

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22360210

研究課題名(和文)カーナビ「標識モード」の導入と案内標識データベース化による新しい道路案内システム

研究課題名(英文) A new road guidance system based on the "road sign mode" and guide sign data base system

研究代表者

外井 哲志 (TOI, Satoshi)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20201650

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,300,000円、(間接経費) 2,790,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、運転者が不安や迷走することなく目的地に到達するための道路案内標識カーナビの連携の必要性と実現方法の提案を行ったものである。このため案内標識とカーナビの各々を有効利用することで、運転者は自信を持って走行でき、迷いが少なくなることを実験によって明らかにした。またドライバーの推論モデルに基づいた案内情報の評価モデルを構築した。最後に、カーナビの標識モードに不可欠な案内標識データベースの構造様式を明らかにし、福岡地域の案内標識のデータベースを一部構築した。

研究成果の概要(英文)：This research aims to clear the needs of the combination between road sign system and car navigation system and to propose the realization of the combination of them. For this purpose, we made clear that drivers can go to their destinations confidentially by making use of road signs and car navigation according to their features. Next we built the evaluation model of guidance information based on inference model of the drivers who planned the route. Lastly we made clear the structure of guide sign data-base and made a partial data-base of real road network.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画学・交通工学

キーワード：案内情報 道路網 案内標識 カーナビゲーション 経路案内

1. 研究開始当初の背景

道路案内標識は基本的な道路情報提供のための施設であり、分岐点で進行方向を示して運転者の不安を取り除き、心理面から運転者をサポートする役割を担ってきた。しかし、現状の道路案内標識は、大変わかり難いため、その不備を補完するカーナビが普及しつつあり、運転者は案内標識とカーナビを併用することが多くなっている。運転中の不安感を解消し、案内情報の信頼性を保つためには、案内標識とカーナビの提供する情報が整合し、一貫性を有することが最低条件となる。

しかし、IT技術に基づくカーナビと案内標識の分担関係にまで踏み込んだ学術的研究は、国内外を問わず極めて少なく、こうした新旧技術の融合を取り扱った交通工学の分野の研究例は見られない。このため、筆者らは道路利用者の案内標識とカーナビの使い分けに関する実態調査を行い、半数以上の運転者がカーナビよりも案内標識の情報をより信頼している実態を明らかにした。そして、案内標識とカーナビを連携させ、運転者の心的負荷を軽減する解として「標識モード」の導入を提案した。

「標識モード」は多少遠回りであっても運転者にとって有効な案内標識が配置されている経路をカーナビで案内するもので、運転者は多くの案内モードの中からこれを選択することができる。標識モードで案内するためには、案内標識に示された情報が経路情報として使用可能な形でカーナビの電子地図データベース中に入力されていないと、すでに案内標識をカーナビ画面に出力するシステムも普及しつつあるが、これは画像データに過ぎず、システム中で経路設定に用いるレベルには達していない。したがって、「標識モード」の導入には案内標識の情報を処理できるデータベースの存在が不可欠である。

2. 研究の目的

「案内標識とカーナビの連携による新しい道路案内システムの構築」のためには、まず第1点目として、「不整合の情報を与えられた運転者の心的負荷」の実態を明らかにする必要がある。その代表的な状況として、(a)案内標識情報とカーナビルート案内情報の不整合状況においていずれを信頼すべきかの迷いと、(b)交差点の連続する区間においてどの交差点を分岐点として選択すべきかの迷いの2つがある。第1点に関しては、次の手順で研究を進める。

(1)生理心理学的方法を用いて上記(a),(b)の状況において運転者に心的負荷が発生することを確認する。

(2)運転者が経路を走行する上で、いかなる案内情報の組合せによって進路を決定するかを表現する「ドライバーモデル」の構築を試み、案内情報の曖昧さによる、経路走行の成功率と心的負荷のレベルを表現する方法を考察する。

第2点目には、前述したごとく、「標識モード」ルート案内のための案内標識情報のデータベース化の検討を行う。

3. 研究の方法

本実験では、PC上に作成したドライビングシミュレータ(図-1)で案内標識とカーナビを表示する仮想の道路網を構築する。

カーナビの案内要素としては、地名、路線番号、目的地までの最短ルートを示す経路案内、交差点名、案内中のルートから外れた時に再度現在地から目的地までルートを自動検索するオートリルートの5つとする。

被験者に与える事前情報は目的地の名称のみとし、道路網や走行経路に関する情報は走行中にカーナビから与えるものとする。被験者は、カーナビによる案内情報に頼って走行できるが、実験ケース毎に案内標識から異なる情報が提供され、カーナビと案内標識の2種類の情報に基づいて目的地を目指し進路を選択するものとする。

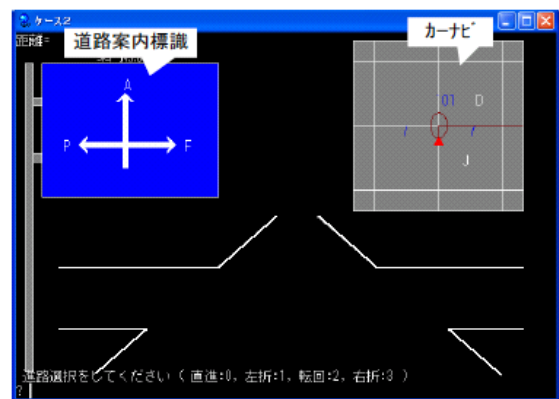


図-1 案内情報とルート案内情報の不整合状況の実験用画面

表-1 実験ケースの条件

ケース	地図機能		カーナビ			道路案内標識				
	地名	路線番号	現在位置	案内機能	設定	交差点名	地名	距離	路線番号	交差点名
ケース1	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×
ケース2	○	○	○	○	○	×	○	×	×	×
ケース3	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×
ケース4	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○

[○:整備されている, ×:整備されていない]

実験では、眼球の動きを測定できるアイマークレコーダーを装着させ、被験者の注視点と瞳孔径・瞬目回数等の生理心理指標を計測し、運転者の心的負荷を定量的に評価し、実験ケース相互を比較することによって、どのような案内情報の組合せがドライバーに心的負荷を与えるかを分析する。なお、実験時には、被験者の走行状況分析のため、走行経路、カーナビのルート案内から外れた回数や交差点通過後における進路選択に対する自信の程度など、運転者の走行実績や意識も調査し記録する。

ドライバーが予定経路を走行する場合の情報の使い方と判断の方法を、ドライバー行動モデルとして表現する。詳細は、研究結果の章で述べる。

#### 4. 研究成果

##### (1) 運転者の心的負荷の大きさの計測

###### 1) 各ケースの成功率

表-2に各ケースの「迷いのポイント」での進路選択の成功率（正しい交差点で曲がれたか）を示す。カーナビの案内情報しかないケース1の成功率は61%と最も低いが、道路案内標識の案内情報を追加したケース2~4の成功率はいずれも70%を超える結果となった。特に、道路案内標識に交差点名を用いたケース4では、成功率83%と比較ケースの中で最も高い案内効果が示された。

###### 2) 進路選択時の自信の程度

各ケースで進路選択時の自信の程度を計測した結果を図-2に示す。ケース1では、「自

表-2 ケース別の成功率

	試行回数	成功数	失敗数	成功率	道路案内標識の情報
ケース1	246	150	96	61%	無し
ケース2	238	185	53	78%	地名・距離
ケース3	255	185	65	73%	路線番号
ケース4	247	206	41	83%	交差点名

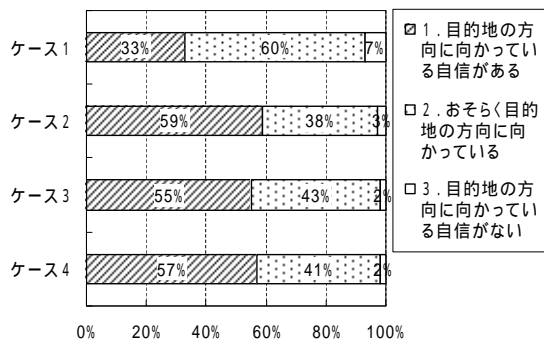


図-2 各ケースの進路選択の自信の程度

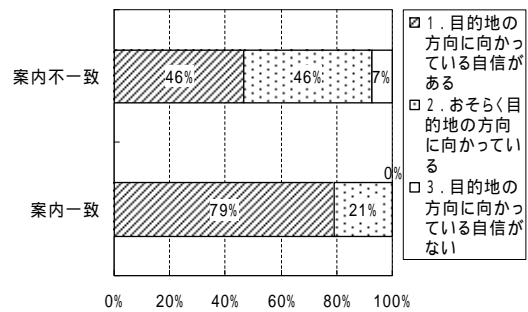


図-3 案内情報の整合と不整合の場合の自信の程度

信がある」と回答した人が33%と最も少なく、「おそらく目的地の方向に向かっている」と回答し、不安を感じている人が60%と最も多くなった。道路案内標識の案内情報が追加されたケース2~4の間では大きな違いは見られないが、ケース1と比べると「自信がある」と回答した人は約20ポイント多くなっており、不安を感じている人も少なくなっている。3) カーナビと道路案内標識の両者の案内情報に不整合が生じたときの迷いの程度

図-3に道路案内標識とカーナビの案内情報が整合した場合と整合しない場合の進路選択時の自信の程度を示す。案内情報が整合した場合は、79%が「自信がある」と回答しているが、不整合の場合には「自信がある」と回答する割合は46%にすぎない。道路案内標識とカーナビの案内情報を整合させることで、ドライバーは自信を持って走行でき、案内情報が整合しない場合には不安を感じる割合の方が高くなる結果となった。なお、アイマークレコーダーで計測された瞳孔径の分析結果から、案内標識とカーナビ情報が整合した実験ケースでは大部分の被験者の瞳孔径が小さくなっていることから、案内情報の整合が運転者の心的負担を軽減することが確認できた。

以上の結果より、道路案内標識とカーナビの案内情報が混在する状況にあっては、双方の案内情報を整合させることが重要であり、機能連携を強化することにより、高い案内効果が得られると考えられる。

##### (3) ドライバーモデルの構築と心的負担の表現

###### 1) 案内標識による道路案内の数学モデル

経路全体での情報の曖昧さは、経路上で案内が行われていない分岐点における

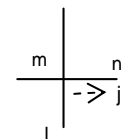


図-9 案内に関する記号

進行可能分岐数の積で表わされる 図-9には、リンク  $l_m$  を走行中の運転者がノード  $m$  でノード  $n$  の方向に方面地名  $j$  を見出す状況を示している。ここで、 $n_m$  をノード  $m$  に接続するリンク数とすれば、 $\ln(n_m - 1)$  は情報エントロピーとよばれ、ノード  $m$  における案内情報の曖昧さを表わす。これを用いれば、 $ij$  間経路の案内情報の曖昧さは次式で表現される。

$$E = \sum_{l_m} \sum_{M_{ij}} \sum_{n, N_m} (1 - \sum \xi_{lmnj}) \ln(n_m - 1) \quad (1)$$

ここに、 $\xi_{lmnj} = 1$  (リンク  $l_m$  上で節点  $m$  の隣接節点  $n$  方向へ地名  $j$  を案内する)、 $0$  (案内しない)、 $M_{ij}$  はノード  $ij$  間の最短経路上のリンク集合  $\{i, m_1, m_2, m_3, \dots, m_k, j\}$ 、 $N_m$  は経路上のリンク  $l_m$  のノード  $m$  における隣接ノードの集合である。

本研究では、運転者の迷走に関する指標を目的関数とし、これを最小化する。このとき、案内標識の設置数の上限値、方向別地名数の上限値などに関する制約条件を考慮しなければならない。すなわち、

Minimize

$$Z = \sum_{ij} \sum_{l_m} \sum_{M_{ij}} \sum_{n, N_m} q_{ij} (1 - \sum \xi_{lmnj}) \ln(n_m - 1) \quad (2)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_j \xi_{lmnj} \times x_{lm} \leq \omega_{mnj} \quad (3)$$

$$\sum_j \xi_{lmnj} \leq a \quad (4)$$

$$\sum_{l_m \in L} x_{lm} \leq n_s \quad (5)$$

ここに、 $\omega_{mnj}$  は  $j$  が  $S_{mn}$  (リンク  $mn$  上の目的地名の集合) に含まれる場合に  $1$ 、含まれない場合に  $0$ 、 $x_{lm}$  はリンク  $l_m$  に案内標識を設置する場合に  $1$ 、設置しない場合に  $0$ 、 $a$  は案内標識板の  $1$  方向に示すことができる地名の最大数、 $L$  は全リンクの集合である。また式(3)は、各方向へ案内する地名は地名候補の集合の中から選ばれることを、式(4)は、各方向へ案内する地名数の最大値は  $a$  であることを、式(5)は、案内標識の設置数の上限値は  $n_s$  であることをそれぞれ表わしている。

次に案内標識とカーナビの組合せにおける曖昧さの表現を考える。

カーナビによる経路案内では、出発地から目的地までの経路をモニター画面に表示できるので、経路上の全ての分岐点において進行方向が示されているため、各分岐点での進行方向の曖昧さは  $0$  である。すなわち、カーナビの案内記号を  $\eta_{lmnj}$  を導入すれば、経路上の任意のリンク  $l_m$  において次式が成立つ。

$$\sum_{n, N_m} \eta_{lmnj} = 1 \quad (6)$$

よって、カーナビに内蔵された地図データさえ正しければ、カーナビ搭載車に関しては情報案内に理論上の曖昧さはない。このことを前提として、案内標識とカーナビ案内の有無の組合せの分類(表-3)をもとに、案内情報の曖昧さについて考察する。

表-3 ケース分類による案内情報の曖昧さ

ケース	標識案内	カーナビ	内容	選択肢の数
	無し	無し		進行可能方向数
	無し	有り		0
	有り	無し		0
	有り	有り	一致	0 (大きな安心感)
	有り	有り	不一致	2 (強い不安感)

まず、全く案内がない場合( )には、情報案内の曖昧さは進行可能な方向の数に基づくものとなる。次に案内標識の表示とカーナビの案内のいずれかがある場合( , )には情報案内の曖昧さは  $0$  と考えることができる。さらに、案内標識とカーナビの両方の案内があり、内容が一致している場合( )には理論上の曖昧さは  $0$  であり、両者の案内内容が異なる場合( )には、運転者はいずれの表示が正しいかを  $2$  者択一する必要があるため、案内がない  $3$  差路(進行方向が  $2$  方向)の場合と同様と考えることができる。

しかし現実には、では異なる情報源からの案内内容が一致しているため、運転者は「大きな安心感」を得る。逆に では不整合の情報を与えられることになるため、情報がない場合よりも「強い不安感」を感じ心的な負担が大きくなる。そこで、これらのケースを統一的に表現するため、案内標識のみの場合の式(1)を、カーナビの案内も同時に存在する場合に拡張すると次式(7)となる。

$$E' = \sum_{l_m} \sum_{M_{ij}} \sum_{n, N_m} (1 - \sum \xi_{lmnj}) (1 - \sum \eta_{lmnj}) \ln(n_m - 1) \quad (7)$$

ここで、式(7)の内容を表-2 のケース別に検討すれば、では  $E = \ln(n_m - 1)$ 、, では  $E = 0$  となり、上述の曖昧さの検討内容を表現できるが、, においても  $E = 0$  となってしまうため、, と, の間および, の間の曖昧さの相違を表現することができない。この不都合を解消するため、心理的負担の程度に関わる係数  $\beta$  と  $\gamma$  を導入し、次式(9)を導入する。

$$E' = \sum_{l_m} \sum_{M_{ij}} \sum_{n, N_m} \beta \sum \xi_{lmnj} \sum \eta_{lmnj}$$

$$-\alpha \sum_{n, Nm} \xi_{lmnj} \eta_{lmnj} \ln 2 \quad (8)$$

、 の場合には、常に  $E'=0$  である。一方、 の場合には、  $E' = \sum(\beta - \alpha) \ln 2$  となる。 の場合には、  $E' = \sum \beta \ln 2$  となる。このように、式(8)は、 の場合には曖昧さに影響を及ぼさず、 と の曖昧さの相違のみを追加的に表現することができる。

以上のように、案内標識とカーナビにおける曖昧さは、次式(9)が表現することができる。

$$E'' = E' + E' \quad (9)$$

#### (4)案内標識データベースの検討

##### 1)案内標識データベースの構造

本研究が目指している案内標識データベースでは、データベース上で経路を辿りながら、経路上に現われる案内標識の案内内容を出現順に並べてみるができなければならない。このため、案内標識データベースは道路リンク相互の接続構造を備えている必要がある。したがって、本研究では次のような特徴を有するデータベースを作成することとした。

1) DRM データを道路網データの基礎データとする。2) 自動車の進行方向が2方向以上に分かれる分岐点(一般には交差点)の案内標識を対象とする。3) 案内標識の設置リンクに該当する DRM データのリンクを抽出し、これを案内標識設置リンクとする。4) 案内標識設置リンクに関して、リンク番号(DRM データのリンク番号とする)、リンクの起点側ノード番号、終点側ノード番号、路線番号、終点側ノードの交差点名(有無を含む)、分岐数(進行してきた方向は除外する)の各情報を有する。5) 上記 の分岐数に応じて、分岐方向別に 分岐リンクのリンク番号、表示地名等(重要地名、主要地名、一般地名、著名地点名、その他、路線番号または路線名)の情報を有する。なお、分岐方向ごとの情報は分岐数(N)の組合せ数だけ続く。

図-10 に仮想道路網における案内標識データベースを用いた案内標識の設置状況評価の例題を示す。出発地点を O、目的地点を D とし、破線の矢印に沿ってノード(分岐点1)、ノード(分岐点2)、ノード(分岐点3)を経由して目的地点に至る経路を想定する。破線に沿った数字はノード番号、( )内数字は経路の進行方向の向きのリンク番号、周辺のアルファベット大文字は案内標識に現れる方面地名(J, F, H は重要地、他は主

要地とする)である。矢印のついた R1~R4 は路線番号を示す。このとき、経路に沿ったリンクの終点ノード ~ に案内標識(標識番号 1~5)が設置されているとし、その内容を上述の構造様式にならって表現した。運転者の分岐点同定情報は分岐点間距離、路線番号、交差点番号であり、方向情報は分岐方向(右左折)と分岐方向の方面地名である。

交差点路線の番号を用いた運転者の走行方針の一例を示せば、「O(出発地点)から R1 を F 方向に進み、R2 との交差点を右折する。しばらく R2 を走り R4 との交差点を左折する。さらに、R3 との交差点を右折する。」となる。これに対し、分析者は表-4 より次のことを読み取ることができる。

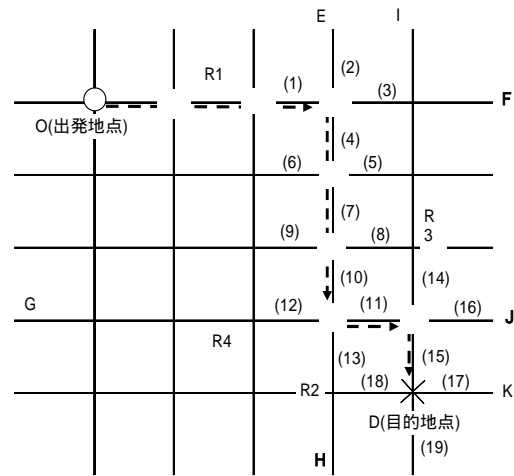


図-10 仮想道路網

標識 1 で、分岐方向 1 と 3 の路線番号が R2 であることから、リンク(1)が R2 と交差していることが示されており、運転者は最初の分岐点を同定することができる。上記方針にもとづいて右折すれば、案内標識 4 の分岐方向 1 と 2 で R4 と交差していることが案内されているので、運転者は 2 番目の分岐点も同定することができる。方針通りに左折すると、案内標識 5 での分岐方向 1 と 2 で R3 と交差していることが案内され、運転者は 3 番目の分岐点も同定可能である。ここを右折すれば目的地方向に進むことができる。したがって、表-4 に示された案内標識の案内があれば、運転者は上記走行方針で目的地付近まで到達することが可能である。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

表-4 案内標識データベースの例

標識番号	1	2	3	4	5	
リンク番号	(1)	(4)	(7)	(10)	(11)	
起点ノード番号						
終点ノード番号						
路線番号	R1	R2	R2	R2	R4	
交差点名						
分岐数(N)	3	3	3	3	3	
分岐方向1	分岐リンク番号	(2)	(5)	(8)	(11)	(14)
	重要地				J	
	主要地	E				I
	一般地					
	著名地点					
	その他					
分岐方向2	分岐リンク番号	(3)	(6)	(9)	(12)	(15)
	重要地	F				
	主要地				G	
	一般地					
	著名地点					
	その他					
分岐方向3	分岐リンク番号	(4)	(7)	(10)	(13)	(16)
	重要地	H	H	H	H	J
	主要地					
	一般地					
	著名地点					
	その他					
路線番号(名)	R2	R2	R2	R2	R4	

- (1) 『案内学』の提案 ITS 社会における案内誘導の体系化に向けて ; 外井哲志, 交通工学 Vol.45, No.3, pp4-9, 2010.5
- (2) 案内情報の不整合によるドライバーの心的負荷の評価; 大塚康司, 外井哲志, 米森一貴, 土木計画学研究論文集, Vol.27, No5, pp.999-1006, 2010.9
- (3) 地図を用いた予定経路決定における重複路線番号表記の効果; 外井哲志・大塚康司・姜偉銘, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5 (土木計画学研究・論文集第 30 巻), I\_745-I\_751, 2013.12

〔学会発表〕(計 7 件)

- (1) 案内標識データベースの構築と案内標識の誘導効果の分析, 外井哲志・大塚康司・野村哲郎, 第 41 回土木計画学研究・講演集 CD-ROM(298), 2010.6
- (2) 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・外井哲志・大塚康司, 第 44 回土木計画学研究発表会・講演集(246), 2011.11
- (3) 道路案内標識とカーナビゲーションに関する運転者の利用実態の変化, 外井哲志, 大塚康司, 土木計画学研究・講演集, Vol.45(380), 2012.6
- (4) 予定経路を走行するドライバーのための案内標識システムの評価, 米森一貴, 外井哲志, 大塚康司, 土木計画学研究・講演集, Vol.45(382), 2012.6
- (5) 道路案内標識による案内誘導効果の評価システム構築, 松崎篤史, 外井哲志, 大塚康司, 平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会概要集, pp.603-604, 2013.6

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

外井哲志 (TOI, Satoshi)  
九州大学・大学院工学研究院・准教授  
研究者番号: 20201653

##### (2) 研究分担者

梶田佳孝 (KAJITA Yoshitaka)  
九州大学・大学院工学研究院・助教(2010.4 ~ 2012.3)  
東海大学・工学部・准教授(2012.4 ~ 2014.3)  
研究者番号: 30284533