

(株)三菱総合研究所 正会員 吉田 哲生
(株)三菱総合研究所 正会員 笠島 勝治

1. はじめに

従来、港湾施設計画においては、最適バース数の決定や荷役施設の整備に際しては、待ち行列理論による解析が用いられてきた。これは、対象港湾において船舶の到着分布と荷役によるサービス分布を設定し、船舶の待ちによる損失と荷役のための施設経費を港湾で消費される費用として、国民経済的に根拠から港湾で消費される費用を最小にするような施設整備量を決定するものであった。¹⁾そして船舶の待ちはM/M/S, M/Ek/S型等の待ち行列理論により求められた平均待ち時間が用いられた。しかし近年交通施設に對しては輸送サービスの質的向上への要請が強まており、港湾施設利用者においても、平均的な待ち時間よりも自分の船舶(貨物)が一体何日間待たされるかということに興味があると考えられる。本研究は以上のような考慮を経て、一般ごとの船舶の待ちの危険を考慮した港湾施設計画を考えるものである。

2. 船舶の待ちによる危険

ある船舶における揚荷の例を考えると、船舶に待ちが生じた場合、港湾に関係する主体(荷主、港運業者、船主)に発生する費用は、各々

- ・荷主 ----- 貨物金利
- ・港運業者 --- ギャング遠征費用
- ・船主 ----- 船費

なども考えることができる。(図1)

また上記の費用以外に、「待ち」が予定外に生ずることにより発生する機会費用(例として陸送側の配車チェンジ、荷役ギャングの構成チェンジなどによって生ずる利益等)が考えられる。これらの費用は「待ち」が既知であれば調整が可能であり、発生しないものであるため不確実な「待ち」に伴う「危険」(リスク)費用と考えることができる。さらにこれらの費用については以下に述べるように、待ち時間に単純に比例させること、すなわち従来の平均費用では考慮できないと考えられる。本研究は待ち費用にリスクを含むために一般ごとの待ちによる費用と算定するものである。次にそれぞれの費用について検討を行う。

(1) 貨物金利
貨物金利は一般に、年あるいは月いくらと決められており、日単位の金利はこれらとその期間の日数(※6月30日)で割って算定されているようである。この場合通常の待ち時間のスケール(※日)においては、待ち時間と貨物金利の関係は図2に示す①の直線のような線型であると考えられる。

(2) ギャング遠征費用

待ちがさほどひどくなく、他のギャング構成に影響を及ぼさない範囲では、待ち時間にギャング時間あたりの経費と掛けて求められる。

(3) 船費

待ちがさほどひどくなく、他のギャング構成に影響を及ぼさない範囲では、待ち時間にギャング時間あたりの経費と掛けて求められる。

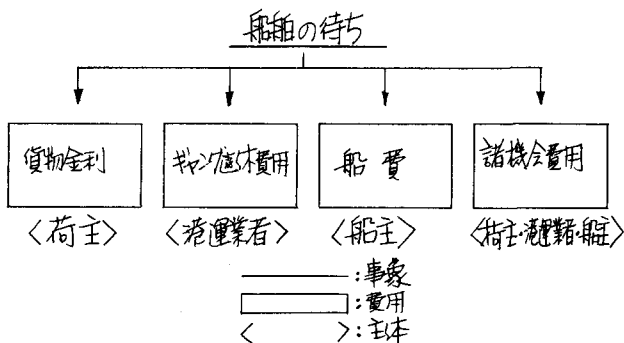


図1. 船舶の待ちによる費用の発生

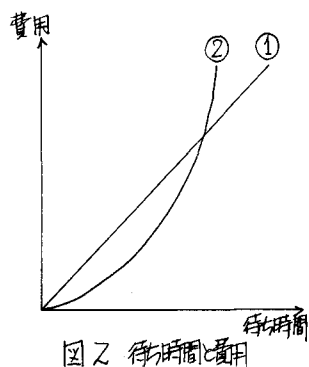


図2. 待ち時間と費用

船費は通常、船舶の減価償却費や船員費などを含んだ一日あたり船舶経費で算出されており、これに待ち時間を掛けて求めることができる。

(4) 諸機会費用

今日、船舶の大型化に伴って、特に一般雜貨船において多港積の船舶が多くなっている。このような船舶においては、ある港で大幅な遅れが生じた場合、次の寄港地での揚げ積みへの影響が大きいと考えられ、遅れの程度によってはその船が使用されないことも考えられる。同様にギャング構成、陸側の配車構成、さらには荷主側の生産工程に影響を及ぼすような場合も含めて、これらの費用は待ち時間に比例する以上の費用であり、(1)、(2) 図のような図式の①で表わされる線型の費用関数とは異なり、図式の②で示す非線型の費用関数をもつものと考えられる。

3. シミュレーションによる分析

2-④で示したように船舶の待ちにより発生する費用が待ち時間に対して非線型である場合には、従来の待ち行列理論によって平均待ちの費用を求める方法での費用の計測は不可能であり、一般ごとの待ちの費用を計測する必要はある。ここでは一般ごとの船舶シミュレーションにより待ちの費用を計測し、国民経済的な視点から待ちによる費用と施設費用の和を最小にするような施設整備量と決定する方法を考える。

(1) シミュレーション

シミュレーションの概略は図3に示すとおりである。入港船舶ごとに荷役量を与え、バースの荷役能力からサービス時間を求める。ある条件のもとで荷役が不可能であれば待ち時間が発生して待ちによる費用が生ずる。なお一般ごとのシミュレーションにおいてはバース構成はすべてのバースが同一水深である必要はなく、違う水深のバースのセットでも構わない。これは待ち行列理論においては不可能なことであり、一般ごとのシミュレーションの方法が実態に即しているといえる。

(2) 施設量の決定

施設量決定において考慮する費用は、貨物金利、ギャング遠休費用、船費、諸機会費用、施設費用として次式で示す貨物のトンあたりの費用を最小にすることによって施設量（バース構成）は決定される。（式(2)）

$$C_t = \frac{\sum_{i=1}^N [C_{1i} \cdot T_i + C_{2i} \cdot T_i + C_{3i} \cdot T_i + C_{4i}(T_i)] + I(S)}{D} \quad \text{----- (1)}$$

$$C_t^* = \min_{\substack{S \\ S}} [C_t] \quad \text{----- (2)}$$

ここに

i : i 番目の入港船舶
 N : 1年間の入港船舶数

C_{1i} : i 番目の船舶の貨物金利 (円/日)

C_{2i} : " ギャング遠休費用 (円/日)

C_{3i} : " 船費 (円/日)

$C_{4i}(T_i)$: i 番目の船舶の諸機会費用 (円/日)

T_i : " 待ち時間 (日)

S : バース構成

I : 1年あたりバース費用 (円)

D : 年間取扱貨物量 (トン)

C_t : 貨物トンあたり費用 (円/トン)

C_t^* : 貨物トンあたりの最小費用 (円/トン)

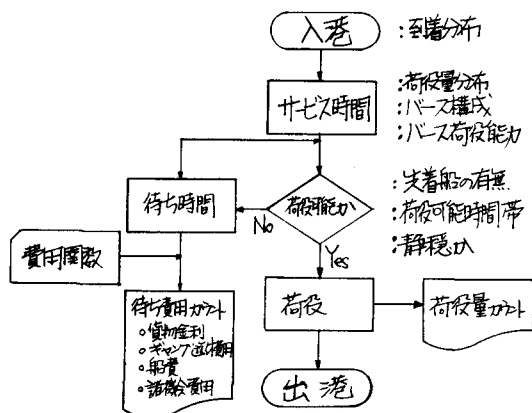


図3. シミュレーションの概略

4. おわりに

今回の方法論を検討するうえで上記のリスク費用（諸機会費用）に関する実証データと収集する必要はある。

<参考文献> Nagao, Y. & M. Kanai: A Study on the Method of Port Improvement by Physical Distribution Cost Analysis, 1989.