

アップリンク数に依存する所要時間情報の信頼性を考慮した 道路交通情報提供システムの評価法

○（株）長大 正会員 馬場 拓也
熊本大学 正会員 溝上 章志

1. はじめに

最新の情報通信技術を用いた道路交通情報提供システムが整備され、全国で VICS (Vehicle Information and Communication Systems) により道路交通情報が提供されている。著者らは、VICS 情報の利用者と非利用者毎の経路選択規範を考慮に入れた多種流ネットワークフローと VICS 情報利用率の同時推定モデル [MUSE/VICS-Demand] を構築した。このモデルでは VICS の提供する所要時間情報は確定値であると仮定している。しかし、ビーコンから収集される所要時間情報にはアップリンク数に依存した大きさを持つ誤差を含む。本研究では、アップリンク数に依存した情報誤差を内包したモデルを提案し、そのモデルを用いて道路交通情報システムの便益評価を行なう方法を示す。

2. VICS 搭載比率に依存する提供情報の信頼性を考慮した多種流確率均衡モデル

(1) モデルの仮定と均衡条件

セグメント主体 g ($g=1$: VICS 非装着者, $g=2$: VICS 装着者) の rs 間第 k 経路の選択確率 $P_{g,k}^{rs}$ は、確率変数である知覚経路所要時間を $\tilde{C}_{g,k}^{rs}$ とすると以下のように表すことができる。

$$P_{g,k}^{rs} = \Pr[\tilde{C}_{g,k}^{rs} < \tilde{C}_{g,j}^{rs}; k \neq j] \quad (1)$$

rs 間のトリップのうちの VICS 装着率は、VICS 情報を利用する場合と利用しない場合の確率効用を $\tilde{S}_{rs}^g$ とするとき、以下のように定義できる。

$$P[2/rs] = \Pr[\tilde{S}_{rs}^1 < \tilde{S}_{rs}^2] \quad (2)$$

本研究では、以上の条件を満たすような VICS 装着率変動型多種流確率均衡モデルを用いて、アップリンク数に依存する観測誤差を含む道路交通情報システムの社会的便益評価を行なう手法を提案する。

(2) 経路選択確率と VICS 装着率

ドライバーの知覚リンク所要時間 $\tilde{t}_a$ は、下記のように実所要時間 t_a に観測誤差 λ_a を加えた VICS によ

る提供所要時間情報と、ドライバーの知覚誤差 ξ_a の和で表されると仮定する。

$$\tilde{t}_a = t_a + \lambda_a + \xi_a \quad (3)$$

観測誤差 λ_a と知覚誤差 ξ_a は、各リンクで独立に $\lambda_a \sim N(0, h(x_{a,2}))$, $\xi_a \sim N(0, \beta_g t_a)$ に従うと仮定する。ここで $h(x_{a,2})$ はアップリンク数 $x_{a,2}$ の減少関数である情報誤差の分散関数、 β_g は知覚分散パラメータである。このとき、知覚経路所要時間ベクトルは、

$$\tilde{\mathbf{C}}_g^{rs} \sim \text{MVN}(\mathbf{c}^{rs}, \Sigma_{g,\eta}^{rs})$$

ここで

$$\mathbf{c}^{rs} = \mathbf{t} \cdot \Delta^{rs}$$

$$\Sigma_{g,\eta}^{rs} = \Delta^{rsT} \cdot \Sigma_{g,\eta} \cdot \Delta^{rs} \quad (4)$$

で表現できる。 $\Sigma_{g,\eta}^{rs}$ は rs 間経路の分散共分散行列である。この経路所要時間を持つ rs 間第 k 経路の経路選択確率 $p_{g,k}^{rs}(\mathbf{c}^{rs}, \Sigma_{g,\eta}^{rs})$ はプロビットモデルから求められるが、その算出は容易でない。本研究ではモンテカルロ法を用いた。

同様に、VICS 装着率 $P[2/rs]$ もプロビットモデルで定式化する。この際の効用は OD 間所要時間の不確実性に依存し、その指標として実所要時間と期待最小所要時間との差を用いる。

$$S_{rs}^g[\tilde{\mathbf{C}}_g^{rs}(x)] = \min_{k \in K_{rs}} \{C_{rs}^{rs}\} - E[\min_{k \in K_{rs}} \{\tilde{\mathbf{C}}_g^{rs}\}] \quad (9)$$

このとき VICS 装着率は下記で表される。

$$P[2/rs] = \Phi\left(\frac{S_{rs}^1 - S_{rs}^2}{\sqrt{\sigma^2}}\right) \quad (10)$$

$$\sigma^2 = \alpha \sum_g S_{rs}^g \quad (11)$$

3. モデルネットワークによる感度分析

モデルから得られる解の特性を分析するため、図

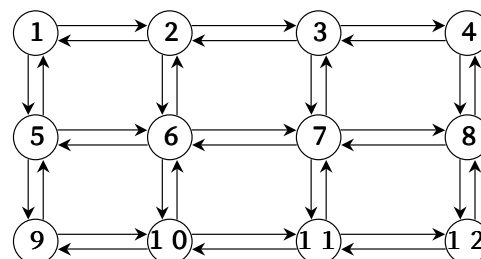


図-1 感度分析に用いたモデルネットワーク

キーワード VICS, 道路交通情報システムの便益評価, 観測情報誤差

連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1 TEL:096-342-3541 FAX:096-642-3507

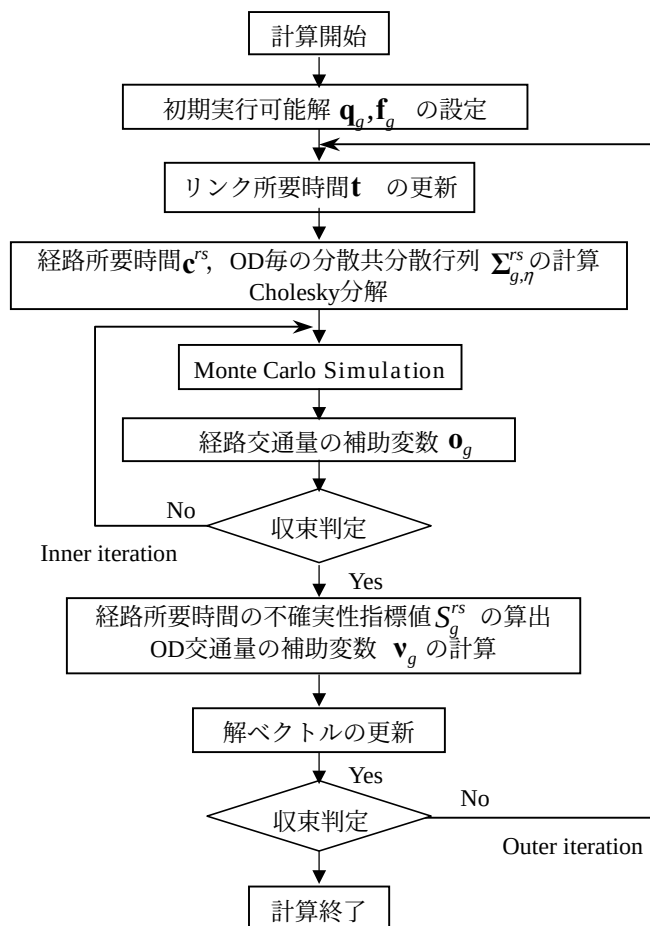


図-2 均衡解探索のフロー

図-1のモデルネットワークにおいて感度分析を行なった。ODペアは1-6,1-12,6-1,6-12,12-1,12-6の6つであり、OD構成比は1/8:1/4:1/8:1/8:1/4:1/8とする。図-2に均衡計算アルゴリズムを示す。ここでは、情報誤差による均衡状態の変化を確認するため、知覚分散パラメータ $\beta_1 = 0.1, \beta_2 = 0.02$ と固定し、情報誤差分散関数にはアップリンク数が増える程、誤差が小さくなりかつ知覚誤差の大きさを超えないような以下の減少関数を用いた。

$$h_a(x_{a,2}) = \beta_2 \cdot t_a(x_a) / \gamma^{x_{a,2}} \quad (12)$$

図-3に総トリップ数の変化に伴う VICS 均衡装着率および各 OD 間別 VICS 装着率の関係を示す。VICS 装着率は総トリップ数が増加して、ネットワーク上の混雑度が大きくなるに従って増加すること、トリップ長が長いほど高くなること分かる。

図-4には情報誤差分散の大きさを示す γ と VICS 均衡装着率の関係を示す。 γ が大きくなり情報誤差が小さくなるに従って VICS 装着率は増加していく。

4. VICSによる提供情報の社会的便益評価

同様のネットワークを用い、ビーコンの設置便益

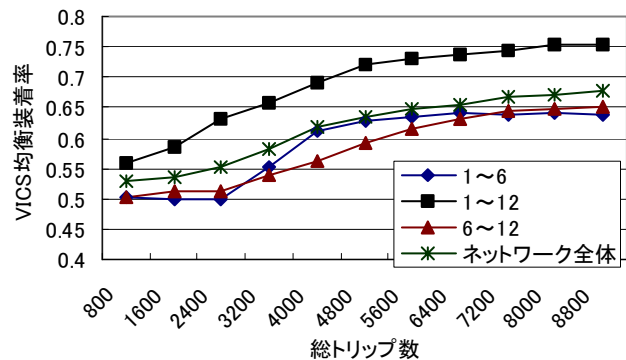


図-3 総トリップ数と均衡装着率の関係

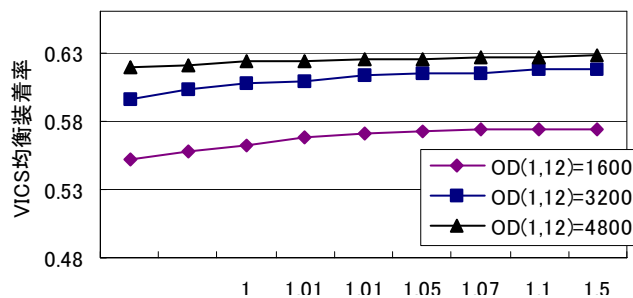


図-4 誤差減少パラメータと均衡装着率の関係

の試算を行なった。混雑度が異なる場合の便益額を比較するため、総トリップ数が3,000と6,000の2ケースで試算した。また、VICS利用時においてビーコン設置のないリンクには $\gamma=1$ として一定値の誤差を生じさせた。便益は、需要予測モデルの立脚している確率効用理論に整合した式(9)の不確実性指標 S_{rs}^g で計測する。総便益は以下の式で表すことができる。

$$TS = \varepsilon \sum_{rs} \sum_g q_{rs}^g \cdot S_{rs}^g \quad (13)$$

ε は不確実性指標の限界効用値であり、ここでは1.0とした。試算結果を表-1に示す。これより、混雑度が小さいときは、提供情報の信頼性は社会的便益にそれほど影響しないといえる。しかし、混雑度が高いときは、社会的便益に大きな差が生じている。

5. おわりに

アップリンク数に依存した所要時間情報の信頼性を考慮した道路交通情報提供システムの評価法を提案した。本手法を大規模な実ネットワークに適用する際には、各種未知パラメータをあらかじめ推定しておく必要がある。

表-1 ビーコン非設置時と設置時の便益の差

総トリップ数	1リンク設置時	7リンク設置時	全リンク設置時
3000台	505.0	584.1	873.0
6000台	2043.6	2281.8	3021.0