

京都大学大学院 学生員 松元利徳

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

京都大学大学院 学生員 小林 潔司

1)はじめに

本研究では道路交通を計画目標に就いて計画的に配分していくという立場から、道路機能の維持向上および沿道の環境の保全という相反する二種の要求を可能な限り均衡のとれた形で満たすような道路計画を作成するための交通量配分モデルについて考察を加えていくことにする。すなわち道路建設によるプラスの効果を表わす尺度として「総走行時間」「総走行費用を取り上げ一オマイナスの効果を表わす尺度として「道路騒音」「大気汚染」を取り上げ、これらすべての尺度を全体的に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モデルを目標計画法を用いて定式化する。さらにこのモデルを計画情報の作成という目的のもとに具体的にK市の第二外環状道路計画に適用し、実証的な分析を加えていく。またこのような計画的配分とは立場の異なる機能的配分の一つである等時間原則に基づく配分を行ない、この結果と上記のモデルによる結果とを比較検討して計画的配分を用いたアプローチの必要性和意義を示すことにする。

2)モデル化

a)モデルにおける主要な前提条件

①本研究では都市周辺環状道路計画の中でも特に市街地道路に流入している通過交通によって悪化した道路状況を改善することが問題となっている場合を取り上げる。したがって配分計算の対象としては計画道路に關係する通過交通だけを考えることにする。②配分を行なう道路ネットワークは配分の対象とする通過交通に關係のある幹線道路により構成する。③既存の道路リンクにおける現在交通量から配分の対象とする通過交通を差し引いた残りを部分交通量とし、これは配分計算においては条件とする。④各リンクにおいて走行速度が停滞速度にまで落ちないようにするという配慮のもとに設計交通容量をもって当該リンクの交通容量とする。なお部分交通量だけで設計交通容量を越えているリンクでは可能交通容量を当該リンクの交通容量とする。⑤道路ネットワーク上の各リンクを走行するのに要する時間は式(12)で示されるようなリンク交通量の非線形関数として表わされるもの

とする。

b)物理的な制約条件

(OD交通量保存式)
$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n x_{kj}^l = S_k^l \quad (l=1,2;\ k=1,\dots,r) \quad (1)$$
(容量制限式)
$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \delta(i,k,j) \cdot x_{kj}^l + t_i^l \leq Q_i^l \quad (i=1,\dots,u) \quad (2)$$

ただし x_{kj}^l : ODペアk, ルートjのl方向の交通量,
 S_k^l : ODペアkの方向lのOD交通量, $\delta(i,k,j)$: ODペアk, ルートjがリンクiを通るとき1, 通らないとき0をとる変数, t_i^l : リンクiのl方向の部分交通量, Q_i^l : リンクiのl方向の交通容量。

c)目標の制約化

本研究では計画目標として「総走行時間のてい減」「総走行費用のてい減」「道路騒音のてい減」「大気汚染のてい減」を取り上げる。これらの計画目標間のトレードオフの關係をここでは一つのL字型効用関数の形で規定することにするが、これは制約条件として以下のように定式化される。

(総走行時間のてい減)
$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_k(x_k^l) \cdot x_k^l - y_T + Z_T = G_T \quad \dots (3)$$
$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n f_k(x_k^l) \cdot x_k^l \leq g_T \quad \dots (4)$$
(総走行費用のてい減)
$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n C_{kj}^l \cdot x_{kj}^l - y_C + Z_C = G_C \quad \dots (5)$$
$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n C_{kj}^l \cdot x_{kj}^l \leq g_C \quad \dots (6)$$

(道路騒音のてい減)

$$10 \log \left\{ \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \delta(i,k,j) \cdot x_{kj}^l \right\} + 30 \log \{ V_f(X(i,q)) \} + N_f^l - y_{N_f} + Z_{N_f} = G_{N_f} \quad \dots (7)$$
$$10 \log \left\{ \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \delta(i,k,j) \cdot x_{kj}^l \right\} + 30 \log \{ V_f(X(i,q)) \} + N_f^l \leq g_{N_f} \quad (i=1,\dots,u) \quad \dots (8)$$

(大気汚染のてい減)

$$A_P \left\{ \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \delta(i,k,j) \cdot x_{kj}^l \right\} + b_P - y_{A_P} + Z_{A_P} = G_{A_P} \quad \dots (9)$$
$$A_P \left\{ \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n \delta(i,k,j) \cdot x_{kj}^l \right\} + b_P \leq g_{A_P} \quad (P=1,\dots,v) \quad \dots (10)$$

(各目標の達成度の均衡をはかる制約式)

$$y_{A_T} = y_{A_C} = y_{N_f} / N_f = y_{A_P} / A_P \quad (i=1,\dots,u, P=1,\dots,v) \quad \dots (11)$$

なおリンクi (i=1,...,u)の走行時間関数 $f_i(x_i^l)$ は次式で示されるものとする。 $f_i(x_i^l) = \frac{L_i}{\beta_i - \alpha_i x_i^l}$ $\dots (12)$

ここで α_i, β_i, L_i はリンクiの特性により決まる定数である。

また x_{kj}^l はリンクiのl方向の通過交通量であって、次式で求められる。 $x_{kj}^l = \sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^n \delta(i,k,j) \cdot x_{kj}^l \quad \dots (13)$ (C_{kj}^l : ODペアk, ルートjの

l方向の車一台当りの平均走行費用。なお道路騒音の予測式として日本音響学会道路騒音調査委員会に於て推定式を用いた。

$i(p)$ はチェックポイント p のあるリンクを示し、 M_p, q_p, b_p は定数である。 $U_p(X_{up})$ はチェックポイント p のあるリンクにおける平均走行速度であって、リンク交通量の関数となる。 g_p は満足水準からのカイ離を示す補助変数、 G_p は各目標に関する満足水準と許容水準であり、また $\lambda = G - g$ である。

d) 目的関数

各目標の満足水準からのカイ離を示す補助変数 g のうち任意の一つを最小化することにより各目標の不達成度を G ベクトルにそって可能な限り小さくすることができる。ここでは便宜上 g_1 を目的関数として取りあげる。

$$Z = g_1 \rightarrow \min \quad \dots (4)$$

e) 解法

上記の制約条件のうち総走行時間および騒音に関する定式化が非線形となっており、この問題は非線形計画問題である。この問題の解法として逐次近似法を用いた。なお制約条件の凸性は保証されていないが、この解法によって最適解が得られるという保証はある。

3) 実証的分析

上記のモデルを具体的に K 市の第二外環状道路計画における交通量配分問題に適用し、実証的な分析を試みた。さらに等時間原則に基づいて配分を行ない本モデルによる計算結果との比較検討を行なった。これらの計算結果を計画情報として取りまとめ、その一部を図 1, 2, 3 に示す。なお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た。以上の結果から次のことが言えるであろう。

①第二外環状道路の建設は市街地および外環状道路に流入している通過交通の軽減と総走行時間の減少に有効であり、また市街地外環状道路における道路騒音を環境基準以下に押えることが可能となる。一方大気汚染は現状値に比べあまり軽減されない。このことは大気汚染の問題

のためである。したがって総走行時間、総走行費用をさらに減少させていくためには、第二外環状道路の設計速度をさらに上昇させていくが必要になる。しかし、この場合当該道路の騒音が増大するので騒音を環境基準以下におさえるためには防音施設の設置が必要となり、特に設計速度を 80km/h にすれば非常に高規格の防音対策[10 dB(A)の減衰]を講じなければならなくなる。以上の点を考慮すると第二外環状道路の設計には、防音壁を設置して騒音を減衰させながら 60km/h 程度の設計速度を確保していくという基本方針が望まれる。③等時間原則による配分結果より明らかになったことは次のとおりである。つまり交通流をドライバーの選好にまかせていくという方法をとれば当該道路で騒音が基準値を越える場合防音壁によって騒音をある程度、減衰させることはできるが、それでもなお環境基準を満たすことができないことになる。またときには経済性を犠牲にせざるを得ない場合も生ずる。以上の結果より交通流の状態を計画目標にそって変化させて、望ましい道路計画のための計画情報を作成していくことが必要であると言える。

表 1 各目標値

	満足水準	許容水準
総走行時間	338336	490654
総走行費用	3360724	3781143
騒音 チェックポイント1	54.0	55.0
騒音 チェックポイント2	54.0	55.0
騒音 チェックポイント3	50.0	55.0
大気汚染 チェックポイント1	10.0	12.82
大気汚染 チェックポイント2	2.0	10.0
大気汚染 チェックポイント3	2.0	10.0

図 2 大気汚染と総走行費用の関係

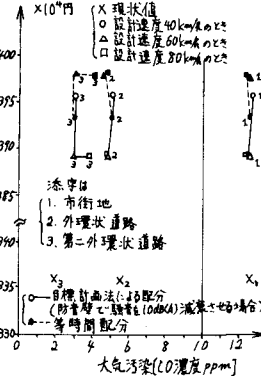


図 1 総走行時間と騒音第二外環状関係

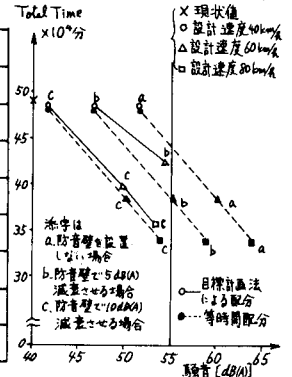


図 3 道路利用状況(設計速度が 40km/h 、 60km/h のものは防音壁で騒音を 5dB(A) 減衰させる場合、 80km/h のものは 10dB(A) 減衰させる場合の値)

