

IV-359

多種流確率均衡モデルに基づいた VICS 情報の利用率

熊本大学 学生員 本田 秀太

熊本大学 正 員 溝上 章志

1. はじめに

経路所要時間情報を受けたドライバーは正確な経路情報を入手することができるので、より合理的な経路選択を行うことが可能になる。つまり、情報の有無(VICS情報の利用・非利用)によって知覚所要時間のばらつきが異なる2種のドライバーによる経路選択が行われるようになる。本研究では、2つのVICS情報の利用率を定義し、2種のドライバーの経路選択規範の相違を考慮に入れた多種流ネットワーク均衡解を求めると同時に、VICS情報の利用率を同時推定する。

2. 多種流ネットワーク均衡理論によるフロー

知覚所要費用のばらつきの程度が異なる2種の経路選択主体が存在し、これを経路選択パラメータ θ_1, θ_2 で識別する。両者はネットワーク上の同一のリンクを相互干渉なしに共有する。このような2種の均衡フローは以下の多種流確率均衡フロー問題の解として求めることができる。

$$\min: Z(\mathbf{x}, \mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2) \\ = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{g=1,2} \frac{1}{\theta_g} \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} f_{gk}^{rs} \ln(f_{gk}^{rs} / q_{rs}^g) \quad (1)$$

$$s.t. \quad \sum_{k \in K_{rs}} f_{gk}^{rs} = q_{rs}^g, \quad \forall r \in R, s \in S, g=1,2 \quad (2)$$

$$x_a = \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{g=1,2} f_{gk}^{rs} \delta_{a,k}^{rs}, \quad a \in A \quad (3)$$

$$f_{gk}^{rs} \geq 0, \quad \forall k \in K_{rs}, r \in R, s \in S, g=1,2 \quad (4)$$

ここで、 x_a はリンク交通量、 f_{gk}^{rs} は rs 間セグメント g 別第 k 経路交通量、 q_{rs}^g は rs 間セグメント別OD交通量、 $t_a(x_a)$ はリンクコストである。また、 $\delta_{a,k}^{rs}$ は rs 間第 k 経路がリンク a を含むとき1の値をとるダミー変数である。

3. VICS 情報利用率の定義

2種とはVICS情報を利用する主体(添字1)と利用しない主体(添字2)である。前者は経路に関する所要費用の情報がないので、より確率的な経路選択を行うであろう。一方、後者はVICS対応ナビに

よりOD費用に関する情報を取得できることから、より確定的な経路選択を行うことができる。これを、経路選択パラメータの大小関係 $\theta_1 < \theta_2$ で区別する。 $\theta_2 \rightarrow \infty$ の場合には最短経路選択、つまり確定的均衡配分状態となる。

VICS情報の利用率 $\Pr[1|rs]$ は、所要費用情報の取得できる場合と情報なしの場合の便益の差 $S_{rs}^1 - S_{rs}^2$ を変数とする以下のようなロジスティック関数で内生的に決まると仮定する。

$$\Pr[1|rs] = \frac{1}{1 + \exp[\alpha + \beta(S_{rs}^1 - S_{rs}^2)]} \quad (5)$$

ここでは便益の差を、1)OD間平均所要費用の節約量¹⁾、2)OD所要費用の確実性の増加量の2つの方法で定義したモデルを示す。

(1) 平均所要費用の節約量による定義

両者の平均所要費用は以下のように表わされる。

$$S_{rs}^g = \sum_{k \in K_{rs}} P_{rsk}^g (C_{rs}(\mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2)) \cdot C_k^{rs} \quad (g=1,2) \quad (6)$$

この平均所要費用の算出方法では、経路コストを変数としているため、大規模なネットワークへの適用は困難である。本研究では、Dial法によって任意のVICS情報利用率時の確率均衡フローを求める際に得られる rs 別セグメント別リンクフロー x_{ars}^g を用いて、以下のように平均所要費用を算出する方法を提案する。

$$S_{rs}^g = \sum_{a \in A} \sum_{rs} x_{ars}^g t_a \left(\sum_{rs} \sum_{g=1,2} x_{ars}^g \right) / q_{rs}^g \quad (g=1,2) \quad (7)$$

(2) 所要費用の確実性の増加量による定義

両者のOD間所要費用の確実性を表わす指標として、以下に示すOD間の満足度関数値を用いる。

$$S_{rs}^g = -\frac{1}{\theta_g} \ln \sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta_g C_k^{rs}) \quad (g=1,2) \quad (8)$$

4. 数学的定式化と感度分析

(1) 等価な最適化問題

VICS情報の利用率モデルを所要費用の確実性の

増加量の関数として定義した場合，VICS 情報の利用率とフローの均衡値は以下の数理適化問題の解として求めることができる．

$$\begin{aligned} \min: & Z(\mathbf{x}, \mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2, \mathbf{q}^1, \mathbf{q}^2) \\ &= \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{g=1,2} \frac{1}{\theta_g} \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} f_{g,k}^{rs} \ln(f_{g,k}^{rs} / q_{rs}^g) \\ &\quad - \frac{1}{\beta} \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^g} (\ln \frac{\omega}{\bar{q}_{rs}} + \alpha) d\omega \quad (9) \\ \text{s.t. } & \sum_{g=1,2} q_{rs}^g = \bar{q}_{rs}, \quad \forall r \in R, s \in S \quad (10) \\ & \sum_{k \in K_{rs}} f_{g,k}^{rs} = q_{rs}^g, \quad \forall r \in R, s \in S, g = 1, 2 \quad (11) \\ & x_a = \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{g=1,2} f_{g,k}^{rs} \delta_{a,k}^{rs}, \quad a \in A \quad (12) \\ & q_{rs}^g \geq 0, \quad \forall r \in R, s \in S, g = 1, 2 \quad (13) \\ & f_{g,k}^{rs} \geq 0, \quad \forall k \in K_{rs}, r \in R, s \in S, g = 1, 2 \quad (14) \end{aligned}$$

ここで， $\bar{q}_{rs}$ は既知の rs 間 OD 交通量である．この問題の解が均衡解を与えるのは，その Kuhn-Tucker 条件より明らかなので，証明は省略する．

(2) 感度分析の結果

図-1 のモデルネットワーク（各リンクの上下（左右）の数字はゼロフロー時所要時間と容量）を用いて，本モデルの感度と数値計算法の有効性を検討した．数値シミュレーションは表-1 のような3通りの条件のもとで行った．分析1では知覚所要時間のばらつきの変化に伴う VICS 情報利用率の変化，分析2では総交通量（混雑）の増加に伴う利用率の変化，分析3では長・短 OD が同一ネットワーク上に混在する場合のそれぞれの OD 間での利用率の変化について分析した．その結果から以下のことが明らかになった．

- 1) OD 間所要費用の現実性の増加量によって定義した VICS 情報の利用率モデルの場合， θ の値により普及率の感度が大きく変化する．OD 間平均所要費用の節約量により定義した VICS 情報利用率モデルでは， θ の値にかかわらず，利用率に大きな変化はない．
- 2) 混雑が増加するとき，利用率は OD 間平均所要費用の節約量による定義では VICS 情報の利用率は減少し，OD 間所要費用の現実性の増加量による定義では

表-1 シミュレーションに用いた条件

分析	OD ペア	総交通量	θ_1	θ_2
1	1→12	1500 台	0.00~0.1	0.1~1.0
2	1→12	0~1600 台	0.01, 0.05, 0.1, 0.5	∞
3	短 1→7	2000 台 長・短比率を 10%ずつ変化	定義 1	0.01
	長 1→12		定義 2	0.1
				0.2

逆に増加する．（図-2 参照）

- 3) VICS 情報の利用率は，トリップよりも長トリップにおける高い．（図-3 参照）

5. おわりに

VICS 情報の利用・非利用によって2種にセグメント化されたドライバーの経路選択規範を考慮に入れた確率的均衡フローと VICS 情報の利用率の予測が可能になった．しかし，利用率の定義の方法によって，ネットワーク上の混雑率が増加した場合の VICS 情報利用率に異なる傾向が生じる．利用率モデルの定義と特定化が重要な課題となろう．

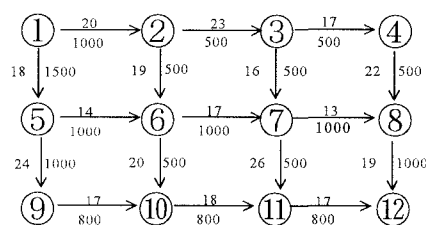


図-1 感度分析に用いたモデルネットワーク

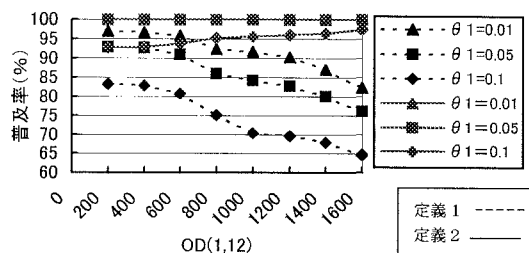


図-2 OD 交通量増加に伴う普及率変化

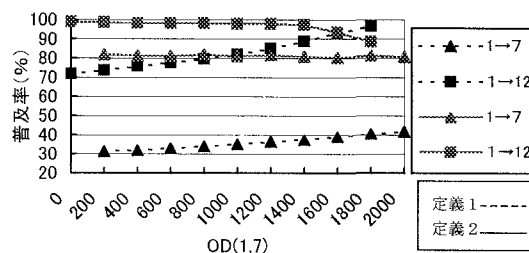


図-3 長・短トリップ比率の増加に伴う普及率変化

<参考文献>

- 1) Yang, H.: Multiple Equilibrium Behaviors and Advanced Traveler Information Systems with Endogenous Market Penetration. Transpn Res-B, Vol.32, No.3, pp.205-218, 1998.