Ⅳ-107　幹線道路網整備計画のための物資輸送計画に関するシステム分析

京都大学工学部　正員　吉川　和広
京都大学工学部　正員　小林　潔司
京都大学大学院　学生員　○植田　和哉

1　はじめに　近年深刻化した交通問題を抜本的に解決するためには、各種の都市活動の配置状態を交通現象の側面から積極的に再検討するとともに、これらの都市活動の配置の望ましい変化の方向と育合のとれるような幹線道路網の整備計画を立案していくことが重要であると考える。本研究ではこのような望ましい地域構造を誘導するような道路計画の策定のための第1歩として物資輸送の側面からみた望ましい地域構造の内容について分析することを試みる。すなわち具体的には、まず各種の産業活動間における物資の流動構造や地域における社会経済活動の集積状況と地域間の物資流動パターンの関連関係を構造論的・システム論的に分析することにより、物資流動からみた地域構造を多重多階層のシステムとして同定することとする。さらに、以上の分析結果を効果的に利用することにより物資輸送の効率化が達成できるような産業活動の配置パターンと道路ネットワークパターンを規範的に求めるための計画モデルを定式化する。そして実際に京阪神都市圏を対象として実証分析を行い、幹線道路計画のための計画情報を求めることをめざした。以上の分析手順をフローチャートに示したのが図-1である。

2　分析情報作成のプロセス　本プロセスでは図-1に示すような手順に従って分析を行い、地域構造を明らかにすることを試みる。

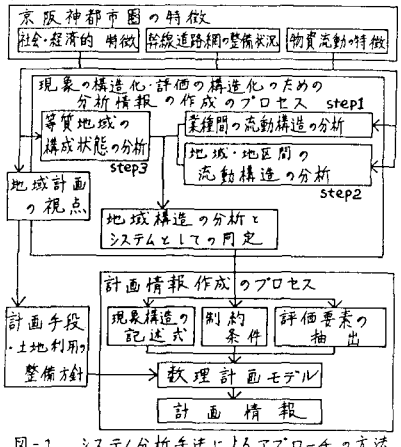

図-1　システム分析手法によるアプローチの方法

Step1、京阪神都市圏物資流動調査における業種間物資流動データに対して主成分分析を適用して業種間の特徴的な物資流動パターンを抽出する。Step2 京阪神都市圏物資流動調査より得られた地区間物資流動データに対して主成分分析を適用して、地区間の物資流動パターンを明らかにする。Step3 地域における産業活動の集積状態や物資の発生集中特性を示すと考えられる29個の変量に対して各単位地区を個体とする主成分分析を適用した。その結果4つの有意な主成分が抽出された。さらに、これらの主成分の成分得点を各単位地区の特性値と考え、クラスター分析を用いて等質地域とその空間的な構成状態を求めた。(この結果を図2に示す) 以上の分析の結果を分析情報として簡単にとりまとめると以下のようになる。すなわち、①京阪神都市圏における業種間の物資流動パターンは、鉄鋼業、食料品製造業、繊維工業、建設業を中心とするかなり独立した4つの業種グループに分類できる。そして、これらの業種グループ間では、物資の流動特性はかなり異なっており、たとえば鉄鋼業を中心とするグループは臨海の工業地域内、および、それらの地域と東大阪市等の内陸の準工業地域間で物資が流動している。また食料品製造業を中心とするグループでは、阪神間の地域から大阪市、神戸市、京都市の都心部や、それらの周辺地域へ流動している。以上の地域構造の分析結果をとりまとめて模式的に表わしたものが図-2である。この図に示すように京阪神都市圏における等質地域間においては各種の産業活動機能の複雑な分担関係が生じており、その結果地域・地区間の機能的な結合関係が生じ、これらの地域・地区間にその活動と関連のある特徴的な物資流動パターンが生じていることがわかる。

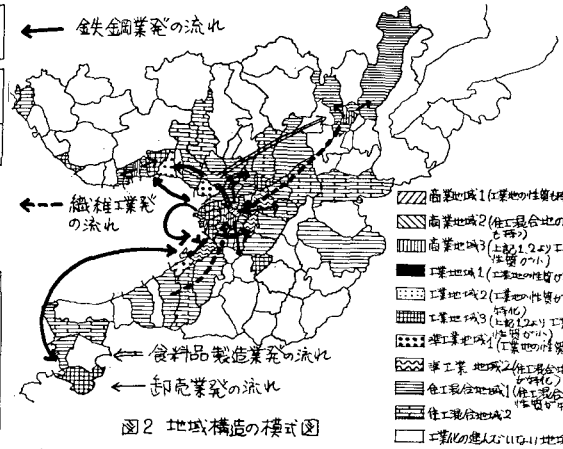

図2　地域構造の模式図

3．計画情報作成のプロセス　(1)概要；本プロセスでは上述の分析情報に基づいて、まず「総走行距離のてい減」

「総走行時間のてい減」「総走行費用のてい減」という3つの計画目標をできるかぎり達成させることのできる物資輸送パターンを求める物資輸送計画モデルを目標計画法を用いて定式化することとした。

(2)定式化；(a)物理的制約条件

$$\sum_s X_{ij}^{sr} = A_{ij} \sum_u \sum_{l \in I(j)} X_{jl}^{ru} \quad \left(\begin{matrix} i,j=1\cdots I \\ r=1\cdots R \end{matrix}\right) \cdots\cdots (1) \qquad F_j^r = \sum_s \sum_{i \in A(j)} X_{ij}^{sr} \quad \left(\begin{matrix} j \in \{C\} \\ r=1\cdots R \end{matrix}\right) \cdots (2)$$

ここでX_{ij}^{rs}はrゾーン($r=1\cdots R$)のi業種($i=1\cdots I$)からSゾーン($S=1,\cdots R$)のj業種($j=1\cdots I$)へ輸送される物資のフレート重量，F_j^rはrゾーンにおけるj業種への集中フレート重量，A_{ij}はj業種の財を1単位生産するのに必要なi財の量である。また$I(j)$はj業種で発生した物資が集中する相手業種の集合，$A(j)$はj業種に集中した物資を発生した業種の集合，$\{C\}$は流通過程の末端業種の集合である。

$$\sum_{s \in \{T\}} X_{ij}^{sr} = \beta_{ij}^r A_{ij} \sum_k \sum_l X_{jl}^{ru} \quad \left(\begin{matrix} r \in \{T\}, u \in \{T,R\} \\ l,i,j=1\cdots I \end{matrix}\right) \cdots\cdots (3)$$

$$\sum_{s \in \{R\}} \sum_{r \in \{T\}} \sum_{j \in A(i)} X_{ij}^{sr} \le \overline{S}_i \ (i=1\cdots I) \cdots (4) \qquad \sum_{r \in \{T\}} \sum_{s \in \{R\}} \sum_{j \in I(i)} X_{ij}^{rs} \ge \underline{S}_i \ (i=1\cdots I) \cdots\cdots (5)$$

ここで$\overline{S}_i$, $\underline{S}_i$はそれぞれi業種を着業種とするような移入量の上限，i業種を発業種とするような移出量の下限である。また$\{R\}\{T\}$はそれぞれ域外域内ゾーンの集合を表し，β_{ij}^rは域内のrゾーンにおいてj業種に集中するi業種の財のうち，域外からの移入量によってまかなわれる率(域外依存率)である。

$$\sum_r \sum_s \sum_i \sum_j \delta(r,s,t) \cdot t_{ij}^{rs} + g_t \le F_t \quad \left(\begin{matrix} t=1\cdots T, r,s \in \{T\} \\ i,j=1\cdots I \end{matrix}\right) \cdots\cdots (6)$$

ここに$t_{ij}^{rs} = X_{ij}^{rs}/\alpha_i$である。ただし$\alpha_i$はi業種発の物資を輸送する場合の貨物車1台あたりの平均積載重量，F_tはt断面($t=1\cdots T$)における断面交通量，g_tはt断面を通過する貨物車以外の交通量，さらに$\delta(r,s,t)$はODペア(r,s)の交通がt断面を通過するとき1，他は0をとる定数である。

$$\sum_{r \in (P)} \sum_s \sum_i \sum_j \gamma_i^r X_{ij}^{rs} \le Q_p \ (p=1\cdots P') \cdots (7) \qquad \sum_i \sum_j \sum_s l_i^r X_{ij}^{rs} \le L^r \ (r=1\cdots R) \cdots\cdots (8)$$

$$\sum_{r \in (P)} \sum_s \sum_i \sum_j \gamma_i^r X_{ij}^{rs} \le P^p \ (p=1\cdots P) \cdots (9) \qquad \sum_i \sum_j \sum_s k_i X_{ij}^{rs} \le O^r \ (r=1\cdots R) \cdots\cdots (10)$$

$$\underline{X}_i^r \le \sum_j \sum_s X_{ij}^{rs} \le \overline{X}_i^r \quad \left(\begin{matrix} i=1\cdots I \\ r=1\cdots R \end{matrix}\right) \cdots (11)$$

ここでγ_i^r, l_i^r, γ_i^rはそれぞれrゾーンにおいてi業種が財1単位重量を生産するのに必要な工業用水使用原単位，土地使用原単位，必要労働者数であり，k_iはi業種の財1単位を生産するとき排出されるSO_2の量，Q_p, L^r, P^p, O^rはそれぞれp水系における供給可能工業用水量，rゾーンにおける供給可能土地面積，p通勤圏における供給可能労働者数，rゾーンにおけるSO_2総排出規制値，$\overline{X}_i^r$, $\underline{X}_i^r$はそれぞれrゾーンにおいてi業種の立地量の上限値，下限値である。

(b)目標制約条件式

$$\sum_r \sum_s \sum_i \sum_j t_{ij}^{rs} \cdot D_{rs} - y_D + z_D = G_D \cdots\cdots (12) \qquad \sum_r \sum_s \sum_i \sum_j t_{ij}^{rs} \cdot D_{rs} \le g_D \cdots\cdots (13)$$

$$\sum_r \sum_s \sum_i \sum_j t_{ij}^{rs} \cdot T_{rs} - y_T + z_T = G_T \cdots (14) \qquad \sum_r \sum_s \sum_i \sum_j t_{ij}^{rs} \cdot T_{rs} \le g_T \cdots (15)$$

$$\sum_r \sum_s \sum_i \sum_j t_{ij}^{rs} \cdot C_{rs} - y_C + z_C = G_C \cdots (16) \qquad \sum_r \sum_s \sum_i \sum_j t_{ij}^{rs} \cdot C_{rs} \le g_C \cdots (17)$$

$$y_D/\lambda_D = y_T/\lambda_T = y_C/\lambda_C \cdots (18)$$

ここでD_{rs}, T_{rs}, C_{rs}はそれぞれのODペア(r,s)の平均走行距離，平均走行時間，平均走行費用を表す。またG, gは各目標の満足水準，許容水準であり$\lambda = g - G$である。さらにy, zは満足水準からのカイ離の程度を示す補助変数である。

(c)目的関数　目標計画法によると目的関数は次式のようになる。

$$y_D \longrightarrow Min. \cdots\cdots (19)$$

(3)　実証分析　本モデルを京阪神都市圏における幹線道路網の整備計画に適用し実証分析を行った。その際、用いた入力情報の一部を表-1，図-3に示す。本研究では図-3に示すような7通りの幹線道路網の整備代替案と、地域計画的視点にたって産業活動の配置に関するフレーム値を変えた4通りの代替案を考え、これらの計画変数の組み合わせにより28個の計算ケースを設定しモデル計算を行った。図-4は各目標の達成値がもっともよかったケース(計画道路をすべて建設し、かつ産業活動を泉南に集積させた計算ケース)の計算結果の一部である。なお紙面の都合上、その他の計算ケースの結果については講演時に述べることとしここでは省略する。

4　おわりに　以上の分析結果を道路計画のための計画情報としてとりまとめると以下のようになる。すなわち①現在の幹線道路網では将来の物資の輸送需要を充足できない。②湾岸道路の建設・整備は、京阪神都市圏における物資輸送の効率化を図っていくうえで極めて有効な手段である。③湾岸道路の建設・整備と同時に泉南地区において産業活動の集積をめざして各種の都市施設を整備していくことが、道路交通の機能を増進させるうえで望ましいといえる。

最後に，本研究を遂行するにあたり御助力を賜った北海道開発庁の川合紀章氏，京都大学大学院の谷岡和範氏に心から感謝の意を表する。

表-1 各目標の満足水準と許容水準

	満足水準	許容水準
総走行距離(台km)	1,257,343	1,602,265
総走行時間(台分)	1,743,104	2,273,837
総走行費用(台円)	31,551,580	45,362,040

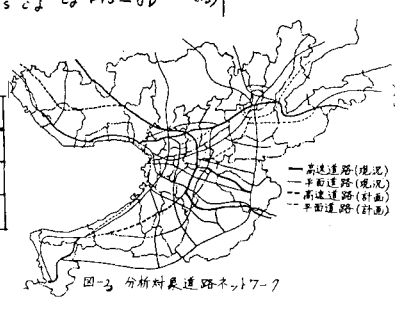

図-3 分析対象道路ネットワーク

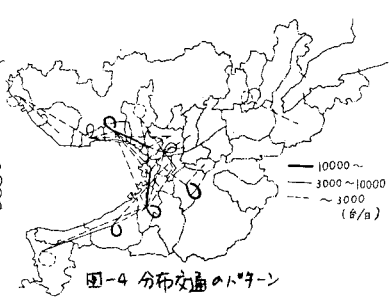

図-4 分布交通のパターン