

ネットワーク分析を用いた道路交通情報提供システム導入の便益試算

熊本大学 正会員 溝上 章志

1. はじめに

VICS 情報の利用者と非利用者ごとの経路選択規範を考慮した多種流ネットワークフローを求めると同時に、道路交通情報の利用率を推定する VICS 利用需要変動型確率均衡モデル[MUSE/VICS-Demand]を構築した。このモデルを用いると、VICS 導入後の便益推計も可能である。本研究では、このモデルを実規模の道路ネットワークに適用するために、知覚経路所要時間の分散パラメータと VICS 情報利用率モデルのパラメータを推定し、西遠都市圏における VICS 導入便益の試算を行った結果を示す。

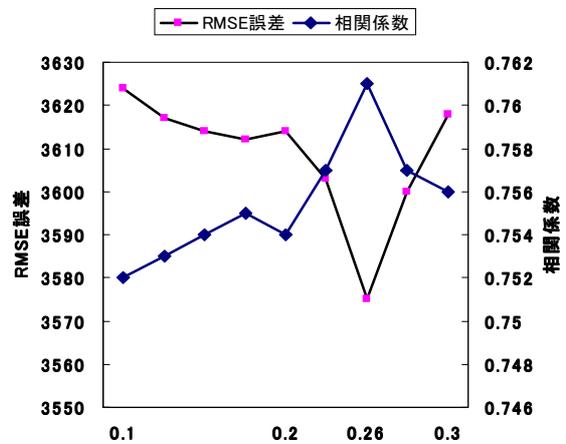


図-1 RMSE と相関係数

2. VICS 利用需要変動型多種流確率均衡モデル

VICS 導入後（以後、添え字(b)で表す）の VICS 利用率を、VICS 情報利用/非利用時の経路所要時間の確実性指標 $S_{rs}^{g(b)}$ によるロジットモデル

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

で定義した場合、[MUSE/VICS-Demand]モデルは、その解が VICS 利用と経路の選択行動を Nested Logit モデルで記述する下記の数理最適化問題で定式化できる。

$$\begin{aligned} \text{Min: } & Z(x, f_g, q^g) \\ & = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_{g=1,2} \frac{1}{\theta_g} \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} f_{g,k}^{rs} \ln(f_{g,k}^{rs} / q_{rs}^g) \\ & \quad - \frac{1}{\beta} \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^g} \left(\ln \frac{\omega}{q_{rs}^g - \omega} + \alpha \right) d\omega \\ \text{s.t. } & \sum_{k \in K_{rs}} f_{g,k}^{rs} = q_{rs}^g, \quad \forall r \in R, \forall s \in S, \quad g=1,2 \\ & \sum_{g=1,2} q_{rs}^g = \bar{q}_{rs}, \quad \forall r \in R, \forall s \in S, \quad g=1,2 \\ & x_a = \sum_{rs} \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{g=1,2} f_{g,k}^{rs} \delta_{a,k}^{rs}, \quad \forall a \in A \\ & q_{rs}^g \geq 0, \quad \forall r \in R, \forall s \in S, \quad g=1,2 \\ & f_{g,k}^{rs} \geq 0, \quad \forall k \in K_{rs}, \forall r \in R, \forall s \in S, \quad g=1,2 \end{aligned}$$

ここで、 x, f_g, q^g は解ベクトル、 \bar{q}_{rs} は既知の rs -OD

交通量である。 θ_g は知覚経路所要時間の分散パラメータであり、VICS 情報を利用するドライバー ($g=2$) は各経路に対して確実性の高いな実所要時間情報入手できることから、 $0 < \theta_1 < \theta_2 \rightarrow +\infty$ によって非利用ドライバーとは経路選択行動が区別されることになる。

この[MUSE/VICS-Demand]を実道路ネットワークに適用し、都市圏全体における道路交通情報システム導入便益を推計するためには、 θ_g と α, β をあらかじめ設定しておく必要がある。

3. 未知パラメータの推定法

(1) 分散パラメータの推定

[MUSE/VICS-Demand]モデルを実道路網に適用するためには、 θ_g と α, β をあらかじめ推定しておく必要がある。 θ_g のうち、 θ_2 については $+\infty$ 、 θ_1 については VICS が未導入の地域において、Logit 型確率均衡配分結果が実測交通量と最も適合するような θ_1 値を設定すれば良い。

θ_1 を推定するために、Logit 型確率均衡配分をおこなった道路ネットワークは、リンク総数 3,638、ノード数 1,299、セントロイド数 186 で構成される西遠都市圏 PT ネットワークである。リンク交通量が実測されている道路区間数は、国道と県道を合わせて計 50 箇所である。分散パラメータ θ_1 の変動に対する相

関係数と RMSE 誤差値の変動を図-1に示す。これらより、 $\theta_1=0.26$ の時に RMSE 誤差は最小で相関係数は最大となっており、その他の適合性評価指数も良好な値を示した。

(2) VICS 利用率モデルの推定

CVM 調査時のドライバーの VICS-unit に対する事前の支払い意思額 WTP_{rs} は、VICS 導入後の rs -OD 間の満足度水準 $S_{rs}^{2(b)}$ を想定して回答されているから、両者には以下のような関係がある。

いま、ドライバーの rs -OD 間トリップに対するランダム効用の確定項 V_{rs} の関数形として、

$$V_{rs} = v\Omega_{rs} + S_{rs}$$

を仮定する。ここで、 Ω_{rs} は可処分所得、 v はその限界効用、 S_{rs} は前述した rs -OD 間トリップの確実性指標値である。また、 v は既知としている。このとき、VICS 導入前（以後、添え字(a)で表す）の rs -OD 間トリップの間接効用 $V_{rs}^{1(a)}$ は下記のようなものである。

$$V_{rs}^{1(a)} = v\Omega_{rs}^{(a)} + S_{rs}^{1(a)}$$

一方、VICS 導入後に、VICS-unit を購入して VICS 情報を利用することによって得られる間接効用 $V_{rs}^{2(b)}$ は、VICS-unit の購入に要する費用 WTP_{rs} を可処分所得から引いた後の所得 $\Omega_{rs}^{(a)} - WTP_{rs}$ と VICS 情報利用時の満足度関数値 $S_{rs}^{2(b)}$ によって

$$V_{rs}^{2(b)} = v(\Omega_{rs}^{(a)} - WTP_{rs}) + S_{rs}^{2(b)}$$

で表される。この WTP_{rs} は VICS 導入前の効用に戻すために家計が支払う貨幣の最大額であり、

$$v\Omega_{rs}^{(a)} + S_{rs}^{1(a)} = v(\Omega_{rs}^{(a)} - WTP_{rs}) + S_{rs}^{2(b)}$$

を満足する WTP_{rs} で定義される。これより、

$$S_{rs}^{2(b)} = v \cdot WTP_{rs} + S_{rs}^{1(a)}$$

なる関係が成立する。この WTP_{rs} は CVM によって得ることができる。また、VICS 導入前の $S_{rs}^{1(a)}$ については、観測、あるいは VICS 導入前の Logit 型確率均衡配分モデルから推計可能である。したがって、[MUSE/VICS-Demand] から得られる $S_{rs}^{2(b)}$ と、CVM 調査の際に被験者が想定した VICS 導入時の右辺の値とが一致するような α と β が存在するはずである。このような α と β を以下の手順で求める。

Step-1: α と β の初期値 $\alpha^{(0)}$ 、 $\beta^{(0)}$ を設定する。 $n \rightarrow 0$

Step-2: $\alpha^{(n)}$ 、 $\beta^{(n)}$ を用いた [MUSE/VICS-Demand] に

表-1 支払意思額の推定結果

説明変数	パラメータ値	t 値
定数項	36.49	5.56
提示額	3.56	5.93
所要時間	0.020	1.82
尤度比	0.51	
サンプル数	200	

より、 $S_{rs}^{1(b)}$ や $S_{rs}^{2(b)}$ 、 $P(2|rs)$ を求める。

$$\text{Step-3: } \ln \frac{1 - P(2|rs)}{P(2|rs)} = \alpha + \beta \{S_{rs}^{1(b)} - (v \cdot WTP_{rs} + S_{rs}^{1(a)})\}$$

を得る。この $P(2|rs)$ と $S_{rs}^{1(b)}$ は、 $\alpha^{(n)}$ 、 $\beta^{(n)}$ の下での [MUSE/VICS-Demand] ルの解である。また、 WTP_{rs} と $S_{rs}^{1(a)}$ は既知であるから、単回帰分析によって α 、 β の推定値 $\tilde{\alpha}$ 、 $\tilde{\beta}$ を推定する。

Step-4: $|\alpha^{(n)} - \tilde{\alpha}| \leq \varepsilon_\alpha$ 、 $|\beta^{(n)} - \tilde{\beta}| \leq \varepsilon_\beta$ であれば終了する。そうでなければ $\alpha^{(n)} = \tilde{\alpha}$ 、 $\beta^{(n)} = \tilde{\beta}$ 、 $n \rightarrow n+1$ として Step-2 にもどる。

WTP_{rs} としては、2001 年 10 月に熊本都市圏で実施した VICS 導入に対する市民意識調査データから推計した表-1 のモデルを用いた。今回は $\alpha=0$ として β だけを推定したところ、5 回の繰り返し計算の結果、 $\beta=0.0169$ となった。

4. VICS 導入便益の試算

本モデルを用いることにより、day-to-day に VICS 情報を参照することで得られる効用によって構築される確率効用理論に整合した便益は

$$S = \frac{1}{\beta} \sum_{rs} q_{rs} \ln [\exp(\alpha + \beta S_{rs}^{1(b)}) + \exp(S_{rs}^{2(b)})]$$

によって得られる。また、このときの便益は VICS 導入後の均衡交通需要に対応したものとなっている。本モデルを用いて西遠都市圏における VICS 導入後の便益を試算した結果、1 日あたり約 15 億円、1 年間では 3,000 億円という結果が得られた。ただし、時間価値 $v=25.54$ 円/分、1 年間の VICS 利用日数は 200 日/年としている。

5. おわりに

本研究では [MUSE/VICS-Demand] モデルを実ネットワークに適用するために、知覚経路所要時間の分散パラメータと VICS 情報利用率パラメータの推定を行い、VICS 導入後の西遠都市圏における総便益の試算を行った。