

## IV-205 都市高速道路を含む道路網における交通量配分法に関する研究

名古屋大学工学部 学生会員 尾関 洋一

名古屋大学工学部 フェロー 河上 省吾

## 1. まえがき

道路交通量配分理論とは、交通量需要推計の一連のプロセスにおける最終段階に位置し、かつ最も重要とされている。現在一般に使用されている交通量配分モデルは静的配分モデルと呼ばれるものであるが、その研究は現段階ですでに十分行われており、その手法も数多く発表されている。しかし実用化されているのは、その中でも近似的な配分を行う手法ばかりである。なぜなら厳密な均衡配分を行う手法も既に開発されているが、その計算は近似的な手法に比べ複雑であり、また収束計算であるため必要とする計算時間も長い。しかも交通ネットワークが複雑になるにつれ、その傾向は強くなる。その点を考慮すると、近似解法でも誤差が許される範囲内ならば問題はなく、より実用的と考えられているからである。しかし、近似解法による誤差の大きさは予測がつきにくく、また、あるネットワークで適用した近似解法が、他のネットワークでも適用できるかといえば疑問である。しかし、そうした背景より、厳密な静的均衡配分モデルの実用的なモデルへの発展が遅れているのも事実である。

昨年、環状線が開通した名古屋高速道路においても、その需要予測は近似的静的配分により行われている。本研究の目的は、名古屋高速道路の交通量需要推計において適用可能である、厳密な均衡配分モデルを作成するところにある。

## 2. 交通流の均衡状態

需要予測に用いる交通量配分の基本となるWardropの第一法則とは、個人がトリップの旅行時間という自己の損失を最小にしようとする行動をとる結果として、道路網上に現出する交通流分布の平衡状態を表し、この原則に基づいて配分された交通量は利用者均衡フローと呼ばれる。分かりやすく言うならば、「ネットワーク内の任意の運転者において、現時点の自己のトリップを他のどんな利用可能な経路に変更しても、そのトリップの所要時間をより小さくすることができない」状態である。このような状態を均衡状態といい、それを求める問題を均衡配分問題、その解を均衡解と呼ぶ。

## 3. 本研究で用いた配分手法

名古屋高速道路の需要予測の際に用いられた配分手法は、「高速転換率併用容量制限付分割配分」と呼ばれるものであり、高速道路への配分方法は高速転換率を用いて行われている。しかし、その高速転換率とは、ある道路交通状況において運転者が高速道路を用いる確率をただ単に示すものであり、それから均衡状態を導き出すことは困難である。よって本研究では、高速道路使用料金を時間価値でわることによって時間単位に修正し（以下、料金抵抗）、それを高速道路のリンク所要時間に加えることによって、高速道路を一般道路と同様に扱えるようにした、すなわち一般化費用を用いたFrank-Wolfe法による均衡配分を試みた。

## 4. 料金抵抗を考慮したFrank-Wolfe法について

Frank-Wolfe法とはその目的関数

$$S = \sum_{a=1}^{link} \int_0^{V_a} t(V) dV$$

$t(V)$  : リンクパフォーマンス関数、 $V_a$  : リンク交通量

を最小にする様に再配分を繰り返して均衡解を得る手法だが、本研究では料金抵抗を考慮するため、高速道路リンク a のリンクパフォーマンス関数は以下になる。

$$t(V) = t_a(V_a) + R_a$$

しかし、 $R_a$ は料金抵抗であるが、これはリンクaを流れる交通量全体に対して均一ではない。なぜなら、都市高速道路において有料道路リンクを連続して使用する場合、均一料金制を採用しているため、リンク毎に料金は加算されない。つまり、連続して2リンク使用する場合も、3リンク使用する場合も料金は一定のままである。よって、有料道路リンクを連続して使用する場合は、ひとつめのリンクで使用料金を支払えば、ふたつめ以降のリンクには料金が必要ないため、その場合の料金抵抗は0分となる。従ってリンクa内の交通量について考えれば、一般道路リンクからリンクaに流入した交通量に関しては料金抵抗が加わるが、それ以外、すなわち他の有料道路リンクからリンクaに流入した交通量に関しては料金抵抗は加わらない。このことより従来の目的関数では料金一定の高速道路を含むネットワークにおいて均衡配分ができない。

よってひとつのリンク内の交通量を、料金抵抗が加わる交通量と、加わらない交通量とに分ける必要があるのだが、料金抵抗がリンクaに加わるかどうかはその交通量のOD間経路に依存する。加えて、Frank-Wolfe法においてOD間経路は、起終点と計算ステップとのふたつの条件によって決定されるため、それを考慮してリンク内の交通量を分割し目的関数を書き直すと、最終的に計算ステップnについて目的関数は、

$$S = \sum_{a=1}^{Link} \int_0^{V_a} t_a(V) dV + \sum_{i=1}^O \sum_{j=1}^D \{ \mathbf{A}_{(i,j)} R_{(i,j)}^{(n)} \} \quad (n=1 \text{ のとき})$$

$$= \sum_{a=1}^{Link} \int_0^{V_a} t_a(V) dV + \sum_{i=1}^O \sum_{j=1}^D \left[ \sum_{m=1}^{n-1} \left\{ \prod_{l=m+1}^n (1 - \lambda^{(l)}) \right\} \lambda^{(m)} \Lambda_{(i,j)} R_{(i,j)}^{(m)} \right] + \lambda^{(n)} \Lambda_{(i,j)} R_{(i,j)}^{(n)} \quad (n \geq 2 \text{ のとき})$$

O：起点数    D：終点数    Link：リンク数

$\lambda^{(n)}$ ：ステップnの計算の際の最適ステップサイズ

$R_{(i,j)}^{(n)}$ ：ステップnの計算の際のij間OD最短経路に必要な全料金抵抗

$\mathbf{A}_{(i,j)}$ ：ij間OD交通量

となり、この目的関数を用いて配分を行った結果、均衡解が得られた。

## 5. まとめ

4に示した目的関数により、料金抵抗、すなわち料金－所要時間の関係を考慮した均衡配分はFrank-Wolfe法を用いることにより可能となった。しかし、配分に用いる時間価値等の指標の算出方法にもよるが、この目的関数では高速性以外の快適性、安全性、定時性といった他の高速道路の価値について考慮できない。現在実用化されている高速転換率使用の近似的配分では、これらは考慮されていると考えられる。また、都市交通においてこれらの価値は非常に重要である。なぜなら都市には、たとえ所要時間を長く必要としても、その快適性を求めて高速道路を使用する運転者や、逆にいくら一般道路が混雑していても、高速道路を使用しない運転者が存在するからである。したがってこれらを考慮した目的関数を開発することが必要であるが、Frank-Wolfe法の目的関数においてはすべての変数がリンク別に与えられる必要があるため、快適性などの便益もリンク別に与える変数で表現することが必須となる。しかしそのことが可能となれば、たとえそれが運転者により異なる値をもつ変数であったとしても、料金抵抗と同様の処理で目的関数を開発することが可能であるため、Frank-Wolfe法による均衡配分は可能となる。