

進路推論を用いた案内標識の最適配置に関する研究

九州大学大学院工学府 学生会員 海 友明  
 九州大学大学院工学研究院 正会員 外井哲志  
 株式会社コルバック 正会員 野村哲郎

1. まえがき

道路案内標識の目的は、運転者が迷うことなく目的地に到達できるよう、彼らを誘導することである。そして、案内誘導における検討内容の枢要は、道路網上での標識設置個所と表示内容の決定にある。

現実には完全な経路誘導を行うことは不可能なので、運転者は不完全な情報をもとにした推論によって進路を選択せざるを得ない。案内誘導は、運転者のこうした進路推論に十分対応できるものでなくてはならないが、一方で、運転者の推論能力に依拠できれば、合理的な案内誘導システムを構築できる。

本研究では、運転者に進路推論を仮定した上で、案内誘導システムを最適化する手法を提案する。具体的には、野村、外井らによる進路推論モデル<sup>1)</sup>を導入して、各案内誘導パターンに対する走行距離をシミュレーションで算出、道路網全体での総走行距離を、地名(目的地)を段階変数、案内誘導パターンを政策変数とした動的計画法によって最小化した。

2. 進路推論

運転者は情報にもとづいて推論を行いながら、進路を決定する。

(1) 既知情報

これから走りしようとする予定経路に関する情報である。

a) 方向情報

ターニングポイント

で曲がる角度。起点から順に  $i=1,2,\dots,n_i$  と取り、 $i$  番目で曲がる角度を  $d_i$  とする。反時計回りを正として直進を  $d=0$  とする。起終点( $i=1, n_i$ )では  $d_i=0$ 。

b) 距離情報

中継地点間のリンク長である。 $i$  番目の中継地点から  $(i+1)$  番目の中継地点までの長さを  $l_i$  で表わす。

図-1 のように、ノード1からノード4に移動するODを考える場合は、次のように表わされる。

$$(d_i)=(0, -90, 90, 0), (l_i)=(6, 32, 5)$$

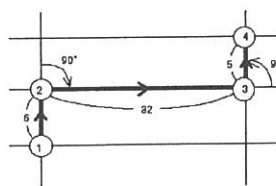


図-1 既知情報の概念図

(2) 獲得情報

案内標識から得られる情報である。標識は、リンク終点のノード流入部にのみ設置し、案内地名を方向で表わす。

(3) 推論

既知情報と獲得情報を比較して現在位置を推定し(比較推論)、今後の進路を決定する過程である。

比較推論では、現在ターニングポイントに到達しているかの判断が重要である。そこで、走行距離  $s$  が既知情報の  $l_i$  以上であれば、ターニングポイントに到達したと考えるが、本来  $l_i$  および  $s$  は誤差を含む認知距離である。本研究では、 $s$  は正しい数値が得られるものとして、 $l_i$  に認知的距離  $l_{ci}$  を導入する。一般に  $l_{ci}$  は  $l_i$  の周りに分布する確率変数と考えるが、分布型が不明なので、図-2の三角分布を仮定する。

各運転者は、

現在ターニングポイントに達していると

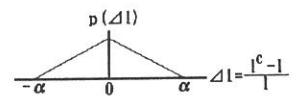


図-2 方向転換ノード選択の確率分布

判断されると

きに( $s \geq l_{ci}$ )、表示がなければ既知情報  $d_i$  の方向に、逆に表示があれば表示される方向に進む。また、ターニングポイントに達していなければ( $s < l_{ci}$ )、そのまま直進する。

(4) 迷走

本研究では、予定経路を外れ、推論不能となった場合を迷走とする。この場合、偶発的に有効な案内情報を得るまでは、進路はランダムに決定される。

3. 最適化の手法

全ての運転者が目的地に到達するまでに要する走行距離の総和の最小化を図る。案内誘導の最適化にあたっては、決められた予算制約(標識設置個数、方向別案内地名数)の中で、それを達成するための表示地名、設置リンク、表示方向を決定することを考える。本問題は、標識設置リンクおよび方向別案内地名数を資源とした最適配分問題であり、求解に

あたっては、動的計画法を適用することができる。

ここで、有効な表示地名として各ODの目的地のみを考えると、互いに異なる目的地を持ったODを独立に扱えるので、本問題は、設置リンクおよび表示方向の組み合わせを政策変数とした多段階一次元問題となる。このことから、地名(目的地)を段階変数として採用した。

地点*i*を目的地とするOD-*j*について、政策変数*x<sub>i</sub>*を採用した場合の平均到達距離を $\overline{t_{x_i,j}}$ とする。こ

れにOD交通量*q<sub>j</sub>*を乗じたものを $w_{x_i,j} (= \overline{t_{x_i,j}} \cdot q_j)$ とすると、これは、政策変数*x<sub>i</sub>*を採用した場合におけるOD-*j*の総走行距離である。地名(目的地)*i*を段階変数とするので、評価関数を $f_i(x_i) = \sum_j w_{x_i,j}$ とす

ると、最適化問題は以下のように定式化される。①は道路網全体での走行距離の総和の最小化を図る式であり、②は標識設置個数、③は方向別案内地名数に関する制約条件である。

$$\text{Minimize } Z = \sum_j f_j(x_j) \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\text{Subject to } \sum_i \{1 - \prod_{l,n} (1 - \xi_{i,l,n})\} \leq N_s \quad \dots \textcircled{2}$$

$$\forall l, n; \sum_i \{1 - \prod_{i,l,n} (1 - \xi_{i,l,n})\} \leq N_a \quad \dots \textcircled{3}$$

ここで、

$\xi_{i,l,n}$ : 段階*i*において政策変数*x<sub>i</sub>*を採用するとき、

リンク*l*で、地名*i*を*n*の方向に表示するならば1、表示しないならば0を取る。

*N<sub>i</sub>*: 地名個数, *N<sub>s</sub>*: 標識設置個数の上限

*N<sub>l</sub>*: リンク数, *N<sub>a</sub>*: 方向別案内地名数の上限

次に、第*n*段階において、制約条件を満たす案内誘導パターン(設置リンクおよび表示方向の組み合わせ)を*b<sub>n</sub>*とする。この*b<sub>n</sub>*は政策{x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, ..., x<sub>n</sub>}の重ね合わせによって発生する。この*b<sub>n</sub>*の集合を*B<sub>n</sub>*とすると、関数方程式は④~⑥のようになる。ここで*y*は、状態*b<sub>n</sub>*と比較して、標識設置個数および各リンクの方向別案内地名数がいずれも同数であるか、それ以下となるような案内誘導パターンを表わす。

$$V_k(b_k) = \min_{y \in B_{k-1}} [f_k(x_k) + V_{k-1}(y)] \quad (k=2,3,\dots,N_i) \quad \dots \textcircled{4}$$

$$b.c. \quad V_1(b_1) = f_1(x_1) \quad \dots \textcircled{5}$$

$$Y_{k-1} = \{y | y \leq b_k, y \in B_{k-1}\} \quad \dots \textcircled{6}$$

#### 4. 計算例

図-3の道路網を用いて、最適化計算を行う。道路網は往復80リンク、25ノードからなる。OD交通量は表-1に示す。標識は2個設置でき、方向別表示地名数は1個までとした。太線は最短経路。最適解は次の通りである。

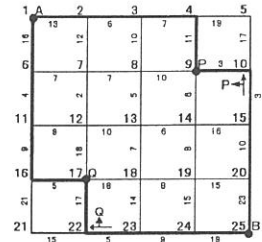


図-3 例題の道路網

表-1 OD交通量

	D	P	Q
A		1.00	1.00
B		1.00	1.00

リンク15-10: 左折方向, リンク23-22: 右折方向

2つとも最短経路上に配置されているが、これは、図-2の仮定から、ターニングポイントに差し掛かった時点で、まだ曲がるべきではないと判断する運転者が50%存在するためで、そこで誘導することによって、残りの50%という多数の運転者を目的地に到達させることが出来るためと解釈できる。なお、この誘導によって、総走行距離は、案内誘導を行わないときの43,355から26,543へと削減できた。

#### 5. あとがき

本研究は、道路網における案内誘導の最適化に関して、運転者に進路推論を仮定した上で、総走行距離の最小化を図ることを目的とし、数理モデルの提案を行ったものである。

運転者に進路推論を仮定したことにより、運転者が到達しやすいリンクに標識を設置できることが、本モデルの特徴である。運転者が最短経路から逸脱することを未然に防ぐのみならず、逸脱後も適確な代替経路へ誘導することによって、合理的に迷走量を削減することを可能とした。

#### 参考文献

- 1) 野村哲郎, 外井哲志, 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, 土木学会論文集 No.695 /IV-54,45-58,2002.1