

# ことばによる空間認知と交通行動のモデル\*

## Modeling Spatial Cognition and Traffic Behaviour Linguistically\*

鷹尾和享\*\*・朝倉康夫\*\*\*

By Kazutaka TAKAO\*\* and Yasuo ASAKURA\*\*\*

### 1. 背景とねらい

従来、交通行動の分析を行う主要な目的の1つは、交通需要を量的に予測することであった。したがって、交通行動研究の関心は多くの場合、結果としての行動に向けられており、心理学的な側面が取り上げられることはあっても、経済学的な行動モデルの枠内にとどまる場合が多かった。この構図のもとで、経済学者が採用した学問的方略は、個人の行動の因果的背景を徹底的に簡素化するというものであったり。そこで、効用という概念が導入され、効用を使ってヒトの行動が記述されてきた。このような状況下で、交通行動に関する多くの研究が行動結果の説明要因として所要時間と費用に偏重することとなった。

ところが、ヒトが多くの代替案の中から1つを選択して行動に移る時、何らかの心理的な思考過程を経ていると思われる。そのような心理状態に着目した研究例は、上記の経済学的なアプローチのもとでは少ないのは致し方ないことであった。

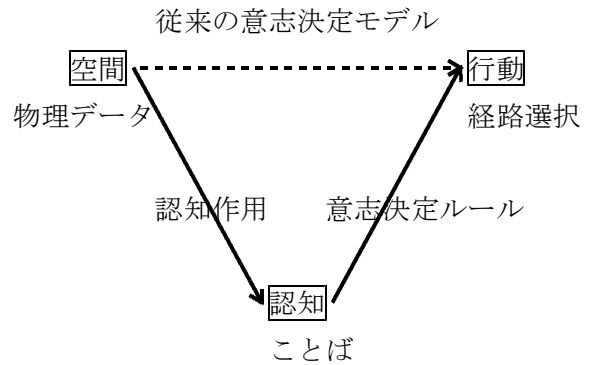
また、ロジットモデル等、観測可能な要因と行動結果との関係を数値的に解析するというアプローチが多く、思考過程に踏み込んだ研究例は少ないのが実情であった。

本稿はこのような経済学的なアプローチとは違った観点、すなわち、心理学的・人工知能的なアプローチでヒトの交通行動、特に経路選択行動をモデル化しようとするものである。とりわけ、ことばを用

いれば、ヒトの心理状態や思考過程をうまくとらえることができるのではないかと考え、ことばによるヒトの空間認知と交通行動、特に経路選択行動の意志決定プロセスの構造解析およびモデル化を行うための枠組みとその設計について述べる。本研究では、代替案の選択結果としての行動や代替案の選択確率のみに着目するよりも、ことばを用いてヒトの心理状態や認知状態を記述することにウエイトを置く。

### 2. モデルの枠組み

#### (1) 概要と位置付け



-----> : 従来のアプローチ

————> : 本研究のアプローチ

図—1 モデルの枠組み

交通行動、特に、経路選択行動は、いくつかの代替案（経路）の属性を検討して1つの経路を選び、それを行動に移すことである。交通経路は、都市空間・交通空間の構成要素であるから、交通行動研究は空間と行動との関係を研究することであると言える。図—1のように、交通行動研究に関する従来のアプローチの多くは、空間の物理データと行動結果の間をロジットモデルや統計的手法を用いて直接解

\* Keywords: 経路選択、交通行動分析、自然言語処理

\*\* 学生員 工修 神戸大学大学院 自然科学研究科 博士課程後期課程

〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

Tel: 078-881-1212 ex.6360

E-mail: 003d912n@y02.kobe-u.ac.jp

\*\*\* 正員 工博 神戸大学大学院 自然科学研究科 教授

析するものであった。また、心理状態を取り上げることはあっても、観測可能な物理データを用いて間接的に取り扱う場合が多かった。たとえば、森川ら<sup>2)</sup>は、心理的な尺度を表す潜在変数を導入し、構造方程式モデルで定式化して同定するという方法をとっている。これに対して、本研究では、空間と行動との間に「認知」を配置し、認知の仕組みをことばで解析することによって、より直接的に思考過程をとらえることを目指す。つまり、空間の状態をヒトが認知し、その認知結果から意志決定が行われて行動として表れるというプロセスとして交通行動をとらえる。

一方、新垣ら<sup>3)</sup>は方向音痴に関する研究を行っているが、空間にあまり詳しくない人の動的な空間認知が研究対象であるといえる。これに対して、本稿では、空間認知がある程度 deep であるという状態での静的な問題としてとらえる。

### (2) 空間と認知との関係の記述

本研究では、ことばによる空間認知モデルを作成し、認知作用をルールで記述する。認知作用は、代替案の属性に空間の条件が作用して認知結果が生まれるというとらえ方をとする。たとえば、ある経路に照明灯が存在し、時刻が夜の場合は、「明るい」という認知結果が生じる。これを、

「照明灯」 & 「夜」 → 「明るい」

というルールで表す。つまり、代替案の属性である「照明灯」に空間の条件として「夜」が作用すると認知結果の「明るい」が生じるという意味である。

### (3) 認知と行動との関係の記述

認知結果が出たら、それから経路選択を行う仕組みをモデル化する。数値解析的なアプローチをとった研究例の多くが効用を用いた補償型の意志決定モデルを採用しているのに対し、本研究では非補償型の意志決定モデル、特に、Elimination-By-Aspects<sup>4)</sup>がふさわしいと考え、それに沿ったルールベースのモデル化を行う。つまり、「明るい」等の認知結果の優先順位から代替案を取捨選択していくことになる。

## 3. 自然言語処理の手法

### (1) 自然言語処理の「訓練」

次に、このようなルールをどのように作成するかが問題となる。ことばに関するルールの作成は自然言語処理の分野で広く行われている。自然言語処理では、言語データを使って「訓練」が行われる。「訓練」とは、それぞれの事例の素性(feature)を使って正解の出力を決めるための分類器を作成することである。たとえば、「信濃の川」を英語に訳す場合、「の」をどう訳すかを考えてみる。この場合、「in」「of」「at」等いろいろ考えられるが、近隣の語を参照して「in」と決めることになる。逆に言えば、この場合の正解は「in」であるということが与えられると、

「の」 & 「信濃・川」 → 「in」

というルールを作成することができる。つまり、

入力：日本語 (の)

出力：英語 (in)

素性：近隣の語 (信濃・川)

ということになる。

一方、本研究の空間認知問題の場合も同様に、アンケート等で自由に記述された文からルールを構築できると思われる。たとえば、「照明灯があるので夜でも明るい」という文から

「照明灯」 & 「夜」 → 「明るい」

というルールを作成するなら、

入力：代替案の属性 (ことばで記述される)

出力：認知結果 (ことばで記述される)

素性：空間の条件 (ことばで記述される)

ということになる。この場合、同一文中に入力、出力、素性が混在することになるので、ことばをこの3つのカテゴリに分類し、語彙知識として整理する必要がある。

### (2) 語彙知識の作成

語彙知識の作成に関しては、Tokunaga et al.<sup>5)</sup>がバーチャル空間のロボットの動作に関する語彙辞書の作成を行っている。彼らは、コンピュータ空間の仮想的なロボットをことばで制御するために必要な語彙知識を収集・整理しているが、その方法として、既存の辞書の利用というトップダウンアプローチと、あるシナリオを想定してそれに使われることば

を収集・整理するというボトムアップアプローチを併用している。本研究でも、同様にして、アンケートの自由回答文からの語彙知識の獲得と、既存の辞書の利用とを併用する必要があると思われる。

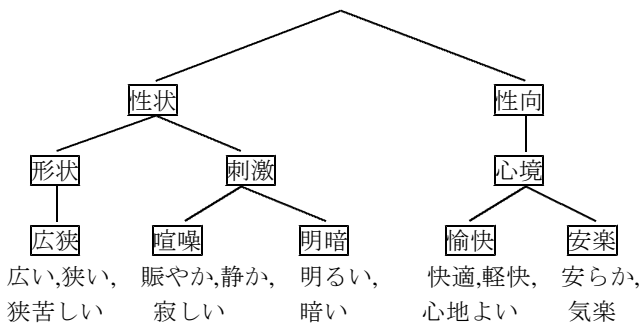
#### 4. モデルの構築法

##### (1) データ収集

以上をふまえて、本研究のモデルの構築法について述べる。まず、ことばで自由に記述してもらうようなアンケートを実施して言語データの収集を行う。それは、頻繁にトリップする特定のODペアを指定し、それについての経路をいくつか挙げてもらい、それぞれの印象をことばで記述してもらうものである。また、それとともに、なぜその経路を選択したかについてもことばで記述してもらう。自然言語処理では、コーパスと呼ばれる、特定の分野の大規模な例文集を使って研究を行う場合が多い。それに比較して、アンケートの自由回答文だけではきわめて量が少ないと言える。したがって、以下のような方法を併用してデータ収集を行う。

##### (a) 既存のシソーラスの利用

シソーラスとは、ことばを意味によって分類・整理した辞書である。良い辞書ならことばがうまく体系的に整理されているはずなので、既存のシソーラスを交通行動用にチューニングする方法をとれば、効率的に語彙数を増やすことができる。



図—2 シソーラスの例

##### (b) アンケートの工夫

アンケート実施時点だけでなく、過去に実際にあった状況のことを思い出してもらい、同様に記述してもらう。また、長期間にわたって継続的に実施す

ることにより、異った状況下でのデータが得られる。

##### (c) Web からのデータ収集

Web には空間の認知に関する記述や、交通行動についての記述が多数存在すると思われるので、これを効率的に収集すれば大量の言語データが得られると思われる。ただ、Web ページはその多様性により適切なコーパスを集めることが難しい<sup>6)</sup>ので、漫然と検索ページを利用するだけではうまくいかない。さらに、文中に印象を表すことばが含まれている必要がある。したがって、ニュース記事や研究論文等のページはふさわしくなく、日記や掲示板のページであれば良い言語データが得られると思われる。

##### (d) 言語連想法

被験者にあるキーワードを提示し、それから連想することばをいくつか書いてもらう方法である。これによって、関連の深いことばの組が得られる。

##### (2) 空間認知のためのシソーラスの構築

アンケートの回答文に登場したことばを前述のように、以下のカテゴリに分類する。

##### (a) 代替案（経路）の属性を表すことば

例：「照明灯」「街路樹」「屋根」

##### (b) 空間の条件を表すことば

例：「夜」「夏」「晴れ」

##### (c) 認知結果としての心理状態など

例：「明るい」「涼しい」「和む」

そして、空間認知のための語彙知識を体系的にまとめ、シソーラスとしてまとめる。アンケートの自由回答文だけでは量が少なく、網羅性に欠けるので、自由回答文からことばを拾い出すボトムアップアプローチと、既存のシソーラスの利用というトップダウンアプローチを併用する。その際、既存のシソーラスは空間認知や交通行動に限って構築されたものではないので、ことばの意味体系は広範囲に及ぶ。したがって、本研究の用途に合わせてチューニングする必要がある。そのために、自由回答文に登場したことばを手がかりに、シソーラスから本研究に関係のあるエンタリを抽出し、空間認知および交通行動用に再構成するとともに、語彙の充実を図る。

##### (3) 空間から認知への作用ルールの作成

次に、空間から認知状態への作用の知識をルールの形で作成する。ルールの作成方法は、元となる言語データの量によってアプローチが違ってくる。

言語データの量が少ない場合、ルールを手で作成していくのが普通であった。本研究の場合も、アンケートの回答文だけならば量が少ないので、手作業でのルール作成になると思われる。

もし大量の言語データが得られるならば、共起性を調べる方法が利用できる。関連の深いことばのペアであれば、同一文中に出現する確率が高いので、この性質を利用して各ルールを構成することばの組み合わせを効率的に抽出することができる。

#### (4) ルールベースの意志決定モデル

最後に、認知結果から1つの経路が選択される意志決定のモデル化を行う。本研究での意志決定は、たとえば、「明るい」「濡れない」「楽」「速い」「涼しい」等と認知された状態の各経路から1つの経路を選ぶためのプロセスである。本研究では Elimination-By-Aspects<sup>4)</sup>または Bohanec et al.<sup>7)</sup>のモデルを用いるのがふさわしいと考えた。これらのルールベースの意志決定方略を用いることによって、効用を用いたアプローチでは得ることが難しい要素、つまり、ヒトが意志決定を行うまでの論理的な思考過程をうまくとらえることができると思われる。

Elimination-by-Aspects は、あるアспектを持たない代替案を候補から削除していくという非補償型の意志決定方略である。被験者にアспектを順序づけてもらい、それによって代替案の排除の過程を表現することができる。たとえば、認知結果が

代替案1：濡れる、いらいらする、速い

代替案2：濡れない

代替案3：速い、楽、高い、濡れない

という場合で、被験者のアспектの優先順位が

濡れない>明るい>速い>…

の場合を例にとって説明すると、まず、「濡れない」から代替案1が排除される。次に、「明るい」はどの代替案にも存在しないので、何も排除されない。次に、「速い」から代替案2が排除され、その結果、代替案3が残る。

Bohanec et al.のモデルは、ルールベースの意志決定モデルと数量的なモデルを融合させたモデルであ

る。「明るい」等の属性を依存構造によってツリーで表す。各属性値は{excellent, good, average, poor}等の形で質的に表現する。そして、ツリー末端の属性値から根に向かって if-then ルールで集計していき、各代替案のトータルの評価が決まるというモデルである。さらに、if-then ルールを乱さないように点数付けを行い、末端の属性値の微妙な差異を表現することも可能である。

#### 5. おわりに

本稿ではことばを用いて空間認知と交通行動を表現するモデルを提案し、その設計方針について述べた。今後は実際にデータ収集やモデル構築を行っていく予定である。その結果については稿を改めて報告する。

#### 参考文献

- 1) 藤井聡: 交通行動分析の社会心理学的アプローチ, 交通行動の分析とモデリング (北村隆一・森川高行編著) 第3章, 技報堂出版, 2002
- 2) 森川高行・竹内博史・加古裕二郎: 定量的観光魅力度と選択肢集合の不確実性を考慮した観光目的地選択分析, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.117-124, 1991
- 3) 新垣紀子・野島久雄: 道に迷うのはなぜか: 方向音痴の認知的側面と社会的側面, NTT R&D 2000年5月号 (Vol.49 No.5), 2000
- 4) Tversky, A.: Elimination by Aspects: A Theory of Choice, Psychological Review Vol.79, No.4, pp.281-299, 1972
- 5) Tokunaga, T., Okumura, M., Saito, S., and Tanaka, H.: Constructing a Lexicon of Action, in proceedings of LREC2002, pp.172-175, 2002
- 6) 松尾豊・石塚満: 語の共起の統計情報に基づく文書からのキーワード抽出アルゴリズム, 人工知能学会論文誌, Vol.17, No.3, pp.217-223, 2002
- 7) Bohanec, M., Urh, B., and Rajkovic, V.: Evaluating Options by Combined Qualitative and Quantitative Methods, Acta Psychologica, Volume 80, Issues 1-3, August 1992, pp.67-89, 1992