

## 情報提供下での動学的経路選択行動に関する実験的分析

### Experimental Analysis on Dynamic Route Choice Behavior under Providing Travel Time Information

溝 上 章 志\*  
柿 本 竜 治\*\*  
柴 木 雅 也\*\*\*

本研究では、1)情報の有無、2)提供情報の種類、3)提供情報の利用率を制御した室内経路選択実験を行い、ドライバーの予測所要時間と経路選択行動に関する時系列データの収集を行った。得られたデータを用いて、1)～3)のレベルの違いによる経路選択行動と所要時間予測機構の構成プロセスに与える影響を、統計的分析、およびモデル分析により定量的に把握した。さらに、経路所要時間の予測機構を組み込んだ動学的経路選択モデルを構築し、その適用可能性についての検討を行った。

キーワード 情報提供、経路選択モデル、動的行動分析、室内実験

#### 1. はじめに

VICS を代表とする双方向情報通信システムを用いてドライバーに所要時間などの交通情報を提供し、交通量の時間的・場所的平準化、分散化を計ろうという交通渋滞対策は、今や実用化の時代に入っているといつてもよい。その一方で、VICS はデバイスの開発と普及が先行しており、提供すべき情報の種類や質はどのようにすべきか、提供された情報によってドライバーはどのように行動するかなど、適切な情報提供のあり方や提供情報とドライバーの行動との関係などについては明らかにされていないなど、残された研究課題は多い。これらの課題を解決するためには、情報提供下で、ドライバーがどのように経路選択規範を構成していくかを解明し、それに応じた適切

な情報提供のあり方を検討しておくことが必要である。特に、経路選択行動は日常的な経験を通して更新される知識と提供される情報に基づいて決定される動的行動であることから、より動学的な分析が必要であろう。

そのためには、交通状況と提供情報に同期したドライバーの意志決定行動に関する時系列データが必要である。本研究では、1)情報の有無、2)提供情報の種類、3)提供情報の利用率という3つの要因の設定レベルを変えた室内経路選択実験を実施し、被験者の経路所要時間の予測値と経路選択に関する時系列データを収集した。本研究の目的は、これらのデータを用いて、ドライバーの所要時間予測と経路選択行動を動学的に分析すること、およびドライバーの所要時間予測機構を組み込んだ簡易的な動学的経路選択モデルを開発す

\* 熊本大学工学部環境システム工学科教授 (TEL : 096-342-3541, E-mail : smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

\*\* 熊本大学工学部環境システム工学科助教授 (TEL : 096-342-3537, E-mail : kakimoto@gpo.kumamoto-u.ac.jp)

\*\*\* NTT 福岡支店 (TEL : 092-714-9544, E-mail : m-shibaki@kita-q.isp.ntt.co.jp)

ることにある。以下、2. では室内経路選択実験の目的と方法を詳細に説明する。3. では得られたデータの統計的分析を行い、設定条件の違いによるドライバーの経路選択行動結果の違いを明らかにする。4. では実旅行時間の変動パターンの差異が顕著である時間区間ごとにプールした所要時間予測値と経路選択行動データを用いて、所要時間予測モデル、および経路選択モデルを推定し、それらの動学的特性について考察を行う。また、時間区間ごとに推定された各経路選択モデルの融合モデルのスケールパラメータによって、提供情報の効果の有無を評価する。5. ではドライバーの経路所要時間予測機構を組み込んだ簡易的な動学的経路選択モデルを構築し、その適応可能性について検討する。経路情報として提供すべき予測所要時間は、その情報とそれ以前の走行経験によって決定されるドライバーの経路選択行動の結果として予測される経路所要時間に一致しているのが望ましく、そのようなプロセスを記述するモデルが必要である。本研究の結果は、上記の用件を満足するシステムを提供できる。

## 2. 室内経路選択実験

### 2.1 室内経路選択実験の目的

本研究で分析対象とするのは、情報提供の効果が期待できる日々 (day-to-day) のドライバーの経路選択行動である。この分析を行うためには、交通状況と提供情報とに同期した経路選択行動についての時系列的データが必要となる。しかし、実際の交通状況において、経路選択についてのアンケート調査を繰り返し行なうことは、莫大な労力と費用を要するため、ほとんど不可能に近い。近年、VICS を活用して任意車両の利用経路を経時に追跡することは理論的には可能になっているが、実際に行われた例は見受けられない。

そこで、本研究では、室内において経路選択実験を実施した。当然、室内での実験であるため現実の交通現象を完全に再現することはできないであろう。しかし、分析者が設定条件を制御しやすいといったメリットもあり、限定された条件下での交通特性を把握するには有用であると考えられ

る。この種の室内実験は、提供情報に対するドライバーの反応を分析するためのデータ収集方法として、海外では 1980 年代の後半から行われておる<sup>1),2)</sup>、その分析より定性的ではあるが興味深い多くの知見が得られている。これらについては、文献 3) に詳しいので参考されたい。我が国では、1990 年代初頭から飯田らのグループが、個人の交通行動を動学的に実証分析し、提供情報のあり方などに関する検討を行っている<sup>4),5),6),7)</sup>。本実験は、飯田らの研究目的と実験方法をそのまま追試したものであるが、彼らが主としてドライバーの旅行時間の予測メカニズムを解明することによって情報提供下での交通行動の分析を試みているのに対し、1) 情報の有無、2) 提供情報の種類、3) 提供情報の利用率という 3 要因の設定条件を変えた室内実験から得たデータを用いて、これらの要因が経路選択行動そのものに与える影響を動学的に分析している点が本研究の特徴である。

### 2.2 経路選択実験の条件設定

本研究の室内実験では、交通目的として通勤通学交通を想定し、図-1 に示すように単一の OD 間に経路特性の異なる 2 本の平行な経路を設定した。経路 1 は経路長は長いが交通容量が大きく、交通量の変化に対しても所要時間の変動があまり大きくなない経路である。一方、経路 2 は経路長は短いが交通容量が小さく、交通量のわずかの変化に対して敏感に所要時間が変動する経路である。所要時間情報は分岐点で提供され、経路選択の意思決定はそこで行われるものとする。

被験者はいずれも熊本大学の学生であり、図-1 と目的地までの所要時間が概ね 30 分であることを事前に提示した。提供する所要時間情報の種類については、各実験の条件設定と併せて表-1

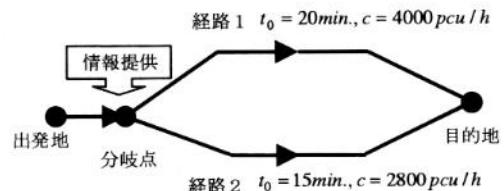


図-1 想定ネットワーク

## 情報提供下での動学的経路選択行動に関する実験的分析

表-1 実験ケースと提供情報

実験	被験者	情報の利用率	提供する所要時間情報		
			前半 10ステップ	後半 21ステップ	質的情報
A	51名	45%	—	—	質的情報
B	83名	45%	提供なし	—	数値情報
C	78名	60%	提供なし	—	数値情報

に示す。まず、1) 提供情報の種類の違いが経路選択規範に与える影響を分析するために、実験Aでは、均衡所要時間(30分)を基準として、 $30 \pm 3$  分の場合は「通常通り」、それ以上(以下)の場合は「通常より遅い(早い)」という質的情報を提供する。実験BとCでは、均衡所要時間と予測所要時間の差を数値的情報として与えている。

2) 提供される所要時間情報は個々のドライバーの経路選択行動を変化させると同時に、その累計値である経路交通量、および次回の経路選択を規定する実所要時間を変化させる。したがって、VICS 対応ナビの普及率は現実の交通行動と交通現象にも大きな影響を与えると考えられる。ここでは、VICS 対応ナビの普及率を提供情報の利用率で置き換え、後述する方法によって実験Bでは45%、実験Cでは60%に提供情報の利用率を設定して、経路選択行動の比較分析を行う。

3) 本研究では、経路所要時間情報の有無、および情報提供後の段階ごとの経路選択行動についても分析する。そこで、実験Bと実験Cでは、全31ステップのうち前半の10ステップは所要時間情報を提供せずに、自己の走行経験だけを頼りに経路選択の意思決定を行ってもらい、11ステップ目から情報提供を開始した。

### 2.3 実旅行時間の算出手順

日々の交通は、所要時間情報を利用せずに経路選択を行っているドライバー(提供情報に依存しないセグメント)と、所要時間情報を利用して経路選択行動を行うドライバー(提供情報に依存するセグメント)によって構成されていると仮定し、図-2に示す方法で実旅行時間を算出した。

Step-1: 単位時間当たりのOD交通量5600台を以下のような手順で情報に依存するセグメントと依存しないセグメントに分割する。実験

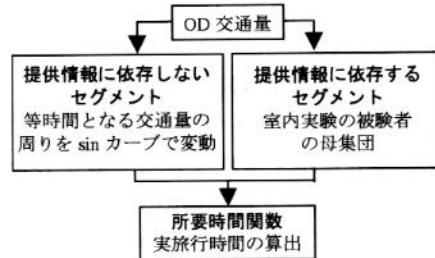


図-2 実旅行時間の算出手順

A, Bでは情報の利用率45%(2500台)が、実験Cでは60%(3360台)が情報に依存するセグメントであることを想定している。以後、情報に依存して(依存せずに)経路選択を行う交通量を情報依存交通量(情報非依存交通量)と呼ぶこととする。

Step-2: 情報非依存交通量は両経路で等時間となるような経路選択を行っていると仮定し、実験A, Bでは情報非依存交通量3100台をそれぞれ1210台と1890台、実験Cでは情報非依存交通量2240台をそれぞれ561台と1679台ずつ、経路1と2に配分する。また、情報非依存交通量も日々、一定ではなく、周期的に変動しており、その変動は確率的変動よりも系列的変動の方が適切であると思われる。そこで、実験AとBでは、等時間となる交通量の回りに700を振幅とした周期10(土・日を除く2週間)のsinカーブにしたがう交通量を両経路に割り振ることによって、周期変動を与えた。実験Cでは、他の実験と情報非依存交通量に対する振幅の比が等しくなるように、500台を振幅とした周期10のsinカーブで両経路に割り振っている。

Step-3: 情報依存交通量を室内実験被験者の母集団とみなし、各経路を選択した被験者の人数に拡大率を乗じた交通量を当該経路に配分する。

Step-4: Step-2で得た情報非依存交通量とStep-3で得られる情報依存交通量の合計が各経路の交通量であり、それを各経路に固有の所要時間関数に代入して各経路の実旅行時間を決定する。ここでは、 $t = t_0 \{1.0 + (q/c)^2\}$ なる

BPR型関数を用いている。各経路の  $t_0, c$  は図-1 中に示す。

#### 2.4 予測所要時間情報の設定手順

被験者に提示する予測所要時間情報は、すべての実験で図-3 に示すような方法で設定した。以下にその詳細を示す。両経路の所要時間差が過大になると、情報に対して被験者が過剰に反応し、逆に過少だと、情報の影響を受けずに経路選択を行ってしまうと考えられる。10 分程度の所要時間差があれば、提供情報の影響を受けて適切な経路選択が行われると考え、前述した情報非依存交通量の設定と同じ要領で、等時間となる均衡交通量（2800 ずつで所要時間は 30 分）の回りに両経路に 10 分程度の所要時間差をもたらす振幅 700 を周期 10 の sin カーブで変動させ、各経路を走行する台数を算出した。このとき両経路の交通台数を規定する sin カーブには位相 5 を持たせている。このようにして得られた台数を先の所要時間関数に代入して、各経路の予測所要時間情報を決定した。以後、混乱を避けるため、被験者が予測

する所要時間を所要時間の予測値、提供される所要時間を予測所要時間と記して区別する。

#### 2.5 室内実験の実施手順

室内実験は、以下の手順で実施した。

- ① 実験にあたっての注意事項、経路特性などの設定条件を周知する。
- ② 前回選択した経路の実旅行時間を示す。
- ③ 設定した予測所要時間から、今回の両経路の所要時間予測情報を提示する。
- ④ 被験者には、アンケート用紙に今回の両経路の所要時間を予測してもらうと同時に、
- ⑤ 今回の選択経路を回答してもらう。

これら②～⑤を、実験 A では 4 週間に相当する 21 ステップ、実験 B と C では 6 週間（情報提供がない前半 2 週間と情報提供がある後半 4 週間）に相当する 31 ステップを繰り返す。最後に、

- ⑥ 被験者の個人属性として、性別、および運転頻度を 0：免許なし～5：ほとんど毎日運転するの 6 段階で尋ねた。

#### 3. 実験データの統計的分析

ここでは、3 要因の設定水準の違いによる経路選択行動の相違を把握するために、室内経路選択実験から得られた時系列データを統計的手法によって分析する。

##### 3.1 実旅行時間の変動

各経路ごとの実旅行時間の変動パターンを図-4 に示す。両経路に共通の傾向としては、時間軸に沿って、区間 1：情報提供開始前は実旅行時間の変動は大きく、区間 2：情報提供後、16 ステップ

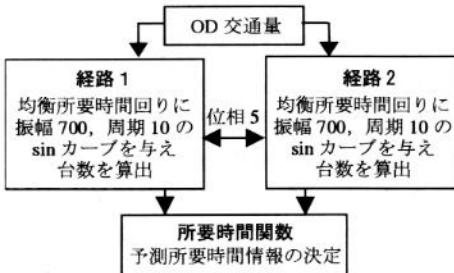


図-3 予測所要時間情報の設定手順

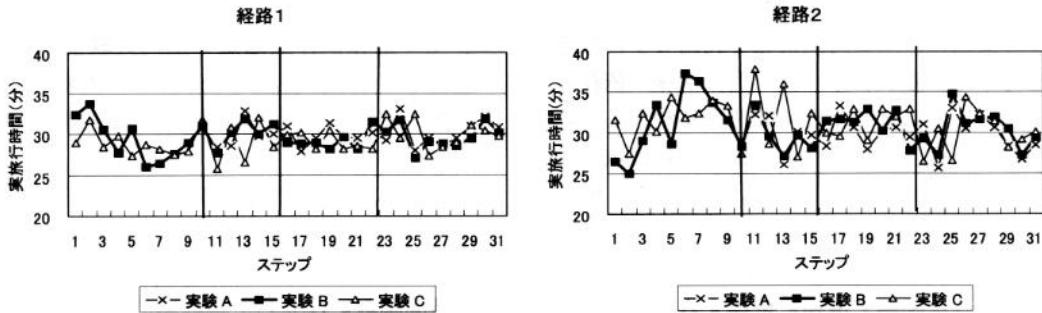


図-4 実旅行時間の変動パターン

辺りまでは変動が激しい、区間3：その後、23ステップ辺りまでは均衡所要時間に収束しようとするが、区間4：再び実旅行時間の変動が大きくなるという4つの時間区間に区分することができる。実験別には、提供情報の利用率が高い実験Cで両経路とも情報提供後の変動が大きくなっている。特に情報提供が開始された区間2の変動が大きい。経路ごとには、交通量の増加に敏感に反応する経路2の方が実旅行時間の変動は大きく、経路1は比較的安定している。このように、時間の経過、情報の有無、提供情報の利用率の違いによってドライバーの経路選択行動特性に顕著な違いが見いだされた。

以下では、上記の時間軸上での時間区間別、実験別にドライバーの予測所要時間と経路選択行動データを分析していくことにする。

### 3.2 所要時間の予測値の変動

各被験者が予測した所要時間の平均値、および平均値回りの個人間の分散を経時的に示したのが図-5と図-6である。経路別には、経路2の平均値・分散値の両方で、絶対値、および変動とも大きい。提供した情報の種類別には、他と比較して

質的情報を提供した実験Aで平均値は小さい。また、分散値も小さく、所要時間予測値には個人間に大きな差異がない。数値情報を与えた実験BとCでは、情報利用率の低い実験Bの方が所要時間予測値の平均値・分散値とも大きく、その傾向は情報提供前に特に著しいという特徴が見られた。所要時間予測値の分散値は情報提供前には時間の経過に従って急激に減少するが、情報提供後には顕著な減少は見られない。しかし、実験Bでは、分散値が徐々に減少している。

以上より、次のことがいえるであろう。数値情報よりも質的情報に対する反応の方が個人差は小さく、所要時間予測値のばらつきも小さくなる傾向があることから、提供情報の種類の違いは被験者の所要時間の予測に差を生じさせる。ただし、実験Aでは所要時間情報を提供せずに経路選択をさせる前半の10ステップが実施されていないので、直接的な比較には注意を要する。情報の利用率が小さいほど所要時間予測値の平均値の変動、および分散値は大きく、特に交通容量の小さな経路でその傾向が顕著であること、情報提供にはドライバーの所要時間予測値のばらつきを減少

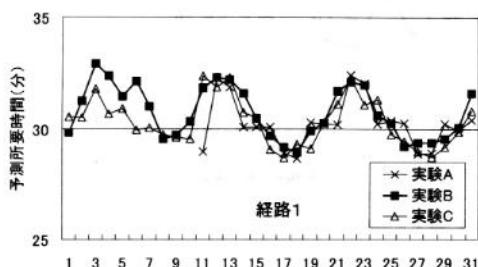


図-5 所要時間予測値の平均値の変動パターン

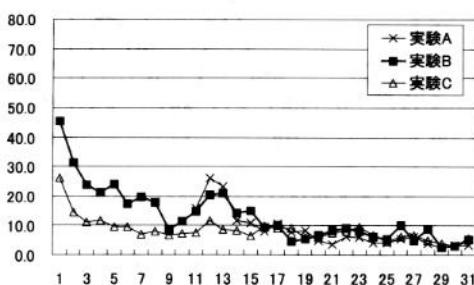
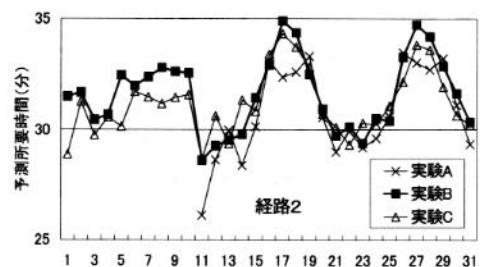
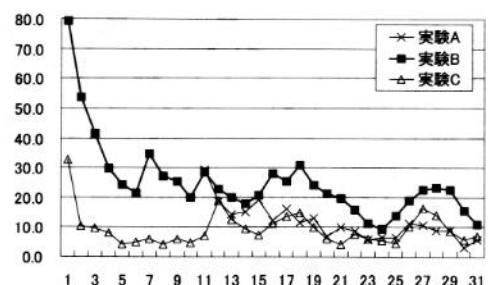


図-6 所要時間予測値の分散値の変動パターン



させる効果をあまり期待できないものの、情報利用率が小さい場合にはある程度効果があることなどが明らかになったといえよう。

### 3.3 前ステップの実旅行時間と経路変更率

前ステップの実旅行時間に対する今回の経路変更率を図-7に示す。前回に経験した実旅行時間が大きいほど経路変更率は高いと考えられ、両経路ともおおよそこの傾向を示している。しかし、経路2については、実験Bで前ステップの実旅行時間が均衡所要時間よりも短い26分、実験Cで27、28分での経路変更率が高いなど、前回の実旅行時間が均衡所要時間よりも小さい場合には、実験による差が顕著である。均衡所要時間以上では実験による差はない。

### 3.4 情報の誤差と経路変更率

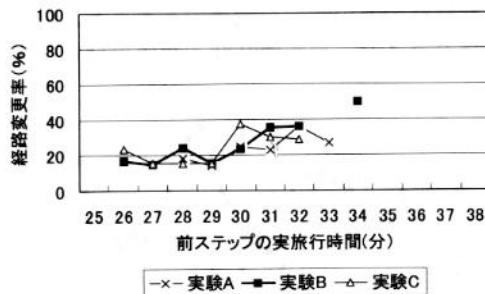
所要時間変動が大きい経路2における前回の情報の誤差（所要時間情報－実旅行時間）と今回の被験者の経路変更率との関係を図-8に示す。実

験B、Cにおける情報の誤差のレンジはそれぞれ15分、20分で、変動は実験Cの方が大きいにもかかわらず、経路変更率のレンジは実験C(47%)より実験B(68%)の方が大きい。また、実験B、Cにおける両指標間の系列相関係数はそれぞれ0.80, 0.64であり、実験Cに比較して実験Bでは経路変更率は情報の誤差の変動パターンにより対応している。このように、実験Bでは提供された情報の誤差の程度に対応した経路選択が行われているのに対し、実験Cでは情報の誤差の変動パターンとの対応関係が小さい。また、提供された所要時間値別の経路変更率の分析でもこれと同様の傾向が見られる。

### 3.5 予測所要時間と経路変更率の分散分析

被験者の予測所要時間と経路変更率に影響を与えている要因を抽出することを目的に、分散分析を行った。①提供情報の有無、②提供情報の利用率、③経路の違いの3要因で、特性変数である予

経路1



経路2

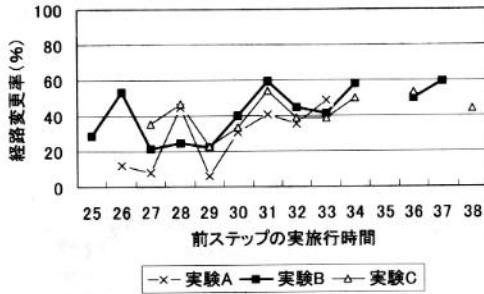
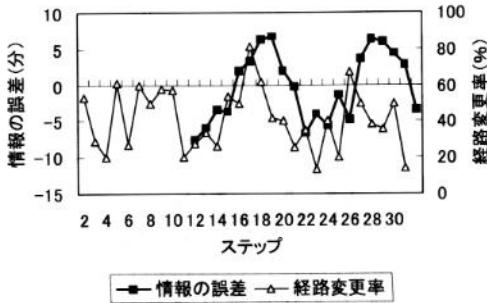


図-7 前ステップの実旅行時間に対する経路変更率

実験B



実験C

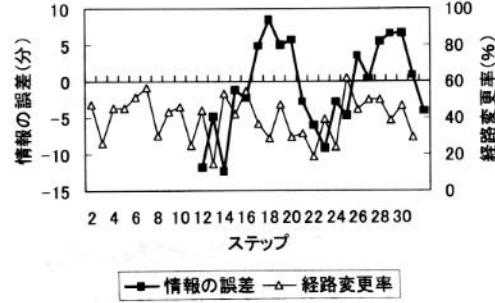


図-8 情報の誤差と経路変更率

表-2 分散分析結果

要因	経路 変更率	予測 所要時間
①提供情報の有無	3.91**	0.04
②提供情報の利用率	40.53**	99.74**
③経路の違い	0.64	50.40**
①*②	0.97	13.99**
①*③	0.13	1.65
②*③	0.11	3.05*
①*②*③	0.03	1.73

測所要時間については繰り返しあり、経路変更率については繰り返しなしの3元配置分散分析を行った。結果を表-2に示す。表中の\*\*は5%, \*は10%の水準で有意な差が認められるものである。

これより、経路変更率については「提供情報の有無」と「提供情報の利用率」の主効果がみられ、予測所要時間については「提供情報の利用率」と「経路の違い」の主効果、および「提供情報の有無と提供情報の利用率」の相互作用効果の存在が見て取れる。

#### 4. 動的な経路選択規範の構成プロセスのモデル分析

##### 4.1 経路選択モデルの推定

ここでは、1)実験BとCについて、実旅行時間の変動パターンが異なる4つの時間区間ごとにプールしたデータを用いて非集計ロジット型経路選択モデルを構築する。推定パラメータを相互に比較することによって、経路選択機構の動的な変化を上述の3つの制御要因による経路選択構造の相違と併せて考察する。また、2)情報提供前のモデルを基準として、情報提供後の各モデルとの融合モデルのスケールパラメータを推定し、その大きさの変化から、ドライバーの経路選択に対する提供情報の経時的效果を定量的に把握する。

用いた説明変数は、先の統計的分析結果より得られた知見を元に、個人属性変数として「運転頻度」、選択肢特性として、前回に走行した経路の「予測所要時間誤差(被験者の予測した所要時間-実際の走行所要時間)」、両経路の「提供情報」などである。また、前回に走行した経路の「予測所要時間誤差」については、経路選択モデルの動学化を指向してタイムラグを持つ変数とし

て導入している。ここではモデル相互の比較のために使用する説明変数は共通とした。また、紙面の都合で実験Aについての結果と考察は省略している。

表-3に実験BとCの各時間区間ごとの経路選択モデルとスケールパラメータの推定結果を示す。参考のために情報提供後のデータを全てプールして推定したモデルも示している。全てのモデルともまずまずの的中率を示している。一方、推定パラメータ値やt値については、実験、時間区間にごとに変動している。これより、時間の経過に伴い経路選択に影響を与える要因やその与える影響の度合いが変化していることが分かる。具体的な特徴を以下に示す。

情報の提供前は、主として両経路の「前回の予測所要時間誤差」に依存して経路選択行動が行われている。所要時間情報の提供後は、初期は経路2の「提供情報」と経路1の「前回の予測所要時間誤差」とによって経路選択行動が行われているが、時間の経過に伴って、「予測所要時間誤差」などの走行経験にはあまり影響されずに経路選択を行う傾向が強くなるといえる。

次に、提供情報の利用率の相違による特性について考察する。実験Bでは、情報が提供された後、「経路2の提供情報」のt値が最も高いのはB-2(2)であることから、提供情報が経路選択に及ぼす影響は、提供開始直後よりも若干時間が経過してからが大きい。この特徴については、提供情報の利用率が高い実験Cでもよく似た傾向を示しているが、提供情報の影響が強くなる時間区間は実験Bほどは見られない。前述したように、この結果は、情報の利用率が高まると提供情報の信頼性が低下するために、情報を参考にした経路選択傾向が弱まるためと考えられる。また、実験Bでは個人属性である「運転頻度」は大半で統計的に有意な変数となっていないのに対して、情報の利用率の高い実験Cでは有意な変数となっており、日常的な運転者に比べて運転頻度の低い人は経路1を選択しやすいという結果が得られた。これは、提供情報の利用者が多い場合、交通量の集中によって実旅行時間が変動しやすくなるため

表-3 実験 B, C の経路選択機構の経時的構成プロセス (t 値)

説明変数	提供前	実験 B				提供前	実験 C			
		提供後					提供後			
	B-1	B-2	B-2(1)	B-2(2)	B-2(3)	C-1	C-2	C-2(1)	C-2(2)	C-2(3)
定数項	0.37 (2.88)	0.47 (5.25)	0.46 (2.43)	0.48 (2.95)	0.68 (4.34)	-0.30 (-1.42)	-0.17 (-1.19)	-0.04 (-0.15)	-0.43 (-1.78)	0.09 (0.40)
運転頻度 (殆ど運転しない) (月に数回運転する)	0.22 (1.28)	0.23 (1.88)	0.40 (1.75)	0.20 (0.94)	-0.01 (-0.06)	0.58 (2.39)	0.63 (3.82)	0.55 (1.63)	0.95 (3.33)	0.37 (1.41)
経路 1 前回の予測所要時間誤差	-0.35 (-1.54)	-0.52 (-3.30)	-0.69 (-2.21)	-0.22 (-0.76)	-0.54 (-2.07)	0.13 (5.26)	1.12 (6.67)	0.87 (2.56)	1.32 (4.58)	1.06 (3.88)
経路 2 前回の予測所要時間誤差	0.13 (5.24)	-0.08 (-2.82)	-0.09 (-1.81)	-0.06 (-1.34)	-0.08 (-1.58)	0.11 (2.51)	0.05 (2.02)	0.17 (3.40)	0.06 (1.33)	-0.03 (-0.65)
提供情報 (数値)	0.06 (3.16)	0.01 (0.50)	0.01 (0.41)	-0.01 (-0.35)	-0.03 (-0.88)	-0.01 (-0.39)	0.02 (1.26)	0.02 (0.93)	0.006 (0.15)	0.16 (2.98)
サンプル数	743	1655	415	542	623	631	1420	355	497	568
尤度比 的中率	0.08 63.4	0.14 67.1	0.09 61.7	0.15 67.5	0.18 69.3	0.09 64.3	0.12 66.6	0.10 64.8	0.13 68.6	0.17 71.3
スケールパラメータ $\mu$	1.00 (3.63)	0.44 (3.56)	0.37 (3.60)	0.46 (2.67)	0.30 (2.67)	1.00 (8.09)	0.96 (7.74)	0.88 (8.13)	0.97 (6.68)	0.57

注) 時間区間は、 -1 : 区間 1, -2(1) : 区間 2, -2(2) : 区間 3, -2(3) : 区間 4 を示す。

に、運転頻度の低い人は経路 2 と比較して所要時間の安定している経路 1 の効用を高く評価するためと考えられる。

#### 4.2 経路選択に与える提供情報の効果

情報提供の効果は、情報利用者便益と社会的便益という 2 つの視点から評価される。ここでは、提供情報がドライバーに与える便益の有無とその程度を定量的に評価することを目的として、各時間区間で得られたデータを用いて推定される経路選択モデルの誤差項の分散比を評価指標とした分析を行う。もし、提供情報により各経路の効用をより正確に知覚することができれば、経路効用の誤差項の分散値が小さくなり、以下に示すスケールパラメータは情報提供前よりも提供後の方が小さくなるはずである。このように各経路の効用をより正確に知覚することができたことをもって、情報利用者にとって効果が生じていると解釈する。本来であれば、情報提供前・後のデータは同一個人による選好意識データであるので、誤差項に系列相関を考慮したスケールパラメータの推定を行うべきであるが、ここでは簡便のため森川・Ben-Akiva<sup>8)</sup> の方法を用いた。

いま、 $\varepsilon_{in}^{after}$  は情報提供後モデルの効用の誤差項、 $\varepsilon_{in}^{before}$  は情報提供前モデルの効用の誤差項とするとき、両モデル間における誤差項の分散の関係は、

$$Var(\varepsilon_{in}^{after}) = \mu^2 Var(\varepsilon_{in}^{before}), \quad \forall i, n$$

で表される。この  $\mu^2$  が効用のランダム項の分散比を表すスケールパラメータであり、提供情報の利用の効果がある場合は  $0.0 < \mu < 1.0$  となる。

$\mu$  は、それぞれ、B-1 モデル、C-1 モデルを 1.0 に基準化して推定した。表-3 より、情報提供後のモデルである B-2, C-2 の  $\mu$  は 0.44, 0.98 で共に 1.0 より小さく、かつ統計的に有意である。提供情報によって経路効用に関する知覚のばらつきが減少しており、提供情報の利用によって利用者には便益が生じているといえる。しかし、 $\mu$  値は実験 B の方が実験 C よりも小さい。また、実験 C では  $\mu=0.96$  と情報提供前・後で差が見られない。これらのことから、情報の効果は提供情報の利用率が低い場合の方が大きいといえる。

情報提供後の各区間ごとの  $\mu$  値についても全て 1.0 より小さく、提供情報によってドライバーの知覚のばらつきは経時的に見ても減少している。ここで、 $\mu$  の時間的推移を比較するために、B-1 モデルを基準にした C-1 モデルの  $\mu$  値を推定したところ、0.51 という値を得た。これより、情報の提供がない場合、情報非依存交通量の比率が小さいときの方が経路効用に対する知覚のばらつきは小さい。この値を基準にして実験 C の各区間の相対的  $\mu$  値を表したのが図-9 である。実験 B では情報提供後、 $\mu$  値は急激に小さくなり、最終的に 0.30 まで減少している。一方、実験 C では、情報提供直後に  $\mu$  値は若干小さくなるもの

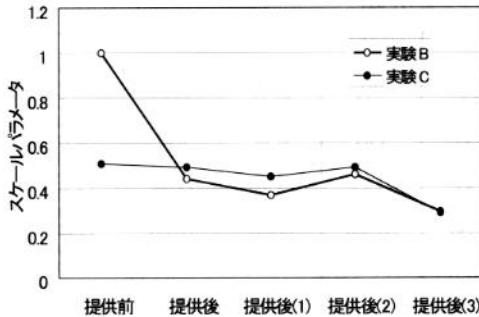


図-9 スケールパラメータの推移

の、その後の区間では値は殆ど変わらない。このことからも、提供情報の利用率が低い場合の方が情報の効果はより高いことが分かるであろう。

## 5. 所要時間の予測機構を組み込んだ動的経路選択モデル

### 5.1 動的経路選択モデルの概要

情報として提供すべき経路所要時間は、1)日々の経験を通して更新される知識と、2)提供される情報に基づいて決定される各ドライバーの経路選択行動の結果として予測される所要時間に一致しているのが望ましい。そのためには、動的な選択行動を予測可能な経路選択モデルが必要である。ここでは、2)については「経路2の提供情報」を導入し、1)については、別途構築する所要時間予測モデルを介して得られる両経路の「前回の予測所要時間誤差」を組み込むことによって動学化した簡易型の経路選択予測モデルを提案する。

本モデルは、経路上の交通ネットワーク現象と提供情報、ドライバーの経路選択行動との間の動的な相互作用を記述・予測するためのモデルであり、図-10に示すように、交通流モデルと経路選択モデル、および所要時間情報モデルの経時的シリーズから成っている。 $n$ ステップにおいて、後述する所要時間予測モデルによって予測される $n-1$ ステップにおけるドライバーごとの両経路の所要時間予測値と $n-1$ ステップの経路選択結果の集計値を交通流モデル（具体的には前述のBPR型所要時間関数）に代入して得られる実旅

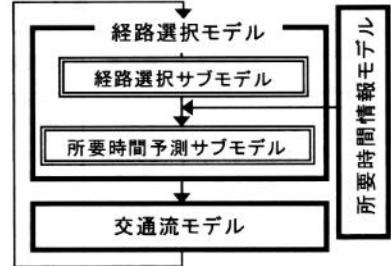


図-10 動的経路選択モデルの概要

行時間との差として、「前回の予測所要時間誤差」を得る。これと、所要時間情報モデルから提供される「経路2の提供情報」、「運転頻度」などを変数とした表-3の経路選択モデルによって、 $n+1$ ステップにおける各ドライバーの選択経路行動を予測するというものである。ここでは、初期値として2ステップ前までの経路選択結果と前ステップの予測所要時間さえ与えられれば、以後の個人ごとの経路選択行動を動的に予測することができる。

両経路の「前回の予測所要時間誤差」データを得るために、OLSによるドライバーの所要時間予測モデルを推定しているが、紙面の都合で実験Bについての推定結果だけを表-4に掲載する。DW比は、情報提供前には両経路とも1.0以上であるのに対して、情報提供後は所要時間変動が大きい経路2だけが1.0以下となり、この部分だけに時系列相関が生じていることが明らかになった。

### 5.2 予測結果とその考察

実験Bについて、情報提供後の各ステップごとに本モデルによって個人の経路選択行動を予測した後、経路1の選択者数に集計した値（モデル1）を実績数と比較したものが図-11である。各ステップごとに経路選択モデルを適用した静的な経路選択再現結果（モデル2）、およびそれぞれのモデルの的中率も併せて図中に示す。的中率は、両モデルともに21~24ステップでやや低いものの、その他では概ね60~70%を示しているが、経路1の選択者数の予測値が実績数と比較して過大になっている。この傾向は提案した動的経

表-4 実験 B の所要時間予測モデル (t 値)

経路	ステップ	経路 1				経路 2			
		提供前 B-1	提供後 B-2	提供後(1) 12-21	提供後(2) 22-31	提供前 B-1	提供後 12-31	提供後(1) 12-21	提供後(2) 22-31
説明変数									
定数項		13.69 (7.95)	25.83 (18.89)	27.58 (11.51)	26.84 (16.81)	8.96 (4.11)	24.80 (11.79)	25.14 (6.90)	24.57 (9.60)
運転頻度	殆ど運転しない	-0.25 (-0.79)	0.68 (4.38)	0.90 (3.68)	0.53 (2.84)	1.03 (2.45)	0.50 (2.09)	0.42 (1.15)	0.57 (1.90)
	月に数回運転する	-0.28 (-0.65)	0.43 (2.00)	0.61 (1.87)	0.14 (0.54)	-0.18 (-0.34)	-1.05 (-3.20)	-0.82 (-1.67)	-0.95 (-2.28)
経路 1	前回の実旅行時間	0.61 (10.77)	0.15 (3.28)	0.11 (1.38)	0.12 (2.18)	0.80 (10.82)	0.26 (3.60)	0.24 (1.94)	0.28 (3.25)
	前回の予測所要時間誤差	0.21 (4.53)	0.23 (6.27)	0.25 (4.58)	0.19 (3.98)	0.58 (9.78)	0.05 (0.97)	0.02 (0.20)	0.09 (1.20)
	提供情報			0.25 (12.01)	0.25 (7.36)	0.25 (10.05)			
経路走行率		-10.16 (-4.51)	-1.70 (-4.23)	-4.32 (-4.52)	-1.14 (-2.12)				
経路 2	前回の実旅行時間	0.67 (11.92)	0.20 (4.46)	0.17 (2.15)	0.15 (2.89)	0.75 (10.32)	0.21 (3.05)	0.20 (1.67)	0.24 (2.77)
	前回の予測所要時間誤差	0.48 (11.11)	0.20 (6.34)	0.27 (6.06)	0.83 (1.98)	0.26 (4.78)	0.22 (4.56)	0.22 (3.35)	0.22 (3.18)
	提供情報					-9.56 (-2.98)	-1.52 (-2.13)	-1.58 (-1.02)	-2.53 (-2.91)
経路走行率									
データ数		720	1620	820	820	720	1620	820	820
F 値		39.9*	59.8*	34.2*	29.3*	25.6*	50.6*	22.3*	31.4*
DW 比		1.47	1.52	1.54	1.65	1.43	0.89	0.87	0.97

注) F 値に付いた \* は 1.0% の危険率で回帰式の統計的有意性を満足していることを示す。

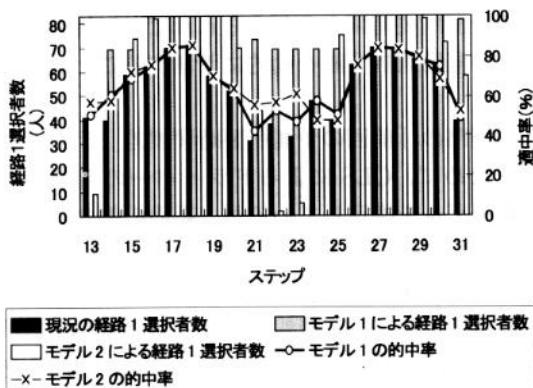


図-11 実験 B の経路選択予測結果

路選択モデルで強い。これは、経路選択モデルそのものが経路 1 の効用を高めに推定する構造になっているのに加えて、 $n-1$  ステップで経路 1 の選択比率が過大に予測されると、所要時間予測モデルによって  $n$  ステップの「予測所要時間誤差」を過少に予測してしまい、その結果として  $n+1$  ステップでの経路 1 の効用が高く評価されるという、タイムラグを持つ動学モデル特有の誤差の蓄積が生じるためである。しかし、動的な構造をもつモデル 1 は静的なモデル 2 と比較しても精度に殆ど遜色がない。今後、個々の予測モデルの精度

を高めることができれば、本システムの適用可能性はさらに向上することが期待できる。さらに、現実には、 $n$  ステップの実旅行時間を AVI などによる観測値で与えることによってより精度の高い逐次動学的予測システムとすることが可能である。

## 6. おわりに

本研究では、室内経路選択実験によって 1) 提供情報の有無、2) 提供情報の種類、3) 提供情報の利用率という 3 つの要因を制御した経路選択データを収集し、情報提供下におけるドライバーの経路選択行動の動学的特性分析を行った。さらに、ドライバーの所要時間予測機構を組み込んだ簡易的な動学的経路選択モデルを開発した。これらより、主として次のような知見を得た。

- 1) 提供情報が経路選択行動に影響を及ぼすまでは提供開始からタイムラグを要する。
- 2) 提供情報が経路選択行動に及ぼす影響は、所要時間変動が大きい経路の方が大きい。また、情報の種類では質的情報より数値情報の方が、提供情報の利用率は低い場合の方がより大きい。
- 3) 情報の提供前は、経路選択は主として両経

路の「前回の予測所要時間誤差」に依存している。提供開始直後は提供情報と走行経験の両者に依存するものの、時間の経過に伴って走行経験には影響されずに経路選択を行う傾向が強くなる。

- 4) 情報が提供されることによって、ドライバーの経路効用に対する知覚のばらつきは減少し、情報提供の効果が生じる。また、その効果は提供情報の利用率が低いときほど大きい。
- 5) ドライバーの所要時間予測機構を組み込んだ動的経路選択モデルは、人の動学的経路選択行動をある程度の精度で予測することが可能であり、今後、個々の予測モデルの精度向上や  $n$  ステップの実旅行時間を観測値で与えるなどの改良により、より精度の高い逐次動学的予測システムとすることが可能である。

今後の研究課題としては以下が挙げられる。

- 1) 情報提供下での経路選択行動を精度良く予測することができれば、ドライバーの経路選択行動を見越した予測所要時間情報を提供することが可能になる。この成果は、所要時間情報を介した経路誘導システムの開発などに展開できるであろう。
- 2) 室内実験データは限定された条件下でのドライバーの交通行動特性を把握するには有用であるが、必ずしも実行動を再現したものではない。我が国のナビゲーションの普

及と VICS 運用は世界に先んじているので、次のステップとしては、これらの情報デバイスから交通状況と交通情報に同期した実際の交通行動データを収集し、人の情報と交通行動の相互関係を分析することが望まれる。

## 参考文献

- 1) Bonsall, P.; "The influence of route guidance system on the route choice in urban networks", *Transportation*, Vol. 19, pp. 1-23, 1992.
- 2) Mahmassani, H. S. and Herman R.; "Interactive experiments for the study of trip maker behaviour dynamics in the congested commuting systems, *Developments in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis*", edited by P. Jones, Avebury, 1990.
- 3) 内田 敬; "情報提供を考慮した動的経路選択の交通行動分析に関する研究", 京都大学学位論文, 1993.
- 4) 飯田恭敬, 内田 敬, 宇野伸宏; "通勤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.
- 5) 飯田恭敬, 内田 敬ほか; "旅行時間情報提供下の経路選択機構に関する実験分析", 土木計画学研究・講演集, No. 16(1), pp. 95-100, 1993.
- 6) 飯田恭敬・内田 敬・宇野伸宏; "交通情報効果を考慮した経路選択行動の動的分析", 土木学会論文集, No. 470/IV-20, pp. 77-86, 1993.
- 7) 宇野伸宏・飯田恭敬・久保篤史; "旅行時間情報提供下での逐次経路選択行動に関する実験分析", 土木計画学研究・論文集, No. 14, pp. 923-934, 1997.
- 8) 森川高行, Moshe Ben-Akiva; "RP データと SP データを同時に用いた非集計行動モデルの推定法", 交通工学, Vol. 27, No. 4, pp. 21-30, 1992.

(1999年6月9日受付)  
(2000年2月9日再受付)