

京都大学工学部 正員 吉川初広
 京都大学工学部 正員 春名 攻
 京都大学工学部 正員 小坂 潔司

1. はじめに

従来、道路の建設整備が地域・社会・経済にもたらすプラスの効果つまり総走行時間や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既価の尺度として用いられてきた。一方、道路建設の結果として騒音の発生増加といったマイナスの効果も考えられる。したがって望ましい道路計画の作成にあたってはプラス・効果とマイナスの効果の双方を同時に考慮する必要がありプラスの効果のみを追求するだけでなくマイナスの効果も追求する必要がある。本研究では上述のような道路計画の策定を目指した目標の道路網の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について考察を加える。すなわち道路計画のプラスの効果をはかる尺度として総走行時間や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騒音をとりあげる。そして、これらの尺度を可能な限り同時に望ましい状態に近づけるような道路網の改善案や交通量の配分状態を求めるための相補変数を含んだシステムモデルを目標計画法を用いて定式化する。また道路事業の計画者の立場に立って建設路線の設計速度を計画パラメータとしてとりあつかい詳細尺度や道路網改善案および配分状態との関連関係を明らかにしていくこととする。さらに本モデルをK市の道路網改善計画に適用して定量的な分析を試みた。

そこで本研究では上述のような道路計画の策定を目指した目標の道路網の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について考察を加える。すなわち道路計画のプラスの効果をはかる尺度として総走行時間や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騒音をとりあげる。そして、これらの尺度を可能な限り同時に望ましい状態に近づけるような道路網の改善案や交通量の配分状態を求めるための相補変数を含んだシステムモデルを目標計画法を用いて定式化する。また道路事業の計画者の立場に立って建設路線の設計速度を計画パラメータとしてとりあつかい詳細尺度や道路網改善案および配分状態との関連関係を明らかにしていくこととする。さらに本モデルをK市の道路網改善計画に適用して定量的な分析を試みた。

2. モデルの定式化

① 主要な前提条件

① 本研究では道路網の改善計画の中でも市街地の道路が容量に対して飽和状態になり、幹線道路網を改善することにより市街地の道路に未入している通過交通にまつ悪化した道路状況を改善することが課題に行っている場合を研究対象としてとりあげる。ここでの道路網の荷重状態にあたっては通過交通に着目した交通量配分のモデル化を行なうこととする。

② 上記の課題に対処する手段としては円滑な通過交通

が確保できず通過交通の流れに碍してネックとなっている道路区間の振幅あるいは新しいバイパスの建設という手段を考える。また、バイパスにおいては防音施設の整備水準も代替手段として考える。

③ 道路橋寿命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。(一般には設計交通容量内では設計速度以上でも走行できるがここでは制限速度とされていることとする。) 区内内外交通・内外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各リンクの設計速度として考えることとする。

b) モデルの制約条件

(連続条件式)

$$\sum_i x_{ij}^p - \sum_R x_{jR}^p = \begin{cases} -s_i & i \in \text{sink} \\ t_j & j \in \text{source} \\ 0 & \text{その他} \end{cases} \quad (1)$$

(容量条件式)

$$\sum_j x_{ij}^p \leq \theta_{ij} \omega_{ij} \quad (ij) \in J_1 \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ij}^m \leq \theta_{ij} \omega_{ij} \quad (ij) \in J_1 \quad (3)$$

$$\sum_j x_{ij}^m \leq \theta_{ij} (\sum_k y_{jk}^m) \quad (ij) \in J_2 \quad (4)$$

$$\sum_j x_{ij}^p \leq \theta_{ij} \quad (ij) \in J - J_1 - J_2 \quad (5)$$

④ F.L.

$$\theta_{ij} + \omega_{ij} = 1, \quad y_{ij} \cdot \omega_{ij} = 0 \quad (ij) \in J_1 \quad (6)$$

$$\theta_{ij}^m + \omega_{ij}^m = 1, \quad y_{ij}^m \cdot \omega_{ij}^m = 0 \quad (ij) \in J_2 \quad (7)$$

$$\sum_j y_{ij}^m \leq 1 \quad (8)$$

(費用に関する条件式)

$$\sum (C_{ij} \theta_{ij} + \sum_k C_{jk}^m y_{jk}^m) \leq C \quad (9)$$

$$x_{ij}, \theta_{ij}, y_{ij}^m, \omega_{ij}, \omega_{ij}^m \geq 0 \quad (10)$$

ここに J_1 は容量振幅案のあるリンクの添字の集合、 J_2 はバイパス道路上のリンクの添字の集合、 J はリンクの添字の集合、 x_{ij}^p はリンク (ij) の OD 間の交通量、 θ_{ij} はリンク (ij) の交通容量、 ω_{ij} は振幅の有無を示す相補変数、 y_{ij}^m は整備水準 m の道路施設の建設の有無を示す相補変数、 C_{ij} はリンク $(ij) \in J_1$ の振幅費用、 C_{jk}^m はリンク $(jk) \in J_2$ の防音施設の整備水準 m の道路施設の建設費、 C は建設費の上限を示している。

c) 目標の制約化

計画目標としては総走行時間の2削減、総走行費用の2削減、騒音の2削減をとりあげる。これらの計画目標間のトレードオフの関係を示す型効用関数の形で規定することとするが、これを制約条件として以下のように変式化できる。

$$\sum_{(i,j) \in T} \sum_{r \in R} T_{ij}^r X_{ij}^r - Y_T + Z_T = G_T \quad (11)$$

$$\sum_{(i,j) \in T} \sum_{r \in R} T_{ij}^r X_{ij}^r \leq g_T \quad (12)$$

$$\sum_{(i,j) \in T} \sum_{r \in R} C_{ij} X_{ij}^r - Y_C + Z_C = G_C \quad (13)$$

$$\sum_{(i,j) \in T} \sum_{r \in R} C_{ij} X_{ij}^r \leq g_C \quad (14)$$

$$10 \log X_{Ng} + D_{Ng} - \sum_{j=1}^m N_{ij} y_{ij}^m - Y_{Ng} + Z_{Ng} = G_{Ng} \quad (15)$$

$$10 \log X_{Ng} + D_{Ng} - \sum_{j=1}^m N_{ij} y_{ij}^m \leq g_{Ng} \quad (16)$$

(達成度の均値をとりかき)

$$Y_T / A_T = Y_C / A_C = Y_{Ng} / A_{Ng}$$

ここで X_{Ng} はフェックポイント $(i, j) (i=1 \dots u)$ のあるリンクの交通量、 D_{Ng} は定数、 N_{ij} は壁高水準 m の防音施設 a の騒音減衰量、 y_{ij} は減衰、総走行費用の2削減といった道路計画のプラスの効果水準からのカイ離を示す補助変数、 G, g は各目標の充足水準と許容水準、 $A = G - g$ である。

1) 目的関数

各目標の充足水準からのカイ離を示す補助変数のうち任意の1つを最小化することによって、各目標の不達成度を各ベクトルにその2可能な限り小さくすることができる。ここでは便宜上 Y_T を目的関数としてとりあげることにする。

$$Y_T \rightarrow \min$$

2) 解法

このように定式化された計画問題は $y_{ij}, \omega_{ij}, y_{ij}^m, \omega_{ij}^m$ という相補変数を含む非線形最適化問題として定式化されている。この計画問題を等価な0-1変数を含む非線形混合整数計画問題にも変換できるが、ここでは相補的プログラミング問題としてとりあつかうこととする。なおこの問題の解法としてはCCP (Complementary Convex Programming) 手法を用いることとする。

3. 実証的分析

本モデルを具体的にK市の幹線道路網の改善計画問題に適用し、実証的な分析を試みた。なおモデル計算にあたっては表-1に示すような計画パラメータを用い、図-1に示すような道路網における路線や道路施設の代替案を考えた。そして、計画(制約)パラメータとして

これらのパラメータを変えたりとありの計算ケース(40km/h 60km/h, および80km/h)を対象にモデル計算を試みた。

この結果を計画情報としてとりよめ、その一部を表-2に示す。また建設費用に制約を加え、さらに費用制約を厳しくしていくと各目標の達成度がどのように変化していくかという点についても考察を加えたが、その結果の一部を図-2に示した。これらの結果より、

① 通過交通の内滑り流線を確保し、総走行時間の2削減、総走行費用の2削減を図りつつ、市街地および既設の外環状道路の騒音の2削減を図るためには現道の拡幅を行なうより新しくバイパスを建設するとのほうがより効果的であることがわかった。しかも、バイパスの建設により市街地の街路、外環状線を利用している通過交通の減少も期待できることとなる。また、総走行時間の2削減を増進させるためにはバイパスを(7-13)といった区間に限定せざるべく全区間にわたって建設することの望ましくなる。

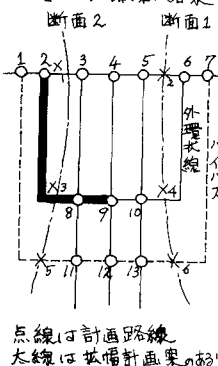
② また、バイパスを建設する場合、いっせいに高規格設計速度が80km/hの道路を建設することはバイパス沿道の騒音を環境基準ぎりぎりまで高のばかりか、総走行時間を逆に増大させる結果となつてゐる。したがってバイパスの設計にあたっては望ましい設計速度としての60km/hを確保していくことが必要であること考える。

表-1 目標値
表-2 目標の達成値(費用的) (単位: 時間)

① また、バイパスを建設する場合、いっせいに高規格設計速度が80km/hの道路を建設することはバイパス沿道の騒音を環境基準ぎりぎりまで高のばかりか、総走行時間を逆に増大させる結果となつてゐる。したがってバイパスの設計にあたっては望ましい設計速度としての60km/hを確保していくことが必要であること考える。

	満足水準	許容水準		40km/h	60km/h	80km/h
総走行時間	354,026	844,277	TT	745,333	652,915	753,008
総走行費用	3,373,600	7,463,240	TC	2,114,713	6,411,662	6,199,659
騒音1	54.0	55.0	騒音1	54.80	54.80	54.95
騒音2	54.0	55.0	騒音2	54.76	54.80	54.95
騒音3	54.0	55.0	騒音3	52.40	51.95	52.25
騒音4	54.0	55.0	騒音4	54.80	54.80	54.95
騒音5	50.0	55.0	騒音5	47.88	53.99	54.77
騒音6	50.0	55.0	騒音6	49.12	53.99	54.77

図-1 道路路線代替案



点線は計画路線、太線は拡幅計画案の経路

図-2 費用制約の強化に伴う目標達成値の変化

