

IV-155

既存土木施設の維持管理・改良を
考慮した施設運用計画に関する研究

京都大学 正員 黒田勝彦
 京都大学 正員 内田 敬
 NKK 正員 鈴木雅人

1. はじめに

わが国の社会資本は高度成長期を中心に蓄積されてきたが、充足率は依然として低く、また著しく変化する社会情勢に対応するように、今後の社会資本の整備が叫ばれている。その方向としては、過去に形成されてきた社会資本が存在する状況下で、経済社会の変化、ニーズの高度化、多様化などに対応するように、社会資本整備を戦略的な観点から推進する必要がある。投資計画の研究対象も、増え続ける需要に対応するための建設方法から、既存施設を考慮した再開発問題へと変化してきている。とはいうものの、従来までの既存施設を考慮した投資計画の研究¹⁾²⁾においては、社会情勢の変化が既存施設の更新・改良といった行動に大きく影響を与えることが指摘はされていたものの、社会情勢の変化の予測がきわめて困難であるため、それらをいかに投資計画に反映させるかということは避けられてきた。本研究では社会情勢の変化というものを土木施設の耐用年数とよばれるものを検討することから考察した。そして、施設が既存する状況下において、社会情勢の変化を考慮して、将来の需要に対応するように施設の整備方法を決定するためのモデルを提案する。

2. 基本概念の整理

本研究では土木施設の整備計画を建設・改良の方針を投資戦略の時系列として考察する。その場合、いかに既存施設の寿命を計画の中で考慮するかが問題である。それらについては土木施設の耐用年数と呼ばれるものを文献²⁾³⁾⁴⁾を参考に考察、検討することから寿命の概念を整理した。耐用年数には大きく次の3つがある。

- ①物理的耐用年数：物理的な外力の影響により構造物の物理的な強度が低下し、その結果その施設の機能が消滅するまでの年数
- ②機能的耐用年数：施設が物理的には当初予定していた機能を果たし得るにもかかわらず、社会情勢の変化によりその施設が持つ機能が不必要になってしまい廃棄されるまでの年数
- ③経済的耐用年数：施設の果たす機能も要求される機能にも変化はないにもかかわらず、経済的により強力な競争相手が出現し、コスト的に引き合わなくなるまでの年数

本研究では耐用年数②③を検討した結果、社会情勢の変化により土木施設が寿命に至ることを次のよ

うな仮定、定義を設け、モデルに反映させた。

◎土木施設の「機能」は、その施設の持つサービスを与える能力(使用性の能力)と定義する。

◎本研究では土木施設の機能は改良されるまでは劣化しないと仮定する。機能を維持するために行う「メンテナンス」は連続的な行動であると定義する。

◎「改良」とは既存施設をその機能を上回る機能を有するものにパワーアップすることと定義する。

◎社会情勢の変化により土木施設が寿命に至るのは、施設の機能が不必要になるか(機能的寿命)または他のものに比べて不利になる(経済的寿命)ということと定義する。

3. 評価モデルの構成

本研究で提案するモデルは、その手法として経済分析(費用便益分析)を用いる。評価基準は、計画期間内に発生する費用と便益により算出した単位需要当りの毎年等価純便益とし、それを最大にする代替案を最適解とする。ここではモデルを構成する際に問題となるものの基本的な考え方について述べる。◎施設の建設や改良に伴う投資行動が、引き続いて行われる投資行動の効果に何等かの影響を及ぼす場合にダイナミズムを持つという。計画にこのようなダイナミズムを発生させる要因としては、以下のようなものがあり、本モデルで考慮する。

- ①規模の経済：複数施設を一体利用すれば、それぞれを分離した運営を行うより有利になる。
- ②社会的割引率
- ③メンテナンス費用：本モデルでは既存施設の維持期間(余寿命) m とメンテナンス費用 $CM(m)$ の関係を概念モデルで次のように表した。

$$CM_i(m) = a_i \cdot (b_i^m - 1) \quad (i=1, 2, \dots, S)$$

a_i, b_i : パラメータ

- ④計画目標期：投資計画は、どの期間の需要を見通すかで予想される需要の規模に相違が生じ、それによって影響を及ぼされる。計画において需要予測を行いその需要を処理することを目標とするような期間を計画目標期と呼び、本モデルでは外生的に値を与える。

◎本研究では費用便益分析を用いてモデルを定式化するが、費用、便益はそれぞれ次のようなものを考慮する。

- ①費用……a)償却費, b)施設利用の直接経費,
c)時間費用

②便益……施設利用による直接便益
費用のb)とc)および便益を一括して消費者余剰という形で評価する。従って本研究で考察する費用, 便益は償却費と消費者余剰の2者である。

消費者余剰は図-1のような需要, 供給曲線があるとき, 斜線部で与えられる。本研究では対象とな

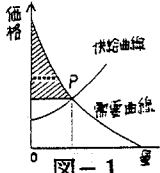


図-1

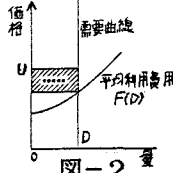


図-2

る需要量は費用の大小には無関係な非弾力なものと仮定する。絶対に必要なもの, たとえば主食, エネルギーなどと同様に公共財としての土木施設に対する需要は非弾力的であるとの仮定が許されることが多い。従って需要曲線は縦軸に平行な直線で示される。また, 公的供給財の場合には市場が存在しないため, 供給曲線の代わりに消費者の利用費用曲線を用いなくてはならない。従って, 消費者余剰は図-2の様になり, $F(D)$ を需要量がDのときの平均利用費用, U を需要に対する支払い許容価格とすると消費者余剰Bは次のようになる。

$$B = \{U - F(D)\} \cdot D$$

4. 評価モデルの定式化

◎定式化の前提

- ①評価期間は計画目標期とする
- ②評価に用いられる時間の単位を期と呼ぶ。計画目標期は第1期から第LP期までLP個に分割され, 時間軸の原点は, 第1期の期首にとられる。
- ③評価基準は, 単位需要当りの毎年等価純便益最大化基準を用いる。便益から費用を差し引いたものが純便益で, これを各期毎の需要量で割ることににより各期の単位需要当りの純便益が求められる。
- ④計画策定の時点で社会資本ストックとして存在する既存施設は, その施設を利用して便益を得ると同時に施設の要した費用の未償却部分を負担するものとする。
- ⑤施設供給者の負担する費用すなわち建設費, 改良費, メンテナンス費は, 投資行動の開始時期から, その投資行動が予定する当該施設のサービス供与終了期までの期間を償却期間として毎年等価な費用で償却するものとする。
- ⑥本モデルでは, 施設の有する機能を次の2種類設定する。

旧機能: 既存施設の有する機能

新機能: 旧機能より優れた機能

- ⑦本モデルでは考慮する投資行動は, 「改良」, 「新機能を有する施設の新規建設」, 「旧機能を有する施設の新規建設」の3種類である。

- ⑧t期の需要予測量 D_t は次のモデルを用いる⁵⁾。

$$D_t = D_0 \cdot (1 + r_0)^t$$

◎ D_t , NB_t , I_t をt期の需要量, 純便益, 償却費, p を社会的割引率とすると, 評価基準Rは,

$$NB_t = \{U - F(D_t)\} \cdot D_t - I_t$$

$$R = \left\{ \sum_{t=1}^{LP} \frac{NB_t}{D_t} \frac{1}{(1+p)^t} \right\} \frac{p(1+p)^{LP}}{(1+p)^{LP} - 1}$$

5. 適用例

本研究では港湾施設にモデルを適用して計算した。初期条件として既存施設を2つ設定(No.1とNo.2)し, メンテナンス費用はNo.1の方が逡増が激しいようにパラメータの値を与えた。平均利用費用曲線 $F(D)$ および各パラメータは次のようになる。

既存施設No.1	既存施設No.2
$a_1 = 5000000$	$a_2 = 5000000$
$b_1 = 1.25$	$b_2 = 1.15$
$V_1 = 5000000$	$V_2 = 5000000$
新規施設	旧機能施設
$H_1 = 300000$	$H_2 = 300000$
$\xi = 3000$	$\xi = 3000$
$A_1 = 1350000$	$A_1' = 1550000$
$A_2 = 1600000$	$A_2' = 1250000$
$\lambda_0 = 1500$	$\lambda_0' = 1500$
$\mu_0 = 6000$	$\mu_0' = 6500$
$TR_0 = 73000$	$TR_0' = 73000$
$r_0 = 0.08$	$r_0' = 0.08$
$Td = 0.5$	$Td' = 0.5$
$G_1 = 1200000$	$G_1' = 1200000$

$$U = 3000(\text{yen}) \quad p = 0.12 \quad LP = 9$$

$$R_0 = 0.16$$

$$C_1 = \frac{H_1}{\xi} \quad C_2 = \frac{A_1}{\lambda_0} + \frac{A_2}{\mu_0}$$

$$C_3 = \frac{R_0 \cdot r_0}{385} (Td + TR) \quad C_4 = \frac{G_1 (Td + TR)}{\xi}$$

$$TR: \text{入港船1隻当り平均バース待ち時間(日)}$$

$$F(D) = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

その結果, 最適代替案は次のようになった。

既存施設No.1を時刻5で改良

既存施設No.2を時刻8で改良

時刻7にて新たに新機能を有する1施設を建設

$$R = 1512.792(\text{yen}/t)$$

6. 今後の課題

本研究の概念は再開発の一つとしての施設整備の方法決定論として意義があるが, 次のようなことが今後の課題として挙げられる。

- ・メンテナンスを連続的な行為でなく一つ一つの投資行動に分離してモデルに反映させること
- ・社会情勢の変化を別の形でモデルに反映させること

【参考文献】1)黒田勝彦:都市高速道路の設計荷重と耐用年数評価における信頼性概念の導入に関する研究1987.3; 2)黒田, 内田:土木構造物の補修・更新モデル1988.10; 3)加藤正晴:土木学会誌1983.10; 4)野沢大三:土木学会誌1979.10; 5)長尾, 森杉, 吉田:土木学会論文報告集336号1983.8]