

ドライバーの経路選択行動パターンを 考慮した旅行時間予測機構

The Mechanism of Driver's Travel Time Prediction
Considering The Pattern of Route Choice Behavior

飯田 恭敬*, 内田 敬**, 宇野 伸宏**

By Yasunori IIDA, Takashi UCHIDA, Nobuhiro UNO

Providing motorists traffic information is regarded as a possible strategy for traffic management. To evaluate the effect of providing information, we consider a travel behavior model, including travel time prediction model, that is based on random utility theory. Every motorist is assumed to make his decision of travel behavior based on predicted travel time. The mechanisms of travel time prediction in which the variety of travel behavior incorporated are analyzed by conducting experiments that repeatedly ask the respondents for hypothetical route choice behavior. Though the mechanisms of travel time prediction are differ in the groups divided by the pattern of route choice behavior, they are based on individual driving experiences.

1. はじめに

高度情報化時代の到来といわれて久しいが、自動車交通においてもその例外ではなく、ドライバーへの情報提供とその効用が盛んに唱えられている。特に、都市部への社会経済活動の集中に伴う自動車交通需要の増加と地価の上昇、空間的制約及び住民の合意形成の難しさに伴う道路整備の遅れが招く交通混雑の短期的な対応策として、また将来的にはサービスレベルの向上を図る方策として、情報提供による誘導制御手法が注目されている。情報提供技術は、路側の可変情報板やラジオを用いた交通情報の提供をはじめ、開発中のRACS/AMTICS等の路車間相互通信手段等の有効な手段が確立されている。その一方、誘導制御を行うために、

提供すべき情報の内容については、情報とドライバーの交通行動の間の相互作用は解明されておらず、確固とした規準がいまだ存在していない。また、ドライバーに対する情報提供の効果について疑問視する見方もあり¹⁾、いたずらに情報を提供してドライバーの混乱を招き、効用レベルを低下させることのないよう十分に検討を加え、その効果について定量的な評価を行う必要がある。

ところで、情報提供の効果を定量的に把握するため、交通の実現象との対応でドライバーにアンケートを行うことは以下の3点の理由より困難である。設問の項目とその組合せが多い点。交通状態の変化に応じて繰り返し質問をする必要がある点。有意な結果を得るためには多くのサンプルを必要とする点。そこで、実験的アプローチにより得られたデータを用い、ドライバーの交通行動モデルを構築する。そのモデルを利用して、シミュレーション実験を行い、ドライバーの交通行動と情報との相互作用について分析する。本研究は、

Keywords : 交通行動, 情報提供, SPデータ

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木
工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)

** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木
工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)

その交通行動モデルを構築するための第1段階と位置づけられる。

本研究では、まず経路選択行動モデルの基本概念について説明し、モデル構築のための実験の設計をする。そして、実験の結果得られた被験者の経路選択行動について分析を加え、最後に、経路選択行動モデルの確定効用関数に相当する旅行時間予測モデルを推定する。

2. 経路選択行動モデル

(1) 基本概念

ドライバーの行動原理を明示的に取り扱った経路選択行動モデルを構築するため、非集計行動モデルの考え方に基づいたモデル化を行う。Horowitzは、現時点において、唯一非集計行動モデルだけが理論的かつ実用的で検証可能な交通需要予測モデルを構築できると述べている²⁾。非集計行動モデルでは、「個人は選択可能な代替案の中から最大効用を与えるものを選択する」という合理的選択行動を仮定している。そこで、本研究におけるドライバーの行動原理を「各自の走行経験及び提供情報に基づいて、代替的に利用可能な各経路の中で最大効用を得ると予測される経路を選択する」と仮定し、モデル化することを試みる。

経路選択を説明する要因（モデルの説明変数）としては、大きく次の3つに分類される³⁾。

- ①時間的要因（旅行時間、旅行時間の確実性）
- ②費用
- ③心理的要因（景観、安全性、走行性、案内性）

これらの要因を取り込んだ、包括的な経路選択行動モデルの概念を図-1に示す。上記の①、②は定量的な取扱いが可能であり、モデルの説明変数として利用可能である。一方、③は人間の内的な作用の表れで、非常に定性的な要因である。モデルの説明変数とするには、検討が不十分で解明されていない点が多くあり、現時点ではまだ難しいと思われる。

本研究では、次の2つの根拠より、旅行時間に焦点を絞って検討する。第1には、経路選択行動モデルは、情報提供による交通制御法の効果の有無を検討するため、利用されるものである。交通制御を必要とする都市内の道路をピーク時に利用するトリップの多くは、業務及び通勤目的のいわゆる派生の需要が顕在化したトリップである。この種のトリップでは「時間的要因」特に渋滞による時間損失の回避が最も望まれており、

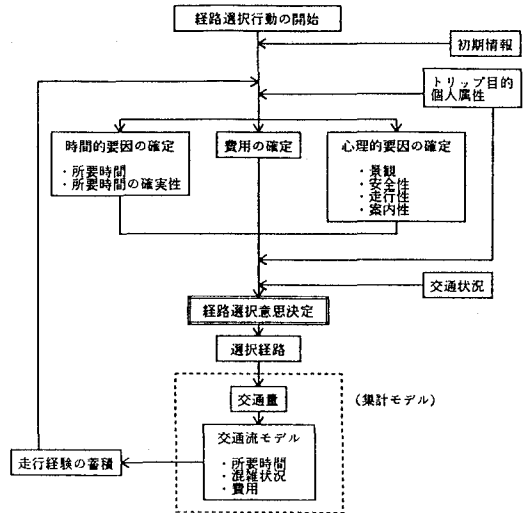


図-1 経路選択行動モデル（基本モデル）

経路選択もこの規準に基づき行われていると考えられる。第2に静的な交通需要予測モデルである既存の交通量配分モデルでは、主として旅行時間に基づいた経路選択を取り扱っている。それ故、比較する意味もあって、旅行時間を説明変数としたモデル化を行う。

トリップ目的及び経路選択行動の主要な説明要因を共有するドライバーの集合を考えた場合でも、その行動規準は、各自、異なると考えられる。そこで、各被験者の行動規準に基づく意思決定が顕在化したものである経路選択のパターンを対象とし分析を加え、その結果を考慮したモデル化を本研究では行う。

(2) 室内実験について

本研究では、各ドライバーが「過去の走行経験及び提供情報を利用して旅行時間を予測し、それに基づき経路を選択する」と仮定する。そして、旅行時間予測モデルを推定するが、このことは、非集計行動モデルの確定効用関数を特定化することに相当する。

旅行時間予測モデルを推定するため、経路選択に関する室内実験を行って、仮想の状況における代替案に対する選好の意思表示のデータを収集する。このようにして収集されたデータを、SP (Stated Preference) データと呼ぶ。各ドライバーの過去の走行経験が旅行時間を予測する際にどのように用いられるのか、そして、走行経験の蓄積とともに旅行時間を予測するメカニズムがどのように変化するかを明らかにし、旅行時間予測モデルを推定するためには同一人に対して複

数回意思決定を問う必要がある。このようなパネル交通調査を現実の交通行動を対象として行うことは、データの精度、労力、費用及び期間の面から困難である。このためSPデータを収集してモデルを構築する。

また、SPデータは操作性に優れており、代替案を構成する属性およびその属性値を実験者が決定できるので、モデルの推定に関して多くの利点を有する^{4) 5)}。そのため、交通需要分析の分野でも、特に新しい交通サービスに対する需要予測のため、SPデータが広く用いられている⁶⁾。一方、その信頼性つまりデータが現実の交通行動を必ずしも再現するとは言えないという根本的な問題がSPデータにはある。このため、そのようなデータによって作られたモデルが、現実の選択状況における選択行動の予測に、どの程度の説明力を有するのかという外部妥当性（実際への適用性）を明確にするため、今後とも検討を加える必要がある。

実験室内での選択実験から得られるモデルが移転可能性を満足し、現実の状況でも有用であることを期待するのは特殊な場合を除いて非現実的である。むしろ、関数形の特定に役立つ情報や係数の比に関する情報を提供する点に、モデルの価値はあると考えられる²⁾。それ故、この実験で得られた知見に基づいて基本モデルを構築し、シミュレーションを行い、その結果をフィードバックして、再度、実験とシミュレーションを行い、経路選択行動モデルの改良を進める。

3. 実験方法

(1) 実験の前提条件

- ① 実験の1ステップを1日のうちで朝の通勤時間帯と仮定し、毎日同じ構成員が単一ODペア間で繰り返し経路選択する状況を考える。
- ② 出発時刻は固定されており、経路のみを選択できる。利用可能な経路は2経路とする。
- ③ 第 $n+1$ 回目の旅行時間を予測する際には、各被験者は第 n 回目以前の走行経験に関する記憶に基づいて予測すると仮定する。走行経験とは各自が選択した経路の実旅行時間及び旅行時間予測誤差（予測旅行時間と実旅行時間との差）を意味する。
- ④ 各被験者は通勤時を想定し、各自が予測した経路の旅行時間に基づいて、繰り返し経路選択を行うと仮定する。（被験者に指示する行動規準とする。）
- ⑤ 通勤時間帯に一樣に出発した一群のトリップが、

表-1 実験の概要

項目	実験の概要	
	実験A	実験B
被験者数	56名	82名
繰り返し回数	21回	21回
被験者の属性	男子大学生	男子大学生
トリップ目的	通勤・通学交通	
時間帯	通勤時間帯の1時間（例えば、a.m.8:00-9:00）	
OD数	1方向の単一ODペア	
経路数	並行な2経路	
OD交通量	5600 (veh/h)	
経路特性	経路1	経路2
(経路長)	20km	15km
(交通容量)	$C = 4000$ (台/h)	$C = 2800$ (台/h)
(N 1-ツズ関数)	$t = t_0 [1 + a (V/C)^2]$ $a = 1.00, t_0 = 20$ (min)	$t = t_0 [1 + a (V/C)^2]$ $a = 1.00, t_0 = 15$ (min)
決定要因	被験者自身の走行経験のみ	
行動規準	通勤通学時を想定し、各自の予測旅行時間に基づいて経路を選択する	
提供情報	1) 経路特性（経路長、車線数、自由走行時の旅行時間） 2) 前回選択した経路とその実旅行時間	
利用情報	1) 外的情報：前回の選択経路とその実旅行時間 2) 内的情報：被験者各自の経路選択に関する記憶	
質問項目	1) 今回の2経路の旅行経路の予測旅行時間 2) 今回の選択経路	

その時間帯内に目的地に到着するものと仮定する。

そのため、経路交通量と走行時間は時間帯単位で走行時間関数を用いて取り扱っている。

(2) 実験の概要

表-1に実験の概要を示す。詳細は参考文献⁷⁾及び⁸⁾を参照のこと。実験は回答用紙を用いて、それを毎回配布回収して、各被験者に対して、①前回（ n 回目）の選択経路とその実旅行時間を知らせ、②今回（ $n+1$ 回目）の2経路の予測旅行時間を問い、③それに基づく選択経路を回答してもらう、という手順を繰り返すことで進行する。実験前に各経路の特性等を被験者に伝える。

旅行時間の定義が異なる2ケースの実験を行った。実験Aは、各被験者の経路選択が経路の交通状態つまり交通量に反映され、その交通量に基づいて旅行時間が内生的に決定される実験である。一方、実験Bでは各被験者の経路選択に関する意思決定は、経路の交通状態には反映されない。各経路の交通量は均衡交通量の周りでsin-curveに従って単振動を続けると仮定され、旅行時間もその交通量に基づいて、パフォーマンス関数を用いて外生的に与えられる。

実験Bのデータは、予め設定した共通の交通量の変動パターンの下で、それぞれ異なる日時、被験者集団を対象として行われた独立の3回の実験データをプールしたものである。既に、旅行時間の予測誤差を特性値とし、実験ケース、個人属性（免許保有、運転頻度）を因子とした分散分析を行い、3回分の実験データを集約して1組のサンプルとして取り扱うことの妥当性を確認した^{7) 8)}。詳細については割愛する。

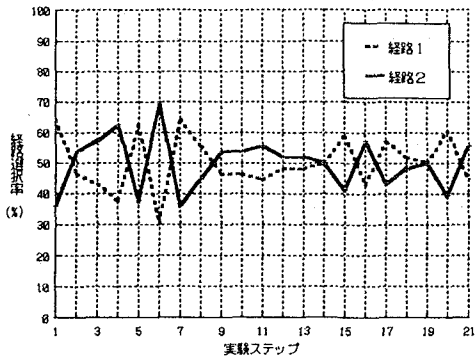


図-2 (a) 経路選択率 (実験 A)

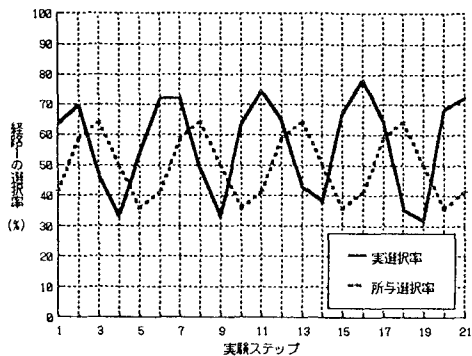


図-2 (b) 経路選択率 (実験 B)

経路選択実験終了後、被験者の個人属性を調査するアンケート（「属性調査」と呼ぶ）及び日常の経路選択行動と選択要因を調査するアンケート（「要因調査」と呼ぶ）を行った。本研究では、要因調査について分析を加えることにする。

4. 経路選択行動の分析

(1) 実験結果の概説

経路選択行動について詳細に検討する前に、実験結果について簡単に示しておく。図-2 (a)、(b)に実験結果を示す。図-2 (a)は実験Aの結果を示したものであり、横軸に実験ステップ、縦軸に経路1及び2の選択率を示したものである。9回目から14回目までは、被験者の経路選択の集計結果は、均衡状態の近傍で微小に振動し、安定状態に達しているように思われる。15回目以降、経路選択は再び振動を開始し、経路1については均衡状態より大きい領域で、経路2については均衡状態より小さい領域でそれぞれ振動を続けている。この振動が収束するか否かは、今回の実験だけでは

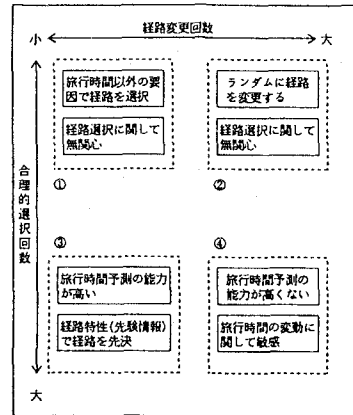


図-3 経路選択行動の分類

判断できない。図-2 (b)は実験Bの結果を示したものであり、(a)と異なり縦軸に経路1の所与の選択率と被験者が示した選択率を表している。実験Bは既に示したが、被験者の意思決定は経路の交通状態に反映されず、経路の交通量は周期的に変化しているので、実旅行時間は外生的に与えられ、被験者の意思を集計したものではない。被験者の経路選択は、経路の交通状況に追随する形で、振動を続け収束の様子は全くない。

(2) 経路選択行動の分類

実験内で観測される経路選択行動を特徴づける指標として、本研究では経路変更回数と合理的選択回数の2つを用いる。各被験者が予測した旅行時間の短い方（等しい場合を含む）の経路を選択することを合理的選択と呼ぶことにする。被験者の経路選択行動はこの2指標を用いて、図-3に示すように大まかに分類できると考えられる。

①の経路変更回数及び合理的選択回数とともに小さい被験者は、実験に対してあまり真剣に取り組んでいない者、または、先験的な情報である経路特性等を重視して経路を選択する者と考えられる。経路を選択する際の明示的な要因としては、事前に与えられる経路特性を除けば、各自の予測旅行時間しか存在していない。その様な状況下で、頻繁に経路変更を行うが合理的選択は行わない被験者も(②)、実験に対してあまり積極的に取り組んでいない者と考えられる。本研究の経路選択実験は、一種のSP (stated preference) 実験と考えられる。SP実験では、被験者各自の意思決定の結果が実際の交通市場と異なり、各々の効用のレベルに実質的な影響を及ぼさないので、実験への取り組

表-2 (a) 経路変更回数と合理的選択回数(実験A)

		経路変更回数			合 計
		0～3	4～7	8～	
合理的 選択回数	～17	4 (7.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (7.1)
	18	3 (5.4)	2 (3.6)	2 (3.6)	7 (12.6)
	19	2 (3.6)	4 (7.1)	1 (1.8)	7 (12.6)
	20	6 (10.7)	7 (12.6)	3 (5.4)	16 (28.6)
	21	6 (10.7)	8 (14.2)	8 (14.2)	22 (39.1)
合 計		21 (37.5)	21 (37.5)	14 (25.0)	56(100.0)

表-2 (b) 経路変更回数と合理的選択回数(実験B)

		経路変更回数			合 計
		0～5	6～9	10～	
合理的 選択回数	～17	9 (11.0)	5 (6.1)	0 (0.0)	14 (17.1)
	18	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.2)	1 (1.2)
	19	0 (0.0)	4 (4.9)	3 (3.6)	7 (8.5)
	20	2 (2.4)	7 (8.5)	5 (6.2)	14 (17.1)
	21	9 (11.0)	24 (29.3)	13 (15.8)	46 (56.1)
合 計		20 (24.4)	40 (48.8)	22 (26.8)	82(100.0)

みが「いいかげん」なものとなる可能性が考えられる。

③に属する被験者は、同一の経路を選択する回数は多いが、旅行時間の予測も確実に行っている者である。旅行時間の予測能力が高い者か、あるいは、経路特性を考慮して経路を選択し、旅行時間予測を後付け的に行っている者のいずれかと考えられる。④に属する被験者は、経路変更回数及び合理的選択回数がともに多く、旅行時間の変動に対して敏感な者、あるいは、旅行時間の予測能力があまり高くない者の集合と考えられる。

実験結果との対応で検討を進める。表-2 (a) (b)に実験A及びBの経路変更回数と合理的選択回数の関係を示す。経路変更回数の平均値(m)及び標準偏差(σ)を参考にし下記の通り、便宜上、概ね経路の変更回数が $m \pm 1/2\sigma$ に属する被験者のグループと、それ以外の2グループの合計3グループに分類している。

〔実験A〕(グループ1)：経路変更回数0～3回

(グループ2)：経路変更回数4～7回

(グループ3)：経路変更回数8～ 回

〔実験B〕(グループ1)：経路変更回数0～5回

(グループ2)：経路変更回数6～9回

(グループ3)：経路変更回数10～ 回

実験A、Bともに合理的選択を行っている被験者が多く見られ、実験Aでは約39%、実験Bでは約56%の被験者が実験の全ステップ(21回)で合理的選択を行っている。さらに、18回以上合理的選択を行った被験者は、実験Aで約93%、実験Bで約83%である。「各自の予測旅行時間に基づき、通勤時を想定して経路選択をする」という実験開始時の指示について、多くの被験者は予測旅行時間最短の経路を選択することである

表-3 (a) 予測誤差を用いた分散分析(実験A)

	自由度	残差平方和	F値	F値の超過確率
因子変動	59	7114.96	2.89	0.0001
誤差変動	1000	41747.77		
因子				
実験ステップ ①	19	3993.53	5.03	0.0001
経路変更回数 ②	2	1460.04	17.49	0.0001
交互作用 ①×②	38	1661.40	1.05	0.3932

※①×②は、実験ステップと経路変更回数によってセグメント化したグループ間の交互作用を示す。

グループ1：経路変更回数0～3回
グループ2：経路変更回数4～7回
グループ3：経路変更回数8～ 回

表-3 (b) 予測誤差を用いた分散分析(実験B)

	自由度	残差平方和	F値	F値の超過確率
因子変動	59	5083.82	2.31	0.0001
誤差変動	1420	52933.09		
因子				
実験ステップ ①	19	3114.40	4.40	0.0001
経路変更回数 ②	2	560.82	7.52	0.0006
交互作用 ①×②	38	1408.60	0.99	0.4803

※①×②は、実験ステップと経路変更回数によってセグメント化したグループ間の交互作用を示す。

グループ1：経路変更回数0～5回
グループ2：経路変更回数6～9回
グループ3：経路変更回数10～ 回

と解釈したと考えられる。図-3の①及び②に属する被験者は非常に少なく、特に、②は全く存在しないと考えて差し支えない。以上より、被験者の経路選択を特徴づける指標として、今後は経路変更回数を選び検討を進める。

旅行時間の予測に関して、各グループ間に統計的に有意な差異が存在するか否かを検討するため、旅行時間予測誤差を特性値とした分散分析を行う。結果を表-3 (a)、(b)に示す。因子としては、実験ステップと経路変更回数を用いる。実験ステップ及び経路変更回数双方に有意な効果が認められる。よって、旅行時間予測モデルを推定する際には、経路変更回数によりセグメント化したモデル、あるいは、経路変更回数をダミー変数として取り入れたモデルとして推定する。

(3) 実際の経路選択との関連

経路選択実験と同時に同一被験者に対して実施した、「要因調査」の結果を利用して、各被験者の日常の経路選択と実験内でのその比較を行う。表-4 (a)及び(b)に実験と日常の経路選択行動の関係を示す。実験Aでは無回答を除くと約94%、実験Bでも94%の被験者が通勤・通学時に利用する経路について、代替的に利用可能な複数経路を認識している。

その特徴として、日常の経路選択では交通状況に応じて経路を変更するが、実験ではあまり経路変更を行わない被験者が実験Aで多く観測された。その他、例えば、日常の交通行動で、経路変更を行う者が実験内

表-4 (a) 実験内と日常の経路選択(実験A)

	経路変更回数			合 計
	0~3	4~7	8~	
代替経路認識・経路変更有	12 (21.4)	10 (17.9)	8 (14.3)	30 (53.6)
代替経路認識・経路変更無	8 (14.3)	8 (14.3)	3 (5.4)	19 (34.0)
代替経路無・経路変更有	0 (0.0)	2 (3.5)	1 (1.8)	3 (5.3)
代替経路無・経路変更無	1 (1.8)	1 (1.8)	2 (3.5)	4 (7.1)
無 回 答				
合 計	21 (37.5)	21 (37.5)	16 (25.0)	56 (100.0)

表-4 (b) 実験内と日常の経路選択(実験B)

	経路変更回数			合 計
	0~5	6~9	10~	
代替経路認識・経路変更有	7 (8.5)	18 (22.0)	8 (9.7)	33 (40.2)
代替経路認識・経路変更無	11 (13.5)	20 (24.4)	13 (15.9)	44 (53.8)
代替経路無・経路変更有	2 (2.4)	2 (2.4)	1 (1.2)	5 (6.0)
代替経路無・経路変更無	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
無 回 答				
合 計	20 (24.4)	40 (48.8)	22 (26.8)	82 (100.0)

表-5 (a) 経路選択要因と実験内の経路選択(実験A)

経路選択要因	経路変更回数			合 計
	0~3	4~7	8~	
短時間で目的地に着くような経路	18 (21.6)	17 (20.2)	11 (13.6)	47
渋滞での時間損失が最小と思われる経路	11 (13.5)	20 (24.4)	13 (15.9)	44
走行距離が一番短い経路	8 (9.5)	10 (11.9)	6 (7.1)	24
道の分かりやすい経路	2 (2.4)	4 (4.8)	3 (3.6)	9
乗りごちのよい経路	11 (13.5)	3 (3.6)	8 (9.7)	22
沿道風景の美しい経路	4 (4.8)	6 (6.0)	5 (5.4)	15
道幅が広く歩道が完備された安全な経路	7 (8.3)	7 (8.3)	5 (5.4)	19
右左折回数の少ない経路	6 (7.1)	6 (6.0)	3 (3.6)	15
信号の少ない経路	3 (3.6)	2 (2.4)	1 (1.2)	6
その他	2 (2.4)	2 (2.4)	1 (1.2)	5
無回答	4 (4.8)	12 (14.3)	8 (9.7)	24
合 計	84 (100.0)	84 (100.0)	56 (100.0)	224

表-5 (b) 経路選択要因と実験内の経路選択(実験B)

経路選択要因	経路変更回数			合 計
	0~5	6~9	10~	
短時間で目的地に着くような経路	18 (22.5)	35 (43.8)	22 (25.0)	75
渋滞での時間損失が最小と思われる経路	17 (21.2)	30 (37.5)	19 (22.5)	66
走行距離が一番短い経路	7 (8.8)	25 (31.2)	11 (12.5)	43
道の分かりやすい経路	6 (7.5)	14 (17.5)	7 (8.0)	27
乗りごちのよい経路	5 (6.2)	14 (17.5)	5 (5.7)	24
沿道風景の美しい経路	4 (5.0)	7 (8.8)	1 (1.1)	12
道幅が広く歩道が完備された安全な経路	14 (17.5)	15 (18.8)	13 (15.0)	42
右左折回数の少ない経路	7 (8.8)	9 (11.2)	6 (6.9)	22
信号の少ない経路	2 (2.5)	3 (3.8)	3 (3.4)	8
その他	0 (0.0)	4 (5.0)	1 (1.1)	5
無回答	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0
合 計	80 (100.0)	150 (100.0)	88 (100.0)	328

でも経路変更を盛に行うという様な実際の交通行動と実験データの間の明示的な関係は見受けられない。つまり、各被験者の日常の経路選択に対する行動と実験内での行動をミクロな視点から検討した場合、それらが必ずしも対応しているとは、この結果を見る限りにおいては言えない。一方、代替利用可能な経路が明

確に示されている今回の実験において、経路変更回数だけに着目しても、様々な経路選択行動が観測されており、ドライバー全体、被験者全体というマクロな視点に立てば、経路選択の多様性を十分にないまでも再現していると考えられる。また、実験の特質を考慮すれば、今回の結果は、旅行時間と経路特性の事前情報以外の要因を排除した状況での、各被験者の潜在的な経路選択行動への意思表示と解釈することもできる。

次に、日常の経路選択要因と実験での経路選択との関係について検討する。表-5 (a)及び(b)にその結果を示す。実際の調査では、9つの経路選択要因に各被験者が重視する順に、1位から4位までランク付けを行わせた。ここでは、大まかな傾向を把握するため、経路変更回数で分類したグループ別に、順位を無視し、複数回答のアンケートと見なして集計した。どのグループにおいても「旅行時間」及び「旅行時間の確実性」を重視して被験者が、経路選択を行っていることが分かる。実験Aでは、「快適性」を、実験Bでは「安全性」を重視する被験者が比較的多くみられた。グループ間の差異はあまり大きくない。

以上の分析より、通勤・通学にトリップ目的を限定すれば、「旅行時間」及び「旅行時間の確実性」が経路選択の際に重視されており、各被験者の経路選択行動(日常及び実験内)については、多様なパターンが観測されているが、その多くは旅行時間の最小化または渋滞による時間損失の最小化を達成するとの判断のもとにとられた行動であると考えられる。

5. 旅行時間予測機構

(1) 旅行時間予測のメカニズム

本研究では、ドライバーは各自の予測旅行時間に基づいて経路選択を行うと仮定した。旅行時間予測のメカニズムに関しては、「旅行時間の予測に際しては、各自の走行経験を基礎として予測する」との仮定を設定した。通勤・業務トリップの様に同一OD間で繰り返し経路選択を行う場合、その走行経験が旅行時間予測のメカニズムに影響を与えることは、十分に有り得るので、この仮定は妥当であると考えられる。また、交通行動、特に経路選択行動に関して、各ドライバーの規準とそれが顕在化した行動パターンは多岐に渡っていると考えられる。そこで、経路選択時の過去の走行経験の利用形態等を検討するため、既に示した経路

変更回数で分類した3グループを対象とし、グループ別の旅行時間予測機構についても分析を行う。具体的方法として、過去の走行経験を説明変数とした旅行時間予測モデルを実験データより推定する。説明変数となり得る走行経験として選択経路の実旅行時間、過去の予測旅行時間及び予測誤差が考えられる。また、従属変数としては次回の予測値自体の他に、予測補正量（今回の予測値と前回の実旅行時間の差）の利用も考えられる。モデルに取り入れる変数を決めるため、従属変数と説明変数の諸量間の相関を調べた。その結果、本研究では予測補正量を従属変数、前回の予測誤差を説明変数としてモデルを構築する。また、今回は選択経路に限定して分析する。詳細は文献8)を参照のこと。

以下の3タイプのモデルを推定する。

- ①経路選択行動類型を考慮しない基本モデル(モデル1)。
 - ②経路変更回数に対応したダミー変数をモデルに取り込む(モデル2)。
 - ③経路変更回数によりセグメント化する(モデル3)。
- モデルの推定に当たっては、予測される行動規準を考慮に入れ、図-3の①及び②に属する被験者のデータは利用しない。

以下に、上述した3タイプのモデル式を示す。

モデル1

$$y^{n+1} = \alpha_1 + \beta_1 x_0^n + \gamma_1 x_1^n + \delta_1 x_2^n + \varepsilon_1 \quad (1)$$

(n=3, 4, ..., 20)

モデル2

$$y^{n+1} = \alpha_2 + \beta_2 x_0^n + \gamma_2 x_1^n + \delta_2 x_2^n + \eta_2 d_1 + \theta_2 d_2 + \varepsilon_2 \quad (n=3, 4, \dots, 20) \quad (2)$$

モデル3

式形は、モデル1と共通である。

モデル3-1: グループ1に属する被験者に対応

モデル3-2: グループ2に属する被験者に対応

モデル3-3: グループ3に属する被験者に対応 とする。

ここに、

$$y^{n+1} = \hat{y}^{n+1} - t_s^n,$$

$$x_k^n = \hat{x}_k^{n-k} - t_s^{n-k} \quad (k=0, 1, 2),$$

d_1 : 被験者がグループ1に属する時1、それ以外0

d_2 : 被験者がグループ2に属する時1、それ以外0

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \theta$: 定数パラメータ,

ε : 誤差項。

(2) モデルの推定

今回の様にパネルデータを利用してモデルを推定す

表-6 旅行時間予測モデル

推定ケース	モデルの推定パラメータ						サンプル数	MSE
	α	β	γ	δ	η	θ		
実験A								
1 基本	0.453 (24.7)	0.511 (161)	0.073 (24.5)	0.034 (11.1)	—	—	954	0.3402
2 ダミー変数	1.939 (41.2)	0.534 (232)	0.087 (37.6)	0.047 (20.4)	-2.132 (-17.7)	-1.508 (-59.7)	954	0.3390
3-1 グループ1	-0.044 (-6.13)	0.971 (162)	0.087 (46.3)	0.116 (70.9)	—	—	324	1.0101
3-2 グループ2	0.825 (24.9)	0.784 (205)	0.135 (30.4)	0.013 (5.51)	—	—	378	0.8611
3-3 グループ3	1.364 (15.6)	0.374 (26.2)	0.016* (1.13)	0.041 (3.16)	—	—	252	1.0034
実験B								
1 基本	0.984 (1.967)	0.455 (1.468)	0.101 (2.967)	-0.022 (-9.968)	—	—	1332	1.5781
2 ダミー変数	1.486 (158)	0.465 (1.680)	0.110 (3.367)	-0.015 (-5.555)	-0.852 (-27.2)	-0.529 (-24.2)	1332	3.0573
3-1 グループ1	0.538 (7.42)	0.513 (29.6)	0.056 (4.90)	-0.018* (-1.04)	—	—	252	1.0030
3-2 グループ2	0.780 (38.0)	0.388 (145)	0.113 (45.0)	-0.026 (-10.6)	—	—	684	0.4707
3-3 グループ3	1.879 (33.5)	0.558 (127)	0.111 (26.1)	-0.003* (-0.83)	—	—	396	0.8196

*:有意水準1%で非有意

る場合、同一人の繰り返しの選択であるため誤差項に相関がある。そのため、誤差構造をParksの方法を用いて仮定し、最小自乗法により推定した。計算の手法については、ここでは割愛するので、詳細については参考文献7)、8)及び9)を参照のこと。

モデル1、2及び3のパラメータの推定結果を、表-6に示す。推定されたモデルのMSE(残差平均平方)の値は最大でも3以下であり、推定精度に関しては問題は無いと思われる。各推定ケースに共通して、旅行時間を予測するメカニズムにおいては、利用可能な走行経験の中でも特に最近過去の走行経験の効果が最も強く、より以前の走行経験の影響は、時間に関して、指数的に減少するということが分かる。定数項 α はドライバーが安全を見込んで取る余裕時間(safety margin)と考えることが出来ることは以前にも述べた。モデル2の α 及びダミー変数のパラメータ η, θ 、モデル3の α の値より、経路変更回数の少ないグループに属する被験者の余裕時間が最も小さく、経路変更回数が多くなるほど、余裕時間を安全側にとることが分かる。経路変更回数の大きいドライバーは、安全志向型のドライバー、あるいは、予測精度の低いドライバーであると考えられる。走行経験に関するパラメータ β, γ, δ の値に注目すると、経路変更回数の少ないグループは、パラメータの値が他のグループと比較しても小さく、旅行時間を予測する際の走行経験の影響が小さい、つまり、積極的に走行経験を利用して旅行時間を予測しないドライバーを代表していると考えられる。ただし、旅行時間の予測機構と経路選択行動のいずれが原因でいずれが結果かは、それが相互に作用していると考えられるため、さらに検討を要する。

表-7 (a) 推定値と実測値の相関

推定ケース	サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値	相関係数 ^{*1}	
実験A							
実測値	954	0.111	6.294	-36.0	92.0		
1 基本	推定値	954	-0.063	3.386	-13.8	30.3	0.555
2 タイム変数	推定値	954	0.061	3.499	-14.9	32.2	0.563
3 グループ別	推定値	954	0.115	3.748	-20.6	47.7	0.604
実験B							
実測値	1332	0.056	4.472	-20.0	20.0		
1 基本	推定値	1332	0.069	2.820	-9.8	8.2	0.607
2 タイム変数	推定値	1332	0.092	2.650	-9.5	8.1	0.612
3 グループ別	推定値	1332	0.077	2.887	-11.2	8.1	0.622

*1: Pearsonの積率相関係数

表-7 (b) 推定値と実測値の相関 (モデル3)

推定ケース		サンプル数	平均	標準偏差	最小値	最大値	相関係数*1
実験A							
3-1 グループ1	実測値	324	0.380	5.414	-24.0	51.0	
	推定値	324	0.320	2.846	-10.3	19.5	0.598
3-2 グループ2	実測値	378	-0.116	7.200	-36.0	92.0	
	推定値	378	-0.250	5.055	-20.6	47.7	0.710
3-3 グループ3	実測値	252	0.107	5.887	-34.0	51.0	
	推定値	252	0.400	2.050	-7.8	5.9	0.364
実験B							
3-1 グループ1	実測値	252	0.147	5.041	-15.0	13.0	
	推定値	252	0.212	3.303	-8.0	7.8	0.694
3-2 グループ2	実測値	684	0.076	3.907	-17.0	20.0	
	推定値	684	0.052	2.357	-6.5	6.8	0.576
3-3 グループ3	実測値	396	-0.038	4.985	-20.0	12.0	
	推定値	396	0.034	3.394	-11.2	8.1	0.661

*1: Pearsonの積率相関係数

構築したモデルの内部妥当性（実験データの再現性）について検討するための1つの指標として、実測値とモデルによる推定値との相関を調べた。表-7 (a) 及び (b) にその結果を示す。各ケースの最大値、最小値及び標準偏差に着目すると、実測値の存在範囲の方が推定値の範囲より大きいことが分かる。このモデルは、平均値周辺の予測には適しているが、平均値から大きく隔たった値については、予測できないことを示している。推定値と実測値の相関係数に着目すると、その傾向としてグループ別モデル（モデル3）の実験データの内部妥当性が高く、次いでモデル2が高いことが分かる。モデル3のみに注目すれば、内部妥当性が最も高いのは実験Aではグループ2であり、実験Bではグループ3である。いずれも、旅行時間予測時に過去の走行経験が及ぼす影響が最も大きいグループである。特に、前々回の選択経路の走行経験の影響も、比較的大きいことがパラメータの値より分かる。実験Aのグループ3を除けば、ある程度のモデルの再現性が認められ、これらのグループに関しては、本研究で仮定した旅行時間予測機構及びそのモデル式が内部妥当性を有すると考えられる。

6. 終わりに

今回の検討を通して得られた知見を以下に示す。

- ① 実験内で観測された被験者の経路選択行動と実際の交通行動のパターンは個々の被験者に注目した場

合、1対1には対応していない。しかし、実験結果全体では、それは実際の交通行動の多様性を記述していると考えられる。

- ② 旅行時間を予測する際の過去の走行経験の効果は時間とともに指数的に減少する。

- ③ 経路選択行動類型ごとに旅行時間予測機構は異なるが、多くのグループで共通して、過去の走行経験を利用して予測を行っていることが分かる。

今後の課題としては、次の点が挙げられる。

- ① 今回推定した予測モデルに基づいた経路選択行動モデルを構築し、シミュレーションを行う。モデルの中に情報の効果を取り込む工夫をする。
- ② 外部妥当性について検証可能な経路選択実験を考案する。
- ③ 旅行時間予測に積極的でないドライバーの経路選択行動メカニズムについて検討する。

本研究は、情報提供とドライバーの交通行動の相互関係を分析するための大きな枠組みの一部であり、今後実験とシミュレーションを繰り返し行い、相互に補完し、冒頭に示した目標の達成を目指すものである。

【参考文献】

- 1) Arnott, R., de Palma, A. & Lindsey, R. : Does Providing Information to Drivers Reduce Traffic Congestion?, preprints of Transpn. Res. Board 69th Annual Meeting, 1990.
- 2) Horowitz, J.L. : Travel and Location Behavior: State of the Art and Research Opportunities, Transpn. Res., Vol.19A, pp.441-453, 1985.
- 3) 木下栄蔵・佐佐木綱・平田 卓: 階層分析法による高速道路の交通経路選択特性の評価, 高速道路と自動車, Vol.31, No.11, pp.16-24, 1988.
- 4) 森川高行: ステイティッド・プリファレンス・データの交通需要予測モデルへの適用に関する整理と展望, 土木学会論文集, No.413/IV-12, pp.9-18, 1990.
- 5) Kroes, E.P. & Sheldon, R.J. : Stated Preference Methods: An Introduction, Journal of Transport Economics & Policy, Vol.22, No.1, pp.11-25, 1988.
- 6) 例えば、藤原章正・杉恵頼幸: 選好意識データに基づく交通手段選択モデルの信頼性, 土木計画学研究・論文集, No.8, pp.49-56, 1990.
- 7) Iida, Y., Uchida T. and Uno N. : Dynamics of Route Choice Behavior Considering Traveler's Experience, International Conference on Travel Behaviour 6th, Québec, 1991.
- 8) 飯田恭敬・内田 敬・宇野伸宏: 通勤者の旅行時間予測機構に関する実験分析, 土木計画学研究講演集, No.13, pp.335-342, 1990.
- 9) Parks, R.W. : Efficient Estimation of a System of Regression Equations When Disturbances Are Both Serially and Contemporaneously Correlated, Journal of American Statistical Association, Vol.62, pp.500-509, 1967.