

三菱総合研究所 正員 ○空島 勝治
京都市工学部 正員 長尾 義三

1. はじめに

土木施設計画を策定する場合、施設に対する需要は絶えず時間的、空間的に変化しているために、動的な立場からの考察が必要である。ここで特に時間軸に注目して、「何期までの需要を対象として計画するのがよいか」という需要予測の期間を計画目標期と呼ぶ。これまでの港湾計画においてバース数決定に用いられる方法は、計画目標期を与件としてその時の取り扱い貨物量を推計し、原単位を用いて決定する方法である。そのほかには取り扱い貨物量を制約条件として便益最大、あるいは費用最小となるバース数を決定する方法がある。いずれにしても計画目標期は与件とされており、計画の持つダイナミズム性は考慮されていない。

本研究は、費用便益分析に基づき計画目標期と最適投資時系列を同時に決定する方法を提案する。そして需要予測の不確実性、社会的割引率などが計画にどのような影響を与えるかと考察する。

2. 計画目標期の決定

2.1. 便益と費用

便益は消費者余剰としてとらえる。需要は支払い対価(WTP)に影響されない非弾力的なものともみなせば図-1のようになる。縦軸はWTPを表わし、その上限値を U とする。また図中の曲線 $f(K, D)$ は需要 D が規模 K の施設において処理されたときに発生する単位需要あたりの平均利用費用を表わしている。

このとき便益は次式で表わせる。

$$B(K, D) = \{U - f(K, D)\} \cdot D \quad (1)$$

ここに $B(K, D)$ は施設規模 K 、需要 D における便益を表わす。

平均利用費用には、需要の大きさにより変化しない固定費用 f_1 と変化する変動費用 $f_2(K, D)$ がある。変動費用は需要の増加により生ずる混雑から発生するものである。港湾企画計画において混雑は、船舶の待ちの現象とみることができ、ここに待ち行列論を適用する。このとき変動費用は次式で表わせる。¹⁾

$$f_2(K, D) = \frac{F_1 \cdot t_w}{\sum_0} \quad (\text{円/ト}) \quad (2)$$

$$t_w = \frac{\mu \cdot p^k}{(k-1)!(k\mu - \lambda)^2} \left[\sum_{m=0}^{k-1} \frac{p^m}{m!} + \frac{p^k}{(k-1)!(k-p)} \right]^{-1} \quad (\text{日}) \quad (3)$$

ここに

F_1 : 船舶1隻あたり1日あたり関係費用 (円/隻・日)

$\sum_0$: 船舶1隻あたり荷役量 (ト/隻)

t_w : 船舶の平均待ち時間 (日)

$\lambda = D / 365 \cdot \sum_0$: 到着率, μ : サービス率, $p = \lambda / \mu \cdot k$: 利用率, K : バース数

一方、施設提供者における費用は建設費、維持管理費などである。

2.2. 需要予測

計画対象とする需要は、以前の施設で処理できない増加分とし、計画目標期以後、耐用年数に至るまでの期間は計画目標期における需要がそのまま続くものとする。そして計画とは独立に予測モデルを考え、初期需要

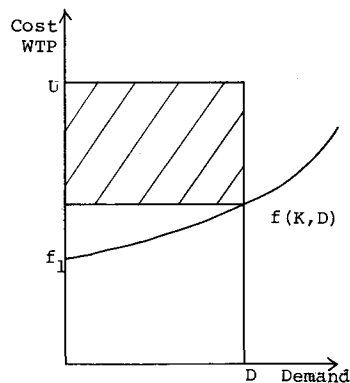


図-1 便益

を D_0 、成長率を α とし指数型の関数で表わす。

$$\bar{D}_t = D_0 \cdot \{(1+\alpha)^t - 1\}$$

また需要予測においては不確実性が存在し、需要の実現値 D_t が予測モデルの周辺に正規分布する確率密度関数 $P(D_t)$ を持つものと仮定する。

$$P(D_t) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{D_t - \bar{D}_t}{\sigma_t} \right)^2 \right]$$

$$\sigma_t = \rho \cdot \bar{D}_t$$

(3) 計画目標期決定モデル

解析にあたり次のような仮定をおく。

<仮定1> 評価基準は単位需要あたりの毎年等価純便益最大とする。

<仮定2> t 期の需要は t 期に存在する規模 (k^t) の施設を一体的に利用することができる。

<仮定3> 施設の耐用年数 (l) の間は仮りの建設費用が毎年等価にかかるものとする。

以上の仮定により次式で評価基準を設定する。

$$R_m = \max_{I_1, I_2, \dots, I_m} \left[\sum_{t=1}^m \sum_{D_t=0}^{\infty} P(D_t) \frac{B(k^t, D_t) - I}{D_t} \left(\frac{1}{1+P} \right)^t dD_t + \sum_{n=m+1}^l \sum_{D_n=0}^{\infty} P(D_n) \frac{B(k^n, D_n) - I}{D_n} \left(\frac{1}{1+P} \right)^n dD_n \right] \cdot crf$$

$$I = \left\{ \sum_{t=1}^m I_t \cdot \left(\frac{1}{1+P} \right)^t \right\} \cdot crf$$

$$crf = \frac{P \cdot (1+P)^l}{(1+P)^l - 1}$$

ここに I_t : t 期における建設費用, P : 社会的割引率, crf : 資本回収係数である。そして計画目標期は次式をみたす m^* である。

$$R_{m^*} = \max [R_m]$$

これと同時に最適投資時系列 $I_1, I_2, \dots, I_m$ が決定される。

3. 計算例と結果

計算においてはコスト・インデックスを用いて、利用費用と建設費用の間のウエイトを考えた。この値が小さくなるほど建設費用のウエイトは大きくなる。

(1) 需要予測の不確実性の影響 (図-2)

ρ の値で表わす不確実性が大きくなると計画目標期は短くなる。また2年目以後の追加建設が早くなる。

(2) 社会的割引率の影響 (図-3)

社会的割引率が大きくなると計画目標期は短くなる。

(3) コスト・インデックス

γ の値が小さくなり建設費用のウエイトが軽くなると計画目標期は長くなるが、重くなりすぎるとベースが減り計画目標期は短くなる。

参考文献

- 1) Nagao, Y. & Kanai, M.: A Study on the Method of Port Investment by physical Distribution Cost Analysis. Proceedings in PIANC, 1969

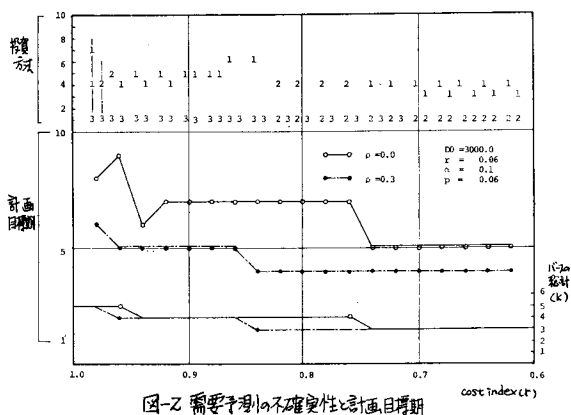


図-2 需要予測の不確実性と計画目標期

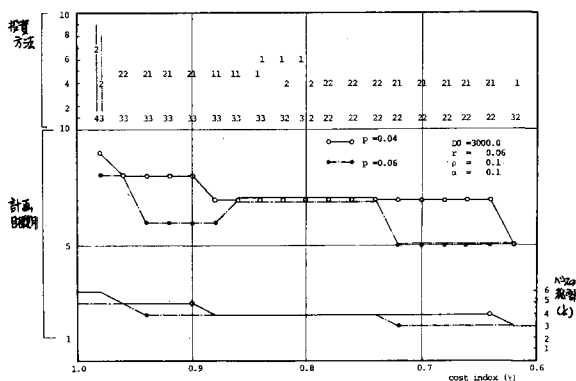


図-3 社会的割引率と計画目標期