

京都大学 学生員 小林 潔司

京都大学 正 員 吉川 和広

京都大学 正 員 春名 攻

1. はじめに

従来道路建設整備が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評価の尺度として考慮されてきた。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。従って道路計画の作成にあたってはプラスの効果とマイナスの効果を同時に考慮する必要があり、プラスの効果をできるだけ大きくマイナスの効果をできるだけ小さくするような計画案が最も望ましいといえる。すなわちこのことは道路計画システムを計画していく際、とりあげるべき計画目標もプラスの効果とマイナスの効果を同時に考慮に入れるようにはかゝること、つまり当該システムを多目標システムとして認識することの重要性を示唆しているといえる。

しかし、総走行時間を小さくしようとすれば逆に交通騒音が大きくなるなど道路計画の目標間にはトレードオフの関係が存在するのが一般的である。このように多目標システムはある目的関数の改良は他の目的関数の悪化を招く可能性があるため、システムの計画にあたっては多目標を考慮したうえでの合理的な解を導くための方法が望まれるわけである。一方、道路計画の立場からは先述の道路計画の目標に加えて新設道路の防音施設の整備の程度、さらに設計速度などが計画に重要な計画パラメーターになってくると考えられる。

そこで本研究では道路計画システムの中心的プロセスである交通量配分のプロセスをとりあげ、このような多目標の交通量配分モデルをマルチパラメトリック線形計画(MLP)法を用いて定式化するとともに、道路計画に必要とされる種々の計画情報を提供しうる多目標情報システムの提示を試みることにする。さらに具体的にK市の第Ⅱ外環状道路計画における通過交通配分問題をとりあげ、本モデルを適用し、計画情報という側面からの実証的な分析を試みた。

2. モデル化

a) 主要な前提条件

①本研究では都市周辺環状道路計画のながども、市街地道路がすでに飽和している状態のもとで市街地道路に流入している通過交通による悪化した状況を改善することが問題となっている場合をとりあげる。したがって交通量配分計算の対象としては計画道路に関係する通過交通をとりあげる。②多目標システムを構成する計画目標としては、「総走行時間の減少」、「総走行費用の減少」、「騒音の減少」をとりあげる。③幹線道路により道路ネットワークを構成する。④既有道路リンクにおいて、現在交通量から検討対象とする通過交通量を引いた残りをここでは部分交通量と呼んで区別する。この部分交通量は配分計算においては与件とする。⑤道路構造令に基づき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とする。)なお部分交通量と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加させると同時にそれに対応する走行速度とそのリンクの設計速度としておく。

b) 物理的な制約条件

$$i=1, \dots, n, k=1, \dots, p, l=1, 2 \text{ までの } i$$

$$\sum_{k=1}^p x_{kj}^k = f_j^k \quad (\text{OD交通量保存式}) \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \delta(c, k, j) x_{kj}^k + t_i^l \leq Q_i \quad (\text{容量制約式}) \quad (2)$$

ここで f_j^k = OD k 方向 l の OD 交通量, x_{kj}^k = OD k 経路 j 方向 l のリンク交通量, t_i^l = リンク i の方向 l の部分交通量, Q_i = リンク i の交通容量, $\delta(c, k, j)$ = OD k 経路 j がリンク i を通過するとする 1, その他 0 とする変数

c) 複数目標の尺度の定式化

本研究では計画目標として「総走行時間の減少」、「総走行費用の減少」、「騒音の減少」をとりあげる。これらの計画目標は以下のように定式化される。

$$G_T = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^2 T_{kj}^l x_{kj}^l \rightarrow \min \quad (\text{総走行時間の減少}) \quad (3)$$

$$G_C = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^2 C_{kj}^l x_{kj}^l \rightarrow \min \quad (\text{総走行費用の減少}) \quad (4)$$

$$G_N = \sum_{c=1}^C \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^m \delta(c, k, j) x_{kj}^k \rightarrow \min \quad (\text{騒音の減少}) \quad (5)$$

C_{kj}^0 = ODk 経路、方向別の平均走行費用, T_{kj}^0 = ODk 経路、方向別の平均走行時間, $i(s)$ = ネットポイントsのあるリンク, $(s=1 \cdots 8)$
 d) 定式化

このような複数の目的関数をもつシステムの最適化問題。

問題は一般にベクトル最小化問題と呼ばれる。このような問題に対する解法が種々開発されている。マルチパラメトリック計画モデルでは中でも特にE制限法を用いる。E制限法は複数の評価尺度のうち高位の評価基準の取り得る値E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が、マルチパラメトリック計画モデルではさらにこの許容レベル値をパラメーターとしてシステムティックに変化させることにより、網羅的に多目標システムの「合理的な解」としての「非劣位解」の集合を求めていくことが可能となる。ここでは便宜上総走行時間の減少を目的関数に選り他の目標を制約条件として定式化する。なおトレードオフ面の視覚化を図るために計画目標の中でも特に重要と考えられる総走行時間の減少・計画道路の騒音減少をパラメーターの下で制約化し、他の騒音チェックポイントにおける騒音減少という目標は制約条件として定式化する。

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k,j} \sum_{s=1}^8 T_{kj}^0 x_{kj}^s \rightarrow \min \\
 \text{sub. to } & \sum_{k,j} \sum_{s=1}^8 C_{kj}^0 x_{kj}^s \leq \bar{C} + \lambda_1 \\
 & \sum_{k,j} \sum_{s=1}^8 \delta(i(s), k, j) x_{kj}^s \leq \bar{Q} + \lambda_2 \\
 & \sum_{k,j} \sum_{s=1}^8 \delta(i(s), k, j) x_{kj}^s \leq \bar{Q}_s
 \end{aligned} \quad (6)$$

λ_1, λ_2 はパラメーター、 $\bar{C}$ は式(6)が実行可能となるように選り出した定数、 $\bar{Q}_s$ = ネットポイントsにおける騒音環境基準に対応する計画交通容量

3. 実証例による検討

具体的にK市の第二外環状道路計画をとりあげ、その交通量配分問題に本モデルを適用することにより必要な計画情報を求めていくことにする。このため計画変数として設計速度(40km/h, 60km/h, 80km/h)と防音施設の整備の程度(防音壁を設置し5dBの騒音低減を行なう場合、防音壁を設置しない場合)を考え、これらの計画変数の組合せによって合計6とおりの計算ケースを対象にモデル計算を行なった。その計算結果の一部を図1, 2, 3, 4に示すような計画情報としてとりまとめ示した。以上の結果より現在のネットワークに第二外環状道路を建設し、なるべく多くの通過交通を第二外環状道路に転換していくことによって市街地・外環状線に流入している通過交通の

軽減・総走行時間の減少が図られることが判明した。一方総走行費用は現行値より増加しているが、これは第二外環状道路の総延長が既存道路に比べて長いためである。
 ②第二外環状道路の設計速度を上昇させることは特に総走行時間の減少に有効であり、かつ総走行費用の現行値よりの増加も幾分抑えられた結果を生む。しかし設計速度を80km/hに設定すれば、第二外環状道路の騒音は環境基準を大幅に超え、5dBの騒音低減が保証される程度の防音壁では十分ではなく、環境基準を満すためには、第二外環状道路の利用交通を極端に制限するか、極めて高規格の防音対策施設を講じる必要がでてくる。
 ③従って第二外環状道路の設計にあたっては、いかなる高規格にするのではなく、望ましい設計速度として60km/hを確保し総走行時間の減少を図っていく一方、第二外環状道路の両側に防音壁を設置した場合によっては利用交通量を制限することによって騒音の減少を図っていく基本方針が重要であると考えている。

参考文献) Tomas Gal, J. Nedoma, "Multi parametric Linear Programming, Management Science, Vol 18, No7, 1972

