

複数情報リソース下における 行動的不均衡を考慮した経路変更モデル

羽藤 英二¹・朝倉康夫²・柏谷増男³

¹正会員 博(工) 愛媛大学助手 工学部環境建設工学科 (〒790-8577 松山市文京町3)

²正会員 工博 愛媛大学教授 同上

³フェロー会員 工博 愛媛大学教授 同上

本研究では複数の交通情報リソース下におけるドライバーの経路選択行動の変化に着目した動的な経路変更モデルを提案する。過去の経路選択の意思決定に対する状態依存効果を、行動そのものが時間的に完全に独立である行動的均衡状態を明示的に取り扱うことで考慮する。複数の交通情報リソース下における能動的な情報アクセス行動モデルを動的経路選択モデルに組み込むことで、情報に対する反応の異質性を表現する。コンピュータネットワークを利用したトラベルシミュレータを用いて収集した逐次的な経路変更データを用いてモデルの内的妥当性について検証を行う。これにより、従来のモデルよりも内的妥当性が向上することが確認された。

Key Words : *Advanced Traveler Information Systems, route switching model, ITS, behavioral unequilibrium, multivariate probit model*

1. はじめに

自動車交通における情報メディアの急激な普及により、従来から経験に基づいて行われていた経路選択行動が変化し、道路交通ネットワーク上のトリップの時空間的な再配置が加速する。これにより、道路交通ネットワーク上の不均衡が解消され、ネットワーク全体の効率が高まる。こうしたプロセスは、大規模な政府財政の支出により行われている高度道路交通システム:ITS (Intelligent Transport Systems) 整備による道路交通の混雑緩和という期待の論拠の一つとなっている。情報提供によるネットワークの渋滞改善効果を検討するには情報提供を受けた際のドライバーの行動を記述する必要がある。とりわけ、近年、我が国では、VICS や Compass-link に代表される様々な交通情報サービスが増加しており¹⁾、複数の交通情報リソース下で、複雑化するドライバーの行動の変化を分析する必要性が高いと考えられる。

複数の交通情報リソース下における交通行動の特徴は、利用者の移動前、移動中に能動的な情報リソースへアクセスを行う点にある²⁾。経路選択行動はこうした能動的な情報リソースへのアクセス行動の影響を受け、様々

な情報リソースからのメッセージ内容に依存して動的に変化することになる。複数交通情報リソース下の経路選択行動をモデル化する場合、このような動的な経路選択行動の変化を情報アクセスのプロセスを踏まえてモデル化することが必要となる。

従来の研究では、交通情報提供下の経路選択モデルに、静的なモデルが用いられている。静的な経路選択モデルでは、意思決定時点に得られた情報によってのみ経路が選択されるから、その時点の意思決定は過去の意味決定から完全に独立であることを仮定していることになる。しかし、時間軸上で意思決定の独立性を仮定した交通行動モデルでは、交通行動の短期的な変化を予測しようとした場合、交通行動モデルの推定パラメータにバイアスが発生する点が Golob, Kitamura により Panel 分析の成果として報告されている³⁾。交通情報が提供されている状況での経路選択の際には、情報がない場合に比較してより短時間で意識と行動の変化が発生すると考えられる。このような交通選択行動のモデル化においては、時点間の意思決定の依存度が高いと考えられるため、動的なフレームワークに基づいた行動モデルの開発が必要である。

本研究では、以上の問題意識に基づいて、複数の交通情報リソース下における動的な経路選択行動のモデル化を試みる。主な狙いは以下の点である。

1) 移動前、移動中の情報により動的に変化する経路選択行動を記述するための経路変更モデルの枠組みを示す。

2) 効用の時間的な変化を説明するために「行動的不均衡」の概念を示す。それを用いて情報に対する反応の異質性を取り扱うことができる方法を示し、ケーススタディを通じて、その有用性を吟味する。

本研究では、分析対象として、オフィスをベースにした帰宅トリップをとりあげ、出発前のパソコンと走行中のカーナビゲーションシステムによる交通情報の提供とそれに伴う経路選択行動に限定する。以下第2章では、既存の研究の整理を行った上で研究の枠組みを示す。第3章では、動的な経路変更モデルを定式化し、第4章では、データを用いたモデル推定を通じてモデルフレームワークの妥当性の検証を行う。

2. 分析の枠組み

(1) 動的行動モデルと静的行動モデル

情報提供に関する研究は、交通行動分析的アプローチとネットワーク分析の観点にたった研究に大別される。後者はさらに利用者均衡理論を応用した理論的な検討に基づくものと、シミュレーションアプローチによる情報提供の効果分析を前提としたものに大別される。これらのアプローチの中で、確率効用理論を用いた様々な経路選択モデルが提案されている。

従来の研究では、複数の交通情報リソース入手時点間の意思決定の関連性が考慮されないことが多い。分析者により設定された意思決定時点において、ドライバーは、利用可能な交通情報に基づき、期待効用を最大にする経路を選択するという仮定の下、彼/彼女の経路選択行動が定式化される。効用最大化に基づいた選択は各時点間で独立に行われることが仮定され、異なる情報リソース間、異なる時点間の意思決定に関する相互作用は捨象される。

交通行動分析的アプローチにおいて、Kitamura, Hoornは、従来の静的な行動モデルのフレームワークが成立するための必要条件としてマルコフ仮説をとりあげている⁴⁾。この仮説が満たされる時、行動的均衡状態に達しており、異なる時点間の関連を無視した静的な行動モデルが成立する。ここで、トラベラーの行動が時間的に独立である状態を、ネットワーク理論における「利用者均衡」と区別して「行動的均衡」として定義する。1年程度の間隔をおいたパネル分析では、こうした行動的均衡状

表-1 行動モデルにおけるマルコフ仮説

1. 状態(情報)の変化に対して即時的に行動も変化する
2. 状態(情報)の変化量が同じであれば、行動の変化の絶対量は状態(情報)の変化の方向によらず一定である。
3. 状態(情報)と行動の関係は時間的に安定している。 ⁴⁾

態の仮説が棄却されている。交通機関選択やトリップ発生については、1年という時間間隔において前の時点が現在の時点の意思決定に影響を及ぼすという状態依存効果の存在が確認されている。

Hensher, Smith は、世帯の総走行距離について⁵⁾、Pas, Koppelman は、1週間の総トリップ数について、それぞれ動的なモデルを提案しており、状態依存効果や誤差項の系列相関を考慮することでモデルの適合度が向上することを報告している⁶⁾。

一方、利用者均衡理論に関する研究において、Ben-Akiva, de Palma, Kaysi⁷⁾は情報の有無に対する2経路の間の均衡値の変化を数式解を通じて議論している。その中で情報提供を前提とした需要モデル構築のフレームワークに関して、従来の配分モデルにおける、交通状況に対するドライバーの行動変化の即時性の仮説に問題があることを述べている。こうした指摘は、交通情報提供下の経路選択の意思決定における時間軸概念の導入の重要性を示す点で共通している。

Horowitz⁸⁾は交通流の時間的変動を均衡理論の枠組みでシミュレートしている。1OD2リンクのネットワークを対象とし、ドライバーの経路選択行動を旅行時間最小化行動と仮定し、ドライバーの知覚旅行時間を過去の経験の重み付き平均で与えることによって交通量の時間的変動を再現している。ここではパラメータ操作のみで、過去の経験が重視される場合や、逆に新しい経験ほど重視される場合などが表現される。小林, 井川⁹⁾は合理的期待形成仮説に基づきドライバーの学習行動を明示的に考慮した経路選択モデルを提案し、ドライバーが学習行動を通じて合理的期待を形成するメカニズムについて数値実験により考察している。

これらの研究は day-to-day での交通機関選択の意思決定や、経路選択における所要時間や知覚リスクなどの学習メカニズムに焦点をあてたものであり、中長期的な意思決定行動について動的な枠組みを示したものと見える。これに対して本研究では、一つのトリップ内での経路選択に関する意思決定の変化に着目する。複数の交通情報リソース下においても、トラベラーは異なる情報リソースにアクセスするため、同一トリップ内においてトラベラーの意思決定が変化することが予想される。この際、交通情報の提供に伴う経路選択意識の変化について、静的なマルコフ仮説が棄却されることが著者らにより確

認められている¹⁰⁾。交通情報提供下の同一トリップ内における意思決定の関連性については、動的な経路選択のフレームワークを示した先行研究は少ないが、より正確に行動の変化を記述するためには、同一トリップ内において意識の変化を考慮した経路選択モデルを開発することの重要性は高いと考えられる。

(2) 情報獲得プロセスの表現

同一トリップ内の任意の時点において交通情報の提供を受けた場合、それが経路選択行動へ影響する程度はドライバーによって異なる。このため交通情報に対する反応の異質性を取り扱うことのできる方法が必要とされている。従来の研究では、情報に対する反応の異質性の取り扱い方法は3つに大別される。客観的な指標(社会経済属性など)に基いてセグメンテーションするアプリオリセグメンテーション、個人毎に選択モデルを推定し、効用パラメータ値を用いてセグメンテーションするベネフィットセグメンテーション、モデル構造の中に行動の異質性を取り込んだ形で定式化する方法である¹¹⁾。

交通情報に対する反応の異質性については、アプリオリセグメンテーションとしてとりあげられることが多い。シミュレーションアプローチにおいて、吉井、桑原、森田¹²⁾は経路固定層と経路選択層にドライバーをセグメント分けし、それぞれに固有の情報感度パラメータを仮定することでネットワーク全体での経路選択行動を表現している。飯田、藤井、内田¹³⁾はシミュレーションモデルへの組み込みを前提とした経路選択モデルとして、ドライバーを経路固定層、経験利用層、情報利用層の3つのセグメントに外生的に分割している。見込みリンク費用に基づいてドライバーが経路を選択することを仮定し、リンク走行時間の知覚誤差の分散をセグメントごとに定義することで情報提供下での経路選択行動の違いを表現している。Bonsallは、交通行動分析的アプローチのなかで走行する道路ネットワークに対するfamiliarityをセグメント基準としてとりあげ、Variable Message Signに対する反応の異質性を説明している¹⁴⁾。

こうしたアプリオリセグメンテーションの方法は、情報リソースが一つで、アクセス・参照行動が同一トリップ内で変化しないようなケースで有効といえる。しかし、実際には複数の交通情報リソースが存在するから、情報リソースそのものの特性、交通状況、移動目的により、情報リソースへのアクセス行動が動的に変化することが予想される。時間軸上で変化する情報利用セグメントへの帰属確率を考慮しないモデルでは、情報の感度パラメータの推定結果にバイアスが生じる可能性が高い。このため、交通情報提供下の動的な経路選択の変更をモデル化するには、情報に対する反応の異質性を内生的に考慮できるモデルが必要となる。

本研究で提案するモデルでは、情報に対する反応の異質性をトラベラーの情報獲得行動に帰着させて考えるものとする。具体的には、特定の情報リソースへのアクセス行動を予測する情報アクセスモデルを用いて、情報に対する反応の異質性を経路選択モデルに直接取り込み、定式化していく。

情報に対する反応の異質性を表現する方法として、経路選択モデルにおける所要時間情報の評価値の違いとしてモデル内で内生的に表現する方法がある。室町・兵藤・原田¹⁵⁾は、所要時間情報の評価値を情報の精度、情報値、情報に対する嗜好性の3要因で説明するモデルを提案している。提案したモデルでは情報の精度の変化が情報そのものの経路選択に対する感度に与える影響を表現できていることを確認している。また森地、兵藤、小川¹⁶⁾は、知覚所要時間の評価値を用いて情報提供前後の経路選択モデルの効用関数パラメータから情報システムの精度の評価パラメータを求める手法を提案している。こうした手法では、ただ一つの交通情報リソースに対して100%のヒトが情報にアクセスすることを仮定したモデルである。本研究では、情報のアクセス行動そのものが情報リソースの種類や精度、コストによって変化することを仮定し、これをモデルの中で明示的に取り扱う点で、従来のモデルとは異なる。

3. 動的経路変更モデルのフレームワーク

(1) モデル化の前提

本研究では、オフィスと走行中の経路選択の意思決定行動をとりあげる。このとき利用可能な経路選択肢と交通情報リソースが限定されているとする。オフィスにおいて情報にアクセスする時点 t と、車内において情報にアクセスする時点 $t+1$ の間の経路選択の意思決定の変化をモデルの対象とする。

オフィス内では、トラベラー n は時点 t にオフィスのパソコンから提供されている交通情報 $info_{in}^t$ に基づいて経路 i の効用 u_{in}^t を考慮し希望経路を決定している。外的な情報が新たに加わらないかぎり、トラベラーはこの経路を最終的に選択する。本研究では、オフィスと車内において、利用可能な交通情報端末が複数存在するケースを考える。トラベラーはオフィスを出発後、カーナビからアクセス可能な交通情報サービスの特性に応じて情報にアクセスする。時点 $t+1$ にカーナビから提供される交通情報にアクセスしたトラベラーは交通情報 $info_{in}^{t+1}$ を獲得する。ドライバーは情報に基づく u_{in}^{t+1} へと変化する。この際、 u_{in}^t と u_{in}^{t+1} が独立であるとするのが、従来の静的な経路

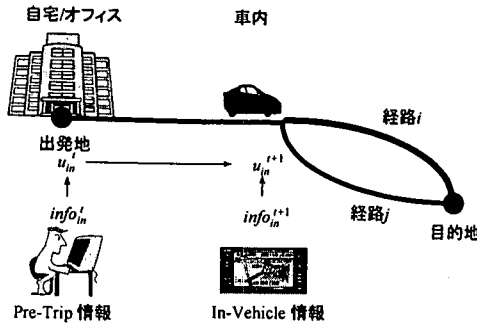


図-1 仮定する経路選択シナリオ

選択モデルである。本研究では、 u_{in}^t が u_{in}^{t+1} に影響を与えると仮定した離散型経路変更モデルを提案する。ここでは u_{in}^t が u_{in}^{t+1} に与える効果を状態依存効果と定義する。

(2) 行動的不均衡モデルの定式化

過去の意識・行動の状態が現在の意識・行動の状態に影響を及ぼさない仮想的な状態を「行動的均衡状態」と定義する。「行動的均衡状態」においては、外部情報による経路選択の意思決定が時間的に完全に独立に行われており、効用が安定し変化しないケースと解釈できる。

情報メッセージたとえば所要時間情報が、新たなネットワークの状態をドライバーに伝達した場合、この情報が常に完全にネットワークの状態を伝えるものであり、100%信頼できるものであれば、情報提供前の経路選択意識は、情報が示す新たなネットワークの状態に対応して最適な意識に変化すると共に、新たに情報が加わらない限り意識が変化しない行動的均衡状態に Settle down する。

しかし実際には、ドライバーの経路選択意識は、獲得した情報だけではなく、過去のネットワークの状態や自己の経験にも依存する。新たに獲得した情報に完全に依存した意思決定が行われないケースも多いといえよう。こうした状態を行動的不均衡状態として定義する。

このとき、個人 n の経路 i の効用は、現時点において提供された交通情報の表示内容 $info_{in}^{t+1}$ によってのみ決まる u_{in}^{t+1} として式(1)で表わす。ここで、本線と迂回路の情報内容の効果は異なると考えられるため、スケールパラメータ γ^{t+1} は、経路別のパラメータとして考える。情報の表示内容に対応した最適経路選択行動下での個人 n の経路 i の効用が式(1)で決定される

$$u_{in}^{t+1} = \gamma^{t+1} info_{in}^{t+1} \quad (1)$$

本研究では、過去(t 時点)の効用と現在 ($t+1$ 時点)の効用の関係を式(1)で表わされる「行動的均衡状態」を介することで表現することを試みる。仮想的な「行動的均衡状態」における経路 i の効用 u_{in}^{t+1*} と、現実の t 時点と $t+1$ 時点の経路選択意向を規定する経路 i の効用 u_{in}^t と u_{in}^{t+1} の間に式(2)の関係を仮定する。

$$|u_{in}^{t+1*} - u_{in}^{t+1}| = \beta^{t+1} |u_{in}^{t+1*} - u_{in}^t| \quad (2)$$

このとき、 $t+1$ 時点の経路 i の効用 u_{in}^{t+1} は式(2)から、以下のように表わすことができる。

$$u_{in}^{t+1} = (1 - \beta^{t+1})(u_{in}^{t+1*} - u_{in}^t) + u_{in}^t + \varepsilon_{in}^{t+1} \quad (3)$$

ここで ε_{in}^{t+1} は、 $t+1$ 時点の確率効用項を示す。式(1)を使って、 t 時点と $t+1$ 時点における経路 i の効用は式(4)～式(6)のように表わすことができる。

$$u_{in}^t = \gamma^t info_{in}^t + \varepsilon_{in}^t \quad (4)$$

$$u_{in}^{t+1} = (1 - \beta^{t+1}) \gamma^{t+1} info_{in}^{t+1} + \beta^{t+1} \gamma^t info_{in}^t + \varepsilon_{in}^{t+1} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{in}^{t+1} = (1 - \beta^{t+1}) \varepsilon_{in}^t + \varepsilon_{in}^{t+1} \quad (6)$$

式(5)は、 $t+1$ 時点の経路 i の効用が式(1)で表わされる均衡点と式(4)で表わされる過去(t 時点)の効用水準の間に存在すること示している。この式(5)で表わされる状態を「行動的不均衡」として定義する。こうした効用の時間的な変化の概念を図-2 に示す。ここで、 $info$ は情報メッセージの内容を示す。このとき、 γ はメッセージの提供の方法や精度に依存している。従来のパネル分析における動的な行動モデルでは、時点間の間隔と変数が同一であることが仮定されていたため、係数 γ が時点間で同一との仮定がなされていた。一方、本研究では異時点間で、異なる種類のリソースによる情報提供を仮定している。このため γ は時点毎に異なることになる。

従来の考え方では、経路選択行動は行動的均衡に達しており、情報の効果を、 $\gamma^{t+1} info_{in}^{t+1}$ として表わしていた。しかし実際には、トラベラーが新たな情報リソースにアクセスし $info_{in}^{t+1}$ を得ることで、経路 i の効用 u_{in}^t が、 u_{in}^{t+1} に変化する。新たな情報が効用の変化を引き起こしており、この変化が現実の情報の効果であると考えられる。

ここで t 時点において、ドライバーが経路 i と経路 j の所要時間差がなくほぼ等しいと考えていたケースAと、経路 i が明らかに早いと考えていたケースBを考える。ケースAとケースBで同じように、経路 j が少し早いという情報が提示された場合、情報の精度が低く、ドライバーの走行経

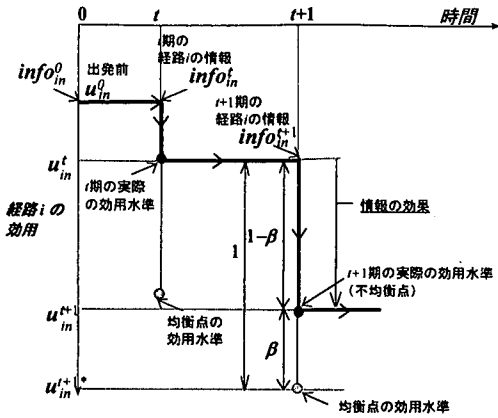


図-2 情報提供に伴う効用の時間変化

験が豊富で、予測がある程度あたるような場合においては、情報よりもむしろ経験に基づいて経路選択の意識が決まると考えられる。この際、ケースAとケースBでは、情報提供後の経路選択の意識の状態は異なるであろう。

一方、情報の精度がきわめて高く、日々の所要時間の変動が大きいようなケースでは、過去の経験は無視され、情報にのみ依存して経路決定がなされることが考えられる。この場合はケースA、ケースBのような過去の状態によらず、どちらのケースとも情報提供後は同様の経路選択の意識の状態に落ちつく。現実の経路選択行動はこの中間にあると考えられる。すなわちドライバーは、過去の経験に基づいて予想しているネットワークの状態と、情報が提示するネットワークの状態の双方を考慮し、その間の任意のネットワークの状態を想定して経路を選択すると考えられる。(図-2)

ここで、図-2に示すように現在の行動的不均衡状態の、行動的均衡状態と以前の状態への依存度の比を $|1 - \beta^{n+1}| : |\beta^{n+1}|$ として、現在の効用水準を表現する。この際、 β が0に近ければ行動的均衡状態に近く、1に近ければ、過去の状態への依存度が高く、複数の情報ソース下において現時点で提供された情報 $info_{in}^{t+1}$ の効果は小さいことを意味する。これにより、効用の変化に影響を与える現実の情報の効果が計測できる。

式(4)、式(5)における確率効用項は式(6)に示すように置き換えを行っているため本来的には互いに相関を持つ。相関を持つ確率効用項の取り扱いに関して Morikawa, Ben-Akiva, Yamada は、SP(Stated Preference)データとRP(Revealed Preference)データの間の確率効用項に系列相関の概念を導入したロジットタイプの交通機関選択モデルを提案している¹⁷⁾。このモデルでは、確率効用項をSPとRPで変化しない誤差 λ_{in} とSPとRPに固有のランダムな誤差

ε_{in}^{SP} , ε_{in}^{RP} に分離し、変化しない誤差 λ_{in} に標準正規分布を、ランダムな誤差にはガンベル分布を仮定した上で、交通機関 i の選択確率を λ_{in} が既知の条件付き確率として表現している¹⁸⁾。

これに対して本研究では、各時点の確率効用項が多次元正規確率分布に従うことを仮定し、確率効用項の分散・共分散行列を考慮することで、説明変数以外の要因に影響される確率効用項の時間的な依存効果を考慮する。誤差項の分散・共分散項を考慮したモデルは、小林, 多々納, 喜多らが、異なる意思決定主体の効用関数を相互依存的に表現し、適用した先駆的な研究例や¹⁹⁾、屋井らが出発時刻選択に適用した例がみられる²⁰⁾。本研究では、分散・共分散行列を同一個人の異時点間の意思決定の依存関係を記述するために用いる。

(3) 異時点間の動的経路変更モデルの定式化

複数の交通情報サービス下における経路選択意向の動的な変更プロセスについて、2 時点、2 経路選択における動的な経路変更モデルの定式化を行う。経路変更パターンは4パターンで、それらは以下の式(7)で表現することができる。たとえば $P(\Omega_1 | info, \theta)$ は、 t 時点で経路 i を希望しているのに対して、 $t+1$ 時点では情報を入手したことにより経路 j を選択するという経路変更パターン Ω_1 が生じる確率を示している。

$$P(\Omega_1 | info, \theta) = \text{Prob}(u_{in}^t \geq u_{jn}^t, u_{in}^{t+1} \leq u_{jn}^{t+1} | info, \theta)$$

$$P(\Omega_2 | info, \theta) = \text{Prob}(u_{in}^t \leq u_{jn}^t, u_{in}^{t+1} \geq u_{jn}^{t+1} | info, \theta)$$

$$P(\Omega_3 | info, \theta) = \text{Prob}(u_{in}^t \geq u_{jn}^t, u_{in}^{t+1} \geq u_{jn}^{t+1} | info, \theta)$$

$$P(\Omega_4 | info, \theta) = \text{Prob}(u_{in}^t \leq u_{jn}^t, u_{in}^{t+1} \leq u_{jn}^{t+1} | info, \theta) \quad (7)$$

このとき、 $info, \theta$ は、以下の式で表わされる変数とパラメータベクトルである。

$$info = \{info_{in}^{t+1}, info_{jn}^{t+1}, info_{in}^t, info_{jn}^t\} \quad (8)$$

$$\theta = \{\gamma^{t+1}, \gamma^t, \beta^{n+1}\} \quad (9)$$

確率効用項が多次元正規確率密度関数に従うと仮定する。このとき、経路変更ケース Ω_1 が発生する確率 $P(\Omega_1 | info, \theta)$ は、次式で表わすことができる。

$$P(\Omega_1 | info, \theta) = \text{Prob}(u_{in}^t \geq u_{jn}^t, u_{in}^{t+1} < u_{jn}^{t+1} | info, \theta) \\ = \int_{-\infty}^0 \int_0^0 \phi(\zeta^{n+1}; \mu^{n+1}(\theta), \Sigma^{n+1}) d\zeta^t d\zeta^{t+1} \quad (10)$$

$$\mu^{n+1}(\theta) = (u'_{in} - u'_{jn}, u'^{n+1}_{in} - u'^{n+1}_{jn}) \quad (11)$$

$$\zeta^{n+1} = (\varepsilon'_{in} - \varepsilon'_{jn}, \varepsilon'^{n+1}_{in} - \varepsilon'^{n+1}_{jn}) \quad (12)$$

$$\Sigma^{n+1} = \begin{pmatrix} \sigma'' & \sigma''^{n+1} \\ \sigma'^{n+1} & \sigma'^{n+1} \end{pmatrix} \quad (13)$$

ここで式(13)で表わされる確率効用項の分散・共分散行列はパラメータベクトルに対して0次同次であるので、式(13)の対角成分を全て1とし、 σ''^{n+1} のみを説明できない要因の時点間の系統的な相関関係を示す未知パラメータとする。この際、 β は時点間、経路間で同じ値を取ることを仮定する。式(9)は、2変量正規密度関数を使って、以下のように展開できる。

$$P(\Omega_1 | info, \theta) = \text{Prob}(u'_{in} \geq u'_{jn}, u'^{n+1}_{in} < u'^{n+1}_{jn} | info, \theta) \\ = \int_{-\infty}^0 \int_{-\infty}^0 -\frac{\sqrt{|\Sigma^{n+1}|}}{2\pi} \exp\left\{-\frac{y' \Sigma^{n+1} y}{2}\right\} d\zeta' d\zeta'^{n+1} \quad (14)$$

$$y = \begin{Bmatrix} \zeta' - u'_{in} + u'_{jn}, \zeta'^{n+1} - u'^{n+1}_{in} + u'^{n+1}_{jn} \end{Bmatrix} \quad (15)$$

その他の経路変更パターンの発生確率 $P(\Omega_2)$, $P(\Omega_3)$, $P(\Omega_4)$ についても同様に定式化できる。

(4) 複数情報リソース下の情報に対する反応の異質性

現実の交通情報提供下の経路選択行動において、全てのドライバーが提供される交通情報を完全に理解し、即座に行動を変化させるという完全情報化の行動仮説は、交通情報提供システムの評価を行う上で不十分であることが知られている¹⁰⁾。複数の交通情報提供リソース下においては、情報サービスの料金やアクセシビリティによって、情報へのアクセス行動が同一個人内、同一トリップ内で動的に変化する。完全に全ての情報を認識しているドライバーや全く情報を入手していないドライバーが混在することになる。本研究では情報アクセスのプロセスを前節で定式化した経路選択モデルに内生的に組み込むことで、複数の交通情報サービスに対する反応の異質性を考慮した動的経路変更行動モデルに拡張する。

a) 情報アクセスモデル

情報アクセスモデルではトラベラーが出発前、あるいは走行中の任意の*t*時点において、ある交通情報サービスを利用すべきかどうかについて、情報サービス*l*(*l*=1: Pre-Trip情報サービス, *l*=2: 車内情報サービス)を利用する確率 $Q'_{ln}(a|a=1)$ を以下の式で定義する。(a=1: 情報にアクセスする, a=0: 情報にアクセスしない)

$$Q'_{ln}(a|a=1) = \text{Pr}[u'_{ln} \geq R'_{ln}] \quad (16)$$

$$u'_{ln} = \sum_m \xi_{ml} \text{serv}_{ml} + \sum_h \zeta_h \text{trip}_h + \sum_o \tau_o \text{soc}_o + \varepsilon'_{ln} \quad (17)$$

$$R'_{ln} = \theta'_{ln} + s'_{ln} \quad (18)$$

ここで、 u'_{ln} は情報サービス*l*に対する情報アクセス効用を、 R'_{ln} は閾値を示す。 serv_{ml} は情報の精度や価格、アクセシビリティなどの情報サービス*l*に関する変数を、 ξ_{ml} はその効果パラメータを示す。 trip_h は渋滞の知覚量や移動目的といった移動に関する要因を、 ζ_h はその効果パラメータを、 soc_o は性別、年齢等の個人属性に関する変数を、 τ_o はその効果パラメータを、 θ'_{ln} は R'_{ln} の確定項を示す。ここで情報アクセスモデルについてはLogitタイプのモデルでの定式化も可能であるが、経路選択モデルとの整合性をとるためProbitタイプのモデルとする。確率効用項 ε'_{ln} , s'_{ln} に正規分布を仮定すると、情報サービス*l*にアクセスする(a=1)確率 $Q'_{ln}(a|a=1)$ は、式(19)のプロビット型のモデルで表現できる。

$$Q'_{ln}(a|a=1) = \Phi[V'_{ln} - \theta'_{ln}] \quad (19)$$

V'_{ln} は情報アクセス効用の確定効用項を示している。

b) 情報アクセスモデルの経路選択モデルへの組込み

次に、前節の式(19)で算出される情報アクセス確率を用いて、ドライバーの交通情報に対する反応の違いを考慮した経路変更モデルを提案する。

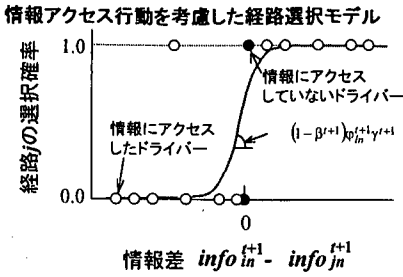
前節で定式化した情報アクセス行動が、経路変更行動に影響を与えると仮定する。個人*n*における経路選択肢*i*の*t*時点の情報 $info'_{in}$ の重み係数は、個人*n*が、*t*時点において、情報サービス*l*にアクセスしていない場合は0であることを仮定し、経路*i*の確定効用項を以下の式(20)、式(21)で表わす。

$$V'^{t+1}_{in} = (1 - \beta^{n+1}) \varphi'^{t+1}_{ln} \gamma'^{t+1}_{in} info'^{t+1}_{in} + \beta^{n+1} \varphi'_{l-in} \gamma'_{in} info'_{in} \quad (20)$$

$$\text{if } Q'^{t+1}_{ln}(a|a=1) < 0.5 \text{ then } \varphi'^{t+1}_{ln} = 0, \text{ else } \varphi'^{t+1}_{ln} = 1 \quad (21)$$

$info'^{t+1}_{in}$ は*t*+1時点の経路*i*に関する情報表示内容を示す。 φ'^{t+1}_{ln} は、情報リソース*l*の情報アクセス確率 $Q'^{t+1}_{ln}(a|a=1)$ の値によって規定することが可能である。ここでは、0.5未満の時に0を、0.5以上の場合に1をとることを仮定した。

モデルの概念を図-3に示す。情報リソース*l*にアクセス



情報アクセス行動を考慮していない経路選択モデル

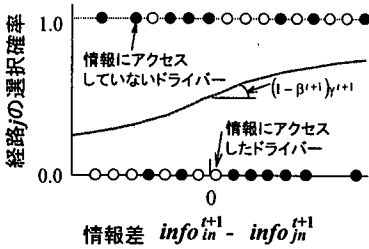


図-3 情報アクセス行動を考慮した経路選択モデル

するドライバーの場合、所要時間などの情報リソース l の表示内容の差 $(info_{in}^{t+1} - info_{jn}^{t+1})$ が、重み係数 $(1 - \beta^{u+1})$ だけ経路選択に影響を及ぼす。これに対して情報リソースにアクセスしないドライバーでは情報リソース l の表示内容の経路選択における重み係数は0となり、情報リソース l の表示内容は経路選択に影響を及ぼさない。

情報リソース l にアクセスしていない人の情報内容に対する感度パラメータは、情報を参考にしていないため本来的には0である。情報リソース l を参考にした人の感度パラメータはこれと分離別に推定される必要がある。図の下に示すように、両者が分離されず、情報リソース l を参考にしていない人と参考している人に対して同じ感度パラメータを用いた場合、交通状況や時間帯による移動目的等の変化に対して動的に情報利用割合が変動し、推定感度パラメータにバイアスが発生するためである。

(5) パラメータベクトルの推定

パラメータベクトルの推定には最尤推定法を用いる。尤度関数を式(22)に示す。

$$\begin{aligned} \max_{\theta} L(\gamma^t, \gamma^{t+1}, \beta^{u+1}, \sigma^{u+1}) \\ = \prod_{n \in N} \prod_{\omega \in \Omega} \Phi_{2\omega n} [u_{in}^t - u_{jn}^t, u_{in}^{t+1} - u_{jn}^{t+1}, \sigma^{u+1}]^{\delta_{\omega n}} \quad (22) \end{aligned}$$

ここで、 $\Phi_{2\omega n}$ は、経路変更パターン Ω_{ω} が発生する確率を示す2変量正規確率密度関数である。 $\delta_{\omega n}$ は、個人 n で経路変更パターン Ω_{ω} が発生していれば1、そうでなければ0をとるダミー変数を示す。式(22)の尤度関数を最大にするパラメータベクトル θ を求める。

4. ケーススタディ

本章では、行動的不均衡と不完全情報の考えに基づいた経路変更行動モデルを推定し、従来の交通行動モデルの基本的な枠組みである完全情報と行動的均衡状態を前提としたモデルとの比較検討を通じてモデルの妥当性について考察を加える。

(1) ケーススタディのためのデータの概要

ある企業の大規模事業所が存在する地区を対象として実施したイントラネット調査結果¹⁹⁾を用いて、前節で提案したモデルの推定を試みる。モデルの検証のためのデータとして、事業所のイントラネット上で稼動するトラベルシミュレータを用いて交通情報提供下の経路選択意向データを収集した。対象としたトリップは、オフィスをベースとした帰宅トリップである。オフィスと、帰宅中の車内における交通情報提供時の通勤者の情報利用・経路選択行動のデータを収集した。

調査シナリオは同一トリップの出発前のオフィスと、出発後車で走行中の車内におけるシナリオの2つに分けられる。まず被験者は、ある時間帯にオフィスで仕事中和の仮定の下、情報サービスの条件や表示された情報内容に応じて交通情報サービスの利用意向、希望退社時刻、希望経路を尋ねられる。

次に回答した出発時刻に基づいて、実際にオフィスから退社し車で地区内を走行しているシナリオがアニメーションにより提示される。表示された景色の地図上の位置が、カーナビゲーションシステムの画面として表示される。交通情報は交差点前100mのピーコンの設置位置を通過した際に入手可能であることを仮定した。ピーコン通過時点(時点 $t+1$)で被験者は走行中の車内にいるというシナリオの下、走行速度や情報サービスの条件、表示された情報内容に応じて渋滞の判定結果、情報利用意向、経路選択意向を回答していく。調査への協力者は83名であった。チェックプログラムを設けたことにより有効回答割合は100%であった。サンプルの基本特性は平均年齢が31.3歳、男性が76%、女性が24%である。またPre-Trip情報を利用した被験者は58%、In-Vehicle情報を利用した被験者は52%となっており、情報アクセス行動が変化した被験者は、全体の31%であった。

(2) 情報アクセスモデル推定結果

情報に対する反応の異質性を表現するために式(19)に示した情報アクセスモデルの推定を行う。モデル推定結果を表-2に示す。出発前のPre-Trip情報と、走行中の車内情報の2種類の情報サービスに対する情報アクセスモデルの推定を行った。

情報アクセスモデルの推定パラメータ値をみると、サービス料金の t 値が両方の情報サービスで有意に大きく、Pre-Trip情報、車内情報双方の情報利用行動を規定する要因として情報にアクセスする際の料金の影響が大きいといえる。

渋滞知覚量については、渋滞判定モデルの推定結果を使って渋滞知覚量 C_n を推計した¹⁹⁾。渋滞速度 V_{cn} と渋滞速度の継続時間 T_{cn} などの変数により定義される渋滞知覚量のパラメータは有意に正の値を示しており、速度低下が著しい時に渋滞が知覚されその結果、車内交通情報にアクセスすると解釈できる。

移動に関する変数は、車内の情報アクセス行動において、移動目的が有意なパラメータとして取り込まれており、時間制約のある移動では情報の必要性が高いといえる。情報サービスの操作性のパラメータ値は、有意といえないもののPre-Trip情報に比べ、車内情報で大きく、通常の運転操作に加え、情報アクセスのためにカーナビの操作をすることの負担を示していると思われる。

(3) 動的経路変更モデルの推定結果

前節の情報アクセスモデルの推定結果を用いて、複数交通情報リソース下の行動的不均衡を考慮した経路変更モデルの推定を行った。比較のために、従来の行動的不均衡を仮定した経路選択モデルについてもあわせて推定を行った。推定結果を表-3に示す。

行動的不均衡を考慮しない従来の静的行動モデルがモデルNo.1である。モデルNo.2は、ドライバーによって異なる交通情報アクセスプロセスを考慮したモデルである。モデルNo.3は仮想的な行動的不均衡状態を明示的に取り扱った行動的不均衡モデルである。モデルNo.4は両方を考慮したモデルとなっている。情報を利用しないドライバーの情報に対する感度パラメータを0としたモデルNo.2とモデルNo.4のサンプル数は、モデルNo.1、モデルNo.3と同様である。全てのドライバーが少なくともいずれの情報リソースにアクセスしているためである。

括弧内の数値は t 値を表わす。所要時間情報は全て分単位の数値である。また工事情報、事故情報は、工事もしくは事故が発生していれば1、発生していなければ0のダミー変数である。

行動的不均衡を仮定した従来の考えに基づいたモデルNo.1では、尤度比が0.122と低く、内面的妥当性が4つのモデルの中で最も低い。 t 時点の所要時間情報、工事・

表-2 情報アクセスモデル推定結果

説明変数	Pre-Trip情報	車内情報
	アクセスモデル	アクセスモデル
情報の精度(±分)	-0.025 (-0.69)	-0.006 (-0.17)
サービス料金(円/回)	-0.047 (-3.52)	-0.034 (-2.75)
操作性(個)	-0.006 (-1.00)	-0.095 (-1.70)
アクセス速度(秒)	-0.033 (-0.10)	0.002 (0.34)
移動目的(制約有=1)	0.845 (1.68)	0.957 (2.06)
渋滞知覚量		0.278 (1.99)
性別(女性=1)	-0.516 (-0.98)	-1.262 (-2.46)
年齢(歳)	-0.886 (-1.47)	-0.034 (-0.05)
運転頻度(毎日車で通勤していれば=1)	0.040 (2.51)	0.001 (0.03)
サンプル数	82	82
的中率	88%	78%
初期尤度	-55.27	-56.74
最終尤度	-44.75	-46.29
尤度比	0.190	0.184

注1) 渋滞知覚量: 渋滞判定モデルを使って推計した値¹⁹⁾

注2) その他の説明変数は付録参照

事故情報のパラメータ値は正の値を示しており、論理的矛盾が生じている。従来のモデルでは複数の交通情報提供下の経路変更行動を十分に説明できていないことを示している。

行動的不均衡の枠組みのなかで情報アクセスプロセスを考慮したモデルNo.2では、パラメータがすべて負で有意な値を示しており、論理矛盾も生じていない。また、情報アクセスプロセスを考慮しないモデルNo.1における所要時間情報の重み係数は t 時点で-0.056、 $t+1$ 時点で-0.118であるのに対して、情報利用プロセスを考慮したモデルNo.2では、 t 時点で-0.108、 $t+1$ 時点で-0.169と、時点が後になるほど相対的に大きな値を示している。情報アクセスを考慮したモデルほど情報に対する感度パラメータが大きくなるといえる。

これは、情報を利用しないドライバーの情報に対する感度パラメータを0とし、情報にアクセスする確率の高い人の感度パラメータ値が高いことを仮定したためである。個々のトラベラー毎の情報に対する反応の異質性を式(19)、式(20)のように取り扱ったことにより、情報にアクセスした人について、より妥当性の高いパラメータ推定結果が得られているものと考えられる。

情報に対する反応の異質性を考慮せず、行動的不均衡を仮定したモデルNo.3では、交通情報以外の要因によって説明される確率効用項の時点間の相互依存関係を示す共分散パラメータは正で有意なパラメータ値を示している。状態依存パラメータも0.342と比較的大きな値を示しており、以前の時点の意思決定への依存度の高さが伺える。情報に対する感度パラメータの t 値は低いものの、モデルNo.1で生じていたパラメータの論理矛盾は

表-3 経路選択モデル推定結果

モデルタイプ	モデルNo. 1	モデルNo. 2	モデルNo. 3	モデルNo. 4
均衡	○	○		
不均衡			○	○
情報に対する異質性 非考慮	○		○	
情報に対する異質性 考慮		○		○
t 所要時間情報	-0.056 (-2.50)	-0.108 (-3.21)	-0.055 (-2.22)	-0.114 (-2.83)
t 工事・事故情報	0.042 (1.98)	-0.075 (-2.22)	-0.362 (-1.60)	-0.131 (-0.43)
$t+1$ 所要時間情報	-0.118 (-4.56)	-0.169 (-3.43)	-0.119 (-3.98)	-0.179 (-3.45)
$t+1$ 工事・事故情報	-0.365 (-0.37)	-1.356 (-2.57)	-0.553 (-2.36)	-0.928 (-3.32)
状態依存パラメータ $\beta^{t,t+1}$			0.342 (1.18)	0.239 (1.07)
誤差共分散パラメータ $\sigma^{t,t+1}$			0.523 (3.02)	0.635 (4.13)
サンプル数	82×2時点	82×2時点	82×2時点	82×2時点
初期尤度	-107.68	-107.68	-107.68	-107.68
最終尤度	-94.57	-92.33	-90.48	-88.53
尤度比	0.122	0.143	0.160	0.178

なくなっている。行動的な不均衡状態を考慮することで、情報に対する感度パラメータのバイアスが低減したものと考えられる。

情報に対する反応の異質性と行動的な不均衡状態の両方を考慮したモデルNo.4でモデルの適合度が最も高い。推定したモデルでは式(5)で示したように、 t 時点の効用 u_{in}^t と、 $t+1$ 時点の新たな情報の部分効用 $\gamma^{t+1} info_{in}^{t+1}$ に対して共通要因制約を考慮している。状態依存パラメータが0.5以下の値を示しているということは、1時点前の情報によって規定される経路*i*の効用が現在の時点の効用にあまり影響を及ぼしていないといえる。しかし一方で、説明変数以外の要因の時点間の相関を示す共分散パラメータ $\sigma^{t,t+1}$ は有意な値を示している。このことから、情報以外の要因によって説明される確率効用項の相互依存度が高いことがわかる。

5. おわりに

本研究では、複数の交通情報リソース下における動的な経路選択行動を記述するためのモデルフレームワークを示した。本研究で示したモデルフレームワークには、以下の2点に特徴がある。

1. 行動的な不均衡状態を前提とした経路変更行動の記述。
2. 情報アクセス行動に着目した情報に対する反応の異質性の記述。

行動的な不均衡は、効用関数の確定効用項と確率効用項について、それぞれ個別の対応をとることで表現した。確定効用項については、仮想的な行動的な均衡状態と以前の効用への依存度の比により現在の効用水準を表現し、効用の変化量を新たに獲得した交通情報の影響として表現した。また、確率効用項については、多重正規分布を仮定することで、時点間の誤差の共分散パラメータを確率効用項の時点間の相互依存度を表わすパラメータとして推定する方法を提案した。ケーススタディの結果、こうしたモデルのフレームワークを導入することにより、情報に対する感度パラメータの推定バイアスが低減し、モデルの内的妥当性が高くなることを確認した。

情報に対する反応の異質性を考慮した経路選択行動の記述について、情報アクセスモデルを経路選択モデルに内生的に組み込むことで表現するモデルを提案した。情報リソースへのアクセス結果に応じて情報に対する感度パラメータを変化させることで、トラベラー毎の情報に対する経路選択の感度パラメータの違いが表現できる。情報にアクセスしていないトラベラーの情報に対する感度パラメータとアクセスしている人の感度パラメータを区別して推定したことで、より正確な情報に対する感度の推定が可能となった。

本モデルが対象としたのは、2時点2経路の経路変更行動である。3時点以上の経路変更行動についても、確率効用項に多重正規分布を仮定したMultivariate Probit型モデルによる定式化が可能である。

今回確定効用項に関する状態依存パラメータは有意

な値をとらなかつた。これは、対象とした情報サービスはPre-Trip情報とIn-Vehicle情報であり類似性の低い情報サービスであったことと、提供される情報の内容に完全な直交性が確保されていたことに起因すると考えられる。実際の道路ネットワークにおいて複数の類似性の高い情報板が存在するようなケースでは、むしろ状態依存効果は大きくなると考えられる。行動的不均衡を考慮したモデルでは、情報サービスの単独の効果と他のサービスとの関連性を考慮した現実の効果の評価ができるため、複数の情報サービスの効果を測定する上で有効と考える。

今後の課題として、複数の経路を有する道路ネットワークにおける経路変更モデルへの拡張が考えられる。選択肢集合の選別モデルを上位モデルとした上で、絞り込んだ選択肢に対する経路変更モデルを考える2段階のモデルに拡張可能である。こうしたモデルフレームワークについては、実際の道路ネットワークにおける行動データを用いて、モデルの検証を進めることが重要と考える。一方で、現象を正確に記述することは、システムの効率的な評価とのトレードオフを生む。システムの全体評価に今回提案したような動的な経路変更モデルをどのように組み込んでいくかも今後の課題と考えられる。ひとつの実現可能な方向として、シミュレーションアプローチの中に動的な経路変更モデルとして組み込むことが考えられる。この他にも残された課題は少なくないが、本研究により、様々な交通情報サービスの混在する都市道路ネットワークにおける情報システムの整備・運用計画を適切に評価するための基礎的な行動モデルの開発という目的は達成できたと考えている。

謝辞:本研究の第4章で用いたデータは、著者が、日産自動車株式会社環境・交通研究所在籍中に調査を行ったものである。研究にあたり、快くデータを提供して頂いた日産自動車株式会社車両交通研究所香月伸一氏に感謝の意を表する。

付録:

ケーススタディで用いたデータについて

第4章のケーススタディで用いたデータは、コンピュータネットワーク調査により収集した。調査シナリオを付表に示す。調査では実験計画法に基づいて表に示されるSP 実験要因にそれぞれ水準を設定し、 L_{36} の直交表を使って水準の割り付けを行なった。

なお、要因の内容と水準はオフィスと車内で同一でも、出発前と走行中では、情報メディアそのものや時間帯が異なるため、呈示されるサービス条件や情報内容は変化する。

付表 調査シナリオ

場所	シナリオの内容	SP実験要因	設問
① オフィス (出発前)	移動条件の呈示	終業時刻、 移動目的	予想旅行時間 ^{a)} 、 希望出発時刻 ^{b)} 、 経路選択意向 ^{k)}
	Pre-Trip情報サービス条件の呈示	情報の精度 ^{a)} 、 一ビス料金 ^{b)} 、 操作性 ^{c)} 、 アクセス時間 ^{d)}	情報利用意向 ^{l)} 操
② 車内 (走行中)	Pre-Trip情報の呈示	各時間帯、 各経路別の所要時間 ^{e)} と工事・事故状況 ^{f)}	希望出発時刻 ^{b)} 、 経路選択意向 ^{k)}
	走行状況の表示	走行速度 ^{g)} 、 継続時間 ^{h)}	渋滞の判定 ^{m)} 、 予想旅行時間 ⁱ⁾ 、 経路選択意向 ^{k)}
② 車内 (走行中)	車内情報サービス条件の呈示	情報の精度 ^{a)} 、 一ビス料金 ^{b)} 、 操作性 ^{c)} 、 アクセス時間 ^{d)}	情報利用意向 ^{l)} サ
	車内情報の呈示	各経路別所要時間 ^{e)} と工事・事故状況 ^{f)}	経路選択意向 ^{k)}

注)a~hの()内の値は水準値

a)情報の精度:交通情報の精度(±5/10/15分)

b)サービス料金:情報サービス1回利用するのにかかる料金(0/10/30円)

c)操作性:情報サービスを利用するのに必要な操作ボタン数(0/3/7個)

d)アクセス時間:情報が表示されるまでに要する時間(0/30/60秒)

e)所要時間:対象ネットワークにおいて、本線と迂回路で、国道16号線に出るのにかかるそれぞれの経路の所要時間(12/13/17/20/24/26分)

f)工事・事故状況:対象路線における工事・事故の発生の有無(有/無)

g)走行速度:本線/迂回路の分岐付近の走行速度(10/20/40km/h)

h)継続時間:走行速度が何分間継続しているか(1/5分)

i)予想旅行時間:現在いる場所から国道16号線に出るのにかかるそれぞれの経路の予想所要時間(分)

j)希望出発時刻:オフィスを出たいと希望する時刻(時 分)

k)経路選択意向:希望する経路(4段階で回答:絶対本線/やや本線/やや迂回路/絶対迂回路)

l)情報利用意向:情報サービスを利用したいかどうか(4段階で回答:絶対利用/やや利用/あまり利用したくない/絶対利用しない)

m)渋滞の判定:走行状況から渋滞と判定するかどうか(2段階で回答:渋滞/渋滞でない)

参考文献

- 1) 自動車交通1998, 日産自動車, pp.38-41, 1998.
- 2) 羽藤英二, 谷口正明, 杉原頼寧, 桑原雅夫, 森田紳之: 複数交通情報利用リソースの利用行動を考慮した経路選択モデル, 土木学会論文集, No.597/IV-40, pp.99-111, 1998.
- 3) Golob, F. G., Kitamura, R. and Long, L.: Panels For Transportation Planning Methods and Application, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- 4) Kitamura, R. and Van der Hooft.: Regularity and irreversibility of weekly travel behavior, Transportation Vol.14, No.3, pp.227-252, 1989.

- 5) Hensher, D. A. and Smith, N. C.: Estimating automobile utilization with panel data: An investigation of alternative assumption and error covariance, *Transportation Research* Vol.24A, No.6, pp.417-426, 1990.
- 6) Pas, E. I. and Koppelman, F. S.: An examination of determinants of day-to-day variability in individuals' urban travel behaviour, *Transportation*, No.14, pp.3-20, 1987.
- 7) Ben-Akiva, M., de Palma, A., Kaysi, I.: Dynamic network models and driver information systems, *Transportation Research*, Vol. 25A, No. 5, pp.251-266, 1991.
- 8) Horowitz, J. H.: The stability of stochastic equilibrium in a two-link transportation network, *Transportation Research*, Vol.18B, pp.13-28.1984.
- 9) 小林潔司, 井川修: 交通情報によるドライバーの経路誘導効果に関する研究, *土木学会論文集*, No.470/IV-20, pp.185-194, 1993.
- 10)Hato, E., Taniguchi, M. and Sugie, Y.: Influence of traffic information on drivers' route choice, *The 7th World Conference for Transportation Research Proceedings*, Vol.1, pp. 27~40, 1996.
- 11)鈴木雪夫, 竹内啓: 社会科学の計量分析, 東京大学出版会, 1987.
- 12)吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田緯之: 都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションの研究, *交通工学*, Vol.30, No.1, pp.33-41, 1995.
- 13)飯田恭敬, 藤井聡, 内田敬: 動的交通流シミュレーションを用いた道路網における情報提供効果に関する分析, *交通工学*, Vol.31, No.6, pp.19-29, 1996.
- 14)Bonsall, P. W.: Analyzing and modeling the influence of roadside variable message displays on drivers' route choice, *Proceedings of the 7th WCTR*, Vol.1, pp.11-26, 1996.
- 15)室町泰徳, 兵藤哲朗, 原田昇: 情報提供による駐車場選択行動変化のモデル分析, *土木学会論文集*, No.470/IV-20, pp.145-154, 1993.
- 16)森地茂, 兵藤哲朗, 小川圭一: 情報提供システム評価のための交通行動分析手法に関する研究, *交通工学*, Vol.30, No.3, pp.21-29, 1995.
- 17)Morikawa, T., Ben-Akiva, M. and Yamada, K.: Forecasting intercity rail ridership using revealed preference and stated preference data, *Transportation Research Record*, No.1328, pp30-35, 1991.
- 18)山田菊子: 系列相関を持つRPデータとSPデータを同時に用いる交通行動モデルの推定法, *京都大学修士論文*, 1991.
- 19)小林潔司, 喜多秀行, 多々納裕一: 送迎・相乗り行動のためのランダム・マッチングモデルに関する研究, No.536/IV-31, pp.49-58, 1996.
- 20)屋井鉄雄, 中川隆広, 石塚順一: シミュレーション法による構造化プロビットモデルの推定特性, No.536/IV-41, pp.11-21, 1998.
- 21)Daganzo, C.: *Multinomial Probit, The Theory and Its Application to Demand Forecasting*, Academic Press, 1979.
- 22)Polak, J. and Jones, P.: The acquisition of pre-trip information: A stated preference approach, *Transportation* 20, No.2, pp179-198, 1993.
- 23)Hato, E., Katsuki, S. and Taniguchi, M.: An analysis of drivers' route choice and information acquisition behavior based on stated preference data collected through an intranet survey, *The 4th Intelligent Transportation Systems World Congress CD-ROM*, 8 pages, 1997.

(1999. 1. 4 受付)

DYNAMIC ROUTE SWITCHING MODEL CONSIDERING BEHAVIORAL UNEQUILIBRIUM UNDER MULTIPLE TRAFFIC INFORMATION SOURCES

Eiji HATO, Yasuo ASAKURA and Masuo KASHIWADANI

This study proposes the dynamic route switching model focused on the change in drivers' route choice behavior under multiple traffic information sources. In this route switching model, the state dependence effect on the previous decision making of route choices is considered by explicitly using the behavioral equilibrium condition in which the behavior itself is completely independent at time-variant. Furthermore, the active information acquisition behavior model under multiple traffic information sources is incorporated into the dynamic route switching model to represent the heterogeneity of reaction to the information. Also, the internal validity of the model was verified with consecutive route choice and information acquisition data collected by the travel simulator over computer networks. Consequently, it was confirmed that this enabled to alleviate the bias in conventional static route choice model.