ターミナル施設の最適配置と規模決定に関する一考察

京都大学工学部　正員　吉川 和広
正員　○木俣 昇
学生員　中野 真介

1) まえがき

自動車交通の急激な増加にともない、道路交通が輻輳し、輸送の円滑化が阻害され、現在輸送の低速化と非能率が慢性化している。この一因として、ターミナル施設の適切な配置とその整備が立遅れているということをあげることができる。従来より、ターミナル施設を含む輸送施設の整備計画は、それのもつ広範な間接効果のゆえにより、地域政策的な観点より立案されることが多い。この場合、計画目標値とし一般に計画目標年次の取扱い貨物量がとられ、この輸送需要を達成する総輸送量最小の輸送体系をもって最適としている。しかし、この目標値は予測過程を経て求められ、予測にともなう不確定性および実績値としての日々変動等、不確定な要素を本質的に含んでいる。本研究は、トラック・ターミナルを対象とし、このような計画目標値の不確定性を考慮したターミナル施設配置と規模決定計画システムの一提案である。

2) 確率計画モデル

トラック・ターミナル配置計画の概要は、42年度関西支部年次学術講演集pp293～294で詳述されている。各変動を次のように定義する。

x_{ijk}, y_{ijk} ; i地区よりK経済圏へjターミナルを経由して出入荷される輸送計画貨物量

X_{ik}, Y_{ik} , i地区からK経済圏への出入荷需要量

C_{ijk} ; jターミナル経由のi地区K経済圏間の輸送費（ターミナル建設費含む）

ここで、X_{ik}, Y_{ik} は確率変数であるから、

$$\sum_j x_{ijk} < X_{ik}, \quad \sum_j y_{ijk} < Y_{ik}$$

が生起する場合とその逆の場合が考えられる。前者の場合は、ik 間の輸送施設の容量不足を意味する。この結果、2地域間のトラック輸送の需要の減少、それにともない輸送サービスのもつ間接効果の減殺が生じ、種々の損失が生じる。この損失を*penalty cost*として考慮する。一方後者の場合は、輸送施設の容量の過剰を意味する。これは需要が本質的にもつ不確定性に起因する突発的変動に対処できる施設能力を保持していることを意味し、トラック輸送の需要を増大させ、それにともない輸送サービスのもつ間接効果等の利得を生ずる。この利得を*salvage credit*として考慮する。一方、jターミナル候補地の土地制約よりくる最大可能取扱い貨物量をT_jとすれば、

$$\sum_{ik} (x_{ijk} + y_{ijk}) \leq T_j \qquad (1)$$

でなければならない。

輸送計画（x_{ijk}, y_{ijk}）に対する期待費用は、

$$E\phi(x_{ijk},y_{ijk})=\sum_{ik}\left\{\sum_j c_{ijk}(x_{ijk}+y_{ijk})+\int_{P_n}\psi_{ik}\Big(z_{ik}-\sum_j x_{ijk}\Big)dF(z_{11},\cdots,z_{mn})+\int_{Q_n}\varphi_{ik}\Big(w_{ik}-\sum_j y_{ijk}\Big)dG(w_{11},\cdots,w_{mn})\right\} \quad (2)$$

とかかれる。ここに、

$$\psi_{ik}\Big(z_{ik}-\sum_j x_{ijk}\Big)=\begin{cases}\gamma_{ik}\Big(\xi_{ik}-\sum_j x_{ijk}\Big) & \xi_{ik}\geq\sum_j x_{ijk}\\ \delta_{ik}\Big(\xi_{ik}-\sum_j x_{ijk}\Big) & \xi_{ik}<\sum_j x_{ijk}\end{cases}$$

$$\varphi_{ik}\Big(w_{ik}-\sum_j y_{ijk}\Big)=\begin{cases}\gamma_{ik}\Big(\eta_{ik}-\sum_j y_{ijk}\Big) & \eta_{ik}\geq\sum_j y_{ijk}\\ \delta_{ik}\Big(\eta_{ik}-\sum_j y_{ijk}\Big) & \eta_{ik}<\sum_j y_{ijk}\end{cases}$$

γ_{ik},δ_{ik}は$i \cdot k$間の輸送の *penalty cost* と *salvage credit value* であり、$F(z_{11},\cdot,z_{mn}),G(w_{11},\ w_{mn})$は輸送需要の結合確率分布関数である。R-S積分の部分積分法を用いれば、(2)式は、

$$E\phi=\sum_{ik}\left[\sum_j(c_{ijk}-\gamma_{ik})(x_{ijk}+y_{ijk})+\gamma_{ik}\alpha_{ik}+(\gamma_{ik}-\delta_{ik})\left\{\int_0^{\sum_j x_{ijk}}F_{ik}(z_{ik})dz_{ik}+\int_0^{\sum_j y_{ijk}}G_{ik}(w_{ik})dw_{ik}\right\}\right] \quad (3)$$

となる。即ち本研究では、(1)の制約条件の下で(3)を最小にする非負の解$\{x_{ijk},y_{ijk}\}$をもって最適輸送体系と定義し、$K_j=\sum_{ik}(x_{ijk}+y_{ijk})$をもって最適配置と規模を決定しようとするものである。

3) アルゴリズム

$\{\xi_{ijk}\}$を輸送計画といい、$\{y_j\}=\{\sum_{ik}\xi_{ijk}\}$を施設計画と呼ぶ。この施設計画$\{y_j:y_j\leq T_j\}$なるものを実行可能な施設計画という。$\{\xi_{ijk}^{\nu}\}$には$\{y_j\}_0=\{y_j^{\nu}\}$が対応し、その時の期待費用$g^{\nu}$は、

$$g^{\nu}=\sum_{ik}\left\{\sum_j(c_{ijk}-\gamma_{ik})\xi_{ijk}^{\nu}+(\gamma_{ik}-\delta_{ik})\int_0^{\sum_j\xi_{ijk}^{\nu}}F_{ik}(z_{ik})dz_{ik}\right\} \quad (4)$$

となる。輸送計画$\{\xi_{ijk}^{\nu}\}$の凸結合を考え、それに対応する期待費用g^{ν}の凸結合、ここでは期待値として表わされる$E\phi$が最小になるような輸送計画の凸結合を求める。即ち、

$$\sum_{\nu=1}^{t}\Big\{\sum_{ik}\xi_{ijk}^{\nu}\Big\}\lambda_\nu\leq T_j \qquad\qquad (5)$$
$$\sum_{\nu=1}^{t}\lambda_\nu=1$$

の下で、$z=\sum_{\nu=1}^{t}g^{\nu}\lambda_\nu$ (6)

を最小にする$\{\xi_{ijk}^{\nu}\}$の集合を求め、

$$y_j=\sum_{ik}\sum_{\nu}\lambda^{\nu}\xi_{ijk}^{\nu} \qquad (7)$$

をもって最適規模と定義する。(5),(6)のL・Pの *shadow price* を$(\pi\ \ \rho)$とすれば、新しい計画$\{\xi_{ijk}^{t+1}\}$の付加が有効かどうかは、

$$\Delta=g^{t+1}-\sum_{j=1}^{\ell}\pi_j y_j^{t+1}-\rho \qquad (8)$$

を求めればよい。即ち、(i) $\Delta<0$であれば 新しい計画が基底に入るが (ii) $\Delta\geq0$であれば、最適解は不変であることが証明される。この問題は全ての計画に関して$\Delta<0$の条件の下でΔを最小にする輸送計画を求める問題に帰着される。この解法をフローチャートに示したのが図1である。

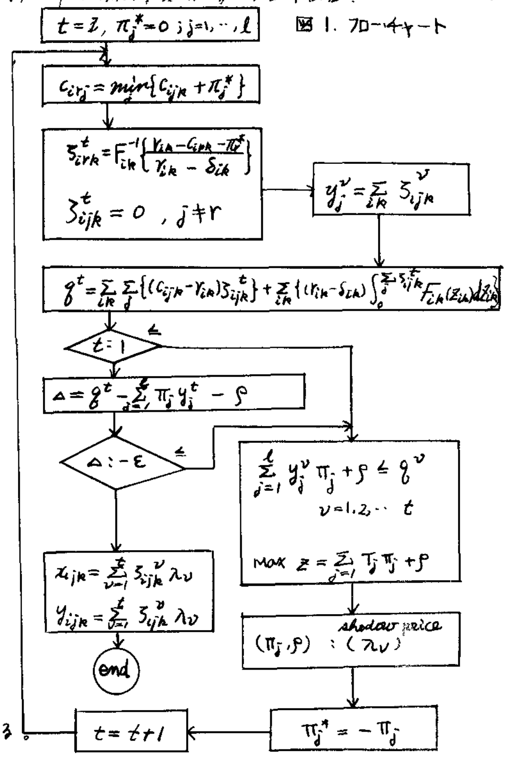

図1. フローチャート