

IV-361

合理的信念の形成と経路選択のモデル化

京都大学大学院
京都大学大学院学生会員
正会員都 明植
小林 潔司

1. はじめに

ドライバーの経路選択行動における繰り返し学習の結果、ドライバーが各経路の走行条件に関して異なった期待を形成する可能性がある。このような認知の不完全性に基づいて期待の異質性を説明するようなモデルがいくつか提案されているが、個人経験の蓄積や学習行動が認知の変化に及ぼす影響を十分に説明しえていないわけではない。ドライバーに情報提供がなされる場合、ドライバーは自分の期待に誤りがある限り、それを修正しようとする誘因が強く働くであろう。一方、小林等はドライバーの合理的な長期学習の結果、主観的期待が合理的期待に収束するような合理的期待形成モデルを提案している。しかし、主観的期待の異質性を表現しうるようなモデルとなっていない。本研究では、ドライバーが限定された情報の利用可能性の下で合理的信念(rational belief)¹⁾を形成するような学習モデルを提案する。この時、交通管理者がすべてのドライバーに共通した情報を与えることにより、ドライバーの信念の異質性をコントロールすることが可能となることをシミュレーション実験を通じて分析する。

2. 学習モデルの分類

近年、人間がある状態変数の値に関する曖昧な初期的な期待から、経験を通じて次第に状態変数に関する統計値について学習していくような過程について種々のモデルが提案されている。Seltenによれば、これらの学習モデルは1) 機械的学習モデル(Rote learning), 2) 模倣モデル(Imitation), 3) 信念学習モデル(Belief learning)に分類される。機械的学習モデルとは、学習ルール、あるいはメタ学習ルール(学習ルールを学習するためのルール)が外生的に与えられており、そのルールと経験に基づいて自動的に学習が繰り返されるモデルであり、合理的期待形成モデルも含めて多くの学習モデルが含まれる。この学習モデルに従えば、外的に学習過程を停止させる(歪ませる)メカニズムを考慮しない限り、学習環境が定常であれば個人の期待はある合理的な期待に収束していくこととなる。模倣モデルは他人の行動を模倣するモデルである。経験や学習の機会が非常に限られる場合や判断のための情報が非常に限られる場合、個人は他人の行動を模倣するとい

う誘因を持つだろう。最後の信念学習モデルは、ある情報や知識を用いて状態の生起に関して推論を行う過程をモデル化するものである。外的な主体からの情報の提供は、個人の推論・判断過程に影響を及ぼすことになる。

3. ドライバーの合理的信念形成過程

不確実な状態の下で経路選択を行うドライバーは、利用可能な参照情報に基づいて各経路で生起するであろう交通条件に関して何らかの推論を行う。このような推論の結果を信念と呼ぶ。合理的信念とはその内容が彼の経験情報と矛盾しないためにその内容を変更しようとする誘因を持たないような推定ルールを意味する。ドライバーが利用可能な情報が限定される時、ドライバーは合理的期待の形成に失敗し、自己の経験に関してのみ合理的である合理的信念を形成する。この場合、交通管理者はすべてのドライバーに共通した情報を与えることにより、ドライバーの信念の異質性をコントロールすることが可能となる。ドライバーは過去の経路選択の時に利用した判断情報や走行実績に関わる経験情報に基づいて各経路条件に関する推論ルールを形成する。 t 期の期首にドライバーが利用可能な情報を、すべてのドライバーが共有する共有情報 m_t とある個人的情報 e_t に分類しよう。この時、ドライバーが有する経路走行時間に関する信念 $\hat{T}_t(m_t, e_t)$ は、ドライバーの経験情報ベクトル $\{T_{t-1}, T_{t-2}, \dots\}$ 、共有情報ベクトル $\{m_{t-1}, m_{t-2}, \dots\}$ 、判断情報ベクトル $\{e_{t-1}, e_{t-2}, \dots\}$ の関数として表現できる。

$$\hat{T}_t(m_t, e_t : \Omega_t) = \phi(T_{t-1}, \dots; m_{t-1}, \dots; e_{t-1}, \dots) \quad (1)$$

ここに、 e_t はあるドライバーが経路選択に用いる判断情報であり個人間で異なった内容を持っている。

4. 合理的信念形成モデル

合理的期待仮説は、合理的主体の長期的な学習行動の結果、彼の主観的期待は客観的な実現値に一致するという仮説である。合理的期待均衡が成立するためには「ドライバーが交通環境が定常状態にあることを知っており、かつ、走行時間変動に関する確率構造を共有化できる」ことが前提となる。ドライバーがこのような確率構造を共有化できない時、ドライバーが各経路の走行時間に対して異なった信念を持つ可能性がある。特

キーワード 合理的信念形成、経路学習モデル、経路選択行動、期待の異質性

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL:075-753-5073, FAX:075-753-5073.

に、個人によって利用可能な情報に差異がある場合、個人は異質な信念を持ちうるだろう。個人の信念形成のモデル化の方法は種々考えられるが、ここではもっとも単純な期待値モデルを採用しよう。すなわち、ドライバーが過去の経験情報 Ω_t に基づいて形成した時刻 t における情報 m_t, e_t に基づく信念を

$$\tilde{T}_t^k(m_t, e_t : \Omega_t^k) = E[T_t^k(m_t, e_t) | \Omega_t^k] \quad (2)$$

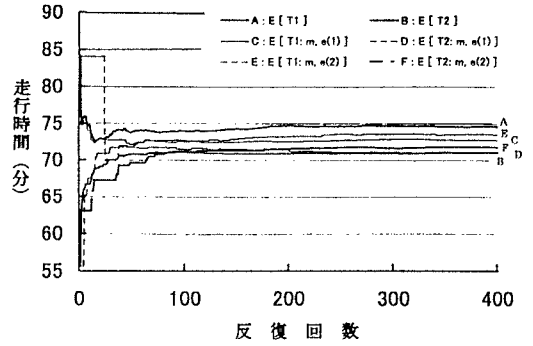
と表そう。ここで、 Ω_t は t 期までに獲得した経験情報、 $T_t^k(m_t, e_t)$ は t 期までに情報の下で獲得した走行時間の実績値サンプルである。上式で個人によって利用可能な情報 e_t や実績値サンプルが異なる。従って、合理的信念下では過去の経験や利用可能な情報によってドライバーは異なる期待を形成する。

5. シミュレーション

ある一定数のドライバー（ $Q=160$ 人）が単位時間に同時に2つの経路に対して経路選択を行うと考える。ドライバー j の各経路 i （ $i=1, 2$ ）の走行時間に対する初期期待を正規分布で与える。ドライバーは自己の信念に基づいて走行時間の小さい経路 i_t^* を選択する。

$$i_t^* = \operatorname{argmin}\{T_{1,t}^j(m_t^j, e_t^j) + \eta_{1,t}, T_{2,t}^j(m_t^j, e_t^j) + \eta_{2,t}\} \quad (3)$$

記号 arg は、式(3)の右辺を最小にする経路を指す。 $\eta_{i,t}$ はその時々々の偶発的な確率効用項を表す。ドライバーの経路選択により経路交通量 $x_{i,t}$ が決まる。線形走行時間関数を仮定し、局所交通量 $w_{i,t}$ が各経路に定常確率過程 $w_{1,t} \sim N(100, 15^2)$ 、 $w_{2,t} \sim N(100, 10^2)$ に従うと仮定しよう。ドライバー j は共有情報 m_t^j と私的判断情報 e_t^j の下で各経路の走行時間を推測するが、その結果を $T_{1,t}^j(m_t^j, e_t^j)$ 、 $T_{2,t}^j(m_t^j, e_t^j)$ と表す。いま、共有情報はすべてのドライバーに共通に提供されるが、個人の判断情報は私的情報であり、各時刻 t において個人によって異なった内容を持っている。ドライバーは互いに他人がどのような判断情報を用いて経路を選択しているかを知らない。シミュレーション実験では、ドライバーが1種類の共有情報に加えて、2種類の異なるタイプの情報のいずれか一方を獲得できると考えよう。共有情報は経路1の局所交通量と経路2の局所交通量の大小関係に基づいて提供される。一方、タイプ1の情報 $e(1)$ は経路1の局所交通と相関を持っている情報、タイプ2の情報 $e(2)$ は経路2の局所交通と相関を持っている情報である。具体的には $e(1)$ は「 $w_{1,t} < \text{経路1の局所交通量の平均値}$ 」なら $e(1) = e_{11}$ （経路1は空いている）、「 $w_{1,t} \geq \text{経路1の局所交通量の平均値}$ 」なら $e(1) = e_{12}$ （経路1は混雑している）という内容を持っている。従って、同じ交通環境下でも獲得する情報がドライバーによって異なっている。局所交通量はday-to-dayで変動する確率変数



図－1: 合理的信念による学習行動

であり、ドライバーが獲得する判断情報もday-to-dayで変化する。いま、各経路の総交通量は配分交通量と内々交通量の和 $y_{i,t} = x_{i,t} + w_{i,t}$ で表される。 t 期の各経路の走行時間関数を $T_{i,t} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t}$ と仮定する。 α_i 、 β_i はパラメータであり、 $\alpha_1 = 40.0$ 、 $\alpha_2 = 43.0$ 、 $\beta_1 = 0.2$ 、 $\beta_2 = 0.15$ と設定した。図－1は情報なしの場合とドライバーが共有情報 m と私的判断情報 $e_{11}(e_{22})$ の下で形成した各経路の走行時間に関する信念が時間とともにどのように変化するかを分析した結果を表している。情報なしの場合の経路1に関する走行時間(A:E[T1])と経路2に関する走行時間(B:E[T2])に対して交通管理者からの共有情報の提供によりドライバーの走行時間に関する信念をコントロールすることが可能であることがわかる。異なる私的情報のみを持てば、異なる信念が形成され、ドライバーの信念の異質性は長期学習を通じても解消されないが、すべてのドライバーが共有する情報の提供により信念の異質性は調節可能であることがわかる。合理的期待形成モデルでは、ドライバーの長期的学習を通じてすべてのドライバーが均質な合理的期待に収束していくことになる。

6. おわりに

本研究では、ドライバーは同じ交通環境下でも異なる合理的信念を形成する過程をモデル化してドライバーの学習過程をシミュレートした。その結果、ドライバーは経路選択にあたって異質な判断情報を用いた場合、経路走行時間に対する信念の異質性は長期学習行動を経て解消されない。この時、交通管理者がすべてのドライバーに共通した情報を与えることにより、ドライバーの信念の異質性をコントロールすることが可能となることを示した。

参考文献

- 1) Kurz, M.: On rational belief equilibria, *Economic Theory*, Vol.4, pp.859-876, 1994.