

案内標識情報と分岐期待距離による目的地への到達確率の表現*

Expression of Arrival Probability using Guide Sign Information and Expected Distance to Turning point

外井 哲志**・野村 哲郎***

By Satoshi TOI**・Tetsuroh NOMURA***

1. はじめに

自動車を運転して目的地までいく場合に最低限必要な情報は、分岐点の同定情報とそこでの進行方向に関する情報である。全ての運転者が必要とするこれらの情報を、案内標識のみで伝えることは困難であるが、案内標識の表示内容を再検討し、道路網における経路情報の曖昧さを減少させることは不可能ではない。本研究は、道路網における案内標識情報の曖昧さを検討するための方法を開発することを目的として、運転者の経路走行における判断情報を「分岐点同定情報」と「進行方向情報」に限定し、個々の交差点におけるこれらの情報の提供と運転者の経路走行との関係を考察し、記号を用いて目的地までの到達確率を定式化したものである。

2. 既往文献

案内誘導に関する研究には、栗本らによる案内標識の誘導効果に関する研究¹⁾、満田による道路標識による案内体系に関する一連の研究^{2)~4)}、案内標識の誘導効果の評価に関する若林の研究^{5)~6)}、外井・野村らによる案内標識の最適配置に関する一連の研究^{7)~11)}、若林らによる市町村合併による表示地名の案内効果¹²⁾や交差点名表示の試みに関する研究¹³⁾、外井・大塚らによる交差点名表示の案内誘導効果¹⁴⁾や案内標識情報を記載した地図の利用効果に関する実験的研究¹⁵⁾、吉井・松平らによる交差点案内の目印標識の提案に関する一連の研究^{15)~16)}などがある。

これらは案内標識の視認性、案内体系、道路網上の標識配置と案内効果、交差点名表示による現在地同定効果などに関するものであり、全体としては広い範囲をカバーしているが、交差点同定と進路選択に基づく到達確率を同時に取り扱った研究はない。

3. 目的地への到達確率の定式化

(1) 情報の利用と到達確率

*キーワード：交通管理、交通情報

**正員、博士(工)九州大学大学院工学研究院、(〒819-0395 福岡市西区元岡744番地, Tel 092-802-3410, E-mail toi@doc.kyushu-u.ac.jp)

***正員、博士(工)株式会社コルバック、(E-mail cor-nomu@jhn.jp)

経路案内に必要な情報は、①分岐点同定(分岐点あるいは目的地に到達したか)に関する情報と、②進行すべき方向(右折・左折・直進など)に関する情報である。

すなわち、運転者は経路走行において、まず、いくつかの分岐点の候補(選択肢)から正しい目標分岐点を選択し、次にその分岐点において正しい進行方向を選択する。経路走行はこうした判断・選択行動の連鎖によって成り立っていると考えられる。そして、選択肢の数とともに1つ1つの判断・選択の困難さは増加し、目標分岐点あるいは目的地への到達確率は低下する。

この点に関連して、外井¹⁴⁾は、運転者が予定経路を設定する際に利用する情報とその利用方法について、地図とドライビングシミュレータを用いた室内実験を通して、情報利用の目的の中心は「分岐点の同定」であることを明らかにしている。表-1は、被験者が実験を始める前に書いた経路走行時の情報利用方針である。これらを見ると、情報利用方針の大部分が分岐点の同定方法であることが理解できる。また、経路走行においては分岐点の同定が最重要課題であり、分岐点同定のために、分岐点間の距離、交差点数、案内標識の交差点線番号や方面地名、交差点名(番号)など、複数の情報が様々な組合せで用いられていることもわかる。

以下では、①分岐点同定情報と②進行方向情報に分けて、方面地名、路線番号、交差点名などの案内の有無と、目的地あるいは分岐点への到達確率との関係を考察する。

(2) 経路の分岐点間への分割

図-1のように、ある運転者が出発地点(O)から目的地(D)まで自動車で移動する状況を考えよう。OD間を走行する予定の経路は、図-1の破線矢印のとおりであり、途中2箇所の分岐点 T_1 、 T_2 を経由するものとする。このような状況の下で、運転者には2種類の判断が要求される。

その第1は、出発地点Oまたは分岐点 T_1 と T_2 における進行方向の選択である。第2は、出発地点あるいは分岐点を出発した後次の分岐点を決定する判断(分岐点の同定)である。図-1では3段階に分かれている。第1段階では、Oにおける進行方向選択とO~ T_1 間の分岐点同定が、第2段階では、 T_1 での進行方向選択と T_1 ~ T_2 間の分岐点同定が、そして第3段階では、 T_2 における進行方向選択と T_2 ~D間での目的地Dの同定が行われる。このよ

表 - 1 分岐点同定と方向に関する情報の利用

記号	情報利用方針のテキスト表現例
a	Aから10km走ったときに左. また10km走ったときに左.
b	R12との交差点まで直進して, R12との交差点を右折. R12をR3との交差点をすぎると直進し, そのちよつと先を左折.
c	4番目の交差点を左折. さらに4番目の交差点を左折.
d	Fの標識が出たら右折. Hの標識が出たら左折. Jが出たら右折. Kが出たら左折.
d'	B地区を右折し直進, F地区を直進しJ地区で左折, さらにJ地区で左折. その後右折.
e	交差点20を左折し, 交差点16を右折する.
ab	R3にぶつかる交差点を左折, R10の交差点を右折, R5の交差点を左折, 約3km先の交差点を右折. 左折して, R3に出て, R12を右折. 直進し, R5を左折, R10を通過後, 2.5km先を右折.
ac	3番目の交差点を右折してから, 約10km先を左折する.
ad	約8km先を右折し, 標識でKの方向へ左折.
ae	交差点20のを左折し, 10km先の交差点16を右折.
bc	R10を右折し, 4番目の交差点を左折.
bd	R3に沿って, 目標の標識でK方面へ. R5までまっすぐ, R5に左折. 最初にKが書いてある案内板をK方向に.
bd'	R5を左折し, H地区に入ったところの交差点を右折.
be	R5にぶつかったら左折し, 交差点30を右折し直進. 直進→交差点20を左折→R3直進→交差点16を右折.
acd	1番目の交差点を左折, 4番目交差点を右折し, 直進して目的地へ. 出発地と目的地の区名(A, K), おおよその距離.
abc	R7まで直進してから, 左折. 2つめの交差点から約2.5km直進して左折. まずR12に出て, 2つ目の大きな交差点を右折してR3に出て, 2つ目の交差点を左折してR8に出て, 2.5kmぐらい行っ
abd	R8で左折, R3過ぎて3kmくらいでC方向に左折.
abd'	直進し, R12に至った所で右折, F, E地区を通過後B地区に入った後, 約1km先左折. R5まで直進, R5で左折, HIに入り2.3km先の交差点を右折.
abe	R10で右折し, 交差点19を過ぎておよそ2.5kmで左折. R14について右折, 交差点15を過ぎて2.5kmで右折.
acd'	2番目の交差点を左折し, 10km進んで, Hで右折.
ace	3番目の交差点20を左折してから, 約10km先を右折(交差点
bcd	まず直進, B, M方面の指示がある交差点で右折し, R3をこえ, 次の交差点で左折. 直進する.
bce	R10を右折し, 交差点19を左折, 交差点17を右折, 1つめの交差点を左折.
bdd'	B地区に入りR10を右折, J地区に入りK地区方向に左折する.
bde	R10に出て, 交差点19を左折し, 交差点17を右折し, A地区方面へ左折する.
abdd'	Aを出てB地区R10を右折, Jの交差点をKに左折.
abde	R10を右折, 交差点19を左折してR3, 交差点17を右折して5km先をAへ.

凡例 a: 距離, b: 交差路線番号, c: 通過交差点数, d: 標識の方面地
d': 現在地名, e: 交差点名(番号)

うに, OD 間の経路走行は, 経路上の 3 つの小部分, O ~ T₁, T₁ ~ T₂, T₂ ~ D のそれぞれで, 進行方向選択と分岐点同定の 2 種類の判断を繰り返すことによって成り立っていると考えることができる. 本研究では, この分岐点間(出発地点, 目的地を含む)を単位として考察を進めるものとする.

(3) 正しい進行方向の選択確率

次に, 進行方向に関する情報と方向選択確率について考察する. このため図-2のように, 分岐点 T₁ に案内標識が設置されており, 出発点 O から分岐点 T₁ に進入してきた運転者が, 案内標識を見て, 自分の進むべき方向を選ぶ場面を想定する.

分岐点 T₁ で進行可能な方向が n_{T1} - 1 (十字路では n_{T1} = 4) なので, 進行方向は 3) であるとする. このとき, 進行方向に関する案内がまったく無い場合に, 運転者が正しい方向を選択する確率は 1/(n_{T1} - 1) で表わすことができる.

運転者が目的地名あるいは中継地名を進路選択のため

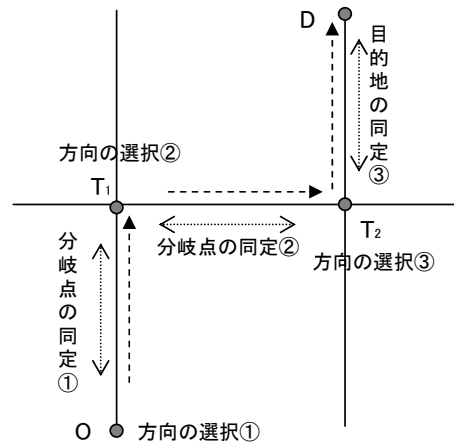


図-1 経路の分岐点間への分割

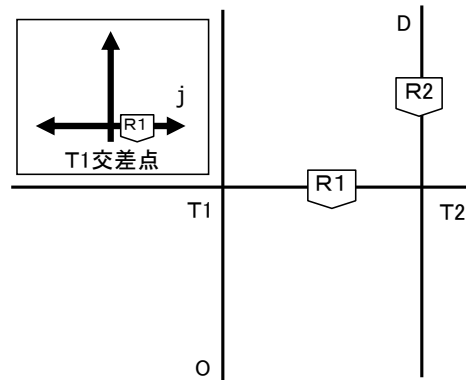


図-2 方向選択の情報

の判断情報としているならば, 分岐点 T₂ の方向に出ている方面地名 j が手がかりになる. もし j がその運転者の目的地名か, あるいは次に目指すべき分岐点であれば, この運転者は分岐点 T₁ で右折し, 分岐点 T₂ の方向に進むであろう. また, 運転者が路線番号を手がかりとしており, j が次に目指すべき路線の番号 R₂ である場合にも, 運転者は分岐点 T₁ で右折し, T₂ の方向に進むであろう.

これらの場合にはいずれも, 目指すべき方面地名や利用する路線の番号が T₂ の方向に出ており, これによって, 運転者は一定の確信を持って進路を選択できる.

これらの情報が出ているか否かを表わす記号として, ξ_{T1} を用い, 区間 O ~ T₁ 上の分岐点 T₁ で方向情報を案内する場合に $\xi_{T1} = 1$, 案内しない場合に $\xi_{T1} = 0$ を与えるものとする. このとき, 運転者が T₁ で正しい方向を選ぶ確率は, 次のように表わされる. すなわち, $\xi_{T1} = 1$ の場合には正しい方向を確率 1 で選び, $\xi_{T1} = 0$ の場合には確率 1/(n_{T1} - 1) で選ぶことになる. したがって, 方向情報の有無にもとづき, 運転者が正しい方向を選択する確率は次式(1)で与えられる.

$$p_{T1} = \xi_{T1} + (1 - \xi_{T1}) / (n_{T1} - 1) \quad (1)$$

(4) 分岐点到達確率

ここでは、運転者が1つの分岐点 T_1 を出発して、次の分岐点 T_2 に向かう場合の T_2 への到達確率について考察する。

図-3に示すように、 $T_1 \sim T_2$ 間の距離は $l(T_1, T_2)$ であり、この間に3つの交差点 (T_1 から、それぞれ $x = x_1, x_2, x_3$ の位置) がある。分岐点が出現する期待は運転者によって異なっている。本研究ではこれを「分岐期待距離」と呼ぶことにする。すなわち、出発前に地図等で調べた $T_1 \sim T_2$ 間の距離に関する事前情報に対して、実走行では早めに分岐してしまう人、目標分岐点に到着してもなお、そのまま進む人が一定の割合で存在する。この場合の分岐期待距離の確率密度関数を $g(x)$ で表わす。

x_1 の交差点を分岐点と考えて分岐してしまう運転者の割合は、上述の $g(x)$ を $x=0$ から $x=x_1$ まで積分して求めた確率 $G(x_1)$ である。同様に、交差点 x_2 では $G(x_2)$ 、交差点 x_3 では $G(x_3)$ 、分岐点 T_2 では $G(x_4)$ である。 T_2 を超えても分岐しない運転者の割合は $G(x_5)$ である。 $G(x_i)$ の一般形を式(2)に示す。

$$G(x_i) = \int_{x_{i-1}}^{x_i} g(x) dx \quad (2)$$

ここで、 $T_1 \sim T_2$ の間にある各交差点に、その交差点を他と識別できる交差点名または交差路線番号の案内情報が存在することを表わす変数 δ_i を導入する。その交差点名または交差路線番号が示されている場合に $\delta_i = 1$ とし、反対に示されていない場合に $\delta_i = 0$ とする。すなわち、運転者は $\delta_i = 1$ の場合には、そこが分岐点であるか否かを判断できるが、 $\delta_i = 0$ の場合には判断できないことになる。以下、 δ_i と $G(x_i)$ を用いて、運転者がそこで分岐する割合とそのまま直進する割合を記述する。

まず、 $x < x_1$ までは交差点がなく、分岐は行われないので、直進①の確率 p_1 は1である。 $x = x_1$ には交差道路があるので、運転者は直進②と分岐③に分かれる。交差点 $x = x_1$ の手前に案内標識があり、交差点名または交差路線番号が案内されていれば ($\delta_1 = 1$)、運転者はこの交差点が分岐点 T_2 ではないことを知り、この交差点を通過する(②)。一方、交差点番号、交差路線番号ともに案内されていないければ、運転者はこの交差点が分岐点かどうか知り得ない。このとき、分岐点の出現期待は図-3の $g(x)$ のように分布し、 $x < x_1$ で分岐したいという希望を持つ $G(x_1)$ の運転者が、交差点 $x = x_1$ で分岐することになる(③)。したがって、 $p_2 = G(x_1) \delta_1$ 、 $p_3 = G(x_1) (1 - \delta_1)$ 、 $p_2 + p_3 = G(x_1)$ となる。

交差点 $x = x_2$ では、②と $G(x_2)$ の合計が④と⑤に分かれることになるので、上の考察と同様に、 $p_4 = \{2 + G(x_2)\} \delta_2$ 、

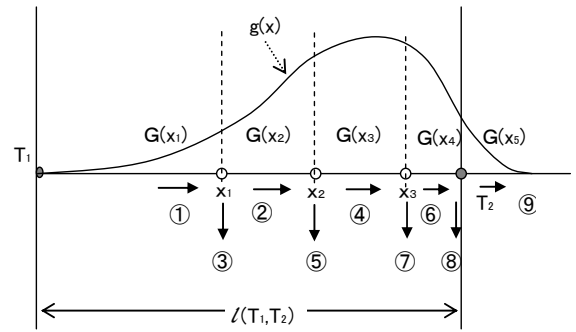


図-3 予定経路の走行と予定経路の分岐の説明

表-2 予定経路の走行と分岐の確率

予定経路の走行		予定経路から分岐	
②	$G(x_1) \delta_1$	③	$G(x_1) (1 - \delta_1)$
④	$\{2 + G(x_2)\} \delta_2$	⑤	$\{2 + G(x_2)\} (1 - \delta_2)$
⑥	$\{4 + G(x_3)\} \delta_3$	⑦	$\{4 + G(x_3)\} (1 - \delta_3)$
⑧	$\{6 + G(x_4)\} + G(x_5) \delta_{T2}$	⑨	$\{6 + G(x_4)\} + G(x_5) (1 - \delta_{T2})$

$$p_5 = \{2 + G(x_2)\} (1 - \delta_2), \quad p_4 + p_5 = 2 + G(x_2) \text{ と表わされる。}$$

⑥、⑦も同様である。

一方、分岐点 T_2 の⑧、⑨では注意を要する。すなわち、⑥と $G(x_4)$ に該当する運転者に関しては、 T_2 の位置が分岐期待距離を越えているので、 δ_{T2} の値の如何にかかわらず、 T_2 で分岐する。しかし、 $G(x_5)$ に該当する運転者に関しては、 $\delta_{T2} = 1$ の場合には分岐点同定ができて分岐するが、 $\delta_{T2} = 0$ の場合には、 T_2 の位置が分岐期待距離を越えていないので通過することとなる。以上を整理して示したのが表-2 である。

(5) δ_{T1} と ξ_{T1} の合成効果

方面地名あるいは路線名 j が運転者の既知情報 (目的地名、中継地名、利用する路線の番号など) と一致した場合には、分岐点同定情報がない場合 ($\delta_{T1} = 0$) でも、運転者は T_1 を分岐点とみなすことができる。すなわち、 $\xi_{T1} = 1$ であれば自動的に $\delta_{T1} = 1$ となる。そこで、この δ_{T1} と ξ_{T1} の合成効果を表わす新たな変数 Δ_{T1} を導入する。

$$\Delta_{T1} = \delta_{T1} + (1 - \delta_{T1}) \xi_{T1} \quad (3)$$

式(3)では、 $\delta_{T1} = 1$ であれば $\Delta_{T1} = 1$ となる。また、 $\delta_{T1} = 0$ で $\xi_{T1} = 1$ の場合には $\Delta_{T1} = 1$ であり、 $\delta_{T1} = 0$ で $\xi_{T1} = 0$ の場合には $\Delta_{T1} = 0$ となる。このように、式(3)は合成変数として条件を満たしており、表-2 で δ_{T1} を Δ_{T1} に代えれば、 $\xi_{T1} = 1$ のときに $\Delta_{T1} = 1$ となるように結果を拡張できる。

T_1 における進行方向選択確率を $P_1(T_1)$ 、 T_2 における分岐点同定確率を $P_2(T_2)$ 、分岐点 T_1, T_2 間の到着確率を $P(T_1, T_2)$ とすれば、これらは式(4)で示される。

$$\left. \begin{aligned} P_1(T_1) &= \xi_{T1} + (1 - \xi_{T1}) / (n_{T1} - 1) \\ P_2(T_2) &= \sum_{i=1}^m \{G(x_i) \prod_{j=1}^m \Delta_j\} \\ P(T_1, T_2) &= P_1(T_1) \cdot P_2(T_2) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

ここに、 m は $T_1 \sim T_2$ 間の交差点数+1である。

(6) 分岐期待距離の分布モデル

分岐期待距離の確率密度関数 $g(x)$ の具体的な分布モデルを検討する。

外井ら¹¹⁾は、経路走行シミュレータを用いた実験によって、換算距離差¹⁸⁾を用いた次式のような分岐点同定確率 α の推定モデルを求めている。図-4は分岐点非同定確率 $(1-\alpha)$ と換算距離差 d_{12} の関係を実験結果から求めたものである。これより、分岐点同定確率を求めれば式(5)のようになる。

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 22.310 \exp(-4.198d_{12})} \quad (5)$$

$$d_{12} = \frac{d_1 - d_2}{\sqrt{d_1 + d_2}} \quad (6)$$

ここに、 d_{12} は換算距離差、 d_1 は事前に地図等で調べた距離、 d_2 は実走行距離である。

これによれば、確率密度関数 $g(x)$ は、図-3のように $T_1 \sim T_2$ の間に最大値を持ち、 T_2 を超えて分布する。なお、式(5)の α は、分岐点間距離 d_1 に対する分岐期待距離 d_2 の分布関数であると考えられる。そこで、式(5)を d_2 で微分して $g(d_2)$ を求め、 $d_1=10\text{km}$ を代入して、期待分岐距離の確率密度関数を図-5のように求めた。

4. 終わりに

本研究では、方向情報と分岐点同定情報の有無、および分岐期待距離の分布にもとづいて、運転者が目的地に到達できる確率を表現することを試みた。今後は、本法を応用して、様々なODが混在する道路網において、到達確率の観点から案内標識の状況を総合的に評価する手法を研究する予定である。

参考文献

- 1) 栗本典彦:案内標識の設置効果に関する評価手法, 交通工学, Vol.14/No.2, pp.3-9, 1979.
- 2) 満田喬:道路案内標識の課題, 輸送展望, No.233, pp.67-82, 1995
- 3) 満田喬:道路網を考慮した案内標識の提案, 第28回土木計画学研究発表会・講演集, 2003.
- 4) 満田喬:道路案内という意味, 土木計画学研究発表会, Vol.31, 2005.
- 5) 若林拓史:サクセスツリーとファジィ理論を用いた道路案内標識の経路誘導効果評価モデル, 第10回交通工学研究発表会論文集, pp.121-124, 1990.
- 6) 若林拓史:サクセスツリー法による道路案内標識の経路誘導効果評価モデルの適用, 第11回交通工学研究発表会論文集, pp.117-120, 1991.
- 7) 外井哲志:道路網における地名案内標識の最適配置に関する研究, 第12回交通工学研究発表会論文集, pp.53-56, 1992.
- 8) 野村哲郎, 外井哲志, 清田 勝:都市間道路網における方面案

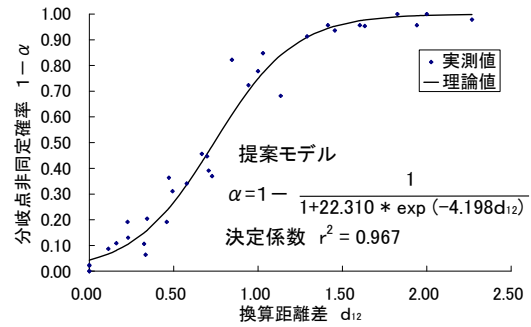


図-4 分岐点同定確率 (文献18より転記)

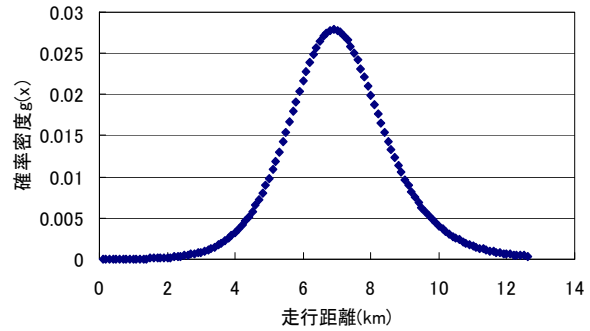


図-5 分岐点間距離10kmの場合の同定確率密度関数

内標識の最適配置に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集13, pp.877-884, 1996.

- 9) 野村哲郎, 外井哲志, 清田勝:経路復元誘導機能を考慮した道路案内標識システムに関する研究, 土木学会論文集, No.625/IV-44, pp.125-133, 1999.
- 10) 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, pp.45-58, 2002.
- 11) 外井哲志, 野村哲郎, 辰巳浩, 梶田佳孝:分岐点における運転者の進路選択確率に関する研究, 土木学会論文集 No.758/IV-63, pp.137-142, 2004.
- 12) 若林拓史, 中西智也:市町村合併に伴う道路案内標識の表示地名のあり方;岐阜県の取り組み, 土木計画学研究発表会, Vol.31, 2005.
- 13) 後藤修平, 若林拓史:交差点名を基本とした案内ネットワークの考え方, 第31回土木計画学研究発表会・講演集, 2005.
- 14) 外井哲志, 大塚康司, 有北和哉:交差点名を用いた道路案内標識の案内効果に関する実験的研究, 土木学会論文集, Vol.63 No.4, pp.454-463, 2007.
- 15) 外井哲志, 大塚康司, 有北和哉:案内情報を記載した地図と標識の連携による案内効果, 土木学会論文集 D, Vol.64 No.2, pp.319-324, 2008.
- 16) 川口宗良, 吉井稔雄, 松平健, 根岸弘幸:新しく提案する目印標識の判読性把握実験, 第24回交通工学研究発表会論文報告集, pp.181-184, 2004.
- 17) 中野光太郎, 吉井稔雄, 北村隆一:カーナビによる経路誘導を支援する交差点目標標識の設置効果把握実験, 第25回交通工学研究発表会論文報告集, pp.189-192, 2005.
- 18) 用語解説集編集グループ:総合交通体系調査関係用語集, 九州大学出版会, p.19, 1982.