

VICS 利用率変動型の多種流確率均衡配分におけるパラドックス

○熊本大学大学院 学生員 本田 秀太
熊本大学工学部 正 員 溝上 章志

1. はじめに

VICS などの情報提供システムによって、ドライバーは目的地までの最短所要時間経路を知ることができ、合理的な経路選択を行うことが可能になる。情報提供システムの効果を、一般にも理解しやすいシステムの効率性指標である「総走行時間」で評価すると、直感的には情報がない場合よりも効率は改善されると考えられる。しかし、ここに混雑という経済外部性が加わると、情報提供がかえってシステムの効率性を低下させるというパラドックスが生じることがある。

本研究では、提供情報の利用の有無による経路選択規範の相違を考慮に入れた多種流確率均衡配分を用い、上記のシステム効率性のパラドックスを数値シミュレーションにより示す。

2. 所要時間情報の利用率の定義

ネットワーク上に提供される所要時間情報を利用しない主体 ($g=1$) と利用する主体 ($g=2$) の2つのグループが存在する。前者は経路に関する所要時間情報を利用しないので、知覚所要時間に従った確率的な経路選択を行うであろう。一方、後者は最短経路所要時間を知ることができることから、最短経路上のより確定的な経路選択を行う。

VICS 対応ナビの利用率 $\text{Pr}[2|rs]$ は、所要時間情報を利用した場合と利用しない場合の便益の差である $S_{rs}^1 - S_{rs}^2$ を変数とする以下のようなロジステック関数で内生的に決まると仮定する。

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

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 間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。

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

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。

$$S_{rs}^g = -\frac{1}{\theta_g} \ln \sum_{k \in K_{rs}} \exp(-\theta_g c_k^{rs}) \quad (g=1,2) \quad (3)$$

ここで $x_{a,rs}^g$ は rs 間セグメント別のリンク a の交通量、 $t_a(\cdot)$ はリンク a のリンクコスト関数、 q_{rs}^g は rs 間セグメント別 OD 交通量、 c_k^{rs} は rs 間第 k 経路の所要費用である。本研究では、便益の定義として所要費用の確実性の増加量を用いて数値シミュレーションを行う。

3. VICS 利用率変動型多種流確率均衡モデル²⁾

情報の有無(提供情報を利用するか利用しないか)による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。ただし、 $\theta_2 \rightarrow \infty$ の場合には最短経路選択、つまり確定的均衡状態となる。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。上述のように提供情報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ネットワーク均衡モデルの中で内生的に定義した場合、提供情報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。

$$\min: Z(\mathbf{x}, \mathbf{f}, \mathbf{f}_2, \mathbf{q}^1, \mathbf{q}^2)$$

$$= \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{g=1,2} \frac{1}{\theta_g} \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} f_{g,k}^{rs} \ln(f_{g,k}^{rs} / q_{rs}^g) - \frac{1}{\beta} \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^2} (\ln \frac{\omega}{q_{rs}^2 - \omega} + \alpha) d\omega \quad (4)$$

$$s.t. \quad \sum_{g=1,2} q_{rs}^g = \bar{q}_{rs}, \quad \forall r \in R, s \in S \quad (5)$$

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_{g,k}^{rs} = q_{rs}^g, \quad \forall r \in R, s \in S, g=1,2 \quad (6)$$

$$x_a = \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{g=1,2} f_{g,k}^{rs} \delta_{a,k}^{rs}, \quad a \in A \quad (7)$$

$$q_{rs}^g \geq 0, \quad \forall r \in R, s \in S, g=1,2 \quad (8)$$

$$f_{g,k}^{rs} \geq 0, \quad \forall k \in K_{rs}, r \in R, s \in S, g=1,2 \quad (9)$$

ここで、 f_{gk}^{rs} は rs 間セグメント g 別第 k 経路交通量、

テム効率性の低下というパラドックスを情報利用変動型の多種流確率均衡配分シミュレーションにより示した。さらに、提供情報の効果を計測する多種流確率均衡モデルに論理整合的な情報提供システムの導入効果の評価指標を示した。

図-1 のモデルネットワークを用いて、すべてのトリップが情報利用者であることを想定 ($\theta_1 = \theta_2 \rightarrow \infty$) した均衡モデル (UE) , すべてのトリップが情報の非利用者であることを想定 ($\theta_1 = \theta_2 \rightarrow 0$) したモデル (SUE) , 本モデルによる情報利用者変動型 ($\theta_1 \rightarrow 0, \theta_2 \rightarrow \infty$) の均衡モデル (MUE) により配分計算を行い、情報提供システムの効果をシステム効率性評価値によって比較を行った。OD は 1→12 だけであり、総トリップ数を 200 から 200 刻みに 1600 トリップまで増加させる。システム効率性の評価指標として、総走行時間と式(4)の満足度関数の総和を使用した。

※各リンクの上下（左右）の数字はゼロフロー所要時間と容量を表す。

トリップ数	UE (比率)	SUE (比率)	MUE (比率)
200	0.955	1.000	0.982
400	0.958	1.002	0.985
600	0.968	1.002	0.985
800	0.985	1.002	0.988
1000	0.982	1.000	0.998
1200	0.985	1.000	0.998
1400	0.998	1.000	0.998
1600	1.020	1.000	1.000

トリップ数 (Trips)	UE (Ratio)	SUE (Ratio)	MUE (Ratio)
200	1.06	1.00	1.03
400	1.065	1.00	1.03
600	1.075	1.00	1.03
800	1.095	1.00	1.04
1000	1.09	1.00	1.05
1200	1.10	1.00	1.055
1400	1.11	1.00	1.06
1600	1.13	1.00	1.07

以上より、情報提供の効果をネットワークの効率性指標で評価する際に、総走行時間を一つのシステム導入の評価指標にとることは、短絡的に誤りとは言えないものの、需要予測モデルと理論整合的な評価指標、本研究のように確率均衡配分モデルを需要予測モデルとして用いた場合には満足度関数値を評価指標として用いなければならない。

本研究では、ドライバーへの情報提供によるシス

- ＜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.
 - 2) 溝上章志, 本田秀太: 多種流確率均衡モデルに基づいた VICS 情報の利用率, 第 54 回年次学術講演会講演概要集 vol.4, pp. 716-pp.717, 1999.