

IV-391

交通情報システムによる経路誘導効果の経済便益評価モデル

鳥取大学工学部 正員 多々納裕一

鳥取大学工学部 正員 小林 潔司

東北大学大学院 正員 文 世一

1. 研究の目的

交通情報システムは、ドライバーに対して経路の走行条件に関する情報を事前に与え、経路選択行動を間接的に誘導することを目的とする。本研究では、路側の可変情報板やラジオを用いた交通情報提供のように、公共主体がある地点を通過する全てのドライバーに情報を提供するような交通情報システムをとり上げる。そして提供される交通情報を考慮したドライバーの経路選択行動を著者らが提案している合理的期待均衡モデル(REEモデル)を用いて定式化する。さらに、情報システムの導入による経済便益をオプション価格や期待支払意思額を用いて定式化し、情報システムの導入による経路誘導効果の特性を明らかにすることを目的とする。

2. 交通情報システムの整備と意思決定環境

本研究では、以下のように交通情報システムとドライバーの経路選択行動との関係を想定する。ドライバーは各経路の交通量を事前に知ることはできないが、経路選択に際して公共主体からのメッセージを受け取り、それぞれの経路に対して経路所要時間の分布に関して主観的期待を形成する。その上で、期待効用を最大にする経路を選択するものと仮定する。この際、ドライバーの主観的期待は学習過程を通じて実際に実現する客観的な走行時間の確率分布に漸近的に一致するというRE仮説を採用する。

公共主体は、経路上に配置されたモニタリングセンサーを用いて、当該期に実現されるであろう走行時間を予測し、予測結果をもとにドライバーに交通情報を伝達するものとする。このとき、公共主体は、各経路上のモニタリングセンサーを用いて走行時間を予測するメカニズム(予測メカニズム Γ)と予測結果をもとにドライバーに提供する交通情報の内容(メッセージ)を決定するルール(情報提供ルール Λ)とを決定しておくことが必要となる。本研究では、情報システムを $\theta = (\Gamma, \Lambda)$ として定義する。情報システム θ が

定まれば、公共主体が情報システム θ に基づいて提供するメッセージの集合 $\eta(\theta)$ が定まる。情報システムの差異はメッセージ集合 $\eta(\theta)$ とメッセージ e の相対頻度 $\zeta_\theta(e)$ 、メッセージ e の下で生起する経路走行時間の確率分布の組 $\pi(e : \theta) = \{\pi_1(t_1 : e), \dots, \pi_m(t_m : e)\}$ によって表現できる。ただし、 m は利用可能な経路の数である。そこで、情報システム θ 下の意思決定環境 $\Psi(\theta)$ を $\Psi(\theta) = \{\eta(\theta), (\zeta_\theta(e), \pi(e : \theta) : e \in \eta)\}$ によって表わす。ここで、null情報を提供する仮想システム ϕ に対応する意思決定環境を $\Psi(\phi)$ とおけば、情報システム θ の整備便益は意思決定環境が $\Psi(\phi)$ から $\Psi(\theta)$ に変化したことに対する支払意思額として定式化できる。

3. 経路選択行動のモデル化

ドライバーの経路選択行動をランダム期待効用モデルを用いて定式化する。経路 i に対する間接効用関数を

$$V_i(Y, \omega_i, t_i, \varepsilon_i) = \gamma Y + v(\omega_i, t_i) + \varepsilon_i \quad (1)$$

に特定化する。ここで、 Y ：は所得、 γ ：所得の限界効用(定数)、 ω_i ：経路 i に特有な変数、 t_i ：経路所要時間を表す確率変数である。一方、 ε_i ：その時々状況等により変動する確率変数であり、私的情報と呼ぶ。確率変数 ε_i, t_i は互いに独立であると仮定する。また、メッセージ $e \in \eta(\theta)$ が提供された場合ドライバーが予測する経路 i の走行時間 t_i の確率分布(主観的期待)を確率密度関数 $\bar{\pi}_i(t_i : e)$ で表すと、経路 i に対するランダム期待効用関数は以下のように表現できる。

$$\begin{aligned} EU_i(Y, \omega_i, \varepsilon_i : e) &= \gamma Y + \overline{EU}_i(\omega_i : e) + \varepsilon_i \\ &= \gamma Y + \int_{-\infty}^{\infty} v(\omega_i, t_i) \bar{\pi}_i(t_i : e) dt_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $\overline{EU}_i(\omega_i : e)$ はメッセージ e が提供された下での経路 i の主観的期待効用の確定項(以下、確定期待効用と呼ぶ)である。ドライバーは式(2)を最大にする経路を選択するとして、情報システム θ 下のドライバーの経路選択行動がモデル化される。

表-1 情報システムの経済価値

	メッセージの内容	$E[CS(e; \theta)]$ 円	$OP(e; \theta)$ 円	$OP(\theta)$ 円	$E[CS(\theta)]$ 円	$E[CS(\theta)]$ 円
Λa	1 $e=(130, 130)$ 経路1が130分 経路2が130分	0.0	2709.9	231.5	64.2	88.5
	2 $e=(130, 140)$ 経路1が130分 経路2が140分	107.6	1836.5			
	3 $e=(130, 150)$	192.7	1663.7			
	4 $e=(130, 160)$	558.9	886.1			
Λb	1 経路1を利用せよ	202.4	202.4	202.4	59.9	85.0
	2 経路2を利用せよ	202.4	202.4			
Λc	1 経路1が渋滞	119.4	-917.3	111.4	31.7	42.1
	2 null情報	102.7	1059.6			

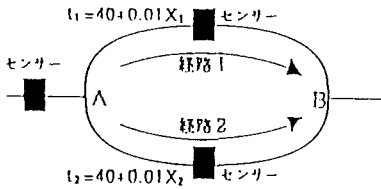


図-1 経路誘導問題

4. 支払意思額の定式化

情報システムの経済効果は情報システムの導入されていない状態 $\Psi(\phi)$ (null情報システム) から導入された状態 $\Psi(\theta)$ (情報システム θ) に変化することに対するドライバーの支払意思額として計測できる。この際、効用が確定していない事前の期待効用に基づいて支払意思額を計量化するか、事後に確定した効用に基づいて支払意思額を定式化するかによって異なった指標を定式化することができる。本研究では、前者をオプション価値、後者を期待消費者余剰として定義する。ここで、オプション価格は、交通情報システムの導入により変化する不確実性そのものに対する支払意思額を計量化する指標である。いま、私的情報の分布はワイブル分布 $W(0, \pi^2/6\lambda^2)$ に従うと仮定すると、メッセージ e に対する条件付きオプション価格 $OP(e; \theta)$ は以下のように表現できる。

$$OP(e; \theta) = \frac{1}{\gamma\lambda} \ln \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m \exp[\lambda \overline{EU}_{j1}(\omega_{j1}; e)]}{\sum_{i=0}^m \exp[\lambda \overline{EU}_{i0}(\omega_{i0}; \phi)]} \right\} \quad (3)$$

さらに、情報システムの導入による経済効果を表すオプション価格は次式で表現できる。

$$OP(\theta) = \frac{1}{\gamma\lambda} \sum_{e \in \eta(\theta)} \zeta_e(e) \ln \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m \exp[\lambda \overline{EU}_{j1}(\omega_{j1}; e)]}{\sum_{i=0}^m \exp[\lambda \overline{EU}_{i0}(\omega_{i0}; \phi)]} \right\} \quad (4)$$

次に、各メッセージ e が提供された単位期間集合ごとに支払意思額を計測すると、各メッセージの価値を表す指標として条件付き期待消費者余剰 $E[CS(e; \theta)]$ を以下の様に定義することもできる。

$$E[CS(e; \theta)] = \frac{1}{\gamma\lambda} \ln \left\{ \frac{\sum_{j=1}^m \exp[\lambda \overline{EU}_{j1}(\omega_{j1}; e)]}{\sum_{i=0}^m \exp[\lambda \overline{EU}_{i0}(\omega_{i0}; \phi)]} \right\} - \frac{1}{\gamma} \left\{ \sum_{i=0}^m p_{i0}(\phi) \{ \overline{EU}_{i0}^{\phi}(\omega_{i0}; e) - \overline{EU}_{i0}^{\phi}(\omega_{i0}; \phi) \} \right\}$$

ここで、 $\overline{EU}_{i0}^{\phi}(\omega_{i0}; e)$ は、null情報システム下においてメッセージ e が提供された期間集合に着目したとき、その期間集合におけるnull情報システム下で定義する事後の確定効用の平均値である。 $p_{i0}(\phi)$ はnull情報システム下におけるドライバーの経路 i の選択確率であり、ロジットモデルで表現できる。さらに、以上

の消費者余剰をすべてのメッセージにわたって集計化して求めた情報システムに対する期待消費者余剰は $OP(\theta)$ に一致する。

5. 数値実験結果

図-1 に示す経路ネットワークに対して、以下の3つの情報提供ルールを想定してシミュレーション実験を行った。すなわち、(1) 予測される各経路の走行時間を通知するルール Λa 、(2) 選択を推奨する経路を指示するルール Λb 、(3) 経路1に関する渋滞情報を通知するルール Λc である。ここで、ドライバー(3000台一定)はA点においてメッセージを受け取り経路選択を行うものとする。各経路の走行時間関数 $t_i = t_i + v_i X_i$ (X_i : 経路 i の内々交通と通過交通量の和) は図-1 中に示している。また、内々交通は正規分布 $N(10,000, 5,000)$ に従うと仮定した。

シミュレーション結果を表-1 に示す。ここで、 $E[CS(\theta)]_{in}$:内々交通のドライバー1人当たりの期待消費者余剰の平均値、 $E[CS(\theta)]_{all}$:全ドライバーの期待消費者余剰の平均値である。表-1 から、メッセージの内容が豊富になるにつれて情報システムの経済価値を表すオプション価格は大きくなっていくことがわかる。

また、シミュレーションの結果、メッセージの価値は経路特性に大きく依存し、メッセージの価値は必ずしも正となるとは限らないことが判明した。このため、情報システムの導入が逆効果になることもありうるという結論が得られた。