

予定経路を走行するドライバーのための 案内情報システムの評価

米森 一貴¹・外井 哲志²・大塚 康司³

¹非会員 九州大学大学院 統合新領域学府オートモーティブサイエンス専攻
(〒819-0385 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:yonemori@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 九州大学大学院准教授 工学研究院環境都市部門 (〒819-0385 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail:toi@doc.kyushu-u.ac.jp

³正会員 株式会社建設技術研究所九州支社 (〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12CTI福岡ビル)

E-mail:k-ootsuka@cite.co.jp

道路案内標識の体系に関する既存研究は少なくないが、道路案内標識の案内効果に関する研究は少なく、主観による評価や、実走行が必要な評価が多いのが現状である。また人手を介さず評価していても予定経路を考慮した研究はほとんどない。しかし、「道路標識設置基準・同解説」¹⁾によると、道路案内標識は事前に地図等で調べ予定経路を設定した上で利用することを前提として作られている。本研究では、こうした状況を踏まえ、予定経路を設定した上での案内標識システムの評価を行う。このため、本研究では予定経路の情報やドライバー運転者の記憶などに基づいた案内情報の曖昧さに関する評価式を定式化した。これにより、利用する情報に応じて、案内標識が最低限満たすべき要件の評価やドライバー特性を考慮したより現実に近い様々な状況の評価が行える。

Key Words : road sign, route guidance, system evaluation ,traffic information, traffic management

1. はじめに

近年急速に進歩している情報・通信技術を用いて道路交通を情報化、知能化し、これをさまざまな道路交通問題の解決に応用しようというITSが発展しつつある。現在注目を浴びているこれらの研究・開発は、自動車メーカー、電気機器メーカーなどによる商品開発者側の視点から行われているものが多く、交通管理者、道路管理者側の視点からの研究はあまり脚光を浴びていない。

また、従来の交通情報提供施設として道路案内標識は、「道路標識設置基準」にもとづいて設置されているが、根拠とする経路誘導理論は完全なものではない。したがって、各種のITSの導入による社会的な効果を把握し、その評価を行うためにも、今後こうした交通管理者、道路管理者側の視点からの研究を推進することが必要である。

道路案内標識の体系に関する既存研究は少なくないが、道路案内標識の経路誘導の評価に関する研究は少ない。

日野ら²⁾は、案内標識システムをアンケート調査による主観評価により有効度を定義し評価を行った。島崎ら³⁾は、4段階推定法の配分交通量の推計で時間比配分法を用い、道路案内標識の経路誘導効果を検討した。若林ら⁴⁾⁵⁾⁶⁾は、サクセスツリー法を用い現実道路網の評価を実際に走行することでドライバーの理解度を考慮して評価を行った。香取ら⁷⁾は、案内標識が誘導する経路を仮定し、現実道路網を走行させたときその仮定した経路と実際に走行した経路を比較することで標識ネットワークの評価を行った。以上のように、主観のみの評価や、評価のために実際に走行をする必要がある研究が多いのが現状である。

また香取ら⁸⁾は他にも、案内標識に記載されている地名に到達可能かという評価方法で、標識ネットワークを客観的に評価している。しかし、この研究では予定経路を考慮していない。「道路標識設置基準・同解説」によれば、「道路利用者は未知の場所に旅行する場合には、道路地図などであらかじめ経路の選択をし、その経路を標識で確認しながら旅行することが妥当であると思われる。」と述べてある。しかし、予定経路を

設定した上での案内ネットワーク評価の研究は少ない。本研究では、こうした状況を踏まえ、予定経路を設定した上での案内標識システムの評価を行うものである。

本研究では、案内標識の曖昧さに関する評価式を定式化し、ドライバーが利用する情報に基づいて様々な状況の評価を行うことを目標とし、①案内標識が最低限満たすべき要件の評価、②実験により求めたドライバー特性を考慮することによる、より現実に近いシステムの評価、③ドライバーの利用する情報を設定することで、走行前に曖昧さが少ない予定経路の立案について考察する。

2. 本研究の仮定

(1) 用語の定義

a) 道なり

曲がる交差点の位置同定開始の条件が整うまでドライバーは、交差点に差し掛かって意識的に進路選択は行わずに、道なりに走行すると考える。

「道なり」とは、分岐路線の中で、進入道路に対して一番角度の小さい道路、あるいは、分岐路線の中で路線番号が現在走行している路線番号と同じ道路であると定義する。

b) 曲がる

予定経路設定の際に、曲がるべき交差点を設定するので「曲がる」という定義が必要である。「曲がる」とは、道なり(進入路線と一番角度のない道路、もしくは現在走行中の路線)でない道路へ進む、あるいは、T字路・Y字路での行動と定義する。

(2) 交差点の分類

ドライバーは、事前に設定した予定経路を元に「曲がるべき交差点」か、「道なりに進むべき交差点」かの同定を行いながら走行すると考える。そこで、状況に応じ、以下に示す3つの交差点に分類する。

a) 曲がるべき交差点

事前に設定した予定経路上の曲がる交差点の情報を元に、ドライバーが曲がる交差点と同定ができる交差点。

b) 道なりに進むべき交差点

事前に設定した予定経路上の道なりに進むべき情報や、曲がるべき情報を使い、ドライバーが道なりに進むべき交差点と同定できる交差点。

c) 同定できない交差点

事前に設定した予定経路上の道なりに進むべき情報や、曲がるべき情報を使っても、ドライバーが曲がる交差点か道なりに進むべき交差点かの同定ができない

交差点。

(3) 前提条件

a) 予定経路の設定

ドライバーは、走行前に地図を用いて予定経路を設定し、案内される可能性のある各情報要素およびその組み合わせを覚えて、それらの情報を用いて分岐点の同定、進行方向の決定を行う。

b) 使用可能な情報

使用可能な情報を以下に定める15個とする。その15個の情報は大きく分けて4種類に分類できる(表-1)。

第一グループは、「2.(2)で定義した3つの状況のどれかを同定する情報」であり、①曲がるべき交差点名 $\xi_{t,mn}$ 、②道なりに進むべき交差点名 $\xi_{i,mn}$ 、③曲がるべき交差点と同定できる建物 $\xi_{o,mn}$ 、④道なりに進むべき交差点と同定できる建物 $\xi_{d,mn}$ 、⑤暗記による次に曲がる交差点までの残り交差点数 $\xi_{s,mn}$ の5つとする。⑤ $\xi_{s,mn}$ 以外の各情報はその情報があるときは1、無いときは0とする2値データとする。⑤ $\xi_{s,mn}$ は0と自然数をとる。

第二グループは、「交差点での選択肢の数を定める情報」であり、⑥暗記による行動(右左折など) $\xi_{a,mn}$ 、⑦案内標識の地名 $\xi_{j,mn}$ 、⑧方角 $\xi_{b,mn}$ 、⑨道路形状で見た道なり $\xi_{f,mn}$ 、⑩路線番号で見た道なり $\xi_{l,mn}$ の5つとする。各情報はその情報があるときは1、無いときは0とする2値データとする。

表-1. 使用可能な情報

グループ	情報	記号
第一グループ	曲がるべき交差点名	$\xi_{t,mn}$
	道なりに進むべき交差点名	$\xi_{i,mn}$
	曲がるべき交差点と同定できる建物	$\xi_{o,mn}$
	道なりに進むべき交差点と同定できる建物	$\xi_{d,mn}$
	暗記による次に曲がる交差点までの残り交差点数	$\xi_{s,mn}$
第二グループ	暗記による行動(右左折など)	$\xi_{a,mn}$
	案内標識の地名	$\xi_{j,mn}$
	方角	$\xi_{b,mn}$
	道路形状で見た道なり	$\xi_{f,mn}$
	路線番号で見た道なり	$\xi_{l,mn}$
第三グループ	次に曲がるべき路線番号	$\xi_{r,mn}$
	曲がるべきでない路線番号	$\xi_{n,mn}$
第四グループ	時間・距離感覚	$\Phi(\epsilon)$
	案内標識の有無	$\Omega(m)$
	交差点の規模	$\Psi(\delta)$

第三グループは、「交差点の同定と選択肢の両者に関係する情報」であり、⑪次に曲がるべき路線番号 $\xi_{r,mn}$ 、⑫曲がるべきでない路線番号 $\xi_{n,mn}$ の2つとする。各情報はその情報があるときは1、無いときは0とする2値データとする。

第四グループは、「交差点の同定を行うかの判断に関する情報」であり、⑬時間・距離感覚 $\Phi(\epsilon)$ 、⑭案内標識の有無 $\Omega(m)$ 、⑮交差点の規模 $\Psi(\delta)$ の3つとする。この情報の値については後述する。

(4) ドライバーの行動モデル

ドライバーの行動モデルを図-1. に示す。ドライバーの行動は、大きく3つの行動に分けられるとする。それは、A. 「同定開始条件を満たすまで道なりに走行」、B. 「交差点の同定」、C. 「交差点状況に応じた行動の実行」である。

ドライバーの行動の全工程を詳しく見ていく。出発地で走り始める方向を決定し、走行を始め、次に曲がる条件を設定する。その次に、頭の中で曲がる交差点のイメージを構築し、曲がる交差点であるかの同定判断を開始する条件を設定する。そして、A. 「その同定判断を開始する条件を満たすまで、ドライバーは交差点に差し掛かって交差点の同定を行わずに道なりに走行する」。同定判断を開始する条件が満たされて初めて、B. 「差し掛かった交差点の同定を開始し、曲がるべき交差点か、道なりに進むべき交差点かを判断する」。B. により2.(2)で定義した3つの状況に場合分けできると、C. 「事前に予定経路設定時に得た情報と、走行中に得ることのできる情報を使って、その3つの状況に応じた行動を実行する」。そして、その先に目的地があるかを判断し、もしない場合はもう一度「次に曲がる条件」を設定し、目的地に着くまで今の行動を繰り返す。

3. 曖昧さの表現

(1) 曖昧さの意味づけ

予定経路を設定して走るときの案内標識による案内システムの「曖昧さ」[ambiguity]を数式化する。まず、 O_m をノード(分岐点)mでの選択肢[option]の数としたとき、ノードmの曖昧さ A_m を、

$$A_m = \log_2 O_m \quad (1)$$

と定義する。この定義は、二つの考え方により決定している。一つ目は情報理論の情報エントロピーで、二つ目は精神(心理)物理学のヴェーバー・フェヒナーの法則である。

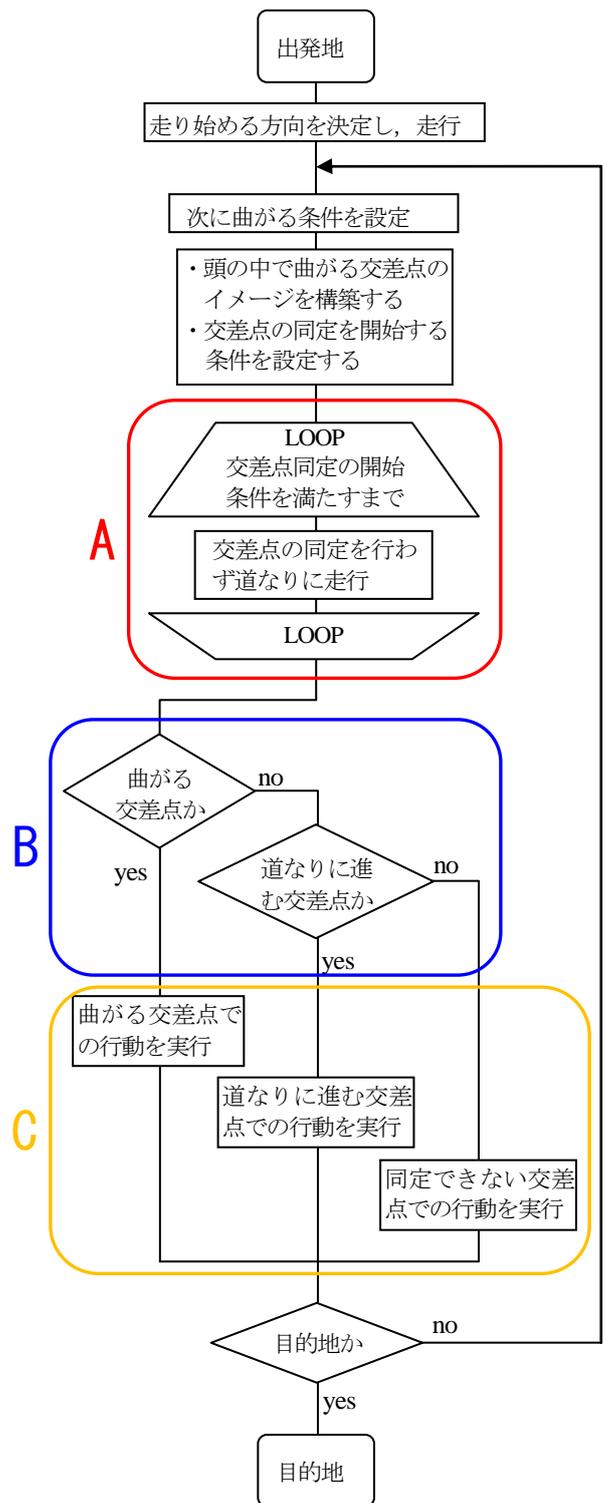


図-1. ドライバーの行動モデル

情報理論の情報エントロピーの定義⁸⁾は、

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (2)$$

であり、 n 個の事象がそれぞれ確率 p_1, p_2, \dots, p_n で発生するとき、どれが発生したかの不確定度を示している。この式(2)を O_m で表現すると、

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum_{n \in N_m} \frac{1}{O_m} \log_2 \frac{1}{O_m} = \log_2 O_m \quad (3)$$

ここで、 n はノード m に接続している隣接ノード(侵入してきた方向のノードは含めない)とし、 N_m はノード m に接続している隣接ノード n の集合とする。式(3)により、選択枝の数 O_m を用い情報エントロピーが表現できた。

精神物理学のヴェーバー・フェヒナーの法則⁹⁾とは、心理的な感覚量 R は物理的な刺激の量 S の対数に比例し、

$$R = k \log_{10} S \quad (4)$$

という関係があるというものである。ここで、 k は感覚定数である。この式(4)の刺激量 S を選択枝の数 O_m とすると

$$R = \log_2 O_m \quad (\because k = \log_2 10) \quad (5)$$

となり、式(1)と式(5)が同形となった。以上の二つの考え方(式(3)、式(5))から、曖昧さ A_m は「不確定度」と「刺激量(選択枝の数 O_m)に対する心理的な感覚量」を表現できている。

また出発地を i 、目的地を j 、設定した予定経路上にある分岐点 m の集合を M_{ij} とすると、 ij 間の経路全体の曖昧さ A_{ij} は

$$A_{ij} = \sum_{m \in M_{ij}} A_m = \sum_{m \in M_{ij}} \log_2 O_m \quad (6)$$

と表現できる。

(2) 情報の性質の違いによる曖昧さ表現

ノード m の選択枝の情報には、直接[firsthand]曲がる方向を与える情報(その方向数を F_m とする)と、進んでは行けない方向を示すことにより間接的に[secondhand]方向を与える情報(その方向数を S_m とする)の2種類がある。これら情報の方向数 F_m と S_m を用いて、ノード m の選択枝の数 O_m を表現すると

$$O_m = F_m + (1 - H_0(F_m))(n_m - S_m) \quad (7)$$

となる。ここで、 n_m はノード m の隣接ノードの個数、 $H_0(F_m)$ は F_m のヘビサイド関数で

$$H_0(F_m) = \begin{cases} 0 & (F_m = 0) \\ 1 & (F_m > 0) \end{cases} \quad (8)$$

である。この式(7)は、直接曲がる方向を与える情報があれば($F_m > 0$)、その情報 F_m を選択枝の数とし、 $F_m=0$ のときは隣接ノード数 n_m から進んではいけない情報の方向数 S_m を引くことで選択枝の数を決定している。

4. 交差点状況による曖昧さの違い

次に2.(4)で定義したA, B, Cそれぞれを数式化していく。まず、この4章ではC。「交差点状況に応じた行動

の実行」を数式化する。ここで使う情報は、2.(3)-b)で定めた第二グループと第三グループの7つとする。

(1) 3つの状況

ノード m の選択枝の数 O_m は、その交差点(ノード m)が2.(2)で定義した「曲がるべき交差点」か「道なりに進むべき交差点」か「同定できない交差点」かによって要因が変わってくる。よって、2.(2)で定義した3つの状況で場合分けして考えていく。

(2) 曲がるべき交差点

はじめに、曲がるべき交差点での F_m と S_m の詳細を見ていく。

a) 曲がるべき交差点の直接情報

直接的情報(F_m の要因)として、①暗記による行動(右左折など) $\xi_{a,mn}$ 、②案内標識の地名 $\xi_{j,mn}$ 、③方角 $\xi_{b,mn}$ 、④次に曲がるべき路線番号 $\xi_{r,mn}$ の4つを考える。

行動暗記 $\xi_{a,mn}$ と地名 $\xi_{j,mn}$ が与える直接的情報の方向の数 $F_{m,aj}$ は、

$$F_{m,aj} = \sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})) \quad (9)$$

となる。これは、ノード m における $\xi_{a,mn}$ と $\xi_{j,mn}$ の情報が少なくとも一つ以上ある分岐の数を表わしている。

つまり、行動暗記 $\xi_{a,mn}$ と地名 $\xi_{j,mn}$ が与える曖昧さ $A_{m,aj}$ は

$$A_{m,aj} = \log_2 F_{m,aj} = \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})) \right] \quad (10)$$

となる。

方角 $\xi_{b,mn}$ も本質的には、式(10)と同じような情報として捉え、

$$A_{m,ajb} = \log_2 F_{m,ajb} = \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})(1 - \xi_{b,mn})) \right] \quad (11)$$

と表現できるが、方角は個人属性が強く情報の使い方も様々である。そこで、信頼度 α ($0 \leq \alpha \leq 1$)というパラメ

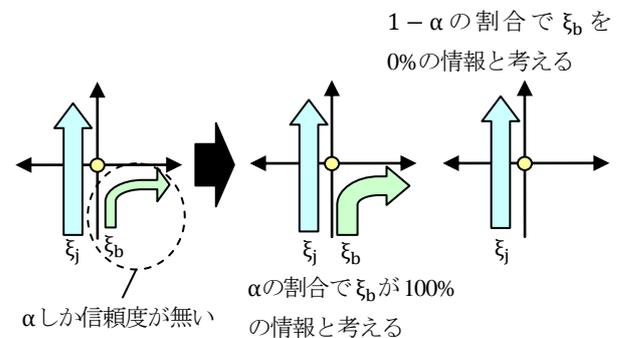


図-2. 方角の曖昧さ表現

ータを導入し、ドライバーの方角の使い方を表現する(図-2)。この信頼度 α は、方角の情報が存在するとき α の割合で方角の情報を信頼し(使用し)、 $(1-\alpha)$ の割合で方角の情報を信頼しない(使用しない)ということを表わしている。そこで、式(11)を信頼度 α を用いて拡張すると、

$$A_{m,ajb} = \alpha A_{m,ajb_+} + (1-\alpha)A_{m,ajb_-}$$

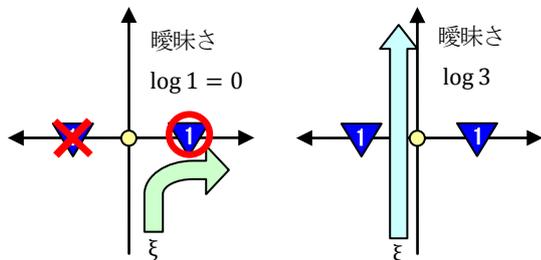
$$= \alpha \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})(1 - \xi_{b,mn}) \right) \right]$$

$$+ (1-\alpha) \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn}) \right) \right]$$

(12)

となる。ここで、 A_{m,ajb_+} は方角を信頼し一つの情報として扱ったときの曖昧さで、 A_{m,ajb_-} は方角を信頼せず情報として扱わないときの曖昧さである。

曲がるべき路線番号 $\xi_{r,mn}$ は、 $\sum \xi_{r,mn} = 1$ のときは行動暗記 $\xi_{a,mn}$ や地名 $\xi_{j,mn}$ と同じように扱えるが、 $\sum \xi_{r,mn} \geq 2$ のときは場合分けが必要である。これは $\xi_{r,mn}$ が進むべき路線は示してくれるが、路線の進行方向を与えず不確定要素を持っていることに起因する。つまり $\sum \xi_{r,mn} \geq 2$ の場合、 $\xi_{r,mn}$ と、 $\xi_{a,mn}$ や $\xi_{j,mn}$ や $\xi_{b,mn}$ の他の要素を組み合わせることにより完全な情報となる。よって、(i) $\xi_{r,mn}$ の方向と同じ方向に $\xi_{a,mn}$ や $\xi_{j,mn}$ や $\xi_{b,mn}$ の情報がある時は、 $\xi_{a,mn}$ や $\xi_{j,mn}$ や $\xi_{b,mn}$ の情報の無い $\xi_{r,mn}$ は無視することができる。しかし、 $\sum \xi_{r,mn} \geq 2$ の場合でも、(ii) $\xi_{a,mn}$ や $\xi_{j,mn}$ や $\xi_{b,mn}$ の情報の方向と $\xi_{r,mn}$ の与える方向で一致するものが無ければ、ノード m での選択枝の数 O_m は案内のある方向の総和になる(図-3)。以上のことを踏まえ、 $\xi_{a,mn}$ や $\xi_{j,mn}$ や $\xi_{b,mn}$ の情報の方向と $\xi_{r,mn}$ の与える方向が一致する数 $h_{r+,m}$ (方向を信頼する)、 $h_{r-,m}$ (方角を信頼しない)を



(i) 路線番号 ξ_r と同じ方向に別の情報 ξ があると、もう一方の路線番号は無視できる
(ii) 路線番号 ξ_r と同じ方向に別の情報が無い場合、選択枝の数は案内のある方向の総和になる

図-3. 路線番号の曖昧さ表現

$$h_{r+,m} \equiv \sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})(1 - \xi_{b,mn}) \right) \xi_{r,mn}$$

(13)

$$h_{r-,m} \equiv \sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn}) \right) \xi_{r,mn}$$

(14)

と表わしたとき、 $\xi_{a,mn}$ と $\xi_{j,mn}$ と $\xi_{b,mn}$ と $\xi_{r,mn}$ の情報が与える曖昧さ $A_{m,ajbr}$ は、

$$A_{m,ajbr} = \alpha A_{m,ajb_{+r}} + (1-\alpha)A_{m,ajb_{-r}}$$

$$= \alpha \log_2 \left[F_{m,ajb_+} + h_{r+,m} + (1 - H_0(h_{r+,m})) \sum_{n \in N_m} \xi_{r,mn} \right]$$

$$+ (1-\alpha) \log_2 \left[F_{m,ajb_-} + h_{r-,m} + (1 - H_0(h_{r-,m})) \sum_{n \in N_m} \xi_{r,mn} \right]$$

$$= \alpha \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})(1 - \xi_{b,mn}) \right) + \sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})(1 - \xi_{b,mn}) \right) \xi_{r,mn} + (1 - H_0(h_{r+,m})) \sum_{n \in N_m} \xi_{r,mn} \right]$$

$$+ (1-\alpha) \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn}) \right) + \sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn}) \right) \xi_{r,mn} + (1 - H_0(h_{r-,m})) \sum_{n \in N_m} \xi_{r,mn} \right]$$

(15)

と表現できる。ここで $A_{m,ajb_{+r}}$ と $A_{m,ajb_{-r}}$ は、それぞれ方角を信頼したときの $A_{m,ajbr}$ の曖昧さと、方角を信頼していないときの $A_{m,ajbr}$ の曖昧さである。以上により曲がる交差点での直接的情報が与える曖昧さが表現できた。この曖昧さを $A_{m,turn,F}$ と表わすことにする。

b) 曲がるべき交差点の間接情報

間接的情報(S_m の要因)として、①路線番号で見た道なり $\xi_{l,mn}$ 、②道路形状で見た道なり $\xi_{f,mn}$ 、③曲がるべきでない路線番号 $\xi_{n,mn}$ の3つを考える。

路線番号の道なり $\xi_{l,mn}$ と道路形状の道なり $\xi_{f,mn}$ と曲がらない路線番号 $\xi_{n,mn}$ が与える進むべきでない方向の数 $S_{m,lfn}$ は、

$$S_{m,lfn} = \sum_{n \in N_m} \left(1 - (1 - \xi_{l,mn})(1 - \xi_{f,mn})(1 - \xi_{n,mn}) \right)$$

(16)

となる。 $\xi_{l,mn}$ と $\xi_{f,mn}$ と $\xi_{n,mn}$ の情報によって得られる選択枝数は、隣接ノードの個数 n_m から $S_{m,fin}$ を引いたものになるので、曖昧さ $A_{m,fin}$ は、

$$\begin{aligned} A_{m,fin} &= \log_2[n_m - S_{m,fin}] \\ &= \log_2 \left[n_m - \sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{l,mn})(1 - \xi_{f,mn})(1 - \xi_{n,mn})) \right] \end{aligned} \quad (17)$$

と表現できる。以上により曲がる交差点での間接的情報が与える曖昧さが表現できた。この曖昧さを $A_{m,turn,S}$ と表わすことにする。

c) 曲がるべき交差点の曖昧さ

以上の4.(2) - a)と4.(2) - b)により曲がるべき交差点での直接的情報が与える曖昧さ $A_{m,turn,F}$ と間接的情報が与える曖昧さ $A_{m,turn,S}$ を得ることができた。ドライバーが間接的情報を使うのは、直接的情報が無いときであり交差点の総合的な曖昧さ $A_{m,turn}$ は、

$$A_{m,turn} = A_{m,turn,F} + (1 - H_0(A_{m,turn,F}))A_{m,turn,S} \quad (18)$$

と表現できる。この式(18)は式(7)と似た形をしているが、厳密には式(7)の両辺に \log_2 をとっても式(18)にはならない。これは、式(18)は単純な有る無し 2 値データから拡張して考えているためである。

(3) 道なりに進むべき交差点

次に、道なりに進むべき交差点での F_m と S_m の詳細を見ていく。

a) 道なりに進むべき交差点の直接的情報

直接的情報(F_m の要因)として、①路線番号で見た道なり $\xi_{l,mn}$ 、②道路形状[figure]で見た道なり $\xi_{f,mn}$ の2つを考える。

4.(2) - a)と同様に、直接的情報の曖昧さ $A_{m,alog,F}$ を定義すると、

$$A_{m,alog,F} = \log_2 \sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{l,mn})(1 - \xi_{f,mn})) \quad (19)$$

となる。以上により道なりに進むべき交差点での直接的情報が与える曖昧さが表現できた。

b) 道なりに進むべき交差点の間接的情報

間接的情報(S_m の要因)として、①曲がるべきでない路線番号 $\xi_{n,mn}$ を考える。

4.(2) - b)と同様に、間接的情報の曖昧さ $A_{m,along,S}$ を定義すると、

$$A_{m,along,S} = \log_2 \left[n_m - \sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{n,mn})) \right] \quad (20)$$

となる。以上により曲がる交差点での間接的情報が与える曖昧さが表現できた。

c) 道なりに進むべき交差点の曖昧さ

4.(2) - c)と同様に、道なりに進むべき交差点の総合的な曖昧さ $A_{m,along}$ は、

$$A_{m,along} = A_{m,along,F} + (1 - H_0(A_{m,along,F}))A_{m,along,S} \quad (21)$$

と表現できる。

(4) 同定できない交差点

次に、同定ができない交差点での F_m と S_m の詳細を見ていく。

a) 同定できない交差点の直接的情報

直接的情報(F_m の要因)として、①路線番号で見た道なり $\xi_{l,mn}$ 、②道路形状[figure]で見た道なり $\xi_{f,mn}$ 、③暗記による行動(右左折など) $\xi_{a,mn}$ 、④案内標識の地名 $\xi_{j,mn}$ 、⑤方角 $\xi_{b,mn}$ の5つを考える。

4.(2) - a)と同様に、直接的情報の曖昧さ $A_{m,uniden,F}$ を定義すると、

$$\begin{aligned} A_{m,uniden,F} &= \alpha A_{m,uniden+,F} + (1 - \alpha)A_{m,uniden-,F} \\ &= \alpha \log_2 F_{m,uniden+,F} + (1 - \alpha) \log_2 F_{m,uniden-,F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \alpha \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{l,mn})(1 - \xi_{f,mn})) \right. \\ &\quad \left. \times (1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn})(1 - \xi_{b,mn}) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ (1 - \alpha) \log_2 \left[\sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{l,mn})) \right. \\ &\quad \left. \times (1 - \xi_{f,mn})(1 - \xi_{a,mn})(1 - \xi_{j,mn}) \right] \end{aligned} \quad (22)$$

ここで、 $A_{m,uniden+,F}$ と $A_{m,uniden-,F}$ は、それぞれ方角を信頼するときの曖昧さと方角を信頼しないときの曖昧さであり、 $F_{m,uniden+,F}$ と $F_{m,uniden-,F}$ は、それぞれ方角を信頼するときの情報の方向数と方角を信頼しないときの情報の方向数である。

b) 同定できない交差点の間接的情報

間接的情報(S_m の要因)として、①曲がるべきでない路線番号 $\xi_{n,mn}$ を考える。

4.(2) - b)と同様に、間接的情報の曖昧さ $A_{m,uniden,S}$ を定義すると、

$$A_{m,uniden,S} = \log_2 \left[n_m - \sum_{n \in N_m} (1 - (1 - \xi_{n,mn})) \right] \quad (23)$$

となる。以上により曲がる交差点での間接的情報が与える曖昧さが表現できた。

c) 同定できない交差点の曖昧さ

4.(2) - c)と同様に、同定できない交差点の総合的な曖昧さ $A_{m,uniden}$ は、

$$A_{m,uniden} = A_{m,uniden,F} + \left(1 - H_0(A_{m,uniden,F})\right) A_{m,uniden,S} \quad (24)$$

と表現できる。以上により、2.(3)で定義したC.「交差点状況に応じた行動の実行」を数式化することができた。

5. 情報による交差点の同定

この5章では、2.(4)で定義したB.「交差点の同定」を式で表現する。ここで使う情報は、2.(3) - b)で定めた第一グループと第三グループの7つとする。

(1) 3つの状況の交差点の同定

ノード m での総合的な曖昧さ A_m は、4.(2)と4.(3)と4.(4)でそれぞれ定義した $A_{m,turn}$ と $A_{m,along}$ と $A_{m,uniden}$ に場合分けすることで表現できる。そこで、B.「交差点の同定」が必要となる。 $A_{m,turn}$ と $A_{m,along}$ と $A_{m,uniden}$ の同定を行う変数を「振り分け変数」と名付け、それぞれ $I_{m,turn}$ 、 $I_{m,along}$ 、 $I_{m,uniden}$ とすると、以下のように表現できる。

$$A_m = I_{m,turn}A_{m,turn} + I_{m,along}A_{m,along} + I_{m,uniden}A_{m,uniden} \quad (25)$$

ここで、振り分け変数はその対応する状況のときに1、違うときは0の値を取る。

(2) 曲がるべき交差点の同定

曲がるべき交差点の同定に用いる情報として、①曲がるべき交差点名 $\xi_{t,mn}$ 、②曲がるべき交差点と同定できる建物 $\xi_{o,mn}$ 、③次に曲がるべき路線番号 $\xi_{r,mn}$ 、④暗記による次に曲がる交差点までの残り交差点数 $\xi_{s,mn}$ の4つを考える。

曲がるべき交差点名 $\xi_{t,mn}$ と曲がるべき建物 $\xi_{o,mn}$ と曲がるべき路線番号 $\xi_{r,mn}$ の情報が1つ以上あれば、曲がるべき交差点と同定できるので、その3つの情報を用いた振り分け変数 $I_{m,turn,tor}$ は、

$$I_{m,turn,tor} = \left(1 - (1 - \xi_{t,mn})(1 - \xi_{o,mn})(1 - \xi_{r,mn})\right) \quad (26)$$

となる。

さらに曲がるべき交差点までの数 $\xi_{s,mn}$ を用いる。

$\xi_{s,mn} = 0$ のときに曲がるべき交差点と同定でき、 $\xi_{s,mn} \geq 1$ のときは道なりに進むべき交差点であるので、4つの情報を用いた振り分け変数 $I_{m,turn}$ は、

$$I_{m,turn} = \left(1 - (1 - \xi_{t,mn})(1 - \xi_{o,mn})(1 - \xi_{r,mn})H_0(\xi_{s,mn})\right) \quad (27)$$

となる。以上により、曲がるべき交差点の同定に関する振り分け変数 $I_{m,turn}$ が表現できた。

(3) 道なりに進むべき交差点の同定

道なりに進むべき交差点の同定に用いる情報として、①道なりに進むべき交差点名 $\xi_{i,mn}$ 、②道なりに進むべき交差点と同定できる建物 $\xi_{d,mn}$ 、③曲がるべきでない路線番号 $\xi_{n,mn}$ 、④暗記による次に曲がる交差点までの残り交差点数 $\xi_{s,mn}$ の4つを考える。

$\xi_{s,mn} \geq 1$ のときに道なりに進むべき交差点と同定ができ、 $\xi_{s,mn} = 0$ のときは曲がるべき交差点と同定できるので、5.(2)と同様に以上4つの情報を用いた振り分け変数 $I_{m,along}$ を定義すると、

$$I_{m,along} = \left(1 - (1 - \xi_{i,mn})(1 - \xi_{d,mn})(1 - \xi_{n,mn})(1 - H_0(\xi_{s,mn}))\right) \quad (28)$$

となる。以上により、道なりに進むべき交差点の同定に関する振り分け変数 $I_{m,along}$ が表現できた。

(4) 同定できない交差点の同定

同定できない交差点は、「曲がるべき交差点」とも「道なりに進むべき交差点」とも同定できない交差点であるので、同定できない交差点の振り分け変数

$$I_{m,uniden} \text{は、} \quad I_{m,uniden} = (1 - I_{m,turn})(I_{m,along}) \quad (29)$$

と表現できる。以上により、2.(4)で定義した3つの状況を考慮したノード m の曖昧さ A_m を一つの式で定義することができた。

6. 交差点の同定を行うかの判断

(1) 交差点同定の開始条件

2.(4)で述べたように、ドライバーは「曲がる交差点の同定を開始する条件」を満たすまで交差点の同定を行わないと考える。その条件として、2.(3) - b)で定めた第四グループの⑬次に曲がる交差点までの時間・距離感覚 $\Phi(\epsilon)$ 、⑭案内標識の有無 $\Omega(m)$ 、⑮交差点の規模 $\Psi(\delta)$ の3つを考える。

(2) 時間・距離感覚による同定開始条件

ドライバーは、次に曲がる交差点までの時間と距離をある程度意識して走行しており、その意識した時間と距離が曲がるべき交差点と離れている時は同定を行わず、近づくに連れ同定を行うと考える。その時間・距離感覚を表現するために時間・距離感覚 $\Phi(\epsilon)$ を導入する。この関数は、事前に設定した予定経路により曲がるべき交差点 Y_i を特定し、ノード m から進行方向にある直近の Y_i までの距離や時間の差 ϵ を用いて、その ϵ が小さい時は交差点の同定を行い、 ϵ が大きい時には同定を行わないようにするフィルタである。この関数の形は明らかではないが、ドライバーは、一旦交差点の同定を開始したら、曲がるべき交差点を同定できるまで同定を行うので、関数は累積分布関数となる。仮に、同定を開始するドライバーの分布がガウス分布であったとするならば、時間・距離感覚 $\Phi(\epsilon)$ は、ガウス分布の累積分布関数になるので

$$\Phi(\epsilon) = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\epsilon - \mu_t}{\sqrt{2\sigma_t^2}} \right) \right) \quad (30)$$

と表現できる。ここで、 μ_t は真の値とドライバーが設定する距離や時間との平均誤差、 σ_t はガウス型関数の標準偏差であり、 $\Phi(\epsilon)$ の分布を決定する値である。この μ_t と σ_t は、実験を行うことにより一般的な値を定めることができる。 $\Phi(\epsilon)$ は、距離や時間の差が ϵ のときの交差点同定をするドライバーの割合を表わしている。図-2は曲がる交差点(真の値)がノード m_6 のときの $\Phi(\epsilon)$ の分布を示している。

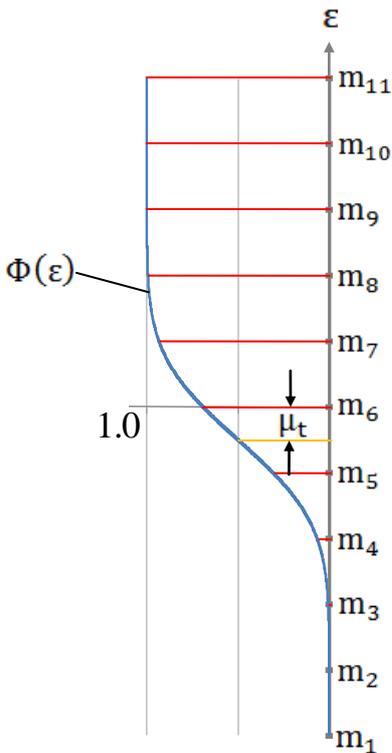


図-4 時間・距離感覚

(3) 案内標識の有無による同定開始条件

ドライバーが次に曲がる交差点の同定として、案内標識内の情報を使って判断しようとする場合には、案内標識の無い交差点では交差点の同定を行わず走行していると考え。そこで、ドライバーが案内標識の有無によって、交差点の同定を行うかどうかのフィルタを $\Omega(m)$ とし、以下のように定義する。

$$\Omega(m) = \begin{cases} 1 & (\text{ノード } m \text{ に標識有り}) \\ 0 & (\text{ノード } m \text{ に標識無し}) \end{cases} \quad (31)$$

(4) 交差点規模による同定開始条件

ドライバーは、次に曲がる交差点の規模を路線番号や予定経路を決める際の地図によってある程度想像して走行しており、その想定した交差点規模と近い交差点では高頻度で交差点同定を行い、想定した交差点規模から遠い交差点ではあまり交差点同定を行わないと考える。その交差点規模による同定開始条件を表現するために交差点の規模 $\Psi(\delta)$ を導入する。この関数は、ドライバーが想定した次に曲がるべき交差点の規模 Λ_i とノード m の交差点規模 Γ_m の差 δ を用いて、その δ が小さい時は交差点の同定を行い、 δ が大きい時には同定を行わないようにするフィルタである。この関数はガウス型関数であり、以下のように定義する。

$$\Psi(\delta) = \exp \left[-\frac{(\delta - \mu_s)^2}{2\sigma_s^2} \right] \quad (32)$$

ここで、 μ_s は真の値とドライバーが設定する交差点規模との平均誤差、 σ_s はガウス型関数の標準偏差であり、 $\Psi(\delta)$ の分布を決定する値である。この μ_s と σ_s は実験を行うことにより一般的な値を定めることができる。 $\Psi(\delta)$ は、交差点規模の差が δ のときの交差点同定をするドライバーの割合を表わしている。図-3は曲がる交差点の規模(真の値)を原点に取った $\Psi(\delta)$ の分布であり、ノード m の交差点規模の差 $\delta(m)$ のときドライバーが交差点の同定を行う割合を示している。

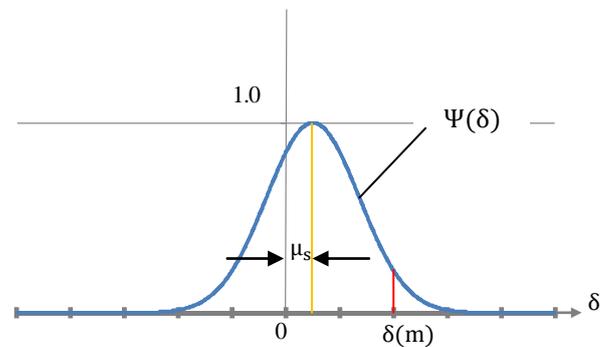


図-5 交差点規模

(5) 交差点同定開始条件を考慮した曖昧さ

5.で2.(4)で定義した3つの状況を考慮した曖昧さを一つの式で表現したが、さらに6章で曖昧さを交差点同定開始条件を考慮した形へ拡張する。6.(2)と6.(3)と6.(4)でそれぞれ定義した時間・距離感覚 $\Phi(\epsilon)$ 、案内標識の有無 $\Omega(m)$ 、交差点の規模 $\Psi(\delta)$ を用い、交差点同定開始条件を考慮した曖昧さを $A_{m,filter}$ 定義すると、

$$\begin{aligned} A_{m,filter} &= \Phi(\epsilon)\Omega(m)\Psi(\delta)A_m \\ &= \Phi(\epsilon)\Omega(m)\Psi(\delta)(I_{m,turn}A_{m,turn} \\ &\quad + I_{m,along}A_{m,along} + I_{m,uniden}A_{m,uniden}) \end{aligned} \quad (33)$$

と表現できる。以上により、2.(4)で定義した3つの状況を考慮し、ドライバーが「曲がる交差点の同定を開始する条件」を満たすまで交差点の同定を行わない特性を表現することができた。

7. 結論

6章までで、15種類の情報を考慮した曖昧さを定義できた。この式の利点は、評価をしたい対象が変わる時は式の変数の項を落とすことで対象とする情報が変わり、新たに設定した状況の評価できることである。

例えば、案内標識システムの最低限満たすべき要件を評価する時は、事前にドライバーに持たせる情報を少なくし、標識や交差点名の情報だけで予定経路通りの走行ができるかを評価できる。

また、時間・距離感覚 $\Phi(\epsilon)$ 、案内標識の有無 $\Omega(m)$ 、交差点の規模 $\Psi(\delta)$ など、ドライバー特性に関する要因は、そのドライバー特性を測定できる実験を行うこ

とで、実際にドライバーが利用している状態に近いシステムの評価も行うことができる。

また、他のドライバー依存の情報を用いることで、事前に家などで、立てた予定経路の評価を行うことができ、走行前に曖昧さ0の予定経路を立てることも可能となる。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会編：道路標識設置基準・同解説，pp.7-11, 1987.
- 2) 日野 泰雄，西村 昂，玉置 隆一：経路案内標識システムの評価方法に関する一考察，土木学会第35回年次学術講演会 IV-161
- 3) 島崎 敏一，桑原 雅夫，赤松 隆：道路案内標識の経路誘導効果，土木計画学研究・講演集 10, pp.523-530
- 4) 若林 拓史，奥田 直輝，末吉 順司：道路案内標識の経路誘導効果の評価法，第32回土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集 IV-3-1-IV-3-2
- 5) 若林 拓史：道路案内標識の経路誘導効果評価法：サクセスツリー法の一般道路網への適用，土木計画学研究発表会講演集 14-1, pp.345-352
- 6) 若林 拓史，津川 明春：サクセスツリー法を用いた道路案内標識の経路誘導効果の2時点比較，土木学会第55回年次学術講演会 IV-351
- 7) 香取 照臣，泉 隆，高橋 寛：道路案内標識ネットワークの評価と迷走交差点の検出，電学論，Vol.115-D, No.2, pp.157-164(1995-2)
- 8) 香取 照臣，泉 隆，高橋 寛：道路案内標識ネットワークの客観的評価と改善，電学論，Vol.116-D, No.1, pp.76-87(1996-1)
- 9) 藤田 広一：基礎情報理論，pp.20-23, 1969.
- 10) G. A. Gescheider (宮岡 徹，倉片 賢治，金子 利佳，芝崎 朱美訳)：心理物理学 上巻，pp.7-11, 2002.

(??受付)

EVALUATION OF GUIDANCE INFORMATION SYSTEM FOR THE DRIVERS WHO RUNS THE SCHEDULED ROUTES

Kazutaka YONEMORI, • Satoshi TOI and Kouji Ootsuka

Although there are many researches on the road guide signs system, few research on the guidance effect of road signs were conducted. Almost all researches on the guidance effect are based on the driver's subjectivity or the real driving test. on of road signs

According to the "Japanese standard of road sign installing", Road sign system are composed on the assumption that the drivers set the scheduled route using the route maps before driving and make use of the road sign.

This research aims to construct the evaluation system of the road sign system for the drivers who want to run their own scheduled routes. Therefore the expressions were proposed on the ambiguity of guidance information based on the scheduled route and driver's memory. These expressions enable us to evaluate the real situation of road guide sign system considering the minimum requirements and the characteristics of drivers in proportion to the information which driver use.