

大都市圏域における物資輸送計画に関するモデル分析

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 谷岡和範

1. はじめに 近年、大都市圏域では交通需
要の増大に伴い交通混雑の慢性化等種々の交
通問題が生起している。これに対して、従来
より幹線道路の建設・整備により交通問題の
解決を図ろうとする方策がとられてきている。
しかしながら、交通問題の抜本的な解決を図
るためには、幹線道路の建設・整備のみなら
ず交通を発生・集中させる種々の活動の配置
状態やそれらの活動間の分布交通、さらには
交通施設の間の関連関係を同時に考慮したよ
うなアプローチの方法が望ましいと考える。

そこで、本研究では道路交通の中でも特に
物資の輸送に伴う交通に着目し、このような
交通の機能をより増進させるような活動の配
置パターン、物資の輸送パターンや分布交通
のパターンを規範的に求めるような計画問題
をとりあげるとともに、この計画問題に対し
て以下のようなモデル分析を試みることにす
る。すなわち、まず道路交通の機能の増進を
めざす複数の目標として「総走行距離のついで減
総走行時間のついで減」「総走行費用のついで減」をとり
あげる。そしてこれらの複数目標をできる
限り達成することを目的としたような物資輸
送計画モデルを目標計画法を用いて定式化す
る。そして道路ネットワークを計画変数とし
て変化させ、道路ネットワークのパターンと
活動の配置状況や物資の輸送パターンの関係
を分析することとする。さらに京阪神都市圏
を対象として実証分析を行い、幹線道路網計
画に関する有効な計画情報の提示を試みた。

2. モデル化 (1)前提条件；①圏域内の各地
域において各財の需要量と供給量の間には均

衡が保たれている。②ある財の1単位あたり
の生産に必要な他の財の量(投入係数)は各地域
ごとに一定であると仮定する。③各地域にか
いて各財の中間需要量に占める圏域外からの
移入量の割合は一定であると仮定する。(以下
この割合を「域外依存率」と呼ぶ。)

(2)定式化；以上の前提条件のもとで、L字型
効用関数を導入した目標計画法を用いて、活
動の配置状態と物資の輸送パターンを同時に
問題における変数としてとりあげたような物
資の輸送計画モデルを定式化する。

(a) 物理的制約条件

(各地域における物資の連続条件)

$$Y_i^t = (1 - \alpha_i^t) \sum_{j \in [J]} q_{ij}^t - (1 - \beta_i^t) \sum_{j \in [J]} q_{ji}^t + \sum_{j \in [J]} q_{ij}^t + \sum_{j \in [J]} q_{ji}^t \quad \dots (1)$$

$$\sum_{j \in [J]} q_{ij}^t = \beta_i^t \sum_{j \in [J]} q_{ij}^t + \sum_{j \in [J]} q_{ji}^t \quad (i=1, \dots, M) \quad \dots (2)$$

ここで Y_i^t は t ゾーン ($t=1, \dots, R$) より j ゾーン ($j=1, \dots, R$) へ輸送される
i 財 ($i=1, \dots, M$) の量、 Y_i^t は t ゾーンにおける i 財の最終需要量、 q_{ij}^t
は t ゾーンで i 財 1 単位重量を生産するのに必要な i 財の量、 β_i^t は t
ゾーンにおける i 財の「域外依存率」である。また [J], [I] はそれぞれ域
内、域外に属するゾーンの集合を表わす。

(圏域外からの移入量、圏域外への移出量に
関する制約式) $\sum_{j \in [J]} q_{ij}^t \leq \bar{q}_i^t \quad (i=1, \dots, M) \quad (j \in [J]) \quad \dots (3)$

$$\sum_{j \in [J]} q_{ji}^t \geq \underline{q}_i^t \quad (i=1, \dots, M) \quad (j \in [J]) \quad \dots (4)$$

ここで $\bar{q}_i^t$, $\underline{q}_i^t$ はそれぞれ圏域外の j ゾーンからの i 財の移入量
の上限値、j ゾーンへの i 財の移出量の下限値である。

(断面交通量の制約式)

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \delta(t, st) \cdot t_{ij}^t + g_t \leq F_t \quad (t=1, \dots, T) \quad \dots (5)$$

ここに $t_{ij}^t = \delta(t, st) \cdot q_{ij}^t$ である。ただし $\delta(t, st)$ は i 財を輸送する場合
の貨物車 1 台あたりの平均積載重量、 F_t は t 断面 ($t=1, \dots, T$) にか
ける交通容量、 g_t は t 断面を通過する貨物車以外の交通量、さら
 $\delta(t, st)$ は 0D ペア (rs) 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。

YOSHIKAWA KAZUHIRO

KOBAYASHI KIYOSHI

TANIOKA KAZUNORI

(業種の立地量に関する制約式)

$$\sum_{i \in I} \lambda_i \geq Q_i \quad (i=1, \dots, L) \quad \text{---(6)}$$

$$\sum_{j \in J} \lambda_j \geq L^j \quad (j=1, \dots, R) \quad \text{---(7)}$$

$$\sum_{k \in K} \lambda_k \geq P^k \quad \text{---(8)}$$

ここで、 Q_i, L^j, P^k はそれぞれゾーンにおいて財1単位重量を生産するに要する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、 λ_i はゾーンに於ける財1の生産量、 λ_j, P^k はそれぞれ水系に於ける供給可能工業用水量、ゾーンに於ける供給可能土地面積、圏域内に於ける供給可能労働者数である。

(b) 目標制約条件式

$$(\text{総走行距離の(い)減}) \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \lambda_{ijk} \cdot D_{ij} - \beta_i + \gamma_j + \delta_k = G_0 \quad \text{---(9)}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \lambda_{ijk} \cdot D_{ij} \geq \beta_i \quad \text{---(10)}$$

$$(\text{総走行時間の(い)減}) \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \lambda_{ijk} \cdot T_{ij} - \alpha_i + \gamma_j + \delta_k = G_1 \quad \text{---(11)}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \lambda_{ijk} \cdot T_{ij} \geq \alpha_i \quad \text{---(12)}$$

$$(\text{総走行費用の(い)減}) \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \lambda_{ijk} \cdot C_{ij} - \alpha_i + \gamma_j + \delta_k = G_2 \quad \text{---(13)}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \lambda_{ijk} \cdot C_{ij} \geq \alpha_i \quad \text{---(14)}$$

(各目標の達成度の均衡を図る制約式)

$$\beta_i / \alpha_i = \beta_j / \alpha_j = \beta_k / \alpha_k \quad \text{---(15)}$$

ここで D_{ij}, T_{ij}, C_{ij} はそれぞれODペア(PRS)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_0, G_1, G_2 は各目標の満足水準、許容水準であり、 $\lambda = \alpha = \gamma = \delta = 0$ とする。さらに β_i は満足水準から許容水準を示す補助変数である。

(c) 目的関数 以上の制約条件のもとで補助変数 β_i のうち任意の1つを最小化することにより目標全体の不達成度の最小化を図る。

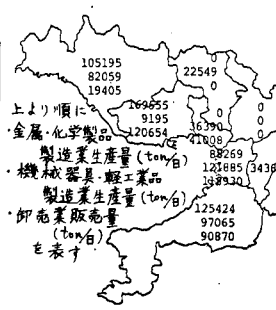
$$G_0 \rightarrow \min. \quad \text{---(16)}$$

3. 実証分析 本モデルを具体的に京阪神都市圏に於ける幹線道路の建設・整備計画に適用し実証分析を行った。その際に用いた入力

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 (km・台)	94580000	164420000
総走行時間 (分・台)	176030000	26770000
総走行費用 (円・台)	234570000	412230000

図-2 各ゾーンにおける各業種の立地量



情報の一部を表-1、図-1に示す。本研究では、図-1に示すような計画道路を考慮しこれらの計画道路の建設の有無の組み合わせによって種々の道路ネットワークを設定するとともに、それぞれのケースに対してモデル計算を行った。ここでは紙面の都合上、計画道路をすべて建設したようなケースの計算結果を図-2,3に示すにせざる。なお他のケースの計算結果の詳細は講演時に述べることにし、ここでは省略することとする。以下では、これらの計算結果を計画情報としてとりまとめる。すなわち①将来の交通需要を充足させるためには現状の道路ネットワークでは不十分で、幹線道路の建設・整備が必要となる。②湾岸道路の建設は、圏域内の物質輸送に伴う道路交通の機能の増進に対して非常に有効な手段である。③湾岸道路の建設・整備と同時に泉南地域、神戸地域、大阪地域において金属・化学製品製造業の集積を図り、大阪府東部地域、泉南地域において機械器具・軽工業品製造業の集積を図っていくことが、物質輸送に伴う道路交通の機能の増進に効果があると考えられる。



図-1 実証分析に用いた道路ネットワーク

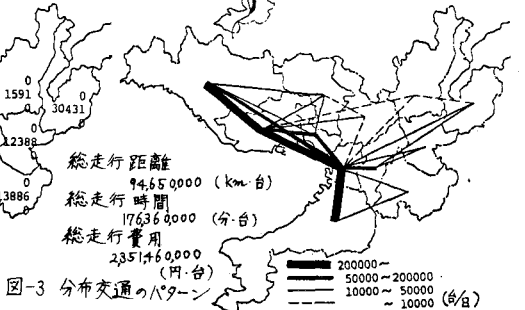


図-3 分布交通のパターン