

京都大学工学部

正 員

長尾義三

三菱総合研究所

"

森村寿牙

Oパシフ、マフコ・カルタント

"

吉田哲生

【緒言】……本研究は、第1に段階建設における諸論点と、動的な観点からとらえることによって、従来の3つの投資形態（進いかけ型、段階型、一括型）の生み出す費用、便益の特性の相異点を明らかにすること、第2にいかなる条件のもとに、それぞれの形態が有利となるのかを明らかにし、実用的な範囲である2段階建設の分野に限って、パラメータによる詳細な比較分析を行うことを意図したものである。

2 本研究の仮定……論点をすすめる前に、分析のためのつぎの仮定をおく。

(i) 対象プロジェクトは、最小の分割単位をもつ施設の拡張計画について取り扱う。施設の規模はこの最小分割単位の数個分として表される。すなわち k 個分の施設の時、この施設の規模が k であるとする。

(ii) 施設にたいする需要曲線は、簡単なため非弾力なものを仮定する。また初期の非弾力的な需要 $D(1)$ は外生的に $D(k) = D_0 \cdot e^{k\alpha}$ として与えられているものとする。(図-1(i))。ただし D_0 は初期需要、 α は持続的な成長率である。

(iii) 施設の利用に際して、単位利用者あたりの費用は、つぎの性質をもっている。まず利用量があるいは、施設規模に関わらない固定費用が存在する。つぎに利用量の増加につれて混雑現象から利用費用が増加する。そしてこの増加の度合いは、施設規模の小さいものほど大きい。これらの性質を満たす利用費用曲線として次の一次式を仮定する。ただし $f_k(k, D)$ は規模 k 、利用量 D のときの利用費用、 f_k は規模 k のときの費用分配で、 $k > M$ ならば $f_k < f_M$ である。

$$f_k(k, D) = f_k D + \bar{f}_k \quad \text{…… (1)} \quad (\text{図-1(ii)})$$

(iv) 本論文における便益は消費者余剰として捉える。したがって、(i)、(iii) から、初期の施設規模 k のときの便益 $B(k, \alpha)$ は、図-1の斜線部の面積であり、次式のようになる。ただし $\bar{U}$ は利用量に關係しない一定の互換対価である。

$$B(k, \alpha) = \int_0^{D(k)} \left\{ \bar{U} - f_k(k, D(x)) \right\} dD = D(k) \left\{ \bar{U} - \bar{f}_k - \frac{1}{2} f_k D(k) \right\} \quad \text{…… (2)}$$

(v) 拡張に関する費用が取り扱えるように規模 k から規模 M への拡張には必要建設費用 $C(k, M)$ として表せる。

(vi) 評価基準としては、通常の純現在価値最大基準を用いる。

3 最小規模拡張の効率性……規模 k の施設を kM なる規模 M に拡張するとき（この拡張を $[k, M]$ で表わす）の最適拡張期 t_k^* となるためにはなにかい条件は(3)式である。[1]、[2]。ただし、 λ は社会的割引率である。

$$B(M, \alpha^*) - B(k, \alpha^*) = \lambda \cdot C(k, M) \quad \text{…… (3)}$$

ここでは次の仮定を満たす状況では、任意の M にたいする拡張 $[k, M]$ のうち $[k, k+1]$ が最も有利であることが明らかにする。

仮定1……施設拡張費用に関して規模の経済は働かない。

仮定2……利用量 D が固定されたとき、規模の拡張にたいする限界便益は递减する。

仮定3……施設の一体化利用によるメリットが存在しない。

いま任意の $k < L < M$ なる k, L, M について拡張 $[k, L]$ 、 $[L, M]$ 、 $[k, M]$ それぞれの最適拡張期 t_k^* 、 t_L^* 、 t_M^* が存在する。(図-2)。これらの間には、仮定1および仮定2または(3)に若干変算を加えることにより $t_k^* < t_L^* < t_M^*$ が成立する。ここで比較すべきは、 $[k, M]$ について一挙に t_k^* に拡張してしきることと、 t_k^* 、 t_L^* 、 t_M^* 間に L の規模の使用期間を入れることとの有利性

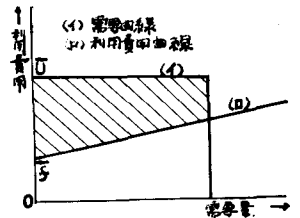


図-1 本論文での便益量

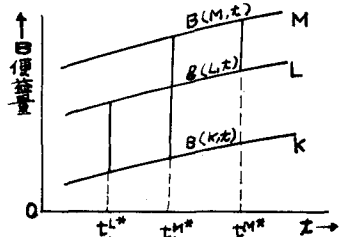


図-2 規模 k から拡張

である。容易に、 K における拡張分 $[K, M]$ を $[K, L]$ と $[L, M]$ とに分割してそれぞれ K^*, L^* に移せば、 $\int_{t_0}^{t^*} \delta(L, K) - B(K, L) - \delta(C(K, L)) e^{-\delta t} dt$ 及び $\int_{t_0}^{t^*} \delta(L, M) - B(M, L) - \delta(C(L, M)) e^{-\delta t} dt$ 比純現価値を高めることがわかる。したがって規模 L の供用期間 t を入れた方が有利である。 K, L, M は任意であるので、結局 K からの拡張は $[K, M]$ が最も有利である。したがって、仮定1, 2, 3をみた状況においては、最小分割部分を(3)を満たす時期に拡張していくのがよいという。部分的な最適化が全期間にわたる最適化につながることを意味し、従来の追いかけ型の正当性の根拠となる。

4. 動的環境…… 3の仮定が満たされない以上述の投資手順では不合理を生じ、各期の投資行動の将来に及ぼす影響を考慮する動的な観点が必要になる。ここでは仮定1と仮定3の否定について述べる。仮定1の否定は固定費用、費用逓減、いわゆる手戻り費用(set up cost)がある場合である。このときは個々の分割部分を1度に建設した方が建設費用が小さくなる。仮定3の否定は、施設の別個の運用よりも、一体化して運用する方法、便益が上昇することである。この場合、将来のことを考慮せず、その時々需要に合わせて最小分割施設を増やしていく手順は不合理になる。いずれも、完成規模の一体化に利用できるような初期の投資を行いつつ逐次完成させていく段階建設や、最初から完成規模を達成させる、一括建設のような長期的な観点が必要になる。ここに述べた動的な性質は、土木分野のプロジェクトでは巧みられるもので、段階建設や一括建設を必然的にする。

5. 2段階建設における動的環境の処理…… ここで2段階建設において、上述した動的環境を考慮して、各投資形態の決定手順を考察する。まず追いかけ型と一体化利用のメリットの享受が可能なように初期において先行投資(ここでは用地買収を考慮)を必要とする段階建設との比較を行う。ただしここではパラメータ比較分析を簡単化するために、つぎのように段階建設に不利な状況を設定する。第1に段階建設の追加投資時期を、追いかけ型の最適追加時期に合わせる。第2に完成規模のとき、追いかけ型の便益にたいする一体化利用のメリットのばらばらに段階型の便益 $\delta \delta(t)$ をとりうる最小の値に固定する。このとき(4)式の正負がそれぞれ段階型、追いかけ型の有利性を示すことになる。

$$(5-1) 0.5 \alpha \{ (0.5 \alpha L / \delta_0) - \frac{1}{\delta} - e^{-\delta L} - (0.5 - \beta) \{ 1 - \alpha (0.5 \alpha L / \delta_0) - \frac{1}{\delta} \} \} \dots (4)$$

ただし δ : 手戻り率, L : プロジェクトライフ, β : 拡張施設のみ投資割合, δ_0 : 追いかけ型における第1段階規模と完成規模との初期における便益比

(4)式を正にする最小の δ の値を(表-1)に示す。高速道路の2車線別個の供用と4車線一帯の供用とは $\delta \approx 2$ である。また表 δ 値は段階建設を不利に見積ったことから追いかけ型は、土木分野のプロジェクトでは非常に限られた範囲でしか正当性をもちえないと思われる。つぎに手戻り費が存在する場合の一括型の考慮が必要になるが、一括型と段階型との比較式は(5)で、正負がそれぞれ一括型と段階型の有利性を示す。

$$\{ 2r\alpha\beta / (2r - \alpha) \} (0_0 / i\alpha\beta) - \delta_0 / (2r - \alpha) - \beta \dots (5)$$

ただし α : 手戻り率, β : 第2段階投資割合, δ_0 : 全段階施設と第1段階施設との便益差の全投資量にたいする割合

(5)式を用いることにより、各パラメータの投資形態に与える影響を知りうる。例えば需要成長率の影響は(図-3)のようである。また(5)式の上限は $\beta(\alpha-1)$ であり手戻り率の存在する($\alpha > 1$)ときは一括型の考慮可能な動的な考慮を必要とすることを明示化することもできる。

⑥おわりに…… 以上で、投資形態が、上述した動的環境の故に段階建設もしくは、一括建設の形態をとってくる過程を明らかにした。しかしながら実用的な側面からみると、需要曲線の非弾力性の仮定、および需要時系列の与性性の仮定をプロジェクトごとに現実にならざるものにしてモデルにすることは留意されねばならないと思われる。

$\beta \backslash r$	6%	9%
0.3	1.95	1.41
0.4	1.82	1.35

表-1 (4)式を正にする最小の δ
 $\alpha=1.2$ $\delta_0/0.5\alpha L=0.2$

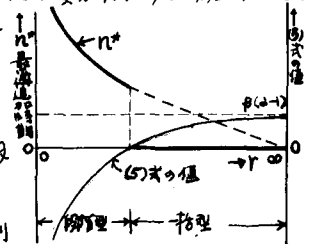


図-3 需要成長率の投資形態に与える影響