

はじめに

道路網の容量をカットセットの容量としてとらえ、すべてのカットセットにおいて交通需要を満たすように道路網を整備するというLPによる方法が提案されている。ネットワーク整備の代替案を作成するごとに交通量配分計算を行ない評価するという従来の試行錯誤的方法は、大規模ネットワークを対象とするとき極めて計算効率が悪く、その為、十分多くの代替案を検討することを難しくしているといえる。その意味で、交通量配分を避ける上記方法は大変興味深い。ここでは、この方法をより簡便なものとしてその計算例を示し、更に多期間問題に拡張することを検討する。

1. 基本的考え方

従来の、カットセット容量に着目した方法は次の3つの欠点を有している。

① カットセット探索の計算効率； 容量の不足するすべてのカットセットを見出すことは簡単でなく、提案されている方法は多数回の交通量配分計算を必要としている。

② カットセット容量の意味； カットセットにおいて、需要と容量がバランスしていても、ODペアによっては極端な迂回を必要とする可能性があり、現実には特定リンクにおいて極端な交通混雑をおこす可能性をもっている。

③ 対象ネットワークの設定による解の変動； カットセットでの需要・容量のバランスを考えるため、ネットワークの周辺部をどこまで対象域とするかによって解が変動する。

これらの点が、この方法を実用化しない主要因といえる。そこで、サブネットワークという概念を導入することを試みる。即ち、対象とする全ネットワークを各ゾーンペアに対応するサブネットワークの重合と考えるのである。自動車の走行経路選択に際し、距離的最短経路と時間的最短経路が異なり、後者が選択されるとの仮説は配分交通量予測方法の研究でよく用いられるものである。ここではその様な場合に距離的迂回の限度があると考え、現実には都市内の全域的な混雑、速度制限等により、最短時間経路は最短距離の何倍もの距離を有するとは考えられず、従って最短時間経路の存在限界がおおよそ存在し、それが上記迂回の限度として表われると考えてもよい。そしてこの迂回の限度を計画目標の1つとして設定するのである。即ちどのODペアをとっても最短時間経路の β 倍以内の距離経路が一定サービス水準で確保されるような道路整備を考えるのである。あるODペア ij に着目するとき、 ij 間最短距離 d_{ij} に対し

$$d_{ik} + d_{kj} < \beta \cdot d_{ij}$$

なる任意の点 k と、 i, j , およびそれらを結ぶリンクがODペア ij に対応するサブネットワークと考えられる。これは ij を焦点とする楕円に類似したエリアである。従来のカット法が全ネットワークの切断を考えたのに対し、本方法ではこのサブネットワークの切断を考えるのである。

2. 計算例

上記方法のケーススタディとして、北九州市道路網を単純化したネットワークについての計算結果を以下に示す。市域を20ゾーンに分割し、リンク数36本のネットワークを対象とした。単純化のため無向グラフ、即ち

両方向を一括して扱い、また迂回限度値 β は1.5とした。容量に達したリンクをはずしつつ交通量配分をおこなない、まずオノ段階のサブネットワーク・カットセットが求められる。これらのカットセットを有するサブネットワークは極めて小規模なものであり、オノカットセット以下で容易に求めることができる。本例において求められた独立なカットセットは下図に示すとおりであり、その数、即ちLPにおける制約式の数20本、変数として含まれるリンク数は23本であった。1制約式に含まれるリンク数は3本が最大である。比較のため、迂回限度値 β を2.0に変えた場合のカットセットは下表に示すとおりであり、最大カットセットのリンク数は5本であった。現実の交通計画において、最短経路の2倍の迂回を前提とすることには無理があると考えられることから、対象となるサブネットワークは極めて小さく、人間が直観的にカットセットを見出しうる規模におさえられるといえよう。

本方法による計画案と最短経路配分による道路改良を比較した結果、本方法による建設費節減額は20%に達した。勿論、この差は迂回を許したことにより当然生じる差であり、また現実の交通計画においても、最短経路配分による解がそのまま実行されるわけではない。しかし、従来の試行錯誤的方法に比べ、本方法の有用性は明らかであり、少なくともこの様な解は有力な計画情報となりえよう。

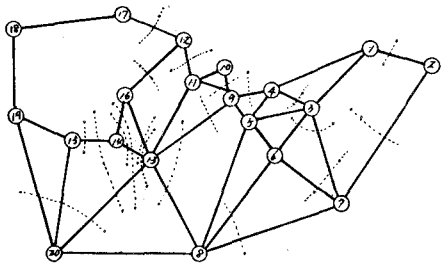


図 容量不足カットセット

迂回限度 値	カットセット 構成リンク数	カットセット 数	カットセット 数の割合
$\beta=1.5$	3	3	15%
	2	8	40
	1	9	45
$\beta=2.0$	5	5	16
	4	6	19
	3	7	23
	2	4	13
	1	9	29

表 カットセットの規模

3. 多期間問題への拡張

一般に道路計画は目標年次における交通需給がバランスするように策定される。即ち計画街路工事完了時における望ましい交通状態を意図している。しかし、特に大都市においては、常により先の目標年次の為の工事がおこなわれ、工事による容量低下がどこかで存在するため上記理想状態は実現しえない。工事期間の交通混雑は、運用の問題として道路計画と切り離して考えられているが、同時に扱うことの利点は明らかであり、先に述べた方法をこのように拡張することは、極めて容易である。定式化の方法としていくつか考えられるが最も簡単な例を示すと次のとおりである。

$$\sum_e p(t) \sum_e a_{te}^+ x_{te}^+ \rightarrow \text{Min}$$

$$\text{sub to } \sum_{k \in K} \{ x_{te}^{t-1} + x_{te}^+ - \sum_{k \in K} f(x_{te}^{t-1}) \} \geq D_{ke}^t \quad \text{但し } t=1, 2, \dots, T, \quad k=1, 2, \dots, K$$

$$x_{te}^+ \geq 0$$

ここで $p(t)$ は現在価値への変換係数、 a_{te}^+ は t 期におけるリンク e の単位容量増加コスト、 δ_{ke} はカットセット行列、 X_{te}^{t-1} は t 期、 e リンクの容量、 f は工事による容量減少関数、 D_{ke}^t はカット k の t 期の需要であり、 x_{te}^+ は t 期において完成すべき e リンクの容量増加量（未知数）である。交通混雑を引き起こす工事は道路工事のみでなく、地下鉄や各種埋設物の工事等も考えられるが、これらについてあらかじめ知ることが出来れば、制約式に取り込むことが可能である。