

認知旅行時間の環境適応プロセスに関する理論実証研究*

*A theoretically and empirical study of adjusting anticipated travel times to a new environment **

藤井 聡**, 中野雅也***, 北村隆一****, 杉山守久*****

Satoshi Fujii**, Masaya Nakano***, Ryuichi Kitamura**** and Morihisa Sugiyama*****

1. 研究目的

個人の交通行動は、その個人が主観的、認知的に形成している旅行時間（以下、認知旅行時間と呼称する）に基づいている。この認識から、従来においても、認知旅行時間を所与とした交通行動モデルが開発されてきた¹⁾。一方で、認知旅行時間そのものに関しても、室内実験によっていくつかの知見が重ねられてきている^{2), 3), 4)}が、実際の交通環境での認知旅行時間に関しては、いくつかの例外を除いて^{5), 6)}、実証的な知見が積み重ねられているとは言い難い。

本研究は、認知旅行時間についての実証的な知見が交通計画に大きな意味を持つ可能性があるとの認識のもと、実際の運転者の認知旅行時間に関してのデータを分析する。分析にあたっては、環境の変化に伴って生じる新しい交通状況への認知旅行時間の適応プロセス（以下、環境適応プロセス）に焦点をあてる。これは、交通政策を的確に評価するためには環境変化に伴う運転者の環境適応プロセスの分析が不可欠であると考えたからである。交通政策とは新しい交通環境を創出する行為であり、人間の行動や、その根底にある認知状態に時間的な連続性が存在する以上、新しい交通環境の認知や行動の環境適応プロセスを理解せずして、交通政策の人間への影響を理解することは不可能であろう。

認知旅行時間の環境適応プロセスに少なからずの影響を及ぼしているのは、交通状態についての情報や実走行経験の取得であろう。その影響がいかるものであるかを理解すれば、情報提供方策を中心とした交通政策が個人の交通行動に及ぼす影響を、より深く理解することができるだろう。この認識から、本研究では、認知旅行時間が、情報の取得を通じて新しい交通環境に適応するプロセスに関する理論仮説を提案し、これを実際の交通環境における認知旅行時間データに基づいて実証的に検定する。

2. 認知旅行時間の環境適応プロセスに関する理論仮説^[1]

本研究では、「状態依存」と「予測能力」の存在を前提とした、認知旅行時間の環境適応プロセスについての2つの仮説、「情報影響仮説」「経験優越仮説」を提案する。

(1) 状態依存と予測能力

何らかの心理的状态や行動形態の動的な変遷プロセスを考える場合、それが連続的に変化するものである以上、任意の近接する2時点間の状態同士が無関係であるとは考えがたい。一般に、このような時点間の状態の関連性は、状態依存 (state dependence) と呼ばれている^{7), 8)}。本研究でも、認知旅行時間に関する状態依存の存在を仮定し、ある日の認知旅行時間と前日の認知旅行時間との間には関連性が存在するものと考えられる。

一方、認知旅行時間を形成する際、運転者は実旅行時間にできるだけ近いものを予想しようという意志を持つことは間違いない。ただし、意思決定者に利用可能な情報もその情報に基づいた判断能力も限られたものであるため、的確な予測は当然ながら保証されない。本研究では、より正確な予測を可能とする能力を、予測能力 (predictability⁹⁾) と呼称する。そして、運転者は、少なくとも、いくつかの予測能力を持つ存在であるものと仮定する^[2]。

(2) 情報影響仮説

環境変化に伴う、認知旅行時間の環境適応プロセスにおいて、外部から入手する交通状態や所要時間についての情報（例えば、ラジオ放送、テレフォンサービス、あるいは、実走行経験、等）が重要な役割を果たすことは想像に難くない。情報を多く入手すれば、よりの確な予測が可能となるものと考えられ、予測能力が向上するものと考えられる。一方で、新たな情報を所有している場合には、認知旅行時間を形成するにあたって、過去の値を参考にする（あるいは頼りにする）必要性が低下するものと考えられる。あるいは、新たな情報が無ければ、過去の認知旅行時間に修正を加える動機が存在しない、とも言えるかも知れない。いずれにしても、情報の取得によって状態依存は低減する傾向にあることが予想される。以上の議論に基づいて、以下の仮説を提案する。

* キーワード: 交通行動分析, 経路選択, 認知旅行時間

** 正会員, 博士(工学), 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻 (京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5136, Fax: 075-753-5916)

*** 正会員, 修士(工学), パシフィックコンサルタンツ株式会社大阪本社 (大阪市淀川区西中島 4-3-24, Tel: 06-6886-8433, Fax: 06-6302-8480)

**** 正会員, Ph.D., 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻 (京都市左京区吉田本町, Tel: 075-753-5134, Fax: 075-753-5916)

***** 正会員, 博士(工学), 阪神高速道路公団計画部 (大阪府中央区久太郎町 4-1-3, Tel: 06-6252-8121, Fax: 06-6252-7414)

表1 通行止め時の交通行動調査 調査項目[†]

1. 個人属性
2. 平常時の通勤行動（通行止め期間の直前日に回答を要請）
 - ①通勤全般（通勤先、勤務先でのフレックス制導入の有無等）
 - ②交通機関別の通勤行動（鉄道、高速道路、一般道路）
利用頻度、利用経路、出発時刻、到着制約時刻、認知旅行時間
3. 通行止め期間中の日々の交通行動（9日間毎日記入を要請）
 - ①当日の実際の行動
 - ・出勤の有無
 - ・利用交通機関とその経路
 - ・（利用交通機関の）出発時刻、到着制約時刻
 - ②出発時における交通状態の認知状況
 - ・利用交通機関の出発時における目的地までの認知旅行時間
 - ・非利用交通機関の出発時における目的地までの認知旅行時間
 - ③当日接触した通行止め工事に関する情報の接触媒体

†：ここでの交通機関とは、公共交通機関、高速道路を利用する自動車、高速道路を利用しない自動車の3つを意味する

情報影響仮説：旅行時間に関連する情報の取得量が増加すれば、予測能力は向上する一方で状態依存は小さくなる。

(3) 経験優越仮説

運転者が所要時間を予測する場合に活用する情報としては、ラジオ、テレビ、テレホンサービス、あるいは新聞等の情報メディアを通して得られる様々なものが考えられるが、最も運転者に豊富で、かつ、的確な情報を与える情報源は「実走行経験」であるものと推測される。なぜなら、少なくとも現在の情報技術では、伝達できる情報の量も質も限定されたものにしか過ぎないからである。本研究では、実走行経験から得られる情報を「経験情報」と呼称し、それ以外の情報を「媒体情報」と呼称する。

運転者が新しい交通環境に遭遇した場合、当然ながら、運転者は、その新しい交通環境における実走行経験（経験情報）を持たず、したがって、媒体情報しか持ち得ない。その場合には、媒体情報が認知旅行時間に及ぼす影響は小さくないものと推測される。しかし、豊富、かつ、的確な経験情報を運転者が所有する場合には、媒体情報が中心的な役割を果たすことは無く、認知旅行時間に媒体情報が及ぼす影響は小さくなるものと思われる。

以上の議論に基づいて、以下の仮説を提案する。

経験優越仮説：経験情報を持たない場合よりも、経験情報を持つ場合の方が、媒体情報が認知旅行時間へ及ぼす影響は弱い。

3. 仮説検定のためのデータ

(1) 調査の概要

以上に提案した情報影響仮説、経験優越仮説を検定するためには、ある程度以上の道路交通環境の変化に直面した複数の運転者を対象として、彼らが新しい交通環境

の下で形成した複数日分の認知旅行時間を観測することが最低限必要とされる。本研究ではこのデータを採取するため、阪神高速道路15号堺線（以下、堺線）全面通行止め期間中（1998年11月1日～8日）の通勤行動調査を行った。調査対象は、普段堺線を週に一回以上通勤で利用している運転者とした。これらの運転者は、通行止めによって新しく現れた交通状況に直面し、通勤トリップの認知旅行時間を、その新しい交通状況に適応させていくことが予想される。

この調査では、被験者募集のために、通行止めの約2週間前の10月15日の通勤時間帯（午前6:00～8:30）に、堺線の料金所（堺本線料金所、住之江入口、玉出入口）にて、被験者募集ハガキを5000枚配布した。ハガキには、対象者が週一回以上堺線で通勤を行う運転者であること、ならびに、調査の趣旨と段取りを明記した。その結果、704名（14.1%）の応募があり、原則として応募者全員に調査票を郵送配布した。

調査期間中には、回収率の向上を目指して、各被験者に調査回答を電話で改めて依頼した。郵送回収票は499部（回収率70.9%）であり、有効票は回収票から数日分のデータが欠損となっている等の理由で無効であった調査票を除いた370部（回収票全体の74.1%）であった。

(2) 観測指標

調査票には、平常時の交通行動および通行止め期間中の日々の交通行動についての質問項目を設けた（表1参照）。

調査に認知旅行時間に関しては、文献2), 5)と同様に、最小何分から最大何分か、という区間を尋ねた。このような表現を用いたのは、曖昧な定量的事象は区間を用いて表現されることが一般的であるためである¹⁰⁾。こうして観測した2つの時間の中央値を、認知旅行時間の観測指標と見なすこととした。以下、ある日 t における認知旅行時間の観測指標を *AnticipatedTime_t* と記載する。ここに、 t は通行止め期間中の自動車通勤日を表す引数である。また、 $t=0$ は、平常時を意味する。なお、認知旅行時間はあくまでも潜在的、心理的なものであり、それを直接的に観測することはできないが、こうして算定される *AnticipatedTime_t* を潜在的な認知旅行時間の大きさ（あるいは、長さ）に関する観測指標と見なすことができる¹¹⁾。

一方、実際に経験した旅行時間は、回答として得られた出発時刻と到着時刻を差し引くことで求めた。以下、ある日 t におけるこの値を *ActualTime_t* と記載する。

媒体情報の取得に関しては、マスメディア、テレホンサービス、口コミ、の3種類の情報媒体を考慮し、それぞれの媒体情報の取得状況に応じた3つのダミー変数を、以下のように定義した。

Mass-Media(t): 通勤日 $t-1$ から通勤日 t の前日までの間にマスメディア（ラジオ、新聞、テレビ）を通じて

表2 サンプルの記述統計

男性	90.2 %	
年齢	M = 42.12	SD = 9.9
ActualTime ₁	M = 71.7	SD = 27.0
ActualTime ₂	M = 67.9	SD = 21.1
AnticipatedTime ₀	M = 67.8	SD = 17.8
AnticipatedTime ₁	M = 77.2	SD = 22.4
AnticipatedTime ₂	M = 72.1	SD = 17.7
Mass-Media(1) = 1	56.1%	
Mass-Media(2) = 1	29.3%	
Telephone(1) = 1	9.8%	
Telephone(2) = 1	4.9%	
Word-of-Mouth(1)	51.2%	
Word-of-Mouth(2) = 1	46.3%	

M = mean, SD = standard deviation

情報を取得していれば1, それ以外0.

Telephone(t): 通勤日 t-1 から通勤日 t の前日までの間に
 テレホンサービスを通じて情報を取得してい
 れば1, それ以外0.

Word-of-Mouth(t): 通勤日 t-1 から通勤日 t の前日までの
 間に口コミで情報を取得していれば1, それ以外0.

なお, 上記において t=1 の場合には, 通勤日 t-1 は,
 通行止め開始初日を意味することとする. また, 調査票
 では, 情報媒体別の取得情報の有無を尋ねているが, 如
 何なる内容の情報であったかは観測していない.

(3) 仮説検定のためのサンプルの特定

本研究で提案した, 新しい交通環境への認知旅行時間
 の適応プロセスに関する2つの仮説を検定するためには,
 少なくとも以下の条件を満たしたデータが必要である:
 条件1) 通行止め期間中に2日以上自動車通勤を行っ
 た, 条件2) 通行止め期間中の自動車通勤初日と自動車
 通勤2日目の利用経路が同じ, 条件3) 通行止め期間中
 の自動車通勤初日と自動車通勤2日目の出発時刻がほぼ
 同じ, 条件4) 仮説に関連する指標に欠損値がない(自
 動車通勤初日と自動車通勤2日目の ActualTime,
 AnticipatedTime および情報媒体の接触ダミー).

ここで, 条件1) が必要なのは, 経験優越仮説で仮定
 されている経験情報の影響を検定するためには, 経験情
 報がある場合と無い場合のそれぞれの認知旅行時間デ
 ータが必要であるためである. 条件2), 条件3) が必要で
 あったのは, 通勤日初日と2日目における経路や旅行時
 刻が著しく異なる場合, そこで形成される認知旅行時間
 を同じ対象について形成されたものと見なすことができ
 ず, したがってその間の変化を「適応プロセス」として
 捉えることが出来ないからである. 最後に, 条件4) は,
 仮説検定のためには当然ながら必要である. 以上の4つ
 の条件を全て満足するサンプルは, 本調査での有効サン
 プル370のうち, わずか41サンプルであった.

なお, 仮説検定のためには, 2時点データよりも, 3
 時点, あるいはそれ以上のパネルデータを用いることも

考えられるが, その場合はさらに厳しい条件でサンプル
 を特定することが必要であり, サンプル数がさらに減少
 する. そのため, 本研究では, 2時点データを用いて仮
 説の検定を行うことにする. 表2に, 41サンプルの属性,
 および, 認知旅行時間等についての観測値の記述統計を
 示す. ここで示されているサンプルの年齢平均, 性別構
 成は, 同年に阪神高速道路利用者を対象としたより大規
 模な調査(サンプル数4094名)での属性構成(年齢平均
 42.7才, 男性割合91.0%)とほぼ同じであり, このサン
 プルには大きな偏りは無いことが推測される.

(4) 仮説検定のためのサンプルについて

交通需要予測を目的とした交通行動モデルや認知モ
 デルを推定する場合, 41程度のサンプルでは, 信頼性の
 高いモデルを期待することなど, まず無理である. しか
 し, 本研究の狙いは, 全ドライバーの平均的な認知旅行
 時間の大きさや, 観測可能な要因が認知旅行時間に及ぼ
 す平均的な影響の強さを求めることではない. ましてや,
 需要予測のためのツールを構築することでもない. あく
 までも, 本研究の目的は, 前章で理論的に提案した「情
 報影響仮説」と「経験優越仮説」の検定にある.

もしも, 何らかの理論仮説が正しいのならば, それら
 はいかなる状況においても, また, いかなる個人に対
 しても, 普遍的に成立していなければならない. したが
 って, もし, 本研究で提案する両理論仮説が正しいのなら
 ば, 上述の41サンプルにおいてさえ, 通用しなければならない.

そして, 仮説検定において最も重要な結果は, その理
 論仮説が反証されることにある. たかだか41サンプルの
 検定で理論仮説の妥当性を証明することは不可能である
 が, たかだか41サンプルのデータがその理論を支持しな
 かっただけでも, その理論を棄却することができる. し
 たがって, わずかなサンプルではあるものの, 本研究で
 提案する仮説が妥当では無いことが示されたのならば,
 その結論は受け入れられるべきである. ただし, 結
 論の蓋然性を高めるためには, 本稿に示した実証分析に
 加えて, 様々な条件の下で得られたデータを用いた検証
 を繰り返すことが必要であることは言うまでもない.

4. 構造方程式モデルを用いた仮説検定方法

本研究では, 前節で述べたデータに基づき, 統計モデ
 ルとして構造方程式モデルを活用した仮説検定を行う.

(1) 状態依存・予測能力の検定方法

情報影響仮説と経験優越仮説のいずれもが, 状態依存
 の強弱, および, 予測能力の高低と, 情報(経験情報,
 および媒体情報)の取得との関係を記述するものである.
 したがって, これらの仮説を実データに基づいて検定す
 るためには, 状態依存と予測能力を反映した統計指標を

定義することが必要である。

まず、二時点の認知旅行時間の状態依存の強度は、それらの間の相関の強さに反映しているものと考えられる。したがって、時点間の認知旅行時間の相関が大きい場合には、強い状態依存が存在するものと考えることができ、逆もまた然りである。一方、予測能力の高低は、予測値（認知旅行時間）と実際値（実旅行時間・経験旅行時間）との相関に反映するものと考えられる。すなわち、予測値と実際値との相関が高い場合には、高い予測能力が存在するものと考えることができ、逆もまた然りである。

以上まとめると、時点 t での認知旅行時間 $AnticipatedTime_t$ は、過去の認知旅行時間 $AnticipatedTime_{t-1}$ とその時点 t における実旅行時間 $ActualTime_t$ の各々と相関しており、 $ActualTime_t$ の効果を除去した $AnticipatedTime_t$ と $AnticipatedTime_{t-1}$ との間の偏相関係数 Sd を状態依存の強度を反映した指標として、逆に $AnticipatedTime_{t-1}$ の効果を除去した $AnticipatedTime_t$ と $ActualTime_t$ との間の偏相関係数 Pa を予測能力の高低を反映した指標として捉えることができる。この偏相関係数 Sd , Pa は、以下の回帰式を推定することで得られる。

$$AnticipatedTime_t = Sd \cdot AnticipatedTime_{t-1} + Pa \cdot ActualTime_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

ここに、 ε_t は誤差項である。

すなわち、式(1)に示した回帰モデルに基づいて、異なった条件別（例えば、情報取得あり/なし別、等）の Sd , Pa を推定し、それらの差を検定することで、各条件が状態依存と予測能力に及ぼす影響を検定することができる。

(2) 仮説検定のための構造方程式の定式化

本研究では、以上に述べた方法に基づいて、情報取得が状態依存と予測能力に及ぼす影響を推定し、この影響が情報影響仮説、経験優越仮説に一致するか否かを調べることで、検定を行う。そのために、以下の構造方程式を定式化した。

$$\begin{aligned} AnticipatedTime_1 &= AnticipatedTime_0 \{sd_1 + is_{M,1} Mass-Media(1) \\ &\quad + is_{T,1} Telephone(1) \\ &\quad + is_{W,1} Word-of-Mouth(1)\} \\ &\quad + ActualTime_1 \{pa_1 + ip_{M,1} Mass-Media(1) \\ &\quad + ip_{T,1} Telephone(1) \\ &\quad + ip_{W,1} Word-of-Mouth(1)\} \\ &\quad + \varepsilon_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AnticipatedTime_2 &= AnticipatedTime_1 \{sd_2 + is_{M,2} Mass-Media(2) \\ &\quad + is_{T,2} Telephone(2) \\ &\quad + is_{W,2} Word-of-Mouth(2)\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ ActualTime_2 \{pa_2 + ip_{M,2} Mass-Media(2) \\ &\quad + ip_{T,2} Telephone(2) \\ &\quad + ip_{W,2} Word-of-Mouth(2)\} \\ &+ \varepsilon_2 \end{aligned} \quad (2)$$

ここに、 ε_1 , ε_2 は互いに独立な誤差項である。そして、式(1)に定義した Sd および Pa は、3種類の情報取得ダミーと以下のパラメータの線形結合という形で表現されている。なお、以下の説明では、通勤日を意味する引数（1および2）を割愛する。

sd : 媒体情報が全くない場合の、状態依存の強度。

pa : 媒体情報が全くない場合の、予測能力の高さ。

is_M , is_T , is_W : それぞれ、マスメディア、テレホンサービス、口コミが状態依存の強度に及ぼす影響の程度。

ip_M , ip_T , ip_W : それぞれ、マスメディア、テレホンサービス、口コミが予測能力の高低に及ぼす影響の程度。

例えば、マスメディアが状態依存や予測能力に影響を及ぼしているか否かは、 is_M および ip_M が0であるという帰無仮説の下での t 検定によって、検定することができる。また、情報が全くない場合でも状態依存や予測能力があるか否かは、 sd および pa が0であるとの帰無仮説の下での t 検定によって、検定することができる。

なお、各々のパラメータは、変数同士の積の係数という形で推定できる（例えば、 $ip_{M,2}$ は $ActualTime_2 \times Mass-Media(2)$ の係数である）。

5. 推定結果とその解釈

推定結果を表3に示す。また、通行止め期間中の最初の自動車通勤ではいずれの運転手も経験情報を所持していないが、2日目の自動車通勤ではそれを所持している。したがって、両日における各パラメータ値の差異は、経験情報の取得が各パラメータに及ぼした影響と見なすことができる。表3には、その両日間のパラメータの差異も合わせて掲載した。

(1) 情報影響仮説の検定結果

情報の取得が、予測能力を向上させる一方で、状態依存を低下させることを主張する情報影響仮説は、媒体情報に関してはそれぞれの情報媒体のパラメータ is と ip から、経験情報に関しては sd と pa の初日と2日目の差異で検定することができる。

まず、 sd の初日と2日目の差異が有意に負 ($t = -2.45$, $p < 0.05$)、 pa の初日と2日目の差異が有意に正 ($t = 2.02$, $p < 0.05$) となったが、これらは経験情報の取得によって

表3 推定結果

	パラメータ名	通行止め期間中 最初の自動車通勤 の認知旅行時間 ^{#1} (AnticipatedTime1)		通行止め期間中 2回日の自動車通勤 の認知旅行時間 ^{#1} (AnticipatedTime2)		経験情報の取得効果 (通勤H初Hと2H日の 各パラメータの差) ^{#2}	
		推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
予測 能力	<i>pa</i>	0.18	1.10	0.57	6.47 ****	0.38	2.02 **
	<i>ip-M(Mass-Media)</i>	0.63	2.64 **	0.43	1.98 **	-0.20	-0.63
	<i>ip-T(Telephone)</i>	1.00	2.26 **	-0.28	-0.57	-1.28	-1.93 *
	<i>ip-W(Word-of-Mouth)</i>	-0.53	-1.51	0.28	2.08 **	0.81	2.15 **
状態 依存	<i>sd</i>	0.80	3.57 ****	0.22	2.91 ***	-0.58	-2.45 **
	<i>is-M(Mass-Media)</i>	-0.78	-3.07 ***	-0.36	-1.55	0.42	1.20
	<i>is-T(Telephone)</i>	-1.39	-2.30 **	0.39	0.59	1.78	2.00 **
	<i>is-W(Word-of-Mouth)</i>	0.71	2.02 **	-0.32	-1.92 *	-1.03	-2.64 **
重相関係数		0.74		0.81			

Sample size = 41

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, **** $p < 0.001$ ^{#1} LISREL 8 を用いて推定.^{#2} #1 の推定結果から算定

状態依存が低下する一方で、予測能力が向上することを意味しており、情報影響仮説に一致している。

次に、マスメディア、テレホンサービスを媒体とする情報の影響に着目する。まず、初日に関しては、両媒体とも、*is* が有意に負（それぞれ、 $t = -3.07$, $p < 0.01$; $t = -2.30$, $p < 0.05$ ）、*ip* が有意に正（それぞれ、 $t = 2.64$, $p < 0.05$; $t = 2.26$, $p < 0.05$ ）となっており、経験情報と同様に、情報影響仮説に一致する結果となった。2 日目に関して有意な推定値が得られたのは、マスメディアが予測能力に及ぼす正の効果のみであった。この結果は、情報影響仮説の予想と一致しているが、それ以外の効果（マスメディアが状態依存に及ぼす効果、および、テレホンサービスが状態依存と予測能力に及ぼす効果）は、有意ではなかった。この様に、2 日目では情報影響仮説に一致した有意な結果が得られなかったのだが、この結果は、経験情報の取得が媒体情報の効果を低減させることを仮定する経験優越仮説に一致するものでもある。この点については、後ほど再び触れる。

最後に、口コミ情報について述べる。まず、2 日目に着目すると、*is* が概ね有意^[4]に負（ $t = -1.92$, $p < 0.1$ ）、*ip* が有意に正（ $t = 2.08$, $p < 0.05$ ）であり、これも情報影響仮説に一致した結果となった。ただし、初日については、*is* が有意に正（ $t = 2.02$, $p < 0.05$ ）、*ip* が有意ではないものの負（ $t = -1.51$, 非有意）と、情報影響仮説とは逆の結果が得られた。これらの結果は、何を意味するのであろうか？一つ考えられる尤もらしい理由は、以下のようなものである：「通行止めの初期では、通行止めという新しい交通環境条件下での走行経験を誰も所持しておらず、したがって、通勤初日までに交換される口コミ情報には様々な憶測やバイアスが含まれており、その信頼性は乏しかった。一方、通行止めの2 日目では、多くの個人が実走行経験を持っており、したがって、口コミ情報の信頼性が高かった。これらのことから、信頼性の高い2 日

目では、口コミ情報は予測能力を高め、状態依存を低下させる効果を持ったが、初日ではそのような効果が得られなかった」。この推測の真偽の程を、本調査で得られたデータのみから断定することはできないが、いずれにしても、本研究で提案している情報影響仮説は、取得情報にある程度の信頼性・正確性が備わっていることを前提とした仮説であることから（そうでなければ、情報取得が予測能力の向上を促すとは到底考えられない）、この憶測の妥当性は高いものと考えられ、したがって、この結果をもって、情報影響仮説を棄却することは難しいものと考えられる。

(2) 経験優越仮説の検定結果

経験優越仮説は、情報影響仮説が仮定するところの媒体情報の影響が、初日に比べて2 日目の方が小さいことを主張する。この仮説は初日において情報影響仮説が成立することを理論的前提としており、したがって、初日において情報影響仮説が成立していない情報媒体に関しては、経験優越仮説は意味をなさない。既に述べたように、初日ではマスメディア、テレホンサービスについて情報影響仮説が成立していたが口コミ情報については成立していない。したがって、経験優越仮説の成立が理論的に要請されるのはマスメディアとテレホンサービスのみである。

経験優越仮説は、パラメータ *is* および *ip* で表される媒体情報が状態依存と予測能力に及ぼす影響の強度が、初日に比べて2 日目の方が0 近いことを予測する。初日、および、2 日目のテレホンサービスとマスメディアの *is* および *ip* に着目すると、初日におけるパラメータは全て有意である（かつその符号は、前節で見たとおり仮説に一致している）一方で、2 日目におけるパラメータは、マスメディアが予測能力に及ぼす正の影響以外、全て有意ではない。さらに、初日と2 日目の各パラメータの変

化量に着目すると、テレホンサービスの ip は概ね有意に減少 ($t = -1.93, p < 0.1$), is は有意に増加 ($t = 2.00, p < 0.05$) しており、これも経験優越仮説に一致する。マスメディアに関しては、 ip と is の変化量のそれぞれは有意ではないものの、その変化の方向はいずれも情報優越仮説の予測に一致する ($t = -0.63$, 非有意.; $t = 1.20$, 非有意)。

以上の結果をまとめると、「経験情報を持たない初日には、媒体情報が状態依存と予測能力に与えるインパクトが存在しているものの、経験情報を取得した後の2日目では、それらのインパクトは消失した(テレホンサービスの is と ip , ならびにマスメディアの ip)、あるいは、減少した(マスメディアの is)」と言うことができる。この結果は、経験優越仮説を支持している。

(3) 取得情報がない場合の状態依存と予測能力

以上の仮説検定に加えて、媒体情報、経験情報が共に一切ない場合の予測能力と状態依存に関して述べる。これらの存在は、それぞれ自動車通勤初日におけるパラメータ pa と sd の検定によって、調べることができる。推定結果より、予測能力の存在は棄却されたが ($t = 1.10$, 非有意), 状態依存に関しては、その存在が支持された ($t = 3.57, p < 0.001$)。この結果は、一切情報を持たない場合には、正確に旅行時間を予測することが難しく、したがって、通行止めによって交通状態に大きな変化があることが自明であるにも関わらず、過去の認知旅行時間を頼りにした予測をせざるを得なかったことを意味しているものと解釈できる。

6. 考察

(1) 情報影響仮説・経験優越仮説の意義

本研究で示した実証分析は、情報影響仮説と経験優越仮説の理論的妥当性を支持するものであった。また、マスメディア、テレホンサービスに関しては両仮説の予測と一致する検定結果が得られたが、口コミ情報が両仮説の予測と一致しなかった。このことは、両仮説が成立するためには取得情報にある程度の信頼性・正確性が存在することが不可欠であることを、傍証する結果であると考えられる。

さて、情報影響仮説は、交通行政者が何らかの媒体を通じて情報を提供することが、個人の認知に影響を及ぼしうることを保証している。したがって、本研究の結果は、情報提供が個人の認知、ひいては、認知に基づいて行われる交通行動に影響を及ぼしうることを、従来の研究で示されていた知見^{2), 3), 11), 12), 13), 14)}と同様、改めて確認するものであったと言える。情報の影響の存在そのものに関しては、従来より繰り返し示されてきた点であるが、本研究の貢献は、経験情報、媒体情報を問わず、情報が予測能力(あるいは、予測上の合理性⁴⁾)を高め、状態依存を低減させるものである、という認知的な因果構造を

明らかにした点である。

そして、交通施策を考える上で重要となるであろう、本研究で示された特筆すべき知見は、経験優越仮説の成立である。経験優越仮説によれば、情報が認知に及ぼす影響は経験情報の取得によって低減する。この仮説は、以下の2つの側面を持つ。まず第一の側面は、「経験を持たない運転者に情報を提供することで、認知、ひいては、それに基づく行動に、交通行政者が影響を及ぼすことが可能である」、というものである。このことから、無知な運転者が多い観光地や休日の都心での交通網では、情報提供が非常に重要な政策であることが演繹される。それに加えて、レンタカーや走行経験の乏しい運転者が利用する自動車における車載式情報システムの有効性が高いものであることも意味している。一方、第二の側面は、走行経験を持つ運転者に対しては媒体情報は影響を及ぼさず(あるいは及ぼしてもその影響は小さく)、したがって交通行政者が運転者の認知と行動に影響を及ぼすことは困難である、というものである。このことは、高度情報システムの導入が、交通網の有効利用に効果的である、という情報影響仮説から演繹される見通しが、実は楽観的なものにしか過ぎないという可能性を示している。

情報提供政策の非有効性を表す従来の実証的研究としては、Boe et al.¹⁵⁾、および、Verplanken et al.¹⁶⁾によるものが挙げられる。これらの研究では、経験の蓄積、あるいは、習慣強度の向上が、意思決定の際に採用する情報の取得量を低減させることを、実証的に示している。このことは、情報を交通行政者が何らかの方法で提供したとしても、走行経験を十分に持つ運転者は、その情報に触れない¹⁵⁾、あるいは、知覚しても注意を向けない¹⁶⁾ことを意味している。このことだけでも、情報提供政策の非有効性を示す結果であるとも言えるが、本研究で示した経験優越仮説は、経験を持つ運転者が低い取得可能性にも関わらず媒体情報を取得したとしてもその取得情報が認知に及ぼす影響は小さい、ということの意味している。すなわち、本研究の実証分析は、媒体情報の影響は、従来の研究で示されていたよりもさらに小さなものであったことを示唆している。

以上の議論は、走行経験の有無が、媒体情報の効力を規定する決定的要因であることを意味している。情報提供方策の効果的な運用を検討するためには、運転者の走行経験の有無を考えたマーケティング戦略が不可欠であると言えるであろう。

(2) 主観的な経験情報の有無

ある道路区間の経験情報を持っていたとしても、経験時点以後に当該道路区間の交通状況が変化したと認識している運転者は、新しい交通状況に関する経験情報を持っていない、と自認しているかも知れない。その場合、この運転者が媒体情報を取得したならば、その効果は決して小さくはないだろう。すなわち、媒体情報の認知へ

の影響を考える場合に重要となるのは、客観的な経験情報の有無ではなく、主観的な経験情報の有無（走行経験を持つという自認の有無）である。したがって、例えば、情報提供をする際に、「貴方の持っている経験情報は既に過去の交通状態のものにしか過ぎない」ということを運転者に説得できるのならば、その媒体情報が認知に及ぼす影響が高くなる可能性がある。走行経験所持の認知にはどのような心理要因が影響し、どのような政策変数が影響しているのか現時点では不明であり、さらなる理論実証研究が必要である。この点が解明されれば、より効果的な情報提供方策を模索することができるだろう。

(3) 認知旅行時間の形成と変化に関する一考察

検定結果より、媒体情報、経験情報を共に一切持たない無知な状態では、通行止めによって交通状態に大きな変化があることが自明であるにも関わらず、過去と現在の認知旅行時間の間には状態依存が存在することが示された。このことは、情報が不足している場合には、交通状態の変化している事実を認識していたとしても、認知旅行時間はあまり変化しないことを意味している。

ここで、例えば、京阪神や東京都市圏等の広域な道路網を、長年、通勤や自由目的等で頻繁に利用している運転者を想像してみよう。人間はいかなる状況においても、習慣を形成し、過去の経験を繰り返すという傾向を持っている^{17), 18)}。したがって、この運転者が選択する道路区間には必ずと傾向が存在しているはずであり、そのために、一度あるいは数度足らずしか利用したことの無い道路区間が数多く存在するものと思われる。そして、有限な情報処理能力¹⁹⁾しか持たない運転者が、数度以下しか利用した経験のない全ての道路区間についての情報を逐一持っているとも考えがたい。また、当該交通網における交通状態は、長い歳月の間には、道路整備や土地利用の変動に応じて、変化していることは容易に推測されう

る。以上の様な常識的な、そして、既往の認知心理学¹⁹⁾、社会心理学^{17), 18)}の知見にも一致する状況を想像した上で、本研究で得られた「一旦形成された認知旅行時間は、情報取得がない以上は、交通状態が変化して旅行時間が変化していることが自明であったとしても、あまり変化しない」という知見が持つ意味を考えてみよう。まず第一に考えられ得ることは、高頻度に同じ道路網を長年の間運転し続けている運転者を想定したとしても、小林らが主張する合理的期待形成仮説（十分な経験によって運転者の期待が実現値に一致する）^{4), 20)}における「十分な経験」が、なされていない道路区間が数多く存在する、ということである。このことから、熟年運転者と学習による効果の双方を考慮したとしても、現実の道路網における利用者均衡仮説の蓋然性は低い、という推論を導くことができる。

第二に、たまたま一度（あるいは、数度）だけ利用し

たことによる走行経験が、長年に渡って、認知旅行時間を決定付けている道路区間が少なからず存在する、ということも考えられる。この推察に一致する知見は、中山らによる仮想状況下のシミュレーション分析²¹⁾においても、Friman et al.²²⁾による初期的交通経験がその後の意識に及ぼす影響に着目した実証研究においても得られており、この推論の現実的妥当性は、決して低いものではないと考えられる。

7. 結論

本研究では、理論的な考察から、新しい交通環境における認知旅行時間の環境適応プロセスに関する2つの仮説（情報影響仮説、経験優越仮説）を提案し、これらを、阪神高速道路堺線の通行止め期間中の通勤運転者の認知データに基づいて検定した。その結果、データは、この両仮説の成立を支持するものであった。その結果を受けて、本研究では、6. (1)にて1) 情報提供方策を検討するためには、運転者の経験の有無を考慮したマーケティング戦略が必要であること、2) そのためには、運転者の主観的な経験の有無に関する分析が有効であること、を述べた。さらに6. (3)では、本研究で得られた実証的知見、ならびに、既往の実証的知見とシミュレーション分析結果に基づいて、広域な道路網を長年頻繁に利用している運転者を想定した簡単な考察から、3) 旅行時間に関する合理的期待が成立しているとは考えがたいこと、4) 利用者均衡が成立しているとは考えがたいこと、5) たまたま得られた走行経験が、認知旅行時間に決定的な影響を及ぼしうること、の3つの推論を演繹した。

今後、提案する両仮説の蓋然性を高めるためには、更なるデータ分析が必要とされていると共に、本研究の議論で導いたいくつかの推論の妥当性を追認するためにも、更なる実証分析が必要である。しかし、いずれにしても、「個人の認知」が行動の根底に横たわるものであることが間違いない以上、個人の行動の集積として現れる交通現象を対象とした交通計画を検討するためには、個人の認知に焦点をあてた理論的、実証的分析、ならびに、それらに基づいた政策議論を展開することが、工学上、非常に有益な一アプローチとなり得るものと考えられる。

謝辞：本研究での調査の遂行、ならびに、資料収集については、阪神高速道路公団大阪管理部に全面的なご協力を頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

注

- [1] ここで述べる理論的仮説やその検定方法の詳細については、文献23)も合わせて参照されたい。
- [2] 以上の議論は、「認知旅行時間についての本質的合理性¹⁹⁾は存在するものの、それは限定されたものである。すなわち、本研究では、認知旅行時間についての限定された本質

的合理性(bounded substantive rationality) の存在を仮定する」と言い換えることもできる。なお、本研究は、個々の予測が形成される微細な手続き（例えば、認知地図の形成や、認知地図上のトレースに伴う所要時間計算、あるいは、何らかのヒューリスティクスを用いた認知旅行時間の算定、等）を分析対象から除外しており、したがって、手続き合理性¹⁹⁾ (procedural rationality) を前提とするものではないことに注意されたい。

- [3] 確率理論⁵⁾、不正確確率理論²⁴⁾、ファジー理論²⁵⁾等を適用することで認知旅行時間をより綿密に数理表現することも可能だが、認知旅行時間に関する基礎的な実証的知見の抽出を目指す本研究では、回答された可能区間の中央値にて表現される認知旅行時間の変遷のプロセスに関する分析を行うものである。したがって、例えば分散や歪度、尖度、あるいは確率密度関数やメンバーシップ関数の形等、定量的な需要予測ツールの開発を目指す場合に必要とされる諸概念は、本研究の対象とはしない。
- [4] 検定における有意水準 0.05 以下で帰無仮説が棄却された場合は「有意」、0.05～0.1 までの場合は「概ね有意 (marginal significant)」と呼称する。

参考文献

- 1) 山下智志, 黒田勝彦: 交通機関の定時性と遅刻回避型効用関数, 土木学会論文集, No. 536 /IV-31, pp. 59-68, 1996.
- 2) 藤井 聡, 守田武史, 北村隆一, 杉山守久: 不確実性に対する態度の差異を考慮した交通需要予測のための経路選択モデル, 土木計画学研究・論文集, 投稿中-, 1999.
- 3) Iida, Y., Akiyama, T. and Uchida, T.: Experimental analysis of dynamic route choice behavior, *Transportation Research B*, **26**(1), pp. 17-32, 1992.
- 4) 小林潔司, 安野貴人: 室内実験によるドライバーの合理的期待に関する仮説検定, 土木計画学研究・論文集, No. 12, pp. 493-500, 1995.
- 5) 林成卓, 藤井 聡, 北村隆一, 大窪鋼文: ドライバーの認知旅行時間の確率構造に関する実証的研究, 土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp.652-653 1998.
- 6) 藤井聡, 中野雅也, 北村隆一, 杉山守久: 自動車通勤ドライバーの公共交通機関の思いこみ認知とその改善についての実証研究, 土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp. 636-637, 1999.
- 7) Heckman, J.J.: Heterogeneity and state dependence. In *Studies in Labor Markets*. Rosen, S., (ed.), University of Chicago Press, Chicago, IL, pp. 91-139, 1981.
- 8) Kitamura, R. and D.S. Bunch: Heterogeneity and State Dependence in Household Car Ownership: A Panel Analysis Using Ordered-Response Probit Models with Error Components. In M. Koshi (ed.), *Transportation and Traffic Theory*, Elsevier, pp. 477-496, 1990.
- 9) Tversky, A. and Kahneman, D.: Judgement under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, **185**, 211, pp. 1124-1131, 1974.
- 10) Beyth-Marom, R.: How probable is probable?: Numerical translation of verbal probability expressions. *Journal of Forecasting*, **1**, pp.267-269, 1982.
- 11) 飯田恭敬, 内田敬, 宇野伸宏: 交通情報の効果を考慮した経路選択行動の動的解析, 土木学会論文集, No. 470/IV-20, pp. 77-86, 1993.
- 12) Emmerink, R.H.M., Axhausen, P. Nijkamp, P. and Rietveld. P.: Effects of information in road transport networks with recurrent congestion, *Discussion Paper*, TI 93-229, Tinbergen Institute, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1993.
- 13) Emmerink, R.H.M., Axhausen, P. Nijkamp, P. and Rietveld. P.: Effects of information in road transport networks with recurrent congestion, *Discussion Paper*, TI 94-30, Tinbergen Institute, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1994.
- 14) Bonsal, P.W., Pickup, L. and Stathopoulos, A.: Measuring behavioural responses to road transport informatics, *Advanced telematics in road transport* (2), Elsevier, Amsterdam, pp. 1457-1487, 1991.
- 15) Verplanken, B., H. Aarts and A. van Knippenberg. Habit, Information Acquisition, and the Process of Making Travel Mode Choices, *European Journal of Social Psychology*, **27**, 539-560.1997.
- 16) Boe, O., S. Fujii and T. Gärling. Empirical Tests of a Model of Automobile Choice Incorporating Attitude, Habit, and Script, prepared for the Urban Transport Systems conference, Lund University, Sweden, 1999.
- 17) Ronis, D. L., Yates, J. F., and Kirscht, J. P.: Attitudes, decisions, and habits as determinants of repeated behavior. In A. R. Pratkanis, S. J. Breckler & A. G. Greenwald (eds.) *Attitude structure and function* (pp. 213-239). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1989.
- 18) Verplanken, B., and Aarts, H.: Habit, attitude and planned behaviour: Is habit an empty construct or an interesting case of goal-directed automatic? *European Review of Social Psychology*, **10**, 101-134, 1999.
- 19) Simon, H.A.. Invariants of Human Behavior, *Annual Review of Psychology*, **41** (1), pp. 1-19, 1990.
- 20) Kobayashi, K. Information, Rational Expectations, and Network Equilibria: An Analytical Perspective for Route Navigation Systems, *The Annals of Regional Science*, **28**, 1994, pp.493-500.
- 21) 中山晶一郎, 藤井 聡, 北村隆一: ドライバーの学習課程を考慮した道路交通の動的解析-複雑系としての道路交通システム解析に向けて-, 土木計画学研究・論文集, No. 16, pp. 753-762, 1999.
- 22) Friman, M. and Gärling, T.: Perceived service quality attributes in public transport: Inferences from complaints and negative critical incidents, *Journal of Public Transportation*, **2** (1), pp. 67-88.

- 23) Fujii, S. and Kitamura, R.: Anticipated travel time, information acquisition and actual experience: The case of hanshin expressway route closure, *Transportation Research Record* (in press).
- 24) Walley, P: *Statistical Reasoning with Imprecise Probability*, Chapman and Hall, London, 1991.
- 25) Akiyama, T and Tsuboi, H: Description of Route Choice Behaviour by Multi-Stage Fuzzy Reasoning, *Proceedings of the Highway into the Next Century*, Hong Kong, pp.739-746.

認知旅行時間の環境適応プロセスに関する理論実証研究

藤井 聡, 中野雅也, 北村隆一, 杉山守久

本研究では, 新しい交通環境における認知旅行時間の適応プロセスに関する情報影響仮説 (情報取得によって予測能力が向上し状態依存が低下する), 経験優越仮説 (媒体情報の認知旅行時間への影響は, 実走行経験によって低減する) を提案し, これらを, 阪神高速道路堺線の通行止め期間中の通勤運転者の認知データに基づいて検定した. その結果, データはこの両仮説の成立を支持するものであった. この結果に基づいて, 情報提供方策を検討するためには, 運転者の経験の有無, あるいは, 経験を持つという自認の有無を考慮したマーケティング戦略が重要であることを述べた.

A theoretically and empirical study of adjusting anticipated travel times to a new environment

Satoshi Fujii, Masaya Nakano, Ryuichi Kitamura and Morihisa Sugiyama

We proposed two hypotheses with respect to the process of adjusting anticipated travel time to a new traffic environment: the Information-Effect Hypothesis, i.e. as a driver acquires more information on travel time, he can predict travel time more precisely and refers less to anticipated travel times he has had in the past in order to anticipate travel times; and the Experience Dominance Hypothesis, i.e. the influences on anticipated travel time of information which is not from driving experience is weaker with actual driving experience than without actual experience. These hypotheses were supported by statistical tests applied to data of commuting drivers' anticipated travel times during a closure of Hanshin-Expressway route. The result has an implication that formulating an effective information-dissemination policy requires a marketing strategy that accounts for whether drivers have actual experiences or recognition that they have experiences.
