

立命館大学理工学部	正 員	春名 攻
神戸大学工学部	正 員	竹林 幹雄
西松建設株式会社	正 員	長谷川 匠一
立命館大学大学院	学生員	○宮原 尊洋

1. はじめに

土地利用計画を策定するにあたっては、客観的に裏付けられた情報をもとに、対象とする土地の利用に関する指定を行っていかねばならない。ところが、実際に土地利用を決定していく作業の中には、多くの情報が不揃いな精度で計画者に提供される場合が多い。したがって、これらの情報をいくらかの確に整理してみても、最終的には計画者の経験に主たるよりどころをもとめざるを得ず、主観的な判断で土地利用計画に役立つ情報として仕上げざるをえない。

そこで本研究では、まず地方都市を含む都市圏の均衡ある発展を目指し、計画者に総合的な計画情報として提供することができる総合的なモデルを構築することが重要であると考えた。相対的に社会基盤整備の立ち後れた地方都市においては、社会・経済活動において大都市に依存している部分がかなりのウェイトを占めているといっても過言ではない。つまり、地方都市が今後発展していくにあたって、まず第一段階として、その都市が含まれる都市圏におけるバランスのとれた、人口規模や産業規模を設定することが必要である。そこで、本研究では、ある特定の時間断面における立地均衡の問題に対し、一般均衡理論を適用し、都市にかかわる産業活動や生活行動、さらには交通行動を整理することとし、土地利用構想計画策定のための基礎となる情報を提供するためのモデルの構築を目指した。

2. 交通混雑を考慮した産業・人口立地均衡モデルの構築

および人口（世帯）の立地行動と財市場、労働市場、資本市場の均衡、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よう設定する。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地域間交易パターンを設定する。すなわち、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。

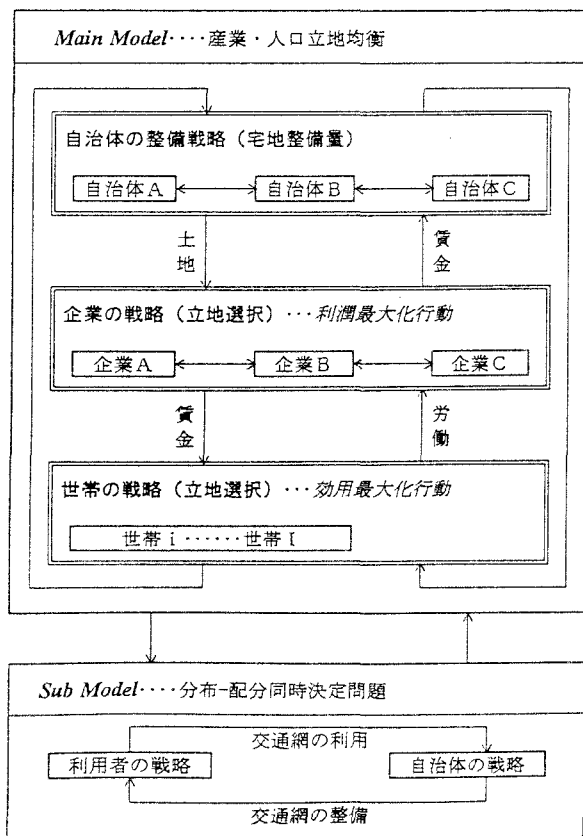


図-1 立地均衡モデルの各主体間関連の概念図

本研究では、図-1に示すように、産業（企業）

Mamoru HARUNA, Mikio TAKEBAYASHI, Syoichi HASEGAWA, Takahiro MIYAHARA

ここで、本モデルにおける諸仮定を以下に示しておくことにする。すなわち、

- 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する。彼らは地域外に通勤することはないと考える。つまり、対象としてい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生産物の輸送に関しては、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。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、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。
- 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。ゆえに、各世帯は資本賃料の収入を所得として受け入れることができる。

以上の諸仮定を考慮して、表-1に示すような形にモデルを定式化した。

まず、(4)、(5)、(6)式においては、次のように企業の生産関数を一次同次のコブ・ダグラス型に特定化し求めた。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、まず世帯の効用を次のように定式化した。

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

ここで、 α, β^m ：パラメータ、 $\alpha + \sum \beta^m = 1$ とする。
次に、世帯の所得制約を表すと次のようになる。

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

表-1 立地均衡モデルの定式化

行動モデル	<均衡モデル関数式>	
	$\sum_i N_i = T$	(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	$x_i^m = \beta^m / p_i^m (w_i + rK/T)$	(7)
	$h_i = \alpha / p_i^h (w_i + rK/T)$	(8)
	労働市場： $\sum_{m=1}^M L_i^m = N_i$	(9)
	資本市場： $\sum_{m=1}^M K_i^m = K$	(10)
	財市場（消費地）： $N_i x_j^m = \sum_{i=1}^I z_{ij}^m$	(11)
	財市場（生産地）： $y_i^m = \sum_{j=1}^I z_{ij}^m (1+t^m d_{ij})$	(12)
	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	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>	
関数式	N_i :	iゾーンの世帯数
	T :	本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 :	住宅地の地代
	F_i :	各都市での総整備費
	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 :	資本の賃料
	z_{ij}^m :	都市iで生産され都市jで消費される財mの量
	t_{ij} :	一単位の財を単位距離輸送するために用いられる財の量
	d_{ij} :	ネットワークにおける都市i,j間の最短交通時間
数式	<交通均衡モデル>	
	需要関数： $D(t) = (\beta' - t) / \alpha'$	(1')
	需要関数の逆関数： $W_{ij}(T_{ij}) = \beta' - \alpha' (T_{ij})$	(1'')
式	<目的関数式>	
	$F(h) = \sum_i \int_0^{V_a} V_a(x) dx - \sum_i \int_0^{T_{ij}} W_{ij}(y) dy \rightarrow \min$	(3')
制約条件式	<制約条件式>	
	$T_{ij} = \sum_m h_{mij}$ for all $i, j \in I$	(3'-a)
	$V_a = \sum_m \sum_i \sum_j d_{mij} h_{mij}$ 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	<記号の定義>	
	t :	ODペア間の所要時間
	β', α' :	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} :	バスmを経由するバスフロー

ここに記述している世帯の所得制限に関しては、世帯の住宅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とした。そこで、この条件を用いて、効用最大化の条件より、(7)、(8)式定式化している。

次に(9)～(14)式は、この都市圏の均衡条件である。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、利潤は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')式に関しては、上記の産業・人口立地均衡問題に対して、そのサブモデルとして、財 m の輸送に関する交通問題(交通混雑)を捉えるために、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た。ここで、求めた交通時間費用(S_i)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た。

3. 例題へのモデルの適用結果に対する考察

ここでは、先述した産業・人口立地に関する一般均衡モデルを用いて、3つの都市からなる仮想都市を対象とする例題において分析を行った。例題で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

一を表-2に示す。

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。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いことがわかる。また、都市1では、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る。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、大都市において生産性の高い産業が多く立地していること、高い住宅地代を補償するためと考えられる。

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。ここで、産業・人口立地均衡モデルの分析結果を図-3に示す。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した方が、人口の移動は少ないことがわかった。このことは、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、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るので、大都市への人口移動が少なくなったことが考えられる。さらに、産業に関しては、産業1、産業2が全てのすべての都市で生産していることである。つまり、生産性の低い産業が、大都市に立地しないことがわかった。また、住宅地への地代をCase 1と比較してみると、Case 2はCase 1よりも低い値を示している。これは、公共が住宅整備を行っているため、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考えられる。

次に、生産物の移動に関して、Case 1においては、産業1によって生産された生産物は、都市2、3では、自治域で生産するより輸送コストを払っ

ても他地域から低価格で購入することができることを示している。また、同様の理由により、産業3における生産物を都市1では生産

表-2 本モデルで用いたパラメータ

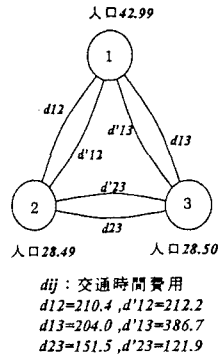
a_1^1	0.4	σ_1^1	0.4	t_1^1	0.0002	β_1^1	0.3	H_1	1.0
a_2^2	0.4	σ_2^2	0.3	t_2^2	0.0002	β_2^2	0.2	H_2	1.0
a_3^3	0.4	σ_3^3	0.0	t_3^3	0.0002	β_3^3	0.3	H_3	1.0

していないこともわかった。

次に、Case 2 においては、同様の理由により、自治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、公共が一貫して住宅地の整備を行うことにより、人口集中が少なくなり、住宅地の地代が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になった。

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
資本の賃貸率	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		

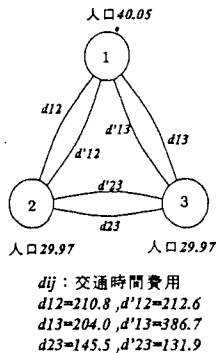
From\To	都市 1	都市 2	都市 3
都市 1	765.45	440.44	441.15
産業 1 都市 1	0.00	0.00	0.00
都市 3	0.00	0.00	0.00
都市 1	350.33	101.76	101.81
産業 2 都市 2	0.00	101.76	0.00
都市 3	0.00	0.00	101.81
都市 1	0.00	0.00	0.00
産業 3 都市 2	89.53	111.75	0.00
都市 3	89.53	0.00	111.80

図-2 各世帯が住宅地を所有している場合の分析結果

4. おわりに

本研究の成果としては、土地利用構想計画のための総合的な計画情報を求めるために、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、3つの都市からなる仮想都市圏を、ある計画目標年次という一時間断面ではあるが、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という二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。今後の課題としては、都市の変化を動的に取り扱ったモデルへと発展させる必要がある。このことによって、例えば、時間の変化にともない、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を明確にすることができると考える。

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
資本の賃貸率	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-3 自治体が住宅地を整備する場合の分析結果

【参考文献】

- 1) 文 世一：地域間交通システムの整備が産業土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