

## [討議・回答]

野村哲郎  
外井哲志 共著  
清田 勝

# 「メンタルモデルにもとづく運転者の 進路推論に関する研究」への討議・回答

(土木学会論文集, No. 695/IV-54 2002年1月掲載)

## ▶ 討議者 (Discussion)

小川圭一 (立命館大学)・秋山孝正 (岐阜大学)

Keiichi OGAWA and Takamasa AKIYAMA

## 1. はじめに

本論文は、道路案内誘導システムの評価に用いることを目的として、道路網における運転者の進路決定行動のモデル化をおこなったものである。このとき、認知科学における「メンタルモデル」の概念を取り入れ、推論による進路決定行動のモデル化をおこなっている。

このような運転者の進路決定行動の分析は、固定的な道路案内誘導のみならず、動的な経路誘導情報などの評価にも応用できるものと考えられる。現在ITSの導入により多様な道路情報が運転者に提供されていることから、その影響を評価し、適切な情報提供方法を検討する上でも、こうした分析による運転者行動の解明は非常に重要な課題であると思われる。

しかしながら、今後のモデルの実用化を考える上では、いくつかの疑問点も感じられる。とくに、論文中においてドライバーの行動記述としての進路推論モデルの検証がなされていないこと、また目的とされている道路案内誘導システムの評価に対する、進路推論モデルの適用範囲が不明確であることなどが、主要な疑問点として挙げられる。筆者の感じた疑問点について挙げさせていただき、著者らのお考えをご教示いただければ幸いである。

## 2. 進路推論モデルの信頼性について

本研究では、メンタルモデルを用いて運転者の進路推論モデルが構築されており、これを前提とした道路案内誘導システムの分析が進められている。しかしながら、このモデルについては運転者の行動記述としての検証がなされていないため、現実的な運転者の行動がどの程度表現されているのかが不明確であると思われる。

著者らは第1章で、本研究の内容を「推論を考慮しない場合との比較にもとづいて、進路推論モデル導入による基礎的な効果を検証したものである」としている。また第5章で、進路推論の効果として「予定経路外の主要な経路が判明する」ことから、「無駄な標識の設置を防止できる」ことと、「案内誘導の条件付き最適化問題の求解困難性が改善される」ことを挙げている。

しかしながら、モデルの導入によってこれらの効果が得られることを示すためには、構築された進路推論モデルが運転者の進路決定行動を的確に表現していることが前提となる。したがって、現実的な運転者の経路選択行動にもとづいた、進路推論モデルに対する検証が必要であると考えられる。

また、同様にメンタルモデルの概念を取り入れたモデル化であっても、本研究で仮定している意思決定過程以外の形式を用いることも考えられる。たとえば、分岐点に案内情報がない場合には図-5のような真値を中心とした認知的距離の分布にしたがって分岐点を判断するものとしているが、運転者にとってつぎの案内情報の有無がわからない場合には、走行距離が分岐点までの認知的距離を超えてから案内情報がないことに気づき、判断をおこなうような意思決定過程も想定できると思われる。

著者らも第2章で「メンタルモデル上の推論を観測や実験によって明らかにすることは容易ではない」ことを指摘しており、このため「方法論として機能を再現すればよいという立場から、記号による処理を中心とした『情報处理的アプローチ』を試みる」こととしている。しかしながら、方法論として機能の再現がおこなわれているのかを論じるためには、運転者の行動記述としての検証をおこなうことが必要であると考えられる。

著者らも今後の課題点として、室内実験や実走行実験によるモデルの検証やパラメータの推定が必要であることを挙げているが、具体的にどのような検証が必要

要であるのか、またどのような検証が可能であるのかについて、検討をおこなうことが必要ではないかと考えられる。

### 3. 進路推論モデルの適用範囲について

本研究の進路推論モデルは、道路案内誘導システムの評価に用いることを前提に作成されている。しかしながら、道路案内誘導システムの評価をおこなう上では、構築された進路推論モデルの適用範囲を明確にする必要があると考えられる。

本研究では、図-8に示されている格子状の道路ネットワークを用いて検討がおこなわれているが、たとえば他の形状の道路ネットワークに対してはこのモデルがどの程度適用が可能であるのか、もしくはモデルの発展によってどの程度応用が可能であるのかについて、検討をおこなうことが必要であろうと思われる。

とくに、現実の道路ネットワークにおいては、複数のODの走行車両が混在し、それらに対する案内誘導が混在していることになる。また、対象となる道路ネットワークの範囲も、明確な境界が定められるわけではない。ここで構築された進路推論モデルやこれを用いた道路案内誘導システムの評価方法が、そのような

場合にも応用可能であるのかどうかは、モデルの実用性を検討する上で重要であると思われる。すなわち、構築された進路推論モデルの適用範囲について、またモデルの発展による今後の応用の可能性について、検討をおこなうことが必要と考えられる。

たとえば、ここで算定されているケース以外にも、ODパターンや案内情報の位置が異なる場合、道路ネットワークの形状が異なる場合においても、モデルの適用結果についてある程度一般性のある結論を得る必要があると考えられる。すなわち、本モデルの具体的な拡張方法について言及することにより、こうした問題が解明されると思われる。

### 4. おわりに

以上のように、本論文に対する疑問点として、①進路推論モデルの信頼性について、②進路推論モデルの適用範囲について、の2点を挙げさせていただいた。これらの疑問点について、著者らのお考えをご教示いただければ幸いである。

(2002.5.20 受付)

▶回答者 (Closure)

野村哲郎 ((株)コルバック)・外井哲志 (九州大学)・  
清田 勝 (佐賀大学)

Tetsuroh NOMURA, Satoshi TOI and Masaru KIYOTA

ものであり、研究全体の中で、「進路推論モデル」は、サブシステムに位置付けられる。

本研究で著者らがもっとも苦慮した点は、モデルの前提となっている情報、推論、迷走などの諸概念、およびそれら相互の関係の整理とその表現であったといえる。

そして、著者らの運転経験、案内標識の利用経験、迷走経験などを材料として、それらの経験に対して、上述した諸概念がどのように当てはまるかについて議論を重ね、論理性および一貫性を重視しながら、対象論文の図-4の推論フローを組み立てた。もちろんこのフローが運転者の推論のすべてをカバーできるとは考えていない。なぜならば、人間の思考はきわめてヒューリスティックであり、思考の短絡、中断、諦めなど、論理的に表現できない部分が多いと考えられるし、また現実の走行では短時間の判断を強いられることから、論理的な推論が難しく「成り行きまかせ」の判断も行われると考えられるからである。

したがって、本研究では、「予定経路を走行する」ことを求める運転者の思考過程を考察し、運転者が合

## 1. はじめに

討議内容は、①進路推論モデルの信頼性、②進路推論モデルの適用範囲に関するものであり、①についての具体的な回答は第3章、②については第4章で述べる。

なお、これらに先立ち、討議が本研究の方法論に関する内容を含むので、討議内容と関係づけて、本研究の位置付けと立場についてを次章で述べる。

## 2. 本研究の位置付けと立場

本研究は、対象論文の前書き等に詳しく述べているように、著者らが行ってきた道路網における案内誘導システムのあり方に関する一連の研究の一部である。その内容は、運転者が経路走行をする場合において、正しく予定経路を走行するために、分岐点で選択すべき方向をどのように推論し、意思決定するかを論じた

理的な決定に至るか、あるいは決定できない状態に至るかを説明するために、論理的一貫性のある仮説モデルを構築することを目指したものである。

### 3. 進路推論モデルの信頼性について

討議者は、本研究において、「運転者の行動記述の検証がないため、現実的な運転者の行動がどの程度表現されているかが不明確である。」と述べている。本研究が現実の行動データにもとづいて運転者の行動を実証的に明らかにしていないのは事実であり、その意味で検証はなされていない。

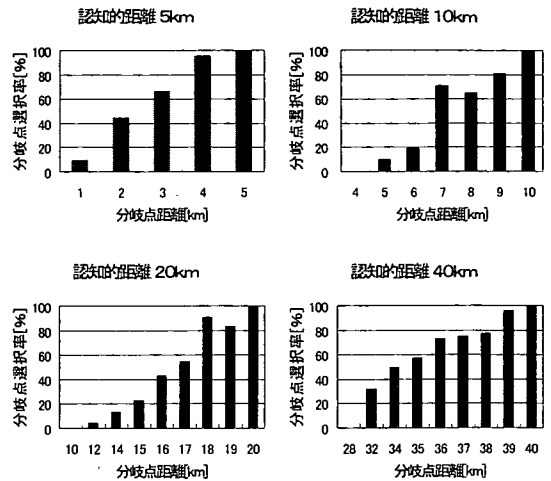
研究当初は、著者らも、実験や意識調査によるアプローチを試みた。しかし、対象論文で示した諸概念の整理や、対象論文図-4のフローで示した仮説モデルの構築などの準備が十分でなかったため、測定・調査できるデータだけをよりどころにして、断片的事実を累々と積み重ねていくばかりであった。すなわち、理解し、納得して行動する「内側」のダイナミズムが見えず、結果として、ほとんど得るものがなかった。

こうした経験から、まず論理性・一貫性の高い仮説モデルを構築するために、モデルの構想、システム構成、およびモジュール仮説について論議すべき重要性を認識した。しかし、こうした仮説モデルは多数のステップからなる複雑なものであるため、ステップの順序や各ステップの必要性の検証を行おうとすれば、きわめて多くの労力と長い期間を要することが予想される。

そこで、本研究では仮説モデルの検証を課題として残し、「構築した仮説モデルを用いれば、運転者の進路選択を“数量的に演算する”ことが可能であること」を示すこととした。このことにより、案内誘導の方法によって運転者の経路が分散することを数量的に示すことが可能となった(対象論文の図-10~12)。すなわち、案内条件を変数とし、運転者の推論過程を通して運転者の選択経路を出力する評価モデルを構築でき、これにもとづいた道路網の最適案内誘導システムを求めることが可能であることを示し得たといえる。

そして、最終目的である道路網の最適案内誘導システムを構築するためには、進路推論モデルそのものを対象としてその現実性を問う必要性は低く、むしろ対象論文の図-10~12などに示される出力の現実性を問えば十分であり、工学的に効率的であると考えていた。

こうした考え方を認知科学では、『情報处理的アプローチ』と呼んでいる。認知科学発展の歴史のなかで、「情報处理的アプローチ」とよばれている考え方



参考図 分岐点同定確率

の果たしてきた役割はきわめて大きく、これは人間を一種の「情報処理システム」としてみるというメタ理論からの研究である<sup>1)</sup>。「情報处理的アプローチ」は、実験心理学、言語学、計算機科学の相互の結びつきを可能にし、「認知科学」誕生の母体となった。さらに、哲学、文化人類学、教育学、生理学など、さまざまな研究分野との交流をさかんにし、現在にいたっている<sup>2)</sup>。

すなわち、従来の行動主義的心理学にもとづく方法では、要する時間・労力に対して得られるものが少なく、これらのいきづまりを打開する新しい行動の原理を探するために、人間の知能のような極めて複雑な対象を研究する方法論として、「情報处理的アプローチ」が生まれた。本研究では、この方法論を参考としたものである。

以上のように、「情報处理的アプローチ」を用いるものの、進路推論モデルを構成する要素については可能な限り現実性を重視すべく、シミュレータによる室内実験を行い、一定の成果を得つつある。

参考図<sup>3)</sup>は、対象論文の図-5, 6を合成したもの、または図-9に相当する方向転換位置同定の確率分布について、認知距離別に整理したものである。大部分の運転者が、曲がるべき予定分岐点より少し早めを選択する傾向にあることがわかる。その他の点についても必要に応じて実験等による検証を行い、近い将来公表したいと考えている。

また、討議者は、本研究で仮定している意思決定過程以外の形式の例として、「運転者にとって次の案内情報の有無がわからない場合には、走行距離が分岐点までの認知距離を超えてから案内情報がないことに気づき、判断を行うような意思決定過程も想定でき

る。」ということ述べている。

これは、「運転者が方向転換すべき分岐点を通り過ぎたことに気づき、来た道に戻ったり、迂回して本来の経路に復帰すべく行動すること」を討議者は想定していると思われる。この意思決定は、対象論文第3章2節で述べている代替推論の一種であると考えられる。代替推論は、本来は、案内情報の有無にかかわらず、予定経路外の走行を認識したとき、または意識的に代替経路を推論する機能をもっていると考える。しかし、対象論文では、システムの複雑化を避けるために、できるだけ単純化した。そこで、代替推論の機能を限定して、案内情報により予定経路外の走行を認識する場合に限って機能することにしている。

代替推論は、拡張すると複雑化し、検証方法も容易ではなく、研究不足の感は否めない。討議者の指摘の分も含めて、今後の研究課題としたい。

#### 4. 進路推論モデルの適用範囲について

討議者は、進路推論モデルの適用範囲を明確にすべきであるという指摘をしており、道路網の形態、道路網の境界、複数OD、ODパターンおよび標識位置の処理について言及している。

まず、道路網形態の例として、「格子状以外の形状の道路ネットワークに対して、本モデルは、どの程度応用が可能であるのかについて検討する必要がある。」と述べている。

格子状以外のネットワークでも適用は可能である。ただし、認知的経済性により、複雑なネットワークであっても、空間的情報が構造化される過程で単純化した認知をする傾向にあり、リンクの曲線性も含めて、認知的方向・角度の歪みが大きく影響する。

したがって、道路網の形態が格子状より複雑であれば、方向や角度に依存している代替推論と認知的距離にもとづく方向情報による推論の精度は低下することになる。

これらについては、討議対象論文の第2章(1)で述べている。

次に、道路網境界処理の例として、「対象となる道路ネットワークの範囲も明確な境界が定められているわけではない。その場合にはどういった適用をするのか。」と指摘している。

この件は、道路ネットワークを取り扱う分析においては、常に付きまとう問題である。一般的には、計算時間に依存しており、ある程度機械的に、数リンクの余裕をもって、各ODを含む矩形形状のネットワークを計算範囲の境界としたり、最短経路のルートに沿った

幅5 km や 10 km 以内などのリンクまたは交差点を含む範囲を境界としたりしている。

また、シミュレーション対象運転者の割合や使用する評価関数なども計算時間に影響するので、これらも考慮することになる。さらに、本モデルでは、迷走前までの絞込みルートが判明するので、絞込みルートを計算対象の境界範囲とすることができる(対象論文の図-10)。なお、案内標識が増加するにしたがって、絞込みルートおよび迷走車は減少し(対象論文の図-12)、計算時間は短縮する。

さらに、討議者は、複数ODの処理についての例として、「現実の道路ネットワークにおいては、複数のODの走行車両が混在し、それらに対する案内誘導が混在している。こういう場合にも応用可能なのか。」、そして「ODパターンや案内情報の位置が異なる場合での適用結果について、一般性のある結論が必要である。」と指摘している。

複数のODが混在する場合には、ODごとに本モデルを適用することになる。案内板にはすべてのODに対して満足する表示はできないので、OD数が多くなると、表示内容は限定されることになる。しかしながら、案内誘導が混在している場合には、ある経路への案内が他の経路への案内を兼ねたり、または予定経路外を走行中の運転者を予定経路に復帰させたり、目的地への代替経路を誘導する効果も発現する。なお、OD数やODパターンおよび案内情報の位置の差異によって推論の効果は影響を受ける。しかし、それらによって本モデルの適用範囲が変わることはなく、計算例のモデルケースでの効果順序も変化しない。

上記の趣旨のことは、対象論文の第4章(1)の後半および第5章(2)で述べている。

最後に、『進路推論モデル』を用いた援用方法について述べておく。

著者らは、本研究の「進路推論モデル」を単独で用いることを考えたことはなく、あくまで案内誘導システムの最適化の重要な要素として開発したものであり、例えば「道路網における案内標識の最適配置」といった利用の仕方を考えていた。すなわち、同時に複数のODを対象とし、各々に十分な案内をすることは現実に不可能であるし、道路網が格子状のように整然としていない部分においては、運転者の進路推論が困難となり、迷走も多くなると予想される。著者らが想定した最適案内誘導システムは、これらの迷走を起しやすき要素について個々に対応するのではなく、道路網全体における迷走の程度を定義し、これを最小化することによって、全体として解決しようとするものである。そのシステム最適化の所産として、交通量の多いODや経路が複雑なOD、さらには形状が複雑な

道路網の部分にはより多くの案内がなされることで全体のバランスが取れた解が得られるのである。

しかし、進路推論モデルを単独で用いる方法も考えられる。今後、その意義を探っていきたい。

## 5. おわりに

本研究で提案しているメンタルモデルは、運転者の行動を説明する仮説的構成体としてのモデルであり、その検証もない。それゆえに、読者にとっては、理解しにくく、納得し難い部分のある論文であったと思う。そういう論文を精査して頂いた査読委員および討議者には、感謝の意に絶えない。モデルの原理は単純なのに、ある程度厳密に表現すると難解になり、著者らも部分的には不満足、未消化の感は否定できない。

しかし、「計算機上でシミュレーションが可能な認知地図のモデルを構築した例はない<sup>9)</sup>。」とされており、対象論文により、メンタルモデルでの計算可能性

が確認できたことで、著者らの未熟さを許容された。

今回の討議により、対象論文において、十分に説明しきれなかったことを反省するとともに、どういうところが重要であるかを考え直す機会を与えてもらったことに感謝する。

## 参考文献

- 1) 佐伯胖, 戸田正直: 認知科学の方法, 認知科学選書第10巻, 東京大学出版会, pp. 129, 1997.
- 2) 同上, pp. 141.
- 3) 山崎陽平, 辰巳浩, 外井哲志, 野村哲郎: 目標分岐点の同定確率分布特性とその閾値について, 土木学会西部支部研究発表会, pp. B 258-B 259, 2002.
- 4) 若林芳樹: 認知地図の空間分析, 地人書房, pp. 83-91, 1999.
- 5) 伊東正男, 佐伯胖: 認識し行動する脳 (脳科学と認知科学), 東京大学出版会, pp. 283, 1988.

(2002.9.27 受付)