

最適な船団構成と港湾施設の決定に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 長尾 義三
 関西大学工学部 正員 則武 通彦
 フジタ工業 正員 大迫 光

1. はじめに.

今日まで、わが国の国際海上輸送は、わが国が島国であり資源に乏しいという独特な立地環境、自然環境のもとでの工業立国、貿易立国を可能にさせ、国際社会でのわが国の立場を高めるのに、非常に重要な意味を持ってきた。輸送過程が一貫したシステムとして海上輸送をとらえると、今日、コンテナ輸送は、容器を使って荷姿を統一して荷役の無駄を省き、大きな輸送単位として荷役の機械化が可能のため、世界的に採用されている。本研究は、このコンテナ海上輸送系において、国民経済的見地から、一定の取扱貨物量を与件として与えた場合、すなわち便益一定のもとで輸送コスト最小のときの各コスト発生要因を最適規模として求めようとするものである。なお、コンテナ輸送系には、海上輸送システムと港湾荷役システムと内陸輸送システムとがあるが、サブシステムとしての内陸輸送は、比較的独立性が保証されているので、海上輸送システムと荷役システムとを含んだトータルを考える。

2. モデルの定式化

本研究の対象とするトータルシステムは、2つの港を考慮する2港間システムとする。なお、荷役システムは、シャシー方式を採用する。システムの費用に関して、独立変数として考えたのは、船型(1隻あたりのコンテナ積載容量)、船速(ノット)、1港あたりのクレーン数、船団隻数およびクレーン1基に従属するシャシー数であり、それらを x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 とした。(図1参照)

・費用関数

海上輸送においてはコンテナ船の特定航路に着目し、その航路を運航する船群を船団とし、船団中の船をすべて同一船型と仮定した。年費用で考えた場合の費用項目を列举すると、

船舶関係費用 $1570 x_1 x_4$ (ドル/年) ; 運航関係費用 $8.2 x_1^{0.57} x_2^{2.55} x_4$ (ドル/年)

コンテナ費用 $500 x_1 x_4$ (ドル/年) ; バース費用 $183 x_1$ (ドル/年)

となり、海上輸送における総費用 $F_1(X)$ は、

$$F_1(X) = 2070 x_1 x_4 + 8.2 x_1^{0.57} x_2^{2.55} x_4 + 183 x_1 \quad (1)$$

である。また、荷役システムでは、2港で発生する費用を同一と考えており、毎年の費用項目は、

クレーン関係費用 $190000 x_3$; シャシー関係費用 $2300 x_3 x_5$ (ドル/年)

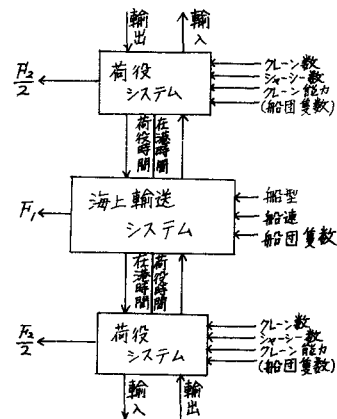


図1

となり、荷役における総費用 $F_2(X)$ は、

$$F_2(X) = 380000x_3 + 46000x_3x_5 \quad (2)$$

となる。よって、トータルシステム全体の費用 $F(X)$ は、 $F_1(X) + F_2(X)$ で表わされるので、

$$F(X) = 2070x_1x_4 + 8.2x_1^{0.57}x_2^{2.55}x_4 + 183x_1 + 380000x_3 + 46000x_3x_5 \quad (3)$$

となる。

・制約条件

制約条件は、各サブシステムにおいて年間取扱可能な容量が与件として与える年間取扱貨物量を越えているということになる。海上輸送では、年間取扱貨物量を Q (個/年) とすれば、1 港における輸出、輸入量は、各々 $Q/2$ (個/年) となり、船団の年間寄港数を RT とすれば、

$$Q/2 \leq RT \cdot x_1$$

また、 $RT = T_H \cdot x_4 / \{(D/\alpha x_2) + T_p\}$ である。ここに、 T_H は、1 隻の年間実働時間 (時間)、 D は往復航海距離 (海里)、 α は実速度の公称速度 x_2 に対する比率、 T_p は両端在港時間 (時間) である。 $r = T_p / (D/\alpha x_2)$ とおけば、 r は在港時間の航海時間に対する比率を示しており、

$$Q(1+r)\alpha \cdot D \cdot x_1^{-1}x_2^{-1}x_4^{-1} / 17280 \leq 1 \quad (4)$$

という制約がなされていることがわかる。つぎに荷役システムでは、クレーンの荷役量は、船が港に在港している時間内に扱われるので、クレーンの時間あたりの荷役能力を m (個/hr) クレーンとシャシーとの待ち合わせによって生じる遊休率を P_0 とすれば、

$$Q \leq T_p \cdot x_4 \cdot m \cdot x_3 \cdot (1 - P_0) / 2 \quad (5)$$

となる。 P_0 は、シャシー台数の関数であり近似によって $4 \leq x_5 \leq 8$ の範囲で、(5) 式は、

$$Q(1+r)x_3^{-1}x_4^{-1}x_2^{-0.2} / 2880 \cdot m \cdot r \leq 1 \quad (6)$$

と変換できることがわかった。

3. 問題の解法

以上のことより、問題は目的関数(3)を制約条件(4)、(6)の下で最小化することになる。従来このようなモデルを解くには、シミュレーションによる列挙法以外なかったが、問題の性質、計算時間の短縮化、解の安全性という面から幾何計画法で解くことにした。

4. 計算結果とその考察

計算結果は表 1 に示したようになり、その結果よりわかった事は、
①取扱貨物量の増加による単位輸送コストの低減は、航海距離が増大するにつれて わずかであるが度合が増す。

②海上輸送システムにおいては、年間取扱貨物量が増加しても船団隻数は一定であり、そのかわり船団の船型、船速が増す。

③荷役システムにおいては、年間取扱貨物量が増加してもシャシー数は一定であり、そのかわりクレーン数が増す。

④在港時間比 r は、航海距離が長くなると運航時間自体が長くなり、減少する。参考文献 "GEOMETRIC PROGRAMMING" R.J. DUFFIN

"OPTIMUM CAPACITY OF SHIPS & PORT TERMINALS" E. STIAN

		×10 ⁴ 個	
船型	Q	7000海里	20000海里
	2	208.3	1029.
船速	3	296.5	1463.
	4	380.9	1878.
船団隻数	2	16.67	22.16
	3	17.68	23.51
クレーン数	4	18.45	24.52
	2	2.658	1.187
シャシー数	3	2.658	1.187
	4	2.658	1.187
r	2	0.463	0.850
	3	0.659	1.209
r	4	0.847	1.552
	2	4.065	4.065
r	3	4.065	4.065
	4	4.065	4.065
r	2	0.14	0.12
	3		
r	4		

表 1