

交通網整備を考慮した産業・人口立地均衡モデルに関する研究

A Study on Equilibrium Model of Industry and Population Thought over Construction of Traffic Network

春名 攻^{*}, 竹林 幹雄^{**}, 長谷川 匠一^{***}, 宮原 尊洋^{****}
Mamoru HARUNA, Mikio TAKEBAYASHI, Syouichi HASEGAWA, Takahiro MIYAHARA

1. はじめに

地方都市においては、交通ネットワークが整備されると、近隣地域間での企業や住民の移動が発生し、人口の分布状態も変化する場合が多い。そして、これにともない、各自治体は変化する住宅の需要に対応すべく住宅政策の見直しをせまられる。しかし、政策策定者へ与えられる情報は、その多くが不揃いな精度である場合がほとんどであり、これらの情報をいくらかの確に整理してみても不十分な場合が多く、最終的には、主たるよりどころを政策決定者の経験に求めざるをえないこととなっている。

そこで本研究では、地方都市を含む都市圏の均衡ある発展を目指している、都市政策策定者に、総合的な地域開発・整備政策情報を提供することができるとするモデルの構築を目指すこととした。すなわち、ここでは、ある時間断面における各種の立地主体間の立地均衡の問題に対し、一般均衡理論を適用し、都市に関わる産業活動や生活行動や交通行動を整理し、住宅政策策定のための基礎となる情報が提供できるようなモデルの構築を目指したものである。

2. 交通混雑を考慮した産業・人口立地均衡モデルの構築

本研究では、図-1に示すように産業（企業）および人口（世帯）の立地行動を捉えるとともに、それらと関連をもつ財市場、労働市場、資本市場にお

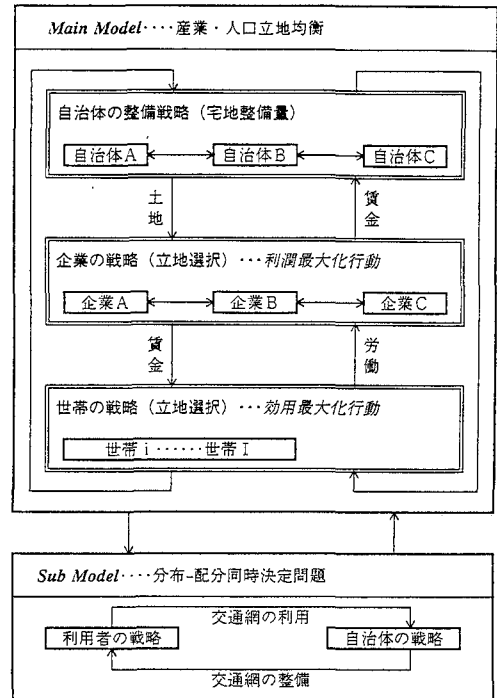


図-1 立地均衡モデルの各主体間関連の概念図

ける均衡や住宅地の整備に関わる自治体の整備戦略行動、さらには交通ネットワークにおける利用者と計画者・運用者の均衡状態、等々を構造論的にとらえてモデル化することとした。そして、地域間交易のパターンが空間的価格均衡を通じて決まるよう設定した。さらに、交通のネットワーク均衡を考慮することにより、時間に制約された生産物の移動が時間距離費用の変化によって生じるという地域間交易パターンを設定することとした。すなわち、ここでは、交通混雑をも考慮した産業・人口立地均衡モデルを構築することとしたのである。

まず、ここで、本モデルで採用した諸仮定を以下に示しておくことにする。すなわち、

①ネットワーク：地域計画，住宅立地，産業立地

② * 正員 博士 立命館大学理工学部環境システム工学科教授
(〒525 滋賀県草津市野路東1-1-1 TEL/FAX0775-61-2736)

** 正員 修士 神戸大学工学部助手
(〒657 神戸市灘区六甲台町 TEL078-881-1212 FAX078-861-0779)

*** 正員 修士 西松建設株式会社 関西支店
(〒540 大阪市中央区釣鐘町2-4-7 TEL06-942-1421)

**** 学生員 立命館大学大学院理工学研究科
(〒525 滋賀県草津市野路東1-1-1 TEL/FAX0775-61-2736)

①対象地域全体での就業者はT人である。彼らは地域内のいずれかの地区に住むものと考えるときに、彼らは地域外に通勤することはないと考える。つまり、対象としてある都市システムは閉じられた空間でなければならない。

②都市間を結ぶ交通ネットワークはそれぞれ2本のリンクで構成されており、各ノード（都市）間の中の通過時間は無限大である。

③生産物の輸送においては、交通混雑によって生じる交通ネットワークの時間距離変化を考慮する。

④ここではm種類の財が生産されることとする。そして、生産のための投入要素は労働と資本であるが、財の種類によっては、集積の経済効果があり、人口で測られる都市規模が大きくなるほど生産性が高くなるものとする。

⑤この都市圏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ものとする。ゆえに、各世帯は資本賃貸料の収入を所得として受け入れることができるものとする。

以上の諸仮定を考慮して、表-1に示すような形に立地均衡モデルを定式化した。

まず、(4)、(5)、(6)式においては、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して求めた。また、 $G^m(N_i)$ は集積の経済効果を表す関数である。

すなわち、

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

また、(7)(8)式に関してであるが、まず世帯効用を次のように定式化した。

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

ここで、 α, β^m ：パラメータ、 $\alpha + \sum \beta^m = 1$ とする。

次に、世帯の所得制約を次のように表すこととした。

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

ここでは、記述している世帯の所得制限に関して

表-1 立地均衡モデルの定式化

<均衡モデル関数式>	
行 動 モ デ ル	$\sum_i N_i = T$ (1)
	$N_i h_i = H_i$ (2)
	$F_i = N_i h_i p_i^h$ (3)
	$L_i^m = a^m / w_i q_i^m y_i^m$ (4)
	$K_i^m = (1-a^m) / r q_i^m y_i^m$ (5)
	$q_i^m = (N_i)^{-\alpha^m} (a^m)^{-\alpha^m} (1-a^m)^{\alpha^m-1} w_i^{\alpha^m} r^{1-\alpha^m}$ (6)
均 衡 モ デ ル	$x_i^m = \beta^m / p_i^m (w_i + r\bar{K}/T)$ (7)
	$h_i = \alpha / p_i^h (w_i + r\bar{K}/T)$ (8)
	$x_i^m = (\beta^m / (1-\alpha)) p_i^h (w_i + r\bar{K}/T)$ (7')
	$h_i = (\alpha / (1-\alpha)) p_i^h (w_i + r\bar{K}/T)$ (8')
均 衡 モ デ ル	労働市場： $\sum_{m=1}^M L_i^m = N_i$ (9)
	資本市場： $\sum_{m=1}^M K_i^m = \bar{K}$ (10)
	財市場（消費地）： $N_i x_i^m = \sum_{j=1}^I z_{ij}^m$ (11)
	財市場（生産地）： $y_i^m = \sum_{j=1}^I z_{ij}^m (1+t^m d_{ij})$ (12)
均 衡 モ デ ル	空間的価格均衡： $p_i^m = q_i^m (1+t^m d_{ij})$ (13)
	世帯の立地均衡： $U(h_i, x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^M, t_{ij}) = u^*$ (14)
<記号の定義>	
N_i	ゾーンiにおける世帯数
T	都市圏における全世帯数（外生変数）
h_i	都市iにおける一世帯当たりの宅地面積
p_i^h	住宅地における地代
F_i	各都市iでの総整備費
y_i^m	都市iにおける産業mの生産量
L_i^m	都市iにおける産業mの労働投入
K_i^m	都市iにおける産業mの資本投入
N_i^m	集積の経済効果
q_i^m	都市iにおける財mの出荷価格
w_i	都市iにおける労働者の賃金
r	都市iの資本賃貸料
z_{ij}^m	都市iから都市jへの財mの量
t_{ij}	都市iと都市j間の最短交通時間
d_{ij}	都市iと都市j間の最短交通時間
<交通均衡モデル>	
関	需要関数： $D(t) = (\beta^m - t) / \alpha^m$ (1')
数	需要関数の逆関数： $W_{ij}(T_{ij}) = \beta^m - \alpha^m (T_{ij})$ (1'')
式	走行時間関数： $S_a(V_a) = t_a (1 + cV_a)$ (2')
<目的関数式>	
	$F(h) = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M S_a(x) dx - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I \int_0^{T_{ij}} W_{ij}(y) dy \rightarrow \min$ (3')
<制約条件式>	
	$T_{ij} = \sum_m h_{mij}$ for all $i, j \in I$ (3'-a)
	$V_a = \sum_m \sum_{i,j} d_{a,mij} h_{mij}$ for all $a \in A$ (3'-b)
	$h_{mij} \geq 0$ for all $m \in M, i, j \in I$ (3'-c)
<記号の定義>	
t	ODペア間の所要時間
β^m, α^m	ODペアに固有のパラメータ
T_{ij}	ODペアi-jのODフロー
V_a	リンクaのフロー
t_a	$V_a=0$ のときの所要時間
c	リンクに共通のパラメータ
h_{mij}	パスmを経由するパスフロー

は、世帯の住宅地をすべて自治体が管理している場合を想定している。そのため、世帯は、生産物を購入するためにかかる費用と住宅地にかかる地代を払う必要がある。なお、世帯は、企業から支払われる賃金と資本賃貸料を収入として、前述のような所得

制約条件に従うこととした。ここでは、この条件を用いて効用最大化の条件より(7)、(8)式を定式化した。

また、住宅地を全て世帯が所有していると想定した場合、各世帯は、住宅地にかかる地代を管理者に支払う必要がないため、(7)、(8)式は(7')、(8')式のような形に改めて定式化している。

次に(9)～(14)式は、この都市圏レベルの均衡条件である。特に(12)式は、都市*i*で生産された財*m*が、各都市における消費需要を満たすためには、財*m*の需要量に加えて、輸送のために使用される時間距離が加算されることを意味している。

(13)式に関しては、右辺と左辺の関係が等しくなるとき、 $z_{ijm} > 0$ となり財*m*の輸送が可能なることを表している。また、右辺<左辺の関係が成り立つとき、 $z_{ijm} = 0$ となり、財*m*の輸送が不可能になることを表している。つまり、ある者が生産地で財を購入し、別の地域に運び、財を売却することを行っても、そのような活動によって、利潤を得ることができないことを表している。

(14)式は、対象地域内のすべての就業者が同じ効用を得なければ、効用が等しくなるように人口移動が生じることを意味する。

また、(1')～(3')式は、上記の産業・人口立地均衡問題のサブモデルとして、財*m*の輸送に関する交通問題（ここでは交通混雑）を捉えるために定式化している。すなわちこれらの式は、都市間をつなぐネットワークの交通費用、ODフロー、リンクフローを求めるための交通ネットワーク均衡問題を考えて定式化したものである。なお、ここでは、求まった交通時間費用(S_a)を、本研究のメインモデルである産業・人口立地均衡モデルにおける d_{ij} に導入することにより、交通混雑を考慮した産業立地・人口立地の均衡状態を探ることとしている。

3. 例題でのモデル適用結果に関する考察

ここでは、3つの都市からなる仮想都市圏を対象とする例題に、先述した産業・人口立地に関する一般均衡モデルを適用して分析を行った結果を示すこととする。

例題の都市圏における財の種類（産業の種類）は

3種類とした。また、本研究で用いたパラメータは表－2に示すとおりである。

表－2 本モデルで用いたパラメータ

α^1	0.4	σ^1	0.4	t^1	0.0002	β^1	0.3	H_1	1.0
α^2	0.4	σ^2	0.3	t^2	0.0002	β^2	0.2	H_2	1.0
α^3	0.4	σ^3	0.0	t^3	0.0002	β^3	0.3	H_3	1.0

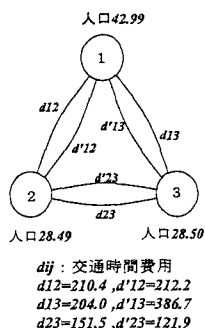
さて、Case 1 は、都市圏内に存在する住宅地は全て世帯が所有している場合であり、生産物の移動にかかる交通時間費用が変化している場合を想定したケースをとりあげた。

そこで、人口配分結果は、図－2に示すように、都市1の人口が都市2、3の人口より相対的に大きくなっていることがわかる。また、都市1で、産業1の生産量が非常に多いことがわかる。さらに、都市2、3では産業2、3が生産されており、このことはここでは集積性の低い経済をもつ産業が立地していることがわかった。また、企業から支払われる賃金率は、人口の多い都市ほど高い割合を示している。これは、大都市では、生産性の高い産業が多く立地していることと、高い住宅地代が補償されているためであると考えられる。

Case 2 は都市圏内に存在する住宅地は全て公共が管理している場合である。ここでも、生産物の移動にかかる交通時間費用が変化している場合を想定した。ここでの産業・人口立地均衡モデルの分析結果を図－3に示した。これによると、人口配分結果をCase 1と比較してみると、公共が住宅地を整備するという政策をとった方が人口の移動は少ないことがわかった。労働者に支払う賃金率が比較的高い値を示していることから、このことは、地方都市（人口規模の小さな都市）においても、ある程度高い賃金を得ることができ、大都市への人口移動が少なくなったことが考えられた。さらに、産業に関しては、全ての都市で産業1、産業2が生産活動をおこなっていることから生産性の低い産業が大都市に立地しないこともわかった。また、住宅地への地代をCase 1と比較してみると、Case 2がCase 1よりも低い値を示している。これは、公共が住宅地整備を行い公共から地代収入を得ることができないため、Case 1より住宅地代が低価格になっているとが原因と考えられる。

次に、生産物の移動に関して次のようなことが明

Case1: 交通均衡を導入した人口配分

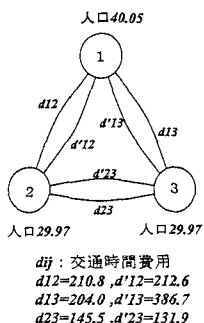


	都市1	都市2	都市3
人口	42.994	28.497	28.508
労働者の賃金率	1.000	0.795	0.795
資本の賃金率		0.023	
産業1の生産量	1683.585	0.000	0.000
産業2の生産量	562.355	101.765	101.816
産業3の生産量	0.000	205.065	204.993
住宅地代	23.109	13.856	13.862
効用		2.609	

From\To	都市1	都市2	都市3
都市1	765.45	440.44	441.15
産業1 都市2	0.00	0.00	0.00
都市3	0.00	0.00	0.00
都市1	350.33	101.76	101.81
産業2 都市2	0.00	101.76	0.00
都市3	0.00	0.00	101.81
都市1	0.00	0.00	0.00
産業3 都市2	89.53	111.75	0.00
都市3	89.53	0.00	111.80

図一 各世帯が住宅地を所有している場合の分析結果

Case2: 公共住宅整備の場合に交通均衡を導入した人口配分



	都市1	都市2	都市3
人口	40.059	29.970	29.970
労働者の賃金率	1.000	0.849	0.849
資本の賃金率		0.024	
産業1の生産量	937.937	184.899	185.141
産業2の生産量	254.687	173.848	173.848
産業3の生産量	0.000	161.520	161.432
住宅地代	17.866	12.461	12.461
住宅整備費	17.866	12.461	12.461
効用		2.162	

From\To	都市1	都市2	都市3
都市1	552.54	184.89	185.14
産業1 都市2	0.00	184.89	0.00
都市3	0.00	0.00	185.14
都市1	254.68	0.00	0.00
産業2 都市2	0.00	173.84	0.00
都市3	0.00	0.00	173.84
都市1	0.00	0.00	0.00
産業3 都市2	64.76	94.02	0.00
都市3	64.76	0.00	94.02

図一 自治体が住宅地を整備する場合の分析結果

公共が一貫して住宅地の整備を行うことにより人口の極集中が少なくなり、住宅地の地代も低くなること
が明らかとなった。さらに、大都市
への交通量が、多少ではあるが緩和
されることもわかった。逆に、全体
の効用そのものは大幅に減少するこ
ととなることもわかった。

4. おわりに

本研究の成果としては、つぎのよ
うなことがあげられる。すなわち、
一般均衡理論を適用し、都市におけ
る生活行動と産業活動さらには交通
行動を表す計画モデルを構築した。
さらに、ある計画目標年次という一
時間断面ではあるが、3つの都市か
らなる仮想都市圏を、例題として想
定し、地域間における交通の混雑状
況を考慮した地域間の交通ネットワ
ークと、生産における集積の経済、
さらに、自治体の住宅政策という3
つの要因の相互作用によって生じる
都市圏内の人口の過密・過疎に及ぼ
す影響のメカニズムを分析したこと
が挙げられる。また、若干の考察結
果からわかったことであるが、住宅
政策の違いによってシステム内の人
口分布状況がある程度変化すること

らかとなった。すなわち、Case1においては、都市
2、3では、産業1によって生産される生産物を、
自地域で生産するよりも、輸送コストを払ってでも
他地域から低価格で購入することを示している。また、
同様の理由により、産業3における生産物も都市
1では生産していないこともわかった。

次に、Case2においては、同様の理由により、自地
域で生産していないのは都市1における産業3での
生産物であることもわかった。

以上の分析結果より、例題を通してではあるが、
次のようなことが分析的に求められた。すなわち、

もわかった。

今後、本モデルを都市の変化を取り扱った動的モ
デルへと発展させることが必要であると考えており、
このことによって、公共整備への投資順序やプロジ
ェクトの効果的な進行順序も明確にすることができ
ると考えている。

【参考文献】

- 1) 文 世一：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，土木計画学研究・講演集，1995，12
- 2) Seil Mun: TRANSPORT NETWORK AND SYSTEM OF CITIES, Journal of Urban Economics, forthcoming, 1996
- 3) 朝倉 康夫：分布-配分同時決定問題を制約条件としてもつ最適道路網形成問題，土木計画学研究・論文集，1995，12