Ⅳ-25　道路網容量の増加方法に関する一考察

大阪市立大学工学部　正員　西村　昂

1. まえがき

交通需要に合せて道路網容量を合理的に増加させる問題は交通計画の課題である。これまでこの問題に対しては、交通需要をネットワークに配分し、配分された交通需要に基づいて増加させる位置と量を検討しているが、この方法は直観的でかつ簡単に行えるため効率的な手法であるといえる。この報告ではネットワーク容量をネットワーク解析的手法を通じて増加させる手法を考察したが、全体を考慮できる反面、計算量が増えるなどの不利な面も持っている。

2. ネットワーク容量の解析

ODパターンをもつフローに対してネットワークがいかなる容量を持つかを解析する手法については2つの近似計算法[1]を提案しているが、ここでもこれらの手法を基礎にした容量増加の方法を検討する。いずれの方法においてもフローに対するネットワークの最小容量断面を順次改良する考え方に基づいている。

3. ネットワーク容量の増加方法の考え方

(1) カット法

1) ネットワーク容量の解析

(i) カット K_u の探索（$u=1,2,\cdots\cdots \ell$）

(ii) カット K_u における処理交通量 T_u の計算

$$T_u=\frac{C_u}{F_u}$$　C_u = カットの交通容量，　F_u = カットにおける交通需要

カット K_u によってネットワークが X と $\bar{X}$ の2つの排他的部分集合に分割されたとすると

$$C_u=\sum_{i\in X,}\sum_{j\in \bar{X}} e_{ij},$$　ただし e_{ij} はノード i からノード j にいたるアークの容量

$$F_u=\sum_{i\in X,}\sum_{j\in \bar{X}} f_{ij},$$　ただし f_{ij} はノード i からノード j にいたるフロー

(iii) T_u を小大順にならべかえる。これを T_v' で表わす。（$v=1,2,\cdots,\ell$）

$$T_1'\leqq T_2'\leqq\cdots\cdots\leqq T_\ell'$$

2) 容量増加計画

(i) 容量増加目標

$$T\rightarrow T_P$$

(ii) T_P より容量の小さいカットの探索

$$T_1'\leqq\cdots\leqq T_i'\leqq T_P\leqq T_{i+1}'\leqq\cdots\leqq T_\ell'$$

(iii) 容量不足カット（$T_1'\sim T_i'$）の不足容量 R の計算

$$R_v=T_P-T_v'\geqq 0\qquad (v=1,2,\cdots i)$$

(iv) 容量増加問題の定式化

容量不足カット $K_1'\sim K_i'$ の不足容量 $R_1\sim R_i$ 以上の容量増加をもたらし、かつ全体の容量増

加費用を最小にするアーク容量増加計画はLP問題として定式化できる。いまアークを、e_k ($k=1,2,\cdots a$) で表わし、アーク e_k の増加容量を x_k で表わすと、

容量不足カット K'_v について

$$\sum_k \delta_{vk} x_k \geqq R_v \qquad (v=1,2\cdots i)$$

$$x_k \geqq 0,$$

ただし
$$\begin{cases} \delta_{vk}=1, & \text{カット}v\text{にアーク}k\text{が含まれているとき,} \\ \delta_{vk}=0, & \text{カット}v\text{にアーク}k\text{が含まれていないとき.} \end{cases}$$

なる条件のもとで次の目的関数を最小にすることによって容量増加計画が得られる。

$$Z=\sum a_k x_k \longrightarrow \min.$$

ただし a_k はアーク k の容量を1単位増加させるのに必要な費用.

(2) ルート配分法

1) ネットワーク容量の解析

(i) 与えられたネットワークに対しルート配分法により、ミニマムカット K_1 を求める。

(ii) 以下順次オ2、オ3 …… のミニマムカット K_2, K_3 …… を次の手順により求める。

① K_1 に含まれるアークの集合を $\{e_k^1\}$ とする ($k=1,2,\cdots l_1$)

② アーク e_k^1 の容量 c_k^1 を∞として、(i)の手順でミニマムカット K ($c_k^1=\infty$) を求める。これを $k=1,2,\sim l_1$ について行ない、K ($c_k^1=\infty$), $k=1,2,\cdots l_1$ が得られるので、

$$K_2=\min_K\left\{K(c_k^1=\infty),\ k=1,2,\cdots l_1\right\}$$

によって、K_2 をオ2ミニマムカットする。

同様に K_2 に含まれるアークの集合を $\{e_k^2\}$ とする ($k=1,2,\cdots l_2$)。

アーク e_k^2 の容量 c_k^2 を∞として、(i)の手順でミニマムカット K ($c_k^2=\infty$) を求める。これを $k=1,2\cdots l_2$ について行ない、K ($c_k^2=\infty$), $k=1,2\cdots l_2$ が得られるので、

$$K_3=\min\left[\{K(c_k^1=\infty)-K_2,\ k=1,2,\cdots l_1\},\{K(c_k^2=\infty),\ k=1,2,\cdots l_2\}\right]$$

によってオ3ミニマムカット K_3 を得る。

以下同様の手順によって K_4 …… を得る。

③ よって $K_1 \leqq K_2 \leqq K_3 \leqq \cdots\cdots$ を得る。

2) 容量増加計画

容量の増加目標 T_P が与えられると、以後はカット法で述べたのと同様の方法で考えることができる。

4. あとがき

カット法においてすべてのカットをとり上げることは計算効率の上から問題があり、またルート配分法によるカットの発生についても検討すべき問題が残されており、今後の研究にまつべき問題は少なくない。

参考文献

1. 西村昂、「道路網の最大フローの存在範囲について」オ23回土木学会年次学術講演会概要(IV), 1968

2. 西村昂、「ODパターンと道路網容量について」オ25回土木学会年次学術講演会概要(IV), 1970