

## 路線適地自動選定に関する基礎的研究

### FUNDAMENTAL RESEARCH FOR MECHANICAL SELECTION OF FEASIBLE CORRIDOR

中 堤 治 朗\*

By Jiro NAKATSUTSUMI

#### 1. ま え が き

近年、道路の路線選定に関する社会的な関心と要請は質・量ともに多様化し、従来の路線選定方法によってはこれら要請を合理的に処理することが困難となってきた。つまり従来は経験的に決められていた路線適地が、環境面とか社会的な側面などが重要視されて、いわゆる「かん」に頼る方法で処理するにはあまりにも複雑化し、困難になってきたものと考えられる。

ここに提案する路線適地（以下この論文においては、路線適地を単に路線と書き単語または複合語として用いる。通常路線はルートと表現することにする。）選定方法は、高度な技術的判断や行政的判断を必要としない部分を、電子計算機によってデータ処理し、最適路線を選定する方法である。この方法は路線の選定根拠が明確であり、電子計算機のもつ特性が生かされて多くの可能な検討項目を路線選定の要素として取り入れることのできる方法といえる。基礎的データはすべての対象区域を小区画のメッシュに分けたメッシュごとに整理し、分析評価して使う。この場合従来のように、濃淡指標によって標示された各種データを重ね合わせたり、異なった指標により標示されたデータを比較しながら判断する方法と違って、各種データを一定の方式によって重みづけし、合成する場合に、すべて機械によって計算が行われ、自動的に路線が選定される。この方法を採用することによって、技術者は各要素の評価基準およびその合成方法を与えるのみで自然的要素・生活・経済的各環境要素を取り入れた総合評価をすることができ、目的にかなっった路線を選ぶことが可能となる。

なおケース・スタディとして東京都西多摩地区において路線選定を行った結果、最適路線としては従来の選定方法によるものと位置的に異なったルートが得られた

が、得られた路線の順位付けができ、しかも選定根拠が明確になるなど、地元対応がしやすくなることが予想され、本方式が有効であると考えられる。

#### 2. 本方法の位置付けとその骨格

1960年代に世界各国で開発されたルート選定に関するおもな流れは、地形測量から得られたデータを電子計算機に蓄え、よりよいルートを能率的に選定し、かつ設計計算しようとするものであった。また地形測量から設計図作成までの一貫した方法として組み立てる試みもいくつかなされたが、完全に成功したものはないといえよう。その後さらに1970年代には道路建設に対する住民の反対運動や、環境保護の問題も顕在化し、建設費や、走行費用という評価項目だけでは最適ルートを論じられなくなった。これらの事情を考慮して、ルート選定を能率的、合理的に行うために、現在は人間の図解的な判断能力と電子計算機の計算処理能力を組み合わせたいわゆるマンマシンシステムが実用的と考えられるようになり、また環境的な影響を取り入れ、総合的システムを作る試みがなされている<sup>1)</sup>。

ここで提案する方法は道路が立地するための適地を種々の環境面等から選ぶものであって、ルートの詳細な位置を測地的に確定するためのものではない。したがって土工量や建設費を直接的に積算するためのものではなく、その前段ともいべき概略ルートを決めるため、種種の環境要素を総合して判断する方法を提案するものである。いうまでもないが、この方法で選んだメッシュの中心点の測地的なデータを使い、今までに研究されたダイナミックプログラミング<sup>2), 3), 4)</sup>等、他の方法を用いて、測地的ルート選定をすることが可能である。

次にこの路線選定方法の骨格を述べると、まず、目的に沿ったメッシュ・スケールを用いて対象地域内の諸環境要素<sup>注1)</sup>や道路に起因する影響因子をメッシュごとに

\* 正会員 新日本土木(株)顧問

分析し、総合的に評価しておく。次に、メッシュの集合状態ならびに起終点の位置関係を考慮しつつ、目的地に到達する新しい路線選定方式を用いて路線を選定するものであり、その作業は次に示す3段階に分けることができる。

- ① 路線選定対象地域内の各種環境要素のデータを収集し、諸環境要素の影響度を予測し、質的重要度を判定してメッシュ分布図に整理する段階
- ② 収集された諸環境要素<sup>注1)</sup>別の質・量的重要度を判定し(個別分級)、その判定結果からさらに諸環境要素を総合的に評価して(総合分級)、道路立地<sup>注2)</sup>の適否をメッシュの許容度<sup>注3)</sup>という指標で表わし、メッシュごとに総合判定を行う段階
- ③ 総合評価された各メッシュについて、起終点等の

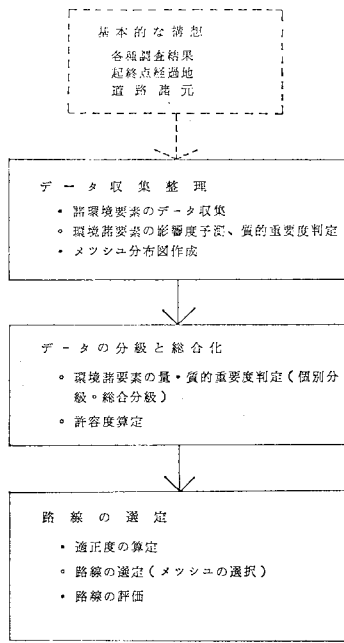


図-1 路線選定のフロー

注 1) 諸環境要素：ここでは自然的環境要素，生活的環境要素，経済的環境要素に分けて考えている。経済的環境要素の中には道路の建設費，維持管理費などの内部的な費用がすべて含まれるものとする。

注 2) 道路立地：路線を構成する単位線分がある幅をもって(ここではメッシュを考える)対象域内において特定地点を占める状態，あるいは占めさせる操作を意味するものとする。

注 3) メッシュの許容度：そのメッシュに属する全環境等要素を総合化し，その結果に数値をあてはめたもので，道路立地の適否を判断するための基礎的な指標であり，メッシュの道路立地許容度ともいうべきものである。

注 4) 適正度：道路立地の適正度を示すもので，メッシュの許容度ならびにメッシュの存在する位置関係によって決められる。この論文で用いられる適正度には潜在適正度，地域潜在適正度，実質適正度，実質地域適正度がある。

位置関係から適正度<sup>注4)</sup>を算定し，これを用いて起点から終点に向かう適正なメッシュを選択して最適な路線を決定する段階

環境要素と道路による影響因子のマトリックスは表-2に示すとおりである。またメッシュ分布図の作成から路線の選定，評価までの流れを図-1に示した。

### 3. データの収集整理

#### (1) 諸環境要素のデータの収集

ここでいう諸環境要素とは路線選定において考慮すべき，すべての素因を指すものとする。環境要素の分類法には種々あるが，ここではある方法によって分類整理された要素をメッシュ分布としてとらえ，路線を選ぶものである。メッシュ分布として解析する場合においては，メッシュ・スケールの選び方が重要であり，メッシュ・スケールをこえる精度の路線の選定あるいはその評価を期待することはできない。なお，メッシュ・スケールとしては，1000 m，500 m，250 m，100 m 等が考えられるが，路線選定作業の目的，レベルを考慮し，今回のケース・スタディにおいては，100 m メッシュを用いた。

### 4. 各環境要素の分級と総合化

ここでいう分級とは，メッシュ分布として整理された各単位メッシュの環境要素の特性に対して評点を与える

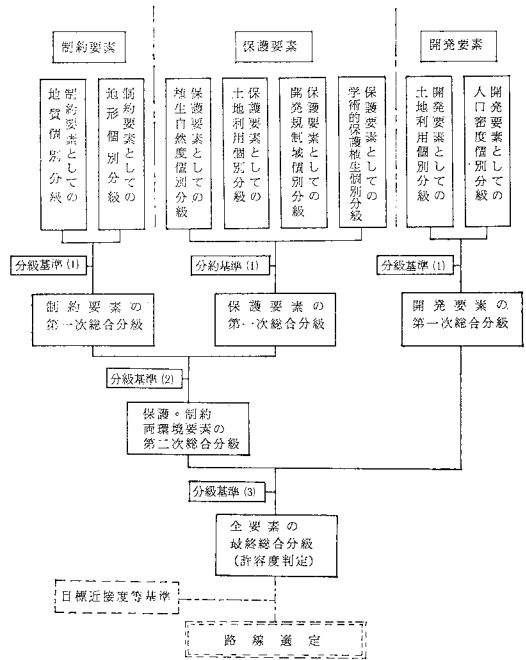


図-2 許容度判定のフロー

ことである。図-2 各項目と分級基準は路線の計画者が選定するものであるが、ここで取り上げた項目および分級の対象は次のとおりである。

- ① 地形：標高差および勾配等地形に関するもの。
- ② 地質：地すべり地帯・崖堆地・軟弱地盤といった地質に関するもの。
- ③ 植生自然度：植生の種類・数量等に関するもの。
- ④ 土地利用：宅地・森林・原野といった地目に関するもの。
- ⑤ 開発規制域：自然環境保全法等の規制に関するもの。
- ⑥ 学術的保護植生：学術的に価値のある群落植生・個体植生等に関するもの。
- ⑦ 人口密度：単位面積当たりの人口に関するもの。

以上の各項目についてそれぞれ分級を行い、分級の総合化（総合分級とよぶ）を行うものとする（表-1 参照）。表-2 に示したようにたとえば保護視点からマトリックスにおいて各環境要素の影響度を予測し、質的重要度判定を行う。次に各項目別に環境要素の量・質的重要度の判定すなわち個別分級（図-7 参照）を行う。このときの分級基準の一例を表-3 に示す。さらに各環境要素グループごとに個別分級の総合化（図-8 参照）を行う。ここでは制約要素・保護要素・開発要素ごとに総合分級を行いこれを第1次総合分級とする。ここで行う分級の総合化の方法としては、たとえば次の方法等が考えられる。

方法-1 各項目の重要度を単純平均または加重平均する。

方法-2 各項目の重要度の最も高いものに着目する。

方法-3 方法-2 で最も高い重要度が複数の場合、その数によってランクを上げる。

今回の分級では方法-3 を用いた。

次に図-2 に示すように各環境要素の第1次総合分級結果を他のものと合成するわけであるが、まず性質の類似した制約要素と保護要素を合成して、これを第2次総合分級とする（表-4、図-9 参照）。次に第2次総合分級と、これらと性質が異なる開発要素の第1次総合分級結果とを合成し表-5 に示す基準で、最終的な総合分級を得る。ここで最終的な総合分級の結果に数値を当てはめたものをメッシュの許容度とする。なお各要素の合成段階において道路の専門家の意見や住民の要望によって、評価の重みづけを変えることが可能である。

### 5. 適正度の算定

#### (1) 道路立地に適したメッシュ

路線を選ぶことは、道路のルートとして、立地するに適切な地点（単位メッシュと考える）を連続して選ぶことであると考える。

道路立地に適切な単位メッシュの3つの特性を挙げると、まず第1に道路立地に優れていること、すなわち保護・開発・制約の諸環境要素からみてメッシュの許容度が高いと判断されることであり、道路を通すことによって開発すべき諸環境要素に効用をもたらすことができ、またこれといった保護すべき環境要素もなく、道路に重大な制約を与える要素も見当たらないメッシュであることである。第2はそのメッシュのおかれた位置が、

表-1 個別分級ならびに総合分級の指標の定義

	保護要素予測指標	開発要素予測指標	制約要素予測指標
① マトリックスにおける環境諸要素影響度予測	a, b, c, d	k, l, m, n	p, q, r, s
② マトリックスにおける環境諸要素質的重要度判定	A <sub>0</sub> , B <sub>0</sub> , C <sub>0</sub> , D <sub>0</sub>	K <sub>0</sub> , L <sub>0</sub> , M <sub>0</sub> , N <sub>0</sub>	P <sub>0</sub> , Q <sub>0</sub> , R <sub>0</sub> , S <sub>0</sub>
③ 個別分級（メッシュ単位、個別要素の量、質的重要度の判定）	A <sub>m</sub> , B <sub>m</sub> , C <sub>m</sub> , D <sub>m</sub>	K <sub>m</sub> , L <sub>m</sub> , M <sub>m</sub> , N <sub>m</sub>	P <sub>m</sub> , Q <sub>m</sub> , R <sub>m</sub> , S <sub>m</sub>
④ 総合分級（メッシュ単位、個別要素の量、質的重要度の判定）	A <sub>t</sub> , B <sub>t</sub> , C <sub>t</sub> , D <sub>t</sub>	K <sub>t</sub> , L <sub>t</sub> , M <sub>t</sub> , N <sub>t</sub>	P <sub>t</sub> , Q <sub>t</sub> , R <sub>t</sub> , S <sub>t</sub>

凡 例

- a……保護環境要素に非常に強く関係する
- b……保護環境要素に強く関係する
- c……保護環境要素に関係する
- d……保護環境要素に若干関係する

- P……道路計画諸元が非常に強く制約を受ける
- q……道路計画諸元が強く制約を受ける
- r……道路計画諸元が制約を受ける
- s……道路計画諸元が若干制約を受ける

- K<sub>0</sub>, K<sub>m</sub>, K<sub>t</sub>……必ず開発すべき開発環境要素指標
- L<sub>0</sub>, L<sub>m</sub>, L<sub>t</sub>……できるかぎり開発すべき開発環境要素指標
- M<sub>0</sub>, M<sub>m</sub>, M<sub>t</sub>……注意して開発すべき開発環境要素指標
- N<sub>0</sub>, N<sub>m</sub>, N<sub>t</sub>……開発を要さない開発環境要素指標

- k……開発環境要素に非常に強く関係する
- l……開発環境要素に強く関係する
- m……開発環境要素に関係する
- n……開発環境要素に若干関係する

- A<sub>0</sub>, A<sub>m</sub>, A<sub>t</sub>……完全に保護すべき保護環境要素指標
- B<sub>0</sub>, B<sub>m</sub>, B<sub>t</sub>……できるかぎり保護すべき保護環境要素指標
- C<sub>0</sub>, C<sub>m</sub>, C<sub>t</sub>……注意して保護すべき保護環境要素指標
- D<sub>0</sub>, D<sub>m</sub>, D<sub>t</sub>……保護を要さない保護環境要素指標

- P<sub>0</sub>, P<sub>m</sub>, P<sub>t</sub>……絶対避けるべき制約環境要素指標
- Q<sub>0</sub>, Q<sub>m</sub>, Q<sub>t</sub>……できるかぎり避けるべき制約環境要素指標
- R<sub>0</sub>, R<sub>m</sub>, R<sub>t</sub>……注意して避けるべき制約環境要素指標
- S<sub>0</sub>, S<sub>m</sub>, S<sub>t</sub>……避ける必要のない制約環境要素指標

表-2 保護環境要素と道路影響因子の関係マトリックス

環境要素		道路影響因子		路線計画諸元														その他				保護視点からの重要度								
				道路目的の規格				線形および構造				連結および付属施設				工事		走行車												
				道路の目的	交通量(車種別)	歩行者・自転車	停車・積断	走行時間	平面線形	縦断線形	土工架	橋梁	トンネル	舗装	インター平面交差	排水方式	積断施設	サービスエリア	公害防止	防災施設	街路樹		施工(工期・施工順)	工法	騒音	振動	大気汚染	交通安全		
自然環境諸元	植生	陸域水域	植物域植				d				a	d								b	a	d	a	a	A <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> B <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> A <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub>					
	動物	陸域水域	動物域動								c	d										c	d	a	a	A <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> B <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> A <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub>				
	地象	地	形質				d	d	c	a	d										b	c				B <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> C <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub>				
	水象	地表水	流水	沉質								d															D <sub>0</sub> D <sub>0</sub>			
		地下水	流水	沉質								a	c	a									c	c			B <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> C <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub>			
大気	気大	気	流質								c	b														C <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> B <sub>0</sub>				
生活環境諸元	人間	人	口								c	b	c	c								a	a	a	a	A <sub>0</sub>				
	土地利用	宅農道水森原	地路域林野	a	a	a	a	a				d	d														a	A <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub> B <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub> B <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub> C <sub>0</sub> D <sub>0</sub> D <sub>0</sub>		
		建物施設	住農商工業	居家家用施設									d	d	d	d								b	a	b	b	b	A <sub>0</sub> C <sub>0</sub> B <sub>0</sub> C <sub>0</sub> A <sub>0</sub>	
			生活圏	通動圏	学圏	d							b	c															b	C <sub>0</sub> C <sub>0</sub> C <sub>0</sub>
				買物・レジャー圏		d								b	c															b
	文化財・歴史遺産											a																	A <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub>	
	生活関連交通施設				d																								D <sub>0</sub>	
経済環境諸元	種年別産業用地	一次産業	業	a							a																	A <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> A <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> A <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub>		
	産業用交通施設	二次産業	業	a							a																			
		三次産業	業	a								a																		
産業活動圏	産業用道路網	鉄道網ターミナル		b							c	d																c	B <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub> B <sub>0</sub> ~D <sub>0</sub>	
	生産財の分配比較労働力の機構圏		b								b	d																	c	B <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub> B <sub>0</sub> ~C <sub>0</sub>

起点と終点を結ぶ軸線より大きくずれることがないことである。これによって選ばれた路線はいたずらに迂回することなく、延長は比較的短くなる。そして第3はそのメッシュが道路立地に適するメッシュ群の中に存在し、あわせてそのメッシュ群の分布形態が起終点を結ぶ軸線方向に連続していることである。

(2) メッシュの道路立地の適正度

メッシュの位置ならびに集合状態から、メッシュが路線として適するかどうかを判断する指標として適正度を採用した。この路線選定モデルにおいて、2種類の適正度を考えた。その1つは起終点あるいはコントロール・ポイントの間を見渡したメッシュ位置のマクロ的な視点の適正度であり、もう一方は特定の基点(メッシュ)からその隣接するメッシュをみるミクロ的な視点の適正度である。マクロ的視点の適正度を潜在適正度とよぶ。潜

表一3 保護環境要素としての植生自然度の分級基準表  
【分級基準(1)の一例】

植生自然度	質的重要度	質・量的重要度
順位 1	D <sub>0</sub>	D <sub>m</sub>
2	D <sub>0</sub>	D <sub>m</sub>
3	C <sub>0</sub>	C <sub>m</sub> ~D <sub>m</sub>
4	C <sub>0</sub>	C <sub>m</sub> ~D <sub>m</sub>
5	C <sub>0</sub>	C <sub>m</sub> ~D <sub>m</sub>
6	B <sub>0</sub>	B <sub>m</sub> ~C <sub>m</sub>
7	B <sub>0</sub>	B <sub>m</sub> ~C <sub>m</sub>
8	B <sub>0</sub>	B <sub>m</sub> ~C <sub>m</sub>
9	A <sub>0</sub>	A <sub>m</sub>
10	A <sub>0</sub>	A <sub>m</sub>

凡例 A<sub>0</sub>, A<sub>m</sub>: 完全に保護すべき環境要素  
 B<sub>0</sub>, B<sub>m</sub>: できるかぎり保護すべき環境要素  
 C<sub>0</sub>, C<sub>m</sub>: 注意して保護すべき環境要素  
 D<sub>0</sub>, D<sub>m</sub>: 保護を要さない環境要素

表一4 第2次総合分級基準表  
(保護, 制約両総合要素の総合分級のための基準表)

		保護環境要素の総合重要度			
		A <sub>t</sub>	B <sub>t</sub>	C <sub>t</sub>	D <sub>t</sub>
制約環境要素 の総合重要度	P <sub>t</sub>	W	W	W	W
	Q <sub>t</sub>	W	X	X	X
	R <sub>t</sub>	W	X	Y	Y
	S <sub>t</sub>	W	X	Y	Z

W: 道路を通さない(ただし地下はその限りではない).  
 X: できるならば道路は通さない(ただし, 地下, 橋はその限りではない).  
 Y: 注意して道路を通す.  
 Z: 道路を通して差し支えない.

表一5 最終総合分級基準表

		開発環境要素の総合重要度			
		K <sub>t</sub>	L <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>	N <sub>t</sub>
保護・制約両要素 の総合重要度	W	YN	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>1</sub>
	X	YES <sub>3</sub>	YN	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
	Y	YES <sub>2</sub>	YES <sub>3</sub>	YN	NO <sub>3</sub>
	Z	YES <sub>1</sub>	YES <sub>2</sub>	YES <sub>3</sub>	YN

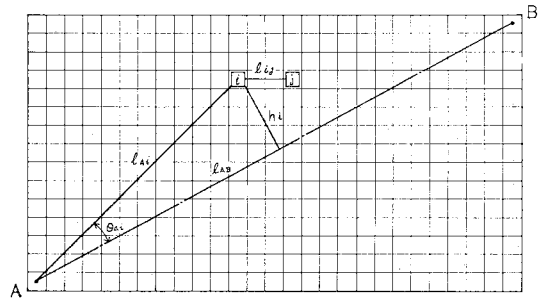
ケース・スタディで使用した評点表

許容度の指標	YES <sub>1</sub>	YES <sub>2</sub>	YES <sub>3</sub>	YN	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>1</sub>
許容度(評点)	10.0	8.5	7.0	5.5	4.0	2.5	1.0

在適正度は全体的な位置からみた場合の道路立地に対する本来的, 潜在的な適正度合であり, 起終点等が決まればあらかじめ計算しておくことができる. それに対してミクロ的視点の適正度は隣接メッシュを選択する場合の相対的な適正度合であり, その地点における最も適切なメッシュを選んで路線を選定していくためのものである. これを実質適正度とよぶことにする.

a) 潜在適正度および地域潜在適正度

潜在適正度はそのメッシュの許容度合に 図一3 および式(1)に示すように起終点や他の必要な経過地点(以



図一3 潜在適正度算定位置の設定図

下この論文においては, コントロール・ポイントと書き, 避けるべき地点は含まないものとする.) を結ぶ軸線とそのメッシュとの垂直距離(h<sub>i</sub>) および軸線との交角(θ<sub>Ai</sub>) で表示される. さらに潜在適正度に周辺メッシュ群の許容度とその近接集合度合を新たに加味して, 適正なメッシュがまとまって存在するかどうかを表わしたものを地域潜在適正度とする.

この研究においては, 起終点などを結ぶ, 軸線と平行した2線分によって切り取られた帯状メッシュ群を計算範囲とする.

i メッシュの潜在適正度 p<sub>i</sub> は次の算定式により求められる.

$$p_i = k_1 \frac{X_i}{\left(1 + \frac{h_i}{l_{AB}}\right)^\alpha} = k_1 \frac{X_i}{\left(1 + \frac{l_{Ai} \sin \theta_{Ai}}{l_{AB}}\right)^\alpha} \dots\dots\dots(1)$$

ただし,

- p<sub>i</sub>: 潜在適正度
- X<sub>i</sub>: i メッシュの許容度
- h<sub>i</sub> = l<sub>Ai</sub> sin θ<sub>Ai</sub>: 軸線 AB までの垂直距離
- l<sub>Ai</sub>: A から i メッシュまでの距離
- l<sub>AB</sub>: 起終点またはコントロール・ポイント間の距離
- θ<sub>Ai</sub>: 軸線 AB と Ai との角度
- k<sub>1</sub>, α: 定数(通常の場合は1とする)

また地域潜在適正度は次の算定式による.

$$P_i = p_i + k_2 \cdot \sum_j^m p_{ij} = p_i + k_2 \cdot \sum_j^m \frac{p_j}{(l_{ij})^\alpha} \dots\dots\dots(2)$$

ただし,

- P<sub>i</sub>: 地域潜在適正度
- p<sub>ij</sub>: i の周辺 j メッシュの適正度
- k<sub>2</sub>, α: 定数(通常の場合は1とする)
- j, m: P<sub>i</sub> を計算するために任意のメッシュ i の周辺一定幅に設定されたメッシュ群の個々のメッシュの名称

ただし, i メッシュに影響を与える j メッシュの範囲は次の制限条件により定める(図一4 参照).

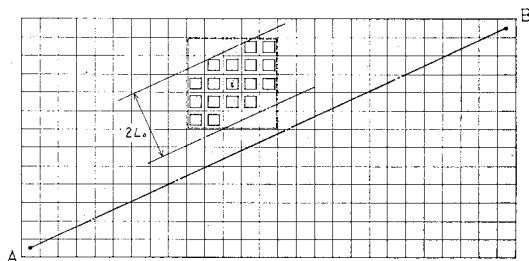


図-4 地域潜在適正度算定の周辺メッシュ群設定図

$$\frac{h_i}{l_{AB}} + L_0 \geq \frac{h_j}{l_{AB}} \geq \frac{h_i}{l_{AB}} - L_0 \dots\dots\dots(3)$$

ただし、

$h_i, h_j$ : 軸線 AB より  $i, j$  メッシュまでの距離  
 $L_0$ : 定数

**b) 実質適正度および地域実質適正度**

実質適正度は路線選定を行うとき、隣接する複数メッシュの中から1個のメッシュを選択するために用いられる最終判定の指標である。また実質適正度と同様な指標に地域実質適正度がある。前者は式(4)に示すようにメッシュ選択の基点から、選択の対象となる候補メッシュを望む方向とコントロール・ポイントを望む方向となす角度ならびに候補メッシュまでの距離を計算し、それに候補メッシュのもつ潜在適正度から計算する。後者は式(5)に示すように候補メッシュのもつ角度・距離などの位置関係とそのメッシュの地域潜在適正度から計算するものであり、これらの式は仮のコントロール・ポイント選定のときに使用する。

基点  $i$  よりみた  $j$  メッシュの実質適正度  $r_{ij}$  は次の算定式による。

$$r_{ij} = \frac{p_j}{\left(\frac{l_{ij}}{l_{AB}}\right)^r \cdot (1 + \tan \theta_{ij})^\delta} \dots\dots\dots(4)$$

ただし、

$p_j$ :  $j$  メッシュの潜在適正度  
 $\theta_{ij}$ : 軸線との角度の絶対値  
 $r, \delta$ : 定数(この定数については後述する)  
 $l_{ij}, l_{AB}$ :  $ij$  間,  $AB$  間の距離

なお基点  $i$  よりみた  $j$  メッシュの地域実質適正度  $R_{ij}$  は式(4)の  $p_j$  の代わりに式(2)より求められた  $P_j$  を代入することによって求められる。

$$R_{ij} = \frac{P_j}{\left(\frac{l_{ij}}{l_{AB}}\right)^r \cdot (1 + \tan \theta_{ij})^\delta} \dots\dots\dots(5)$$

**6. 路線選定**

路線選定方法の流れは表-6のとおりである。表-6のメッシュの選択、選定された各路線の比較評価値の算

表-6 路線選定方法の流れ

①	対象地域の範囲の設定
②	起終点の決定、対象地域に必要な経過地点(コントロール・ポイント)があればそれを加える。
③	メッシュ・スケールの決定
④	式(4)の定数 $r, \delta$ の決定
⑤	各環境要素のメッシュごとの分類・総合化
⑥	潜在適正度・地域潜在適正度の算定
⑦	メッシュの選択(実質適正度・地域実質適正度の算定)
⑧	選定された各路線の比較評価値の算定

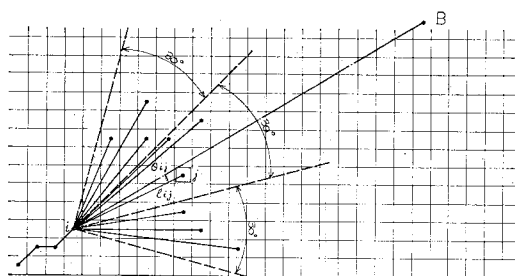


図-5 仮のコントロール・ポイント設定図

出について次に述べることとする。

**(1) メッシュの選択**

メッシュの選択の手順は次のとおりである(図-5参照)。

- a) 起終点またはコントロール・ポイントを結ぶ軸線を設定する。
- b) 軸線の左右 45° 計 90° の範囲内メッシュを各 30° ずつの3ゾーンのメッシュ群に分ける。
- c) おおののゾーン内のメッシュ群のうちから式(5)で求められるある程度離れた位置の地域実質適正度の高いメッシュを3個選択する。
- d) 選択された計9メッシュと始点  $i$  点を結ぶ路線を隣接メッシュを選ぶ式(4)で設定し、おおのの路線の許容度の合計の最も優れたものを各ゾーンから1つずつ選ぶ。
- e) 選択された3メッシュを仮のコントロール・ポイントとして、この点と終点を結ぶ新たな軸線を設定する。
- f) 以下同様な作業を行う。

以上のような作業を繰り返すため、仮のコントロール・ポイントの設定回数により、求められる路線数が大きく変わることになる。すなわち分岐回数が増えると、候補路線が累乗的に多くなる。しかし仮のコントロール・ポイントはあらかじめ設定しておくのではなく式(4)の定数  $r, \delta$  を定めることによって自動的に計算がされてくる。極端な場合、仮のコントロール・ポイント

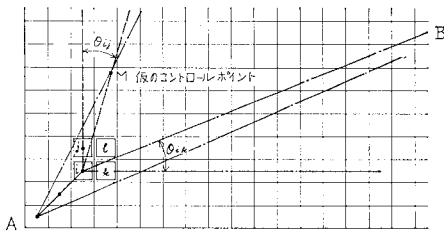


図-6 メッシュ選択方法の説明図

を設定せずに最初から終点に向かって式(4)によりミクロ的視点で隣接メッシュを順次選んでいく方法もある、しかしその場合、山などのような障害物の背後に存在する、道路立地に適したメッシュ群を見落とす危険性がある。

仮のコントロール・ポイントを設定しても、必ずしも直接これに向かって進まない方法もある。図-6に示すように、初めはA点よりミクロ的に隣接メッシュを選定しながらB点に向かって進み、任意のメッシュ*i*において、実質適度度  $\tau_{ij}$ ,  $\tau_{ik}$  を計算し、 $\tau_{ij} \geq \tau_{ik}$  のとき初めて仮のコントロール・ポイントMに向かう方法があり、今回のケース・スタディでは使用しなかったがより合理的であると考えられる。

ただし

$$\tau_{ik} = \frac{p_k}{(1 + \tan \theta_{ik})^\delta} \dots\dots\dots (6)$$

$p_k$ :  $k$  メッシュの潜在適度度

$\theta_{ik}$ : 軸線 AB と直線  $ik$  との角度の絶対値

$\delta$ : 定数

このようにして選定された各路線について、最終的に実質適度度合計等をおのおの計算し比較を行って最適路線を決定する。

ここで式(4)における定数  $\tau$  は仮のコントロール・ポイントの設置について、軸方向距離の調節を行うもので、大きい数値を与えると仮のコントロール・ポイントが近くに設定され、また小さい数値を与えると遠くに設置されることになる。また定数  $\delta$  は仮のコントロール・ポイントを設置する場合、軸線からの離れを調整するもので、定数  $\tau$  と同じように数値の大小により離れたり近づいたりする性質を示す。これらのことから定数  $\tau$  と  $\delta$  は基本的には同じ数値を与えるのが妥当であろうが、地域内の道路密度や特殊な地形などを考えて、区別して示すことにしている。今回提案したメッシュ選択式を初めて適用するにあたり、仮のコントロール・ポイントの位置・間隔、比較路線数等について傾向を把握する目的からケース・スタディで定数  $\tau$ ,  $\delta$  に種々の数値を与えた場合について試算を行っている。

(2) 選定路線の評価

得られた数多くの候補路線の優劣を判定するための評価指標は、その道路の目的や社会的要請などによって変わってこようが、原則として適正度・路線延長・建設費などを単独または組み合わせて評価基準として用いればよい。なお与えられた条件による優劣順位を候補路線ごとに自動的に算出できることはいまでもない。

7. ケース・スタディ

新しい路線選定方法のケース・スタディとして東京都西多摩地区を選び路線選定を行った。その結果の概要を次に述べる。

対象区域：幅 5 km・長さ 7.5 km (長さ方向に終起点を設定)

メッシュ：100 m メッシュ 3750 個に分割

定数の仮定  $\tau, \delta$  :  $\tau = \delta = 0.1, 0.2, 0.5, 1.0$ , その他の定数  $\alpha$  は 1.0 とした。

対象区域は総延長が約 210 km の首都圏中央連絡道路が立地を予定している地域の一部である。たまたまコントロール・ポイント間の距離が約 7.5 km の箇所をケース・スタディの区間として採用した。この方法を繰り返すことによって、総延長の長い路線にも適用できる。なお、メッシュ数は路線選定対象幅を距離の3分の2をとって 5 km としたため 100 m メッシュ 3750 個となった。この数は使用する計算機 (NDG 社の NOVA 3/D ミニ・コンピュータ) の能力や計算方法などから適当な計算時間 (今回は 1 路線につき平均約 2 分であった) と判断した。地形図をメッシュに分割する場合、国土地理院が用いている経緯度基準線方式にならって、既存のデータを最大限に活用できるよう配慮した。

次に今回ケース・スタディに使った路線選定式の定数を変化させることによって、選定される路線数を調べた。その結果、各ケースにおける選定路線数は  $\tau = \delta = 0.1$  の場合約 80 路線、0.2 で約 300 路線、0.5 で約 500 路線、1.0 で 1000 路線以上が選定される。各ケースの選定路線の仮コントロール・ポイントの位置を比較してみると、0.5 および 1.0 の場合は、次の仮のコントロール・ポイントまでの距離の短いメッシュ (約 3~5 メッシュ) が選ばれている。これではマクロ的メッシュ選定方式のメリットがあまり生かされていないと判断できよう。定数が 0.1 の場合は路線数が約 80 で、仮のコントロール・ポイント間の距離が 15~20 メッシュとかなり離れたものとなっている。このような場合、最適な路線が選定から漏れる可能性がないとはいえない。

今回のケース・スタディの箇所では、地形その他の環境要素の変化は激しくないが、選定路線数は比較検討の意味で、ある程度多くした方がよいと判断したため、

SEIYAKU-CHISHITSU

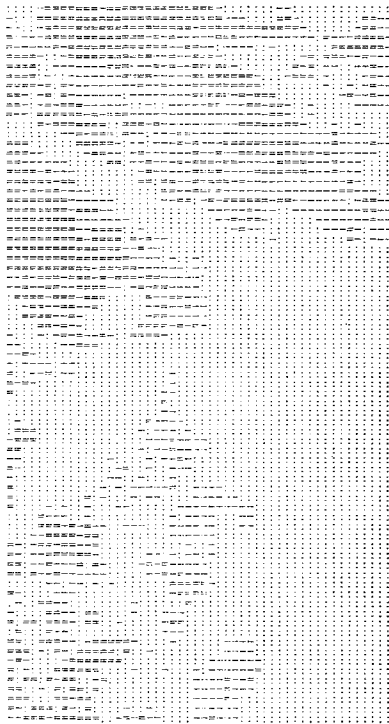


図-7 制約要素としての地形個別分級図

SEIYAKU + HQCI)

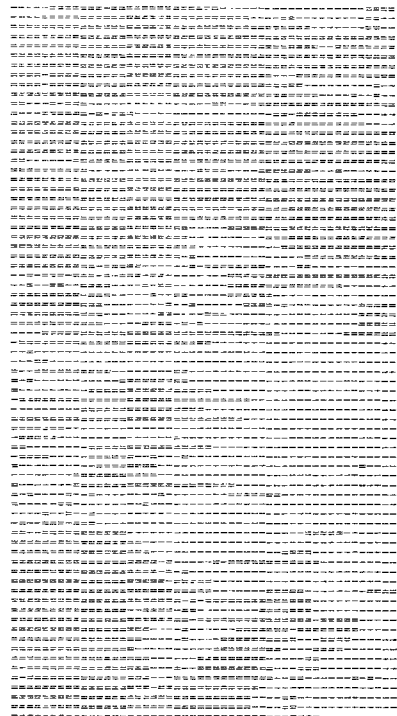


図-9 制約・保護要素の第2次総合分級図

KAIHATSU

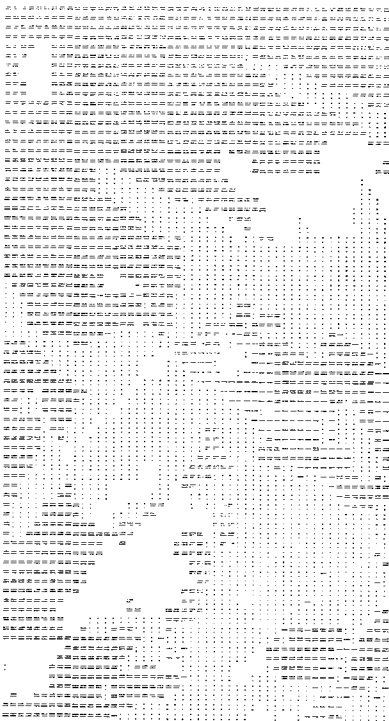


図-8 開発要素の第1次総合分級図

(SEIYAKU+HQCI) + KAIHATSU

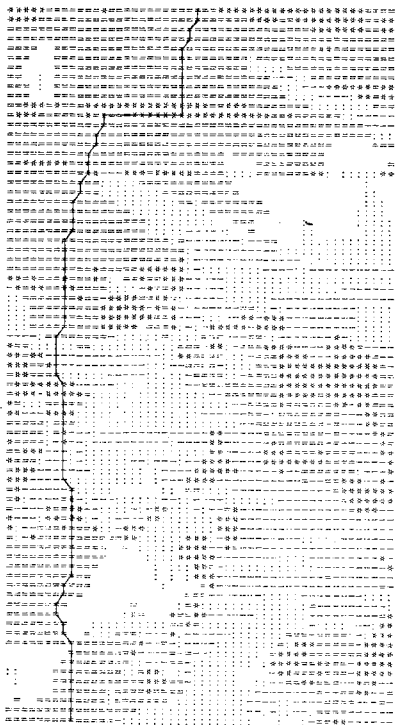


図-10 最終総合分級結果と評価第1位路線図



$r = \delta = 0.5$  を採用し、約 500 路線について評価を行った。

電子計算に用いたデータ、および計算結果の一部を示すと 図-7~図-10 のとおりである。図-10 は評価第 1 位の路線、すなわち路線の通るすべてのメッシュの潜在適正度の合計を路線延長で除した値が最も大きい路線を最終総合分級結果（メッシュの許容度）の上を示したものである。

路線の評価としては、環境各要素等からは道路が立地

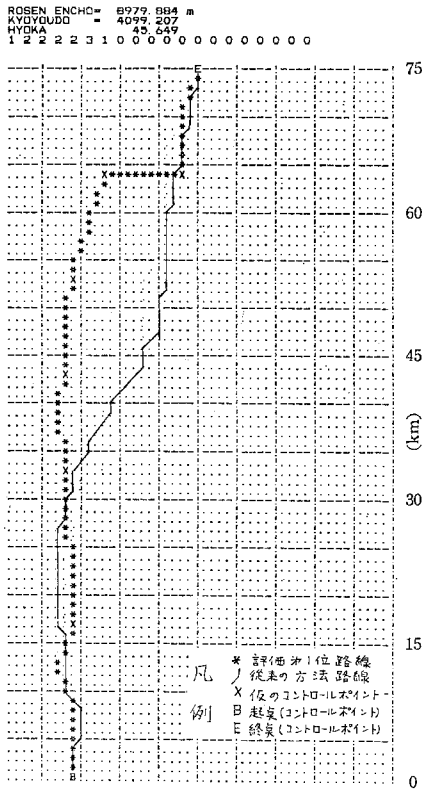


図-11 最適路線比較図

する各メッシュの許容度の合計が大きいものほどよく、維持管理費等のランニングコスト面からみれば延長の短い方が原則としてよい。今回は潜在適正度の合計を路線延長で除したものを評価値として使い順位付けを行った。

図-11 はこの選定法で選ばれた数多くの路線のうち、評価第 1 位の路線のアウトプットに、従来の方法で選んだルートを書き入れたものである。両路線が 30 km から 65 km 地点までの間で特に離れて立地しているのは、この選定法の路線が 図-10 から推測されるように最終総合分級結果すなわちメッシュの許容度の分布に大きく左右されているからである。一方従来のルートは線形や延長つまり車の走行性やランニングコストに特に重きをおいて選定した傾向があり、他の環境諸要素に対して十分な配慮をしなかったためと思われる。図-11 で 5 km から 15 km 地点付近においても、この選定法の路線はメッシュの許容度の分布にきめ細かく対応していることがわかる。いずれにしても路線は路線を選定する方針によって決まるが、本方法による場合は、意識的にも客観的に目的にかなった路線を選ぶことができるといえよう。

なお、従来の路線選定方法で別途得られた路線を今回の方で評価したところ 500 路線中評価値はほぼ第 100 位、路線延長では第 6 位となっており、路線延長では最上位グループにランクされていることがわかった。

図-12 に今回選定された路線のうち評価値の上位 20 路線について、評価値・適正度計（潜在適正度合計を意味する）・路線延長を図示した。なおこの図で評価値第 11 位・第 12 位と第 19 位の路線は適正度計・路線延長ともに前後の路線と変化が大きいが、これは前後の路線と立地する地域が異なっていることがわかっている。適正度計が優れていても路線延長が長いと評価があまり高くないものである。評価の方法は他にもあるが、広い視野から目的に合った基準を選ばなければならないことはいうまでもない。

広い視野から目的に合った基準を選ばなければならないことはいうまでもない。

## 8. あとがき

この路線選定方法の特徴は次のように整理できる。

(1) 数多くの条件を入れることができ、それら条件に応じた適正路線の選定が可能であり、順位付けをすることができる。

(2) 選定される路線について、その選定根拠を明確にすることができる。

(3) 地域条件等諸環境要素に対応させて、その条件に合った路線を選択することができる。

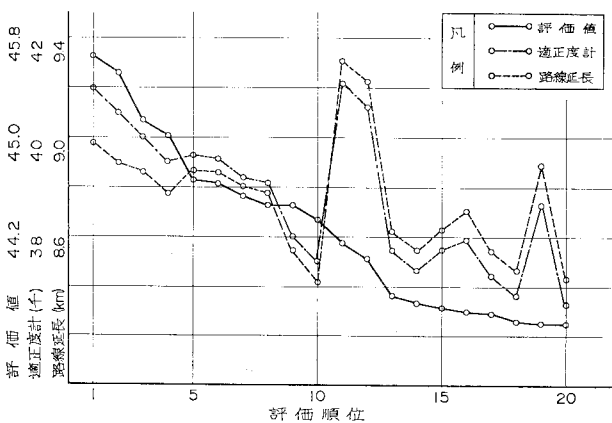


図-12 路線評価値傾向図

(4) 選定操作はプログラミングすることが可能であり、選定に要する時間を短縮することができる。

(5) 技術者個人差による異なった結論がなく、また適否の度合を数値的に表わすことが可能であり、住民や関係者への説明がしやすい。

評価基準は社会的要請により、また適用される道路の規格、規模、構造等によって、適用の方法や基準それ自身も変わってこよう。しかしこの方法で住民の要望その他行政上の配慮は、プログラムに入れる分級基準や合成方法を変えることによって容易に対応できる。

環境要素の項目は、今回の例では国土開発幹線自動車国道のような高規格道路を対象とし、開発要素として、土地利用、人口密度だけを考えたが、さらに、きめ細かく道路に対するアクセス機能や、交通機能による経済効果等の項目を取り入れる必要があろう。またメッシュ・スケール大小の影響その他多くの要素をより合理的に合成する方法等をさらに研究する必要がある。

その他この方法はメッシュ・データ作成のため新たな労力が必要なこと、屈曲の多いルートへの適用についてはメッシュ選択の提案式の性質上難点があること等、今後に残された課題も多い。いずれにしてもこの路線選定方法はすべての環境要素を適正度という指標に置き換えて、路線を選択する一つの試みであるが、研究を重ねることによって有効に利用される可能性を多くもっていると考えられる。

謝 辞：本方法の開発に際してご協力いただいた建設省相武国道工事事務所 田村浩吉氏、(株)都市科学研究所 市川博夫氏、(株)近代設計事務所 木村 晟氏に深く感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 藤森謙一：高速道路計画論，(株)鹿島研究所出版会，昭和41年4月。
- 2) 三野 定：高速道路のプランニング，全国加除法令出版(株)，昭和48年11月。
- 3) 武部健一：高速道路の計画と設計，(株)山海堂，昭和46年4月。
- 4) 土木工学ハンドブック，第31編。
- 5) 丸安隆和・中村英夫：航空写真と電子計算機による道路路線の設計法，土木学会論文報告集，pp. 15～32，昭和39年6月。
- 6) 村井俊治・嶋田厚二：路線選定システムにおける平面曲線の自動整形の試み，土木学会論文報告集，pp. 73～83，昭和45年2月。
- 7) 村井俊治・大林成行：サーキュロイド曲線を用いた新しい道路設計の手法，土木学会論文報告集，pp. 55～62，昭和48年3月。
- 8) 薄 慶治：しない定規による道路線形設計の手法，土木学会論文報告集，pp. 65～74，昭和48年11月。
- 9) 稲村 肇：地域住民の反応と路線選定，土木学会論文報告集，pp. 93～106，昭和50年7月。
- 10) 中堤治朗・田村浩吉：路線選定法一試案の提案，建設省関東地方建設局内技術研究発表会論文集，pp. 245～256，昭和56年8月。
- 11) 内山久雄・中村英夫：マンマシンシステムによる環境影響評価をとり入れた路線選定，土木学会論文集，第284号，pp. 65～72，昭和54年4月。

(1982.8.16・受付)