

経路選択における交通情報の非中立性に関する仮説検定

鳥取大学 学生員 ○安野貴人
国際航業 正員 近藤智宏
鳥取大学 正員 小林潔司

1. はじめに

本研究では、交通情報システムにおける各メッセージがドライバーに実質的な情報を提供し、合理的期待均衡を差別化し得ないという交通情報の中立性仮説を定義し、仮説検定モデルを提案する。さらに、SP データを用いた交通情報の非中立性を検討するための方法を開発し、室内実験を通じて交通情報の非中立性に対する実証的な検定を試みる。

2. 中立性仮説の定義

交通情報の中立性仮説は、その仮説が成り立つための前提条件と、交通情報が中立的であることを表す中立性条件によって構成される。前提条件は、情報システムを導入しない（以下、null 情報 ϕ と記す）状況で合理的期待が形成されること、及び情報システムが導入され、それに基づくメッセージが提示された下で合理的期待が形成されることを要請する。一方、非中立性の成立は情報システム導入下において提示される各メッセージの下で形成された合理的期待が null 情報下において形成される合理的期待と異なること、及び異なるメッセージの下では異なる合理的期待が形成されることを要請する。以下、 $\bar{T}_{r,t}(e)$, $T_{r,t}^s(e)$ はメッセージ e の下での経路 r の実走行時間、期待の報告値を、 t は学習回数を表す。ここで学習回数とは、実験開始の時点から被験者が交通情報、経験情報に基づいて何回学習したかを表す。

ドライバーは期首において公共主体によって提示されるメッセージを受け取るとともに、走行した経路の実走行時間を経験すると仮定する。このとき、異なる m 種類のメッセージ集合 $\eta = \{e_1, \dots, e_m\}$ で構成される情報システムを導入した下での交通情報の中立性仮説の前提条件は次の関係式で表すことができる。学習回数 t 回目において、 $i = 1, \dots, m$; $r = 1, \dots, R$ に対し

$$\bar{T}_{r,t}(e_i) - T_{r,t}^s(e_i) = u_{r,t}^i \quad (1)$$

$$\bar{T}_{r,t}(\phi) - T_{r,t}^s(\phi) = u_{r,t}^0 \quad (2)$$

が成立する。 $u_{r,t}^i$ は確率誤差項を表し、 $E[u_{r,t}^i] = 0$ を仮定する。式 (1) は「情報システムが有する全てのメッセージの下でドライバーが合理的期待を形成すること」を、式 (2) は「null 情報下でドライバーが合理的期待を形成すること」を表現している。

情報システム η の下での中立性条件は、(1),(2) の成立することを前提にして、次の関係式で表すことができる。 t 回目において、 $i, j = 1, \dots, m$; $i < j$; $r = 1, \dots, R$ に対し

$$T_{r,t}^s(\phi) - T_{r,t}^s(e_i) = v_{r,t}^i \quad (3)$$

$$T_{r,t}^s(e_i) - T_{r,t}^s(e_j) = w_{r,t}^{ij} \quad (4)$$

が成立する。 $v_{r,t}^i$, $w_{r,t}^{ij}$: 期待値ゼロの確率誤差項である。式 (3) は、null 情報下で形成される合理的期待とメッセージ e_i の下で形成される合理的期待が系統的な誤差をもたないことを表現している。最もゆるい交通情報の非中立性を表す場合として、少なくとも1つのメッセージ e_i に対して (3) が成立しない場合が考えられる。一方、(4) の成立しないことはより厳しい非中立性を表現している。異なるメッセージのペア e_i, e_j ($i \neq j$) に対し、両方のメッセージが null 情報に対して合理的期待を差別化できるとしても、メッセージ e_i が他のメッセージ e_j に対して中立的であるならば、情報システム η を構成するメッセージ集合は非効率的であると考えられる。

3. 室内実験による中立性仮説の検定方法

実験では、2つのメッセージをその後半のみに被験者に提示する。室内の仮想状況下で被験者集団に期待形成と経路選択を再現させ、走行時間に対する主観的期待の報告値と選択経路に関する SP データを収集する。交通情報の中立性仮説は、その仮説が成り立つための前提条件と、各メッセージが中立的であることを表す中立性条件によって構成される。本研究では、前提条件、中立性条件をそれぞれ独立に検定する方法を定式化する。以下では、記述の便宜上、null 情報 ϕ を1つのメッセージ e_0 と考える。

前提条件の検定方法を説明する。null 情報、各メッセージの下で合理的期待仮説を検定する最も単純な方法は、 e_i の下での主観的期待が実際に実現する走行実績値の不偏推定量になっているかを検定することである。いま、

$$\hat{T}_i(e_i) = \beta_0^i + \beta_1^i T_i^s(e_i) + u_i^i \quad i = 0, 1, 2 \quad (5)$$

を推定する。この時、 $T_i^s(e_i)$ が $\hat{T}_i(e_i)$ の不偏推定値ならば $\beta_0^i = 0$ かつ $\beta_1^i = 1$ でなければならない。主観的期待の不偏性を検定するために各メッセージ e_i に関して帰無仮説、対立仮説を次のように設けよう。

$$H_0^i: \beta_0^i = 0 \quad \text{and} \quad \beta_1^i = 1 \quad (6)$$

$$H_1^i: \beta_0^i \neq 0 \quad \text{or} \quad \beta_1^i \neq 1 \quad (7)$$

もし、 H_0^i が真であれば、メッセージ e_i に関して

$$F_1^i = \frac{(\hat{\beta}^i - \beta^*)' X_i'(e_i) \hat{\Omega}_{t,i}^{-1} X_i(e_i) (\hat{\beta}^i - \beta^*) / 2}{\hat{u}_i^{ij'} \hat{\Omega}_{t,i}^{-1} \hat{u}_i^{ij} / (n - 2)}$$

は、自由度 $(2, n - 2)$ の F 分布に従う。 $\phi \cdot 100\%$ の臨界値を F_ϕ と表す時、 $F_1^i \geq F_\phi$ であれば仮説 H_0^i を有意水準 ϕ で棄却できる。

中立性条件の検定方法を説明する。交通情報の中立性を検定する最も単純な方法は、あるメッセージの下での主観的期待が他のメッセージの下での主観的期待の不偏推定量ではあることを検定することである。いま、 $i, j = 0, 1, 2; i < j$ に対し

$$T_i^s(e_i) = \gamma_0^{ij} + \gamma_1^{ij} T_i^s(e_j) + u_i^{ij} \quad (8)$$

を推定する。この時、もし、 $T_i^s(e_i)$ が $T_i^s(e_j)$ の不偏推定値ならば $\gamma_0^{ij} = 0$ かつ $\gamma_1^{ij} = 1$ となっている。ここで、交通情報の中立性条件を検定するために異なるメッセージ e_i, e_j のペアに関して帰無仮説、対立仮説を次のように設けよう。

$$H_0^{ij}: \gamma_0^{ij} = 0 \quad \text{and} \quad \gamma_1^{ij} = 1 \quad (9)$$

$$H_1^{ij}: \gamma_0^{ij} \neq 0 \quad \text{or} \quad \gamma_1^{ij} \neq 1 \quad (10)$$

もし、 H_0^{ij} が真であれば、検定統計量

$$F_1^{ij} = \frac{(\hat{\gamma}^{ij} - \gamma^*)' X_i'(e_i) \hat{\Omega}_{t,ij}^{-1} X_i(e_i) (\hat{\gamma}^{ij} - \gamma^*) / 2}{\hat{u}_i^{ij'} \hat{\Omega}_{t,ij}^{-1} \hat{u}_i^{ij} / (n - 2)}$$

は、自由度 $(2, n - 2)$ の F 分布に従う。もし、 $F_1^{ij} \geq F_\phi$ であれば異なるメッセージ間の中立性を表す仮説 H_0^{ij} を有意水準 ϕ で棄却できる。

4. 仮説検定の結果

本研究では、同一被験者 60 名に対して 2 回の実験を実施した。メッセージ e_1 下、メッセージ e_2 下、及び null 情報下の各ケースに対して前提条件の検定モデルを推定し仮説検定を行った。表 1 に前提条件の検定結果を示す。各ケースとも、推計精度は良好で

あり、 F_1 値は臨界値である 4.98 より小さい値を示した。よって、前提条件は危険水準 1% で棄却できない。それゆえに、交通情報の中立性仮説の 1 つ目の条件である前提条件は棄却されない。表 2 に、中立性条件の検定結果を示す。null 情報とメッセージ e_1 との間、中立性、null 情報とメッセージ e_2 との中立性、メッセージ e_1 とメッセージ e_2 との中立性に関する検定結果の各ケースにおいて、 F_1 値は臨界値 4.61 を上回る。それゆえに、null 情報と各メッセージを差別化し得ないという中立性条件、異なるメッセージの間で合理的期待を差別化し得ないという中立性条件ともに棄却される。以上のような交通情報の非中立性を支持する推論結果が得られた。

5. おわりに

本研究で試行した室内実験に関する限り、交通情報の中立性仮説は棄却されると結論づけることができる。このことは、室内実験で想定された定常的な交通状況の下で、ドライバーに対する交通情報の提供が、彼の走行時間に関する期待形成行動に対して中立的でないことを意味し、その結果、長期的に経路誘導効果を発揮し得るといえる。しかし、以上の結果は、前提条件、中立性条件を独立に検定したにすぎない。今後、交通情報の中立性仮説を構成する 2 つの条件に対する検定モデルの従属変数間に相関があることを考慮する必要がある。

表 1 前提条件の検定結果

null 情報	β_0^0	β_1^0	F_1	R_*^2
	1.64 (0.59)	0.96 (-0.27)	4.90	0.97
e_1	β_0^1	β_1^1	F_1^1	R_*^2
	-2.26 (-2.42)	1.08 (2.68)	4.10	0.98
e_2	β_0^2	β_1^2	F_1^2	R_*^2
	2.47 (1.25)	0.91 (-1.00)	2.17	0.96

R_*^2 : Buse の決定係数。

表 2 中立性条件の検定結果 (F_1^{ij} 値)

学習回数	(e_0, e_1)	(e_0, e_2)	(e_1, e_2)
25	17.93	8.59	7.64
26	16.72	11.66	9.42
27	19.43	11.77	8.83
28	26.12	7.82	5.44
29	16.61	9.42	10.30
30	24.78	13.63	4.90