

流通港湾の最適配置と規模決定

関西大学工学部 正会員 則武 通彦
 関西大学工学部 正会員 〇木村 作郎

1. まえがき

従来、流通港湾の公共一般雑貨埠頭計画に関しては、埠頭における最適バース数の決定に主眼が置かれてきた。すなわち、従来の研究では、ある特定の対象港湾における年間取扱貨物量は計画目標としてあらかじめ与えられ、その計画目標を達成することのできる当該港湾の最適バース数を決定するための計算手法の開発に主たる精力が注がれてきている。しかしながら、実際的な問題として、一国あるいは一地域内に複数の流通港湾が存在する場合には、それら各港湾の年間取扱貨物量は与件値として単独に設定されうるものではなく、各港湾に建設・整備されるべきバースの数と相互に関係して同時最適化されなければならない。本研究では、国民経済的な立場に基づいて、一国における流通港湾の最適配置と規模を同時決定する方法論について考察するものである。

2. 輸送システムのモデル化

公共埠頭を経由して外国へ輸出入される一般雑貨の流れは、図-1のようにモデル化される。図-1において、各記号は次の意味をもつ。

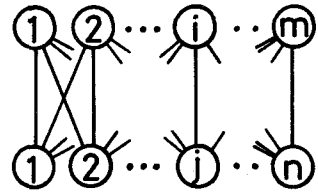


図-1 輸送システムのモデル

i : 国内の貨物生産地（あるいは消費地）($i=1, 2, \dots, m$),

j : わが国の流通港湾 ($j=1, 2, \dots, n$).

図-1に示される輸送システムにおいて費やされる総費用 C_T (円/年) は、総内陸輸送費用 C_I (円/年) と総港湾輸送費用 C_P (円/年) とに大別され、それらは次のように定式化される。

$$C_T = C_I + C_P \quad (1), \quad C_I = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} x_{ij} \quad (2), \quad C_P = \sum_{j=1}^n C_j^S \quad (3)$$

ここに、 C_{ij} : 地域 i から港湾 j への内陸輸送費用 (円/トン), x_{ij} : 地域 i から港湾 j への貨物輸送量 (トン/年), C_j^S : 港湾 j におけるバース数が S のとき、その港湾で消費される年間輸送費用 (円/年) である。また、貨物需要量に関する制約条件として、

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = d_i \quad (4)$$

が必要である。ここに、 d_i : 地域 i における発生・吸収貨物量 (トン/年) である。また、明らかに $x_{ij} \geq 0$ (5) である。

式(2)は線形計画法における輸送問題のタイプであるから、取り扱いは簡単である。しかし、式(3)に関しては、次の3で述べるような考察が要求される。

3. 港湾輸送費用 (C_j^S) の分析¹⁾

C_j^S は、港湾に建設・整備されるバースに關係する費用と港湾に在港する船舶に關係する費用との和であり、次式で示される。

$$C_j^S = C_b T S + C_a T \bar{n}_s \quad (6)$$

ここに、 C_b : バースの1日当り費用(円/日)、 C_s : 船舶の1日当り費用(円/日)、 T : 考察の対象とされる港湾オペレーションの期間(通常は1年=365日)、 $\bar{n}_s$: バース数が S のとき、期間 T の間の船舶の平均在港隻数である。いま、パラメータの数を減らすために、式(6)の両辺を $C_s T$ で割れば、

$$r_j^s = C_j^s / C_s T = (C_b / C_s) S + \bar{n}_s = r_{bs} S + \bar{n}_s \quad (7)$$

が得られる。ここに、 r_j^s : 港湾 j におけるバース数が S のとき、船舶1隻当りの年費用に対する港湾 j での年間輸送費用の比率、 r_{bs} : バース・船舶費用比率である。ところで、式(7)に含まれている船舶の平均在港隻数 $\bar{n}_s$ を計算するために、 $M/E_k/S(\infty)$ のタイプの待ち行列理論モデルに対するCosmetatosの近似公式を用いれば、

$$r_j^s = r_{bs} S + \frac{a^{s+1}}{(s-1)!(s-a)^2} \left\{ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{a^n}{n!} + \frac{a^s}{(s-1)!(s-a)} \right\}^{-1} \left\{ \frac{1+(1/k)}{2} + \left(1-\frac{1}{k}\right) \left(1-\frac{a}{S}\right) (s-1) \frac{\sqrt{4+5S-2}}{32a} \right\} + a \quad (8)$$

が得られる。ここに、 a : トラフィック密度(= Q/RT)、 Q : 港湾取扱貨物量(トン/年)、 R : バース1日当りの平均荷役率(トン/日)、 k : 船舶のサービス時間分布のアーラン次数である。また、システムの平衡条件として、 $(a/S) < 1$ なる不等式が満足されていなければならない。図-2は、上式(8)において、 $k=1$ 、 $r_{bs}=0.25$ の場合の r_j^s と a の間の関係をバース数 S をパラメータとして示したものである。

4. 可分計画法によるモデルの解法

3. における分析より明らかなように、式(1)のうち C_I は輸送貨物量に関して線形であるが C_p は非線形である。よって、式(1)をそのままの形で最小化することは困難である。しかし、図-2に示されているように r_j^s を区分線形関数によって近似し、輸送システムのモデルを可分計画法によって解くことは可能である。この場合、図-2における区分線形関数は次式によって定義される。

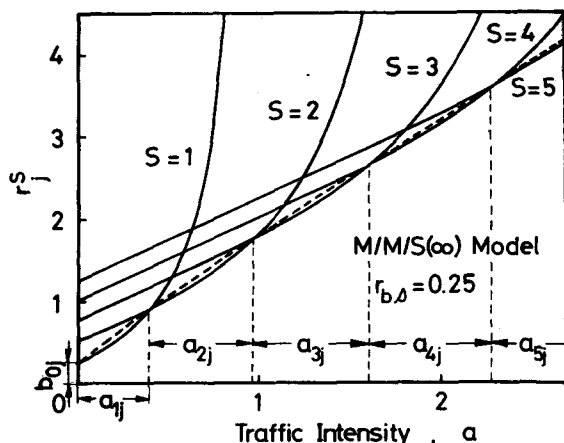


図-2 r_j^s と a の間の関係

• Cost Equation : $r_j^s = b_{0j} U_{0j} + b_{1j} U_{1j} + b_{2j} U_{2j} + \dots$ (9)

• Grid Equation : $a_j = a_{1j} U_{1j} + a_{2j} U_{2j} + \dots$ (10)

ここに、 a_j : 港湾 j におけるトラフィック密度、 $a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{5j}$ に關した定係数、 $b_{0j}, b_{1j}, \dots, b_{5j}$ に關した定係数、 $U_{0j}, U_{1j}, \dots, U_{5j}$: スペシャル変数である。ただし、すべてのスペシャル変数は0と1の間の値をとらなければならない。また、 b_{0j} の値は r_{bs} の値に等しい。さらに、 $a_{1j}, a_{2j}, \dots$, および $b_{1j}, b_{2j}, \dots$ の値は、それぞれ図-2に示される a および r_j^s の区分間隔であり、 k と r_{bs} の値が与えられれば一意的に決定される。

1) 則武・木村: 公共埠頭における最適バース容量の決定に関する研究, 土論集, No. 301, 1980-9.