

不確実な需要のもとでの建設方式の決定

京都大学工学部 正会員 長尾 義三
三菱総合研究所 正会員 笠島 勝治
京都大学大学院 学生員 ○加久本 龍治

1. はじめに 将来のある時期の需要量の予測にもとづいて施設規模を決定するわけだが、現実の需要量は予測とは無関係に実現されていく。したがって規模過大ゆえの施設の遊休、規模過小ゆえの混雑という経済的損失を生じることになる。しかし土木計画者の立場としては予測が外れようとも計画策定時に施設規模を決定せねばならないので予測値と実現値の乖離による損失を最小にするための配慮が必要である。本研究では計画策定時から見て将来の需要量の実現値または成長率が確率分布するとして不確実性を表現し、各建設方式が最適となる領域が不確実性を考慮する場合と考慮しない場合で異なることを示す。

2. 需要予測の不確実性 本研究では需要曲線は非弾力的と仮定する。施設計画の場合、国または地域の社会・経済計画等の上位計画のフレームに依存して需要量が定率 r で成長する指数型としていることが多いので次のようにあらわす

$$\bar{D}_x = D_0 \cdot (1+r)^x \quad \cdots (1) \quad \text{ただし } \bar{D}_x: x \text{ 年の需要量予測値, } D_0: \text{初期需要量}$$

本研究では不確実性を考慮しないモデル1のほか、計画策定時から見た将来の需要量実現値 X_x の不確実性を考慮したモデル2、将来の需要量成長率 r の不確実性を考慮したモデル3を考え、なお確率分布は正規分布で表現したのでモデル2の将来の需要量実現値 X_x 、モデル3の将来の需要量成長率 r の確率密度関数は次のようになる。

$$P(X_x) = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{X_x - \bar{D}_x}{\sigma_x} \right)^2 \right], \quad \sigma_x = p_0 \cdot \bar{D}_x \quad \cdots (2) \quad \text{ただし } p_0: \text{定数}$$

$$P(r) = \frac{1}{\sigma_r \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{r - \bar{r}}{\sigma_r} \right)^2 \right], \quad \sigma_r = p_r \cdot \bar{r} \quad \cdots (3) \quad \text{ただし } p_r: \text{定数}$$

3. 建設方式 従来からいわれている3建設方式を次表に示した。

追いかけて型建設方式	段階建設方式	一括建設方式
一般には施設のサービス水準がある想定した基準に達したときに単に次の施設を追加することを繰り返す方式で、遠い将来を見通さない。	ある時期の需要予測により目標を設定してその目標を見通しつつ分割建設を行う方式で、将来および建設途上の規模の経済を想定している。	将来の目標を見通してそれに見合った施設を計画当初にすべて建設する方式で、手戻り費用はないが需要量が予測値より小さい場合の遊休費用が大きい。

4. 評価基準 計画策定時に考慮の対象となる将来のある時点までを計画目標期間とよぶ。計画目標期間に発生する事業全体としての経済的な純便益最大化を評価基準とする。この他に考慮すべきものとして残存価格などの便益とみなせる要素があるが、これらはマイナスの投資額と考え、全投資額は実際の投資額からこれらを引いたものとする。

5. 高速道路計画への適用 計画目標期間および耐用年数は30年とし、投資額は毎年
Yoshimi Nagao, Katsuji Kasajima, Ryuji Kakumoto

等価になおした額ずつ耐用年数にわたって毎年消却されていくものとする。
 まに建設方式は、2車線並いかけ、4車線2段階、4車線一括の3方式を考えた。計画期間中における各方式に対応する純便益は次式で表わされる。

$$NB(i) = \sum_{t=1}^{30} \frac{U \cdot X(t)}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{30} \frac{R \cdot X(t)}{(1+r)^t} - A(i) - B(i) + C(i) \quad (4)$$

(U:支払対価, R:走行費用, A, B, C:表1参考)
 動かしうる変数は表2に示した。他の変数は固定して最適建設方式を求めたものを D_0, K_0 の座標空間に示し(D_0 :初期需要量, K_0 :Kmあたり4車線道路投資額), 各建設方式が最適となる領域が不確実性を考慮した場合と考慮しない場合で異なることを示したものが図1~2であり, 不確実性を考慮した方が考慮しない方より段階建設の領域が広がり一括建設の領域が狭くなる。また不確実性以外の変数に関して得られた結果を示したものが表2である。

表 1

	A: 時間費用 ¹⁾	全投資額に 関係する項	
		B: 実際の投資	C: 残存価格
並いかけ	前: $\sum_{t=1}^{30} \frac{1}{V_2(\frac{1}{2})} \cdot \omega \cdot X$ 後: $\sum_{t=31}^{60} \frac{1}{V_4(\frac{1}{2})} \cdot \omega \cdot X$	$\left\{1 + \frac{1}{(1+p)^{i-1}}\right\} \cdot K$	$\frac{1}{(1+p)^{i-1}} \cdot \left\{\frac{(1+p)^i - 1}{(1+p)^0 - 1}\right\} \cdot K$
段階	前: $\sum_{t=1}^{30} \frac{1}{V_2(\frac{1}{2})} \cdot \omega \cdot X$ 後: $\sum_{t=31}^{60} \frac{1}{V_4(\frac{1}{2})} \cdot \omega \cdot X$	$\left\{(1-p) + \frac{(1+p)^i \cdot p}{(1+p)^{i-1}}\right\} K_0$	$\frac{1}{(1+p)^{i-1}} \cdot \left\{\frac{(1+p)^i - 1}{(1+p)^0 - 1}\right\} \cdot (1+p)^i \cdot p \cdot K_0$
一括	$\sum_{t=1}^{60} \frac{1}{V_4(\frac{1}{2})} \cdot \omega \cdot X$	K_0	—

ただし, ω : 時間価値, V_2, V_4 : 2車線, 4車線の速度
 i, j : 並いかけ, 段階, 後期投資年次

6. 結論 計画の際に需要予測の不確実性を考慮するか考慮しないかで各建設方式が最適となる領域が異なることが示された。今後は高速道路計画以外の事例研究も行い, モデルの長所, 短所を検討して, さらに現実に近いモデルへと改善してゆきたい。

〈参考文献〉

1) 財団法人高速道路調査会: 高速道路の段階建設計画の基準に関する研究報告書, 1969年

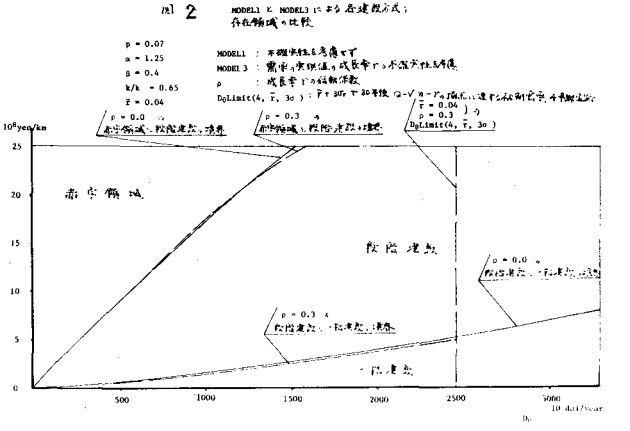
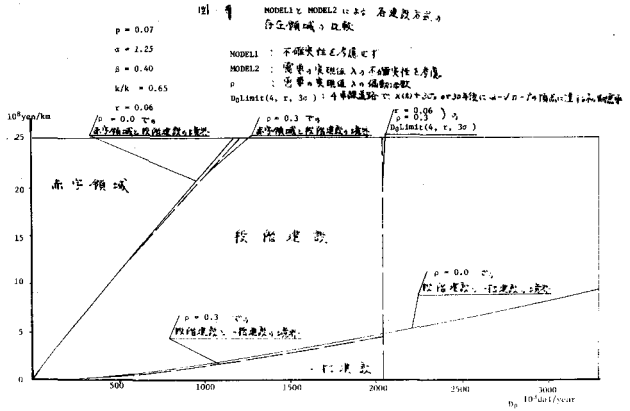


表 2

α (車庫比率)	大きいほど 施設をまとめて建設しようとし一括型が最適となる領域が広がる
p (後期割引率)	大きいほど 遅く投資 (1) が高くなるので 段階型の領域が広がり 後期投資年次は遅くなる
r (成長率)	大きいほど 一括型で採算がとれる年が早くくるので 一括型の領域が広がる
K/K_0 (Kmあたり投資額: 2車線/4車線)	大きいほど 4車線の方が有利になり 一括型の領域が広がる
β (後期投資年次)	大きいほど 段階型で p が小さく額がふえるので 段階型の領域が広がり かつ 早く後期投資年次は遅くなる