

# 地域研究 (その2)

地域研究部会

## 2.1 土地利用の記述的モデル

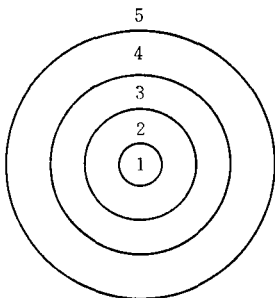
### 2.1.1 同心円理論

バージェス (E. W. Burgess) が 1923 年に発表した Concentric Zone Hypothesis が最初に提出された理論であるとされている(文献[1])。これ以前にも、ハード(R. M. Hurd)が1904年、ガーピン(C. J. Garpin)が1918年に市街地の拡大の形と方向について都市の発展は中心から同心円的に、あるいは交通路に沿って放射状に発達すると述べている。一方、バージェスは、都市内部の社会現象として、集心 (centralization)、専門化 (specialization)、分離 (segregation)、離心 (decentralization)、集心的離心 (centralized decentralization) のようなものが行なわれる結果、分化 (differentiation) が起こり、その結果として、都市内部に特殊な地帯化 (zoning) が発生し、各地帯間の侵入 (invasion) と遷移 (succession) とが内部から外部へ向かって起こることによって都市が拡大してゆくというものである。バージェスの同心円構造はつぎの5つの地帯からなっている。(図2.1.1参照) すなわち、I. 中心業務地区 (central business district) (CBD) は、都市が拡大する要であり商業・行政の中心として最も人の出入りが多い地帯とされている。II. 推移地帯 (zone in transition) は、通常 CBD をとり囲んでおり、商業地区と住居地区との推移するところである。III. 労働者住居地帯 (zone of workingmen's home) は、推移地帯から逃れ出たものの職場への通勤の容易なことを望む工業労働

者の居住地帯である。IV. 住宅地区 (residential zone) は、高級アパート、ホテル、独立住宅などからなる「限られた」地区である。この中には、副都心ともいふべき、satellite loops が発生している。V. 通勤者地帯 (commutor's zone) は、都市限界を越えて中心業務地区から30分～60分の通勤時間内にある地帯で、郊外地区あるいは、衛星都市 (satellite cities) となっている。バージェスは、この同心円構造を理想的形態と考え、この同心円を歪めるものとして、地形、鉄道、工業の位置の歴史的要因および都市が膨張に際して侵入する社会の抵抗の強さの程度を指摘している。これに対し、デーヴィー (M. R. Davie) (文献[2])、クィーン (J. A. Quinn) (文献[3]) 等の批判があり、またフィッシャー (E. M. Fisher) (文献[6]) は都市の機能地域分化に関する経験的事実から修正同心円理論というものを提案している。

### 2.1.2 扇形理論

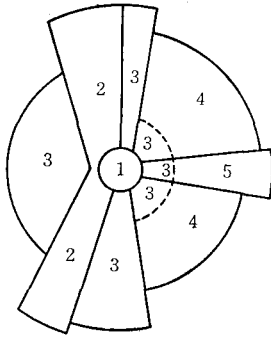
ホイット (H. Hoyt) は1939年「アメリカ都市における住宅地区の構造と成長」と題する論文において、都市域内部における住宅地域の空間構造が扇形構造として把握されるという理論 (sector theory) を提案した。ホイットは、住宅的土地利用だけをとりあげ、街区別平均地代の分布を通じて、高地地域、中地地域、低地地域を設定し、アメリカ合衆国の142の都市について調査を行ないそれらの分布パターンを調べ、一般的パターン、すなわち、一般的な都市の空間構造を見出そうとした。この調査により住宅地区の発達に関しつぎの9つの一般傾向が明らかにされ、その上に乗って扇形理論が打ち出されたのである。



1. 中心業務地区
2. 推移地帯
3. 労働者住居地帯
4. 良質住宅地帯
5. 通勤者住居地帯

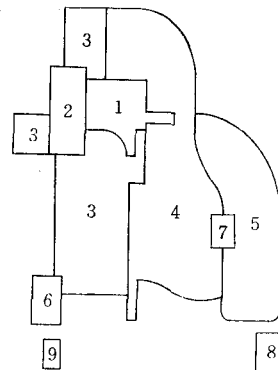
図 2.1.1 バージェスの同心円

- (1)住宅地は既存の交通路線に沿って、もしくは、建築物や商業中心地の他の核心地の方向に向かって進行する。
- (2)高級住宅地は、高地、湖岸、海岸、川岸に広がる。
- (3)高級住宅地は、都市の外部へ向かって成長する。
- (4)高級住宅地は、社会的指導者の家のまわりに集まる。
- (5)事務所、銀行、商店の移動は高級住宅地を吸引する。
- (6)高級住宅地は、現在の最も高速な交通路沿線に発展す



1. 中心業務地区
2. 卸売軽工業地区
3. 下層階級住宅地
4. 中層階級住宅地
5. 上層階級住宅地

図 2.1.2 扇形理論



1. 中心業務地区
2. 卸売軽工業地区
3. 下層階級住宅地
4. 中層階級住宅地
5. 上層階級住宅地
6. 重工業地区
7. 副業務地区
8. 郊外住宅地
9. 郊外工業地

図 2.1.3 多核理論

る。  
 (7)高級住宅地は、長期にわたって同一方向に成長し続ける。  
 (8)高級アパートは、CBD の近くの住宅地に作られる。  
 (9)不動産業者が住宅地の高度の成長に結びつくことがある。

この9つの傾向から、つぎのような理論が導かれた(図 2.1.2 参照)。すなわち、中心の CBD (1) から外部に向かって交通路線に沿って放射状に、しかも扇形に広がる地帯の配置があり、卸売・軽工業の地帯(2)に接して低級住宅地(3)があり、そこから離れる方向に中級住宅地(4)、ならびに高級住宅地(5)が派生する。また、(4)および(5)の地帯でも CBD の近くでは、次第に低級住宅地(3)へと移行する。

### 2.1.3 多核心理論

ハリス(C. D. Harris) およびウルマン(E. L. Ullman) は、1945年「都市の本質」と題する論文において、都市の土地利用のパターンがいくつかの核心地を中心として形成されることから、多核心構造として把握されるという論文を提起した (multiple nuclei theory)。都市の土地利用の核心となるものとして、つぎの6つのものがあげられている(図 2.1.3 参照)。第1は、中心業務地区でこれは都市内交通機関の焦点に立地している。第2は、卸売および軽工業地区である。この地区は都市内部にあっては市外交通機関の焦点近くにある。第3は、重工業地区で、現在あるいは以前の都市の外縁部近くにある。都市外縁部は大きな用地が得られ、環状線や操車場の発達につれて都心内部よりもかえって良好な交通サービスをもつようになる。第4は、住宅地区で、一般に高級住宅地は水はけの良い高台で、騒音、悪臭、煙、および鉄道路線から離れたところにある。第5は、小核心地 (minor nuclei) で、文化センター、公園、周辺業務地区、および小さい工業中心である。第6は、郊外と衛星都市である。郊外は住宅地であろうと工業地であろうとアメリカの大都市のほとんどに特徴的なものである。ま

た、衛星都市は、中心都市から何マイルも離れていて、一般に中心都市との間の通勤が少ないか、その経済活動は中心都市の経済活動に密接に付随している。これらの核心地は、都市が大きければ大きいほど、数が多く、より専門化する。またこれらの核心地は、つぎの4つの要因が組合わされて出現すると説明されている。第1の要因は、専門的な便益を必要とする活動がある。第2の要因は、類似した活動の中には凝集によって利益をうけるものがある。第3の要因は、異なる活動の中には、互いに集まると不利益になるものがある。第4の要因は、活動の中には、より好ましい地点の高地代を負担できないものがある。

上記の核心地を中心として、都市内の土地利用はいくつかの地区に分化するとされているのである。

### 2.2 新都市経済学 (New Urban Economics)

60年代後半より Mills を中心とする学者が、都市の土地利用 (とくに住宅地) を経済的視点より分析する一連の論文を発表した。その後これらの論文が契機となって都市経済に関する多くの研究が進められ、最近では新都市経済学(New Urban Economics, 以後 NUE と略す) とよばれる分野を形成するまでに到っている。新しい学問分野ではあるが、その萌芽は古く von Thünen (文献[9])にまでさかのぼることができ、またその基盤は Wingo (文献[10]), Alonso (文献[11]), Muth (文献[12]) の研究に求めることができよう。今までに数多くの論文が *Journal of Urban Economics* を中心に発表されてきており、モデルの形も多様化してきたが、ここでは NUE の標準タイプと言われるべきモデルを紹介しよう。(初期の NUE については Mills and Mac Kinnon (文献[13]), Mills (文献[14]) を参照されたい。)

NUE は数学的操作性を得るためにいくつかの仮定条件を前提としている。まず第1に都市は線形都市が仮定される。平面都市を扱っているように見えるが CBD から放射状にどこでも交通が可能であると仮定され、横への動きは無視されており、本質的には線形都市と言わ

れるべきものに等しい。第2にCBDは一つとされ、このCBDにすべての就業地があり、すべての人はこのCBDに通うと仮定される。第3に土地利用は排他的でCBDと住宅地のみが考えられ、CBDに住宅はありえず、また住宅地に就業地はありえないことが仮定されている。第4に住宅、交通、生産の3部門のみが考えられ、生産部門で生産される全商品は1つにまとめられて扱われる。第5に住宅需要は土地の需要によって定められるものとされ、住宅敷地の大きさとCBDからの距離の関数と仮定される。第6に住宅立地者は普通同一の収入と同一の好みをもっているとされる。すなわち個人は同一の効用関数 $U$ をもち、具体的には住宅敷地面積( $s$ )と商品量( $z$ )の関数 $U(s, z)$ とされ、関数形は $U(s, z) = \alpha \log s + (1-\alpha) \log z$ と仮定される。(以上が主な仮定であるが、これらの仮定も最近では緩和化されつつある。)

上の枠組のもとでモデルは予算制約のもとで効用を最大化するものとして定式化される。数式で表現すれば、 $x = \text{CBDからの距離}$ ,  $p = p(x) = \text{距離} x \text{の地点の地代}$ ,  $t = t(x) = \text{距離} x \text{の地点までの交通費}$ ,  $y = \text{所得とする}$ と、

$$\begin{aligned} \text{Max } U(s, z) &= \alpha \log s + (1-\alpha) \log z \\ \text{subject to } y &= 1 \cdot z + p(x)s(x) + t(x) \end{aligned}$$

と表わされる。(商品の価格は1に規準化されている。)これを解くことにより、

$$p(x)'s(x) + t(x) = 0$$

が得られる。この式は立地均衡式とよばれるもので、均衡状態においては立地者が立地点を変えても地代の減少が交通費の増加で打ち消し合い効用を高めることができない、ということを示している。この立地均衡式より均衡地代は、

$$p(x) = p_0 \left( \frac{y - t(x)}{y - t_0} \right)^{1/\alpha}$$

と求められ、また敷地面積は、

$$s(x) = \frac{\alpha y}{p_0} \left( 1 - \frac{t(x)}{y} \right)^{1/\alpha - 1}$$

と求められる。(ここで $p_0$ ,  $t_0$ はCBDの端での地代、交通費である。)土地の需要・供給均衡は $\beta(x)$ を距離 $x$ における幅 $dx$ のリング状の土地で住宅地に利用される割合とし、 $n(x)dx$ をこのリング状に住む世帯の数とすると、

$$s(x)n(x)dx = 2\pi x \beta(x)dx$$

で表わされる。これを解くことにより世帯密度は、

$$n(x) = \frac{2\pi p_0}{\alpha y} x \beta(x) \left( 1 - \frac{t(x)}{y} \right)^{\frac{1}{\alpha} - 1}$$

と求められる。

以上が一番簡単なモデルの演繹結果であるが、NUE

では主に交通問題に焦点を当てており、上のモデルの交通費 $t(x)$ を内生化した論ずる場合が多い。一例として、

$$t(x) = \int_{t_0}^t \left[ t_0 + a \frac{P(x)}{2\pi x(1-\beta(x))} \right] dx$$

が提案されている。ここで $P(x)$ は $x$ 以遠の累積人口で、したがって積分内の第2項は $x$ 地点での交通密度を表わしており、これにより交通混雑の問題が論ぜられることになる。この式を導入すると交通費(混雑度を含む)と人口密度の関係、交通費と均衡人口密度の関係が関数式として求められる。さらに交通用地 $1-\beta(x)$ を内生化的により最適交通用地政策を論ずることができるようになる。

NUEは交通問題の他、最近多くの都市問題にも目を向けている。たとえば環境問題、公共投資問題、土地利用規制、人種問題等でいくつかの論文が発表されている。総じてNUEのモデルは現実問題を論ずるのに未だ十分とは言い難いが、理論的裏づけをもった分析道具として今後期待されるモデルであろう。(最近のモデルの概観はたとえばRichardson(文献[15])を参照されたい。)

#### 線形計画モデル

住宅立地をNUEのような均衡型モデルでなく、最適化型モデルとして定式化する考え方もある。その中でLPを利用したHerbert and Stevens(文献[16])モデルが良く知られている。このモデルはNUEの基礎となったAlonso(文献[11])モデルの離散型版とも言えよう。

立地者は家、住環境、交通費、敷地面積よりなる住宅財のコスト比較を行ない、予算と住宅財コストの差、すなわち地代支払能力が最大となるように立地することが仮定されている。立地者は収入等でクラス分けされており、それぞれの地区に与えられている住宅立地容量内で各階層の立地者が立地するとされている。さらに課税と補助金の要因も双対問題として考えられている。

数式で表現するために立地者クラス $i$ 、住宅財 $j$ 、地区 $k$ とし、記号を $b_{ij}$ =立地者クラス $i$ の者が住宅財 $j$ を購入するために用意する予算、 $c_{ijk}$ =立地者クラス $i$ の者が住宅財 $j$ を地区 $k$ で独占的に手に入れるコスト、 $s_{ij}$ =立地者クラス $i$ の者が住宅財 $j$ を利用した場合に使われる敷地面積、 $\bar{s}_k$ =地区 $k$ における住宅立地可能面積、 $N_i$ =立地者クラス $i$ の数、 $n_{ijk}$ =立地者クラス $i$ の者が住宅財 $j$ を地区 $k$ で購入する数、 $p_k$ =地区 $k$ の地代、 $v_i$ =立地者クラス $i$ に対する補助金または税金、としよう。すると上に述べた最適立地問題は、

$$\begin{aligned} \text{Maximize } Z &= \sum_i \sum_j \sum_k n_{ijk} (b_{ij} - c_{ijk}) \\ \text{subject to } \sum_i \sum_j s_{ij} n_{ijk} &\leq \bar{s}_k \\ \sum_j \sum_k n_{ijk} &= N_i \\ n_{ijk} &\geq 0 \end{aligned}$$

と表わされる。デュアル問題は、

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Z' &= \sum_k p_k \bar{s}_k + \sum_i v_i N_i \\ \text{subject to } & s_{ij} p_k - v_i \geq b_{ij} - c_{ijk} \\ & p_k \geq 0, v_i \geq 0 \end{aligned}$$

となる。第1式は総地代を最小化することを示し、第2式はどの立地点においても地代はその地に立地する者の地代支払能力以下とはならないことを意味している。

Harbert and Stevens のモデルは今までにいくつかの一般化が試みられている。その点についてはたとえば Mills (文献[17]), Wheaton (文献[19]), Hartwick and Hartwick (文献[18]) を参照されると良いであろう。

## 二次計画モデル

都市の土地利用はさまざまな都市の諸活動が相互に関連し合って織り成すパターンと言えよう。したがって土地利用モデルも相互関連を明確に把握の必要にせまられている。相互関連を定式化する手法としていくつかの方法が考えられてきたが、その中で2次計画法(QP)は1つの有力な手法であろう。その原形とも言えるモデルは Koopmans and Beckmann (文献[20]) の論文に見ることができる。ここではその系列にある奥平(文献[21])モデルを解説しよう。

都市にはいくつかの業種の都市活動があり、ある業種の製品はある他の業種の原料であったり、またある業種の排棄物はある他の業種にとって有害であったりする。これらの相互関係を表現するために親和係数  $a_{kk'}$  という概念を導入する。すなわち1単位の  $k$  業種が1単位離れた1単位の  $k'$  業種に及ぼす影響が  $a_{kk'}$  で測られるとする。つぎに親和の度合は業種間の距離の  $\alpha$  乗に反比例し、業種の数に比例すると仮定される。記号で表現すれば、 $m_{k'j}$  = ゾーン  $j$  における  $k'$  業種の数、 $d_{ij}$  = ゾーン  $i$  と  $j$  の間の距離、とすると、ゾーン  $i$  にある  $k$  業種1単位とゾーン  $j$  にある  $m_{k'j}$  単位の  $k'$  業種の親和度は  $a_{kk'} m_{k'j} / d_{ij}^\alpha$  で表わされる。したがって全ゾーン全業種間の総親和度  $Z$  は  $Z = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_{k'} a_{kk'} m_{ki} m_{k'j} / d_{ij}^\alpha$  と書くことができる。制約条件としては、ゾーン  $i$  の総事業所数は許容量  $M_i$  に等しいこと、 $k$  業種の総数は一定数  $N_k$  であることが課せられている。このもとで最適土地利用パターンは総親和度を最大化すること、すなわち、

$$\begin{aligned} \text{Maximize } Z &= \sum_i \sum_j \sum_k \sum_{k'} a_{kk'} m_{ki} m_{k'j} / d_{ij}^\alpha \\ \text{subject to } & \sum_k m_{ki} = M_i \\ & \sum_i m_{ki} = N_k \end{aligned}$$

を解くことで求められることとなる。

この問題はQPとして知られており、いくつかの解法が知られている。奥平(文献[21])モデルではインクレメ

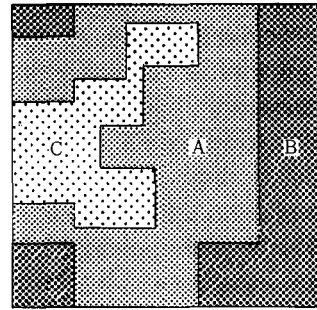


図 2.2.1

ンタルアサインメント法が利用されているが、この方法はアルゴリズム自体に土地利用最適化の意味が読み取れ、有意義な方法と言えよう。一例として  $A = (a_{kk'})$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

の結果を示しておく(図 2.2.1)。

## 参考文献

- [1] Park, R. E., Burgess, E. W. and Mckenzie, R. D., *The City*, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1925.
- [2] Murdock, G. P., *Studies in the Science of Society*, Yale Univ. Press, New Haven, 1937, 133-161.
- [3] Quinn, J. A., "The Burgess Zonal Hypothesis and Its Critics." *American Sociological Review*, 5(1940), 210-218.
- [4] Hoyt, H., *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*, Federal Housing Administration, Washington, D. C., 1939.
- [5] Haris, C. D. and Ullman, E. L., "The Nature of Cities." *Annals of American Academy of Political and Social Science*, 242(1945), 7-17.
- [6] Fisher, E. M., *Advanced Principles of Real Estate Practice*, McMillan Co, New York, 1930.
- [7] 木内信蔵編, 都市・村落地理学, 朝倉地理学講座 9, 朝倉書店, 1967.
- [8] 石水照雄, 都市の空間構造理論, 叢書都市 2, 大明堂, 1974.
- [9] von Thünen, J. H., *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Nationalökonomie und Landwirtschaft*, Gustav Fisher, Stuttgart, 1826,

reprinted in 1966.

- [10] Wingo, L., *Transportation and Urban Land, Resources for the Future*, Washington, D. C, 1961.
- [11] Alonso, W., *Location and Land Use*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1964.
- [12] Muth, R. F., *Cities and Housing*, Chicago University Press, Chicago, 1969.
- [13] Mills, E. S., MacKinnon, J., "Notes on the New Urban Economics", *Bell Journal of Economics and Management Science*, 4(1973), 593-601.
- [14] Mills, E. S., *Studies in the Structure of the Urban Economy*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1972.
- [15] Richardson, H. W., *The New Urban Economics: and Alternatives*, Pion, London, 1977.
- [16] Herbert, J. D., Stevens, B. H., "A Model of the Distribution of Residential Activity in Urban Areas", *Journal of Regional Science*, 2(1960), 21-36.
- [17] Mills, E. S., "Market and Efficient Resource Allocation in Urban Areas", *Swedish Journal of Economics*, 74(1972), 100-113.
- [18] Hartwick, P. G., Hartwick, J. M., "Efficient Resource Allocation in a Multinucleatic City with Intermediate Goods", *Quarterly Journal of Economics*, 88(1974), pp. 340-352.
- [19] Wheaton, W. C., "Linear Programming and Locational Equilibrium: the Herbert-Stevens Model Revisited", *Journal of Urban Economics* 1(1974), 278-287.
- [20] Koopmans, T. C., Beckmann, M. J., "Assignment Problems in the Location of Economic Activities", *Econometrika*, 25(1957), 53-76.
- [21] 奥平耕造(1976), 「都市工学読本」彰国社, 東京, 93-109.

### 3. 地域における点的施設の最適配置のための研究

ここでは, おもに, 歴史的にも古く, かつ, 数多くの研究がなされてきた工業の立地について述べていく。

工業立地に関する分析は, 個別企業の最適立地探索を問題とする企業サイドでの分析と, それらの企業を地域当局がいかに誘導し, 適正配置をはかるかという地域サイドの分析において考えることができる。本章では, そ

れらの研究の中から, 個別企業の立地論として最も基本的な Weber タイプの立地問題, とくに, 輸送費最小立地(または総距離最小立地), また, 地域サイドの分析として, 地域にとって最適な生産活動構成を選定する手法である Industrial Complex Analysis をとりあげる。なお, これらについてのいくつかの考察は[1]になされているので, 以下では, そこで触れられなかったことを中心にみていきたい。

#### 3.1 Weber タイプの立地問題

一般に, 個別企業の立地問題を扱う際には, 立地点や需要地に座標を与え, 連続的の平面上で考える場合と, 立地候補地をいくつか決めておき, グラフを構成してグラフ上で立地点を決定する場合が考えられる。後者のアプローチは, 実際の輸送費, 輸送時間をそのまま用いることができ, さまざまな施設の立地問題に適用されているが, ここでは, Weber の立地論はじめ, 地域研究により深い関係をもってきた前者のアプローチについて述べていくことにする。

##### 3.1.1 単一立地点の場合

A. Weber は消費地 1 カ所, 原料供給地 2 カ所の場合を立地三角形を用いて解いている。消費地は製品の重量をもって, また, 原料供給地は原料の重量をもって立地を牽引すると考え, その 3 つの力の均衡点が立地点になるというものである。これは, Weber 理論における輸送費指向論であり, 輸送費は財の重量と輸送距離に比例し, あらゆる方向に輸送可能, また, 賃率はすべて同一という仮定の下に, 輸送費最小となる工場の立地点が決定される。なお, Weber の立地論では, さらに, 労働費指向論, 集積論へ展開がなされている[2]。

さて, この Weber の問題は, 重量三角形等の図形や物理的のアナログモデルにより解かれてきたが, これを, 消費地, 原料供給地を区別せず, 立地点 $(x_p, y_p)$ に対する需要地 $(x_j, y_j)$ として一般化し定式化するとつぎのように表わすことができる。今, 需要地  $j$  での重量ウェイトを  $w_j$  とすれば,

$$\Phi_1 = \sum_j w_j [(x_j - x_p)^2 + (y_j - y_p)^2]^{1/2} \quad (3.1.1)$$

が最小になる $(x_p, y_p)$ を見出せばここでの解が得られることになる。この数値解は, くり返し計算によって容易に求められる[3, 4]。また, [5]では, 輸送費が距離のべき乗でいてくる場合についてこれを解いている。

##### 3.1.2 複数立地点の場合

立地点が複数個ある場合には, 図形による解法やアナログモデルでは容易に解くことができない。単一立地点の場合と同様に定式化するとつぎようになる。

$$\Phi_2 = \sum_p \sum_j \alpha_{pj} w_j [(x_j - x_p)^2 + (y_j - y_p)^2]^{1/2} \quad (3.1.2)$$

ここで、 $\alpha_{pj}$  は、 $p$  番目の立地点から  $j$  番目の需要地に財が供給される時には 1、そうでない時は 0 をとる 0-1 変数である。

この場合、この複数の立地点探索とともに、どの立地点からどの需要地に財を供給するかという配分の問題が生じ、工場の立地よりむしろ、倉庫、配送センターの立地等、物流システムの分析において重要な問題として扱われている (location-allocation problem)。

(3.1.2) 式を最小化する解は、単一立地点の場合と同様に、 $x_p, y_p$  で微分し、それを  $x_p, y_p$  について解き、また、別途、与えた  $x_p, y_p$  の初期値を用いてくり返し計算により求めればよい [4]。ただ、この方法は、需要地  $n$  個を立地点  $m$  個にわりあてることができる可能な数 (スターリング数  $S(n, m)$ ) だけ計算を行なう必要があり、 $n$  が大きくなるにつれ、計算量は膨大なものとなる。この需要地と立地点の組合せの数を減らし、計算時間の減少をはかる簡潔なアルゴリズム ( $m=2$  の場合について) が [6] にみられる。

### 3.1.3 需要地が確定的に与えられない場合

ここでは、Weber の問題の確率的展開を、L. Cooper の論文に従って述べよう [7, 8]。

まず、需要地  $j$  ( $j=1 \sim n$ ) を確定的に与えることができず、その座標の確率分布がわかっている時、立地点はどのようになるかという場合である。簡単のため、立地点は単一として考える。今、需要地  $j$  の座標が確率密度関数  $f_j(x_j, y_j)$  により示され、これが、正規分布に従うと仮定すると、総期待距離は、

$$\begin{aligned} \phi_0 = & \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (w_j / 2\pi \sigma_{xj} \sigma_{yj}) [(x_j - x_p)^2 \\ & + (y_j - y_p)^2]^{1/2} \cdot \exp\{-1/2\} [(x_j - \mu_{xj}) / \sigma_{xj}]^2 \\ & + [(y_j - \mu_{yj}) / \sigma_{yj}]^2 dx_j dy_j \end{aligned} \quad (3.1.3)$$

として表わせる。立地点は、需要地が確定的な場合と類似した方法で、くり返し計算により求められる。

Cooper は、約 200 通りの数値例について計算を行ない、確定的な場合と比較した結果、立地点の値に、明確な差が現われるとしている [7]。

このような需要地が確率的に与えられる例が現実にとどの程度存在するか問題であるが、Cooper はその例として、排水等のパイプ輸送システムにおいて、パイプラインを敷設するような場合をあげている。

また、[8] では、データの関係上確率分布が得られず、需要地が、ある小地域内のどこかにあるということしかわからない場合、確定的な場合と比較して、最適解がどのように変化するかについて述べている。

今、需要地  $(x_j, y_j)$  が、半径  $R_j$ 、中心  $(a_j, b_j)$  の円のどこかにあると仮定する。したがって、 $(x_j, y_j)$  は、

$$(x_j - a_j)^2 + (y_j - b_j)^2 \leq R_j^2 \quad (j=1 \sim n) \quad (3.1.4)$$

を満足する。需要地がこの円の中心にあるとすれば、それは 3.1.1 の場合と同じであり、その時の目的関数の値を  $\phi_c$  とする。また、選ばれるべき立地点に対し、需要地が円内の最も不利な位置にある場合の目的関数の値  $\phi_{\max}$ 、逆に、最も有利な位置にある場合の同様の値  $\phi_{\min}$  を、それぞれ

$$\begin{aligned} \phi_{\max} = & \sup_{x_j, y_j} \{ \min_{x_p, y_p} \sum_j w_j [(x_p - x_j)^2 + (y_p - y_j)^2]^{1/2} \\ & (x_j - a_j)^2 + (y_j - b_j)^2 \leq R_j^2, \forall j \} \end{aligned} \quad (3.1.5)$$

$$\begin{aligned} \phi_{\min} = & \inf_{x_j, y_j} \{ \min_{x_p, y_p} \sum_j w_j [(x_p - x_j)^2 + (y_p - y_j)^2]^{1/2} \\ & (x_j - a_j)^2 + (y_j - b_j)^2 \leq R_j^2, \forall j \} \end{aligned} \quad (3.1.6)$$

として定式化し、以下のことを証明している。

- ①  $\phi_{\max} = \phi_c + \sum_j w_j R_j$ ,  $\phi_{\min} = \phi_c - \sum_j w_j R_j$
- ②  $\phi_{\max}$ ,  $\phi_{\min}$  のおのおのについての最適立地点は等しくそれは、 $\phi_c$  を解いて求めたものに等しい。
- ③  $\phi_{\max}$ ,  $\phi_{\min}$  を導く需要地  $(x_j, y_j)$  の位置は、 $(x_j - a_j)^2 + (y_j - b_j)^2 = R_j^2$  と  $y_j = cx_j + (y_p - cx_p)$  の交点から計算できる。ただし、 $c = (b_j - y_p) / (a_j - x_p)$  である。

## 3.2 Industrial Complex Analysis (ICA)

Industrial Complex とは、一定の立地点において、重要な生産、販売その他の関係が相互依存的である一連の産業活動と定義されている [9]。地域サイドからみて、何らかの意味で最適になるように、この一連の産業活動 (生産活動の組合せ、業種群等) を選定する手法が ICA である。この定義からもわかるように、Industrial Complex を選定する場合に、重要な要因となるのが産業活動の相互依存関係の把握である。そこで、この関係をいかにとらえて、Industrial Complex を形成するかを中心にみていくことにする。

### 3.2.1 活動連関行列による分析 [9]

活動連関行列 (interactivity matrix) は、Industrial Complex を構成する個々の生産活動を単位水準で操業する時の、投入物と産出物の数量をそれぞれマイナス、プラスで表示したものである。これは、ICA の先駆者である W. Isard らがプエルトリコを対象とした分析で用いたもので、産業連関行列における投入係数行列の考え方を利用している。Isard らの ICA では、これをもとに、つぎのようにして Industrial Complex を選定している。

まず、地域的な各種の条件により設定されたいくつかの目標生産物と、需要規模等により別途推定された生産水準から、活動連関行列により、Industrial Complex で必要な投入物、産出物の総量が計算される。そして、これらの需要地、供給地の分布をもとに、比較生産費分

析[10]を行ない、最終的に、問題としている地域に有利な生産活動の組合せが選定されるのである。

この活動連関行列は、個々の生産物の生産方式、生産工程、設備等を考慮することによって作成され、多大な労力を必要とするが、具体的な生産の流れをとらえているので、きめの細かい分析が可能となろう。

日本における応用例として、[11]がある。

### 3.2.2 統計的方法による分析

活動連関行列は、個々の生産物レベルでの投入産出関係をとらえたものであるが、ここでは、それをアグリゲイトした業種レベルでのデータを用いて、業種間の関係をみる方法について述べる。

Industrial Complex を形成することによる利益、すなわち、集積の利益は、各業種が地理的に近接し、かつ、投入産出関係で機能的に結びつくことによるといえる。この地理的な近接性は spatial association とよばれ、たとえば、地域別業種別雇用者数のデータから、業種間の相関係数を求めることにより計量できる[12]。相関係数が高いほど、地理的な結びつきは強く、立地パターンが類似しているということになる。

しかし、立地パターンの類似性は、たまたま、2つの業種が地域の立地環境に対して同じような選好をした結果である場合(偶然集積)、業種間の取引による利益を求めての結果である場合(純集積)、あるいは、その双方の場合が考えられよう。実際の立地現象がこれらのいずれであるか厳密に区別することは困難であるが、各業種間が一般的に投入産出関係で機能的にどのように結びついているか、その度合 (functional linkage) は、産業連関表から調べることができる。

この linkage には、図 3.2.1 に示すようにいくつかの形態がある。1)は、業種  $k$  が業種  $j$  から財を購入している場合を示し、業種  $j$  からみれば forward linkage、業種  $k$  からみれば backward linkage があるといわれる。2)は、相互に取引関係がある場合を示している (mutual linkage)。これらは、産業連関表の中間投入欄をみることによって把握される。[13, 14]では、Industrial Complex を形成する条件として、構成業種相互間の linkage が強く、かつ、地理的近接性があるものをあげている。

3), 4)は、直接には取引関係はないが、業種  $l$  (複数でもよい) を介在し、間接的に結びついている場合を示している (indirect linkage)。今、産業連関表中間投入欄を行、または列ごとに、ペアをとり、相関係数を求めれば、財の販路の類似性、また、購入パターンの類似性を知ることができ、これらも、Industrial Complex を形成するための1つの要因として考えられる。これをもと

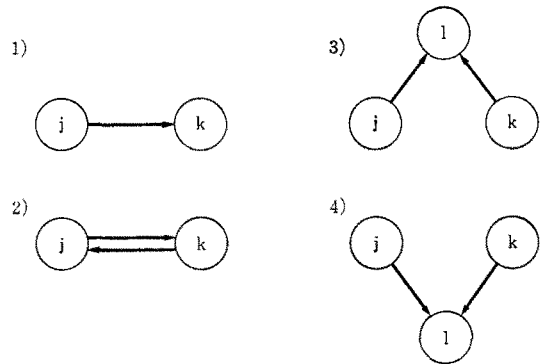


図 3.2.1 linkage の形態

に、因子分析等により Industrial Complex を形成している例として、[15, 16]等がある。

このように、産業連関表や地域統計データ等から業種間のつながりを求める方法は、Industrial Complex の業種選定の初期段階において、いくつかの代替 Complex を選ぶような場合に適用できよう。なお、地域的要因を考慮せず、業種間の linkage だけから業種グループを形成する場合には、[17]で定義されているように、Industrial Complex というより、Industrial Cluster とよぶほうが適切と思われる。

### 3.2.3 グラフ理論的方法による分析

業種間や生産工程間の関係の構造的側面はグラフ理論を用いることによっても表わすことができる[18, 19]。

[18]では、アメリカワシントン州の産業連関表の業種間取引額から、業種間に linkage があれば1、なければ0として有向グラフとその隣接行列をつくり、これをもとに分析を行なっている。たとえば、業種間が何ステップで結合されるかで距離行列  $\{d_{ij}\}$  ができるが、この行列から各業種についてつぎのような指標を計算している。

$$RC_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{\sum_j d_{ij}} \quad (3.2.1)$$

$RC_i$  は relative centrality とよばれ、この値が大きいほど、forward linkage が強く、多くの業種と取引があることになる(財の供給面で)。[18]では、この値の大小により業種を4つのグループに分類している。また、作成した有向グラフの強成分から、互いに影響を及ぼしあう業種グループの抽出、グラフをブロックに分割することによる業種グループの抽出等も行なっている。

グラフにより業種間の関係を表示した場合、結びつきの大きさの程度を知ることはできないが、統計的方法等とあわせて、また、各業種の立地的要因も考慮していくことにより、Industrial Complex の形成が可能となろう。

グラフ理論をもとにした Industrial Complex の分

析例は、[20]にみることができる。

業種間の結びつきの把握を中心に述べてきた関係上、ここではとりあげなかったが、P. Nijkamp, J. H. P. Paelinckらによる幾何計画法を用いたICAも注目に値する[21, 22]。これは、Industrial Complexを地域への投資問題としてとらえ、幾何計画モデルにより業種を選定するもので、地域にとっての最適化目標が明示され、また、制約条件にも、環境条件や、対象地域に固有の条件等を付加していくことにより、さまざまなモデルの展開が可能である等の利点をもっている。[22]には、各国のIndustrial Complexの実例も簡単に紹介されている。

日本におけるICAの研究例としては、先にあげた[11]の他、Klaassenの誘引モデルを適用した[23]等をあげることができるが、欧米と比較してまだ少ないようである。

### 参 考 文 献

- [1] 百合本茂：“工業の最適立地について”，オペレーションズリサーチ，Vol. 23，No. 12，pp. 764-772 (1978)
- [2] Weber, A. (日本産業構造研究所訳)：「ウェーバー工業立地論」，大明堂(1966)
- [3] Kuhn, H. W. & Kuenne, R. E.：“An Efficient Algorithm for the Numerical Solution of the Generalized Weber Problem in Spatial Economics”，*Journal of Regional Science*，Vol. 4，No. 2，pp. 21-33(1962)
- [4] Cooper, L.：“Location-Allocation Problems”，*Operations Research*，Vol. 11，No. 3，pp. 331-343(1963)
- [5] —：“An Extension of the Generalized Weber Problem”，*Journal of Regional Science*，Vol. 8，No. 2，pp. 181-197(1968)
- [6] Ostresh, Jr., L. M.：“An Efficient Algorithm for Solving the Two Center Location-Allocation Problem”，*Journal of Regional Science*，Vol. 15，No. 2，pp. 209-216(1975)
- [7] Cooper, L.：“A Random Locational Equilibrium Problem”，*Journal of Regional Science*，Vol. 14，No. 1，pp. 47-54(1974)
- [8] —：“Bounds on the Weber Problem Solution under Conditions of Uncertainty”，*Journal of Regional Science*，Vol. 18，No. 1，pp. 87-93(1978)
- [9] Isard, W., Schooler, E. W. & Vietorisz, T.：*Industrial Complex Analysis and Regional Development*，Wiley, New York(1959)
- [10] Isard, W.：*Methods of Regional Analysis ; an Introduction to Regional Science*，MIT Press, Cambridge(1960)
- [11] 吉川和広，小野日和児：“Industrial Complex法による新産業都市の工業地域計画について”，土木学会誌，Vol. 48，No. 11，pp. 37-43(1963)
- [12] Richter, C. E.：“The Impact of Industrial linkages on Geographic Association”，*Journal of Regional Science*，Vol. 9，No. 1，pp. 19-28 (1969)
- [13] Streit, M. E.：“Spatial Associations and Economic Linkages between Industries”，*Journal of Regional Science*，Vol. 9，No. 2，pp. 177-188(1969)
- [14] Latham, W. R., III：“Needless Complexity in the Identification of Industrial Complexes”，*Journal of Regional Science*，Vol. 16，No. 1，pp. 45-55(1976)
- [15] Czamanski, S.：“Some Empirical Evidence of the Strengths of Linkages between Groups of Related Industries in Urban-Regional Complexes”，*Papers of Regional Science Association*，Vol. 27，pp. 137-150(1971)
- [16] Roepke, H., Adams, D. & Wiseman, R.：“A New Approach to the Identification of Industrial Complexes Using Input-Output Data”，*Journal of Regional Science*，Vol. 14，No. 1，pp. 15-29(1974)
- [17] Czamanski, D. Z. & Czamanski, S.：“Industrial Complexes; Their Typology, Structure and Relation to Economic Development”，*Papers of Regional Science Association*，Vol. 38，pp. 93-111(1977)
- [18] Campbell, J.：“Application of Graph Theoretic Analysis to Interindustry Relationships”，*Regional Science and Urban Economics*，Vol. 5，No. 1，pp. 91-106(1975)
- [19] Lever, W. F.：“Mobile Industry and Levels of Integration in Subregional Economic Structures”，*Regional Studies*，Vol. 9，pp. 265-278(1975)
- [20] Sommerfeld, J. T., Sondhi, D. K., Spurlock, J. M. & Ward, H. C.：“Identification and Analysis of Potential Chemical Manufactur-



ing Complexes”, *Journal of Regional Science*, Vol. 17, No. 3, pp. 421-430(1977)

[21] Nijkamp, P.: *Planning of Industrial Complexes by means of Geometric Programming*, Rotterdam Univ. Press, Rotterdam(1972)

[22] Paelinck, J.H.P.: “Programming a Viable Minimal Investment Industrial Complex for

a Growth Center” in : N. M. Hansen(ed.), *Growth Centers in Regional Development Policy*, Free Press, Illinois(1972)

[23] 松本昌二, 土屋勉男: “機械系インダストリアルコンプレックスの分析と構築”, *地域学研究*, Vol. 7, pp. 37-47(1976)

## 支部ニュース

# 中国・四国支部

当支部の概要, 53年度の計画などについては昨年の8月号で住山評議員から報告したので, 今回は支部活動の中心である研究発表会と講演会について報告させていただきます。今年度はこれまでにつぎのように2回の研究発表会と4回の講演会をもち盛会なうちに活発な討論が行なわれました。

### 1. 研究発表会

#### (1) 第1回研究発表会(53年5月19日)

① Entropy Model を応用した空容器の回収 (藤永靖彦 宇部興産飲料㈱)

② Estimation and Control of Linear, Time-Variant Economic System (川畑興求 広島修道大学)

③ エネルギー問題に対するひとつのOR的アプローチ (赤尾守 近畿大学)

#### (2) 第2回研究発表会(53年10月13日)

① 市街地の統計的分析 (桑原兵二郎 近畿大学工学部)

② 離散型時間発注問題 (海生直人 広島大学工学部博士課程)

### 2. 講演会

#### (1) システムの複雑さと安定性について

講師: 深尾毅教授 (東京工業大学情報工学科)

日時: 53年7月12日

#### (2) FUZZY 環境における意志決定

講師: 西田俊夫教授 (大阪大学)

日時: 53年7月14日 (当支部共催)

#### (3) 数理計画の最近の話題—組合せ最適化を中心として—

数理計画, とくに組合せ最適化の分野における最近の話題を複雑性の理論, 近似最適解を求めるアルゴリズムを中心にわかりやすく紹介する。

講師: 茨木俊秀助教授 (京都大学工学部数理工学科)

日時: 53年10月13日

#### (4) 数理計画の最近の話題—双線形計画問題を中心として—

数理計画, とくに双線形計画問題を解くアルゴリズムの最近の発展と, その形で定式化される種々の応用について紹介する。

講師: 今野 浩助教授 (筑波大学電子情報工学系)

日時: 53年12月13日

以上のうち, 新進気鋭の学徒である海生氏の研究発表は, 取換え問題, とくに離散型故障時間分布に従いスベアが発注によってのみ納入される1ユニットシステムの発注問題を取扱うものであり, 適切と思われる若干の仮定のもとで定常状態における単位時間当りの期待費用を最小にする最適政策が存在する条件を論じています。

(熊谷信之)