

CCP手法による路線・施設の比較案検討のための計画情報の作成

——大都市周辺環状道路計画を対象として——

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 小林梨司

1 はじめに

本研究では、道路計画のプラスの効果を可能な限り大きく、マイナスの効果を可能な限り小さくする道路計画の策定を目指した多目標の道路網の路線や道路施設比較案検討のためのシステムモデルについて考察を行う。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」、「総走行費用」ととりあげ、マイナスの効果をはかる尺度として「騒音」ととりあげる。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を選取するための相補変数を用いたシステムモデルを目標計画の方法を用いて定式化する。そして、このモデルを用いて道路網の改善案の選取と同時に、上記の目的を達成するような配分状態を求めることとする。さらに、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、評価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、本モデルを都市の道路網改善計画に適用し定量的な分析を試みる。

2 モデルの定式化

a) モデルの定式化における主要な前提条件

① 本研究では道路網改善計画問題の中でも、市街地の道路が容量に対して飽和状態にあり、幹線道路網を改善することにより市街地の道路に流入する通過交通による悪化した道路状況を改善することが課題となつてゐる場合をとりあげる。ここでの道路網の検討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う。② 上記の課題に対処する手段としては、円滑な通過交通流の確保でまず、通過交通の流れに対してネックとなつてゐる道路区間の容量の振幅、さらに、その代替手段として新しいバイパスの建設とふたつを考へる。そして、バイパス道路においては防音施設、整備水準も代替手段として考へる。

b) モデルの制約条件

(連続条件式)

$$\sum_i x_{ij}^0 - \sum_k x_{jk}^0 = \begin{cases} -s & i=j \text{ が source } \text{と} \text{す} \\ t & i=j \text{ が sink } \text{と} \text{す} \\ 0 & \text{それ以外の} \text{と} \text{す} \end{cases} \quad (1)$$

(容量に関する制約条件式)

$$\sum_i x_{ij}^0 \leq Q_{ij} \omega_{ij}, \quad (i,j) \in J_1, \quad (\text{容量の振幅を行なう時}) \quad (2)$$

$$\sum_i x_{ij}^0 \leq Q_{ij} y_{ij}, \quad (i,j) \in J_1, \quad (\text{容量の振幅を行なう時}) \quad (3)$$

$$\sum_i x_{ij}^0 \leq Q_{ij} \cdot (\sum_m y_{ij}^m), \quad (i,j) \in J_2 \quad (4)$$

$$\sum_i x_{ij}^0 \leq Q_{ij}, \quad (i,j) \in J - J_1 - J_2 \quad (5)$$

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

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

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

(費用に関する制約条件式)

$$\sum_{(i,j) \in J_1} \hat{C}_{ij} y_{ij} + \sum_{(i,j) \in J_2} \hat{C}_{ij}^m y_{ij}^m \leq C \quad (9)$$

すなわち、 J_1 は容量振幅率のあり得る添字の集合、 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}^0 はリンク (i,j) のDAPLの交通量、 Q_{ij} はリンク (i,j) の交通容量、 y_{ij}, ω_{ij} は容量振幅の有無を表わす相補変数、 y_{ij}^m, ω_{ij}^m は整備水準 m の道路施設の建設の有無を表わす相補変数、 $\hat{C}_{ij}$ はリンク (i,j) の容量振幅費、 $\hat{C}_{ij}^m$ はリンク (i,j) の整備整備水準 m の道路施設の建設費、 C は建設費の上限、を表わす。(ただし、容量振幅率のあるリンクでは仮想的に2つのリンクを考へる。そして、 y_{ij} を振幅を行なう場合のリンク交通量、 ω_{ij} を振幅を行なう場合のリンク交通量とする。)

c) 目標の制約化

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」ととりあげる。これらの計画目標間のトレードオフの関係を目標計画の方法にもとづいてし字型の効用関数の形で規定するが、これは制約条件式として以下のように定式化する。

$$\sum_{(i,j) \in J} T_{ij} x_{ij}^0 - y + z = G_T \quad (10)$$

(総走行時間の減少)

$$\sum_{(i,j) \in J} T_{ij} x_{ij}^0 \leq g_T \quad (11)$$

$$\sum_i \sum_{j \in J} C_{ij} x_{ij}^0 - y_c + z_c = G_c \quad (12)$$

(総走行費用の削減)

$$\sum_i \sum_{j \in J} C_{ij} x_{ij}^0 \leq g_c \quad (13)$$

$$10 \log X_{ng} - D_{ng} - \sum_{j=1}^m N_{ij} y_{ij}^m - y_{ng} + z_{ng} = G_{ng} \quad (14)$$

(騒音の削減) (g=1...W)

$$10 \log X_{ng} - D_{ng} - \sum_{j=1}^m N_{ij} y_{ij}^m \leq g_{ng} \quad (15)$$

(各目標の達成度の均衡性を示す式)

$$y_g / \lambda_g = y_c / \lambda_c = y_{ng} / \lambda_{ng} \quad (16)$$

x_{ij} はリンク ij 上の交通量, D_{ng} は定数, N_{ij} は整備水準 m の防音施設における騒音減衰量, y_g は満足水準からの乖離を示す補助変数, G_g は各目標に対する満足水準・許容水準を意味する $\lambda = G - g$ である。

d) 目的関数

各目標の満足水準からの乖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 G ベクトルにそって可能な限り小さくすることが出来る。ここでは便宜上 y_c を目的関数としてとりあげることにする

$$y_c \rightarrow \min \quad (17)$$

e) 解法

上記のように定式化された計画問題は y_{ij} ・ w_{ij} という相補変数を含んでおり、相補的プログラミング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市の道路網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と図-1に示すような道路網における5分線と道路施設の代替案を考えた。また、計画制御変数として設計速度を考え、この変数を変えた3通りのケース

(40km/h, 60km/h, および80km/h)を対象にモデル計算を試みた。これらの結果を計画情報としてとりとり、その一部を図-2、表-2に示す。

これから、

①現在、通過交通量の多い断面1上のリンク(13-7)に新しく第2外環を建設することは、市街地の道路および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2つの減に有効である。また現在のネットワーク上のリンク(8-9)の容量拡張を行うことにより、外環状線に流入している通過交通の内滑り流れを確保していくことが必要である。

②また、第2外環を建設する場合、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騒音を環境基準ぎりぎりにする必要があるばかりか、総走行時間を逆に増大させる結果になっている。したがって、第2外環の設計にあたっては騒音減衰のための防音壁を設置し、望ましい設計速度の60km/hを確保していく基本方針が必要であると考える。

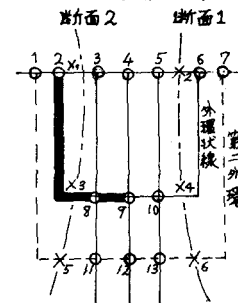
表1 目標値

	満足水準	許容水準
総走行時間	354,025	844,277
総走行費用	53,736,000	2463,340
騒音1	54.0	55.0
騒音2	54.0	55.0
騒音3	54.0	55.0
騒音4	54.0	55.0
騒音5	50.0	55.0
騒音6	50.0	55.0

表2 目標の達成値

	40km/h	60km/h	80km/h
TT	751,276	202,190	788,068
TC	7,135,650	6,617,805	6,337,526
騒音1	54.81	54.80	54.95
騒音2	54.75	54.86	54.95
騒音3	54.00	54.00	53.36
騒音4	54.81	54.80	54.95
騒音5	45.00	45.00	45.00
騒音6	49.17	53.99	54.70

図-1 道路路線代替案



点線は計画路線
太線は容量拡張案
のあるリンク

図-2 断面1の通過交通量

