IV-151 住民の反応を考慮した高速道路の路線選定

東京工業大学 学生員 稲村 肇

1. はじめに

従来の高速道路の整備計画レベルの路線選定の方法は次の通りである。即ち，1)インターチェンジの概略位置や地形，地価等を考慮して経験的観点から代替路線を数本引く、2)その数本の代替路線を評価する。といった方法であった。この方法で最も問題になるのがいかにして住民の反応を路線選定の中に取り入れるかの問題であり、実際の最適路線を代替案に含ませるかの問題である。
そこで本研究ではこの両者に注目して、住民の反応を考慮した高速道路の路線選定を試みるものである。

2.モデルの基本的考え方.

確率分布する路線の評価に対して、評価の期待値のみで考えてゆくと最適路線を落してしまう可能性がある。そこで本研究では最適路線の棄却の危険性を考慮して必要最小限の数の路線計画代替案を探索する。路線の評価は総費用という考え方をとり、総費用を住民の反応を考慮した費用便益差と定義する。総費用としては次の3項目に関して考える。 ①事業費 ②便益 ③住民

事業費：事業費は地形や地価等によって決定するものであるが、それらによる評価は本来不確実性を持つものであるからここでは期待値と分散という形で評価する。

便益：便益の考え方は様々であるが、ここでは高速道路を供用することによる便益を間接便益も含めた形で考える。また便益は当然ある予測値の回りに分布すると考えられる。しかし本研究では基本計画を所与とし、基本計画が15～20Km巾の建設予定路線帯に対し、主たる道路の連結地等を与えているので、便益がたとえかなり広がった分布をもっているとしても路線選定には殆んど影響がないと考え、便益はその期待値をもって確定変数と考える。

住民の反応：住民の反応に関しても種々の考え方が存在するが、ここでは住民の反応によって供用開始時間がどれだけ変化するか、といった見方で捉える。従って住民の反応は買収所要期間の期待値と分散で指数化されると考える。

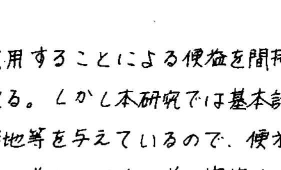
本研究では総費用を、それを構成する上記の3つの評価項目を次の(1)式の様に定式化できると考える。

$$F(m,\sigma^2)=F_1(m_1,\sigma_1^2)-F_2\{1-\alpha(m_2,\sigma_2^2)\} \qquad (1)$$

但し $F(m,\sigma^2)$：総費用
$F_1(m_1,\sigma_1^2)$：事業費
F_2：便益
$\alpha(m_2,\sigma_2^2)$：住民の反応指数

(1)式に於て、右辺の第2項は便益が買収所要時間の延長によって目減りすることを表わし，αは買収所要期間Tを$0<\alpha<1$になるように標準化したものである。図-1はF_2の減少割合をαで示したものである。

図-1 便益特性曲線



T_{min}：買収予定期間
T_E：計画期間
T_E-T_{max}：建設期間

ここで$T<T_{min}$の場合は$\alpha=0$即わち便益は予測通りとなるが，買収終了予定時期より買収が遅延した場合には、計画供用期間が減少して便益も減るであろう。しかも極端な場合、計画期間内に建設が完了しなければ（$T>T_{max}$）便益は明らかに零である。この便益の減少程度は①，②，③の曲線によって表わされ、このカーブは計画路線の特性によって定まる。たとえば③の型のカーブは先行投資型の路線と考えられる。このようにして定められた評価関数で路線を をするが、具体的な路線の選定はメッシュを使って分析を行なう。即ち、基本計画で与えられる建設予定路線帯を路線方向に1～2 Km四方のメッシュに分割し、それぞれのメッシュを道路1 Km当りの総費用をあらかじめ評価しておき、どのメッシュを通過する路線が総費用の総

和を最小にする計画代替案であるかを探索するのである。

3．評価モデルの定式化

3.1 住民の反応指数αの定式化：あるメッシュS_{ij}（図－1参照）の買収所要期間を$T_{ij}\,({}_{T}m_{ij}, {}_{T}\sigma_{ij}^2)$，計画区間の便益特性曲線を$\alpha = g_1(T)$とすれば$\alpha_{ij}\,(m_{ij}, \sigma_{ij}^2)$は次の(2)式によって表わせる。

$\alpha_{ij}\,(m_{ij}, \sigma_{ij}^2) = g_1\{T_{ij}\,({}_{T}m_{ij}, {}_{T}\sigma_{ij}^2)\}$ —— (2)

ここで買収所要期間に影響を与える要因をX^{ℓ}，S_{ij}に於てX^{ℓ}に反応する確率を$X_{ij}^{\ell}\,({}_{\ell}P_{ij}, {}_{\ell}\sigma_{ij}^2)$とすれば$T_{ij}$は

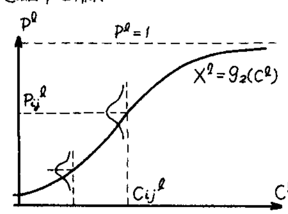
$T_{ij}\,({}_{T}m_{ij}, {}_{T}\sigma_{ij}^2) = a_0 + \sum_{\ell} a_{\ell}^{h} \cdot X_{ij}^{\ell h}\,({}_{\ell}P_{ij}, {}_{\ell}\sigma_{ij}^2)$ —— (3)（但し，a_{ℓ}^{h}：ℓアイテム，hカテゴリーの重み）と表わされる。(3)式に於て，${}_{T}\sigma_{ij}^2$はこの予測式そのものの分散${}_{T}\sigma^2$とX_{ij}^{ℓ}の持つ分散${}_{\ell}\sigma_{ij}^2$によって表わされる。次に$X_{ij}^{\ell h}$に影響を与える要因（地域要因，個人要因）をY^{g}，Y^{g}に関するカテゴリーをY^{gh}，任意のS_{ij}に於けるY^{gh}に対応する分布をr_{ij}^{gh}，要因Y^{g}を総合化したインデックスをC_{ij}^{ℓ}とすればそれらの関係は

$X_{ij}^{\ell}\,({}_{\ell}P_{ij}, {}_{\ell}\sigma_{ij}^2) = g_2\,(C_{ij}^{\ell})$ —— (4)　｛図－2参照｝

$C_{ij}^{\ell} = \sum_{g}\sum_{h} {}_{\ell}a^{gh} \cdot {}_{\ell}r_{ij}^{gh}$ —— (5)

で表わされる。　但し，${}_{\ell}a^{gh}$：gアイテムhカテゴリーの重み

図－2 反応確率曲線



ここでg_2はあるサンプル（サンプル数N）の下で，インデックスC^{ℓ}に対応する反応者の確率　P^{ℓ}を示す関数であり，${}_{\ell}\sigma^2$はサンプル数Nの時のP^{ℓ}の信頼性の分析から求める事ができる。なお関数g_2及び(3)，(5)式のパラメータa_0，a_{ℓ}^{h}，${}_{\ell}a^{gh}$は多変量解析によって求めることができる。又(2)式に(3)，(4)，(5)，式を代入すれば結局

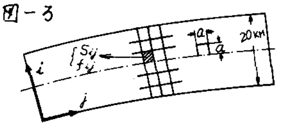
$\alpha_{ij}\,(m_{ij}, \sigma_{ij}^2) = g_1\{a_0 + \sum_{\ell} a_{\ell} \cdot g_2(\sum_{g}\sum_{h} {}_{\ell}a^{gh} \cdot {}_{\ell}r_{ij}^{gh})\}$ —— (6)　となる。

3.2 便益F_2の定式化，及び3.3 事業費F_1の定式化，は紙面の都合上省略する。

4．路線計画代替案探索過程

以上の様に，メッシュの各々が(1)式の形で評価されている時，路線代替案の選定は確率を含んだDPの問題に帰着することができる。｛図－3参照｝　今i段階のルートの決定を考える。

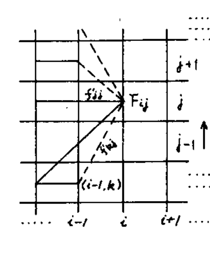
図－3



4.1 リンクの評価：評価はメッシュ毎にKm当りの費用f_{ij}で表わされているのでこれをリンク評価f_{kj}'に変換するのが次の(7)式である。

$$f_{kj}' = \sum_{\beta=\min(j+1,\,k+1)}^{\max(k-1,\,j-1)} f_{i\beta} \times a \cdot \frac{\sqrt{1+(k-j)^2}}{|k-j|} + (f_{ik} + f_{i\ell}) \times a \cdot \frac{\sqrt{1+(k-j)^2}}{2|k-j|} \quad 但し \quad k \neq j$$

$$= a \times f_{ij} \quad 但し \quad k = j \quad —— (7)$$



4.2 累積評価額F_{ij}：F_{ij}は$i-1$段階迄の累積$F_{i-1,k}^{*}$とi段階のリンクf_{kj}'によって次の漸化式で与えられる。　$F_{ij} = F_{i-1,k}^{*} + f_{kj}'$，ここで$F_{ij}$の分散$Var(F_{ij})$は$f_{ij}$の分散を距離で重み付けした和として表わせる。

4.3 費用期待値最小路線の探索：これは任意jに対して(8)式を満たすようなkを選択することと同値である。　$F_{ij} = \min\{E(F_{i-1,k}^{*} + f_{kj}')\}$ —— (8)

4.4 代替案F_{ij}^{h}の探索：我々は4.3に於て期待値最小路線を探索したが，F_{ij}は常にある程度の分散をもっているので，選択過程では実際の最適路線を捨ててしまう可能性がある。そこで本研究では各段階で統計的に期待値の差の検定を行ない，有意な差の無いものを代替案として採用する。ここで判定基準は(9)式の通りである。

$$Z^{h} = \frac{\frac{1}{N}\left(\sum_{i=1}^{N} x_i^{h} - \sum_{i=1}^{N} y_i\right) - \{E(F_{ij}^{h}) - E(F_{ij})\}}{\frac{1}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{Var(F_{ij}^{h}) + Var(F_{ij})}} \quad —— (9)$$

x_i^{h}：F_{ij}^{h}からサンプルした値

y_i：F_{ij}からサンプルした値

ここで有意水準をαとして　$Z_{\frac{1}{2}\alpha} < Z^{h} < Z_{1-\frac{1}{2}\alpha}$なる$h$の集合を求めれば良い。但しサンプル数（$N$）が同じ時

5．適用例

適用例に関しては，発表の際説明をする。