土木学会第41回年次学術講演会（昭和61年11月）

Ⅳ-5　最適道路建設問題に関する研究

○早稲田大学　学生員　片山　直登
早稲田大学　　　春日井　博

1.はじめに

自動車等の交通量の増大に伴う通勤，輸送における交通渋滞の緩和に対して，道路の建設による交通容量の増強がある。この問題に対して，どの道路区間を建設すれば最も効率よく交通需要を処理できるかという問題があり，一般的には，多品種流ネットワークデザイン問題として知られており，ラグランジュ緩和を用いた研究，Hook-Jeevsサーチを用いた研究，分枝限定法を用いた研究，優越解を用いた近似解法，分解原理を用いた研究等がある。

本研究では，非対称道路網に対してProjection法を用いた解法を提案する。

2.従来の研究

AbdulaalとLeBlancによって，建設費用を交通容量に対して凸や凹である関数を用いた解法が示されている。この解法は，費用制約式（又は費用）に対してラグランジェ緩和を行って目的関数に組み込み，交通量配分問題と道路網建設に分割し，交互にこれらの問題を解いている。交通量配分問題にはFlank-Wolf法，道路網建設には凸関数に対しては共役方向法，凹関数に対してはHook-Jeevesサーチを適用している。なおラグランジェ定数の改善には漸化式を用いている。

このように従来の研究においては，元の問題を建設変数を固定した交通量配分問題と交通量変数を固定した道路網建設という二つの子問題に分割して解いている場合が多い。そこで，本研究では，子問題を別々に解くのではなく，イテレーションごとに両方の変数を変化させ，しかも非対称道路網にも適用可能な解法を提案する。

この解法は，DafermosのProjection法を基礎として道路網建設問題に適用させたものである。

3.モデルの定式化

限られた建設費用の中で道路網内のノード間の各交通の走行時間の総和が最小となるようなリンクの車線の建設を行なう区間を決める。モデルの前提条件としては，1)各ノード間の交通量は，OD交通として与えた交通量に従う。 2）個々の交通は，道路網内において走行時間が最小である経路を走行する。 3)OD交通は決められた複数のパスから走行経路を選択するものとする。 4)リンク走行時間は，そのリンクの交通量だけでなく対向車線のリンク交通量及び接続する他のリンクの交通量の増加に伴って増加する。 5）リンク走行時間は，リンクの車線数が多くなると減少する。

ノード集合Nとリンク集合Lを持ち，各ノード間に異なったOD交通Qが存在する道路網に対するリンク建設問題を考える。この問題に関する定式化は，次のように表わされる。

$$\min\ S(x,y)=\int f(x,y)\,dy \qquad (1)$$

$$\text{st}\quad \sum_{p\in P_q} y_{q,p}=d_q \qquad q\in Q \qquad (2)$$

$$\sum_{q\in Q}\sum_{p\in P_q} \delta_{q,p,l}\cdot y_{q,p}=y_l \qquad l\in L \qquad (3)$$

$$\sum_{l\in L} e_l\cdot x_l\leqq B \qquad (4)$$

$$y_{q,p}\geqq 0 \quad l\in L,\ q\in Q \qquad y_l\geqq 0,\ x_l\geqq 0 \qquad l\in L \qquad (5)$$

$S(x,y)$：道路網内の総走行時間　　x：リンク建設車線数ベクトル

y：リンク交通量ベクトル　　$f(x,y)$：走行時間関数

d_q：ＯＤ交通qの交通量　　x_l：リンクlの建設車線数

y_l：リンクlを通る交通量　　$y_{q,p}$：ＯＤ交通qのパスpの交通量

q：ＯＤ交通q　　P_q：ＯＤ交通qのパス集合

e_l：リンクlの建設費用　　B：総建設費用

$\delta_{q,p,l}$：ＯＤ交通qのパスpの交通がリンクlを通るとき１，そうでないとき０の係数

(1)式は，目的関数で道路網内の総走行時間を表わす。$f(x,y)$は，リンクの走行時間である。この$f(x,y)$は，交通量yベクトルに関して凸で単調増加の関数で微分可能，リンク建設車線数ベクトルxに関して単調減少で微分可能な関数とする。(2)式は，ＯＤ交通Ｑが与えられたときの整合条件，(3)はパスpの整合条件，(4)式は，総建設費用の制限（ここでは線形関数とする），(5)式は，変数の非負性を表わす。

4.解法

各イテレーションごとに以下で示すようなs，r，m，nを求めて，c及びcxをそれぞれδ_y，δ_xだけ変化させ，最適解に収束させる。

$$c_{s,p}(f)=\min\{\partial S(\hat{x},y)/\partial y_{p,q} \mid p\in P_q\},$$

$$c_{r,p}(f)=\max\{\partial S(\hat{x},y)/\partial y_{p,q} \mid p\in P_q,\ y_{p,q}>0\} \quad \text{for all } q$$

なるyに対して，　$y^*_{q,p}=y_{q,p}+\delta_y$，$y^*_{r,p}=y_{r,p}+\delta_y$　とし，

$$cx_m(x)=\min\{\partial S(x,\hat{y})/\partial x_l/e_l \mid l\in L\},\quad cx_n(x)=\max\{\partial S(x,\hat{y})/\partial x_l/e_l \mid x_l>0,\ l\in L\}$$

なるxに対して，　$x^*_m=x_m+\delta_x$，$x^*_n=x_n-\delta_x$　とする。

$\hat{x}$：イテレーション中のx　　$\hat{y}$：イテレーション中のy

・アルゴリズム

STEP1.初期解可能解x，yを決める。

STEP2.$c_{s,p}$，$c_{r,p}$，cx_m，cx_nを求める。

STEP3.ラインサーチ等でδ_y，δ_xを決める。

STEP4.$y^*_{q,p}$，$y^*_{r,p}$，x^*_m，x^*_nを決める。

STEP5.$f(z^*)\cdot(z-z^*)\geqq 0$ (for all z)であれば終了，そうでなければSTEP2へ。

z：x，yの合成ベクトル　z^*：イテレーション中のz

5.終わりに

最適非対称道路区間決定問題に対してＰrojection法を用いた厳密解法を提案した。なお建設費用関数は線形としたが，凸関数に対しては容易に適用可能であり，凹関数に対しては特殊なサーチを用いることで収束解を得ることができる。

参考文献

[1]Abdulaal M.,LeBlanc L.J.:"Continuous Equilibrium Network Design Models," Transpn Res., pp19-32, Vol.15B,No.1, (1981)

[2]Dafermos S.c.:"The Traffic Assignment Problem for Multiclass-User Transportation," Transon.Sci., pp73-87,Vol.6,No1,(1972)

[3]Dafermos S.:"Traffic Equilibrium and Variational Inequalities," Transon.Sci.,pp43-54,Vol.14,No1,(1980)

[4]片山直登:"非線形走行費用を考慮した最適道路建設問題に関する研究," 第13回関東支部技術研究発表会,(1986)