

内質雑貨ふ頭能力に関する1考察

京都大学工学部 正員 工博 長尾 義三

京都大学工学部 学生員 ○金井 萬造

1 まえがき 内質雑貨ふ頭能力を考えるにあたっては、ふ頭の性格すなわち貨物の流動船舶の動態によって、定期船と不定期船に分けて考えることが妥当であろう。ここでふ頭の適正能力は単位期間においてふ頭の単位施設あたりの通過貨物量1トンの経費が最小となる取扱貨物量をもって定義する。長尾らにより上記の適正能力はターミナルにおいて貨物の流動船舶の動態により変化する変動費用 C_n^* を最小にすればよいことが研究されている。

2 不定期船を対象としたふ頭能力について 変動費用 C_n^* をモデル化すればつぎのようになる。

$$C_n^* = \left(\frac{1}{\lambda_2} \right) \left\{ B_{\beta} \frac{\lambda_2}{(k+1)\xi_p} \left[f_k(t_{wi} + \frac{\xi_p}{\mu}) + (t_{wp} + \frac{\xi_p}{\mu}) \right] + \left(\frac{1}{\lambda_2} \right) \left[\left(\frac{kS}{1+k} \right) A_{\alpha} + \left(\frac{S}{1+k} \right) A_{\beta} \right] + \left(\frac{D_1}{\lambda_2} + \frac{D_2}{\mu} \right) \right\} \quad (1)$$

ここで (1) 式の右辺の第1項は船舶関係の費用、第2項はけい船施設関係の費用、そして第3項は荷役関係の費用である。式 (1) のおのおのの記号については 1) $i = \alpha$: 大型船, $i = \beta$: 小型船をあらわすこととする。2) λ_i : 1日あたりのふ頭への平均入港隻数(隻/日), 3) λ_2 : 1日あたりのふ頭の平均取扱貨物量(%)、4) t_{wi} : 船舶1隻あたりの平均待ち時間(日), 5) B_i : 船舶1隻あたり1日あたりの費用(%), 6) S : バース数, 7) A_i : 1バースあたりの建設費補修費その他1日あたりの経費(%), 8) D_i : 1日あたりの荷役機械関係の費用(%), 9) D_2 : 1日あたり1隻あたり荷役作業者に支払われる費用(賃日), 10) μ : 船舶における1日あたりの荷役速度(1/隻日), 11) S : 全体のバース数, 12) ξ_i : 1船舶あたりの平均荷役量(1/隻), 13) $f_k = \frac{\lambda_i \mu}{\lambda_i + \mu}$, 14) $\theta = \frac{\xi_i}{\xi_p} = \frac{B_{\alpha}}{B_{\beta}}$, 15) $k = \frac{S_{\alpha}}{S_{\beta}}$, である。このモデル式は内質の特徴である入港船の大型・小型の混合船型に対して、バースを大型・小型に割り当てた場合を考究したものである。 t_{wi} は $t_{wi} = f_n(S, k, \xi_p, \mu, \lambda_2, k)$ (2) であらわされ、待ち合せ理論により、状態方程式を導き、定常状態における連立方程式の解より求められる。

3 待ち合せ理論による平均待ち時間 t_{wi} の計算 客に大型船、小型船の2種類があり、窓口に大型バース、小型バースの2種類があるとする。到着は大型船、小型船それぞれ平均値 λ_1, λ_2 のポアソン分布に従い、互いに独立であるとする。サービスは大型バースの大型船に対し、大型バースの小型船に対し、小型バースの小型船に対して、それぞれ平均値 μ_1, μ_2, μ_2 の指数分布に従うとする。大型バースは大型船、小型船の両方に対してサービスでき、小型バースは小型船しかサービスできないとする。サービスの順位は小型バースがふさがっているときに限り、大型バースにけい岸できるものとする。さらに大型船がバース待ちしている場合は大型船が優先的にバースに接岸できるものとする。状態確率として、 $P_{i,j,k,l,m}(t)$ で時刻 t においてシステムが i, j, k, l, m なる状態を表わすものとする。ここで 1) i : 大型船の系内の隻数, 2) j : 小型船の系内の隻数, 3) k : 大型バースでサービス中の大型船の隻数, 4) l : 大型バースでサービス中の小型船の隻数, 5) m : 小型バースでサービス中の小型船の隻数, 6) S_1 : 大型バース数, 7) S_2 : 小型バース数である。つぎに状態について考えると

(1)大型バースに対して、1) $k=0, l=0$, 2) $0 < k < S_1, l=0$, 3) $k=S_1, l=0$, 4) $k=0, 0 < l < S_1$, 5) $k=0, l=S_1$, 6) $k > 0, l > 0, 0 < k+l < S_1$, 7) $k > 0, l > 0, k+l=S_1$, (2)小型バースに対して、1) $m=0$, 2) $0 < m < S_2$, 3) $m=S_2$, (3)バース待ちに対して、1) $i-k=0, j-(l+m)=0$, 2) $i-k=0, j-(l+m) > 0$, 3) $i-k > 0, j-(l+m)=0$, 4) $i-k > 0, j-(l+m) > 0$, の場合がある。以上 $7 \times 3 \times 4 = 84$ 通りの場合で、適する状態は36通りであり、それぞれの場合の状態方程式を導く。いま ($0 < k < S_1, 0 < l < S_1-k, 0 < m < S_2, 0 < k+l < S_1, i=k, j=l+m$) の場合の状態方程式を導くとつぎようになる。

$$P_{k,l+m,k,l,m}(t+\Delta t) = P_{k,l+m,k,l,m}(t)[1 - (\lambda_1 + \lambda_2 + k\mu_1 + l\mu_2 + m\mu_3)\Delta t] + P_{k-1,l+m,k-1,l,m}(t) \cdot \lambda_1 \Delta t + P_{k,l+m-1,k,l,m-1}(t) \cdot \lambda_2 \Delta t + P_{k+l,m,k+l,m}(t) \cdot (k+l) \mu_1 \Delta t + P_{k,l+m+1,k,l,m+1}(t) \cdot (m+1) \mu_3 \Delta t \quad (3)$$

これらより定常状態を仮定して、おのおのの状態確率を求める。平均待ち時間はつぎの式より求められる。 $t_{wi} = \sum_{n_i, m_i} (n_i - m_i) P_{n_i} \quad (4)$ ここで 1) P_{n_i} : 系内の隻数が n_i なる状態確率, 2) m_i : サービス中の隻数, である。

4 定期船を対象としたふ頭能力について 2で述べたような貨物の流動船舶の動態で説明できるもの以外に大阪港のような毎日定時に入港出港するいわゆる日発定期を対象としたふ頭がある。この場合のふ頭能力は、1日平均実取扱い量に年間の荷役可能日数を乗ずれば求まる。いまここでは、このようなふ頭におけるエプロンの規模決定について考察することとする。日発定期航路では船舶は計画に従って運航されているが、現実にはその運航が必ずしも計画通りになっているとは限らない。このため計画けい岸時間の減少を余義なくされる場合が多く、エプロンにおいては、トラック・荷役機械・貨物がふくそうするという結果をひきおこしている。従って、本研究においては船舶・トラック・貨物の動態を考慮したエプロンの規模を決定することとする。エプロンの面積は、1)トラックによって占有される面積、2)貨物によって占有される面積、3)荷役機械の走行に必要な面積、4)トラックの走行に必要な面積、により構成されるとする。貨物の輸送に対して、エプロン上での経費が最小になるようなエプロンの規模を適正な規模とし、これをモデル化するとつぎのように表わされる。

$$C = A_1 (a_1 L_1 + a_2 L_2 + a_3 S + a_4) + A_2 \quad (5)$$

ここに、1) C : 1バース1日あたりの費用(円/日), 2) A_1 : エプロン単位面積あたりの建設費の資本回収額(円/㎡・日), 3) a_1 : トラック1台あたりのエプロン占有面積(㎡/台), 4) L_1 : エプロン上におけるトラックの行列(台), 5) a_2 : 貨物1トンあたりのエプロン占有面積(㎡/トン), 6) L_2 : エプロン上における貨物の行列(トン), 7) a_3 : 荷役機械1台あたりのエプロン占有面積(㎡/台), 8) S : 使用荷役機械数(台), 9) a_4 : トラックの走行に必要な面積(㎡), 10) A_2 : 荷役関係費用(%)である。以上の考え方によるエプロンの適正規模の計算結果については、発表当日に示す予定である。

5 おすび 以上、ふ頭能力のモデルを作成したが、さらにより実際に即したモデルを作成していくことにより、ターミナルとしてのふ頭施設の適正な計画の策定に指針を与えることができると思う。