

アクセシビリティ概念に基づく都市活動のインパクト・アナリシス

大阪大学工学部 正員 毛利正光
大阪大学大学院 学生員 ○金 大雄

1. はじめに

都市活動とは社会経済活動のすべてを指すもので、Chapin¹⁾によってその概念が定義され、Lowry²⁾が雇用部門と人口部門から定量化して都市活動を定式化した。

都市活動が空間に立地すれば活動間には接触の機会が生じ、絶えず相互作用が行なわれることになる。その活動が立地する場合は土地利用で、相互作用は輸送である。

一般的に相互作用の質は土地利用の質によって異なり、その量は都市活動の量と輸送能力によって決められる。相互作用は経済性、利便性、快適性および安全性を満足する状態で土地利用と輸送とがバランスの取れた条件で行なわれることが望ましい。しかし、そのバランスが破壊されると、過密、過疎、交通混雑および通弊、環境悪化などの都市問題が起こるのである。そして、その均衡性を確保させなければ健全な都市地域の発展は困難になる。したがって、都市活動を誘導や制御しながらそのバランスを取るためには都市活動の現象把握と、その将来予測は必要不可欠なことである。以上に述べたような都市活動の概念とその相互作用のシステムは図-1に示した。

都市活動の相互作用は都市活動の質と量およびアクセシビリティによって、その分析が可能であるので、本稿では都市活動の質別の生成量を予測するため、アクセシビリティ概念に基づいた生成モデル³⁾⁴⁾を拡張し、その生成モデルの特性を利用して、都市活動のインパクトモデルを作成し、いくつかの試算を行なってその適用性を検討することと目的とした。

都市活動の生成モデルの拡張においては、活動の立地確率をアクセシビリティとそのポテンシャルとの比から決め、Garin-Harrisのマトリックス法⁵⁾を用いてゾーンごとの生成の予測が可能であるようにする。拡張された生成モデルの生成束数行列はゾーンごとの雇用構造とゾーン間の交通システムのサービス水準を媒介として基礎雇用部門とその他の都市活動部門との関連を総合的に表わす指標としての特性を持つので、この特性を考慮して都市活動の変化および交通システムのサービス水準の変化が都市地域のすべてのゾーンに与えるインパクト効果を測るため、インパクト・モデルを作成した。

2. アクセシビリティの概念

アクセシビリティは交通工学上の概念と土地利用上の概念に分けて考えることができる。交通工学上の概念は2地間の交通インピーダンスと関係する「行き易さ」を示す指標であり、土地利用上の概念は都市活動の質と量に重みをつけて交通インピーダンスと関係させて「都市活動の相互作用の容易さ」と評価する指標であると解釈できる。

2-1 従来の研究

従来のアクセシビリティの概念は研究者によって様々な定義され、その一貫性がなかった。ここでは、主に土地利用上の概念に対してその概念を整理し、アクセシビリティの適用例に対して簡単な例を示す。

Brian Goodall⁶⁾はアクセシビリティを「与えられた地域から発生する経済的便益の項目として、活動間の接触の容易さを評価する指標」とであると定義し、それは都市活動の質と量とともに有力な土地利用立地の説明指標になるとしている。Hansenは「空間的分離に打ち勝つ人や企業

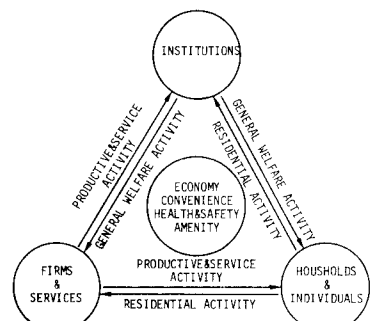


図-1 都市活動の相互作用システム

の能力または願望に合致したある地域周囲の都市活動の空間的距離を示す尺度」であると定義し、あるゾーンのアクセシビリティを目的ゾーンの活動の量とゾーン間の交通インピーダンスの関数として定式化した。Blunden⁷⁾は「交通を捌く能力に関するサービス水準を示す尺度」と定義し、サービス水準は交通インピーダンスで代替できると説明した。渡部与四郎は「都市内の各地点における業務活動上の行き易さをポテンシャルで捉えるもの」と定義し、それを業務交通の説明指標で取り扱った。特に彼は内内アクセシビリティを、自ゾーンに流入するアクセシビリティの合計をもって代替することをも提案した。

以上のように様々なことばで定義されたアクセシビリティの計量はいずれもポテンシャルモデルの一種類を用いている。その起源はStewartの人口ポテンシャルの概念からHansenによってつぎのような経験式として提案されたものが始りである。⁶⁾

$$Acs_i = \sum_j (L_j / d_{ij}^\lambda) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、

Acs_i : i 地域のアクセシビリティ指標
 L_j : j 地域の都市活動の量を示す指標
 d_{ij} : i, j 地域間の交通インピーダンス
 λ : 交通インピーダンスのパラメータ

Hansenは都市活動の配置モデルにアクセシビリティ指数を用いて住居地域の土地利用モデルの作成をこころみ、Lowryを始めとした都市モデルでは、将来増加人口の配分率をアクセシビリティの比から算定した。

2-2 アクセシビリティの定義

一般的にアクセシビリティに影響される要因は、都市活動の質と量および交通サービス水準であることを考慮し、以上述べた様々なアクセシビリティの概念を整理して本分析でのアクセシビリティを定義し、また、その定義式を提案することにした。

あるゾーンのアクセシビリティの指数は目的ゾーンの都市活動の量とゾーン間の交通インピーダンスとの関数で算定され「地域 i から j へ向ける都市活動の相互作用の容易さ」と定義する。また、ある地域が持つ全ての地域へ向けるアクセシビリティの合計であるポテンシャルと区別することにした。

以下のように、 i ゾーンから j ゾーンへ向けるアクセシビリティモデルの定義式と i ゾーンのアクセシビリティのポテンシャルモデルの定義式を提案する。

$$acs_{ij}^k = L_j^k \cdot f(d_{ij}) \quad \text{----- (2)}$$

$$Acs_i^k = \sum_j acs_{ij}^k \quad \text{----- (3)}$$

ここで、 L_j^k : j ゾーンの都市活動 k の量

d_{ij} : i, j ゾーン間の交通インピーダンス
 acs_{ij}^k : 都市活動 k の i, j ゾーン間のアクセシビリティ
 Acs_i^k : i ゾーンの都市活動 k のアクセシビリティのポテンシャル

2-3 アクセシビリティの適用性

アクセシビリティは都市地域においてゾーン間の交通システムのサービス水準と同地的地の魅力度に依存するという経験に基づいた経験式であるが、その構造が重力モデルと全く同じであって、重力モデルの理論的根拠から考えると、その妥当性はある程度立証できよう。アクセシビリティモデルの構造から明らかであるが、これは土地利用と輸送を同一システムに取り込んで都市活動を解析する際、かなり有効な指標であることは確実なことである。以下にアクセシビリティの適用性と若干の問題点に対して考察する。

1). 都市活動の在地理率をアクセシビリティの相対値の比から算定することが可能であって、都市活動の生成モデルの拡張やその配置モデルの開発ができる。

2). ゾーンの魅力度と交通サービス水準の変化に応じてアクセシビリティの変化を捉えることが可能であるので、都市活動のインパクトアナリシスや相互作用モデルにも適用できる。

3). 土地利用または交通計画の評価において、便益最大の観点に基づくアクセシビリティ最大化によって、もっとも合理的な評価手法の開発が可能である。

4). 発生交通は都市活動の強度と交通サービス水準に関係するので、アクセシビリティ指標を交通発生の説明指標として用いると発生交通モデルの改良が期待される。

5). ゾーン分割を変えると、アクセシビリティの絶対値は変化するので、その絶対値の意味はなく相対値を考えなければならない。

6). アクセシビリティの経験式は交通インピーダンスと反比例する。ゾーンの大きさが大きくなるほど内交通インピーダンスが増えるので、アクセシビリティは減少するからゾーン内内インピーダンスの算定に問題がある。

3. 都市活動の生成モデル

経済基礎仮説に基づいて修正した(4)～(7)式の都市活動の生成モデル⁴⁾を用いて、都市活動別の立地確率とアクセシビリティとそのポテンシャルの比から算定し、Garin-Harrisのマトリックス方法⁵⁾によってゾーンごとの都市活動の予測ができるように生成モデルを拡張した。

$$E = E^b(1+\alpha)[1-(\alpha\beta+\gamma)]^{-1} \quad \text{----- (4)}$$

$$P = \alpha E \quad \text{----- (5)}$$

$$E^s = \beta P \quad \text{----- (6)}$$

$$E^{bs} = \gamma E \quad \text{----- (7)}$$

ここで、 E : 総雇用

P : 人口

E^b : 基礎雇用

E^{bs} : 非基礎雇用

E^s : サービス雇用

α : 雇用率の逆数 (P/E)

β : サービス雇用率 (E^s/P)

γ : 非基礎雇用率 (E^{bs}/E)

α : 中枢管理機能の雇用率 (E^c/E^b)

3-1 都市活動の生成モデルの拡張

都市活動の立地確率をアクセシビリティ指数とそのポテンシャルとの比によって算定する。

i ゾーンに就業する雇用者が j ゾーンで住居を選ぶ確率を t_{ij} とすれば、

$$t_{ij} = L_j^R d_{ij}^{-\lambda^t} / \sum_j L_j^R d_{ij}^{-\lambda^t} \quad \text{----- (8)}$$

j ゾーンの人口が i ゾーンでサービスを求める確率を S_{ji} とすれば、

$$S_{ji} = L_i^S d_{ji}^{-\lambda^s} / \sum_j L_i^S d_{ji}^{-\lambda^s} \quad \text{----- (9)}$$

i ゾーンに立地した非基礎雇用 h j ゾーンの人口が雇用される確率を q_{ji} とすれば、

$$q_{ji} = L_j^E d_{ji}^{-\lambda^e} / \sum_j L_j^E d_{ji}^{-\lambda^e} \quad \text{----- (10) となる。}$$

ここで、 L_j^R : j ゾーンの居住能力を表わす指標

L_i^S : i ゾーンのサービス規模を表わす指標

L_j^E : j ゾーンの雇用能力を表わす指標

($m \times m$)対角行列に雇用率 α 、 β 、 γ 、 α を直し、都市活動の立地確率を用いて、都市活動の予測を無限回反復して、それを合計すれば、生成モデルはつぎの(11)～(14)式のようにマトリックス形で拡張される。

$$e = e^b(I + \alpha)[I - (\alpha\beta S + rQ)]^{-1} \quad \text{----- (11)}$$

$$P = T\alpha e \quad \text{----- (12)}$$

$$e^{bs} = rQe \quad \text{----- (13)}$$

$$e^s = T\alpha\beta se \quad \text{----- (14)}$$

ここで、 e : ($1 \times m$)ベクトル、ゾーンごとの総雇用数

e^b : ($1 \times m$)ベクトル、ゾーンごとの基礎雇用数

α : α の($m \times m$)対角行列

β : β の($m \times m$)対角行列

r : r の($m \times m$)対角行列

P : ($1 \times m$)ベクトル、ゾーンごとの人口

e^{bs} : ($1 \times m$)ベクトル、ゾーンごとの非基礎雇用

e^s : ($1 \times m$)ベクトル、ゾーンごとのサービス雇用

T : t_{ij} の($m \times m$)正方形行列

S : S_{ji} の($m \times m$)正方形行列

Q : q_{ji} の($m \times m$)正方形行列

α : α の($m \times m$)対角行列

I : 単位行列

m : ゾーン数

また、 $A = T\alpha$ 、 $B = \beta S$ 、 $D = rQ$ および $e^b = e^b(I + \alpha)$ と置けば (11) 式は次のようにも、と簡単に表示できる。

$$e = e^b [I - (AB + D)]^{-1} \quad \text{----- (15)}$$

(15) 式で $[I - (AB + D)]^{-1}$ は各ゾーンごとの基礎雇用部門とその他の雇用部門との関連を雇用構造および交通サービス水準を媒介にして総合的に表わす都市活動の生成乗数である。この生成乗数、すなわち、逆行列を e と置けば、拡張された都市活動の生成モデルはつぎのようにも、と簡単に示すことができる。

$$e = e^b \cdot C \quad \text{----- (16)}$$

$$P = e^b \cdot CA \quad \text{----- (17)}$$

$$e^{bs} = e^b \cdot D \quad \text{----- (18)}$$

$$e^s = e^b \cdot CAB \quad \text{----- (19)}$$

3-2. 都市活動の生成予測

拡張された都市活動の生成モデル (11) ~ (19) 式を用いて、大阪都市圏における都市活動の生成の予測を行った。

(1). ゾーン分割と分析データ調査概要

大阪府を 50 ゾーンに分割し、都市活動の生成、吸引の均衡性を確保するために、阪神間南部、北部、神戸市中心部、京都西南部、京都市中心部、京都南部、奈良中心部、奈良西南部および和歌山市などの 9 個のゾーンを設定した。ゾーン分割は図-2 に示したとおりである。

都市活動に関するデータとしては、昭和 50 年の人口⁽¹⁾、雇用指標⁽²⁾を用いた。さらに雇用部門に対しては、基礎雇用数は経済基礎仮説に基づいた産業分類基準⁽³⁾を用いて産業部門と集計し、サービス雇用数は個人または世帯にサービスするサービス雇用だけにした。また、中枢管理機能は金融、保険業と国家公務、および郵便業と合計して、それを基礎雇用数に含めた。非基礎雇用は以上のいずれの産業部門にも属さないものとした。分析データは表-1 に要約した。

(2). 交通インピダンスとそのパラメータ

交通インピダンスは公共交通機関(鉄道とバス)を利用するゾーン間の時間距離(分)を用いた。時間距離は平日の朝 2 時間(7.00 ~ 9.00)のゾーン間の最小所要時間であって、駅またはバス停間の走行時間と駅またはバス停での待ち時間⁽⁴⁾から算定した。ゾーン内内の時間距離は京阪神パーソントリップ調査⁽⁵⁾(昭和 45 年)個人乗から通勤・自由目的を集計し、その平均所要時間を用いた。

交通インピダンスのパラメータは通勤とサービストリップ(日常生活上の自由、中学生以下の通学目的)に分けて重力モデルから算定し、結果は表-2 に示した。

モデル	$\log\left(\frac{T_{ij}}{O_i D_j}\right) = \log K - \lambda^t \log d_{ij}$
通勤トリップ	$\lambda^t = 1.826301$
サービストリップ	$\lambda^s = 2.131450$

O_i : i ゾーンの発生量 D_j : j ゾーンの吸引量

表-2 交通インピダンスのパラメータ

(3). 都市活動の立地確率算定

都市活動の立地確率は活動別のアファシビリティ指数とそのポテンシャルと(2)、(3)式から求め、それらの比によって算定した。(2)、(3)式における都

ゾーン分割表					
ゾーン番号	市区町村名	ゾーン番号	市区町村名	ゾーン番号	市区町村名
1	北区	21	此花区	39	須賀野市
2	東区	22	西淀川区	40	島井市
3	南区	23	豊中市	41	箕面市
4	西区	24	淀川市	42	太子町
5	東淀川区	25	東淀川市	43	河内長野市
6	大田区	26	東淀川市	44	千早赤松村
7	住吉区	27	東淀川市	45	河内長野市
8	河内長野市	28	東淀川市	46	岸和田市
9	住吉区	29	島本町	47	堺市
10	西淀川区	30	西淀川市	48	高石市
11	北区	31	吹田市	49	東大阪市
12	東淀川区	32	吹田市	50	和泉市
13	東淀川区	33	吹田市	51	岸和田市
14	東淀川区	34	吹田市	52	岸和田市
15	東淀川区	35	吹田市	53	岸和田市
16	東淀川区	36	吹田市	54	岸和田市
17	東淀川区	37	吹田市	55	岸和田市
18	東淀川区	38	吹田市	56	岸和田市
19	東淀川区	39	吹田市	57	岸和田市
20	東淀川区	40	吹田市	58	岸和田市
51	岸和田市	56	岸和田市	59	岸和田市
52	岸和田市	57	岸和田市	60	岸和田市
53	岸和田市	58	岸和田市	61	岸和田市
54	岸和田市	59	岸和田市	62	岸和田市
55	岸和田市	60	岸和田市	63	岸和田市

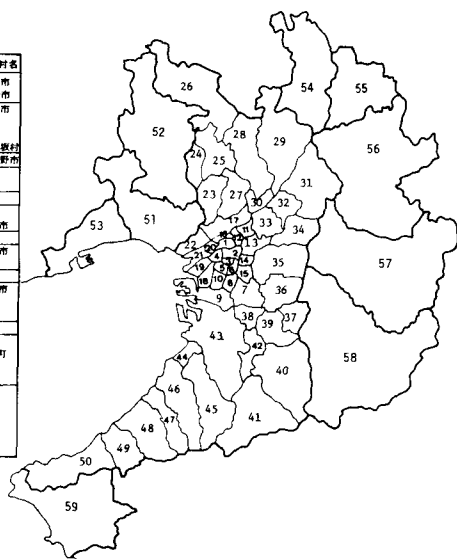


図-2 ゾーン分割図

市活動の量を表わす指標は雇用者が居住地を選ぶ確率を測る場合には常住人口(P)、サービスを求める確率を測る場合にはサービス雇用数(E^s)を用いた。また、非基礎雇用に雇用される確率を測る場合には総雇用数(E)とした。そして、交通インピーダンスの関数は時間距離の負指数関数($f(d_{ij}) = d_{ij}^{-\lambda}$)とした。以上の様にして(9)~(10)式を用いて各活動別の立地確率を算定した。さらに、それらの精度をみるために、都市活動の内外立地確率を取り上げた。内外立地確率はつぎの2つのタイプによって算定した。

(タイプ-1)

$$t_{ii} = P_i \cdot d_{ii}^{-\lambda} / \sum_j P_j \cdot d_{ij}^{-\lambda} \quad \text{----- (20)}$$

$$S_{ii} = E_i^s \cdot d_{ii}^{-\lambda_s} / \sum_j E_j^s \cdot d_{ij}^{-\lambda_s} \quad \text{----- (21)}$$

(タイプ-2)

$$t_{ii} = \sum_j P_j \cdot d_{ji}^{-\lambda} / [\sum_j P_j \cdot d_{ji}^{-\lambda} + \sum_j P_j \cdot d_{ij}^{-\lambda}] \quad \text{---(22)}$$

$$S_{ii} = \sum_j E_j^s \cdot d_{ji}^{-\lambda_s} / [\sum_j E_j^s \cdot d_{ji}^{-\lambda_s} + \sum_j E_j^s \cdot d_{ij}^{-\lambda_s}] \quad \text{---(23)}$$

通勤とサービス別の内外立地確率とそれらの実測値とを比較したものは図-3に示したとおりである。この図-3から分かるように通勤の場合には渡部与田郎が提案した内外アクセシビリティ指数を使用したタイプ-2からの内外立地確率はCBDとそのまわりの開発が進んでいるゾーンではかなり合っているが、郊外ゾーンでは合わないことがわかった。タイプ-1ではそのずれが又中であつた。またサービスの場合にはいずれのタイプでも適合度が非常にわがた。したがって、都市活動の内外立地確率は実測値を用い、ゾーン間の立地確率はこれに準じて修正し、都市活動の生成を予測した。

3-3. 生成モデルの適合性

拡張した都市活動の生成モデル(15)~(19)式を用いて都市活動の生成量を予測した。ここで、 α と β は実測値を用い、 β は平均値を用いた。都市活動の予測結果は表-3に示した。表-3の修正値は β の修正計算によって修正したものである。

生成モデルの適合度をみるためにいくつかの統計値を算定して表-4

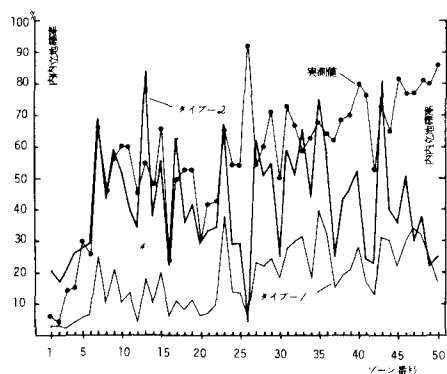


図3-1 雇用ゾーンで住居を選ぶ確率の比較

番号	基礎雇用	サービス雇用	非基礎雇用	常住人口	就業人口	産業人口	α	β
1	148718	97435	65528	43983	26021	311681	1.69028	0.21024
2	223300	45758	46972	482953	16923	317030	1.71086	0.14816
3	64959	70926	9154	41938	25991	145139	1.61355	0.08311
4	83385	29315	23496	50078	27635	136196	1.81212	0.17251
5	36990	22460	8272	55725	30426	67712	1.83149	0.12216
6	36301	28536	12290	59561	31032	77127	1.91934	0.15934
7	47887	38094	40992	376491	164880	126983	2.28342	0.32281
8	27180	29885	6284	129047	63770	63349	2.02363	0.09919
9	39681	36341	31070	288599	134904	107092	2.13922	0.28012
10	26477	27645	24069	169763	85833	78191	2.97782	0.30782
11	18704	16373	9808	123853	58548	44885	2.11540	0.21851
12	29053	17581	9712	86608	44714	56346	1.93693	0.17236
13	49971	27642	38680	244884	117051	116293	2.09211	0.33260
14	36339	15823	12998	95600	49058	55160	1.94871	0.19947
15	35039	26092	32587	194550	94444	93719	2.05995	0.34771
16	32545	14457	8291	42442	22026	55293	1.92690	0.14994
17	77913	50368	34676	267996	148799	162957	1.80106	0.21279
18	15896	11576	20916	88488	41156	48388	2.15006	0.43225
19	21965	14095	22229	105777	50140	58289	2.10963	0.38135
20	44242	20481	5847	61100	32435	70570	1.88376	0.08285
21	22091	9269	21600	81963	39584	52960	2.12625	0.40786
22	30629	14294	22561	95586	47062	67484	2.05231	0.33431
23	29381	42961	38182	398394	175520	110524	2.26973	0.34546
24	11485	13571	9065	100268	44604	34121	2.24795	0.26567
25	9457	5589	4647	79621	32851	19693	2.42370	0.23597
26	1130	1649	2596	16839	8083	5375	2.08326	0.48297
27	23751	29885	28498	300956	126676	82134	2.37579	0.34696
28	23851	21394	23559	210286	93595	68304	2.24676	0.34491
29	28711	3037	22430	352974	145251	92471	2.43009	0.29241
30	12293	7646	8820	76704	34715	28759	2.20953	0.30668
31	27307	28874	32296	350350	145820	88477	2.40261	0.36502
32	20886	25429	17607	254311	109322	63922	2.32625	0.27544
33	61843	38561	40479	341621	143318	140883	2.38365	0.28732
34	22856	15170	14877	163197	69479	52903	2.34886	0.28121
35	90916	52785	67263	524750	231719	220664	2.26459	0.30454
36	35456	22415	32684	261639	111093	90555	2.35513	0.36092
37	10258	5002	5726	63586	27010	20996	2.35416	0.27284
38	9691	9914	11527	132662	53871	31132	2.46258	0.37026
39	10151	13110	12124	153675	62712	35385	2.45048	0.34263
40	8275	9840	10540	116647	46567	26655	2.50492	0.39542
41	6629	5846	4945	66936	27107	17420	2.46932	0.28386
42	10726	4231	3629	62366	24631	18586	2.53201	0.19525
43	90045	78247	88507	705608	318251	256799	2.35879	0.34455
44	24901	13097	9454	133074	59556	47452	2.23443	0.19923
45	15429	9638	9276	118237	50737	34343	2.33039	0.27009
46	26380	21294	22013	192706	83448	69687	2.30929	0.31588
47	12726	7903	8701	79506	35097	29330	2.25532	0.29665
48	16937	11639	14264	111956	50113	42840	2.23407	0.33295
49	9634	4106	3198	46741	20515	16938	2.27838	0.18880
50	7052	5523	3385	59904	25027	15960	2.38957	0.21209
計	1804822	1211081	1062082	8254469	3707684	4079162		
51	102924	122434	118997	1022616	456624	344355	2.23951	0.34556
52	38092	45715	40395	458314	193540	124202	2.36805	0.32523
53	198856	172894	155985	824096	385859	527735	2.13574	0.29557
54	60088	39386	46407	404659	179162	145881	2.25862	0.31811
55	219219	132893	127183	355309	146956	529295	2.06249	0.24028
56	35649	29806	33570	344060	149286	99025	2.30470	0.33900
57	33490	52292	59181	440297	187279	144963	2.35102	0.40824
58	52135	41626	49245	465119	197473	143226	2.35536	0.34383
59	55045	54536	66243	389717	163700	175824	2.38067	0.37675
総計	2600540	1952664	1757494	13458656	6035703	6310698		

表-1 大阪都市圏における都市活動の要約

タイプ-1ではそのずれが又中であつた。またサービスの場合にはいずれのタイプでも適合度が非常にわがた。したがって、都市活動の内外立地確率は実測値を用い、ゾーン間の立地確率はこれに準じて修正し、都市活動の生成を予測した。

表-3 修正値は β の修正計算によって

修正したものである。

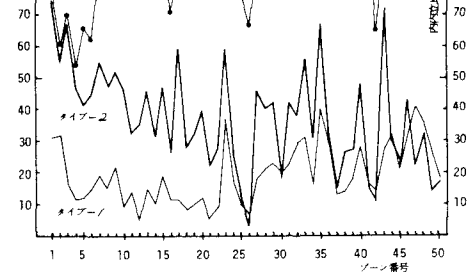


図3-2 常住ゾーンでサービスを求める確率の比較

に示した。表-4から分かるように、相関係数はサービス雇用部門がやや低かったが、その他は非常に高かった。また、カイ自乗検定ではすべてが有意水準5%で有意であった。さらに、予測結果をやや細かく考察してみると、総雇用部門はCBDとそのまわりがやや過小予測された。これは中心地域に立地したサービス雇用部門の大部分が他ゾーンの人口にサービスを提供する特性を持つにもかかわらず、 β に平均値を用いたためであると考えられる。しかし、総雇用部門の実績値と予測値との関係を示した図-4によると、各点はほぼ45°の直線上にあるから生成モデルの適合度はかなり高いといえよう。人口部門では総雇用部門と反対にCBDが過大に予測されているが、これはCBDのアクセシビリティ指数が、とても高いので、内立地確率が実際より過大に算定されたためであろう。サービス雇用部門は総雇用部門と同じ原因でCBDが過小に予測されたが、 β の修正計算によってその適合度を高めることができた。

4. 都市活動のインパクト・アイリス

都市活動の生成モデルの生成乗数が持つ特性を考慮して、あるゾーンにおける都市活動の強度が変わる場合、または、あるゾーン間の交通サービス水準が変わる場合に、この変化が都市地域のすべてのゾーンに与えるインパクトを測るためのインパクトモデルを提案した。また、簡単な試算によって、このモデルの適用性を検討してやることにした。

4-1. 生成モデルの生成乗数の特性

生成モデルの並行列の要素は都市活動の基礎雇用部門とその他の部門との関連を、都市地域の雇用構造とゾーン間の都市活動の相互作用の特性および交通サービス水準を媒介にして総合的に表わす都市活動の生成乗数である。それは並行列の構造 $C = [I - (AB + D)]^{-1}$ からわかるであろう。また、都市活動の生成モデルと産業連関モデルとの構造が非常に類似している点に注目して、産業連関モデルの生成乗数の特性から都市活動の生成モデルの生成乗数の特性を以下のように解釈できよう。

生成乗数行列の対角線要素は自ゾーンの都市活動の変化または交通サービス水準の変化が自ゾーンの活動へ与えるインパクト効果を示し、非対角線要素は他ゾーンの都市活動の変化または交通サービス水準の変化から受ける都市活動のインパクト効果を示している。したがって、生成乗数行列の横計はすべてのゾーンから受けるインパクト効果で、縦計はすべてのゾーンへ与えるインパクト効果である。これらをつぎのように標準化してインパクト指数とした。

ゾーン	実績値	予測値	相関係数	実績値	予測値	相関係数	実績値	予測値	相関係数
1	311681	240841	301026	43983	66732	75603	97435	26595	86780
2	317030	283818	312965	28953	45889	50602	46758	13546	42693
3	145039	98852	142291	41938	71141	84961	70926	24739	68718
4	136196	120112	137420	50078	86222	95205	29315	13231	30539
5	67712	59372	69798	55725	89801	99955	22460	14120	24546
6	77127	63107	79498	59561	93394	106570	28536	14516	30907
7	126983	151635	129111	376491	462595	438794	38094	62746	40222
8	63349	56244	65674	129047	152960	166761	29885	22780	32210
9	107092	109149	108854	288599	295773	297194	36341	38398	38103
10	78191	87171	80872	169763	258242	261410	27645	36625	30326
11	44885	46692	45848	123853	127971	129764	16373	13180	17336
12	56346	56458	57529	86608	121149	125167	17581	17693	18764
13	116293	131780	118085	244884	322072	315714	27642	43129	29434
14	65160	70042	66718	95600	153312	156422	15823	20705	17381
15	93718	104743	95270	194550	277199	270945	26092	37117	27644
16	55293	49207	56685	42442	60617	67423	14457	8371	15849
17	162957	165171	167667	267996	360139	379337	50368	52582	55078
18	48388	53800	49012	88488	118665	115475	11576	16988	12200
19	58289	65335	59133	105777	150261	147408	14095	21141	14939
20	70570	65004	72253	61100	93303	100822	20481	14915	22164
21	52960	58851	53473	81963	109906	108057	9269	15160	9782
22	67484	71585	68334	96586	129280	130845	14294	18395	15144
23	110524	112047	112147	389384	317955	322929	42961	44464	48878
24	34121	30028	34459	100258	67080	73079	13571	9478	13909
25	19693	19547	19831	79621	47083	48029	5589	5443	5727
26	5375	4737	5299	16839	10087	11169	1649	1011	1573
27	82134	92419	83734	300956	299430	296539	29885	40170	31485
28	68304	71273	69073	210286	175866	174941	21394	24363	22163
29	83422	93236	88548	352974	294166	282079	30317	40131	31443
30	28759	27603	28943	76704	50970	50819	7676	6490	7820
31	88477	99128	89548	351882	279159	279159	28876	39539	29945
32	63922	66963	64992	254311	198069	194680	25429	28470	26499
33	140883	154063	142504	341621	365410	354402	38561	51741	40182
34	52903	56563	53489	163197	145504	142763	15170	18830	15756
35	220864	241250	223582	524750	579871	560537	62785	83171	65503
36	90555	100004	91426	261639	240501	230042	22415	31864	23286
37	20986	22432	21155	63586	47555	45869	5002	6448	5171
38	31132	35592	31588	132662	107944	102332	9974	19134	10370
39	35385	36549	35979	153675	106578	106518	13110	14274	13704
40	26655	33769	27092	116647	124623	116702	9840	16954	10277
41	17420	17603	17567	66936	42505	42520	5846	6029	5993
42	18586	17741	18672	62366	34508	35679	4231	3386	4317
43	256799	305074	260401	750688	866343	801252	78247	126522	91849
44	47452	49068	47849	133074	104919	103402	13097	14713	13494
45	34343	38290	34746	118237	98749	92045	9638	13585	10041
46	69687	75109	70500	192706	184545	176792	21294	26716	22107
47	29330	29870	29500	79506	63113	62532	7903	8443	8073
48	42840	45788	43228	111956	102222	97697	11639	14587	12027
49	16938	17616	17027	46741	37386	36352	4106	4784	4195
50	15960	16720	16171	59804	45122	44023	5523	6283	5734

表-3 都市活動の予測結果

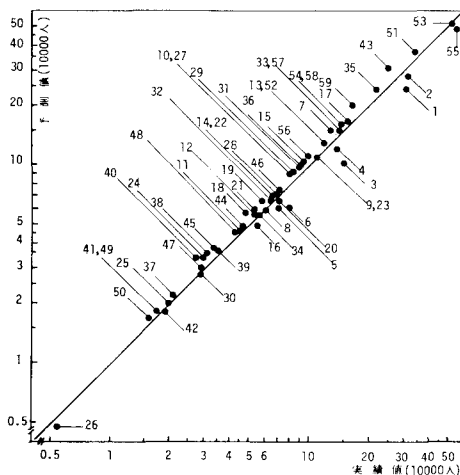


図-4 雇用部門の実績と予測値の相関

区分	統 計 値	総 雇 用	常住人口	サービス雇用
予 測 値	相関係数	0.971	0.962	0.693
	平均平方誤差	16506	44176	16507
	標準偏差	69087	141643	19802
	カイ自乗	4.930	9.064	9.200
修 正 値	相関係数	0.999	0.957	0.995
	平均平方誤差	2211	43332	2211
	標準偏差	68449	147250	19345
	カイ自乗	0.310	7.980	5.999

表-4 都市活動の生成予測の統計値

$$AI_i = m \sum_j C_{ij} / \sum_i \sum_j C_{ij} \quad \text{----- (24)}$$

$$PI_i = m \sum_j C_{ij} / \sum_i \sum_j C_{ij} \quad \text{----- (25)}$$

ここで、 AI_i : i ゾーンが他ゾーンに与える
インパクト指数

PI_i : i ゾーンが他ゾーンから受ける
インパクト指数

m : ゾーン数

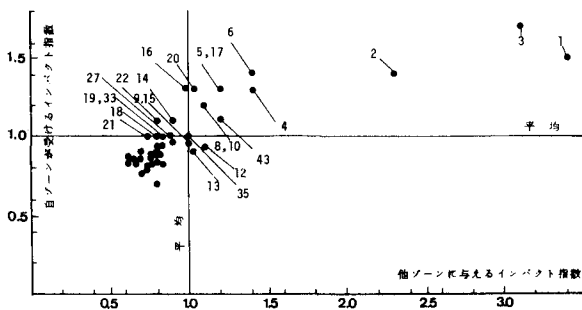


図-5 生成モデルの生成乗数の特性

大阪都市圏におけるゾーン別のインパクト指数

を示したものが図-5である。北区、南区、東区は両方のインパクト指標がもっとも高く、西区、天王寺区などの都市活動の強度が高いCBDのまわりは両方ともにかなり高い。また、周辺の低機能地域はすべてのゾーンから受けるインパクト指数またはすべてのゾーンへ与えるインパクト指数が平均程度であり、その他の郊外地域は両方ともに平均以下になっていることがわかった。

すべてのゾーンへ与えるインパクト指数が高いゾーンに都市活動が増えるとそのインパクト効果は広い範囲に波及して波及され、低いゾーンに都市活動の量が増えると、その波及効果は小さいと考えられる。

4-2. 都市活動のインパクト・モデル

ゾーンごとの都市活動の変化率と生成乗数行列との積によつてゾーン間の都市活動のインパクト係数が求められる。あるゾーンの雇用部門に ΔE_i の変化があるとき、その変化率 l_i はつぎのように表わすことができる。

$$l_i = \Delta E_i / E_i \quad \text{----- (26)}$$

l_i を $(n \times n)$ 対角行列に直して生成乗数行列との積によつてゾーンごとの雇用部門の変化によるインパクト係数が求められる。

$$IK = LL \cdot C \quad \text{----- (27)}$$

ここで、 IK : インパクト係数、 $(n \times n)$ 正方行列

LL : 都市活動の変化率、 $(n \times n)$ 対角行列

C : 生成乗数行列、 $(n \times n)$ 正方行列

一方、交通サービス水準が変わると、都市活動の生成モデルから生成乗数を計算しなおして(27)式に代入すればよいであろう。

都市活動のインパクトモデルはインパクト係数行列と基礎雇用ベクトルの積であると提案する。

$$(\text{総雇用のインパクト}) \quad \Delta E = \bar{e}^b IK \quad \text{----- (28)}$$

$$(\text{人口のインパクト}) \quad \Delta P = \bar{e}^b KA \quad \text{----- (29)}$$

$$(\text{サービス雇用のインパクト}) \quad \Delta E^s = \bar{e}^b K A B \quad \text{----- (30)}$$

ここで、インパクトは各雇用部門の変化量である。

4-3. 適用例

インパクトモデルの適用性を検討するために、図-6に示した大阪南港のポートタウンと仮想的な大阪中央環状鉄道計画を取り上げて、それらのインパクト効果を試算することにした。

(1). 大阪南港のインパクト

大阪南港のポートタウン計画の規模は、埋立面積 9.3 KM^2 で大阪市の約 4%、港区や大正区の面積とほぼ同じである。常住人口は 4.5 万人、就業人口 1.9 万人、従業人口 5.7 万人であり、昭和 50 年現在埋立は約 58% が完了し、約 3100 人の入居者があった。ここに立地する都市活動は西区から 18.2%、浪速区から 8.0%、東成区から 6.3%、大正区から 12.4%、西成区から 16.3%、住吉区(自区)から 20.0%、東住吉区から 6.9% およびその他の区から 12.1% ずつ移転するものと仮定した。また、交通サービス水準は現在のままで、都市活動のみ変化するとして(27)式によつてインパクト係数を算定した。その総計がインパクト効果である。南港開発

から受けるゾーン列のインパクト効果は図-7に示すとおりである。南港所在ゾーンである住吉区(9)にもっとも大きなインパクト効果(31.7%)が与えられ、他のゾーンに与えられるインパクト効果は極めて低かった。この原因は南港所在区のインパクト指数が低く、また本分析に用いたインパクトモデルが非常にマクロ的なものであるからであろう。したがって、局地的な都市活動のインパクトを算出するには当該ゾーンをもっと細かいゾーンに分割し、周辺ゾーンをダミーゾーンとして、分析すればよいと思われる。

(2). 大阪中央環状鉄道のインパクト

図-6に示したように堺市から箕面市までの総延長約46KMの鉄道が現在大阪環状鉄道の規模で建設されると仮定した。駅は計画線が通るゾーン中心点からもっとも近い在来線駅に置き、駅間の走行時間は昭和50年に設置された大阪都市圏における私鉄の平均走行速度¹³⁾(2分/KM)を用い、駅両端のアクセス時間はおおよそ5分と仮定して計画線が通っているゾーン間の時間距離を概算した。その影響を考慮して、分析対象地域全体のゾーン間の時間距離を修正した。修正された時間距離を交通インポードランスとして生成乗数行列を計算しなおして、(28)~(30)式によって常住人口のインパクトを求め、図-8に示した。中央環状鉄道計画が常住人口に与えるインパクトは、計画線周辺の現在開発度が高いゾーンでは減少傾向を示し、開発度が低いゾーンでは増加傾向を示した。また、CBDと郊外地域はともに増加傾向がみられた。このような傾向は周辺地域間または周辺と郊外地域間のアクセシビリティの相対値が増加して雇用者が周辺や郊外地域にも住居を選ぶ確率が増えることや、CBDでの現在の常住人口が居住能力にくらべてやや少ないのがその一因であると考えられる。

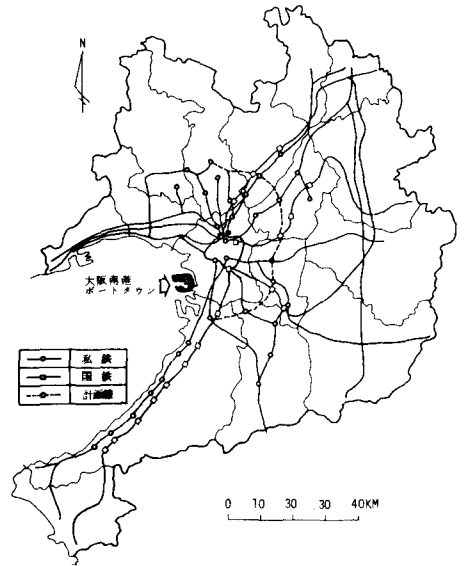


図-6 大阪南港と大阪中央環状鉄道計画

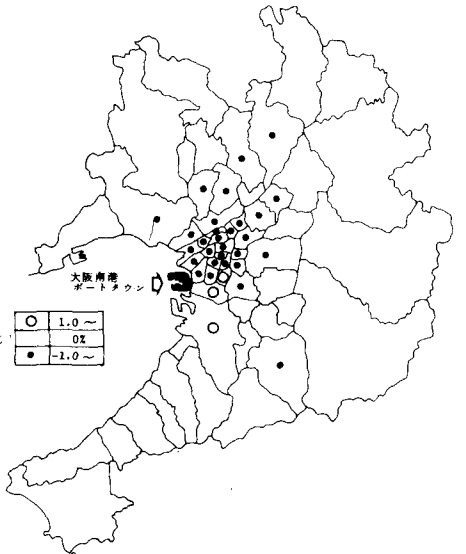


図-7 大阪南港のインパクト効果

5. 生成乗数を媒介とした都市モデルの適用性

都市活動の生成モデルの生成乗数の特性を用いて行なった都市活動のインパクトアサリシスも一つの適用例であるが、ここでは今後の課題であるいくつかの都市解析における生成モデルの生成乗数の適用性に関して簡単な考察を加えることにする。

5-1. 将来の都市活動の生成予測

都市活動の生成モデルである(16)式に時間概念を導入すればつぎのように示すことができる。

$$e(t) = e^b(t) \cdot I(t) \quad \text{----- (31)}$$

ここで添字(t)は現在時間を示し、将来(t+1)時間での都市活動の予測は将来雇用構造と交通システムのパターンの変化を無視すればゾーンごとの基礎雇用の予測値 $e^b(t+1)$ を用いてその予測が可能である。

$$e(t+1) = e^b(t+1) \cdot I(t) \quad \text{----- (32)}$$

また、将来雇用構造と交通システムの変化を考慮する場合には、アクセシビリティ指数から活動の立地確率を修

正して将来の生成乗数行列 $C(t+1)$ を算定し、(32)式に代入すればよいであろう。

5-2. 都市活動の相互作用モデル

一般的に、都市活動の相互作用モデルは交通分布モデルと類似したもので、ゾーン間の勤労者の流れまたは、サービスを求める人々の流れを表わしている。都市活動の生成モデルとインパクトモデルから相互作用モデルの作成が可能であると考えられる。

(31)式の基本雇用を $(n \times n)$ 対角行列に置き換えるとゾーン間の勤労者の流れ W_{ij}^t が求められる。

$$\begin{bmatrix} W_{11}^t & \cdots & W_{1j}^t & \cdots & W_{1n}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W_{i1}^t & \cdots & W_{ij}^t & \cdots & W_{in}^t \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W_{n1}^t & \cdots & W_{nj}^t & \cdots & W_{nn}^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{e}_1^b & & \\ & \ddots & \\ & & \bar{e}_n^b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1j} & \cdots & C_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{i1} & \cdots & C_{ij} & \cdots & C_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ C_{n1} & \cdots & C_{nj} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix}$$

また、(33)式はつぎの(34)式に表示できる。

$$W^t = \bar{e}^b \cdot C \quad \text{----- (34)}$$

(34)式に前述した雇用者が住居を選択する確率と人口のサービスを求める確率の積 AB を掛ければゾーン間の人々のサービスを求める流れ W_{ij}^s が求められる。

$$W^s = \bar{e}^b \cdot C \cdot AB \quad \text{----- (35)}$$

(34)、(35)式に(27)式で表わした都市活動のインパクト係数行列 K を掛ければ都市活動の相互作用に与えられるインパクトが算定できよう。また、(33)式から予測された総雇用を用いてその増加率を掛ければ将来の相互作用の予測も可能となり、現在と将来のゾーン間の相互作用の量が把握されると、ゾーン間の交通システムの整備水準に対しても考えることができよう。

以上に述べたように都市活動の相互作用はゾーンごとの活動の量と交通システムの状態によって変わるものであるから、様々な都市活動の将来増加量の配置案や交通システムの整備案からもっとも望ましい都市活動の相互作用を算出して、これによって都市活動の配置計画と交通システムの整備計画を確立すれば都市活動の誘導やその制御によって望ましい都市づくりに役だつと思われる。

参考文献および資料

- 1). CHAPIN F.S, URBAN LAND USE PLANNING, UNIVERSITY OF ILLINOIS PRESS(1965)
- 2). LOWRY I.S, A MODEL OF METROPOLIS, RAND CORPORATION, CALIFORNIA(1964)
- 3). MICHAEL BATTY, URBAN MODELLING, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS(1976)
- 4). 毛利正光、金大雄、経済現象に基づく都市活動の生成について、土木学会33回年次学術講演会梗概集(1978)
- 5). BRIAN GOODAL, THE ECONOMICS OF URBAN AREA, PERGAMON PRESS(1972)
- 6). HANSEN W.G, HOW ACCESSIBILITY SHAPES LAND USE, JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF PLANNER(1959)
- 7). W.R.BLUNDEN, THE LAND USE / TRANSPORT SYSTEM, PERGAMON PRESS(1971)
- 8). 渡部与四郎、業務交通体系論、技報堂 9). ANDREI ROGERS, MATRIX METHODS IN URBAN AND REGIONAL ANALYSIS, HOLDEN-DAY
- 10). 総理府統計局、国勢調査報告書(1976)
- 11). 総理府統計局、事業所統計調査報告書(1976) (1971)
- 12). 大阪府企画室、総合交通体系のための基礎調査報告(1976)
- 13). 京阪神パーソントリップ調査委員会、京阪神パーソントリップ調査報告書(1971)
- 14). Wassily Leontief 著、新飯田宏訳、産業連関分析、岩波書店(1966)、大阪府、大阪経済産業連関分析(1990)

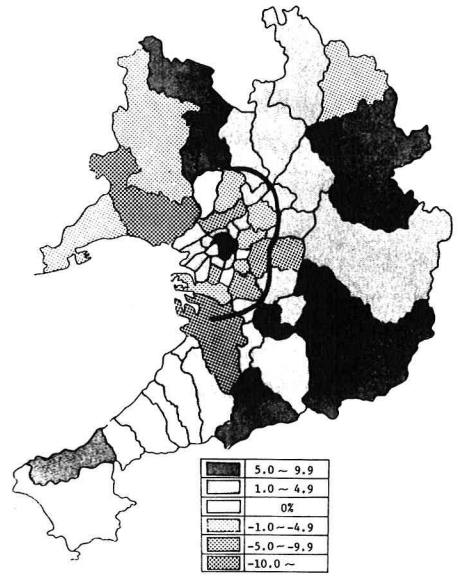


図-8 大阪環状鉄道のインパクト