

京都大学工学部 正員 吉川和広
京都大学工学部 正員 春名 攻
京都大学工学部 正員 小林潔司

1. 緒言

近年の急激な経済発展に伴う社会・経済活動の活発化は、多くの都市において都市内とその周辺地域における道路交通の増大と交通事情の著しい悪化、さらには騒音・大気汚染・振動といった環境問題を引起している。このような既存道路における諸問題を打開する方法の一つとして、各地域で大規模なバイパスの建設・整備事業が行われるようになってきた。バイパスの大規模化に伴って、事業が及ぼす影響も広範囲を多岐にわたる。この結果バイパス道路計画の問題も環境問題に関する検討をはじめとして、多面的・多角的な検討を必要とするようになった。

従来、バイパス道路計画の策定の場合には総走行時間の減少、総走行費用の減少が強調されるとともに、道路計画の分析にも評価の尺度として用いられてきた。しかし、道路建設の結果としては騒音の発生増加のようなマイナスの効果も考えられる。したがって、これからのバイパス道路計画においては道路計画のプラスの効果とマイナスの効果と同時に考慮する必要がある。プラスの効果もできる限り大きくし、マイナスの効果もできる限り小さくする望ましい計画案を策定していくことが重要である。このことは道路計画のシステムを考える場合に計画目標としてプラスの効果とマイナスの効果と同時にとりあけること、つまり当該システムを多目的なシステムとして認識することが重要であることを示している。

本研究では、以上のような考察のもとに国道をはじめとする幹線道路のバイパスの建設・整備事業を研究の対象としてとりあけることとする。そして、道路交通の機能や環境問題にかかわるバイパス道路計画のプラスの効果とマイナスの効果のトレードオフの関係をはじめ、多面的・多角的な情報が取得できるような方法を開発することを目的としてシステム論的な考察を加えることとする。なお、本研究はさきに昭和53年6月、IIASA Work-

shopにおいて一部発表(英文)したものをもとにして、若干修正加筆したものである。

2. 多目標の道路計画モデル

道路計画のプラスの効果の増大とマイナスの効果の減少という複数の計画目標の達成を目指した望ましいバイパス道路計画の策定にあたっては、複数の評価尺度間にあるトレードオフの関係などのように取扱うのが重要な課題となってくる。トレードオフの規定のしかたにも種々あり、それによつて複数の評価尺度をもつ計画問題に対するアプローチの方法も種々ある。すでに、着者はこのような多目標の道路計画問題に対して、目標計画法を用いた計画情報の作成方法について研究を行っている。目標計画法は多目的計画問題に対する有効な分析手法の一つとして知られているが、いま一つのアプローチの方法としては次のようなものが考えられる。すなわち、「まず、多目的計画問題の合理的な解として知られるパレート解集合を体系的に求める。次に意志決定者の主観的判断にもとづいてパレート解の中より選好解を選択する」という2段階のプロセスにもとづく方法である。このようなアプローチの方法の代表例としてはSWT法³⁾があるが、いままでに十分な発展を上げておらず、その方法も客観性に欠けると考えられている点も多い⁴⁾。

このため、本研究では「マルチパラメトリックプログラミングモデル(以下、略してMPPモデルと記す。)によるパレート解の提示と、それに続くデルファイ法⁵⁾による選好解の決定」という2段階のプロセスを設定した。前者のプロセスではパレート解の客観的な提示を目指し、後者では意志決定問題における特性としての主観的判断の体系化を目指したものである。ここで、デルファイ法がこのような目的を十分果しうるとは考えないが、現在のところ一つの有効な方法であると考えた。

この方法を体系的に述べるために、本研究ではバイパス道路計画問題の中でも特に中心的な計画問題である交通量配分問題をとりあける。そして、これを「総走行時

間のてい減、総走行費用のてい減、騒音のてい減という複数の計画目標をもつ多目標の交通量配分モデルとしてマルティパラメトリック計画法を用いて定式化する。これにより、パレート最適な配分計画案を求めて図示し、選好解決定への入力とする。さらに、デルファイ法を用いてパレート最適な配分計画案から選好解を決定する方法について分析を加える。さらに、以上の方を京都第二外環状道路(以下略して第二外環と記す。)の建設・整備計画に適用するとともに、実証的な分析を通じてこの計画のための有効な計画情報を求めていくこととする。

3. MPPモデルによる選好対象代替案の提示

(1) モデル化のための前提条件

3.1は、選好におけるパレート解としてのパレート最適な配分状態を求めるためのシステムモデルの作成を試みる。すなわち、道路計画のプラスの効果をはかる尺度としては総走行時間、総走行費用をとりあげ、マイナスの効果をはかる尺度としては騒音をとりあげる。そして上述のすべての尺度に対応する目標を可能な限り達成させるようなパレート最適なすべての配分状態を求めるためのシステムモデルをマルティパラメトリック計画法を用いて定式化する。これによって一つのパレート最適な配分計画案を求め、さらにパラメータモシステムに於いて変化させることにより、それぞれのパラメータ値に対応したパレート最適な配分計画案を選好対象代替案として図示し、4.2を行う選好解決定プロセスへの入力とする。さらに、この方法を京都市における第二外環の建設・整備計画に適用し、実証的な分析を行う。

さて、実証分析の対象としてとりあげる第二外環は次のような性格をもつバイパスである。すなわち、京都市内の交通に対して通過交通が大きな影響を与えており、これが原因となって市街地の道路は交通量が道路容量に対して飽和状態に達している。そして、第二外環を建設することによって市街地に流入している通過交通を軽減し、悪化した市街地の交通流の状態を改善するという意図をもっている。このような第二外環の建設の意義を検討するためのモデルを構成するにあたって次に略述することモデルの前提条件として掲げる。

配分対象としては第二外環に關係する通過交通のみをとりあげる。また、配分を行う道路ネットワークは通過交通が主として利用する幹線道路により構成する。それ

で、既存の道路リンクにおいて現在交通量の中から通過交通量を差引いた残りの交通量を求め、これを部分交通量と呼ぶ。この部分交通量は配分においては与件とする。

また、道路構造令にもとづいて各リンクの設計速度と設計交通容量を設ける。一般に、設計交通容量内之車は設計速度以上でも走行できるが、ここは設計速度は制限速度として規制されていると考える。そして、設計交通容量内之車はすべて設計速度で走行するものとして考えることとする。なお、部分交通量だけ設計交通容量を越えているリンクでは、設計交通容量を可能交通容量まで増大せると同時にそれに対応する走行速度をそのリンクの設計速度としておくこととする。

(2) モデルの定式化

まず、モデルの定式化に先立って、以下のような記号を定義する。 X_{kj} = ODペア k ($k=1, \dots, P$) のルート j ($j=1, \dots, m_k$) のルート交通量, f_k = ODペア k の OD交通量, t_i = リンク i の部分交通量, Q_i = リンク i の交通容量, $\delta(i, j, k)$ = ODペア k のルート j がリンク i を通過すると $\delta=1$, そうでないときは $\delta=0$ とする定数である。

ルート交通量 X_{kj} が満たすべき制約条件としては次の連続条件式(1)と容量条件式(2)がある。

$$\sum_{j=1}^{m_k} X_{kj} = f_k \quad (k=1, \dots, P) \quad \text{----- (1)}$$

$$\sum_{k=1}^P \sum_{j=1}^{m_k} \delta(i, j, k) X_{kj} + t_i \leq Q_i \quad (i=1, \dots, L) \quad \text{----- (2)}$$

次に、本モデルでとりあげる総走行時間のてい減、総走行費用のてい減、騒音のてい減という三つの計画目標について、その目標尺度を定式化する。

まず、「総走行時間のてい減」であるが、ODペア k のルート j の走行時間を T_{kj} とすると、当該目標尺度は式(3)のように定式化できる。

$$T = \sum_{k=1}^P \sum_{j=1}^{m_k} T_{kj} X_{kj} \quad (\text{分・台}) \quad \text{----- (3)}$$

次に、「総走行費用のてい減」という目標尺度は、ODペア k のルート j の走行費用を C_{kj} とすると、式(4)として定式化できる。

$$C = \sum_{k=1}^P \sum_{j=1}^{m_k} C_{kj} X_{kj} \quad (\text{円・台}) \quad \text{----- (4)}$$

最後に、「騒音のてい減」という目標は、騒音と交通流の状態を計画という観点からとらえた場合の代表地点(騒音レベルポイント)での騒音値によって検討することができ。なお、騒音の推定式としては日本音響学会道路騒音調査委員会による推定式(5)を用いることとする。

$$N_g = 45 + 30 \log_{10}(v/60) + 10 \log_{10}(1 + v/20) + 10 \log_{10}(X_i/10^3) \quad \text{----- (5)}$$

24/ℓ) - ΔM ----- (5)

ただし、 v は平均走行速度(km/h)、 $ℓ$ は路線中央から後の騒音ネットワークポイントの騒音の21減という目標と技術者点までの距離(m)、 m は大型車混入率、 $X_{i(β)}$ ($β=1 \dots S$) 的制約条件として定式化可能。以上のようにして定式はネットワークポイントβのあるリンクの日交通量、 $ΔM$ は道化モデルは以下のとおりである。

路の特性による騒音減衰量である。いま、大型車混入率、平均走行速度も定数と考えると式(5)はリンク交通量 $X_{i(β)}$ の関数となる。このとき、式(5)は $X_{i(β)}$ に関する単調増

加関数となるので、「騒音の21減」という目標尺度を当該リンクの交通量でもつ式(6)のように表現することとする。

$$N_{ij} = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^k f(\xi(\beta), j, k) X_{ij} = X_{ij} \dots (6)$$

なお、必要の際には、式(6)を式(5)に代入することによって当該の騒音ネットワークポイントにおける騒音値を求めることが出来る。

さて、MPPモデルは多目的計画手法の一つであるが制限法の考え方が基礎となっている。ε制限法とは複数の評価基準のうち高位の評価基準の取得値を制約式としてある許容レベルに拘束し、最も低位の評価基準の最小解を求めようとするものである。MPPモデルではさらに許容レベル値をパラメータとしてシステムティックに変化させることにより、細羅的に多目的計画問題の合理的な解⁷⁾としての「パレート解の集合を求めていくことが可能となる。

いま、便宜上目的関数として「総走行時間の21減」を選択し、残りの目標、「総走行費用の21減」「騒音の21減」を制約式として定式化することとする。この場合、パラメータの数は騒音に関する制約条件だけだ騒音ネットワークポイントの数(S個)である。これに、総走行費用の制約条件を加えると(S+1)個となる。一般に、マルチパラメトリック計画法において、パラメータの数が増加すれば、それだけ得られる情報が膨大化し、計画情報として整理していくことが非常に困難になってくる⁴⁾ことが知られている。また、評価基準が3個までの場合にはトレードオフ面を実際に図示することが出来るが、評価基準が4個以上になれば、もはやそのような図を用いて視覚的に判断していくという方法はとることが出来ず、他の方法にたよるざるを得ない。そこで、本研究では計画情報を整理していくうえでの実際上の便宜を考えモデル分析上特に重要であると考えらる総走行費用の21減、「計画道路の騒音の21減」という二つの計画目標

パラメータのもとで制約化することとする。そして、他

(目的関数) $Z = \sum_{R=1}^p \sum_{j=1}^{mk} T_{Rj} X_{Rj} \rightarrow \min \dots (7)$

(制約条件式) $\sum_{R=1}^p \sum_{j=1}^{mk} C_{Rj} X_{Rj} \leq C^* + \lambda_1 \dots (8)$

$\sum_{R=1}^p \sum_{j=1}^{mk} \delta(\xi(\beta), j, k) X_{Rj} \leq C_{\xi}^* + \lambda_2 \dots (9)$

$\sum_{R=1}^p \sum_{j=1}^{mk} \delta(\xi(\beta), j, R) X_{Rj} \leq Q_{\xi}^* \dots (10)$
($\xi=1, \dots, S$)

$\sum_{j=1}^{mk} X_{Rj} = f_k \quad (R=1, \dots, p) \dots (11)$

$\sum_{R=1}^p \sum_{j=1}^{mk} \delta(\xi, j, R) X_{Rj} + \lambda_3 \leq Q_{\xi} \quad (\xi=1, \dots, S)$ (12)

ここで、 C^* 、 C_{ξ}^* は式(7)~式(12)が実行可能になるように設定された定数であり、 λ_1 、 λ_2 はパラメータεを示している。 C_{ξ}^* は「騒音ネットワークポイントの騒音値互環境基準以下に抑える」という計画的な配慮のもとに設定した当該リンクの交通容量である。εは計画道路上の騒音ネットワークポイントであることを示している。

(3)マルチパラメトリック計画法によるモデルの解説

上記のように定式化された問題は複数のパラメータをもつ線形計画問題となっており、これをT. Gass, J. Neumaierによるマルチパラメトリック線形計画法(MPLP)を用いて解くこととする。以下では、解説のプロセスも本研究の実際計算の結果(図-1、表-1)を例にとりて説明することとするが、本解説の数学的な詳細に関しては参考文献⁷⁾に譲ることとする。

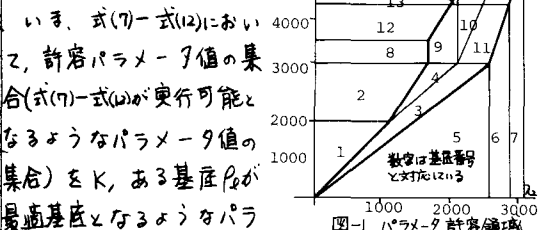


図-1 パラメータ許容領域

表-1 最適基底の組合せ (ケース2-b) 一部

基底番号	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	S ₁	S ₂
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1/2-解
4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1/2-解
5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
8	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1/2-解
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1/2-解

(注) *印は基底に入ることになった。 基底組の一部は省略されている

メータ値の集合を Λ_{p_2} とする。このとき $\bigcup_{p_2} \Lambda_{p_2} = K$ となるような p_2 ($l=1, \dots, L$) が存在する。以後、これを基準番号と呼ぶ。

まず、初期の最適基底を次のように求める。式(8)-式(12)から総走行費用と計画道路の騒音に関する制約式(8)(9)をとり除き、残った制約条件式(10)~式(12)のもとで目的関数式(7)の最小化を図る。この時の最適解を x_0^* とし、最適基底の添字の組を p_0 とする。ここで、定数 C^*, Q_0^* 次のように定める。

$$C^* = \sum_{j \in p_0} C_j x_j^* \quad (13)$$

$$Q_0^* = \sum_{j \in p_0} \delta_j(x_j^*, j, R) x_j^* \quad (14)$$

さて、以上で求めた基底 p_0 が最適基底となるような許容パラメータ領域を Λ_{p_1} とし Λ_{p_1} と境界を共有する別の Λ_{p_2} を求める。さらに、このような Λ_{p_2} に双打ピポット操作で移る。以上のプロセスを繰返すことにより、すべての最適基底 p と許容パラメータ領域を求めていく。以上のプロセスで求めた許容パラメータ領域の集合を Ω として、また最適基底の内容を表-1に示す。また、プロセスもフローチャートで説明したのが図-2である。

表-1中「*」印がついている変数が当該の最適基底を構成している変数である。また、 S_1, S_2 はそれぞれ式(8)、式(9)の Slack 変数を表わしており、これらの Slack 変数とともに非基底解となっている場合(すなわち、式(8)式(9)が等号で成立する)には、当該の最適解が多目的計画問題のパレート解となることが理論に保障されることとなる。図

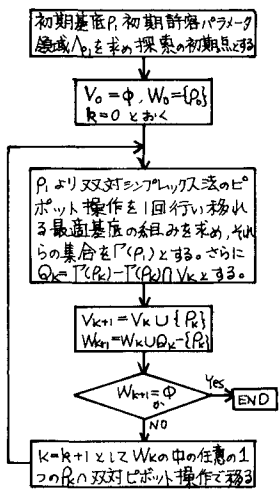


図-2 MPLPの解法

1において太線、太線で囲まれた領域はパレート解に対応する許容パラメータ値の集合の範囲を示している。

(4) 実証的分析
a) 第二外環の概要

本研究では、本モデルを用いて京都市における第二外環の建設・整備計画を対象とした実証的分析を行う。そして、パレート最適な配合計画案を求めて図示し、昭和49年度秋期の交通

計画決定プロセスの入力とする。本計画をとりあげた理由は以下のとおりである。

京都市周辺地域における現在の幹線道路体系は地理的な条件により「大津←京都」「宮津←京都」「大阪←京都」の3方向に大別できる国道と市街地街路によって構成されている。このうち、現在の外環状線には交通量の最も多い大阪←大津方向の通過交通の大半が亦入通過している。しかし、外環状線の設計速度と設計交通容量といった道路特性に起因して通過交通の処理に對して十分な機能を果たしていない。このような状況のもとで、この外環状線の容量の不足を幹線道路網全体としていかに補うのが大きな問題としてとりあげられるようになった。

一方、市街地においては道路交通による騒音、大気汚染が生活環境上の大きな問題としてクローズアップされてきており、現実に環境基準を満たせない所もでてきている。また、外環状線においても、防音施設の整備が十分ではなく、道路騒音が環境基準を越すようになってきている。

こうい、た事態を解消するための一つの手段として、建設省京都国道工事事務所では現存第二外環の建設・整備を提案し、環境を考慮した道路調査について検討を行っている。この場合、第二外環の建設・整備計画が大規模なだけに計画目標が道路機能の向上ということだけに片寄るなら沿道地域に新たな環境問題を引起すのははたしかである。したがって、計画決定のプロセスにおいて従来の建設目標であった道路計画のプラスの効果の増大という目標に加えて、道路計画のマイナスの効果の減少という相反する2種類の目標を同時にとりあげ、両者を積極的に調整していき、望ましい計画を求める方法を開発していくことが重要な問題となってくると考えられたわけである。

b) 入力情報の算定

まず、京都市周辺地域の幹線道路のうち通過交通が主として利用している幹線道路を中心に右図のような簡略化した道路ネットワークを求めた。また、

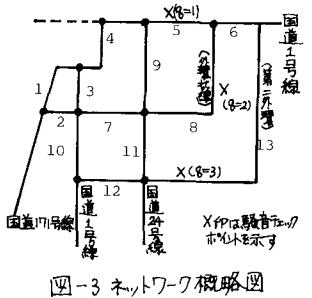


図-3 ネットワーク概略図

表-2 OD交通量

OD	(台/分)
国道17号→国道1号	1,911
国道17号→国道17号	3,012
国道17号→国道17号	921
国道17号→国道17号	1,898
国道17号→国道17号	3,049
国道17号→国道24号	1,329

表-3 残存交通容量

リンク	(台/分)	リンク	(台/分)
1	2,000	10	7,750
2	1,500	11	1,750
3	1,000		24,000
4	2,500	12	36,000
5	2,000		22,000
6	10,950		24,000
7	11,000	13	36,000
8	11,500		22,000
9	2,000		

表-4 入力情報 (各ルートに関する)

ルート	ルートを構成しているリンク	走行費用 (円)	走行費用 (円)	走行時間 (分)	
X1,1(1,1)	1-4-5-6	363.66	370.10	57.75	
X1,2(4,2)	2-3-4-5-6	349.13	397.85	72.60	
X1,3(4,3)	2-7-9-5-6	420.78	424.76	68.22	
X1,4(4,4)	2-7-8-6	308.43	311.36	48.40	
X2,1(5,1)	10-3-4-5-6	350.68	354.69	65.10	
X2,2(5,2)	10-7-9-5-6	376.38	380.69	60.72	
X2,3(5,3)	10-7-8-6	268.08	271.12	40.90	
		*Va	414.94	419.68	62.82
X2,4(5,4)	12-11-9-5-6	b	400.27	404.64	60.52
		c	400.27	404.64	59.37
		a	306.61	310.12	43.00
X2,5(5,5)	12-11-8-6	b	291.94	295.08	40.70
		c	291.94	295.08	39.55
		a	424.21	428.97	34.65
X2,6(5,6)	12-13	b	350.52	353.43	23.10
		c	350.52	353.43	17.33
X3,1(6,1)	11-9-5-6	318.06	319.13	55.92	
X3,2(6,2)	11-8-6	213.81	214.53	38.40	
		a	326.90	328.01	27.75
X3,3(6,3)	13	b	271.21	271.58	18.50
		c	271.21	271.58	13.88

*印はルートを構成しているリンクの方向を示す。()印は並行方向を示す。a, b, cはそれぞれケースを示す。

表-5 騒音予測のためのデータ

元のノイズ	騒音レベル (dB)	大重量車混入率 (%)	車線幅員 (m)
q=1	20	6.6	13.875
q=2	30	23.7	21.375
q=3	40, 60, 80	23.7	21.000

実態調査をもとに簡略化したネットワークに対応するOD交通量(表-2)、残存交通容量(リンク交通量から部分交通量を差し引いた残りの交通量)(表-3)を算定した。また、種々の資料をもとに、各種のパラメータ(走行費用、走行時間、騒音の推定パラメータ)を算定したが、これを表-4、表-5に示す。なお、騒音のケースは図-3に示す3点で行うこととする。

C) 選択対象代替案の提示

道路事業の計画者の立場に立ち、第=外環の設計速度と防音施設の整備の程度を制御パラメータとしてとりあげる。これらの組合せにより、計算ケースを設定する。すなわち多角形の領域(図-4)の各ケースについて、第=外環の設計速度として40、60、80km/hの3とおりを考え、それぞれケースa、ケースb、ケースcと称することとする。防音施設の整備の程度としては、防音壁を

設置しない場合、防音壁を設置し50dB(A)の騒音減衰を行う場合の2とおりを考え、それぞれケース1、ケース2と称することとする。そして、これらの計算ケースの組合せにより、たとえば、ケース2-bというように計算ケースを設定した。

これらの各ケースについてモデル計算を行い、選択対象代替案の集合を求めた。この結果を図-4、図-5に示す。

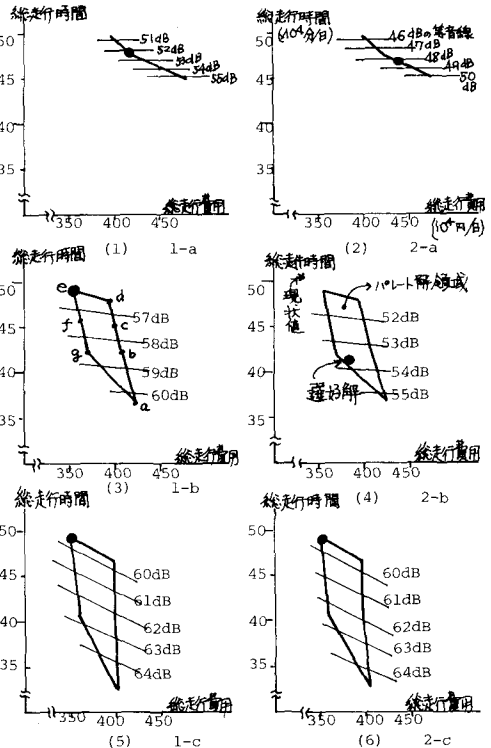


図-4 パレート解と選択解

D) 結果の考察

次に選択対象代替案の内容について具体的に説明を行う。ここでは議論のためやすくするために、第=外環の設計速度を60km/hとし防音壁を50dBの騒音減衰を行うこととする。

例としてとりあげた

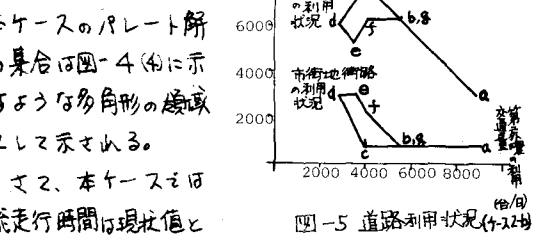


図-5 道路利用状況(ケース2-b)

比較して、第二外環に最大限の831台通過させれば場合で158,962分、通過交通を30.8台に制限した場合で30,421分減少している。このことより、第二外環にこだるだけ多くの通過交通を転換すれば総走行時間の減少に有効であることがわかる。総走行費用は第二外環に通過交通を転換すれば逆に増加している。これは、既設道路を利用する経路に比べ、第二外環を利用する経路の総延長距離の長い効用理論だけでは実用的ではなく、現実の意志が長いためである。しかし、設計速度の上昇に伴ってケース1-a、ケース2-aと比べていくらか改善されていることがわかる。また、本ケースのように防音壁を設置することにより、ある程度の騒音減衰は図られるもの、第二外環に7000台以上を通過させれば騒音値は環境基準を越してしまふこととなる。すなわち、この地点の騒音も環境基準以下に抑えるためには第二外環の利用交通を7,000台以下に制限することが必要となってくる。あるいは、さらに高規格防音壁を設置する代替案も考えられるが、この場合日照や通風の阻害などの新たな環境問題を引き起こす可能性もあるため、このような代替案の選択にあたっては、各種の方面からの検討が必要であろう。

4. デルファイ法による選好解の決定

(1) 概説

3. では京都第二外環の建設・整備計画の交通量配分問題におけるパレート最適な選択対象代替案の提示を試みた。提示された代替案は選択対象となるパレート解をすべて求めたあり、選好解を求める場合の選択対象代替案としての合理性を弱めている。しかしながら、パレート最適な代替案の数はあまりにも多く、このままでは実用的ではない。したがって、このような代替案の中から計画者が評価基準間のトレードオフを主観的に判断して最も望ましいと考える代替案を選び出していく必要がある。

もし、効用関数が求められれば、理論的には計画者の考える効用を最大にする形で代替案の中から一つの代替案を選好解として選択することはできる。しかし、このような「効用」という概念は計画主体の価値判断と密接に関連しており、計画者の考える効用を一つの効用関数として計量的に把握することは困難と言わざるを得ない。このような効用関数の同定方法については Keeney, Raiffa

理論として体系的に整備されていないのが実情のようである。また、現実の問題としては意志決定に参画する人々の合意の形成が重要な問題となってくる。しかし、個人の立場の主体の持つ効用を集計し、全体全体の効用を一つの効用関数として明示的かつ計量的に表現することはほぼ不可能であると考えられている。このため、抽象決定問題に適用することは極めて難しいと判断される。

一方、このような意志決定問題に対する実用的なアプローチの方法として計画主体の主観的判断を直接利用する方法が考えられる。この方法は計画主体の主観的判断を無原則に受入れるのではなく、主体の構成員の代表者と見られる何人かの主観的判断を体系的な方法で情報として取出し、それにもとづいて意志決定を行おうとする方法である。従来、専門家や分析者の意見を体系的に引出す方法がいくつか開発されている。このような手法の一つとしては、本研究で取り上げるデルファイ法がある。

デルファイ法を端的に言い表すならば、「意志決定を行うために専門家の意見と質問者に対する解答の形を引出し、その解答をより理由を練り集計したものとを情報として与え、つぎの質問者に対する修正された解答を求めるという過程を繰返し、多人数の意見をとりあわせる」とするものにも集約していく方法である」と言える。すでに述べたようにデルファイ法が上述の目的を十分に果たさうとは考えない。しかし、現在のところ有効な一つのアプローチの方法であると判断し、選好解の決定のための方法として採用することとした。

以上のように多目的計画問題における意志決定問題にアプローチする方法も種々あり、意志決定の方法をいかにしてはならない。また、意志決定のためにどのような方法をとるかによって得られる計画情報も異なると考えられる。したがって、道路計画問題において意志決定者のための計画情報システムを設計するためには、意志決定に必要な情報を得るための種々のアプローチを行い、得られた結果を比較、検討しておくことが必要である。つまり、デルファイ法によって得られた結果のまゝでは京都第二外環の建設・整備計画のための計画情報として不十分であるが、ここでは計画情報作成の一つの方法としてデルファイ法によるアプローチを試みることにする。

(2) 選好解の決定過程

以下では3.2.3.2で求めた選好代替要素の中から計画主体の構成メンバーがデルファイ法を用いてこのように選好解外環の建設・整備を決定していくかを実験的に求め、これに関して分析を計画のための計画を行う。このデルファイ法による調査の方法と内容は以下のとおりである。

① 第1回調査の内容

まず、第1回の調査は京都第=外環の建設・整備計画の概略、注意事項、第1回の回答を行うのに必要な若干の情報をアンケート調査票に整理して示した。これに対して回答者(12名)は各質問に対して第1回目の回答をアンケートに記入する。次に、調査結果を整理・集計し、第2回の調査のアンケート調査票を作成した。(図-6)

② 第2回調査の内容

第2回の調査は以上で作成したアンケート調査票を再び回答者に提供する。これに対して回答者はこれを新たな情報として第1回目の調査で提出した意見を自分が望む方向に修正することとなる。また、この調査では極端な回答を提示した回答者には回答の理由を提示することが求められる。なお、極端であるかどうかの判断の基準として以下のようなものを考える。すなわち、第1回目の調査で得られた全回答の重心を求め、この重心を中心として全体の50%の意見が入る範囲を求め、この範囲外にある場合には極端と判断されるわけである。この操作によって第1回の回答に確信を持っていないか、回答者に再考する機会を与え、回答者の判断の収れんを待つわけである。

さて、以上の2回のアンケート調査の結果、回答者は十分に収れんしたと判断した。そこで、回答者全員の回答の重心を求め、これをこの回答者のグループの意見とし、しかも、第=外環の騒音を環境基準以下におさえること採用することとした。以上のようにしてまとめた結果

表-6 各目標の達成水準

ケース	総走行時間(分)	総走行費用(円)	騒音(8=1)	騒音(8=2)	騒音(8=3) 第=外環
1-a	493,851	4,003,887	54.76	55.00	52.73
2-a	481,809	4,106,055	54.76	54.96	48.50
1-b	489,036	3,662,715	54.91	54.98	56.17
2-b	421,472	3,784,298	54.76	54.95	53.85
1-c	474,214	3,662,715	54.91	54.98	59.92
2-c	474,214	3,662,715	54.91	54.98	54.92

を図-5に併記す

③ 結果の考察
ここでは6ケース中、代表的なケース2-0(第=外環の設計速度を60km/hとし、防音壁を5dBの騒音減衰を行う場合)を例にとり、結果

例としてとりあげた本ケースにおいては、総走行時間は各ケースの中で最小の値を示している。また、現状値と比較して、11,043分も短縮されている。一方、総走行費用は現状値に比べて2423,374円増加している。これは前述したように既存道路を利用したとより第=外環を利用したとの方が経路の総延長が長いのである。次に市街地の通過交通量は現在の4000台/日から809台/日へ大幅に減少し、それに伴って騒音は環境基準を満たすこととなる。また、外環状線を利用する交通量と騒音も各ケース中最小の値となっている。しかも、第=外環の騒音を53.85dB(A)と環境基準以下におさえることが可能となった。すなわち、本ケースのように第=外環を建設することは、市街地、外環状線の通過交通・騒音の2つに減、総走行時間の2つに減に極めて有効である。

がでること

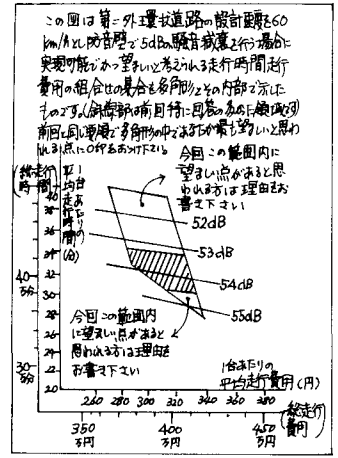


図-6 アンケート調査票(一部)

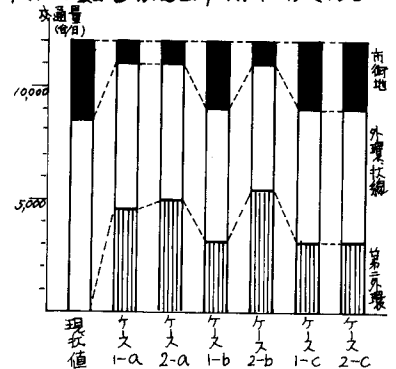


図-7 道路利用状況

を考慮せざるならば本ケースは非常に難解な代替案と
であると考える。

5. 結 言

本研究では、バイパス道路計画における交通量配分問
題に対して、交通機能・環境にかかわる多面的・多角的
な側面からの情報が取得できるような方法についての提
案を行った。すなわち、ここではマルチパラメトリック
計画法によって多目標の交通量配分モデルを定式化す
るとともに、これによってパレート最適な配分計画案を
体系的に求める方法をシステム化した。さらに、以上を
よのほかに選択対象代替案の中から計画主体の構成メンバー
がデルファイ法を用いてどのように望み解を決定してい
くかを実験的に求め、これに関して分析を行った。また、
この方法を実際に京都市における第二外環の建設・
整備計画に適用し、定量的な分析を行った。この分析
から得られた計画情報は種々の前提条件のもとで
の内のえることではあるが、以下の如くに要約できる
であろう。

- ① 第二外環の建設は現在市街地の街路や外環状線に乗り
込んでいる通過交通の軽減と総走行時間の削減に効果的
であり、市街地、外環状線の騒音と環境基準以下に抑え
ることが可能となる。
- ② 第二外環の騒音を環境基準以下に抑えながら総走行時
間や総走行費用の削減を図るためには第二外環の設計
速度を60km/hとすることが望ましい。ただし、この場
合第二外環の騒音の削減のための防音壁の設置がせ
むし必要となる。
- ③ 望ましい道路計画の決定のためには、プラスの効果と
マイナスの効果とを同時に考慮する必要がある。プラスの
効果とを大きくするだけ大きくし、マイナスの効果とを
小さくすることが必要である。この点で、本研究で
りあげたような「マルチパラメトリック計画法による
パレート解の提示とそれに続くデルファイ法による望み解
の決定」という二段階のプロセスによるバイパス道路計
画情報の作成方法は極めて有効な情報を提供しうるもの
と考える。

しかし、本研究で試みたようなアプローチの方法によ
って得られる計画情報をより情報精度の高いものとする
ためには、さらに以下に述べるような課題について検討
を加える必要がある。本研究では、まずマルチパラメ

トリックプログラミングモデルによるパレート解の客観
的な提示を目指した。このような方法ではモデルにとり
あげられる目標を増やせば情報が膨大化してしまうため、せ
いぜい2-3個程度の目標しかとりあげられないという
問題点も持っている。また非線形のマルティパラメトリッ
ク計画問題に対する解法はまだ提案されていないという
技術上の問題点もある。また、本研究では望み解の決定
方法としてはデルファイ法を用いた。しかし、デルファイ
法による得られた結果だけでは、京都市の第二外環
の建設・整備計画のための計画情報としては、いまだ不
十分であると言わざるを得ないだろう。いずかにせよ、
多目的計画法に関する研究は随分進めなければならず、
バイパス道路計画のための計画情報を効果的に得られる
方法には至っていない。したがって、この道路計画の意
志決定者に対する精度の高い計画情報を作成するためには、
種々のアプローチを行い得られた結果の比較検討を
行うことが必要となる。

以上のように種々の未解決の問題はあるが、本研究が
バイパス道路計画の方法を検討して、いくさごころの基
礎的な情報を提供したものと確信する。

最後に、本研究を遂行するにあたり、有益なご助言を
いただいた京都大学工学部山本幸司助手に感謝の意を表
します。

参 考 文 献

- 1) Yoshikawa, K., Hamana, M. and Kobayashi, K.: Structuring Infor
mation for Highway Planning, Proc. of IRDP/IIASA Workshop, 1978.
- 2) 伏見鏡太郎, 山口俊和: 複数の目標をバランスよく達成する目的の数理計
画的な手法, 経営科学, 第19巻, 第2号, PP. 88-102, 昭和50年.
- 3) Haimos, Y. Y., Hall, W. A. and Freedman, H. T.: Multi-objective Optimization
in Water Resource System, The Surrogate Worth Trade Off Method, Elsevier, 1975.
- 4) 中山弘隆, 穂積一: 多目的意思決定とその応用, システム制御, Vol. 20, No. 10,
PP. 511-520, 1976.
- 5) 宮川公男: システム分析概論, 有斐閣双書, PP. 176-185, 昭和48年.
- 6) 田村幸二: 高速道路の騒音, 工学全集, Vol. 10, PP. 45-58, 昭和49年.
- 7) Gal, T. and Nedomo, J.: Multiparametric Linear Programming,
M.S., Vol. 18, No. 7, PP. 406-422, 1972.
- 8) 建設省国土地理院, 京都市周辺における都市環境道路調査報告, 昭和49年.
- 9) 京都市都市開発局: 全国交通情報調査, 昭和49年.
- 10) 交通工学研究会: 交通工学ハンドブック, 技報堂, 昭和48年.
- 11) Keeney, R. L. and Raiffa, H.: Decision Analysis with Multiple Conflict
ing Objectives, Preference and Value Trade Off, John-Wiley, 1976.