

経路選択の不確実性を考慮した逐次的な情報参照モデル

Sequential Information Reference Model under Uncertain Conditions in Route Choice

平井千智** 羽藤英二*** 朝倉康夫****

by Chisato Hirai, Eiji Hato and Yasuo Asakura

1. はじめに

従来の交通行動モデルでは、ドライバーはすべての選択肢について完全な情報を入手した上で意思決定を行うという仮説に基づき、モデル化がなされる。この行動仮説は、ドライバーの意思決定プロセスに極めて強い合理性を仮定したものである。しかし、実際にはすべてのドライバーが完全な情報を入手することは不可能である。情報提供の効果分析のためには情報の獲得過程を明らかにし、このプロセスと観測される交通行動の関係を明らかにする必要性が高いことが従来の研究により指摘されている¹⁾。複数の交通情報が提供されている場合には、ドライバーがすべての情報を参照するのではなく、必要な情報と必要ではない情報を取捨選択し選択経路を決定している。このような状況下では情報獲得過程の分析が特に重要となる。羽藤他²⁾は情報参照過程について分析し、複数の交通情報リソース下では、動的な情報参照過程のもと、逐次的に経路選別が行われているという知見を得ている。

本研究では、動的な情報参照過程と経路選別過程を明示的にモデル化することを試みる。情報参照過程のモデルは、意思決定の不確実性を減少させるために情報を参照するという行動仮説に基づいている。経路選別過程では、ドライバーが情報を参照することにより意思決定における不確実性を減少させること、さらに情報参照後の新たな経路の効用をもとに経路を取捨選択することを仮定する。本研究では、提案したモデルを用いて、意思決定の不確実性が情報参照行動に及ぼす影響を実証的に検討する。

2. 逐次的情報参照モデルのフレームワーク

2.1 モデルのフレームワーク

本研究では、複数情報リソース下における動的な情報参照行動を経路の比較評価と情報参照という2つのシーケンスに分けて考える。情報リソース毎の経路評価と情報参照の結果を逐次的に求めることで、最終的な意思決定までの過程を詳細に記述する。

情報参照過程では、ドライバーが情報リソースを参照にするかどうかをモデル化する。本研究では、情報の定義を、「不確実な事象に関する何らかの知識、すなわち不確実性を減少させる何らかの追加的知識」とする³⁾。情報の精度が高く、情報内容がいかに分かりやすくても、意思決定における不確実性が小さければその人にとって、情報の価値は小さくなると思われる。情報は意思決定の不確実性を低減するために用いられるからである。

本研究では、不確実性を表す指標として選択可能な経路間の効用差を用いる。各経路の効用差が大きい場合、経路選択の意思決定における不確実性は小さい。こうしたケースでは情報を参照にしないと考えられる。一方、意思決定における不確実性が大きいとき、すなわち経路間の効用差がある値(閾値)より小さいときには情報を参考にすると考える。ドライバーは情報リソースを参照にする毎に経路の効用を比較し、意思決定の不確実性の程度に応じて次の情報を参照するかどうかを逐次的に判断する。本研究では選択可能な経路は2本であるとする。時刻 t を離散化し、時刻 t の位置で新たな情報を受け取ると仮定する(図-1)。

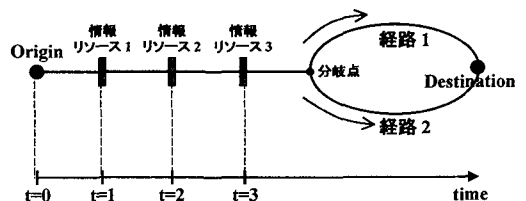


図-1 情報提供位置と時刻 t の位置関係

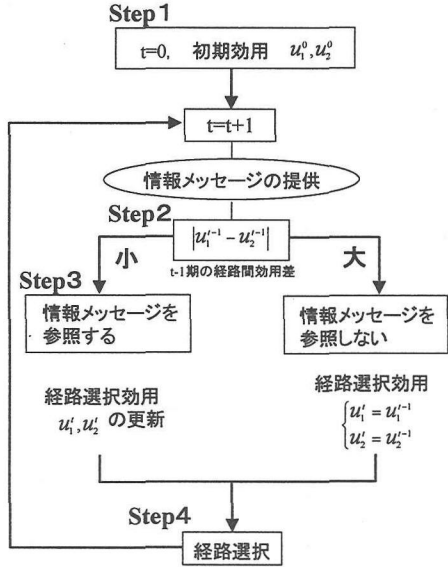
*keywords 経路選択 情報参照行動 交通行動分析

**学生員 愛媛大学大学院博士前期課程土木海洋工学専攻
(〒790-8577 松山市文京町, TEL089(927)9825, FAX089(927)9843)

***正会員 博(工) 愛媛大学工学部環境建設工学科(同上)

****正会員 工博 愛媛大学工学部環境建設工学科(同上)

情報の参照過程と経路選択の意思決定過程の関係を以下に整理する(図-2)。



- Step 1. 目的地までの距離に基づいて各経路の初期効用 u_1^0, u_2^0 を決定
- Step 2. 各経路の効用差と情報毎の閾値を比較
- Step 2.1 経路の効用の差が閾値より小さく意思決定の不確実性が大きい場合 step 3へ
- step 2.2 経路の効用の差が閾値より大きく意思決定の不確実性が小さい場合 step 4へ
- Step 3. ドライバーは情報を参照し情報メッセージの内容に応じて各経路の新たな効用を計算
- Step 4. 経路選択意思決定
- step 4.1 次の情報リソースが存在する場合 step 2へ
- step 4.2 次の情報リソースが存在しない場合 終了
- 図-2 経路選択行動と情報参照行動の関係

2.2 情報参照モデルの定式化

各経路の効用差の絶対値が、閾値より小さいときに t 期に提供される交通情報 ($t=1$: 所要時間情報板, $t=2$: 図形情報板, $t=3$: 文字情報板) を参照にするとこのモデルを考える(図-3)。

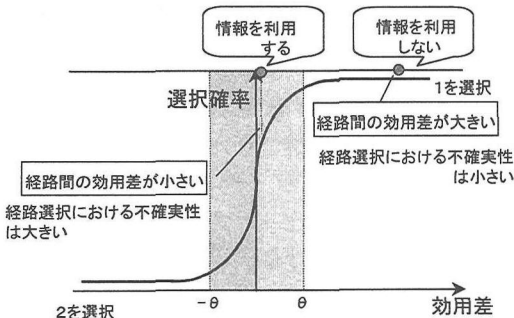


図-3 情報参照モデルのフレームワーク

情報参照結果

$$r = 1, \quad \text{if } u_r' \leq S_r' \\ r = 0, \quad \text{if } u_r' > S_r' \quad t = 1, 2, 3 \quad (1)$$

ここで, $r = 1$ は情報を参照するケースを $r = 0$ は参照にしないケースを示す。

情報参照効用 u_r' , 閾値 S_r' は式(2), (3)で表せる。

$$u_r' = \mu_r' |v_1^{t-1} - v_2^{t-1}| + \varepsilon_u' \quad (2)$$

$$S_r' = \theta_r' + \varepsilon_s' \quad (3)$$

v_1^{t-1}, v_2^{t-1} はそれぞれ経路 1, 2 の $(t-1)$ 期 (情報獲得前) の効用の確定項を示す。 μ_r' は効用差が t 期に提供された情報リソースの参照行動へ及ぼす影響を示す効果パラメータである。 閾値の確定項 θ_r' は式(4)で表す。

$$\theta_r' = \sum_m \gamma_m \times \eta_m + \sum_n \lambda_n \times \text{trip}_n + \sum_o \kappa_o \times \text{source}_o + v_{nr}' \quad (4)$$

η_n は個人 n の性別, 年齢, 経路の利用頻度などの個人属性, γ_m は情報リソース l におけるその効果パラメータを示す。 trip は移動目的道路の混雑状況など移動に関する変数, λ_n は情報リソース l におけるその効果パラメータを示す。 source_o は, 情報の表示範囲など情報リソースそのものに関する変数を κ_o はその効果パラメータを示す。

u_r', S_r' の誤差項に i.i.d. Gumbel 分布を仮定すると, 情報 l を参照にする確率は式(5)で表せる。

$$Q'(r|r=1) = \frac{\exp(\theta_r')}{\exp(\mu' |v_1^{t-1} - v_2^{t-1}|) + \exp(\theta_r')} \quad (5)$$

2.3 経路選択モデルの定式化

$(t-1)$ 期経路 1, 2 の効用 U_1^{t-1}, U_2^{t-1} は式(6), (7)で表せる。

$$U_1^{t-1} = v_1^{t-1} + \varepsilon_1^{t-1} \quad (6)$$

$$U_2^{t-1} = v_2^{t-1} + \varepsilon_2^{t-1} \quad (7)$$

効用の確定項 v_1^{t-1}, v_2^{t-1} は目的地までの距離 dis と以前に獲得した情報表示内容 $\text{info}_1^{t-1}, \text{info}_2^{t-1}$ を用いて式(8), (9)で表す。

$$v_1^{t-1} = \alpha \times dis_1 + \sum_i \omega^{t-1} \beta \times \text{info}_i^{t-1} \quad (8)$$

$$v_2^{t-1} = \alpha \times dis_2 + \sum_i \omega^{t-1} \beta \times \text{info}_i^{t-1} \quad (9)$$

ここで ω_i は過去に提供された情報を参照にしていれば1, そうでなければ0のダミー変数で, 式(10)で表せる.

$$\omega^{t-1} = 1, \quad \text{if } Q^{t-1}(r|r=1) \geq 0.5$$

$$\omega^{t-1} = 0 \quad \text{if } Q^{t-1}(r|r=1) < 0.5 \quad (10)$$

式(6),(7)の効用の誤差項 $\varepsilon_1^{t-1}, \varepsilon_2^{t-1}$ に i.i.d.

Gumbel 分布を仮定すると各経路の選択確率は, 式(11),(12)で表せる.

$$P_1^{t-1} = \frac{\exp(v_1^{t-1})}{\exp(v_1^{t-1}) + \exp(v_2^{t-1})} \quad (11)$$

$$P_2^{t-1} = \frac{\exp(v_2^{t-1})}{\exp(v_1^{t-1}) + \exp(v_2^{t-1})} \quad (12)$$

最尤推定法により, 時刻 t 毎に尤度関数 L^* を最大にする α, β を求める.

$$L^* = \prod_{n=1}^N P_1^{t-1\delta_1} \times P_2^{t-1\delta_2} \quad (13)$$

ここで, N はサンプル数, δ_1 は情報リソース通過毎の経路選択結果が外回りであれば1, そうでなければ0のダミー変数であり, δ_2 は情報通過毎の経路選択結果が内回りであれば1, そうでなければ0のダミー変数である.

3. 分析のためのデータ概要

3.1 データの概要

モデル推定には, 1998年10月末, 首都高速道路を対象に行ったアンケート調査結果を用いる. 調査対象ネットワークを図-4に示す. 首都高速道路では, 混雑状況を色で表示する「図形情報板」と, 特定の目的地までの旅行時間を表示する「所要時間情報板」, 渋滞距離, 事故状況などを表示する「文字情報板」が存在している. ドライバーはこれらの情報を参照にしながら目的地までの経路を選択している. 調査方法は, 郊外のPA(パーキングエリア)に停車中のドライバーに調査票を配布し, 調査日当日のJCT(ジャンクション)における経路選択行動と, 情報利用行動について回答してもらい郵送で回収した. 調査票を事前に配布する調査では調査内容に対する意識が高くなり, バイアスが発生することがあるため, ここでは調査票を袋詰めにし, 走行後に回答するよう配布時に依頼した. さらにアンケート調査とあわせてナンバープレートマッチング調査を実施し, アンケートを配布した車両ナンバープレートから走行時間を割り出すことで, 調査日における情報板の表示内容や交通状況とドライバーの行動結果を1対1で対応させた.

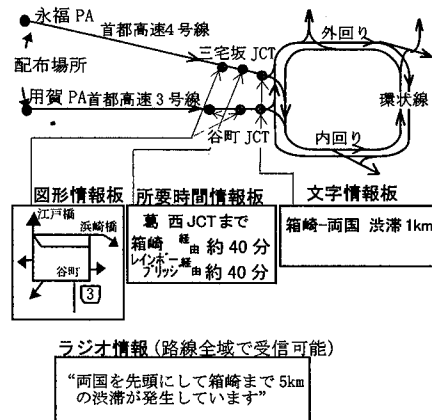


図-4 調査対象ネットワーク

3.2 情報参照行動と経路効用差に関する基礎的分析

各経路間の効用差と情報参照確率の関係を図-5に示す. 各情報リソース毎に, 1期前の情報リソースまでの情報参照結果に基づいた経路選択モデルを推定し, そのパラメータ値を用いて効用差を計算した.

効用差が小さく不確実性が大きい場合, 情報参照確率が高くなる. 特に図形情報でその傾向が大きくなっている. 逆に効用差が大きい場合, 情報参照確率は低下する. 効用差が小さいときには情報を参照にして経路選択し, 効用差が大きくなると, 情報を参照にせずに情報獲得前の効用差に基づいて経路選択決定を行っているものと考えられる.

このことから, 意思決定過程における不確実性を減らすために情報を参照にするという行動仮説に基づき, 情報参照過程を定式化することは意味があると思われる.

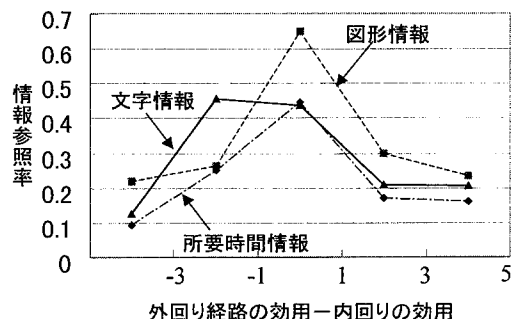


図-5 経路間効用差と情報参照行動の関係

4. モデルの推定結果

アンケート調査結果により、実際にモデル推定を行った結果を表-1に示す。スケールパラメータ μ の値は情報参照行動に対する不確実性の影響の程度を示す。スケールパラメータは、全ての情報において正で有意な値を示している。各経路の効用差が小さい場合(意思決定の不確実性が大きい場合)、情報参考確率が高くなると解釈できる。

図形情報板のスケールパラメータ値が高く、他の情報板に比べて意思決定の不確実性が情報参照行動に及ぼす影響が大きいと考えられる。ネットワーク全体の混雑状況を簡易地図によって示す図形情報板では、個々のドライバーの目的地に合った情報内容を知ることができる。ドライバー毎に代替経路間の交通状況が容易に比較できるため、他の情報板に比べ経路選択の意思決定の不確実性を低減するのに有効であると考えられる。

一方、所要時間情報板ではスケールパラメータ値が他の情報板に比べて相対的に低く、個人属性などの閾値のパラメータ値が大きくなっている。所要時間情報板の参照行動は、経路選択の意思決定の不確実性の変化量よりも、個人の好みや習慣に影響を受けやすいことを意味している。所要時間情報板は特定の目的地に対する比較所要時間情報を提供している。目的地が情報板の表示内容と一致しないドライバーにとって、意思決定の不確実性低減に情報が役立たないことが影響していると考えられる。

表-1. 情報参考モデル推定結果

	t=1 所要時間情報	t=2 図形情報	t=3 文字情報
性別	0.230(0.29)	-0.125(-0.15)	-0.579(-0.85)
年齢	0.276(1.15)	0.609(2.65)	0.224(0.99)
職業	0.818(2.33)	1.270(3.16)	0.547(1.70)
閾値			
θ 首都高利用頻度	0.623(2.47)	0.307(1.30)	0.292(1.26)
移動目的	0.556(2.13)	0.445(1.83)	0.078(0.32)
情報の表示範囲	-1.384(-4.53)		0.139(0.47)
混雑状況	0.407(1.64)	0.431(1.88)	0.622(2.07)
定数項	-0.410(-0.51)	-0.129(-0.15)	-0.262(-0.37)
スケールパラメータ μ	0.362(3.73)	0.671(6.67)	0.430(4.44)
初期尤度	-280.7	-280.7	-280.7
最終尤度	-216.6	-237.1	-237.9
サンプル数	405	405	405
自由度調整済尤度比	0.21	0.14	0.13

注0) () 内の数字はt値

注1) 性別: 男性=1のダミー変数

注2) 年齢: 30代40代=1のダミー変数

注3) 職業: プロドライバー=1のダミー変数

注4) 首都高速道路の利用頻度: ほぼ毎日利用=1のダミー変数

注5) 移動目的: 業務目的=1のダミー変数

注6) 情報の表示範囲: ドライバーの目的地に合致した情報でなければ1のダミー変数

注7) 混雑状況: 分岐付近の速度が30km以下であれば1のダミー変数

5. まとめと今後の課題

本研究では、複数交通情報リソース下における逐次的な情報参照過程をモデル化し、実際の道路ネットワーク上での情報参照行動データを用いてモデル推定を行った。その結果以下の点が明らかとなった。

1. 経路選択の意思決定の不確実性が情報参照行動に強い影響を与える。こうした結果は、情報の価値は意思決定における不確実性の低減の程度によって測定できるという従来の仮説³⁾を裏付ける結果であった
2. 交通情報リソースによっては、経路選択における意思決定の不確実性の変化よりも個人の好みや習慣の度合いが情報参照行動に相対的に大きく影響を及ぼしている。情報の価値を計測するにあたって、不確実性の減少量だけではなく、個人の好みや情報リソースの特徴を考慮する必要性が高いといえる

近年のCOMPASS-LINKやMONETなどの新たな交通情報サービスの増加に伴い、より能動的な情報サービスの取捨選択が行われることが予想される。このような情報サービスの評価の点からも、情報の価値、意思決定における不確実性等の新たな視点からみた情報参照モデルが必要になると思われる。本研究で提案した情報参照モデルは情報獲得効用の説明変数に各経路間効用差の絶対値を用いている点など改善の余地がある。モデルの改善と共に、今後適合度の向上などについて検討していく必要があると思われる。

謝辞

本研究を実施するにあたって、東京大学生産技術研究所 桑原雅夫教授、首都高速道路公団 森田緯之湾岸建設局長には調査の計画から実施に至るまで多くの討議を頂きました。また首都高速道路公団交通管理部ならびに計画部の皆様には調査の実施においてご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Ben-Akiva, M. De Palma, A.; Dynamic network models and driver information systems, Transportation Research, Vo.25A, No.5, pp.251-266, 1991.
- 2) 羽藤英二, 谷口正明, 杉恵頼寧, 桑原雅夫, 森田緯之; 複数情報リソース下における情報獲得・参照行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集 No597/IV-40, pp.99-111, 1998.
- 3) 石川純治; 情報評価の基礎理論, 中央経済社 pp.3-27, 1988.