

短期交通政策の効果影響分析に関する研究

岐阜大学工学部 正会員 宮城俊彦
 岐阜大学工学部 学生員 〇矢崎博芳

1. はじめに

短期交通政策は、特に過剰な自動車利用を抑制し、適正なマストラ利用の増進を計る目的で提案されるものである。種々の短期的な交通政策の効果を予測し評価するためには、従来のような代表交通機関による手段選択分析では不十分であり、種々の機関選択要因を考慮するモデルでかつ端末交通手段をも考慮手段選択を予測するモデルが望ましい。

本研究の目的は、ロジック選択モデルを基礎に端末交通手段をも分析する交通均衡モデルの構築とその短期交通政策への応用にある。この場合の前提となるのは、各モードごとの交通均衡は、Wardrop均衡配分によって達成されるのではなく、利用者の効用のバラツキを考慮した確率均衡配分によるという点である。したがって、自動車交通量配分モデルとして提案されている確率利用者均衡モデルを拡張、応用していく形での交通モード均衡モデルの構築を検討してみた。

2. 確率利用者均衡モデル

確率利用者均衡(SUE)モデルは次のような数理最適化モデルとして定式化できる。

[P-1]

$$\min Z(f) = \frac{1}{\theta} \sum_r \sum_s \sum_k f_k^{rs} \ln f_k^{rs} + \sum_a \int_0^{x_a} C_a(x) dx \quad (1)$$

$$\sum_{k \in R_k} f_k^{rs} = q_{rs}, \quad f_k^{rs} \geq 0, \quad x_a = \sum_r \sum_s \sum_k \delta_{ak}^{rs} f_k^{rs} \quad (2)$$

f_k^{rs} : ODペアr-sの径路kの利用交通量

C_a : リンクaのパフォーマンス関数

x_a : リンクaの利用量

q_{rs} : ODペアR-Sの利用量

θ : パラメータ

$\delta_{ak}^{rs} = \begin{cases} 1 & \text{: 径路kにaのリンクがあるとき} \\ 0 & \text{: その他} \end{cases}$

R_k : ODペアr-sの径路集合

最適解 f は次式として与えられる。

$$f_k^{rs} = \frac{q_{rs} \exp(-\theta c_k^{rs}(f))}{\sum_k \exp(-\theta c_k^{rs}(f))} \quad (3)$$

あるいは次式で与えられる。

$$x_a = \sum_r \sum_s \sum_k \delta_{ak}^{rs} \frac{q_{rs} \exp(-\theta c_k^{rs}(x))}{\sum_r \sum_s \sum_k \delta_{ak}^{rs} \exp(-\theta c_k^{rs}(x))} \quad (4)$$

式(3),(4)は、[P-1]の解が不動点として得られることを示すものに他ならない。均衡リンクフローを求めるにはSheffiとPowellの提案による逐次平均化法や宮城による縮小写像法を用いる事ができる。

これらの方法はいずれも各反復時点でリンク交通量をDial法で求める。Dial法は、次式のリンク尤度を基礎に、各リンクに負荷すべき量の相対的な大きさを決める。

$r(i) < r(j)$ のとき

$$L(i \rightarrow j) = \exp[r(i) - r(j) - \epsilon(i \rightarrow j)]$$

$r(i) > r(j)$ のとき

$$L(i \rightarrow j) = 0 \quad (5)$$

$L(i \rightarrow j) = 0$

$L(i \rightarrow j)$ は 起点から終点への最小費用径路上のノード i, j それぞれ起点からの費用である。

本研究で提案する手法はSUEモデルをマストラネットワークを含む一般的ネットワークに適用しようとするものである。ただし、自動車とマストラ(バスの場合)の相互作用に伴う混雑効果は考えず両者を分離して扱う。しかし、パークアンドライドのような異種交通相互の乗り換えが扱えるように、自動車ネットワークとマストラネットワークには連結リンクを設定する(図-1)。

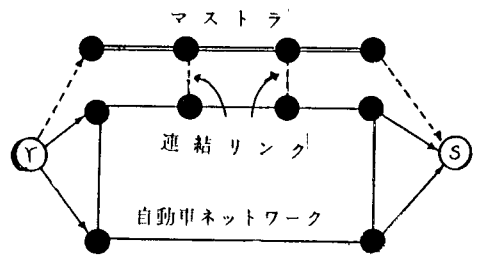


図-1 統合ネットワーク

このような一般的ネットワークにおいて最小費用径路上のリンク尤度は1となるが、そうでないリンクも正の尤度を持ち、トリップが配分される。したがって、最小費用径路でなくてもトリップが配分されると同時に、自動車リンクから連結リンクを経由してマストラを利用する、いわゆるパークアンドライド利用者の値も求めることができる。それらの量の大きさは、リンク尤度に依存している。しかし、マストラネットワークから自動車リ

リンクへの流出するトリップも生じるので、これを避けるためには、マストラから自動車リンクへの流出の抵抗を大きくとる。

このように、本研究の方法は費用(その他の正の要因を入れて効用も定義できる)の相対的な大きさによって、各リンクの利用を決定し、マストラ利用者をも決定するという意味でアブストラクトモードモデルといえる。

問題はリンクベースの配分で与えられるため、個々モードの選択確率、すなわち利用者数は求められない事である。経路kの選択確率は次式であたえられる。

$$P_{ij} = K \prod_{ab} L(i \rightarrow j) \delta_{ab}^{rs} \quad (6)$$

$$K_{rs} = \frac{1}{\sum_k \exp(\theta(u_{rs} - c_k^{rs}))} \quad (7)$$

u_{rs} : 最短経路走行費用
 c_k^{rs} : 経路kの走行費用

したがって、Kが求まれば P_k^{rs} を求めることができるが、一般に交通ネットワークでは経路集合Rが非常に大きいので、各経路上の尤度を求めることは事実上不可能であり、式(5)、(6)によってPを求めることはできない。ただし、一般に中小都市ではマストラのネットワークは、そう複雑ではない。したがって、マストラやパークアンドライドの利用経路上のリンク尤度は求めることができ、Kが与えられればそれらの選択確率 P_m, P_p を求めることができる。自動車利用率は、リンク尤度を求める必要なしに $(1 - P_m - P_p)$ として求めることができる。

3. Kの値の求め方

Kの値を求めるための前提は、マストラネットワークが単純であるという仮定である。この時、マストラネットワーク上の各リンク尤度を求めうることは容易である。同様にパークアンドライドのような異種の端末交通手段を利用するトリップのマストラノードへ至る経路はその経路がたどれるほど単純であると仮定する。この時、マストラ(添字1で表す)、パークアンドライド(添字2で表す)それらの経路行列 δ_1, δ_2 と経路上のリンク尤度 $L(a \rightarrow b)$ を使って

$$P_1 = K \prod_{ab} L(a \rightarrow b) \delta_{ab}^{rs} \quad (8)$$

$$P_2 = K \prod_{ab} L(a \rightarrow b) \delta_{ab}^{rs}$$

として求められる。このときマストラネットワーク上でマストラ利用者しか存在しないリンクの均衡フロー

x_{ij}^* について

$$x_{ij}^* = q^{rs} P_{ij} = q^{rs} K \prod_{ab} L(i \rightarrow j) \delta_{ab}^{rs} \quad (9)$$

が成立し、Kを次式で求めることが可能となる。

$$K_{rs} = \frac{x_{ij}^*}{q^{rs} \prod_{ab} L(a \rightarrow b) \delta_{ab}^{rs}} \quad (10)$$

したがって 経路選択率をつかって、 f_1, f_2 が求められ、自動車利用者は $(q^{rs} - f_1^{rs} - f_2^{rs})$ で与えられる。無論 Kを求める操作は、マストラ利用のトリップが合流する点のリンクフローを使っても可能である。

4. 交通政策の評価指標

種々の交通政策実施に伴うその効果の評価は、次式を用いればよい。

$$E = \frac{1}{\theta} \sum_r \sum_s q^{rs} \ln \sum_k \exp(-\theta c_k^{rs}) \quad (11)$$

式(11)はロジットモデル選択の場合の期待最大効用の総和を表している。しかし、前述の理由によって Rは求められずに、したがってそのままEは求められない。しかし

$$\frac{1}{\theta} \sum_{ij} q^{rs} \sum_k p_k^{rs} \ln P_k^{rs}$$

$$= - \sum_{rs} x c - \frac{1}{\theta} \sum_r \sum_s q^{rs} \ln \sum_k \exp(-\theta c_k^{rs})$$

が成立し、

$$\frac{1}{\theta} \sum_{rs} q^{rs} \sum_k p_k^{rs} \ln p_k^{rs} = \sum_{rs} \sum_k q \ln K_{rs} + \sum_a x_a L(a)$$

が成立するので

$$E = - \sum_a x_a c_a - \sum_a x_a L(a) - \sum_{rs} \sum_k q \ln K_{rs}$$

として、E がもとめられる。ここに、 $L(a)$ はリンク尤度である。Eは負の値をとる非効用であることに注意する。

5. まとめ

本研究では、種々の短期交通政策におけるマストラ、自動車の分担率の変化を分析することにより、短期交通政策の有効性を判断するものである。

本研究で提案する手法の特徴は、マストラネットワークと自動車ネットワークと同時に配分を行う点、および両モードとも確率利用者均衡配分を用いる点そして予測モデルと評価モデルが一体化した評価ができるように、評価モデルとしてロジットモデルに対応した期待効用指標を使用し評価を行う点である。