

交通情報による経路誘導の方策とその効果に関する研究

(株) 鴻池組 正会員 ○井川 修
鳥取大学工学部 正会員 小林 潔司

1. はじめに

交通情報の提供による経路誘導の効果を分析する場合、短期的なドライバーの経路選択と長期的な学習行動を同時に考察することが必要である。本研究では合理的期待形成仮説に基づいた経路選択モデルを拡張し、ドライバーの学習過程を合理的期待形成過程としてモデル化する。そして、経路誘導情報の効果を検討できるような枠組みを提案し、交通情報の経路誘導効果について考察する。

2. 合理的期待形成仮説

合理的期待形成 (RE) 仮説の下では、ドライバーは利用可能な経路情報に基づいて経路の走行時間を主観的に予測する。ドライバーは経路の繰り返し選択行動を通じて、自らの主観的に予測する走行時間分布を修正していく。その結果、ドライバーの主観的期待は実際に実現する走行時間の分布に一致すると考える。

3. 経路誘導システムの設計

(1) 予測メカニズムの設計問題 公共主体はモニタリングされた経路の走行条件に基づいて当該期に実現するであろう走行時間を予測する。公共主体が走行条件を予測するメカニズム Γ を予測メカニズムと呼ぶ。本研究では以下のような予測メカニズムを考える。すなわち、1) 実現する走行時間を完全に把握できるメカニズム Γ^{**} 、2) 合理的期待形成を考慮した経路選択モデルを用いた予測メカニズム Γ^* 、3) 等時間配分原則による予測メカニズム Γ^o である。

(2) 情報提供ルールの設計問題 次に交通情報により、ドライバーの経路選択行動を誘導する問題を考える。公共主体がモニタリング情報に基づいた予測結果からドライバーに提供すべきメッセージを決定するルールを情報提供ルールと呼ぶことにする。本研究では次の3つの情報提供ルールを考える。1) 各経路の走行時間の期待値を提供するルール Λ_a 、2) 選択を推奨する経路を指示するルール Λ_b 、3) ある特定の経路の混雑情報を提供するルール Λ_c である。ここで経路誘導シ

テム θ を $\theta = (\Gamma, \Lambda)$ と書くことにする。本研究では望ましい経路誘導システム θ を設計するための評価方法について考察することとする。

4. 経路選択行動モデル

ドライバー $s, s' \in S$ の私的情報は互いに独立であると仮定する。交通情報のメッセージ e の下でのドライバー s の期待効用を主観的期待 $\pi_{1as}(e), \pi_{2as}(e)$ (平均値 $\pi_{1,a}$, 分散 $\pi_{2,a}/2$) により表現する。

$$V(\omega_{as}; \pi_{as}(e)) = -\pi_{1as}(e) - (1/2)\{\pi_{2as}(e) + \omega_{as}\} \quad (1)$$

ドライバーは期待効用 (1) を最大にする経路を選択する。ここに ω_{as} は絶対的危険回避度、 ω_{as} は私的情報を表す。客観的走行時間分布と主観的期待はともに1次元正規分布に従うと仮定する。ドライバーが t 期までにメッセージ e のもとで経路 $a \in \delta_s$ を $n_{as}(e)$ 回利用したする。 e の下で経験した実際の走行時間の集合を $\bar{\tau}_{as}^t(e) = \{\bar{\tau}_{as}^1, \bar{\tau}_{as}^2, \dots, \bar{\tau}_{as}^{n_{as}(e)}; e\}$ と表わす。 t 期において e が提示され、ドライバーは期待効用を最大にする経路 a を選択し、新しい経験情報 $\bar{\tau}_{as}^t$ が $\bar{\tau}_{as}^t(e)$ に付加される。新しい $\bar{\tau}_{as}^{t+1}(e)$ に基づいてドライバーは主観的期待 $\pi_{as}^t(e)$ を更新し、 $t+1$ 期の主観的期待 $\pi_{as}^{t+1}(e)$ を形成する。

$$\begin{aligned} \pi_{1as}^{t+1}(e) &= \pi_{1as}^t(e) + \frac{1}{\nu_0 + n_{as}^t(e)} \cdot (\bar{\tau}_{as}^t - \pi_{1as}^t(e)) \\ \pi_{2as}^{t+1}(e) &= \pi_{2as}^t(e) + \frac{1}{\alpha_t(e)} \left\{ \eta_{as}^t(e) (\pi_{1as}^t(e) - \bar{\tau}_{as}^t)^2 - \frac{\pi_{2as}^t(e)}{2} \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 $\eta_{as}^t = \nu_{as}^{t-1}(e)/\nu_{as}^t(e)$ 、 $n_{as}^t(e)$: t 期末までに e の下で当該経路を走行した回数、 $\alpha_t(e) = \alpha_0 + n_{as}^t(e)/2$ 、 $\nu_{as}^t(e) = \nu_0 + n_{as}^t(e)$ 、 ν_0, α_0 : 定数である。 $t+1$ 期における走行時間の主観的期待値は、 t 期における主観的期待値 $\pi_{1as}^t(e), \pi_{2as}^t(e)$ と t 期における主観的期待の誤差を用いて更新される。式 (2) において t が十分に大きくなれば、主観的期待 $\pi_{1as}^t(e), \pi_{2as}^t(e)$ をそれぞれ標本平均と標本分散に近似できる。 $\pi_{1as}^t(e) \simeq \bar{\tau}_{as}^t(e)$ 、 $\pi_{2as}^t(e) \simeq \bar{s}_{as}^{2t}(e)/n_{as}^t(e)$ である。ドライバーが経路選択を十分多く繰り返すことにより、彼の主観的期待は最終的に RE に収束する。

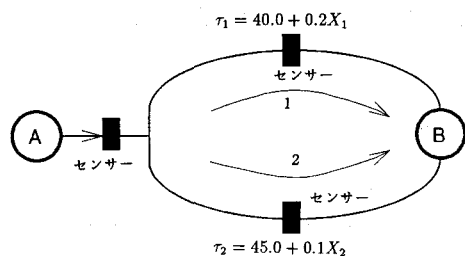


図-1 交通ネットワーク

5. 経路誘導効果の評価方法

ドライバーがREを形成すれば、ドライバーの主観的期待を観測することができ、ドライバーの立場に立った経路誘導効果の評価を行うことができる。経路誘導システム θ のメッセージ e 下での定常状態におけるドライバーの平均効用 $EV_s(e, \theta)$ を次式で定義する。

$$EV_s(e, \theta) = E_{\omega_s}[\max_{\alpha} \{V(\omega_{\alpha s}; \pi_{\alpha}^*(e))\}; \theta] \quad (3)$$

ここに、 E_{ω_s} は私的情報 ω_s に関する期待値を表している。次に社会的厚生関数をメッセージ e を受け取った場合の平均効用の集計値として考える。経路誘導システム θ の下でドライバーがメッセージ e を受け取る相対頻度を $\beta_s(e, \theta)$ と表す。この時、社会的厚生関数 $SW(\theta)$ は

$$SW(\theta) = \sum_s \sum_e \beta_s(e, \theta) EV_s(e, \theta) \quad (4)$$

と表される。望ましい経路誘導システムとは社会的厚生関数(4)をできるだけ大きくしうような $\hat{\theta} = (\hat{\Gamma}, \hat{\Lambda})$ として求められる。

6. 数値計算事例

(1) 概説 図-1に示した例題を用いた数値計算事例を示す。公共主体は図-1の分岐点を通過するドライバーに交通情報を提供すると考える。通過交通を100台に固定する。これらの交通は、単位期間内に同時に経路を選択し、走行を完了すると考える。ドライバーは危険中立($\zeta = 0.0$)であるとする。ドライバーの初期主観的期待が正規分布 $N(50, 10)$ 、私的情報がワイブル分布 $W(0, 10)$ に従うと仮定する。また、各経路の内々交通量は互いに独立な正規分布 $N(25, 10)$ に従うと仮定する。経路 a の内々交通量と通過交通量の和を X_a で表し、各経路の走行時間関数は線形と仮定する。

(2) 経路誘導システムの評価 公共主体による予測メカニズムが経路誘導効果に与える影響について分析する。図-3には公共主体の予測メカニズムと社会的厚生関数 $SW(\theta)$ の関係を示している。予測メカニズムは Γ^{**} 、 Γ^* 、 Γ^0 の順に予測精度が低下する。最も情報

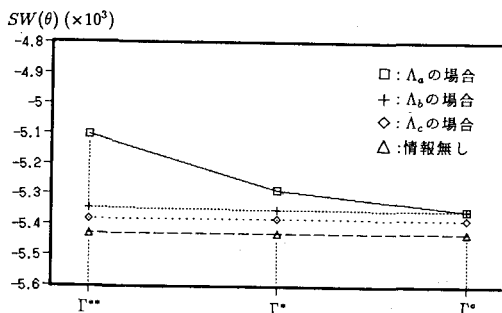


図-2 経路誘導の効果

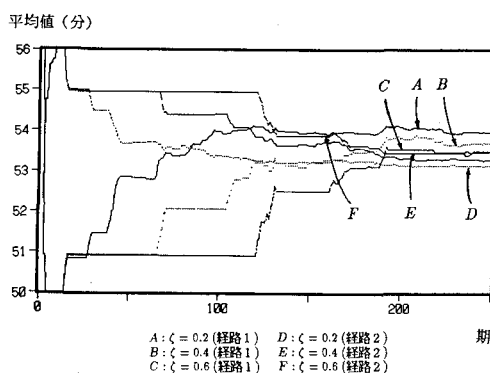


図-3 危険回避度の影響

量の多い Λ_a の場合、予測精度の向上に伴い、 $SW(\theta)$ が急激に増加していることが分かる。つまり、 Λ_a の場合、予測精度の向上がドライバーの厚生を高める上で大きな影響を及ぼしていることが分かる。一方、 Λ_b 、 Λ_c では予測精度の向上しても $SW(\theta)$ はあまり増加していないことが読みとれる。すなわち、予測精度が低い場合には情報量を増加させてもドライバーの厚生はそれほど増加しないことが判明した。

(3) 危険回避度の影響 図-2はドライバーの危険回避度の変化に対する走行時間の平均値の時間的変化を表している。同図より危険回避度が増加するに従い各経路の走行時間の格差は減少している。すなわち、ドライバーの危険回避度が大きいほど交通情報による経路誘導の効果が顕著に現れることになる。

7. おわりに

本数値計算事例では交通情報の中立性命題は成立していない。本研究では経路誘導の効果を分析するための枠組みを提案し、各種の誘導システムに関して、その誘導効果を考察した。情報提供ルールと予測メカニズムには密接な関係があることが分かった。特に詳細な情報提供を試みる場合、予測精度の向上が重要な課題となることが分かった。