

地域住民の反応と路線選定

RESPONSE OF REGIONAL RESIDENTS AND ROUTE SELECTION

稲 村 肇*

By Hajime INAMURA

1. はしがき

高速道路の路線選定は通例費用便益分析によって評価される。しかしながら費用便益分析的な評価法においては内部費用の検討を基礎にしているため、社会的費用（沿線住民のうける非便益等）が無視されがちである。これが現在各地で頻発する沿線住民と事業主体との摩擦の原点になっていると思われる。こうした評価、検討に対する反省として、近年になって沿線住民の非便益を考慮する様々な方法が提案されているが、それらは実用し得るとはいいがたい。

従来の評価方法の欠陥は次の 3 点に集約される。

- a) 発生する様々な非便益とは何かが不明確であり、しかもこれを統一的に評価する尺度がない。
- b) 統一的な尺度があったとしても、費用や便益と同一の尺度でないために評価が困難である。
- c) 便益といい、費用といい評価に際して用いられるこれらの値は一つの予測値であるにすぎないにもかかわらず、これをあたかも確定した値であるがごとき取扱いをして一義的な評価をしている。したがって、そこで議論している最適路線の中に必ずしも最適な路線が含まれているという保障はない。

本研究では上記の 3 点を解決する。a), b) に関してはまず住民の受ける様々な非便益を調査、分析の結果より見出し、これを統一的な尺度で計測し、それを費用や便益と同一の尺度で評価する方法を確立しようとする。さらに c) に関しては非便益や費用といった評価要因を分布型のまま扱い、路線の評価値が確率的に分布するという前提での最適路線の選定方法を提言する。

本研究では上記の目的に沿って路線評価方法の概要を説明し、さらに方法を一つの現実の高速自動車道計画に適用した例を示すものである。

* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所

2. 本研究の基本的考え方

(1) 路線評価の考え方

全国的高速道路第一次施工区間 1016 km, 二百数十市町村における住民反応の実際例および路線選定のプロセスを検討して次のような結論を得た。

a) 多岐にわたる住民のこうむる非便益の評価は住民自身の価値観に基づくものでなければならない。

b) 住民の反応の多くは詳細な路線発表の後に発生しているが、住民反応は路線選定過程におけるその前の段階、すなわち路線の通過地が主要都市ごとに定められる段階（基本計画段階）から路線が幅約 2 km の範囲に絞られる段階（整備計画段階）で考慮すべきである。

したがって以下では基本計画を所与として整備計画レベルの計画の立案に関して論じる。

計画者がある路線を評価する場合、事業主体あるいは沿線住民といった一方に片寄る立場にたってはならない。そこで本研究では住民の反応を十分考慮すべく社会的交通費用をもって路線を評価することを試みる。社会的交通費用の概念は次のように定義される。

$$\text{社会的交通費用} = \text{事業費} + \text{非便益} - \text{便益} \dots (1.1)$$

ある事業可能路線に関して一般に、便益 \geq 非便益 でなければ事業は成立しないし、便益と比較して非便益が少ない路線ほど好ましい路線といえる。したがって非便益は便益に対する相対的な値として評価されると考えられる。そこで、非便益 $= \alpha \times$ 便益 とおけば、

$$\text{社会的交通費用} : F = F_1 - F_2(1 - \alpha) \dots (1.2)$$

$$F_1 : \text{事業費}, F_2 : \text{便益} \quad 1 \geq \alpha \geq 0$$

(2) 住民反応指数の導入

高速道路の建設が予定されたとき、住民は自分の利害空間の中で高速道路をとらえ、利が害を上回る場合は一

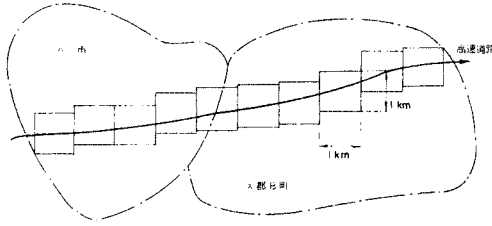


図-5 データ調査の地域分け

空間の範囲内で以下の事業主体と住民との間の協議時間の分析を行う。

(3) 協議テーマ別協議所要時間の推定

前節で抽出された 23 の協議テーマの中から必要かつ十分なテーマを選択し、選択したテーマのそれぞれの協議所要時間を求める。扱うべきテーマを考える場合、チェックすべき評価尺度は次の 3 点である。

1. 協議テーマ相互の相関関係に関する考察⁸⁾
2. 協議所要時間に対する説明力に関する考察⁹⁾
3. 協議テーマの特殊性に関する考察¹⁰⁾

ここでいう特殊性とは“一般的な路線選定において今後あまり発生しそうな問題である”ということをもって定義する。もちろん特殊性のある要因も考慮すれば良いのだが、これはその適用において変数が多いということは作業上の困難をきたすという理由で取り除くというのが目的である。

最終的に選択された要因は次の 7 要因である。

- X_1 : コミュニティーの分析に関する協議
- X_2 : 公害に関する協議
- X_3 : 耕地の分断に関する協議
- X_4 : 河川災害に関する協議
- X_5 : 側道に関する協議
- X_6 : 補償価格、補償方法に関する協議
- X_7 : IC (インターチェンジ) の位置に関する協議

協議テーマ別の協議所要時間を求めるためには、その協議が発生した地域に関してその協議経過を詳細に調査するのが最も正統的方法である。しかし大多数の地域における事業主体と地域住民との協議は複数のテーマが錯綜しており、その協議の経過をトレースする方法による協議時間の推定はほとんど不可能である。

ところで、ある協議テーマごとの協議時間といった性質を持つものを統計的に推定する方法の代表的なものに、数量化理論第 1 類、重回帰分析などがある。ここで、被説明変数が連続変数であり、説明変数はあるテーマが発生した、発生しないといった {1, 0} 変数である。そこで本研究ではデータ数の関係から説明変数を {1, 0} 変数に統合した形に変換して重回帰分析によって協議所要時間を推定する。ところで先に挙げた変数の中で、IC

の位置に関する協議は当然のことながらインターチェンジの建設予定地区以外では発生することはないため、重回帰分析においては IC 建設区域および中間路線区域に分割して考える。分析結果は次のとおりである。

a) 中間路線区域

$$T = 3.75 X_1 + 6.44 X_2 + 16.47 X_3 - 0.05 X_4 + 5.01 X_5 + 1.34 X_6 + 17.90 \dots \dots \dots (3.1)$$

平均: 22.73 か月

分散: 77.79

重相関係数: 0.750

要因	偏相関係数	標準偏差
1. コミュニティー分断	$PR_1 = 0.239$	$\sigma_1 = 1.758$
2. 公害	$PR_2 = 0.189$	$\sigma_2 = 3.021$
3. 耕地分断	$PR_3 = 0.592$	$\sigma_3 = 7.724$
4. 河川災害	$PR_4 = -0.004$	$\sigma_4 = 0.022$
5. 側道	$PR_5 = 0.374$	$\sigma_5 = 2.346$
6. 補償	$PR_6 = 0.057$	$\sigma_6 = 0.629$

b) IC 建設地域 (IC の路線方向 2 km 以内)

$$T = 2.67 X_1 + 6.26 X_2 + 16.91 X_3 + 1.19 X_4 + 4.39 X_5 + 0.87 X_6 + 10.48 X_7 + 18.03 \dots \dots \dots (3.2)$$

平均: 24.09 か月

分散: 93.51

重相関係数: 0.750

要因	偏相関係数	標準偏差
1. コミュニティー分断	$PR_1 = 0.160$	$\sigma_1 = 0.663$
2. 公害	$PR_2 = 0.194$	$\sigma_2 = 1.745$
3. 耕地分断	$PR_3 = 0.573$	$\sigma_3 = 5.207$
4. 河川災害	$PR_4 = 0.079$	$\sigma_4 = 0.181$
5. 側道	$PR_5 = 0.300$	$\sigma_5 = 1.082$
6. 補償	$PR_6 = 0.031$	$\sigma_6 = 0.201$
7. IC の位置	$PR_7 = 0.474$	$\sigma_7 = 3.019$

この 2 式においてわれわれはある地域において、ある協議テーマが発生した場合のそのテーマの期待値としての協議時間を知ることができる。

(4) 協議テーマ別協議発生確率の推定

(3) で協議の原因ともいべき協議テーマとそれぞれに要する協議時間の推定を行ってきた。しかしある地域を与えられて手にすることのできる情報は発生する可能性のある協議テーマではなく、その協議テーマを発生させる原因となる地域要因である。そこで協議テーマの発生確率を通して協議時間を推定する。求めようとする要因と分析との関係を図示したのが図-6 である。この図において本節で行おうとするのが (B) の協議テーマ発生確率を求めるためのパラメータ分析である。

協議テーマ別協議発生確率を推定する際必要なことは選択された 7 種の協議テーマに関していかなる地域要因を選択するかである。本研究ではデータの制約等を鑑み

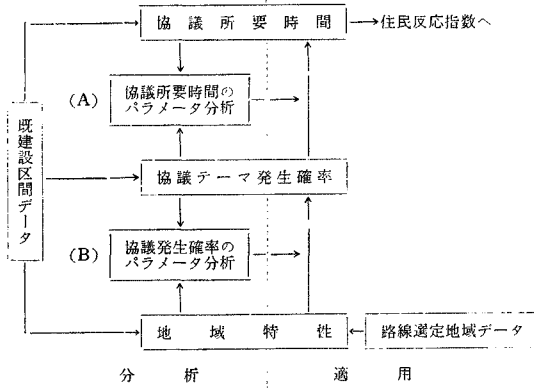


図-6 分析方法

表-2 (a) コミュニティーの分析に対する反対 factor 1

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
人口密度 (人/km ²)	1	0	0.000
	2	1~199	0.263
	3	200~399	0.530
	4	400~	0.613
道路密度 (本/km ²)	5	~1.4	0.000
	6	1.5~2.4	-0.141
	7	2.5~3.4	0.299
	8	3.5~4.4	0.111
	9	4.5~	0.106
土地利用	10	住宅	0.000
	11	水田	-0.013
	12	畑, 果樹園	0.229
	13	山林, 荒地	0.296

全分散 0.053 グループ1 平均 0.227
 級間分散 0.006 (反対なし) 分散 0.043
 相関比 0.346 グループ2 平均 0.438
 固有値 0.163 (反対あり) 分散 0.049

表-2 (b) 公害に対する反対 factor 2

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
人口密度 (人/km ²)	1	0	0.000
	2	1~199	-0.263
	3	200~399	-0.069
	4	400~	-0.869
土地利用	5	住宅	0.000
	6	水田	0.125
	7	畑, 果樹園	-0.016
	8	山林, 荒地	0.068
平均所得 (1000円/人年)	9	~109	0.000
	10	110~169	0.235
	11	170~	-0.193
大都市からの距離 (km)	12	0~79	0.000
	13	80~199	0.183
	14	200~	-0.124
最寄り道路の交通量 (100台/12h)	15	0~9	0.000
	16	10~79	0.118
	17	80~	0.143

全分散 0.103 グループ1 平均 -0.007
 級間分散 0.011 (反対あり) 分散 0.083
 相関比 0.330 グループ2 平均 -0.308
 固有値 0.134 (反対なし) 分散 0.114

表-2 (c) 耕地の分断に対する反対 factor 3

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
道路密度 (本/km ²)	1	~1.4	0.000
	2	1.5~2.4	0.215
	3	2.5~3.4	0.465
	4	3.5~4.4	0.547
	5	4.5~	-0.255
土地利用	6	住宅	0.000
	7	水田	0.019
	8	畑, 果樹園	0.373
	9	山林, 荒地	0.188
一 次 産 業 者 就 業 者 比 (%)	10	0~39	0.000
	11	40~69	0.276
	12	70~	0.263
平均所得 (1000円/人・年)	13	~109	0.000
	14	110~169	-0.214
	15	170~	-0.089

全分散 0.057 グループ1 平均 0.370
 級間分散 0.004 (反対なし) 分散 0.048
 相関比 0.277 グループ2 平均 0.570
 固有値 0.092 (反対あり) 分散 0.075

表-2 (d) 河川災害の危険による反対 factor 4

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
平均所得 (1000円/人・年)	1	~109	0.000
	2	110~169	0.553
	3	170~	0.811
既往水災 (100万円/年)	4	0~9	0.000
	5	10~59	0.176
	6	60~	0.063

全分散 0.046 グループ1 平均 0.778
 級間分散 0.0006 (反対なし) 分散 0.055
 相関比 0.114 グループ2 平均 0.841
 固有値 0.019 (反対あり) 分散 0.025

表-2 (e) 側道設置の要望 factor 5

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
人口密度 (人/km ²)	1	0	0.000
	2	1~199	0.245
	3	200~399	0.071
	4	400~	0.621
道路密度 (本/km ²)	5	~1.4	0.000
	6	1.5~2.4	-0.029
	7	2.5~3.4	-0.034
	8	3.5~4.4	0.115
	9	4.5~	-0.102
土地利用	10	住宅	0.000
	11	水田	-0.154
	12	畑, 果樹園	-0.140
	13	山林, 荒地	0.027
平均所得 (1000円/人・年)	14	~109	0.000
	15	110~169	0.299
	16	170~	0.456
最寄り道路の交通量 (100台/12h)	17	0~9	0.000
	18	10~79	-0.298
	19	80~	-0.303

全分散 0.045 グループ1 平均 0.119
 級間分散 0.007 (反対なし) 分散 0.032
 相関比 0.382 グループ2 平均 0.335
 固有値 0.252 (反対あり) 分散 0.037

表-2 (f) 買収価格に対する不満 factor 6

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
土地利用	1 住宅	0.000	0.433
	2 水田	0.066	
	3 畑、果樹園	-0.329	
	4 山林、荒地	0.103	
平均所得 (1000円/人・年)	5 ~ 109	0.000	0.490
	6 110 ~ 169	-0.304	
	7 170 ~	-0.490	
地価 (1000円/m ²)	8 1, 2	0.000	0.731
	9 3, 4	0.004	
	10 5, 6	-0.347	
	11 7, 8	0.347	
	12 9, 10	0.385	
	13 11 ~ 15	0.328	
	14 16 ~	0.216	
全分散	0.085	グループ1 平均	-0.332
級間分散	0.009	(反対あり) 分散	0.076
相関比	0.333	グループ2 平均	-0.620
固有値	0.132	(反対なし) 分散	0.065

表-2 (g) インターチェンジの位置変更要求 factor 7

アイテム	カテゴリー	重み	レンジ
人口密度 (人/km ²)	1 0	0.000	1.003
	2 1 ~ 199	-0.029	
	3 200 ~ 399	0.812	
	4 400 ~	-0.191	
土地利用	5 住宅	0.000	0.279
	6 水田	0.057	
	7 畑、果樹園	-0.039	
	8 山林、荒地	0.240	
平均所得 (1000円/人・年)	9 ~ 109	0.000	0.173
	10 110 ~ 169	0.173	
	11 170 ~	0.158	
最寄り道路の 交通量 (100台/12h)	12 0 ~ 9	0.000	0.345
	13 10 ~ 79	0.259	
14 80 ~	0.345		
全分散	0.114	グループ1 平均	0.598
級間分散	0.011	(反対なし) 分散	0.099
相関比	0.308	グループ2 平均	0.982
固有値	0.104	(反対あり) 分散	0.135

表-2 (a)~(g) に示すような地域要因を選択した。調査される地域要因は次のような性質をもつ。

- ① 土地利用といった要因はカテゴリーとして分類されるもので連続量として扱えない。
- ② 連続量で示される要因であっても協議の発生に關し線形性の仮定が無理である。
- ③ 推定しようとする協議発生確率(被説明変数)はデータとしては、協議が発生した{1}あるいは発生しない{0}といった変数である。

そこで本研究ではこのデータの特殊性を考慮に入れて数量化理論第2類によって分析を行う。これはある協議テーマが発生した地域としない地域を最も顕著に分類するような要因の重みを求めようとするものである。表-2 (a)~(g) は数量化2類の分析結果である。

われわれはこれらの結果から次にある地域を与えた場合の種々の協議テーマの発生確率を求めねばならない。数量化理論第2類から求まる情報は次のようなものである。

- ① ある協議テーマが発生した地域としない地域とを最も顕著に分類する(相関比 $\eta^2 \rightarrow$ maximum) ような地域要因の各カテゴリーの重み
- ② 各カテゴリーの重みから求まる各サンプル地域ごとのスコア
- ③ 各分類ごとの級内平均および級内分散
- ④ 級間分散および相関比

ここである要因 i に関して以上の4項目が求まった場合、要因 i に対する各サンプル地域のスコアをスコアカテゴリーごとの頻度分布で図示すれば図-7のとおりである。ここである地域 k のスコアが S_{ik} であった場合の要因 i の発生確率 P_{ik} は

$$P_{ik} = \frac{H_B H_{0i}}{H_A H_{0i} + H_B H_{0i}} \dots \dots \dots (3.3)$$

で表わせると考えられる。ところでこのように離散的に扱うと P_{ik} の計算は大変である。そこで本研究ではスコアの計算結果を考慮して頻度分布が正規分布をすと仮定した。ここで要因 i の反応分類を A, B とし、その平均値および分散を $N\{\mu_{iA}, \sigma_{iA}^2\}$, $N\{\mu_{iB}, \sigma_{iB}^2\}$ 、任意の地域 k のスコアを S_{ik} とすれば発生確率 P_{ik} は下記のとおりである。

$$P_{ik} = \frac{1/\sigma_{iB} \exp[-(S_{ik} - \mu_{iB})^2/2\sigma_{iB}^2]}{1/\sigma_{iA} \exp[-(S_{ik} - \mu_{iA})^2/2\sigma_{iA}^2] + 1/\sigma_{iB} \exp[-(S_{ik} - \mu_{iB})^2/2\sigma_{iB}^2]} \dots \dots \dots (3.4)$$

ここで P_{ik} を任意の S_{ik} に対応させてプロットすると図-8のとおりである(発生確率曲線とよぶ)。

このようにしてわれわれはある地域 j の地域要因 i

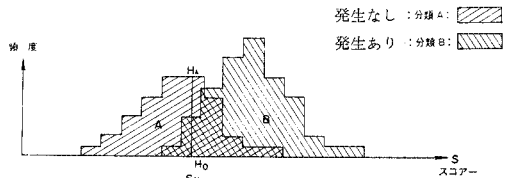


図-7 要因 i の頻度分布

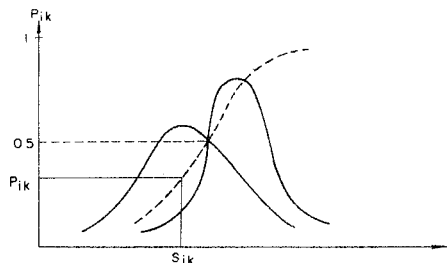


図-8 発生確率曲線

に対する値 $X_j(i)$ を知ったとき、次の手順で協議所要時間およびその分散を知ることができる。

① 地域 j の協議要因 l に関するスコア ${}_lS_j$ は下式によって求められる。

$${}_lS_j = \sum_i^R \sum_\alpha^{k_i} {}_l b_{i\alpha} \cdot {}_l X_j(i, \alpha) \dots\dots\dots(3.5)$$

ただし、

${}_l b_{i\alpha}$: 協議要因 l の地域要因 i のカテゴリ α の重み

${}_l X_j(i, \alpha)$: 地域 j の協議要因 l の地域要因 i のカテゴリ α に対する値であり $\{1, 0\}$ の値をとる

${}_l R$: 協議要因 l の地域要因 i の数

${}_l k_i$: 協議要因 l の地域要因 i のカテゴリ数

② 地域 j の協議要因 l の発生確率 ${}_l P_j$ は下式で与えられる。

$${}_l P_j = g_l({}_l S_j) \dots\dots\dots(3.6)$$

ただし、

$g_l(x)$: 協議要因 l の発生確率曲線

③ 地域 j の協議所要時間の期待値 T_j は下式で与えられる。

$$T_j = a_0 + \sum_l {}_l a_i \cdot {}_l P_j \dots\dots\dots(3.7)$$

ただし、

${}_l a_i$: 協議要因 l に対する重み

a_0 : 定数項

④ 地域 j の協議所要時間の分散 σ_j^2 は下式で与えられる。

$$\sigma_j^2 = \sum_l \sigma_l^2 \cdot {}_l P_j \dots\dots\dots(3.8)$$

ただし、

σ_l^2 : 協議要因 l の協議所要時間の分散

このようにして推定された協議所要時間およびその分散を使用して、対象地域を高速道路が通過する場合の総合的評価（社会的交通費用）を行ってゆく。

(5) 便益の考え方

高速道路による便益の考え方は種々あるが、本研究では便益の算定が目的ではないため道路供用による走行時間短縮便益で代表させることを考える。

図-9 は走行時間便益推定のための概要フローである。

さて地域を評価する場合メッシュ評価を基本とすることは先に述べたが、そこで問題となるのが便益の分割である。高速道路の供用による便益はもちろん路線全体あるいはあるインターチェンジペア間を利用することによって発生するものであり、あるメッシュのみで発生するのではない。この点で非便益や費用と性質を異にする。そこで本研究では次のような論理によって便益をメッ

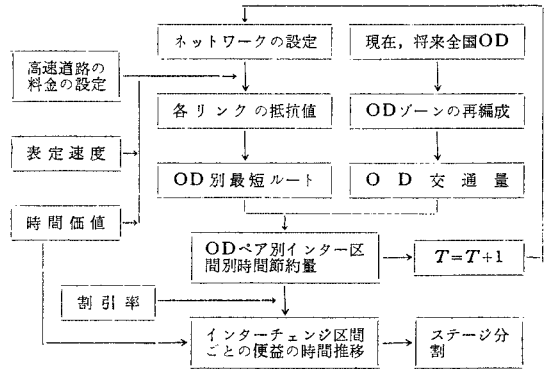


図-9 便益算定モデル

シュに分割する。すなわち、高速道路がある地域を通る場合、発生する総便益はその一部をこの地域に負っている。したがってその便益の一部はこの地域に帰属している（帰属価値を持つ）と考えることができる。この帰属価値はインターチェンジ区間によって異なり、あるインターチェンジ区間をとればその間は場所に関して一定であると考えらるべきである。インターチェンジごとの各年に発生する便益は図-9 のフローにより算定される。ここではその便益をインターチェンジ間の地域に配分することを考える。図-10 において、A, B はあるインターチェンジである。A, B 間に発生する便益はその実距離 L_{AB} に沿って同一に帰属すると考えられる。しかしこの実距離による分割はインターチェンジの位置、路線線形によって値が異なるため非常に大変である。そこで本研究では支配的進行方向（図では x 方向）で帰属価値を考える。すなわち x 方向をメッシュに合せて 0 から n までのステージに分割して次式でステージ間の帰属価値を求める。

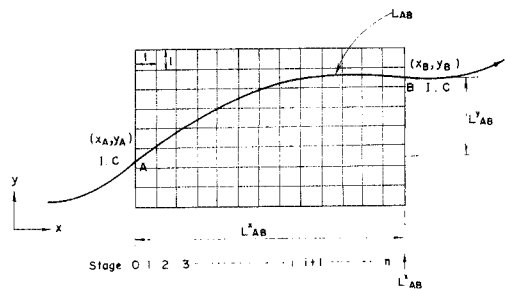


図-10 便益の配分

$$b_i = B_{AB}/L_{AB} = B_{AB}/n \dots\dots\dots(3.9)$$

この式はステージごとに帰属価値が同一であり、そのステージではどのメッシュに高速道路が通っても $b_{i,i+1}$ だけの便益が発生することを意味するものである。

(6) 事業費の考え方

事業費の分類には種々の方法があるが本研究では用地

費を別に扱い、工事費を、① 土工費、② 隧道費、③ 橋梁費、④ 付帯費用に分類した。単価およびその分散は種々のデータにより従来の方法をメッシュデータに対応できるように変換して求めた。

(7) 住民反応指数 α の考え方

ここでは先の協議所要時間およびステージごとの各年の便益から住民反応指数 α を定める方法について述べる。説明を簡略化するために高速道路がステージ方向に対して平行にメッシュを横切っていると仮定する。すなわちあるメッシュの便益はそのステージの便益と同一であるとするとする。

住民の反応指数とは先に述べたように協議時間による便益の減少量を示す指数である。図-11 はあるメッシュを通過する交通量の時間推移を示し、図-12 はそれに伴うメッシュへの帰属便益の時間推移である。図-13 で便益曲線が右下りになっているのは便益を現在価値に割引くからである¹¹⁾。図-13は便益の累積曲線を表わす。ここで B_T は予定時期に高速道路が建設、供用開始された場合の計画最終年までの累積便益である。あるメッシュ S_i の協議所要時間が T_i であった場合、便益は一定の建設期間を経て T_i' 年から供用を開始する。すると T_i' 年から T_E 年までの間に発生する便益は $\overline{B_T B_0} - \overline{B_i B_0}$ であり便益は $\overline{B_i B_0}$ だけ減少することになる。こ

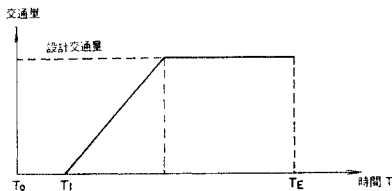


図-11 交通量の時間推移

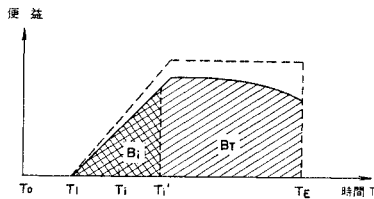


図-12 帰属便益の時間推移

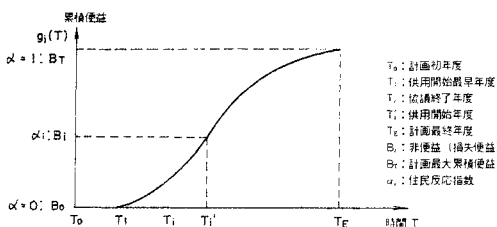


図-13 便益累積曲線

ここで $\overline{B_T B_0}$ を {1} に標準化すれば住民反応指数 α_i は次式で示される。

$$\alpha_i = (\overline{B_T B_0} - \overline{B_i B_0}) / \overline{B_T B_0} \dots\dots\dots (3.10)$$

ところで T_i は先に述べたように $N\{m_i, \sigma_i^2\}$ の正規分布をする。ここでメッシュ i における便益特性曲線 $g_i(T)$ が T_i の近傍で一次直線 $g_i(T) = a_i T + a_0$ で近似されるとすれば、 α_i は次のような分布をもつ。

$$\alpha_i(m_{ai}, \sigma_{\alpha_i}^2) = a_i T(m_i, \sigma_i^2) + a_0 \\ = a_i T(m_i + a_0, \sigma_i^2) \dots\dots\dots (3.11)$$

このようにしてわれわれは便益特性曲線 $g_i(T)$ と協議所要時間 $T_i(m_i, \sigma_i^2)$ を知ることで住民の反応指数 $\alpha_i(m_{ai}, \sigma_{\alpha_i}^2)$ を知ることができる。

4. 路線計画代替案探索過程

本章では個々の地域の評価を知った場合、高速道路をどの地域とどの地域に建設すれば全体として最も効果が大きいか、すなわちどのような線形をもった路線計画代替案が望ましいかについての考え方を述べ代替案作成の定式化を試みる。

ところで、メッシュで分割された個々の地域評価値はその期待値と分散という統計量で与えられており、さらに同一メッシュ内ではどの地点も同一の評価値をもっていると仮定する。また本研究の目的は幅約 20 km にわたる建設可能領域の中から、幅 2 km 前後の路線帯を選択することであるため、図-14 の破線で示されるような滑らかな曲線ではなく、太線で示されるような折線を道路線形として考える。A, B 間の実行可能領域は縦断方向に n 個のステージ、横断方向には m 個に分割されている。ここで任意のステージ i を通る路線 (以後リンクとよぶ) の費用期待値を F_i とすれば路線全体の費用期待値 F は F_i の線形和として次式で与えられる。

$$F = \sum_i^n F_i \dots\dots\dots (4.1)$$

したがって路線探索の評価基準としては路線全体の費用期待値 F を探り、 F が最少であるリンクの系列を探索すればよい。しかしわれわれのもつデータはメッシュの評価値であるため、まず (1) でメッシュ評価をリンク評価に変換する。以下 (2) で、各ステージでの費用期待値 F_i の総和 F が最少となる路線を求める。しか

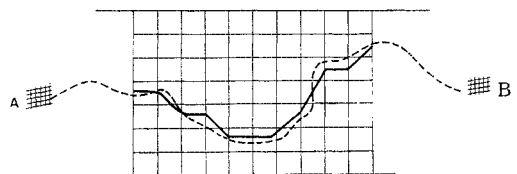


図-14 道路線形

し各メッシュの評価値は期待値，分散といった統計量で与えられているため，(3)では費用期待値最少路線と統計的に有意な差のない路線代替案の作成方法について述べる。

(1) メッシューリンク変換

社会的交通費用は 2.(1)において次式で定義されている。

$$F = F_1 - F_2(1-\alpha) \dots\dots\dots(4.2)$$

以下では F_1 と $F_2(1-\alpha)$ が互いに独立であるとしてこれらの 2 項を別々に取り扱う。

a) 費用項 F_1 のメッシューリンク変換

図-14 から任意のステージ i を取り出して示したのが図-15 である。ここで目的は第 i ステージの各メッシュのうち，任意個のメッシュを通るリンクの評価値を求めることである。 i ステージの j メッシュの単位距離当りの評価値 f_{ij} は所与である。メッシュの大きさを $\{a \times a\}$ ， i ステージでの横断方向のメッシュ番号を j ， $i-1$ ステージのそれを k ，両端のメッシュ (i, j) ， (i, k) 以外の中間メッシュを (i, β) とおけば，リンク R_{kj} の評価値 f_{kj}' は $j > k$ の場合は次式で与えられる。

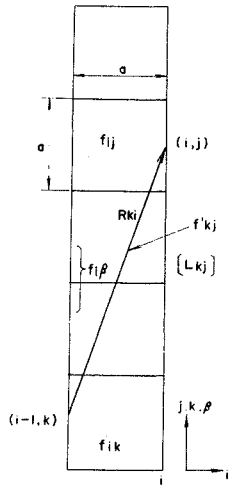


図-15

$$f_{kj}' = \sum_{\beta=k+1}^{j-1} f_{i\beta} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{1+(k-j)^2}}{(j-k)} + (f_{ik} + f_{ij}) \cdot a \cdot \frac{\sqrt{1+(k-j)^2}}{2(j-k)} \dots\dots\dots(4.3)$$

$j \leq k$ の場合も同様である。

b) 便益，非便益項 $F_2(1-\alpha)$ のメッシューリンク変換

ここで注意しなければならないのは， α が費用 F_1 と同様に各メッシュごとに定められる値であるのに対し， F_2 が路線の進行方向に対してステージごとの値であるという違いである。ここで各メッシュの非便益項 α_{ij} (住民反応指数)を与えればリンク R_{kj} に対応する α の評価値 α_{kj}' は f_{kj}' と同様に次式で与えられる。

$$\alpha_{kj}' = \sum_{\beta=k+1}^{j-1} \alpha_{i\beta} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{1+(k-j)^2}}{j-k} + (\alpha_{ik} + \alpha_{ij}) \cdot a \cdot \frac{\sqrt{1+(k-j)^2}}{2(j-k)} \dots\dots\dots(4.4)$$

ここで便益 f_i はステージ i に関して一定であるため，任意のリンク R_{kj} の社会的交通費用 F_{kj} は次式で与えられる。

$$F_{kj} = f_{kj}' - f_i(1-\alpha_{kj}') \dots\dots\dots(4.5)$$

(2) 費用期待値最少路線の探索

図-16 に示すようなルートを考える。各ステージごとの任意のリンク R_{kj} の評価値 F_{kj} は (1) で与えられた。ある任意の長さを持つルートの評価値は各ステージの通過リンクの評価値の累積線形和で考えられる。すると第 i ステージ， j 横断 (横断方向の番号) までの累積評価値 F_{ij} は $i-1$ ステージまでの累積評価値 $F_{i-1,k}^*$ と i ステージでのリンク R_{kj} の評価値 F_{kj}' によって次式で与えられる。

$$F_{ij} = F_{i-1,k}^* + F_{kj}' \dots\dots\dots(4.6)$$

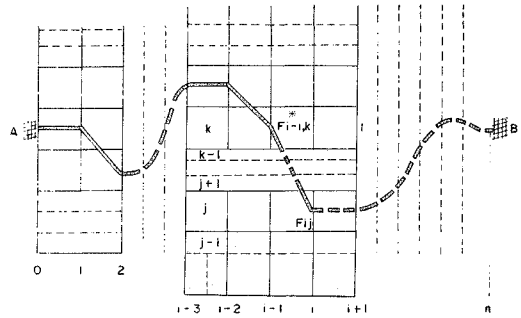


図-16

これは F_{ij} の i に関する漸化式である。図-17 において，起点から i ステージにおける任意の j までの費用期待値最少路線は $i-1$ ステージにおける任意の k までの最小路線の累積評価値 $F_{i-1,k}^*$ を使用すれば次のように考えられる。すなわち，

$$F_{ij} = \min_k \{F_{i-1,k}^* + F_{kj}'\}$$

なるリンク R_{kj} を求めれば，それが i ステージ， j 横断まで費用期待値最少路線が通るリンクである。このようにしてリンク R_{kj} をステージ 1 からステージ n まで繰返し計算を行えば，そのリンクの系列が A, B 間の費用期待値最少路線である¹²⁾。

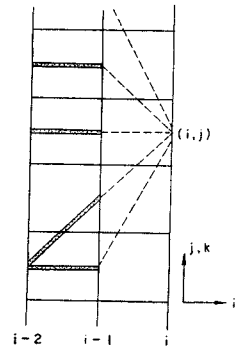
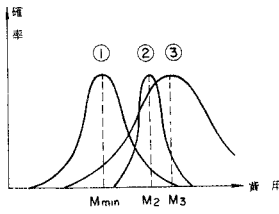


図-17

(3) 路線計画代替案の作成

実際に路線を建設する場合，(2) のようにして選択された路線が最適路線であるとは限らない。なぜならそれらの路線評価額はあくまでも分散をもっており費用が期

待値より大きな値で実現する場合も十分ありうるからである。われわれはその危険を考慮して必要かつ十分な代替路線を用意せねばならない。このような代替案を探索する場合、安易に次善の期待値を有する路線を選択することは許されない。それは下記の理由による。すなわち図一18 に示されるような評価値の期待値および分散を持つ路線①、②、③があった場合、たとえ $M_2 < M_3$ であったとしても最適路線が含まれる確率は②より③の方が高いかもしれないからである。そこで本研究では統計的検定という形でその選択を考える。すなわち費用期待値最少路線に対し統計的に有意な差のない路線を代替案として選択するのである。ここで式 (4.3), (4.4), (4.5) を使えば社会的交通費用 F_{kj} の分散 σ_{F^2} は下式で表わせる。



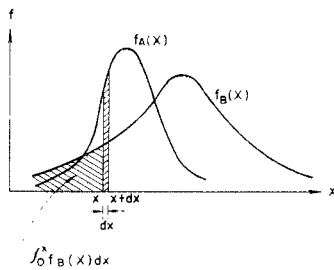
図一18

$$\begin{aligned} \sigma_{F^2} &= \sigma_{f^2} + f_i^2 \sigma_{\alpha^2} \\ &= \alpha^2 \frac{1 - (k-j)^2}{(j-k)^2} \left[\sum_{\beta=b+1}^{\beta=j-1} \{ \sigma_{f\beta^2} + f_i^2 \sigma_{\alpha\beta^2} \} \right] \\ &\quad + \{ \sigma_{fk^2} + \sigma_{fj^2} + f_i^2 (\sigma_{\alpha k^2} + \sigma_{\alpha j^2}) \} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

ただし、

- $\sigma_{f\beta^2}$: メッシュ (i, β) の費用 $f_{\beta+1}$ の分散
- $\sigma_{fk^2}, \sigma_{fj^2}$: メッシュ $(i, k), (i, j)$ の費用 f_{ik}, f_{ij} の分散
- f_i : i ステージの便益
- $\sigma_{\alpha\beta^2}$: メッシュ (i, β) の住民反応指数 $\alpha_{\beta+1}$ の分散
- $\sigma_{ik^2}, \sigma_{ij^2}$: メッシュ $(i, k), (i, j)$ の住民反応指数 α_{ik}, α_{ij} の分散
- σ_{F^2} : リンク R_{kj} の総費用 F_{kj} の分散

このように定められる分散 σ_{F^2} を用いて代替案を作成する。費用期待値最少路線を A 、検定対象の集合を B とすれば A, B の期待値および分散は既知である。いま、図一19 において A および B の評価値 x に関する確率密度関数をそれぞれ $f_A(x), f_B(x)$ とする。このとき



図一19

最少路線 A の評価値が微小区間 $[x, x+dx]$ の値をとる確率は $f_A(x)dx$ であり、検定対象路線 B の評価値が x より小、すなわち、 $[0, x]$ の値をとる確率は $\int_0^x f_B(x)dx$ である。したがって検定路線 B の評価値が期待値最少路線の評価値より小さくなる確率 R (リグレット確率) は次式で与えられる。

$$R = \int_0^{\infty} f_A(x)dx \cdot \int_0^x f_B(x)dx \dots\dots\dots(4.8)$$

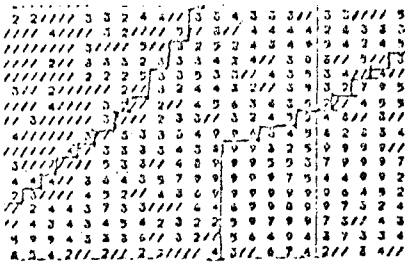
ところでこの R は“ A の評価値が B の評価値より小さい”という帰無仮説の検定における第2種の過誤の確率に相当する。ここで R の値がある有意水準 α より大きい場合には検定対象路線が費用期待値最少路線に対して有意な差がないと考えその路線を代替案として選択し、 R の値が α より小さい場合にはその路線を棄却する。このようにして各ステージごとに1つの A に関してすべての B と対して検討することによりわれわれは代替案を探索する。したがって選択されたすべての代替案の集合は少なくとも $(1-\alpha)$ の確率で最適路線を含むといえる。

5. 実際的高速道路への適用

以上の方法をふまえて次の手順で住民の反応を考慮した路線選定を行い、さらにその評価を行ってゆく。

路線選定の手順

- a) 計画期間の設定
- b) 非便益の推定
 - ① 高速道路の起点、終点の設定
 - ② 対象地域のメッシュ分割と可能路線帯の設定
 - ③ 地域要因の調査
 - ④ 協議テーマの発生確率および協議所要時間
- c) 便益の推定
 - ① 対象地域のゾーニング
 - ② 現在 OD, 将来 OD の作成
 - ③ ネットワークの設定
 - ④ 各リンクの抵抗値の算定
 - ⑤ インターチェンジペア別交通量
 - ⑥ インターチェンジ区間別便益
 - ⑦ 各ステージの便益
 - ⑧ インターチェンジの位置の変化による便益
- d) 住民反応指数の推定
- e) 費用の推定
 - ① 縦断線形と道路構造
 - ② メッシュ別工事量および用地費
- f) 路線選定
- g) 結果の評価
- a) 計画期間の設定



昭和 40 年度			
階	級	メッシュ数	ラベル
		0	1
	1 ~ 199(人)	685	2
	200 ~ 399	1409	3
	400 ~ 599	743	4
	600 ~ 799	318	5
	800 ~ 999	123	6
	1000 ~ 1199	71	7
	1200 ~ 1399	43	8
	1400 人以上	216	9
	0 人		/

図-20

種々の要因を考慮して昭和 52 年度を初年度とし、昭和 70 年までの 18 年間を計画期間とする。

b) 非便益の推定

① 高速道路の起点終点の設定

当高速道路は基本計画レベルで S 県 M 町から I 県 H 市まで計画されているが、ここではそのうち I 県区間を採りあげる。

② 対象地域のメッシュ分割と可能路線帯の設定

メッシュは対象地域の 5 万分の 1 地形図を {20×20} の 400 のメッシュに分割する (面積約 1 km²)。可能路線帯は対象地域の航測図等から、物理的制約、社会的制約によって決められた幅約 20 km の带状地域である。

③ 地域要因の調査

図-20 に示すように必要な要因をコーディングして地図上に落す。

④ 協議テーマ発生確率および協議所要時間

協議テーマ発生確率は地域要因を式 (3.5), (3.6) に代入することにより求まり、協議時間は式 (3.7) より求

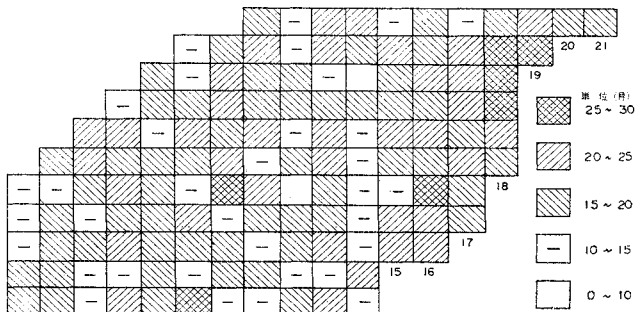


図-21

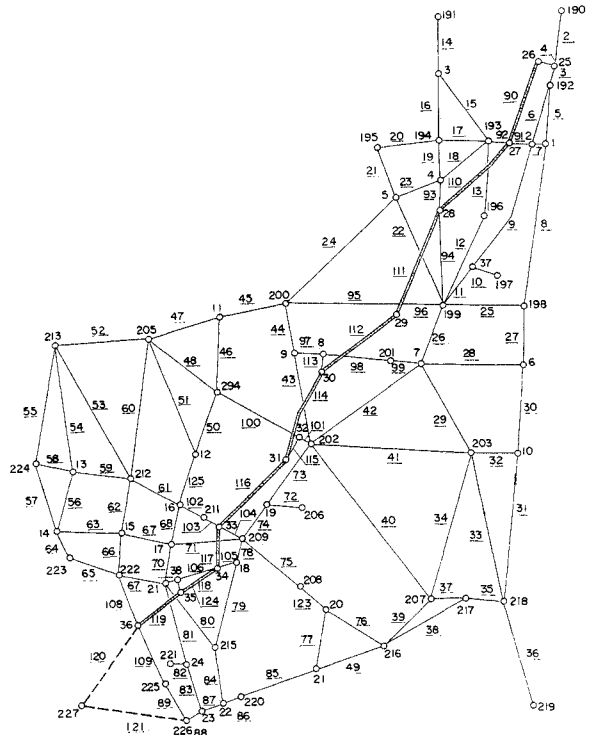


図-22 ネットワーク

まる。図-21 はその一部を示している。

c) 便益の推定

① 対象地域のゾーニング

ゾーニングは道路公団ゾーンをアレンジして作成した。

② 現在 OD, 将来 OD の作成

建設省作成による昭和 52 年, 昭和 60 年の全国 OD 表より作成する。

③ ネットワークの設定 (図-22 参照)

(i) 考慮する道路は建設予定の当高速道路, 一般国道, 主要地方道の 3 種である。

(ii) ノード数は地域内ゾーン中心 37 点, 地域外ノード 3 点, リンク結節点 38 点の計 78 ノードである。

(iii) リンク数は地域内リンク 122 本, ダミーリンク 3 本。

④ 各リンクの抵抗値の算定

抵抗値としては所要時間および所要料金を考える。抵抗値を考える際には当高速道路のルートを取って仮定的に定めて算定する。算定の際の仮定は以下の 2 点である。

(i) 表定速度は高速道路で 80 km/h, 一般道路で 40 km/h。

(ii) 時間価値は 16.51 円/台分

⑤ インターチェンジ別交通量

④ で定められたリンク抵抗値および②のOD表よりDijkstra法によってMinimum Path Flowを求める¹³⁾。

⑥ インターチェンジ区間別便益
インターチェンジペア別の時間節約量はネットワークの配分交通量とODペアごとの時間差によって求められる。これをインターチェンジ区間に分割し時間価値を用いて算定した便益が表-3である。

⑦ 各ステージの便益
先に算定した便益を割引率7%で現在価値に割引き先の方法で各ステージに配分する。

⑧ インターチェンジの位置の変化による便益
仮想的インターチェンジ10か所のうち発着ノード{26}, {36}を除く8ノードに関して便益の増減をみる。その算定結果が表-4である。

d) 住民反応指数の推定

住民反応指数 α は協議所要時間の推定値と便益特性曲線(経年累積便益)によって求まる。

e) 費用の推定

① 縦断線形と道路構造

仮設ルートに対して道路構造令に合致するように縦断線形を設定し、道路構造もそれに対して定められる。

② メッシュ別工事費および用地費

工事費は地形条件と道路構造によって定まる。土取場は諸条件より定まる。用地費は、1. 市街地およびそれに準ずる地域、2. 田畑地域の2種に分け後者は日本農業会議所資料により後者は次式¹⁴⁾によって求めた。

$$P_{i0} = 7.825 \cdot N_i^{0.795}$$

$$P_{iA} = P_{i0} e^{-0.0824t}$$

ただし、

N_i : i 町の人口

P_{i0} : i 町の中心地地価

表-3 インターチェンジ区間別時間節約量

インター区間	26-27	27-28	28-29	29-30	30-31
便益(百万円/年)	397	376	548	944	1171
インター区間	31-33	33-34	34-35	35-36	36-227
便益(百万円/年)	1238	881	877	1051	1503

(昭和52年)

インター区間	26-27	27-28	28-29	29-30	30-31
便益(百万円/年)	571	547	788	1320	1610
インター区間	31-33	33-34	34-35	35-36	36-227
便益(百万円/年)	1722	1434	1429	1700	2293

(昭和60年)

表-4 インター位置別便益差

インターチェンジ	5km<8km	6km	4km	2km	交互インターチェンジ	東へ2km	4km	6km
27	--	--	-0.31	-0.18	0	-0.25	--	--
28	--	--	-1.04	-0.92	0	-1.11	-2.71	-5.82
29	--	--	-0.58	-0.05	0	-2.21	-1.09	-6.11
30	--	--	-0.48	-0.21	0	-0.57	-0.68	--
31	-0.03	-0.90	-1.50	-2.25	0	--	--	--
33	--	-1.16	-1.01	-0.21	0	-3.74	--	--
34	--	--	-0.75	-0.02	0	-1.58	--	--
35	--	-0.77	0.31	-0.12	0	-0	-0.56	--

P_{it} : i 町の中心から t 分の地区の地価

f) 路線選定

メッシュ別の評価値は以上の便益、非便益、費用によって定まる。メッシュ別の評価値にしたがって先に述べ

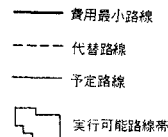
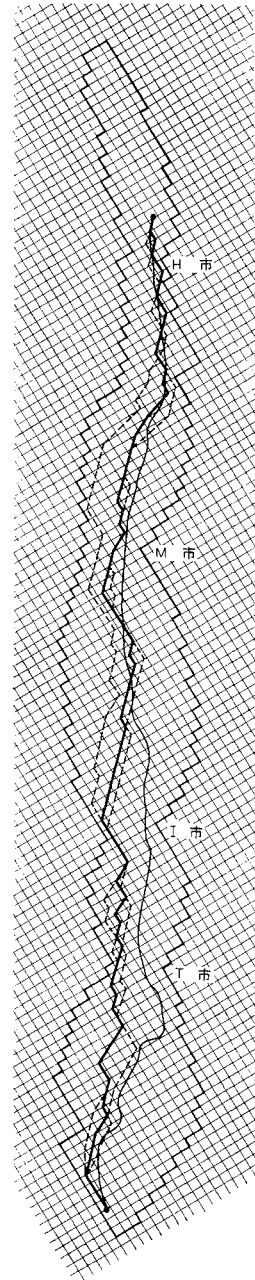


図-23 結果

た方法により求められた路線計画代替案は図-23に示されている。

g) 結果の評価

この結果を実際の予定路線と比較するとまず次の3点が指摘される。

① 山岳部では費用項が大きく響くため予定路線とほぼ同様の路線が選択された。

② I市付近では予定路線と算定路線が大きく離れているが、これは予定路線が市街地の近傍をとっているため住民反応が影響したと思われる。

③ M市郊外で路線代替案が広範囲に拡がっているのは、土地利用や人口がほぼ均等であるために住民反応がほとんど影響していないためと思われる。これを定量的に算定してみると図-23のA、B区間において、算定路線は予定路線よりも便益で約2億円多く、費用に関しては約100億円安く、協議時間で延べ39か月少ないという結果が算定された。このことはその額の絶対値は別としても、本研究の目的である費用、便益、非便益を十分考慮した路線選定が本方法で実行され得ることを示していると考えられる。

6. 問題点の考察

本研究では以下の4項目に関して考察を行った。

- 1) 住民反応の長期変動に関する問題
- 2) 協議テーマ発生確率の推定に関する問題
- 3) 協議所要時間の推定に関する問題
- 4) インターチェンジの位置と路線選定に関する問題

1) に関しては住民反応の長期変動推定モデルを示し本研究の方法が価値観の変動に関してある程度対応できることがわかった。

2) に関しては推定された発生確率の安定性と誤差の伝播に関して考察し、推定された確率の90%の信頼区間が推定値に対し約30%の幅を持っているが実用上は問題がないことがわかった。

3) に関しては説明変数間の独立性について検討し、推定式を線形にすることの妥当性が検証された。

4) に関してはアクセス道路(インターチェンジ候補地)がどのように走っていても本研究の一般性は失われないが、あるICに関して数本のアクセス道路が考えられる場合には計算量が増加することがわかった。

7. 結 論

本論文の結論は次の点に集約される。すなわち

(1) 既存および現在工事中の高速道路沿線の住民の反応を分析し、他方既存の路線選定方法を検討すること

により実際的な路線評価に住民の受ける非便益を導入する基本的考え方を提案した。

(2) 従来は多くの非便益項目は計量不可能とされており、まして統一的な尺度は提案されてなかった。そこで本論文で提案した評価モデルは個別的な計測方法の困難性を指摘する中で、非便益を住民自身の価値観によって計測するという転換を図り、さらにそれを顕在化させることにより沿線住民に及ぼす非便益が可能な限り少ない路線選定の方法を示した。

(3) 従来、路線選定に際しての各種項目の評価はあらかも確定した値であるかのように扱われてきた。しかしそれらの値は路線選定時には予測に過ぎず確率的な値として把握されるべきである。そこで本論文では評価項目を確率的な値として扱うことにより、より厳密な意味での最適な路線選定方法を導いた。

さらに本方法の特徴はその入力データの入手しやすさ、その処理方法の簡明さにあり、他方結果の妥当性もケーススタディーを通じて検証されていることより十分実用に供し得るものと考えられる。

謝 辞 本論文を草するに当たり、幾多の御指導を戴いた東京工業大学助教 中村英夫先生、ならびに 日本道路公団、建設省、東京工業大学の皆様に深謝したい。

参 考 文 献

- 1) 道路計画における評価システムの検討：第5回土木計画学シンポジウム，土木計画学研究委員会，pp. 36~52，1971-8.
- 2) Bishop, A.B.: Socio-Economic and Community Factors in Planning Urban Freeways, Stanford University, Report EEP-33, 1973-6.
- 3) Manheim, M.L.: How should we respond to environmental issues in transportation?, MIT, The International Conference on Transportation Research, 1973-6.
- 4) McHang, I.L.: A Comprehensive Highway Route Selection Method, Highway Research Record No. 246, 1969.
- 5) 道路公団：全国高速自動車道第一次施工命令区間設計協議資料，1973-1.
- 6) 磯村英一・米谷栄二，ほか：日本人の価値観，日本開発センター，至誠堂，1970-4.
- 7) 林知己夫・青山博次郎・西平重善・鈴木達三：第2日本人の国民性，統計数理研究所国民性調査委員会，至誠堂，1970-3.
- 8) 竹内 啓：多重共線関係について，理論経済学，Vol. XIV, No. 2, pp. 31~38, 1964.
- 9) 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉沢 正：多変量解析法，日科技連.
- 10) 安田三郎：社会統計学，丸善.
- 11) 費用便益分析の展望：経済企画庁経済研究所，システム分析調査室，1969-4.
- 12) Bellman, R.: Dynamic Programming, Chapter IV, Princeton Univ. Press, 1957.
- 13) Dijkstra, E.W.: A note on Two Problems in Connection with Graphs, Numerische Mathematik 1, pp. 269~271, 1959.
- 14) 稲村 肇：土地の価値と価格に関する研究，修士論文，1971-3.

(1974.8.7・受付)