

案内情報の不整合によるドライバーの心的負荷の評価*

Evaluation of Mental Load on Drivers Based on the Inappropriate Guidance Information *

大塚康司**・外井哲志***・米森一貴****

By Koji OOTSUKA**・Satoshi TOI***・Kazutaka YONEMORI****

1. はじめに

自動車利用者に対する情報案内・誘導は、交通の円滑化、安全性の向上、環境保全、経済性の向上などの視点からきわめて重要なサービスである。

これまで、わが国で道路案内誘導の主役を担ってきたのは道路案内標識(以下、「標識」とする)であったが、わが国の標識は欧米に比べてわかりにくいという背景¹⁾²⁾もあって、近年IT技術の進歩とともにカーナビゲーションシステム(以下、「カーナビ」とする)が急速に普及しつつある。しかし、カーナビを利用している時に事前情報とルート案内の情報が異なる経験をしている人が約7割いるという調査結果³⁾もあり、ドライバーは異なる案内情報を提供され判断を迫られる機会が発生している。

こうした現状から、標識とカーナビの個々の役割を再考し、両者の機能を有効に活用(連携)させた新たな案内体系を考察する必要があると考える⁴⁾⁵⁾。

そこで、本研究では、ドライバーが目的地を目指す過程で交差点での進路選択時に、①「ドライバーは曲るべき交差点が特定出来ない場合、心的負荷が掛かる」、②「ドライバーは、標識とカーナビの情報が違うと心的負荷が掛かる」という心理面に関する仮説を立て、被験者の視線の動きや瞳孔径等を測定できるアイマークレコーダーを用い、注視点と生理心理学の観点から、客観的、定量的に計測した。

2. 実験内容

(1) 実験方法

本研究の目的は、ドライバーが感じる“迷い”や“心的負荷”の程度を実験的に計測し、先に挙げた2つの仮説を検証することである。本研究では①の仮説に対し、交差点が連続する道路でカーナビ画面上の分岐点が道路上のどの交差点であるかを判断できない場合、その場所を「迷いのポイント」とし、同様に②に対し、標識とカーナビの情報がくい違う交差点を「矛盾のポイント」とした。

現実の道路上で被験者全員に対して同一の条件を作り出すことは困難である。また、現実の道路には案内の体系以外の情報要素が存在するため、要因の特定が困難になる。従って、案内の体系に関わる情報以外の要素は極力排除することが望ましい。そこで本実験では、F-basicで作成したドライビングシミュレータ(図-1)で標識とカーナビのみを表示する仮想の道路網を構築し、被験者にその道路網を走行させ、ドライバーの走行中の行動、意識を調査した。またその際、被験者に与える事前情報は目的地の名称のみであり、道路網や走行経路に関する情報は走行中にカーナビ画面から被験者が判断することで得られるものとした。

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、実験ケース毎に標識から異なる案内情報が提供され、カーナビと標識の2種類の情報を基に進路を選択し、目的地を目指すものとする。このとき、被験者の走行状況を分析するため、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意識(自信の程度等)を調査した。

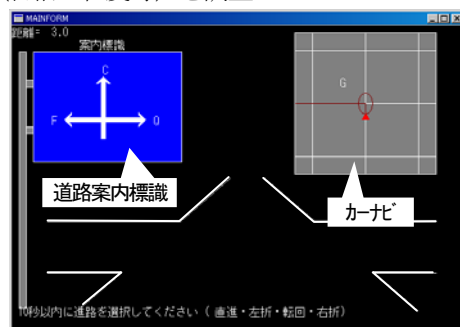


図-1 ドライビングシミュレータ画面表示例

*キーワード：交通情報、交通管理

**正員、工修、(株)建設技術研究所 九州支社 道路・交通部
(福岡県福岡市中央区大名2-4-12CTI福岡ビル、
TEL092-714-6226, FAX092-715-5200)

***正員、工博、九州大学大学院 工学研究院環境都市部門
(福岡県福岡市西区元岡744,
TEL092-802-3410, FAX092-802-3407)

***非会員

(福岡県福岡市西区元岡744,
TEL092-802-3410, FAX092-802-3407)

今回の実験では、被験者の視線の動きや瞳孔径等を測定できるアイマークレコーダーを用い、注視点と生理心理学の観点からドライバーの心理面を定量的に分析した。

(2) 実験条件

a) 被験者の属性

6人の被験者を対象に実験を行った。被験者は全員20代の男性であり、全員運転免許を保有している。

b) 道路ネットワークと案内標識の設置

道路ネットワークは、平面的な線形の違いが被験者の心的負担に与える影響を極力排除するため、格子状とした(図-2)。道路ネットワークは、仮想のものとし、主要幹線道路、幹線道路、補助幹線道路、細街路の4種類で構成した。また、地名と交差点も道路ネットワークに合わせ、被験者に馴染みがなく判断に影響のないものにするため仮想のものを使用した。標識は、道路標識設置基準・同解説⁶⁾に則して、主要幹線道路、幹線道路、補助幹線道路が互いに交差する交差点に設置した。

なお今回の実験では、カーナビの案内だけで目的地に到達でき、標識の案内だけでも目的地のあるエリアまでは到達できるようになっている。

c) 実験ケース

仮説を検証するために表-1、図-3のように4つの実験ケースを設定した。ケース1はカーナビの情報のみが整備されたパターンで、ケース2は地名と距離の情報、ケース3は「交差点名」のみの情報が与えられた道路案内標識とカーナビの案内体系が整備されたパターンである。ケース4は、ケース2と同様の情報が与えられているが、カーナビの示す案内と標識の示す案内が矛盾する「矛盾のポイント」(図-4)が存在するケースである(図-4で

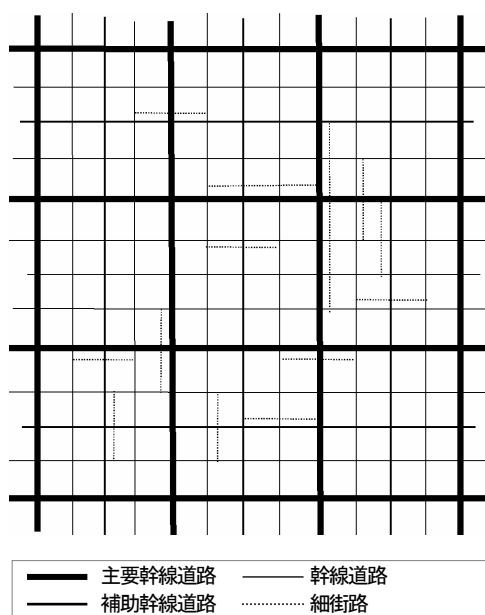


図-2 実験で使った道路ネットワーク

表-1 実験ケースの条件

ケース	カーナビ				道路案内標識		
	地名	現在位置	案内機能	交差点名	地名	距離	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]

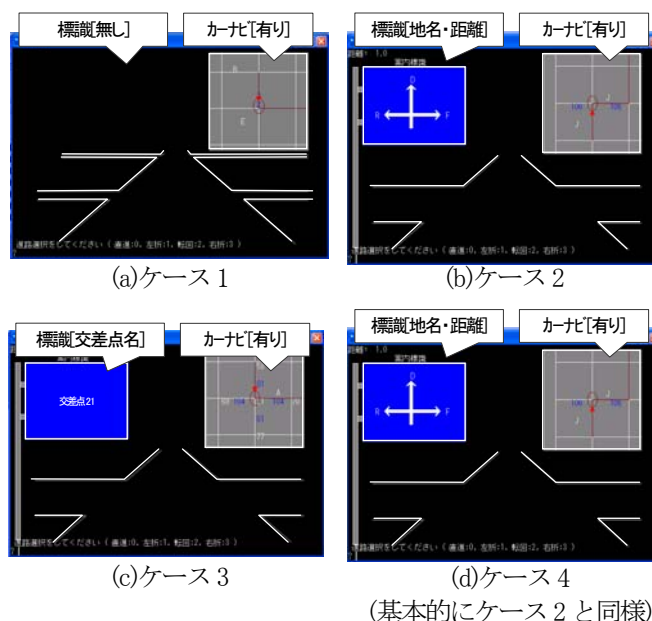


図-3 各実験ケース表示画面例

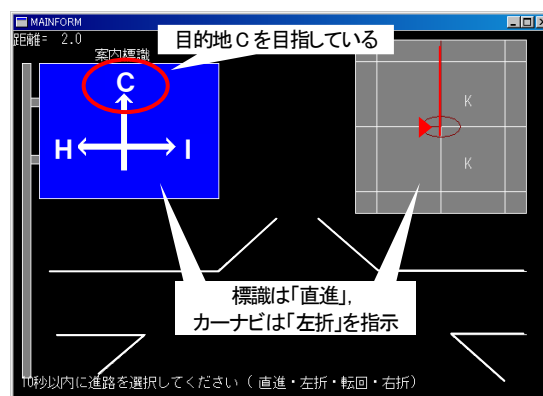


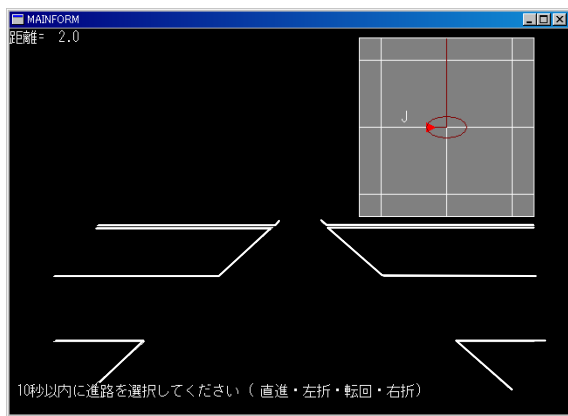
図-4 矛盾のポイント

は、標識は「直進」、カーナビは「左折」を指示している)。

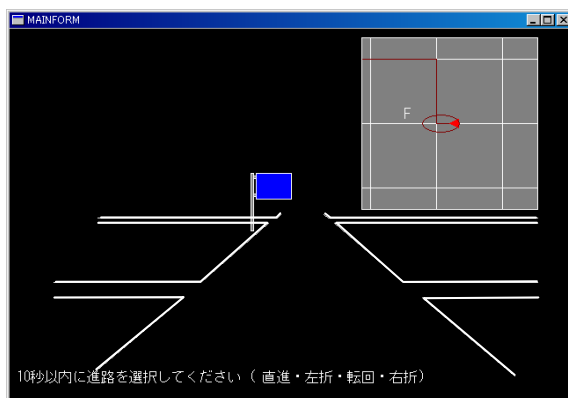
カーナビの案内要素としては、①地名、②現在位置、③目的地までの最短ルートを示す案内機能、④交差点名、⑤案内中のルートから外れた時に再度現在地から目的地までルートを自動検索するオートリルートの5つとする。

d) 「迷いのポイント」の設定

市街地で細街路を含む交差点が連担する場合、カーナビには全ての道路が表示されないことがある。このとき、ドライバーはカーナビのルート案内だけでは道路上の分



(a) パターン1 (ケース1)



(a) パターン2 (ケース2, ケース3)

図-5 迷いのポイント

岐点を特定できない。このことは中野ら⁷⁾も指摘しており、交差点目標標識の設置効果の検討を行っている。

そこで今回の実験では、こうした状況を再現するため、各ケースに図-5に示すような、交差点付近にどこで曲がればよいかの判断を迫る「迷いのポイント」を数箇所設置した。この迷いのポイントを作り出すため、シミュレータでは、あえて細街路を画面に出力しないようにしている。

e) 被験者への実験条件の伝達

ドライビングシミュレータ走行前の被験者に与える情報は、目的地のみであり、ネットワークがどのような形になっているか被験者は把握できない。しかし本実験を行う前に予備実験を行い、本実験で使うシミュレータの操作方法と特徴を把握させている。

f) 走行経路

本実験では、カーナビが出発地から目的地までのルートを表示するが、カーナビは常に北が上になっており⁽¹⁾、進行方向が「北から南」になるときはカーナビ上の矢印が下を向くために、頭の中でカーナビの画面を半回転させる必要がある。被験者には、できる限り心理的な負荷をかけさせないため、「北から南」に進む経路を選択しないで済むルートを設定した(図-6)。

また、「迷いのポイント」での心的負荷を調べるためにケース1, 2, 3では経路の中に迷いのポイントが含まれるようにルートを設定した。

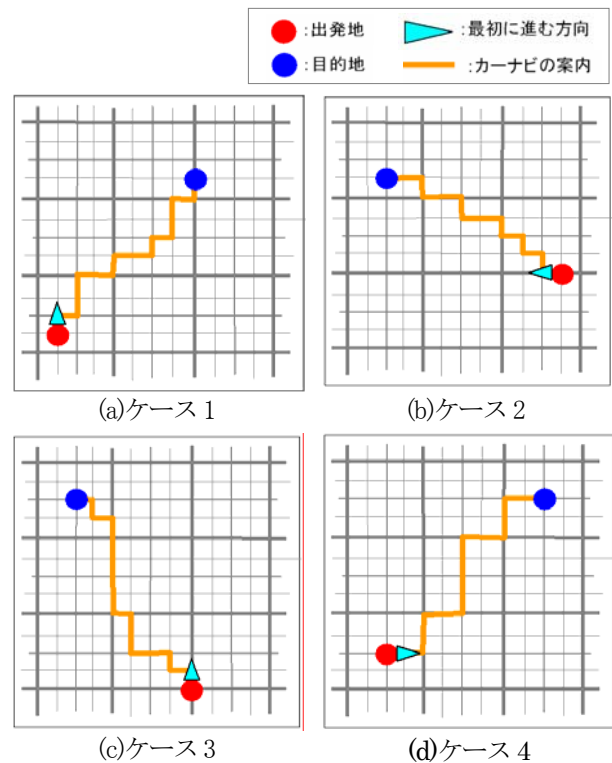


図-6 各ケースの走行経路

まれるようにルートを設定した。ケース4では、迷いのポイントは含まれないようにルート設定を行い、十字路でいくつか「矛盾のポイント」を設置した。

g) 被験者の行動と心理の調査

各ケースにおいてドライバーがどのように走行したか、またどのような心理状態で走行したのかを把握するため、シミュレータ走行中の走行経路を記録することにより迷いのポイントでの走行の成否を計測した。

さらに、ドライバーの心理状態を把握するために、シミュレーション中の進路選択時にアンケート調査を実施し、Ⅰ)「何に頼って進路選択を行ったか」およびⅡ)「進路選択の自信の程度」を把握した。このアンケートは、通過するすべての交差点で進路決定をした直後、走行画面からアンケート画面に強制的に切り替えることで実施している。

Ⅱ)で定義している自信には、＜方向について＞の自信と＜場所について＞の自信の2種類ある。前者は矛盾のポイントでの自信を、後者は迷いのポイントでの自信を想定している。＜方向について＞のアンケートでの自信は、矛盾のポイントで、そこで与えられた情報を基に進行方向を判断し、その判断に自信が持つことができるかを問うものである。また＜場所について＞の自信は、カーナビが示した分岐点で正しく曲ることができたかを問うものである。

質問Ⅰ), Ⅱ)は画面上で次の文言で行い、被験者に選択させ口頭で番号を回答させた。

Ⅰ)何に頼って進路を選択しましたか?

1. 道路標識

2. カーナビ
3. 道路標識とカーナビの両方
4. 道路標識にもカーナビにも頼っていない

II) 進路選択の自信はどのくらいありますか？

<方向について>

1. 目的地の方向に向かっている自信がある.
2. おそらく目的地の方向に向かっている.
3. 目的地の方向に向かっている自信がない.

<場所について>

1. カーナビに従っていない.
2. カーナビで曲がるよう指示された場所で曲がった自信がある.
3. おそらくカーナビで曲がるよう指示された場所で曲がった.
4. カーナビで曲がるよう指示された場所で曲がった自信がない.

h) 制限時間の設定

被験者の心理状態を実際に走行している状態に近づけるため、各交差点で進路選択の判断をする際の制限時間(10秒間)を設定した。制限時間内に進路選択しない場合は直進する設定とした。

(3) 分析方法

a) 心的負荷の推定

進路選択時にドライバーが安心して運転できるような情報が提供されれば運転中の心的負荷は少なく、逆の場合には心的負荷は大きくなると考える。本実験では、「矛盾のポイント」や「迷いのポイント」での進路選択時の心的負荷を把握するために、心的負荷と関係が強い瞳孔径⁸⁾ ②)に着目し、アイマークレコーダーにより瞳孔径を測定した。

b) アイマークレコーダー

本研究では、進路選択時の不安や迷いを計測するために、被験者の視点移動や瞳孔径、瞬きなどを測定できるアイマークレコーダーを使用した。今回使用したアイマークレコーダーは、ナックイメージテクノロジー社製の



写真-1 EMR-NL8Bの実験画面

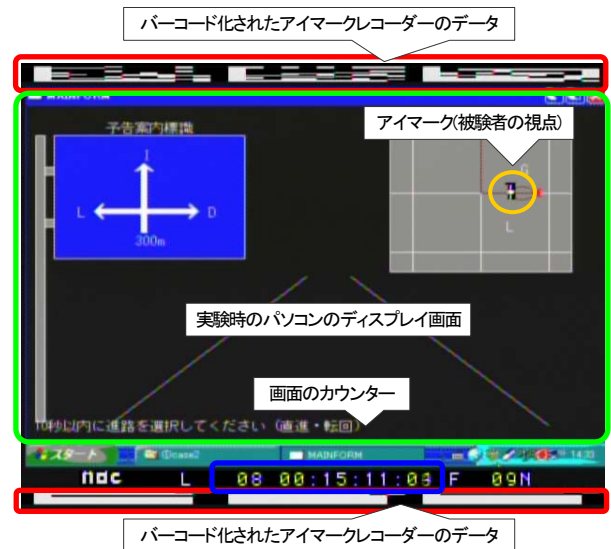


図-7 アイマークレコーダーの録画面

EMR-NL8Bである(写真-1)。EMR-NL8Bは、頭部に検出部を装着することなく、固定の視野カメラ像やパソコン画面に対して注視点の座標を得ることができるので、非接触で眼球運動を測定することができ、定量的な眼球運動の計測が可能になっている。また、アイマークレコーダーのデータとパソコン画面に映している画像を同時に録画することができ、視覚的な結果も分かりやすくなっている。実際に録画した画面を図-7に示す。

c) 案内効果の評価方法

標識とカーナビの機能連携による案内効果の評価は、「迷いのポイント」における進路選択時の成功・失敗の結果やアイマークレコーダー調査結果から得たドライバーの瞳孔径等を比較して行った。本研究では、矛盾のポイント以外では最短経路を示す案内を行っている。そこで、設定した案内(最短経路)に従っている時は「成功」、案内から外れた時は「失敗」とした。

一方、「矛盾のポイント」では、進路選択時の自信の程度や、頼った情報について比較した。

3. 実験結果

(1) 瞳孔径の計測値の補正

a) 明度の違いによる補正

瞳孔径は、対象の明度の違いに影響を受けるため、画面内で見ている場所(標識、道路、カーナビ)毎に明度の違いを補正した。まず標識、カーナビ、道路をそれぞれ10秒ずつ見てもらう動作を2セット本実験の前後に行い、その標識、カーナビ、道路それぞれでの瞳孔径の値を計測する。その瞳孔径の平均値を求めることで、それぞれの明度における瞳孔径の基準値を求めている。そして、本実験中の瞳孔径の値をそれぞれの明度での基準値で除することで補正を行っている。

b) 慣れの影響による補正

実験を進行していくと瞳孔径が小さくなる傾向がみられる。この傾向を本研究では、慣れによる影響と考え「慣れによる影響による補正」を行った。方法は、先に述べた「明度の違いによる補正」を行った後のデータを、計測した順番に並べ近似曲線(図-9)を求めて、計測データを曲線の値で除することで補正を行っている。なお、ここで画面毎の全ての瞳孔径を平均化したものを「平均瞳孔径」、画面の中で一番大きい瞳孔径を「最大瞳孔径」としデータの補正を行った。除去後のデータを瞳孔径の「補正值」とする。

(2) 「迷いのポイント」における標識の効果

表-2 に被験者別(A~F)、ケース別(ケース 1, ケース 2)に「迷いのポイント」での平均瞳孔径の大きさ(補正值)と進路選択の正答率を示す。標識のないケース 1 の正答率は 67.7%であったのに対し、標識のあるケース 2 では 91.6%と正答率が高い結果となった。このケース 1 (標識無し)とケース 2 (標識有り)の正答率について「2つの割合の差の検定」を行ったところ有意水準5%で自信度には有意差がみられた(表-3)。

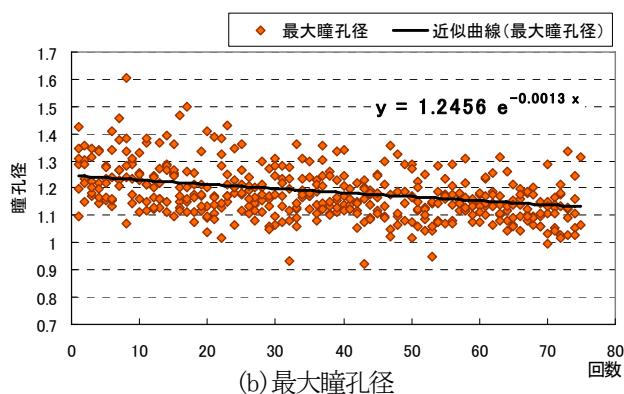
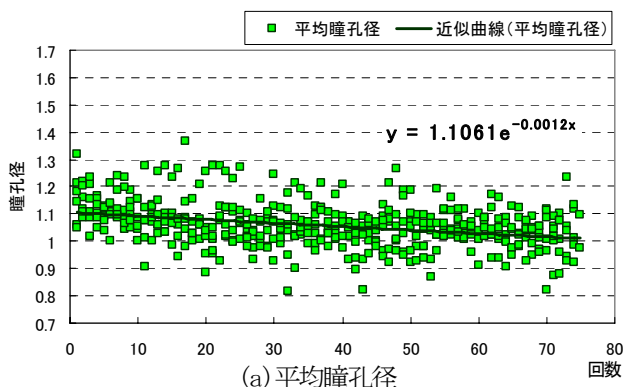


図-9 慣れの影響

表-2 「迷いのポイント」での瞳孔径と正答率

ケース	被験者						正答率
	A	B	C	D	E	F	
1	1.085	0.936	0.961	0.882	0.966	0.977	67.7%
2	1.074	0.922	1.050	0.989	0.946	0.929	91.6%
負荷小	ケース 2	ケース 2	ケース 1	ケース 1	ケース 2	ケース 2	

また、心的負荷を表す瞳孔径は、6人中4人が標識のあるケース2で小さくなった。

(3) 「矛盾のポイント」の心理面の評価

被験者別(A~F)にカーナビと標識の整合と不整合(矛盾のポイント)での補正值を表したものを表-4に示す。

表-4より6人中5人の補正值が、カーナビと標識の情報内容が整合しているケース2よりも、情報が整合していないケース4の方で大きくなっており、ケース4の心的負荷の方が大きくなっているといえる。自信の程度に関しても、情報が整合しているケース2の方がケース4よりも高くなっており(ケース2は100%)、生理的指標の評価と主観的な評価が一致した結果となった。

ところで、カーナビと標識の案内情報が整合していない「矛盾のポイント」でドライバーが頼りにする情報は、カーナビが83.3%と高い割合を占めている(表-5)。末久ら³⁾によると、案内標識の情報とカーナビの案内が異なる場合、59.7%の人が案内標識を頼りにすると答えており矛盾しているように見える。これは、以下に記すように事前情報が両者で異なることが原因であると考えられる。本研究の目的は「ドライバーは、標識とカーナビの情報が違うと心的負荷が掛かる」という仮説②を客観的・定量的に検証することであり、着目した要因以外の情報による影響を排除するために、あえて必要最小限

表-3 「迷いのポイント」の割合の差の検定

被験者	ケース1		ケース2		全体	
	正答数	総数	正答数	総数	正答数	総数
データ数	24	35	22	24	46	59
正答率 P_i	0.686		0.917		0.780	
標準偏差	0.0785		0.0564		0.110	
棄却域 ($\alpha=0.05$)	$1.64 \sigma_{P_2-P_1} = 0.180$				$0.231 > 0.180$	
正答率の差	$P_2 - P_1 = 0.231$				$\alpha=5\%$ で正答率の差に有意差あり	

表-4 矛盾のポイントの瞳孔径と自信の程度

ケース	被験者						自信度
	A	B	C	D	E	F	
2	1.049	0.896	0.968	0.942	0.854	0.944	100%
4	0.92	0.975	0.992	0.947	1.03	0.985	83.33%
負荷大	ケース 2	ケース 4	ケース 4	ケース 4	ケース 4	ケース 4	

表-5 全画面と矛盾のポイントの頼った情報の比較

被験者	全画面			矛盾(全部)			矛盾(最初)	
	頼った情報(アンケート)			頼った情報(アンケート)			アンケート	
	標識 (%)	カーナビ (%)	標識とカーナビ (%)	標識 (%)	カーナビ (%)	標識とカーナビ (%)	標識	カーナビ
A	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0		○
B	5.0	80.0	15.0	25.0	75.0	0.0	○	
C	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0		○
D	11.1	55.6	33.3	66.7	33.3	0.0		○
E	10.5	78.9	10.5	50.0	50.0	0.0		○
F	0.0	88.9	11.1	0.0	100.0	0.0		○
平均(%)	4.4	83.9	11.7	23.6	76.4	0.0	16.7	83.3

の情報しか与えていない。このため被験者は目的地のみを把握しており、道路ネットワーク条件を知らないで走行している。すなわち、本実験ではカーナビを頼りにしやすい実験環境であったと言える。一方、文献3)では現実の道路走行におけるカーナビと案内標識の利用状況を調べることを目的としているため、文献3)のアンケート結果は現実の走行条件・状況を反映したものとなっている。

ちなみに、表-5で初めの矛盾のポイントでは83.3%と高い割合でカーナビを信頼する人の割合が多かったが、矛盾のポイントを複数回通過するとカーナビを信頼する人の割合が83.9%から76.4%に下がっている。このように、「矛盾のポイントでは標識の信頼度が高い」傾向があるという点で末久らの研究と一致している。

(4) ケース間の比較

標識の案内情報の種類（地名、路線番号、交差点名）によって、瞳孔径(補正值)がどのように変化したかを分析した結果を表-6に示す。

個人差はあるものの全走行画面の平均値で見ると、標識のないケース1よりも、標識のあるケース2、3において平均値が小さくなっており、カーナビのみの案内よりも、標識とカーナビの案内の両方が存在する場合にドライバーの心的負荷が小さくなることが分かった。

表-6 ケース別の瞳孔径の比較

ケース	被験者						平均
	A	B	C	D	E	F	
1	1.121	0.937	0.994	0.927	0.893	0.990	0.977
2	1.013	0.909	1.008	1.003	0.887	0.966	0.964
3	1.005	0.929	0.973	0.964	0.979	0.987	0.973

4. おわりに

本研究により以下の知見が得られた。

- ①「迷いのポイント」では、標識の無いケースよりも標識のあるケースの方が瞳孔径が小さく心的負担が少ない結果となった。
- ②進路選択の成功率(正答率)からみた場合にも、カーナビだけではなく、標識があることで成功率が高くなるという結果が得られ、標識の設置が効果的であることが分かった。
- ③「矛盾のポイント」では、情報が一致している場合に比べて瞳孔径が大きくなっており、情報の不整合がドライバーに心的負荷を与えることが明らかになった。

④自信の程度に関しても、情報が整合しているケースの方が高くなっており、生理的指標の評価と主観的な評価が一致した結果となった。

⑤標識の案内情報が異なる各ケースの瞳孔径を比較した結果、カーナビだけの案内では不安が大きい人が多く、標識とカーナビの案内の両方が存在する場合にドライバーの心的負荷が小さくなることが分かった。

なお今後の課題として、カーナビと標識の情報の矛盾をどう減らしていくかを考えている。我々が提案している解決策⁴⁾は、標識を「扱うことのできない制約条件」と捉え、カーナビの案内を変更することにより情報が矛盾したルートを回避するというものである。その手段は、本研究で得られた瞳孔径などの客観的なデータをさらに距離や費用と比べられるものへ換算し、カーナビの経路選択の一要因に入れることを考えている。

補注

- (1) 本研究で着目したのは、「カーナビで示した走行経路をいかに正確に走ったか」ではなく、「迷いのポイントでの正答率」であり、その評価はケース1とケース2の比較で相対的に行うことができる。そのため、ナビ画面が常に北を向いていることにより正答率に多少影響はあるが、対象とする2ケースともに同程度の影響を受けるため、結果には影響しないと考えられる。
- (2) 本研究で瞳孔径と心的負荷の関係は、文献8)を参考に検討を行っている。心的負荷はノンパラメトリックな指標であるため客観的な値で予測精度を定義するのは難しいと思われる。適応限界も文献8)には明確な範囲は記述がなかったが、受動的な心的かかわりと能動的な心活動では散瞳量に顕著な差が見られている。本研究は、迷いのポイントや矛盾のポイントで心的負荷(心的情報量)が大きくなったかを調べているため、瞳孔径が心的負荷を表わす指標として使えると考えた。文献8)に瞳孔運動と心的活動の関係のまとめがあるので、以下に引用する「瞳孔運動は入力情報の関わりの強さ、すなわち心的な負荷、あるいは心的な活動の大きさを反映していると考えられる。すなわち、単に音を聞くといった受動的な心的関わりの場合と、暗算などの問題解決のように積極(能動)的な心活動をする場合とでは心的な活動量が異なり、問題解決の際の心的活動量は比較的に大きく、そのために顕著な散瞳が観察されるものと考えられる。」

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路案内標識に対する利用者の意見，第1回わかりやすい道路案内標識に関する検討会(資料-4)，国土交通省道路局ホームページ，2004年6月
- 2) 交通工学研究会：ITS社会における道路標識に関する研究，1998
- 3) 末久正樹，外井哲志，大塚康司，梶田佳孝：道路案内標識とカーナビゲーションの利用実態に関する調査，第24回交通工学研究発表会論文集，pp117-120，2004
- 4) 外井哲志，大塚康司，梶田佳孝：道路案内標識とカーナビゲーション

- ンの機能連携に関する考察, IATSS Review Vol. 31, No. 4, pp33
9-347, 2007
- 5) 大塚康司, 外井哲志, 森下翔吾, 辰巳浩: 道路案内標識とカーナビ
ゲーショとの機能連携による案内効果に関する実験的研究, 第
28回交通工学研究発表会論文集, pp113-116, 2008
- 6) 社団法人 日本道路協会: 道路標識設置基準・同解説, 1987
- 7) 中野光太郎, 吉井念雄, 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
表会論文集, pp189-192, 2005
- 8) 松永勝也: 瞳孔運動の心理学, ナカニシヤ出版, 1990, pp93-95
-

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****

カーナビを利用して走行中, 事前に入手した情報とルート案内の情報が異なる場合, ドライバーは異なる案内情報を提供された状態で判断を迫られることになり心的負荷が大きいと予想される. 本研究では, ドライバーが目的地を目指す過程で交差点での進路選択時に, ①「ドライバーは曲がるべき交差点が特定出来ない場合, 心的負荷が掛かる」, ②「ドライバーは, 標識とカーナビの情報が違うと心的負荷が掛かる」という心理面に関する仮説を立て, 被験者の視線の動きや瞳孔径等を測定できるアイマークレコーダーを用い, 注視点と生理心理学の観点から, 案内情報の不整合によるドライバーの心的負荷を客観的, 定量的に評価した.

Evaluation of Mental Load on Drivers Based on the Inappropriate Guidance Information *

By Koji OOTSUKA**・Satoshi TOI***・Kazutaka YONEMORI****

When you drive a vehicle using a car navigation system, sometimes the actual route information is different from the guidance information obtained beforehand. In such case, the driver will suffer the significant mental load due to troubles in judgment.

In this study, the author hypothesize that the driver will suffer some mental load when he/she decides which route to take at the intersection in order to reach his/her destination. Eye mark recorder is used for observation. Based on psychological point of view, the authors objectively and quantitatively evaluated the mental load experienced by the driver.
