

京都大学工学部 正員 長尾義三

学生員 岡田哲生

1. はじめに

施設計画においては、その目標とする施設規模を計画初期段階に完成してしまうのか（一括建設）また最終的には目標規模を達成するが、その規模を数段階に分割して順次完成してゆくか（段階建設）といった問題がある。これは需要にたいして過大な規模の施設を建設しても投下資本の過剰損失を生み、また需要すれすれに規模を決定しても規模の大きさの効用（スケールリット）が期待できないということから来る。本研究は建設方式を決定するにあつての一般的方法論についてのアプローチから、方式決定のためのモデルを表示し、そのモデルの検討・試算から、いかなる要素が、どのようにこの決定に関わってくるかという分析を行ったものである。

2. 一般的モデル表示

1) 評価基準……あるプロジクトの質が、目的達成の水準を数量化したもの（便益；B）とそのプロジクトに要した費用（C）との差の大きさによって論ぜられるならば、

$$B - C \Rightarrow \text{Max} \quad \dots\dots(1)$$

と仮定するプロジクトを選択すべきであるという一の評価基準とする。いま便益と新しい施設を利用する者のみが享受するものに限定するとすれば、この便益は既存のままの施設を利用するときの費用（ C_0 ）と新施設を利用するときの費用（ C_n ）とプロジクト期間中の総差額（ $C_0 - C_n$ ）で計りうる。また建設費用と維持費との和を C とすれば(1)の基準は結局、総費用 V について

$$V = C_n + C \Rightarrow \text{Min} \quad \dots\dots(2)$$

となるようなプロジクトが最適であると定義しうる。

ロ) 2段階建設における C_n 及び C_c ……いま建設方式を2段階建設と一括建設に限定すると、追加建設時期の9通によってどちらか一方の方式に決定されることになる。すなわち $n=0$ であれば一括建設であるし、 $n \neq 0$ ならばその n 段階建設における最適追加建設年次を示すことになる。 C_n , C_c は共にこの n の関数として表わされる。いま C_1 , C_2 をそれぞれ t 年次における第1段階施設、第2段階施設における単位利用量あたりの、利用者がこ

うする費用とすれば

$$C_n(n) = \sum_{t=0}^n C_1(t) \cdot D(t) \frac{1}{(1+\lambda)^t} + \sum_{t=n+1}^L C_2(t) \cdot D(t) \frac{1}{(1+\lambda)^t} \quad \dots\dots(3)$$

$$C_c(n) = \begin{cases} C_0 & (n=0) \\ C_1 + C_2 / (1+\lambda)^n & (n \neq 0) \end{cases} \quad \dots\dots(4)$$

但し $D(t)$; t 年次における需要, λ ; 社会的割引率, L ; プロジクトライフ, C_0 ; 一括建設費, C_1, C_2 ; 第1第2段階建設費（手戻り費が存在する $C_1 + C_2 > C_0$ ）

ここで n の増加に伴い、一括建設のときの総費用 $V(0) = C_n(0) + C_c(0)$ を基準として新たに $\overline{C_n}(n) = C_n(n) - C_n(0)$, $\overline{C_c}(n) = C_c(n) - C_c(0)$, $\overline{V}(n) = V(n) - V(0)$ を定義すると(2)の評価基準は次の(5)と同値である。

$$\overline{V}(n) = \overline{C_n}(n) + \overline{C_c}(n) \Rightarrow \text{Min} \quad \dots\dots(5)$$

(3)から $\overline{C_n}(n) = \sum_{t=0}^n (C_1(t) - C_1(0)) \cdot D(t) \frac{1}{(1+\lambda)^t}$, $\overline{C_c}(n) = C_1 + C_2 / (1+\lambda)^n - C_0$ で表わされるから(図-1)において $\overline{C_n}(n)$ は斜線部分の面積, $\overline{C_c}(n)$ は $t = n$ における $\overline{C_c}(n)$ 曲線の座標を表わされる。 $(C_1(t) - C_1(0))$ は1利用単位が規模の違う施設の利用することによって生ずる費用差である。いま $S_{II}(t) = \frac{C_1(t) - C_1(0)}{C_1(0)}$ とおくと、 $S_{II}(t)$ は2段階施設を利用することと1段階施設を利用することとにたいする t 年次におけるスケール・プリツ

ト率と定義しよう。このとき $C_N(n) = S_{II}(n) \cdot G(t) \cdot D(t)$ である。また $C_C(n)$ は投資と部分的に延期することによって資本の遊休を防いだ量である。したがって段階建設における投資時期の決定というのは、投資と遅らすことのスケールナリットの取りと資本の遊休を防止することの効率化との妥協点とをいかに見出すかということにある。

1) 最適追加建設年次... (S) を満たす n の決定のために、瞬間的な割引率を S ($0^0 = 1+r$) として $C_N(n)$, $C_C(n)$ を連続変数化すると

$$C_N(n) = \int_0^n e^{-St} S_{II}(t) G(t) D(t) dt \quad \dots (3)'$$

$$C_C(n) = C_1 + Q^{-Sn} \cdot C_2 \quad \dots (4)'$$

(3)', (4)' は微分が可能であるから、特異な場合を除いて $\frac{dV(n)}{dn} = \frac{dC_N(n)}{dn} + \frac{dC_C(n)}{dn} = 0$ とおくことによって極小値を与える n_0 が求まる。すなわち n_0 は (6) を満たす n で与えられる

$$S_{II}(n) \cdot G(n) \cdot D(n) = C_2 S \quad \dots (6)$$

したがって最適追加建設年次 (方式) と決定する手順は図-2 のようになる。

⇒ 決定に影響を与える要素... 上の手順から建設年次決定に影響を与える要素の容易に見出されるが、これらの要素を定性的にその増加にたいして (1) - 1 増建設、早い時期の追加建設年次をもつ段階建設、(2) 遅い追加建設年次をもつ段階建設に分類すれば

- (1). Q_0 , R (初期需要及び伸び率) S_{II} (スケールメリット)
(2). C_2 (追加建設費), i (社会的割引率) となる。

3. モデルの試算例と感度分析

ここで上のモデルを高速度道路計画について使用した例を示し、上の (1), (2) の要素ごとの程度影響をみながら感度分析を試みている。高速度道路の (2lane-4lane) 段階建設を例にとって、便益の要素はここでは、走行費用、走行時間、事故件数のみを取り上げる。これらの要素の時期 t における 2 車線走行と 4 車線走行との単位距離あたりの差をそれぞれ、 $X_1(t)$, $X_2(t)$ (分), $X_3(t)$ (件) とすると (6) 式の左辺は、 $S_{II}(n) \cdot G(n) \cdot D(n) = (X_1(t), X_2(t), X_3(t)) \cdot \vec{a} \times D(n)$ である。 $X(t)$ は時期の需要で決まる値で $X(D)$ としうる。 $\vec{a}$ はそれぞれの要素の単位改善量にたいする貨幣換算価値も成分とする。ここでは感度分析の結果 $X_1(D)$, $X_3(D)$ は影響しない。 $X_2(D)$ については既存の高速度道路のデータから $X_2(D) = \frac{1}{96-0.0015D} - \frac{1}{96-0.006D}$ を用いた。ここにおいてこのプロジェプトにおけるスケールメリット率は $S_{II}(t) = S_{II}(D) = 1 - \frac{96-0.006D}{96-0.0015D}$ である。(図-4)。このスケールメリット率における、需要の伸び率 (R) の最適追加建設年次への影響を (図-3) に示した。さらに他の変数を固定した上で (右図) 平面上に $n=0$ を与える無差別曲線を図示すると、一括建設領域と段階建設領域、直観的に把握しうることになる。これを示したのが (図-5) である。

4. 結言

最適追加建設年次に及ぼす成長率の影響が大きいことからみて、スケールメリットの効果は無視できない。この場合スケールメリット率の影響を一般的に明らかにするため、性格の異なる事業について検討を今後行う必要がある。

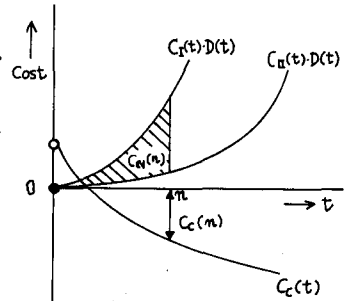


図-1 建設スケールメリット及びコスト

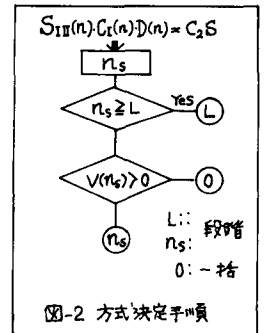


図-2 方式決定手順

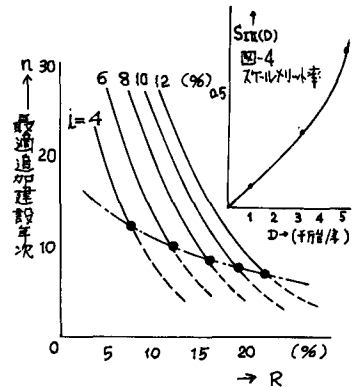


図-3 成長率の影響

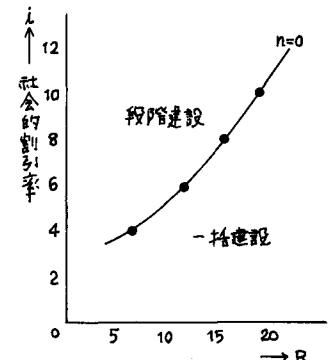


図-4 (i,R) 平面における段階建設と一括建設の領域