

バイパス道路計画のための計画情報の作成に関する研究

STUDY ON STRUCTURING INFORMATION FOR
BY-PASS HIGHWAY PLANNING

吉川 和 広*・春 名 攻**・小 林 潔 司***

By Kazuhiro YOSHIKAWA, Mamoru HARUNA and Kiyoshi KOBAYASHI

1. 緒 言

近年、わが国においては社会・経済の発展に伴って、それを支える基盤施設としての道路施設の建設・整備が急速に進展し地域の開発に大きく貢献してきた。しかし一方では、道路交通は著しく増大し、交通渋滞・交通事故といった交通問題とともに騒音・排気ガス・振動といった環境問題も引き起こしている。

道路施設はいまでもなく国民の生活向上に資するものであり、社会・経済のための基盤として重要である。このことを国道および幹線道路におけるバイパスの建設・整備事業を例にとりて説明してみる。バイパスは通過交通の利便のためばかりでなく、現道の交通混雑を緩和し、ひいては現道の騒音の減少といった生活環境の改善を図るものである。このようにバイパスの建設・整備は輸送能力の増強にあわせて現道の円滑化、および道路環境の改善を図るなどバイパスが地域社会・地域経済にもたらすプラスの効果は非常に大きいものがある。

しかし、わが国のように国土のわずか 30% にすぎない平野部に人口の 80% 以上が集中している場合、バイパスといえども人口密度の高い地域を避けて通すことは難しい。このためバイパス建設のプラスの効果を増加させればさせるほど騒音の増大や大気汚染の増大といったマイナスの効果も大きくなる。このように道路計画のプラスの効果とマイナスの効果の間にはトレードオフの関係が存在している。

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、バイパスの建設が騒音・排気ガス等沿道も含めた地

域社会の生活環境に及ぼす影響もまた大きいものがある。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の双方を同時に考慮することが必要であり、プラスの効果をしてできるだけ大きくマイナスの効果をしてできるだけ小さくするような望ましい計画案を策定していくことが重要である¹⁾。

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取り上げることとする。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とする多面的・多角的な情報が取得できるような方法につい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 WORKSHOP において一部発表(英文)したもの²⁾をもとにして、モデルの改良と新しいデータによる分析を加えて増補したものである。

2. 多目標の道路計画モデル

道路計画の問題においては、1. でも述べたように道路の建設・整備に伴うプラスの効果の増大とマイナスの効果の減少を同時に目標として取り上げ、これをいかに効果的に達成していくかということが重要な課題となる。具体的には、これらの目標をバランスよく達成しようとするためには、複数の目標間のトレードオフの関係のメカニズムを想定しなければならない。このことは道路計画のシステムを考えるとき、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。これに対して、本研究で取り上げる目標計画法³⁾をはじめとする多目的計画手法⁴⁾は、有力な分析手法の1つであると考え

る。一方、バイパス道路計画問題を分析していく際、どのような道路計画要因を取り上げシステムモデルとして定

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 工博 京都大学助教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工修 京都大学助手 工学部土木工学科

式化するのが効果的であるかということも重要な課題となる。本研究では、まず大都市およびその周辺地域における交通量の配分状態が道路計画のプラスの効果とマイナスの効果と密接な関係があることに着目した。また、バイパスの設計速度や防音施設の整備状況もこのような効果を制御する手段として重要である。したがって、より充実したバイパス道路計画情報を求めるためには、これら両者を同時に考慮したような道路計画問題が取り扱えるシステムモデルを作成することが必要であると考えた。そこで、まず道路計画問題の中でも中心的な計画問題である交通量配分問題を取り上げるとともに、これを「総走行時間の逓減」、「総走行費用の逓減」、「騒音の逓減」、「大気汚染の逓減」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目標計画法を用いて定式化した。このモデルをモデル1とよぶこととする。さらに、本モデル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・整備を中心とした京都市およびその周辺地域における幹線道路計画に適用するとともに、道路事業の計画者の立場から第二外環の設計速度や防音壁の整備の程度をパラメーターとして変化させ評価尺度や配分状態との関係を明らかにして計画情報として求めることとする。

さて、モデル1による実証分析の結果、このモデル1では取り上げなかった計画要因（たとえば既存リンクの拡幅）に関する検討課題もいくつか明らかにされた。すなわち、道路網の形態と市街地の道路容量の関係から交通流の状態が強く規定される部分が市街地の街路に生じるため、「総走行時間の逓減」、「騒音の逓減」とかいった計画目標が一定限度以上には達成されなくなるという結果を生じさせることがわかった。一方、道路計画の目標の達成を制御する手段としては、モデル1による分析で取り上げるような手段の他の手段として、新しい路線の建設や既存道路の拡幅という手段も考えられるのである。そこで、道路計画の情報という観点からは、モデル1による分析をさらに発展させて上述のような道路計画の目標達成のための手段をも同時に考慮したシステムモデルによる分析も必要であると考えた。この観点に立って、道路計画のプロセスレベルを若干変更し、路線の建設の有無や、道路施設の整備の程度も変数として問題に加えた新たなシステムモデル（モデル2）を目標計画法を用いて定式化することとした。さらに、このモデル2を京都市の幹線道路計画に対して適用して考察を加えるとともに、道路網における路線や道路施設の代替案と評価尺度や配分状態の関連関係を計画情報として求めてゆくこととする。

3. 多目標配分モデルによるバイパス道路計画情報の作成——モデル1によるアプローチ

(1) モデルの概要とモデル化における前提条件

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めざした望ましいバイパス道路計画の策定にあたっては、バイパスと既存の道路によって構成される道路網にどのように交通量を配分すれば複数の計画目標のバランスよい達成が図れるかということが特に重要な課題になると考えられる。ここでは、考察の対象をこのような多目標の交通量配分問題に限定し、効果的なバイパス道路計画情報を作成し得るシステムモデルの定式化を試みる。

すなわち、道路計画のプラスの効果を図る尺度としては「総走行時間」、「総走行費用」を取り上げ、マイナスの効果を図る尺度としては「騒音」、「大気汚染」を取り上げる。さらに、これらの尺度のそれぞれに対して「ここまで達成されれば十分である」という望ましい状態を示す目標値（満足水準）を設定する。そして、上述のすべての尺度を可能な限りバランスよく望ましい状態に近づけるような配分状態を求めるためのシステムモデルを目標計画法を用いて定式化する。さらに、本モデル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。その際、第二外環の設計速度や防音施設の整備の程度をパラメーターとして取り扱い、評価尺度や配分状態との関係を明らかにして計画情報として求めていくこととする。

なお、実証分析の対象として取り上げた第二外環は次のような性格をもつバイパス⁶⁾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、このため市街地の道路において交通量が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、悪化した市街地の状況の改善を図るとともに、通過交通の円滑な処理を行うという意図をもっている。このような第二外環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を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関係する通過交通を取り上げる。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。そして、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よぶこととした。この部分交通量は配分問題においては与件とすることとした。なお、本研究の実証分析の対象として取

り上げる第二外環の建設・整備計画においては、ネットワークの形態上の特性やOD交通量の分布特性から対象ネットワーク上において部分交通の代替経路があまりなく、部分交通の配分状態が通過交通によって影響を受けにくい構造特性をもっていることが判明した。したがって、通過交通のみを配分対象として取り上げた本モデルが当該道路計画のための十分精度の高い計画情報を与えるものと判断した。

(2) 目標計画法による配分モデルの定式化

a) 目標計画法の概要

複数目標の達成度をバランスよく増大させることを目的とした計画問題を数学的に定式化する方法の1つに目標計画法³⁾がある。モデルの定式化に先立って、ここでは伏見・山口らによる目標計画法³⁾の概要について簡単に説明することとする。

いま、 m 種の目標 G_1, \dots, G_m のそれぞれが状態 $x_j (j=1, \dots, n)$ によって達成されている水準を $g_i(x_1, \dots, x_n) (i=1, \dots, m)$ とする。さらに、 m 種の目標のそれぞれに「これ以下になれば満足だ」と考えられる水準(満足水準)を設け、これを G_1^0, \dots, G_m^0 とする。通常は、技術的・物理的な制約条件が存在するために、これらの複数目標をすべて満足水準以下にすることはできない。そこで、目標の不達成による不満足度を最小するように $x_j (j=1, \dots, n)$ を決定することが問題となる。いま、 m 種の目標について「これ以上になることは避けたい」という最低の水準(許容水準)を設け、これを g_1^0, \dots, g_m^0 とする。そして、1組の目標の達成水準 (g_1, \dots, g_m) を軸とする直交座標系を考え、この空間上に目標全体の望ましい改善の方向を示す G ベクトル $g^0 G^0$ を考える(図-1)。さらに、 G ベクトル上の任意の1つの点の効用と等しい効用をもつ点の集合を n 次元空間の中に決めることを目的として、目標計画法ではL字型効用関数とよばれる関数を用いて規範的に等効用点を規定するのである(図-1)。このようなL字型効用関数は各目標の達成水準のうち最も低い水準にあるもののできる限り引き上げてゆき、結果的に目標全体の水準を引き上げるといふ Max-Min 計画法の考え方に基づいて

いる。したがって、そのメカニズムも直観的に理解しやすく、また数理計画問題として容易に定式化し得るといふ利点をもっている。

このL字型効用関数を数学的に表現するために満足水準からのかい離を示す補助変数 y, z を導入する(図-1)。このとき、L字型効用関数は次のように定式化できる。

$$g_i(x_1, \dots, x_n) - y_i + z_i = G_i^0 \quad (i=1, \dots, m) \dots\dots\dots(1)$$

$$g_i(x_1, \dots, x_n) \leq g_i^0 \quad (i=1, \dots, m) \dots\dots\dots(2)$$

$$y_i/\lambda_i = z_i/\lambda_i = \dots = y_m/\lambda_m \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 $\lambda_i = g_i^0 - G_i^0$ である。このとき、 y_i 中の任意の1つの最小化を図ることによって、目標全体の達成度を G ベクトルに沿ってできる限り増大させることができるのである。

b) モデルの定式化

モデルの定式化にあたって以下のような記号を定義する。 f_l : OD ペア $l (l=1, \dots, p)$ の OD 交通量, x_{ij}^l : リンク (ij) の OD ペア l の交通量, Q_{ij} : リンク (ij) の交通容量, t_{ij} : リンク (ij) の部分交通量, J : リンクの添字の集合。このとき、各 OD ペアの交通量は次に示す連続条件式(4)と容量条件式(5)を満足しなければならない。

$$\sum_{(ij) \in J} x_{ij}^l - \sum_{(jk) \in J} x_{jk}^l = \begin{cases} -f_l : \text{ノード } j \text{ が OD } l \text{ のソースのとき} \\ f_l : \text{ノード } j \text{ が OD } l \text{ のシンクのとき} \\ 0 : \text{その他} \end{cases} \quad (l=1, \dots, p) \dots\dots\dots(4)$$

$$\sum_j x_{ij}^l + t_{ij} \leq Q_{ij} \quad (ij) \in J \dots\dots\dots(5)$$

次に、本モデルで取り上げる計画目標、「総走行時間の通減」、「総走行費用の通減」、「騒音の通減」、「大気汚染の通減」の定式化を試みるが、目標計画法ではこれらの目標は技術的に制約条件として定式化される。

まず、「総走行時間の通減」に関してその目標を定式化する。従来の多くの観測結果によれば、本モデルで取り扱う変数のとり得る値の範囲では交通量と走行速度の関係は一次式で十分近似できると考えられる。そこで、各リンクの走行時間関数を式(6)のように仮定すると当該の目標は式(7)、(8)として定式化できる。

$$f_{ij}(X_{ij}) = \alpha_{ij} / (\beta_{ij} - X_{ij}) \dots\dots\dots(6)$$

$$\sum_{(ij) \in J} X_{ij} \cdot f_{ij}(X_{ij}) - y_T + z_T = G_T^0 \dots\dots\dots(7)$$

$$\sum_{(ij) \in J} X_{ij} \cdot f_{ij}(X_{ij}) \leq g_T^0 \dots\dots\dots(8)$$

ここに、 X_{ij} はリンク (ij) の交通量 ($X_{ij} = \sum_j x_{ij}^l$)、 $\alpha_{ij} \cdot \beta_{ij}$ はリンクの特性によって決まる定数である。

次に、「総走行費用の通減」という目標は、OD ペア

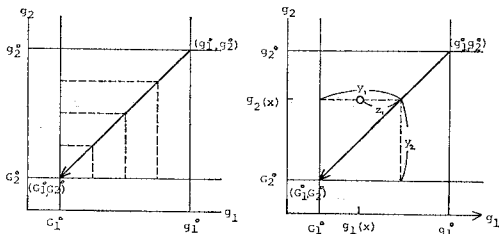


図-1 L字型効用関数³⁾

l のリンク (ij) の車両1台当りの走行費用を C_{ij}^l とすると式 (9), (10) のように定式化できる。

$$\sum_l \sum_{(ij) \in J} C_{ij}^l x_{ij}^l - y_c + z_c = G_c^0 \dots \dots \dots (9)$$

$$\sum_l \sum_{(ij) \in J} C_{ij}^l x_{ij}^l \leq g_c^0 \dots \dots \dots (10)$$

次に、「騒音の通減」という目標は、バイパス新設によって影響を受ける地点の中で最も重要な地点（騒音チェックポイントとよぶ）での騒音値によって検討することとする。なお、道路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の提案した推定式⁶⁾を用いる（現在は新しい推定式も提案されているようであるが、ここでは結果として大差ないものが得られると判断して常用の旧式を用いて分析している）。

$$N_q + 30 \log_{10}(v_q(X_q)) + 10 \log_{10}(X_q/(24 \cdot l)) - y_{Nq} + z_{Nq} = G_{Nq}^0 \quad (q=1, \dots, u) \dots \dots (11)$$

$$N_q + 30 \log_{10}(v_q(X_q)) + 10 \log_{10}(X_q/(24 \cdot l)) \leq g_{Nq}^0 \quad (q=1, \dots, u) \dots \dots \dots (12)$$

ただし、 $N_q = 45 + 10 \log_{10}(1 + n/20) - \Delta M$ である。ここに、 l : 車線中央よりチェックポイント q までの距離 (m)、 v_q : チェックポイント q のあるリンクの平均走行速度 (日交通量 X_q の関数となる)、 n : 大型車混入率、 ΔM : 防音施設による騒音減衰量、である。

最後に、「大気汚染の通減」という目標は、市街地の重要な交差点と新設道路の沿道に設けたチェックポイントにおける CO 濃度によって検討することとする。従来⁷⁾の研究⁷⁾では CO 濃度がそれほど高くはない範囲 (15 ppm 以下) においては CO 濃度が交通量の一次関数で推定できるとされている。そこで本研究においても CO 濃度は交通量の 1 次関数で推定できると仮定する。

$$a_{At} X_{At} + b_{At} - y_{At} + z_{At} = G_{At}^0 \quad (t=1, \dots, v) \dots \dots \dots (13)$$

$$a_{At} X_{At} + b_{At} \leq g_{At}^0 \quad (t=1, \dots, v) \dots \dots \dots (14)$$

ここに、 $a_{At} \cdot b_{At}$: チェックポイント t で異なる定数、 X_{At} : チェックポイントのある交差点、あるいはリンクの日交通量である。さらに上述の制約条件式に加えて、各目標の達成度の均衡をはかる制約条件式を定式化する。

$$y_T / \lambda_T = y_c / \lambda_c = y_{N1} / \lambda_{N1} = \dots = y_{Nu} / \lambda_{Nu} = y_{A1} / \lambda_{A1} = \dots = y_{Av} / \lambda_{Av} \dots \dots \dots (15)$$

ただし、 $\lambda_T = g_T^0 - G_T^0$ 、 $\lambda_c = g_c^0 - G_c^0$

$$\lambda_{Nq} = g_{Nq}^0 - G_{Nq}^0, \lambda_{At} = g_{At}^0 - G_{At}^0$$

ここで、各目標からのかい離を示す y のうち任意の 1 つを最小化すると式 (15) によって目標全体の達成度を G ベクトルにそって可能な限り大きくすることができる。ここでは便宜上、 y_T を目的関数として取り上げる。

$$\omega = y_T \rightarrow \min \dots \dots \dots (16)$$

c) 解法

以上のように定式化された問題では、総走行時間や騒音に関する制約条件式が非線形であり非線形計画問題となっている。この問題の解法としては切除平面法を用いた解法が鳥取大学の岡田によって提案されている⁸⁾が、ここでは逐次近似法としてよく知られている MAP (Method of Approximation Programming) 手法を用いることとする。なお、この手法に関する詳細は参考文献⁹⁾に譲るとして、ここではアルゴリズムのフローチャートのみを記すにとどめる (図 2)。

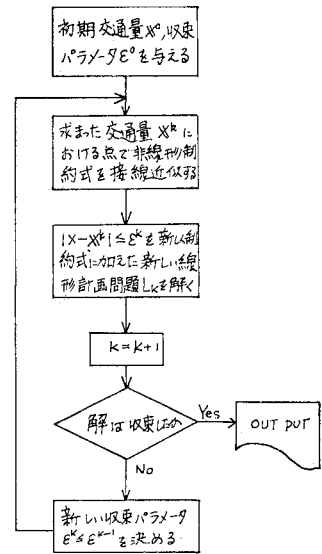


図 2 MAP 手法による解法

(3) 京都第二外環の建設・整備計画に対する実証分析

a) 京都第二外環の概要

京都市およびその周辺地域における現在の幹線道路網は地理的な条件から「京都⇄大津」、「京都⇄亀岡」、「京都⇄大阪」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「大津⇄大阪」方向の通過交通の大半が流入通過している。しかし、外環状線の設計速度とか設計交通容量といった道路特性に起因して、外環状線だけでは通過交通の処理に対して十分な機能を果たしていない。その結果、通過交通の一部が市街地に流入し、市街地の交通に大きな圧迫を加えており、また通過交通自体も大きな時間的・経済的な損失を受けている。

また、市街地・外環状線沿道で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、現実には道路騒音・大気汚染に関して環境基準を満たし得ないところもでてきている。

こういった事態を解消するための 1 つの手段として、建設省京都国道工事事務所は現在第二外環の建設・整備を提案し、沿道の環境を考慮した道路構造について検討を行っている。

そこで、本研究では現在の幹線道路体系にさらに第二外環が建設された場合を想定し、通過交通の多目標の計画的配分を試みるにより第二外環の建設の意義につ

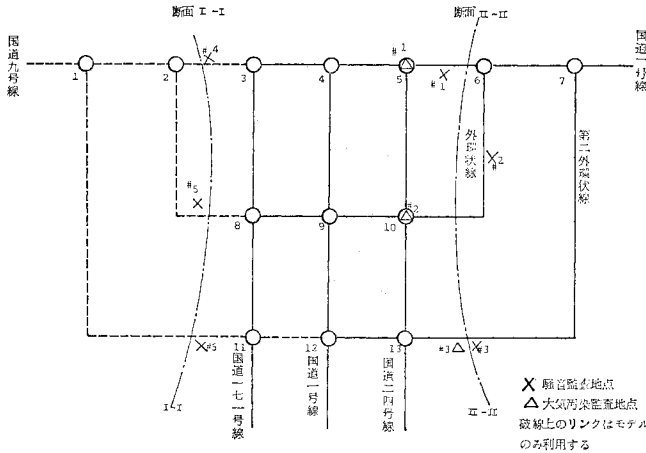


図-3 ネットワーク概略図

いて検討を加えることとする。

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図-3のような簡略化された道路ネットワークを求めた。次に、昭和49年度秋期の交通情勢調査¹⁰⁾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-1)、残存交通容量(リンク交通容量から部分交通量を差し引いた残りの交通容量)(表-2)を算定した。また種々の資料^{11)~13)}をもとに、各種のパラメーター(走行費用、走行時間関数、騒音推定式、CO濃度推定式)を算定したが、これを表-2~4に示す。

c) 目標値の算定

各目標の目標値(満足水準・許容水準)を以下に示す考え方に基づいて表-5のように算定した。

① 第二外環を建設することにより総走行時間の逓減が期待できる。そこで総走行時間の許容水準として現状値、満足水準として第二外環の設計速度を80km/hとして総走行時間最小化配分を行った場合の値を用いる。

② 第二外環は山間部を迂回するため、第二外環を利用すれば現在の外環状線を利用する場合に比べ走行距離

表-1 OD交通量(路線別)

路線	方向	(台/日)	
		→	←
国道9号線 ↔ 国道1号線 (東山バイパス)		1239*	1460*
国道9号線 ↔ 国道171号線		855*	528*
国道9号線 ↔ 国道1号線 (枚方バイパス)		1425*	1967*
国道9号線 ↔ 国道24号線		264*	230*
国道171号線 ↔ 国道1号線 (東山バイパス)		1911	1898
国道1号線 ↔ 国道1号線 (枚方バイパス)		3012	3049
国道24号線 ↔ 国道1号線 (東山バイパス)		921	1329

注) *印のついたデータはモデル2においてのみ使用する。

が長くなり、走行費用も高くつく。走行費用に関しては低い値をとることが望ましい。そこで、総走行時間最小化配分を行った場合の総走行費用の値を算出し、この値を便宜的に総走行費用の許容水準とするとともに、満足水準としては総走行費用最小化配分を行った場合の値を用いることとした。

③ 騒音の検討は図-3に示す3地点で行う。騒音の満足水準は市街地・外環状線においては通過交通を零にまで減少させることによって達成できる値、第二外環では「バイパス建設が悪影響を及ぼさない程度の騒音を対象とする」という観点を重視して「A地域で2車線を超える道路に面する地域の夜間における環境基準」に相当する値を非常に好ましい水準とし

表-2 入力情報(一部)

リンク	残存交通容量(台)	走行費用(円)(→方向)	走行費用(円)(←方向)	α_{ij}	β_{ij}
1-2	3600*	26.60*	26.73*	33.00*	13.20*
2-3	3800*	84.25*	84.65*	154.56*	13.93*
3-4	4500	43.01	42.58	20.80	3.47
4-5	4500	35.25	34.90	42.18	3.05
5-6	3250	117.36	116.74	129.95	9.37
6-7	12200	43.24	43.01	15.96	2.21
2-8	1° 1850*	123.96*	121.96*	12.24*	0.41*
	2° 11400*	123.96*	121.96*	14.96*	1.23*
8-9	1° 1500	70.01	69.63	6.12	0.40
	2° 11500*	70.01*	69.63*	7.48*	1.50*
9-10	11000	49.42	49.15	18.23	3.91
10-6	21500	170.90	170.00	129.48	8.67
1-11	a° 24000*	164.07*	160.20*	86.40*	6.40*
	b° 36000*	133.02*	133.65*	129.60*	14.40*
	c° 22000*	133.02*	133.65*	70.20*	10.40*
11-12	a° 24000*	102.09*	99.86*	53.76*	6.40*
	b° 36000*	82.77*	83.16*	80.64*	14.40*
	c° 22000*	82.77*	83.16*	43.66*	10.40*
12-13	a° 24000	94.71	94.21	44.16	6.40
	b° 36000	76.87	75.62	66.23	14.40
	c° 22000	76.87	75.62	35.88	10.40
13-7	a° 24000	375.37	366.30	177.60	6.40
	b° 36000	309.14	309.14	266.40	14.40
	c° 22000	309.14	309.14	144.30	10.40
8-11	10000	40.36	39.98	46.20	15.42
9-12	7750	36.86	37.06	43.68	7.45
10-13	1750	33.66	34.49	4.85	0.44
3-8	2000	159.15	160.74	58.24	0.97
4-9	1000	161.36	162.43	90.48	1.51
5-10	2000	172.47	168.30	64.60	3.03

注) *印のデータはモデル2のみ使用する。○印のついた数字は計算ケース、○印のついた数字は拡幅の有無を示す(1° 拡幅なし、2° 拡幅あり)。

表-3 騒音予測のためのパラメーター

監査地点	設計速度(km/h)	大型車混入率(%)	車線中央より測定点までの距離(m)
1, 2	20	6.6	13.875
3, 4	30	23.7	21.375
5, 6	40, 60, 80	23.7	21.0

表-4 CO 濃度予測のためのパラメーター

監査地点	a_{At}	b_{At}
1	0.000125	13.320
2	0.000125	4.270
3 (設計速度 40 km/h)	0.000250	2.0
3 (設計速度 60 km/h)	0.000139	2.0
3 (設計速度 80 km/h)	0.000265	2.0

表-5 各目標の満足水準および許容水準

	満足水準	許容水準
総走行時間 (分・台)	338 336	490 654
総走行費用 (円・台)	3 360 924	3 981 143
騒音 (監査地点1) (dB(A))	54.0	55.0
騒音 (監査地点2) (dB(A))	54.0	55.0
騒音 (監査地点3) (dB(A))	50.0	55.0
CO 濃度 (監査地点1) (ppm)	10.0	12.82
CO 濃度 (監査地点2) (ppm)	2.0	10.0
CO 濃度 (監査地点3) (ppm)	2.0	10.0

て採用することとした。一方、許容水準としてはいずれの地点でも最悪の状態に至っても環境基準を満たすという意図のもとで「A地域の2車線を超える地域の朝夕における環境基準」を許容水準として用いることとした。

④ 大気汚染の検討は図-3に示す3地点で行う。市街地のCO濃度は現在環境基準値を超えているので、交通量配分においては現状値より改善を図るとともに環境基準の達成を目標とする。一方、他の地点では環境基準値を許容水準とし、理想的なCO濃度としての上空濃度を満足水準として用いることとする。

d) 計算ケースの設定

道路事業の計画者の立場に立って第二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ーとして取り扱い、これらパラメーターの組合せによって計算ケースを設定する。まず、第二外環の設計速度としては40, 60, 80 km/hの3通りを考え、それぞれケース1, ケース2, ケース3とよぶこととする。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、防音壁で5dB(A)の騒音減衰を行う場合、10dB(A)の騒音減衰を行う場合(10dB(A)の騒音減衰は技術上の上限値とも考えられる)の3通りを考え、それぞれケースa, ケースb, ケースcとよぶこととする。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9通りの計算ケースを設定した。

e) 計算結果の分析

各ケースの計算結果は表-6, 図-4~7に示すとおりである。以下では、特に第二外環の設計速度を60 km/hとし防音壁を設定し5dB(A)の騒音減衰を図るとした代表的なケース2-bを中心として結果に対して考察を加え、第二外環の建設・整備のための計画情報としてとりまとめる。

一例としてここで取り上げたケース2-bにおいて総走行時間は現状値から84171分改善されている。また、設計速度を40 km/hから60 km/hと上昇させたことに

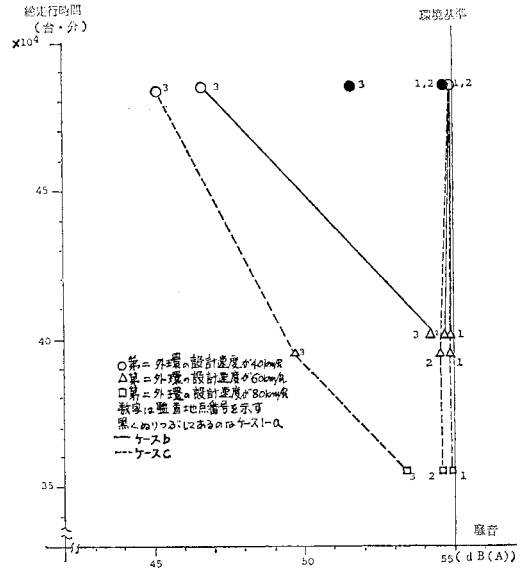
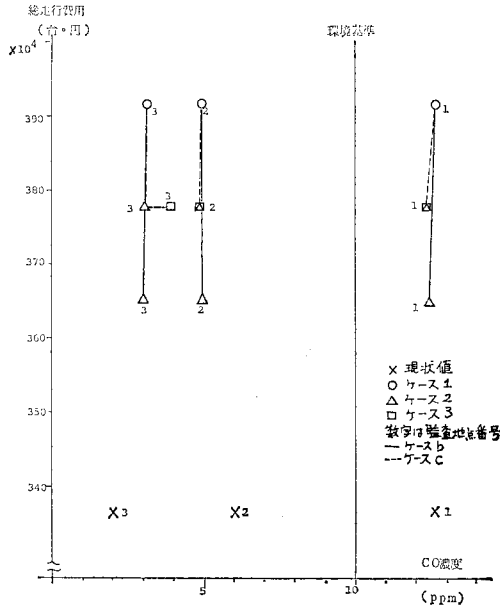


図-4 総走行時間と騒音の関係

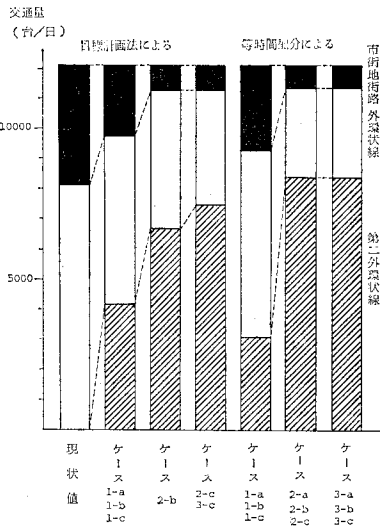
表-6 各目標の達成水準

ケース	総走行時間 (台・分)	総走行費用 (台・円)	騒音1 (dB(A))	騒音2 (dB(A))	騒音3 (dB(A))	大気汚染1 (ppm)	大気汚染2 (ppm)	大気汚染3 (ppm)
1-a	484 029	3 958 804	54.96	54.96	51.65	12.62*	4.98	3.00
	498 263	3 860 294	55.00	55.05*	51.54	12.71*	5.20	2.75
1-b	484 029	3 958 804	54.96	54.96	46.65	12.62*	4.98	3.00
	498 263	3 860 294	55.00	55.05*	46.54	12.71*	5.20	2.75
1-c	484 029	3 958 804	54.96	54.96	45.00	12.62*	4.98	3.00
	498 263	3 860 294	55.00	55.05*	45.00	12.71*	5.20	2.75
2-a	—	—	—	—	—	—	—	—
	383 485	3 981 143	54.89	54.42	60.19*	12.45*	4.62	3.16
2-b	406 483	3 826 852	54.86	54.76	54.22	12.42*	4.86	2.92
	383 485	3 981 143	54.89	54.42	55.19*	12.45*	4.62	3.16
2-c	395 441	2 895 173	54.86	54.59	49.72	12.42*	4.76	3.03
	383 485	3 981 143	54.89	54.42	51.19	12.45*	4.62	3.16
3-a	—	—	—	—	—	—	—	—
	338 336	3 981 143	54.89	54.42	63.78*	12.45*	4.62	4.20
3-b	—	—	—	—	—	—	—	—
	338 336	3 981 143	54.89	54.42	58.78*	12.45*	4.62	4.20
3-c	355 423	3 895 173	54.86	54.59	53.33	12.42*	4.76	3.96
	338 336	3 981 143	54.89	54.42	58.78*	12.45*	4.62	4.20

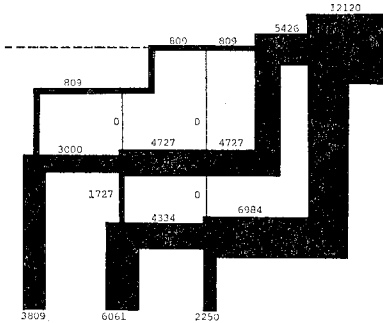
注) 上段は目標計画法, 下段は等時間配分による。*印は環境基準を超えていることを示す。
—印は実行可能解がないことを示す。



図一五 総走行費用と CO 濃度の関係



図一六 道路利用状況



図一七 配分結果 (ケース 2-b)

よって、ケース 1-b より 77546 分も短縮されている。一方、総走行費用は現状値に比べ逆に増加しているが、これは前述したように第二外環を利用する経路の総延長が外環状線を利用する場合よりも長いためである。しかし、ケース 1-b に比べ、第二外環の交通量が多くなったにもかかわらず逆に総走行費用は減少している。これは設計速度が上昇したためである。次に、設計速度を 80 km/h と上昇させたケース 3-b の場合には実行可能解が存在しない。すなわち、設計速度を 80 km/h としたために騒音を環境基準以下に抑えることができなくなったためである。80 km/h の設計速度を確保するためには、たとえばケース 3-c のような非常に高規格の防音壁の設置が必要となってしまふ。しかし、このような高規格の防音壁を設置することは日照・通風という新たな問題も生じる。

第二外環を建設することにより市街地・外環状線の通過交通を現状値から大幅に減少させることができる。それに伴って騒音値はいずれの地点においても環境基準を満たすことが可能となる。しかし、市街地の CO 濃度は環境基準を超してしまっている。通過交通を減少させてもそれほど市街地の騒音や CO 濃度が減少しないのは、市街地交通の大部分が部分交通によって占められているためである。また、市街地のリンク (8-9) の容量の関係から外環状線を利用する交通が制限され、第二外環を建設しても国道 171 号線関係の通過交通が市街地に流入してしまうという結果となっている。これらの問題を抜本的に解決するためには市街地部の内々・内外交通の合理的な処理を行うとともに、交通流のネックとなっているリンクの拡幅を図ることが必要であると考えられる。あるいは、その代替手段として第二外環を国道 171 号線まで延長させることが考えられる。この点に関しては次の 4. においてより詳細に議論することとする。また、第二外環の通過交通量はケース 2-b の場合 6983 台となり、騒音値・CO 濃度はともに環境基準を満たしている。特に、CO 濃度は外環状線・第二外環ともに環境基準よりかなり低いので、いまのところ問題はないと思われる。また、第二外環の騒音も本ケースのように防音壁を設置することにより環境基準以下に抑えることが可能となる。

さて、目標計画法による交通量配分は計画的配分とよぶべきもので、従来の研究における機能的な配分方法とはねらいが異なる。そこで、最後に機能的な配分方法の 1 つである等時間配分原則を用いた配分法¹⁴⁾による結果 (図一六、表一六) と目標計画法による配分結果を比較することにより、計画的配分の意義について検討を加えることとする。等時間配分によれば、第二外環の設計速度を 60 km/h、80 km/h とした場合には防音壁を立てて 5

dB(A) の騒音の減衰を図った程度では騒音を環境基準以下に抑えることができない結果となっている。この場合、第二外環の騒音を抑えるために、目標計画法による配分結果のように第二外環の利用交通をある程度制限することが必要となる。また、等時間配分では第二外環の設計速度を 40 km/h とした場合、第二外環の利用交通は極端に少なくなり総走行時間はそれほど減少しないという結果となっている。すなわち、機能的配分では道路計画のマイナスの効果を大きくしたり、ときには経済性を犠牲にしなければならない結果を招く可能性がある。あるいは、ケース 2-c のように等時間配分においても、第二外環の騒音を環境基準以下に抑えることができ、両者の配分結果が似かよったものとなるケースもあるが、この場合前述のように日照・通風という問題を引き起こすと考えられる。いずれにせよ、機能的配分方法によると道路機能の維持向上という目標に加えて沿道の環境保全という要求を同時に反映させるような交通量の状態を求めることは不可能であることが実証例を通して明らかとなった。一方、計画的な配分によれば、各目標に沿った満足できる結果が求められることが具体例を通して明らかとなったと考える。このことより、積極的な姿勢から各目標にそった望ましい計画的配分を行い、より効果的な道路計画の内容について深く議論することの意味と重要性がわかる。

なお、本計算の結果得られた計画の内容の実現を図るうえでの技術的な問題は将来の研究課題としてここでは考察の対象外とする。これとともに、この課題は下位の制御プロセスに対する努力目標として位置づけられると考える。

4. 路線・道路施設比較案検討のための計画情報の作成——モデル 2 によるアプローチ

(1) モデルの概要

モデル 1 による実証分析の結果、第二外環の建設・整備計画にとって有効な情報が種々得られたが、反面モデルで取り上げなかった計画要因（たとえば、既存リンクの拡幅）に関する検討課題もいくつか明らかにされた。すなわち、2. において述べたように道路網の形態と市街地の道路の容量の関係から交通流の状態が強く規定される部分が市街地の街路に生じるため、「総走行時間の減減」、「騒音の減減」とかいった計画目標が一定限度以上には達成されないという結果を生じさせることがわかった。

この問題を解決する手段としては、円滑な交通流が確保できず交通流に対してネックとなっている道路区間の

拡幅あるいは第二外環の延長という手段が考えられる。そこで、以下では「道路網における路線や道路施設の比較案の検討」という課題に対して次のようなアプローチを試みる。すなわち、3. において考察を加えたような道路計画のプロセスレベルを若干変更し、路線の建設の有無や道路施設の整備の程度も変数として問題に加えた形でシステムモデル（モデル 2）を目標計画法を用いて定式化し、実証的な分析を加えることとする。

なお、本モデルにおいては「大気汚染の減減」という目標は取り上げない。その理由はモデル 1 による実証分析の結果、① 外環状線、第二外環の CO 濃度は環境基準を満たしておりいまのところ問題はなく、② 市街地の CO 濃度は通過交通を軽減させてもほとんど減少しないということが判明したためである。市街地の CO 濃度に関しては、内々・内外交通の処理、あるいは今後の発生源対策に期待するところが大きいといえよう。

(2) モデルの定式化

まず、モデル 2 の定式化にあたって新たに用いる記号を次のように定義する。 x_{ij}^l 、 Q_{ij}^l ：リンク (ij) の拡幅を行わなかった場合の交通量と交通容量、 x_{ij}^2 、 Q_{ij}^2 ：リンク (ij) の拡幅を行った場合の交通量と交通容量、 \hat{C}_{ij} ：リンク (ij) の拡幅費、 \hat{C}_{ij}^m ：整備水準 m の道路施設の建設費、 \hat{C} ：建設費の上限値、 N_{ij}^m ：整備水準 m の道路施設による騒音減衰量。以上のように記号を定めたらうえでモデルの定式化を行う。

(連続条件式)

$$\sum_{(ij) \in J} x_{ij}^l - \sum_{(jk) \in J} x_{jk}^l = \begin{cases} -f_l & \text{ノード } j \text{ が OD } l \text{ のソースのとき} \\ f_l & \text{ノード } j \text{ が OD } l \text{ のシンクのとき} \\ 0 & \text{その他} \end{cases} \quad (l=1, \dots, p) \quad \dots\dots\dots (17)$$

(容量条件式)

$$\sum_l^p x_{ij}^l + t_{ij} \leq Q_{ij} \quad (\text{一般のリンク}) \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$\sum_l^p x_{ij}^{1l} + t_{ij} \leq Q_{ij}^1 \cdot \omega_{ij} \quad (\text{拡幅しない場合}) \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\sum_l^p x_{ij}^{2l} + t_{ij} \leq Q_{ij}^2 \cdot \gamma_{ij} \quad (\text{拡幅する場合}) \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$\sum_l^p x_{ij}^l + t_{ij} \leq Q_{ij} \cdot \left(\sum_m y_{ij}^m \right) \quad (\text{新設道路上のリンク}) \quad \dots\dots\dots (21)$$

(建設費用の制約式)

$$\sum_{(ij) \in J} \hat{C}_{ij} \cdot y_{ij} + \sum_m \sum_{(ij) \in J} \hat{C}_{ij}^m \cdot y_{ij}^m \leq \hat{C} \quad \dots\dots\dots (22)$$

(目標制約式)

$$\sum_{(ij) \in J} X_{ij} f_{ij}(X_{ij}) - y_T + z_T = G_T^0$$

(総走行時間の通減)(23)

$$\sum_{(ij) \in J} X_{ij} f_{ij}(X_{ij}) \leq gT^0 \text{(24)}$$

$$\sum_{(ij) \in J} \sum_l^b C_{ij}^l x_{ij}^l - y_c + z_c = G_c^0 \text{(25)}$$

(総走行費用の通減)(25)

$$\sum_{(ij) \in J} \sum_l^b C_{ij}^l x_{ij}^l \leq g_c^0 \text{(26)}$$

$$N_q + 30 \log_{10}(v_q(X_q)) + 10 \log_{10}(X_q/(24 \cdot l)) - \sum_m N_{ij}^m y_{ij}^m - y_{Nq} + z_{Nq} = G_{Nq}^0 \text{(27)}$$

$$N_q + 30 \log_{10}(v_q(X_q)) + 10 \log_{10}(X_q/(24 \cdot l)) - \sum_m N_{ij}^m y_{ij}^m \leq qN_q^0 \text{ (} q=1, \dots, u \text{)(28)}$$

(騒音の通減)(28)

$$y_T/\lambda_T = y_c/\lambda_c = y_{N1}/\lambda_{N1} = \dots = y_{Nu}/\lambda_{Nu} \text{(29)}$$

ここに、 y_{ij} , ω_{ij} , y_{ij}^m , ω_{ij}^m は相補変数であり、以下の制約条件を満たすものである。

$$y_{ij} + \omega_{ij} = 1, y_{ij} \cdot \omega_{ij} = 0 \text{(30)}$$

$$y_{ij}^m + \omega_{ij}^m = 1, y_{ij}^m \cdot \omega_{ij}^m = 0 \text{(31)}$$

$$\sum_m y_{ij} \leq 1 \text{(32)}$$

そこで、目的関数を次のように定式化する。

$$\omega = y_T \rightarrow \min \text{(33)}$$

(3) 解法

上記のように定式化されたモデルには相補変数が含まれており、非線形の相補計画問題となっている。この問題の解法としては茨木による切除平面法¹³⁾を用いる。この手法は次の3種類のカットによって構成されている。すなわち、① 相補条件式に対するC-カット、② 非線形

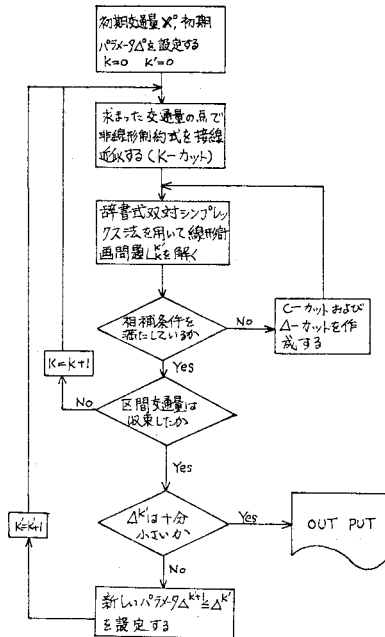


図-8 相補計画法の解法

条件式に対する K-カット (Kelly's Cut), ③ 4-メッシュ上の有限回収束を保証するための 4-カット (この 4-カットは Gommory のカットを応用したものである)。このようなカットを逐次生成し、ある 4-メッシュ上の最適解を求め、さらに 4 の大きさを零に近づけることによって最終的に最適解を求めることが可能となるわけである。この手法の詳細は参考文献に譲るとして、ここではアルゴリズムをフローチャートにして示すとどめる (図-8)。

(4) 京都市幹線道路網計画を対象とした実証分析

a) 入力情報の算定

道路網の整備方針としては円滑な通過交通の流れが確保できず通過交通の流れに対してネックとなっている道路区間の拡幅と第二外環の建設区間を西に延進させて国道9号線まで延長させることを考える (図-3)。なお、ネックとなっている道路区間でも高架であったり、沿道に住宅等がはりついて拡幅が技術的に困難であると判断される場合、その区間の拡幅は考慮しないこととする。

道路区間の拡幅としては1車線の追加程度のを考

表-7 路線・施設の代替案

リンク	総延長 (km)	設計速度 (km/h)	規格	総事業費 (億円/年)
2-8	6.8	40	(現道拡幅案)	6.57
8-9	3.9	40	(現道拡幅案)	3.28
13-7	18.5 (トンネル部 4.5 km 防音壁設置区間 総延長 5.6 km)	40	3種3級	23.50 (24.87)
		60	3種2級	26.77 (28.14)
		80	3種1級	28.95 (30.32)
12-13	4.6	40	3種3級	5.77
		60	3種2級	6.13
		80	3種1級	7.16
11-12	5.6	40	3種3級	7.09
		60	3種2級	7.53
		80	3種1級	8.76
1-11	9.0 (防音壁設置区間 総延長 5.4 km)	40	3種3級	11.33 (12.65)
		60	3種2級	11.09 (13.30)
		80	3種1級	14.02 (15.34)

注) () 内は防音壁を設置した場合の事業費を示す。

表-8 各目標の満足水準および許容水準

	満足水準	許容水準
総走行時間 (分・台)	368 826	985 387
総走行費用 (円・台)	5 736 000	7 463 340
騒音 (監査地点1) (dB(A))	54.0	55.0
騒音 (監査地点2) (dB(A))	54.0	55.0
騒音 (監査地点3) (dB(A))	54.0	55.0
騒音 (監査地点4) (dB(A))	54.0	55.0
騒音 (監査地点5) (dB(A))	50.0	55.0
騒音 (監査地点6) (dB(A))	50.0	55.0

えることとし、その費用を過去の施工例等を参考にして算定した。また、計画路線の建設費は高架部・トンネル部・盛土部分ごとに過去の施工例等を参考にして算定した。維持管理費は京都国道工事事務所が管理する一般国道の維持管理費を昭和47年度より3年間平均したものを原単位として算定

した。以上のように算定したデータをもとに年間の道路費用(円/年)を道路施設の耐用年数を30年としてAASHO方式に従って求めた(表-7)。また、3.(3)c)で言及したような考え方に従って各目標を算定したが、これを表-8に示す。

b) 計算結果の分析

モデル分析にあたって、第二外環の設計速度をパラメーターとして取り扱い計算ケースを設定した。すなわち、設計速度として40, 60, 80 km/hの3通りを考え、これをケース1, ケース2, ケース3とする。また建設費用の制約を厳しくしていくと各目標の達成水準、道路網の改善案および配分状態がどう変化していくかについて分析することとする。モデル計算の結果を図-9、表-9~11に示す。

① 建設費の制約を考えない場合

ここでは建設費の制約を取り除いた場合で、第二外環の設計速度を60 km/hとした代表的なケース2を中心に計算結果の考察を行う。

例として取り上げた本ケースのように道路網を改善す

表-9 各目標の達成水準(費用制約のないとき)

ケース	総走行時間 (分・台)	総走行費用 (円・台)	騒音1 (dB(A))	騒音2 (dB(A))	騒音3 (dB(A))	騒音4 (dB(A))	騒音5 (dB(A))	騒音6 (dB(A))
1	742 789	7 094 745	54.79	54.79	52.67	54.79	46.91	48.10
2	583 186	6 744 534	54.71	54.71	51.79	54.71	54.66	54.48
3	695 457	6 145 129	54.95	54.95	52.23	54.95	54.80	54.61

表-10 路線・施設パターンの変化(ケース2)

施設代替案	建設費用 上限値 (億円/年)	58.38	58.38	55.10	28.36	26.96	26.96
		以上	未満 55.10 以上	未満 28.36 以上	未満 26.96 以上	未満 20.83 以上	未満 20.83 以上
リンク 2-8 の拡幅	0	0	0	0	0	0	
リンク 8-9 の拡幅	1	0	0	0	0	0	
リンク 13-7 の新設 (防音施設なし)	0	0	0	0	0	0	
リンク 13-7 の新設 (防音施設あり)	1	1	1	1	1	1	
リンク 12-13 の新設	1	1	1	1	1	1	
リンク 11-12 の新設	1	1	0	1	0	0	
リンク 1-11 の新設 (防音施設なし)	0	0	0	0	0	0	
リンク 1-11 の新設 (防音施設あり)	1	1	1	0	0	0	

注) 数字1はリンクの拡幅あるいは新設が行われること、数字0は行われないことを示す。

表-11 各目標の達成水準の変化(ケース2)

建設費用 上限値	総走行時間 (分・台)	総走行費用 (円・台)	騒音1 (dB(A))	騒音2 (dB(A))	騒音3 (dB(A))	騒音4 (dB(A))	騒音5 (dB(A))	騒音6 (dB(A))
58.38 以上	583 186	6 744 534	54.71	54.71	51.79	54.71	54.66	54.48
58.36 未満 55.10 以上	598 717	6 774 088	54.71	54.71	51.79	54.71	54.66	54.46
55.10 未満 28.36 以上	678 187	7 194 783	54.87	54.87	51.62	54.15	53.50	54.65
28.36 未満 26.96 以上	841 214	7 115 235	54.88	54.88	53.68	54.09	—	54.60
26.96 未満 20.83 以上	841 519	7 160 359	54.90	54.90	53.60	54.00	—	54.65

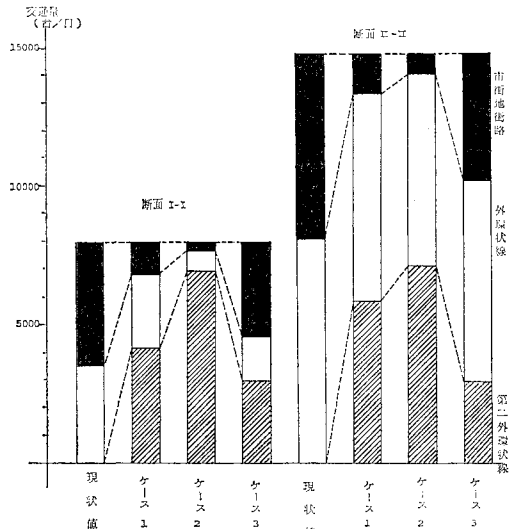


図-9 道路利用状況(建設費の制約を考えない場合)

ることによって総走行時間は現状値より大幅に改善できる。しかも、3ケース中最小の値を示している。一方、総走行費用は現状値に比べ、逆に増加している。これは前述したように、第二外環を利用する経路の方が外環状線を利用する経路よりも長いためである。しかし、設計速度の上昇に伴って総走行費用はケース1よりも減少している。また、市街地・外環状線の騒音はいずれのケースにおいても環境基準を満たしており、通過交通も現状よりかなり減少している。第二外環の騒音も防音壁の設置により環境基準以下に抑えることが可能となる。だが、第二外環の設計速度を80 km/hとすれば第二外環の騒音が環境基準ぎりぎりまで高められるばかりか、総走行時間もケース2の場合よりも逆に増大してしまう結果となる。以上のことより、第二外環の設計にあたっては望ましい設計速度60 km/hを確保していく基本方針が必要であろう。

② 建設費の制約を考えた場合

建設費の制約を厳しくしていくにつれて、まず現道の

拡幅案が除去され、その次に第二外環の西側の部分（リンク（1-11）、リンク（11-12））が除去される。また、建設費の制約を厳しくすることによって第二外環の一部が建設されないことになれば、通過交通が市街地に流入することとなり、総走行時間、総走行費用、市街地・外環状線の騒音は著しく増加してしまう。このことより、通過交通の円滑な流れを確保し、総走行時間や総走行費用の逓減を図りつつ、しかも騒音の逓減を図るためには現道の拡幅を行うよりも第二外環の建設の方が有利であるといえよう。さらに、総走行費用や総走行時間の逓減という道路計画のプラスの効果を増進させるためには、第二外環を国道1号線（東山バイパス）から国道1号線（枚方バイパス）というような区間に限定せずに、国道171号線から国道9号線まで延長させることが必要である。ただし、第二外環の沿道の騒音を環境基準以下に抑えるために沿道に防音壁を設置し、騒音の減衰を図ることが前提となる。

5. 結 言

本研究ではバイパス道路計画問題を取り上げ、中でも特に重要な計画問題と考えられる交通量配分問題と道路網の整備計画問題に着目し、効果的なバイパス道路計画情報を取得する方法について考察を行った。ここでは、目標計画法を用いて多目標の交通量配分モデルと路線や道路施設の比較案の検討のためのシステムモデルの定式化を試みた。さらに、これらのモデルを京都市周辺地域の幹線道路網計画に適用し実証的な分析を行った。これらの分析によって得られた計画情報は、ここで設定した多くの前提条件の成立する範囲内でのみいえる事項であるが、以下のよう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流入している通過交通の軽減と総走行時間の逓減に効果的であり、また一方では市街地や外環状線の騒音を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逓減を実現するためには、第二外環の設計速度を60 km/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逓減のための防音壁の設置はぜひとも必要であり、上記の計画情報のための前提となっている。

（3）総走行時間や総走行費用の逓減という道路計画のプラスの効果を増進させるためには、第二外環の建設区間を東山バイパスから枚方バイパスという区間に限定せずに国道171号線さらに国道9号線まで延長させることが効果的である。

（4）本研究で提案したシステムモデルにおける交通

量配分の方法は、交通量の計画的配分ともよぶべきものであり従来の研究における機能論的な交通量の配分方法とはねらいが大きく異なっている。機能論的な方法による配分結果では、道路機能の維持向上という要求に加えて沿道の環境保全という要求を同時に充足できるような交通量の状態を求めることが不可能であることが明らかにされたのである。このことから、本研究で試みたように積極的な姿勢から各目標に沿った計画的配分を行い、可能な最大限度の望ましい目標達成状態を求めることにより、効果的な道路計画情報を求めていくことの意義と重要性を明らかにすることができた。

しかし、本研究で試みたようなアプローチによって得られる計画情報をより精度の高いものとするためには次のような課題について検討を加える必要がある。上述のような複数目標の均衡よい達成を目的とした計画問題においては複数目標間にあるトレードオフの関係をどのように取り扱うかが、この計画問題にアプローチを試みるうえで重要なポイントとなってくる。本研究では目標間のトレードオフの関係をL字型効用関数の形でモデル化した。今後、選好解の精度を高めるためには、効用関数の同定の方法について議論するとともに、満足水準・許容水準の設定方法について煮詰めていかなければならないと考える。いずれにせよ、多目的計画手法に関する研究は緒についたばかりであり、前述のようなバイパス道路計画を策定するための計画情報を効果的に得られるまでにはいたっていない。したがって、いろいろな多目的計画手法によるモデルを作成し、種々の視点から数多くの計画情報を求め、それらを総合することによって合理的なバイパス計画を策定していくことが必要であろう。

以上述べたように、今後に残された問題はあるものの、本研究で得られた知見によりバイパス道路計画のための1つの有効な計画情報が提示されたと考える。

最後に、本研究を遂行するにあたり有益な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) 吉川和広・春名 攻・小林潔司：多目的性・多階層性を考慮した土木計画問題のシステム分析について，衛生工学研究シンポジウム講演論文集，pp. 47～53，昭和53年。
- 2) Yoshikawa, K., M. Haruna and K. Kobayashi: Structuring information for highway planning, Proc. of IRDP IIASA Workshop in Laxenburg, 1978.
- 3) 伏見多美雄・山口俊和：複数の目標をバランスよく達成するための数理計画的手法，経営科学，第19巻，第2号，pp. 88～102，昭和51年。
- 4) 志水清孝：システム最適化理論，コロナ社，pp. 285～333，昭和51年。
- 5) 建設省近畿地方建設局：京都市周辺における都市環状道路調査報告書，昭和50年。
- 6) 田村幸久：高速道路の騒音，土木学会誌，第10号，pp. 45～58，昭和49年。

- 7) 日本機械学会：自動車排出ガスによる大気汚染に関する研究，昭和45年。
- 8) Okada, N. and K. Yoshikawa: Nonlinear goal programming approach to inter-basin, multi-modal water assignment problem, Proc. of JSCE, No. 266, pp. 135~147, 1977.
- 9) Griffith, R.E. and R.A. Stewart: Nonlinear programming technique for the optimization of continuous processing systems, M.S., Vol. 7, pp. 379~392, 1961.
- 10) 京都市都市開発局：全国道路交通情勢調査，昭和49年。
- 11) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック，技報堂，昭和48年。
- 12) 日本道路協会：道路便覧，コロナ社，昭和43年。
- 13) 京都市衛生局：大気汚染常時監視測定結果，昭和50年。
- 14) 春名 攻：輸送施設計画問題への Min-Max 配分法によるアプローチ，土木学会第32回年次学術講演会講演概要集，pp. 7~8, 昭和52年。
- 15) Ibaraki, T.: Complementary convex programming, Proc. of JORS, Vol. 15, No. 3, pp. 138~160, 1972.

(1978.11.18・受付)
