

室内実験による所要時間分布情報提供時の経路選択行動に関する研究*

A Research of Effects of Time Distribution Information upon Route Choice Behavior by In-Laboratory Experiment *

田中光久**・宇野伸宏***・塩見康博****・安 隆浩****

By Mitsuhsu TANAKA**・Nobuhiro UNO***・Yasuhiro SHIOMI****・YoongHo AHN****

1. はじめに

現状の交通情報提供（渋滞情報、所要時間情報）は現時点における渋滞情報や現在所要時間情報を提供しているが、このような現時点情報では必ずしも情報利用者が最短時間の経路選択を実現できるとは限らない。また、場合によってはかえって交通状況が悪化する可能性も指摘されている¹⁾。その解決策として、運転者行動を考慮した長期的な予測情報を提供することが理想的な手段であるが、将来の交通状況を正確に予測することは困難であり、実現可能性に乏しい。一方で、蓄積データをもとに経路の所要時間分布に関する情報を提供し現時点情報のもつ不確実性を情報としてドライバーに伝えることは可能だと考えられる。すなわち、そのような経路の所要時間分布を情報として提供する「所要時間分布情報」を現状の所要時間情報に追加することでよりよい交通情報提供の形を実現できる可能性がある。追加情報提供の目標は次の2点である。

- ① 追加情報を提供することで現時点情報の精度に関する問題点を補完する。
- ② 2つの情報（現時点情報+追加情報）を提供することで被験者間の情報・経路選択に多様性を持たせ交通量の過度な集中を解消する。

導入例の少ない情報提供方法についての分析を行い、そして情報の精度に関する考察を行うためには、そこでのドライバーの経路選択を繰り返し観測する SP 経路選択実験を行うことが妥当といえる。近年のコンピュータ技術の向上に伴い、このようなシミュレータを用いた実験的アプローチはデータ収集の一手法として確立されつつある。例えば、Mahmassani and Liu²⁾は pre-trip 情報と en-route 情報がドライバーの経路選択に及ぼす影響につ

* キーワーズ：所要時間分布情報、所要時間情報、経路選択、到着時刻制約

** 非会員、修(工)、丸紅株式会社

*** 正員、博(工)、京都大学経営管理大学院

**** 正員、博(工)、京都大学大学院工学研究科

(京都市西京区京都大学桂 C-1-2-438,

TEL 075-383-3237, FAX 075-383-3236)

いて、コンピュータ実験を用いて分析を行っている。また、Bonsall and Merrall³⁾は経路選択シミュレータを用いて事故情報が与えられた場合のドライバーの対応行動を分析している。実験システムを利用して、情報精度と行動の関連性の分析を試みた研究もいくつか見られる。Bonsall⁴⁾は、相互作用経路選択シミュレータ (IGOR) を用いた分析より、ドライバーが誘導情報を遵守するかどうかは、ネットワークに対するドライバーの知識と情報の精度に依存することを示している。

また、筆者らは現時点情報に対する追加情報のあり方について、継続的に研究を進めている。Uno *et al.*⁵⁾、及び宇野ら⁶⁾では、仮想的な経路選択行動に基づくネットワークシミュレーションの結果より、交通状況の変動傾向に関する情報（以降、「傾向情報」とする）が現在所要時間情報提供時の特定経路への交通の集中を緩和し、ネットワークの時間信頼性を改善する可能性があることを示した。この研究では利用者の経路選択行動についてあくまで仮想の選択行動を仮定していたため、さらにアンケート調査より SP 経路選択調査を実施し、渋滞増減の傾向情報が被験者の経路選択に影響を及ぼすことを示した。また、情報の経時効果や提供情報の誤差の影響を検討するために、Ahn *et al.*⁷⁾、及びTanaka *et al.*⁸⁾はこれまで経験した所用時間、現時点情報と傾向情報が経路選択に及ぼす影響を考慮し、PCを利用した室内経路選択実験を実施した。その結果、連続的な経路選択時にも現時点情報や傾向情報が経路選択に影響を及ぼし、さらに走行経験が経路選択に影響を及ぼすことを示した。

以上の点を踏まえ、本研究では所要時間分布情報提供下の経路選択行動を対象にコンピュータを用いた室内実験手法を用い、追加情報提供が経路選択行動に与える影響を把握する。

2. 室内経路選択実験の概要

(1) 所要時間分布情報の生成

本研究では、PC を利用した経路選択システムを構築し、情報提供下での被験者の意思決定を問う。具体的には、現在、高速道路や一般道で利用者に向けて広く提供されている所要時間情報に加えて、ある所要時間情報値

が与えられた時の各ドライバーの所要時間実現値の蓄積データから作る所要時間分布より生成した「所要時間分布情報」を追加的に提供する場合を想定する。

室内実験では図-1 に示した 1OD2 経路の道路ネットワークを対象とし、両経路の実所要時間は図中に記載された平均、標準偏差に従う正規乱数により決定される。経路選択の際には被験者に対して、図-2 のように所要時間情報、所要時間分布情報を与える。ただし、所要時間分布情報は所要時間の最小値、及び最大値として被験者に提供する。以下、各情報の生成方法を述べる。

- ① 所要時間情報：実所要時間を平均、その平均値に応じて確定的に決定される値を分散に持つ正規乱数により生成する。ただし、実所要時間が大きいほど、そして想定する提供情報の精度が低いほど、分散の値が大きくなるよう設定する。
- ② 所要時間分布情報：①で決定された所要時間情報を平均に、5分~10分の間でランダムに決定される値を標準偏差に持つ正規分布の5%タイル値に誤差値を加えた値を最小値情報、95%タイル値に誤差値を加えた値を最大値情報としてそれぞれ与える。ただし、誤差値は想定する情報の精度に応じて決定される一様整数乱数により決定される。

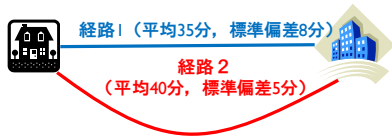


図-1 実験で用いるネットワーク



図-2 実験画面上で表示される提供情報

(2) 室内実験の構築

室内経路選択実験では、被験者に所要時間情報および所要時間分布情報である最小値情報と最大値情報(図-2)を提供し、経路選択と所要時間予測を繰り返してもらう。対象ネットワーク(図-1)は1OD2経路の単純ネットワークであり、経路1は経路長を15kmに設定し平均所要時間が短く所要時間信頼性の低いルート、経路2は経路長を20kmとし平均所要時間が長く所要時間信頼性の高い経路とした。ただし、被験者には各経路長の情報のみ事前に与える。提供情報の精度の高低と、到着時刻制約の有無を組み合わせることにより情報提供の状況を4つのCaseに分類した。また、所要時間信頼性の高低は、とりわけ到着時刻制約のあるドライバーの経路選択に影響を及ぼす可能性が高い。そこで本研究では、到着時刻制約の有無もCase設定に反映させた。各Case

の被験者数はそれぞれ15名とした。

- Case HL : 高精度(予測)情報, 到着時刻制約あり
- Case LL : 低精度(現時点)情報, 到着時刻制約あり
- Case HN : 高精度情報, 到着時刻制約なし
- Case LN : 低精度情報, 到着時刻制約なし

また、実験は3つのPhaseから構成される。

- Phase 1 : 提供情報なし
- Phase 2 : 所要時間情報のみを提供
- Phase 3 : 所要時間情報および所要時間分布情報を提供

CaseとPhaseの関係を図-3に示す。

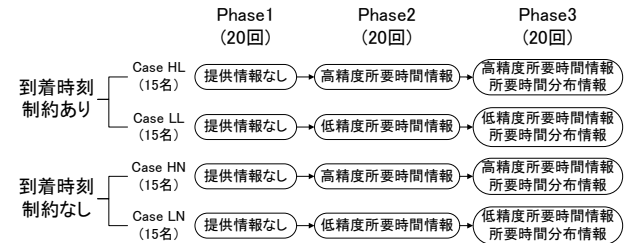


図-3 PhaseとCase

本稿では、所要時間分布情報の提供効果が高いと考えられる到着時刻制約のあるCase HL, LLを対象に集計的な分析を行った後、経路選択モデルを構築し、所要時間分布情報が経路選択に及ぼす影響を検証する。

3. 経路選択行動に関する集計的考察

Case LLは情報の精度を低く設定しており、現時点情報が与えられる状況と想定できる。この視点の下Case LLとCase HLの経路選択結果の差異を比較分析する。

(1) 提供情報の遵守傾向

表-1にCase LL, HLのPhase3における各被験者の提供情報遵守率を示す。提供情報遵守率とは「被験者が全ステップ中で、提供情報が短い経路を選んだ回数を百分率で表したもの」とした。表より、情報精度が高いほど遵守率が高いこと、そして、情報精度が低い場合には各情報の遵守率が低く、個人によるバラツキが大きいことが分かる。すなわち、低精度情報に対しては、情報の受け止め方に個人間によって差異があると言える。

表-1 提供情報の遵守傾向

被験者ID	Case HL			被験者ID	Case LL		
	所要時間情報遵守率 [%]	最小値情報遵守率 [%]	最大値情報遵守率 [%]		所要時間情報遵守率 [%]	最小値情報遵守率 [%]	最大値情報遵守率 [%]
201	100	90	100	301	100	85	85
202	100	95	95	302	100	85	85
203	95	90	100	303	65	50	80
204	95	90	100	304	100	90	80
205	95	90	100	305	95	85	85
206	100	95	95	306	50	55	40
207	95	95	95	307	80	80	70
208	95	95	95	308	60	60	50
209	90	90	100	309	95	85	85
210	75	90	85	310	100	85	85
211	100	90	100	311	95	85	85
212	75	100	90	312	100	90	80
213	95	95	95	313	100	90	80
214	70	90	100	314	95	85	85
215	100	90	100	315	90	90	80
平均	92.0	92.3	96.7	平均	88.3	80.0	77.0
標準偏差	9.8	3.1	4.3	標準偏差	16.1	12.9	13.3

(2) 実験回と経路選択の関係

ここでは各経路の選択者数の推移を集計した。図-4にCase HLの結果を、図-5にCase LLの結果を示す。Case HLでは、Phase2以降の経路選択の推移を見ると、Phase1に比べてどちらか一方の経路に選択が集中する傾向が見られる。また、Case LLでも、Phase3に移行すると同様の傾向が見られ、被験者の提供情報への依存度が上昇していることがうかがえる。なお、Phase1では提供情報がないにもかかわらず各経路の選択者数が大きく変化している。これは被験者が各選択回で経験する実際所要時間が経路選択に影響を及ぼしていると推察される。

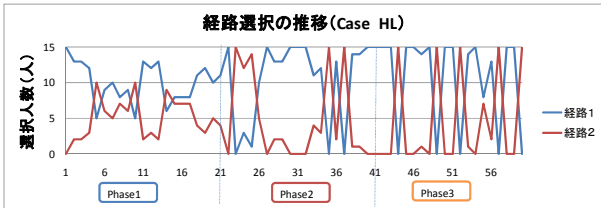


図-4 経路選択の推移(Case HL)

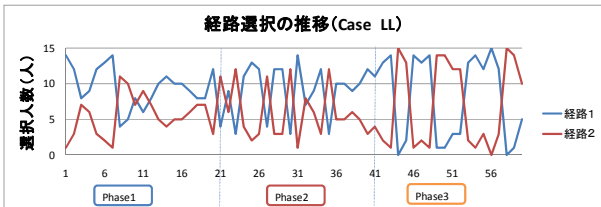


図-5 経路選択の推移(Case LL)

(3) 提供情報と経路選択率の関係

提供情報が経路選択に与える影響を考察するため、経路1と経路2の提供情報の差と式-1で定義される経路選択率との関係を分析する。ただし、ここでは所要時間情報と所要時間分布情報が与えられたPhase3のデータを用いる。

$$P_{R1}(t) = \frac{100n_{R1}(t)}{n_{R1}(t) + n_{R2}(t)} \quad \text{式-1}$$

$P_{R1}(t)$: 経路1に関する経路選択確率 [%]

t : 提供情報差 (経路1 提供情報 - 経路2 提供情報) (分)

$n_{R1}(t)$: 提供情報差 t 分における経路1 選択者数

$n_{R2}(t)$: 提供情報差 t 分における経路2 選択者数

図-7にCase HLにおける提供情報と経路選択率の関係を、図-8にCase LLにおける提供情報と経路選択率の関係を示す。なお、図中にはCase間の比較のためにロジスティック回帰分析を行った結果も併せて表示する。

ロジスティック曲線の傾きに注目すると、両Caseとも、所要時間情報と最小値情報の傾きは差異が小さいのに対し、所要時間情報と最大値情報の傾きの差異が大きいことが確認できる。これより、最小値情報と所要時間情報では情報効果に差がなく、どちらか一方のみが経路

選択に影響を及ぼす可能性が考えられる。一方、最大値情報が経路選択時に所要時間情報とは異なる影響を及ぼす可能性が指摘され、その傾向はCase LLにおいてより顕著となる。

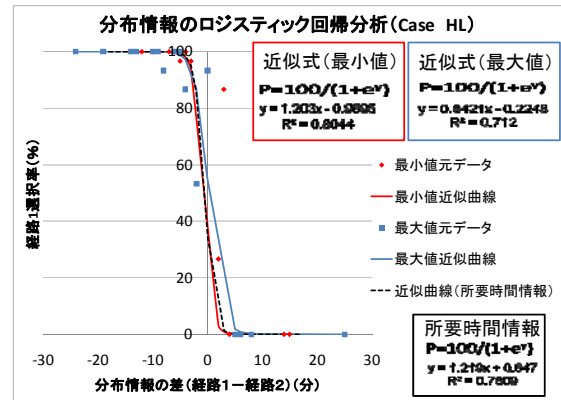


図-6 提供情報と経路選択率の関係(Case HL)

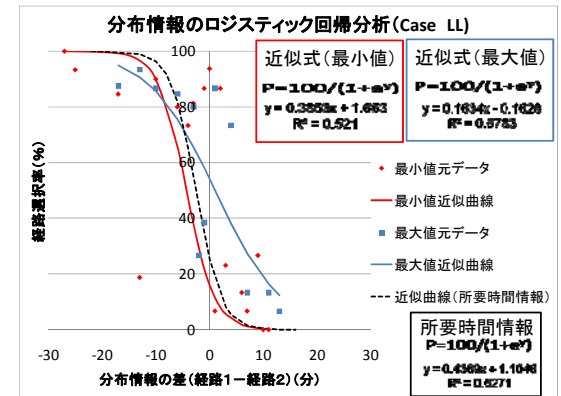


図-7 提供情報と経路選択率の関係(Case LL)

(4) 仮説の掲定

以上、本実験のねらい、および、集計分析の結果を勘案し、本研究では以下4つの仮説を掲定する。

仮説1: 到着時刻制約下では最大値情報が経路選択に影響を及ぼす。

仮説2: 到着時刻制約下で低精度情報を提供すると情報の利用方法に個人差が生じる。

仮説3: 前回までの走行経験が被験者の経路選択に影響を及ぼす。

仮説4: 所要時間情報は情報の精度に関わらず被験者の経路選択に影響を及ぼす。

4. 経路選択モデルの構築

3(4)で掲定した仮説を検証するため、Case HL, LLにおけるPhase2, Phase3のデータを用い、Mixed Logit Modelによる経路選択モデルを構築する。Mixed Logit Modelは誤差項に共分散の多様性を考慮した一般性の高いモデルであり、LogitモデルのIIA特性を一般化したものである。推定されるパラメータは確率分布に

従うとしているため、個人間選好の多様性や時系列相関などの表現が可能となる。

モデル上の効用関数確定項の説明変数は以下の通りとする。

- ・ 定数項 (経路1 固有ダミー) (Phase2, Phase3)
- ・ 所要時間情報 (Phase2, Phase3)
- ・ 最大値情報 (Phase3 のみ)
- ・ 経験した所要時間の最大値 (Phase2, Phase3)
- ・ 経験した所要時間の最小値 (Phase2, Phase3)
- ・ 前回選択時の所要時間 (Phase2, Phase3)

表-2にCase LLとCase HLの経路選択モデルの推定結果を示す。ただし、説明変数のパラメータに関しては平均・標準偏差ともに記載する。

表-2 経路選択モデルの推定結果

HL		Phase2		Phase3	
説明変数		係数	t値	係数	t値
定数項	平均	0.483	0.712	-3.482	-0.304
	標準偏差	0.000	0.000	0.000	0.000
所要時間情報	平均	-0.682	** -7.176	-0.440	** -2.680
	標準偏差	0.001	** 0.003	0.000	0.001
最大値情報	平均			-0.221	* -1.905
	標準偏差			0.000	0.004
経験最大値	平均	-0.059	-1.527	0.312	1.432
	標準偏差	0.000	0.008	0.001	0.005
経験最小値	平均	-0.036	-0.540	-0.260	-0.180
	標準偏差	0.001	0.010	0.000	0.004
前回所要時間	平均	0.042	1.217	-0.054	-0.880
	標準偏差	0.004	0.031	0.003	0.036
サンプル数		300		300	
L_{max}		-76.13		-25.72	
L_0		-207.94		-207.94	
$adi \rho^2$		0.621		0.871	

**5%有意, *10%有意

LL		Phase2		Phase3	
説明変数		係数	t値	係数	t値
定数項	平均	-1.457	** -2.419	-1.929	** -2.117
	標準偏差	0.314	0.279	0.068	0.064
所要時間情報	平均	-0.343	** -7.772	-0.287	** -2.995
	標準偏差	0.360	** 3.328	0.206	** 2.498
最大値情報	平均			-0.116	** -2.329
	標準偏差			0.006	0.082
経験最大値	平均	-0.027	-0.495	0.287	** 2.180
	標準偏差	0.027	0.151	0.193	0.708
経験最小値	平均	-0.108	-1.527	-0.193	* -1.815
	標準偏差	0.022	0.290	0.035	0.305
前回所要時間	平均	-0.081	** -2.104	-0.028	-0.661
	標準偏差	0.022	0.176	0.011	0.132
サンプル数		300		300	
L_{max}		-163.09		-104.92	
L_0		-207.94		-207.94	
$adi \rho^2$		0.189		0.474	

**5%有意, *10%有意

まず、所要時間情報の推定パラメータの平均は両Caseの全Phaseで5%有意となっており、所要時間情報が経路選択に影響を及ぼすといえる。また、Case LLでは各Phaseの所要時間情報の推定パラメータの標準偏差が5%有意となり、所要時間情報の利用方法に個人差が生じることがわかる。さらにCase HLと、Case LLのPhase3では最大値情報の推定パラメータの平均が有意となり、最大値情報が経路選択に影響を及ぼすことがわかった。最後に、経験に関する説明変数項目を見ると、Case HLではいずれの項も非有意であるのに対し、Case LLのPhase2では前回の所要時間が、Case LLのPhase3では経験最大

値と経験最小値がそれぞれ有意な変数となっている。このことから、到着時刻制約下では低精度情報を与えた場合の方が高精度情報を与えた場合よりも経験が経路選択に影響を及ぼす可能性が示された。

5. おわりに

本研究では、情報提供を利用者サービス向上策と道路ネットワークの利用調整をはかるマネジメント方策の両面で捉え、とりわけ、付加情報としての所要時間の信頼性を表す最大値・最小値情報が、利用者の意志決定に影響を及ぼすかどうかという点を室内実験により検証を試みた。Mixed-Logitモデルとして経路選択モデルのパラメータ推定を行った結果、次の点が確認された。1)精度にかかわらず、所要時間情報は被験者の経路選択に有意な影響を及ぼす可能性が高い。2)情報の精度が低い場合、所要時間情報に対する被験者の反応は多様化する傾向にある。3)少なくとも到着時刻制約がある場合、所要時間の最大値情報が被験者の経路選択に有意な影響を及ぼす可能性が高い。

今後は、構築した経路選択モデルを実装した交通流シミュレーションを用い、所要時間分布情報の提供による交通流の調整・整流化の可能性について検討する。

参考文献

- 1) Arnott, R., de Palma, A. and Lindsey, R: "Does Providing Information to Drivers Reduce Traffic Congestion?", Transportation Research-A, 1991.
- 2) Mahmassani, H. S. and Liu, Y.: "Commuter Pre-Trip Decisions Route Choices and En-Route Path Selection under Real-Time Information: Experimental Results", Proceedings of the Second World Congress on Intelligent Transport Systems, pp. 1860-1864, 1995.
- 3) Bonsall, P. and Merrall, A. C.: "Analysing and Modelling the Influence of Roadside Variable Message Displays on Drivers' Route Choice", Proceedings of the 7th World Conference on Transport Research, Volume 1, pp. 11-25, 1995.
- 4) Bonsall, P.: "The Influence of Route Guidance Advice on Route Choice in Urban Networks", Transportation, 19, pp. 1-23, 1992.
- 5) Uno, N., Iida, Y. and Kawaratani, S: "Effects of Dynamic Information System on Travel Time Reliability of Road Network, Traffic and Transportation Studies", ASCE, 2002.
- 6) 宇野 伸宏, 杉本 一走, 飯田 恭敬, 山田 憲浩, 中川 真治: "経路利用意向に基づく高速道路2経路区間における情報提供効果分析", 土木計画学研究・論文集 Vol.21 no.4, pp.941-949, 2004.
- 7) Ahn, Y., Uno, N., Kurauchi, F. and Mikami, K.: "An Experimental Analysis of Effects of Information about Short-term Trend of Traffic Condition upon Route Choice Behavior", IATBR, 2006.
- 8) Tanaka, M., Uno, N., Kurauchi, F. and Ahn, Y.: "An Analysis of Effect of Trend Information upon Route Choice Behavior by In-Laboratory Experiment", International Journal of ITS Research, Vol.6, No.1, 2008