, H_2, H_3) = (1, 1, 1)$$

上述の基本ケースについて、初期値として $(N_1, N_2, N_3) = (40, 30, 30)$ を与えて計算した結果を表一に示す。表より、都市1の人口が相対的に大きく、都市2と3が小さくなるのがわかる。すなわち一つの大都市と複数の小都市という、分布パターンである。都市1には、産業1の生産が集中しており、産業3は、都市2と3に分かれて立地している。産業2はすべての都市において正の生産を行っている。産業1は集積の経済を指向するので、都市1に集中する。賃金は、人口の大きな都市では高く、小都市で低い。これは大都市において狭い住宅に住む不利を補償するためである。

次に交通費の変化がこの都市システムに与える影響を検討する。まずはすべてのリンクが均等に变化する場合について分析する。

表一2には、基本ケースに比べ、交通費が半減した場合の結果が示されている。この場合、都市1の人口は、基本ケースよりもさらに増加する。これは、産業1のみならず産業2までもが都市1に集中するようになったためである。それに伴い、都市1とその他の都市の賃金格差も拡大している。しかし実質的な経済的厚生は効用水準によって表されるので、格差は存在しない。効用水準は、基本ケースよりも上昇していることが表から読みとれる。

以上の分析では、ネットワークのすべてのリンク長が等しく、それらが均等に变化すると仮定されていた。本研究では、様々なネットワーク形状、整備

表一 基本ケースの計算結果

	CITY 1	CITY 2	CITY 3
POPULATION	43.38	28.31	28.31
WAGE	1.000	0.785	0.785
OUTPUT OF INDUSTRY 1	1608.6	0.0	0.0
OUTPUT OF INDUSTRY 2	337.1	193.1	193.1
OUTPUT OF INDUSTRY 3	0.0	196.1	196.1
UTILITY	0.9206		

表一2 交通システム改善の影響

	CITY 1	CITY 2	CITY 3
POPULATION	51.02	24.49	24.49
WAGE	1.000	0.635	0.635
OUTPUT OF INDUSTRY 1	1670.7	0.0	0.0
OUTPUT OF INDUSTRY 2	751.7	0.0	0.0
OUTPUT OF INDUSTRY 3	0.0	207.8	207.8
UTILITY	0.9500		

順位、及び初期条件について、人口分布の変化を分析している。それらについては講演時に報告することとする。

参考文献

- 1) 上田孝行 (1994) A System of Cities Modelを用いた交通改善の影響分析、応用地域科学研究会、第8回研究発表会。
- 2) Kanemoto, Y. and Mera, K. (1985) General equilibrium analysis of the benefits of large transportation improvements, *Regional Science and Urban Economics* 15, 343-363.
- 3) Sasaki, K. (1992) Trade and migration in a two-city model of transportation investments, *Annals of Regional Science*, 26, 305-317.
- 4) Henderson, J. V. (1987) System of cities and inter-city trade, in Hansen, Labbe, Peeters, Thisse, and Henderson, *System of Cities and Facility Location*, Harwood Academic Publishers.
- 5) 金本良嗣 (1989) 都市規模の経済学、伊東元重・西村和雄編、応用ミクロ経済学、第5章、145-172、東京大学出版会
- 6) Abdel-Rahman, H. M. (1990) Agglomeration economies, types, and sizes of cities, *Journal of Urban Economics* 27, 25-45.
- 7) Krugman, P. (1991a) *Geography and Trade*, MIT Press.
- 8) Krugman, P. (1991b) Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, 99, 483-499.
- 9) Krugman, P. (1993) The hub effect: or, threeness in interregional trade, in Ethier, W.J., Helpman, E. and Neary, J. P. (eds) *Theory, Policy and Dynamics in International Trade: Essays in honor of Ronald W. Jones*, 29-37, Cambridge University Press.