

THE IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS (JAPANESE EDITION)

# **IEICE** 電子情報通信学会 **D** 論文誌

情報・システム

**VOL. J98-D NO. 11**  
**NOVEMBER 2015**

本PDFの扱いは、電子情報通信学会著作権規定に従うこと。  
なお、本PDFは研究教育目的（非営利）に限り、著者が第三者に直接配布することができる。著者以外からの配布は禁じられている。

**情報・システムソサイエティ**

一般社団法人 **電子情報通信学会**

THE INFORMATION AND SYSTEMS SOCIETY

THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

# 指示方向の判断エラーを誘発する恐れのある自動車方向指示器について

矢内 浩文<sup>†a)</sup> 沼澤 直幸<sup>†</sup>

Turn Signal Lamps of Vehicles That May Lead to Misjudgment of the Direction of Turn

Hiro-Fumi YANAI<sup>†a)</sup> and Naoyuki NUMASAWA<sup>†</sup>

あらまし 方向指示器と尾灯（及び制動灯）に関して、現在の保安基準では、取り付け位置や光学的特性などの物理的な規定が厳密に定められている。しかし、それらのデザインや配置の相互関係については規定がない。人間の視覚情報認識特性を考えたとき、方向指示器と尾灯の配置の相互関係によっては、後方を運転するドライバーに対して、方向指示器で指示した方向と逆の方向への指示であるとの知覚（判断エラー）を生じさせる恐れがある。ここでは、方向指示器が尾灯の内側に配置されている場合に、判断エラーが生じる可能性が高くなることを指摘する。夜間を想定した心理実験の結果、方向指示器が尾灯の外側にある場合よりも、内側にある場合に判断エラー率が有意に大きくなった。

キーワード 自動車，運転，ウインカー，錯覚，衝突

## 1. ま え が き

方向指示器について、その色や光量、取り付け高さ、間隔、左右対称性など、保安基準 [1] の中で具体的かつ詳細に規定されている項目は多い。一方、そのデザイン（形状や方向指示器と尾灯の相互の配置）に関しては規定がない。方向指示器をはじめとする灯火器についての規定は、それを認知する人間の特性を勘案した上で、間違いのない判断、確認ができるようにすることが第一の目的であろう。自動車が移動手段としての実用品であった時代には、上述の規定さえあれば何ら問題はなかっただろう。しかし、自動車の、実用性に加えて、デザイン性（おしゃれ感）による差別化が求められる時代に入ると、内装、外装ともに“ルックス”が重要視されるようになった。新しい感覚のデザインが登場し、それが時代のニーズと一致し、製品として普及していったのだろう。方向指示

器がその元来の目的の枠をはみだし、無線キーによるドアロック状況の表示にも使われるようになり、点滅の際のかわいらしさを求める動きもあったと推察される。

人間の視覚情報認識特性を考えたとき、方向指示器と尾灯のデザインによっては後続車両の運転者に指示方向の判断エラーを引き起こす可能性があり、現実にはそのような潜在的な危険をはらむデザインを有する（と私たちが考えている）自動車が多数、日本国内を走行している。

自動車運転中の注意という一般的観点でいえば、ブザー音への反応時間が、心理的負荷に応じてどのように影響されるかについて、2重課題法で調べた研究がある。それによれば、若年層、中年層、高齢層の全てについて、副次課題として暗算を課した場合に、ブザー音への反応時間が増大した [2]。特に高齢層は、副次課題ありの条件で、若年及び中年層よりも反応時間の平均、分散ともに増大している。

交通法規としては方向指示器を出すべき状況で、出さないドライバーがいることは、諸外国でも問題視されているようで、運転行動中の方向指示器利用実態を調べた研究は多い [3]～[6]。左折時は、右折時よりも

<sup>†</sup> 茨城大学工学部メディア通信工学科，日立市

Department of Media and Telecommunications, Ibaraki University, Hitachi-shi, 316-8511 Japan

a) E-mail: hfy@ieee.org

DOI:10.14923/transinfj.2015JDP7013

方向指示器の使用率が高い [5], [6]<sup>(注1)</sup>, 前方他車の有無が影響する [5], [6], 特に前方他車が方向指示器を使用していると, 自身も使用する傾向がある [5], 若年層から高齢層にわたる実験では方向指示器の使用率に性差はみられない [6] が, 若者 (大学生) を対象としたアンケート調査によれば, 方向指示器の使用率に性差がみられ, 女性の方が男性よりも使用率が高い [4], 車線変更操作の前, 最中, 後にわたる時系列で方向指示器使用率を追跡したところ, 車線変更操作を開始する前に方向指示器を使用する率は 50% に過ぎない [3], などと報告されている。

また, 運転時の方向指示器使用行動の分析という観点ではなく, 衝突事故統計 (米国の七つの州) と方向指示器の特性の関係を分析した研究がある。それによれば, 後方から衝突される率が, 色の違いでいえば, 橙色の方が赤色よりも小さく<sup>(注2)</sup>, 光源の違いでいえば, LED 光源の方がタングステン光源よりも小さいことが示唆されている [7]。

それらは現状分析の研究であるが, 一方で, ランプ動作の工夫による反応時間短縮効果を検討した研究もある。自動二輪車のブレーキ操作時に, 制動灯の点灯に加えて左右両方の方向指示器がハザード状に点滅する方式を採用すると, 制動灯のみが点灯する通常方式よりも後方車の反応時間が短縮されとの報告がなされている [8], [9]。

さて, ここで考察する判断エラーの可能性は錯視 (視覚的な錯覚) による。錯視にもさまざまなあるが, ここで重要なのは数十～数百ミリ秒間隔で続けて呈示される視覚刺激がもたらす運動的知覚—仮現運動 (apparent motion)—である [10] (交通における錯視の問題について, 道路の観点から取り組んでいる研究プロジェクトについては文献 [11] を参照されたい)。

ここでは, 人間の動特性に鑑みたとき, 潜在的に危険をはらんでいるデザインを指摘する。以下ではまず, 運動錯視について整理し, 続いて, 方向指示器と尾灯のデザインのさまざまな可能性を列挙し, どのような場合に運動錯視が生じ, それに伴い判断エラーが引き起こされる可能性が高いか述べる (以下では夜間を想定した考察を行う。したがって, 尾灯または制動灯と言及すべき箇所についても, 簡単のため, 尾灯とのみ

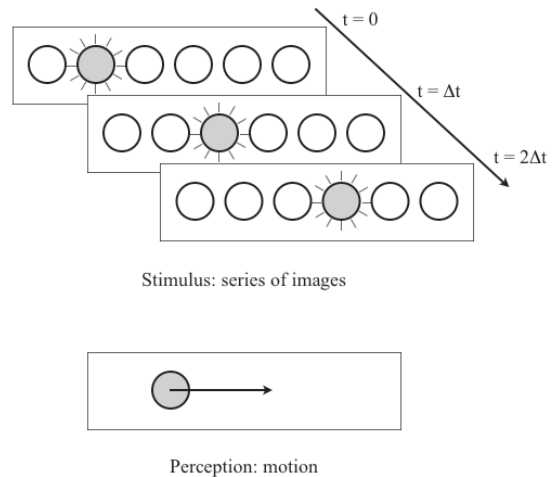


図 1  $\beta$  運動  
Fig. 1  $\beta$  motion.

言及することとする)。そして, 判断エラーの可能性が高いと考えられるデザインと低いと考えられるデザインのランダム呈示による反応計測実験を行い, エラーについて予想どおりの結果が得られることを示す。最後に, 今後取り組むべき課題を挙げ考察する。

## 2. 運動錯視

錯視にはさまざまなものがある。物理的な図形と知覚される図形の相違に関する幾何学的錯視, 色の膨張収縮効果, 動いていないはずのものが動いてみえる運動錯視, などである [10], [12]。ここでは特に運動錯視について述べる。運動錯視の範疇にもさまざまなものがあるが, 以下で考察する方向指示器の現象と密接に関わるのは仮現運動である。仮現運動の代表例は, 図 1 のように光点が短い時間間隔 (数十～数百ミリ秒間隔) で遷移すると, 現実には光る点が隣の点に移動しただけであるのに, 光が運動したように知覚される  $\beta$  運動 [10] である。電光掲示板の文字が滑らかに流れるように見えるのもこの錯覚による。図 2 には偏向  $\gamma$  運動 [12] (線運動錯視 [13]) を示す。これは, 棒が提示される前に, 注意を引く円を提示しておく ( $t = 0$ ) と, 棒は全体が同時に現れただけであるにもかかわらず, 棒が伸びるように知覚される錯視である。以下に示す方向指示器の錯覚には,  $\beta$  運動と偏向  $\gamma$  運動の要素が複合的に関わっていると考えられる (図 3)。

(注1): これらは米国, カナダの研究であり, 日本とは走行する車線の左右が逆であることに注意されたい。

(注2): 日本や欧州では方向指示器の色は橙色 (amber) でなければならないが, 米国では赤色でもよい。

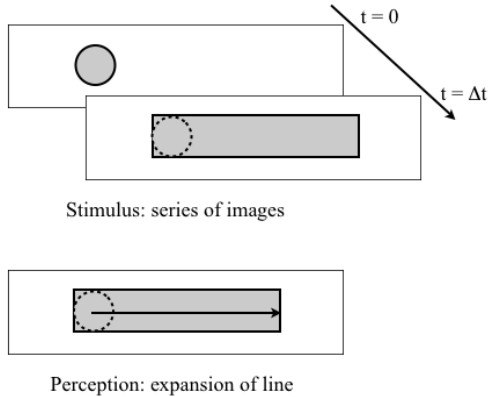


図 2 偏向  $\gamma$  運動. 線運動錯視とも呼ばれる

Fig. 2 Polarized  $\gamma$  motion, also known as line-motion illusion.

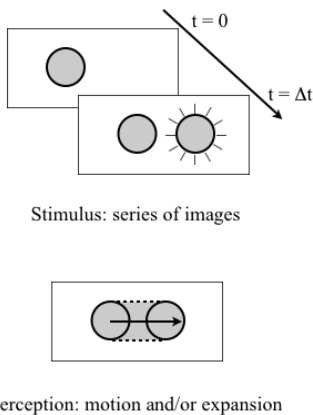


図 3  $\beta$  運動と偏向  $\gamma$  運動の複合した錯視

Fig. 3 Apparent motion examined in this study, that is, complex of  $\beta$  motion and polarized  $\gamma$  motion.

### 3. 方向指示器の判断エラーが起こりうる状況

尾灯の点灯なしで、方向指示器単独の点灯では運動錯視は生じない。例えば図 3 の  $t=0$  の円がなければ、二つ目の円の出現 (図 3,  $t=\Delta t$ ) による錯視 (運動や伸長) は知覚されない。ドライバーに運動錯視を生じさせ、方向指示器が指し示す方向の判断エラーを引き起こす可能性のあるのは、尾灯が点灯している間に方向指示器が点灯する場合である。図 3 でいえば、 $t=0$  で点灯している円が尾灯、 $t=\Delta t$  で新たに点灯した円が方向指示器である。

ドライバーに知覚される向き (右または左) が決定される要因について説明しよう。図 4 に、知覚の向き

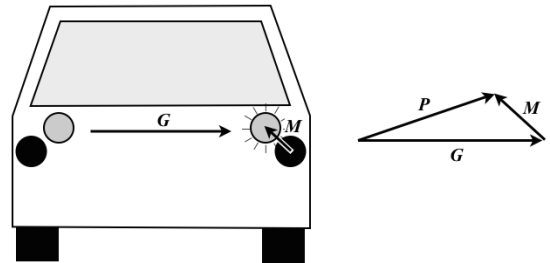


図 4 大域的方向ベクトル ( $G$ ) と運動錯視ベクトル ( $M$ ) の合成ベクトルとしての知覚ベクトル ( $P$ ) の概念図

Fig. 4 Conceptual explanation of perception vector ( $P$ ) as a composition of global location vector ( $G$ ) and motion illusion vector ( $M$ ).

を説明するための概念モデルを提案する。車両後部全体に注意が配分された状況での、方向指示器の指示の向きと強さを、大域的方向ベクトル  $G$  で表す。運動錯視により生じる知覚の方向と強さをベクトル  $M$  で表すとき、知覚される方向がベクトル  $P = G + M$  であることを表現している。 $G$  の向きは一定とするが、大きさは状況に応じて変化する。 $M$  の向きは尾灯と方向指示器の位置関係に応じて異なり、大きさが状況に応じて変化する。このモデルを用いれば、判断エラーは  $P$  の水平成分が  $G$  と同じ向きのときには起こりにくく、逆向きのときに起こりやすいと考えられる。例を挙げれば、判断エラーが起こらないのは

- 車両後方全体に注意が向けられており、 $G$  が支配的であり、 $M$  の影響が相対的に小さく、 $P$  の水平成分が  $G$  と同じ向きである場合。

- $M$  の水平成分が  $G$  と同じ向きであるため、 $G$  の大小にかかわらず  $P$  の水平成分が  $G$  と同じ向きである場合。

であり、判断エラーが起こるのは、

- 点灯した方向指示器の近辺の狭い範囲に注意が向けられているなどの状況のため、 $G$  の大きさが小さく、 $M$  の水平成分が  $G$  と逆方向であるため、 $P$  の水平成分が  $G$  と逆向きになる場合。

である (ただし、よく知られているように、視線方向と注意の対象は必ずしも一致しないこと [14] に注意されたい)。以上をまとめれば、車両全体に注意が向いている場合 (注意のスポットライトのサイズが大きい場合) には方向指示器の配置によらずに指示方向の判断エラーは起こりにくく、方向指示器近辺にのみ注意が向いており (注意のスポットライトのサイズが小さい)、かつ、方向指示器が尾灯に対して車両の内側に

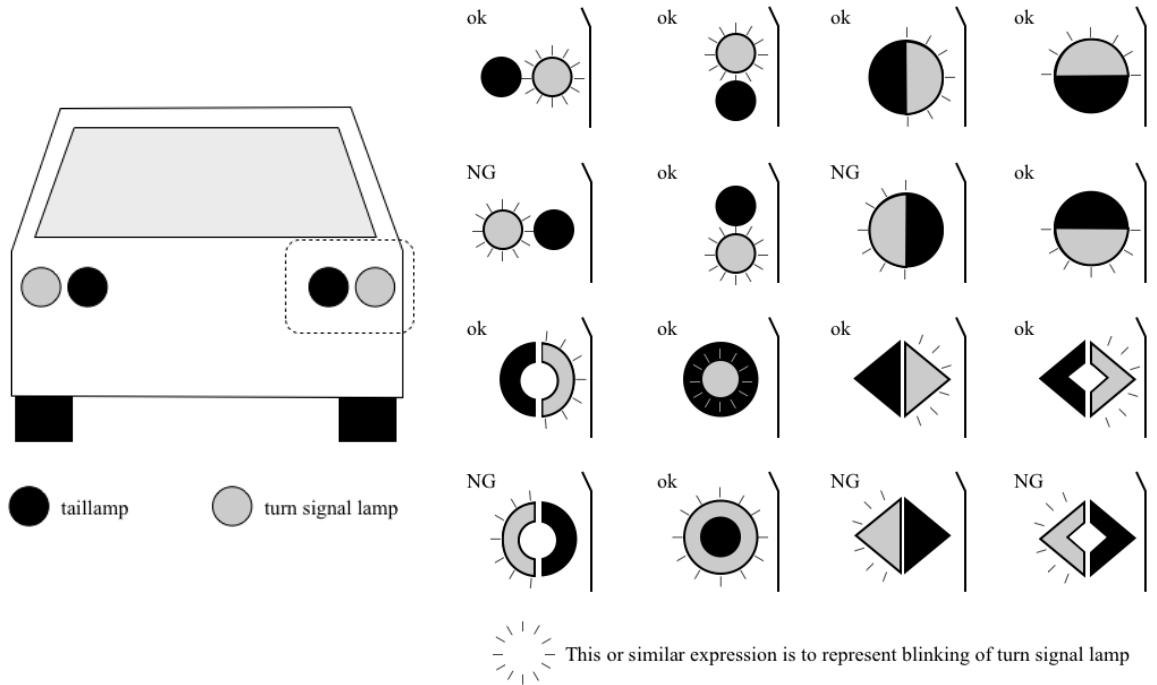


図 5 車両後部の概念図（左図）．方向指示器と尾灯のさまざまな形状と配置の可能性（右図）．右図では車両右側部の方向指示器と尾灯付近のみ（左図の破線枠部）が表現されている．“ok” は誤認識の可能性がないと思われる場合，“NG” は理論上誤認識の可能性がある場合．

Fig. 5 Conceptual figure of the back of a car (left), and some of possible shapes and configurations of turn signal lamps and taillamps (right). Note that only the neighborhood of the right part of lamps (the part enclosed by dashed round rectangle) are shown in the figure. The sign “ok” means there is no possibility of misjudgment, and “NG” misjudgment could happen in theory.

配置されている場合に判断エラーが起こる可能性があるということである．

人間には、何かに注意を向けている場合でも、視野の周辺で動くものや、突如現れたものに注意が移動する性質がある [15]．そのため、点灯した方向指示器とその周辺に咄嗟に注意が向くことがあり得る．

車両後部の右側を例に、方向指示器と尾灯のデザイン及び配置について、考えられるパターンをいくつか例示した（図 5）．この中には、判断エラーを誘発する恐れのない、またはエラーの可能性が小さいもの（図 5「ok」）と、エラーの可能性が大きいと考えられるもの（図 5「NG」）がある．

次章では、ここまでの考察に基づいた仮説「方向指示器が尾灯の内側に配置されている場合に、外側の場合に比べて指示方向の判断エラーが多く発生する」を検証する実験について述べる．

## 4. 実 験

以下、4.1 では実験設定と設定の意図を述べる．続いて 4.2 で実験参加者と実験環境について述べ、最後に 4.3 で結果を示す．

### 4.1 実験設定と意図

実験刺激として呈示する画像（ムービー）を用意するにあたり、限定した条件と、さまざまな条件の影響を調べるために変化した条件がある．

はじめに、固定した条件は以下のとおりである．

- 車両は目立った特徴をもたないデザインの 1 種類とした（図 6(a)）．
- 夜間で、車両の色は明確に視認できないと想定し、画面背景は黒とし、車両色はグレーとした（図 6(a)）．
- 方向指示器の点滅周波数は 1.5Hz、点滅のデュー

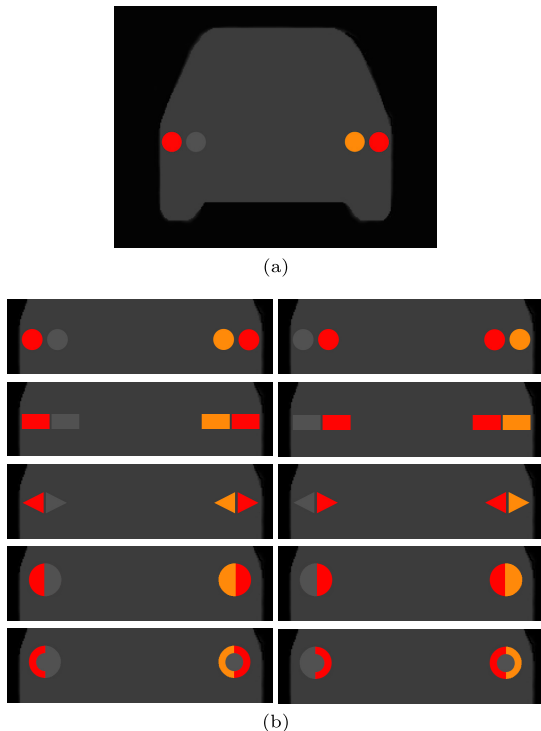


図 6 実験で使った車両画像。(a) 車両の全体像の一例。尾灯が点灯し、右の方向指示器が点灯している状態を示している。(b) 方向指示器と尾灯のさまざまなパターン。

Fig. 6 Images of vehicles used in the experiment. (a) An example from the images used in the experiment. Taillamps are ON, and the right-side turn signal lamp is ON. (b) Variations of shapes and arrangements of lamps for the case the right side signals are ON. Arrangement means inner/outer positioning of turn signal lamps in relation to taillamps.

ティール比は 0.5 とした。

- 方向指示器の指す方向として、右と左は同数とし、それに加えて、ハザード点滅を混入させた。ハザードは、実験参加者の課題への取り組みに際しての手抜きを抑制する目的で加えた。

次に、刺激ごとに複数の選択肢の中からランダムに選択して呈示した条件は以下のとおりである。なお、特に項目 (b) と (c) では図 6 を参照 (図 6 は右の方向指示器が点灯している瞬間を表現している)。

- (a) 指示方向：  
2 通り (右, 左)
- (b) 方向指示器と尾灯の位置関係：  
2 通り (方向指示器が内側, 外側)

- (c) 方向指示器及び尾灯の形状とサイズ：  
5 種類 (円, 四角, 三角, 半円, 半ドーナツ)。  
サイズ (方向指示器, 尾灯ともに同じ) は、車幅を 100 としたときの相対値で表せば次のとおり。  
円：直径 8.6, 四角：横 11.5 × 高さ 6.1, 三角：横 8.6 × 高さ 8.6, 半円：直径 13.5, 半ドーナツ：外径 13.2, 内径 7.2。
- (d) 車両の大きさ：  
3 種類 (車幅が視角で 12 度, 8 度, 3 度。車幅を 1.7m とした場合, それぞれ, 車両までの距離 8m, 12m, 32m に相当する。ディスプレイ上の画素数では, それぞれ 524 ピクセル, 428 ピクセル, 236 ピクセルである。)
- (e) 車両の出現から方向指示器点灯までの時間遅れ：  
3 通り (100ms, 300ms, 600ms)
- (f) 画面上に車両が現れる場所：  
25 か所 (画面中央 1 か所, 中央から伸びる 8 方向の放射状線と三つの同心円の交点 24 か所。同心円の半径は視角で 5 度, 7 度, 9 度)

上記より、呈示刺激の組み合わせの数は  $2 \times 2 \times 5 \times 3 \times 3 \times 25 = 4500$  種類となる。この全てを用いると実験時間があまりにも長くなる (4 時間以上と見積もられた) ため、ここでは、(a)~(e) の組み合わせ一つにつき、(f) は 25 か所からランダムに 2 か所を選ぶこととし、呈示刺激の総数を  $2 \times 2 \times 5 \times 3 \times 3 \times 2 = 360$  とした。ハザードについては、(b)~(f) の全ての組み合わせ 2250 通りからランダムに 30 条件を選んだ。以上により、刺激は 390 種類、1 セッションの所要時間は 20 分ほどとなった (セッション内は休憩なし)。

実験は視点固定の要求の有無ごとにそれぞれ 1 セッションとし、合計 2 セッションとした。第 1 セッションでは、実験参加者は刺激呈示前にいったん画面上の十字 (+) に視点を固定するが、車両が現れた後は視点を自由に動かしてよい (視点自由セッション)。第 2 セッションでは、実験参加者は視点を画面上の十字 (+) に固定したまま判断する (視点固定セッション)。なお、十字は画面の中央に呈示した (十字の色は白、十字を構成する縦及び横線はいずれも太さが 1 ピクセル、長さが 11 ピクセルであった)。各セッションの時間軸の流れは次のとおりであった。視点自由セッションでは、十字表示 (1000ms) → 十字消滅・黒画面 (400ms) → 車両出現 (回答があり次第終了) → 黒画面 (1000ms)、これが上述の回数繰り返された。視点固定セッションでは、十字表示 (2000ms) → (十字



表示のまま)車両出現(回答があり次第終了),であった。上記(e)に示したように,車両出現から方向指示器点灯までには遅れ時間を設けた。遅れ時間は,感覚的に車両出現と同時に(100ms),車両出現後間もなく(300ms),そして車両出現後ひと呼吸後(600ms)とした。人間がひと呼吸と感じる時間には幅があるが,600msが実験参加者にとって十分に長いことと,空間的注意の実験で観察される復帰抑制[15]が生じる遅れ時間が500~700msであることから,人間反応に関わる代表的遅れ時間としてこの値を採用した。

上述のように1セッションは390種類(=360+30)の刺激で構成されているため,各実験参加者は2セッションで合計780回の判断をすることになる。各刺激に対して,実験参加者は,方向指示器が指示している方向(右/左)を,パソコンキーボードの二つのキーで,できるだけ早く回答する。ムービーがハザードであれば,どちらのキーも押さずに車両が消滅するまで待機する(方向指示器の点滅開始から車両消滅までは2500ms)。なお,実験参加者を2グループに分け,2セッションにわたる全780刺激の呈示順序でカウンターバランスをとった。

#### 4.2 実験参加者と実験環境

実験参加者は大学生ボランティア10名(男子7名,女子3名;年齢21~23歳,平均年齢22歳)であった。実験参加者はみな,実験実施者とは無関係であり,実験参加者へは実験の目的や仮説については一切伝えず,実験への取り組み方のみを説明した。また,全員,普通自動車免許を有しており,視力若しくは矯正視力は正常で,色覚も正常であった。実験の前にインフォームドコンセントを得た。なお,実験の説明,練習,実験,インタビューを含めた所要時間は1時間程度であった。

刺激提示にはノート型コンピューター MacBook の13インチ液晶ディスプレイ(1280×800ピクセル)を使用した。コンピューターの仕様はOS:OS X 10.6.8,内蔵メモリー4GBであった。刺激ムービーの提示及び反応時間計測にはAdobe Flash CS 5.5を用いて独自に開発したアプリケーションを利用した。ディスプレイから実験参加者の目までの距離は約40cmとした。実験は防音パーティションで取り囲んで構成した一畳ほどの小部屋で実施した。小部屋内は一般のデスクワーク用の部屋と同程度の明るさであった。

#### 4.3 結果

本研究の主題である方向指示器の配置の効果を詳し

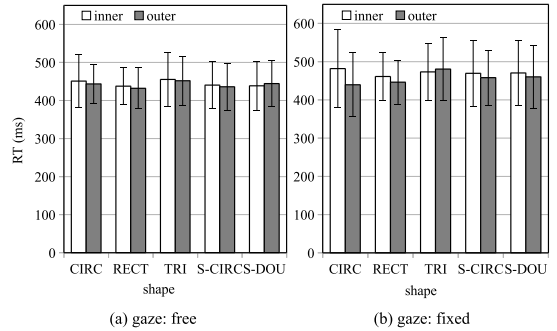


図7 反応時間(RT)と方向指示器形状,配置の内外の関係。反応時間は全実験参加者の全正反応についての平均と標準偏差。記号と形状の対応は次のとおり:円(CIRC),四角(RECT),三角(TRI),半円(S-CIRC),半ドーナツ(S-DOU)。(a)視点自由条件,(b)視点固定条件。

Fig. 7 Reaction time (RT) vs. inner/outer arrangements of turn signal lamps for five lamp shapes (CIRCle, RECTangle, TRIangle, Semi-CIRCle, and Semi-DOUghnut) for two gaze conditions, free (a) and fixed (b). RT was averaged over all correct responses for all participants for each experimental condition. Error bars are standard deviations.

く分析する前に,まず,刺激として用いた五つの形状ごとの反応時間とエラー率を概観しておく。

図7は,視点自由条件と視点固定条件に分けて,各形状(5種類)の各配置(方向指示器が内側/外側)について,反応時間をまとめたものである。全ての実験参加者の全ての正反応の分布についての,各条件での反応時間の平均と標準偏差である。視点自由条件では半ドーナツ以外の4形状で,方向指示器が内側の方が,外側よりも平均反応時間が長く,視点固定条件では三角以外の4形状で,方向指示器が内側の方が平均反応時間が長い。

反応時間と同様に,視点自由条件と視点固定条件に分けて,各形状の各配置についてエラー率を示したのが図8である。全ての形状で,方向指示器が内側の方が,外側よりも多くのエラーが発生している。

次に,全ての形状を総合した反応時間とエラー率を,方向指示器の配置(内側/外側)と視点条件(自由/固定)でまとめたのが図9である。反応時間は図7のデータを,エラー率は図8のデータを,全ての形状について平均したものである。視点条件にかかわらず,配置が内側である方が,外側よりも反応時間が長く,エラー率が高い。

ここからは,分析結果を詳しく示す。

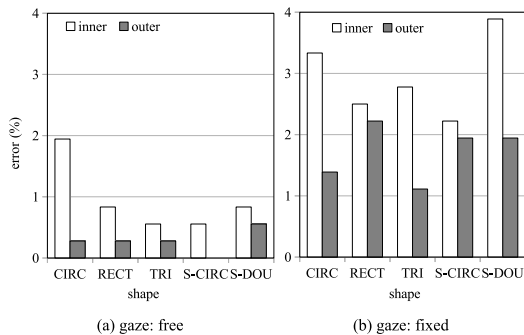


図8 エラー率と方向指示器形状、配置の内外の関係。記号と形状の対応は次のとおり：円 (CIRC)，四角 (RECT)，三角 (TRI)，半円 (S-CIRC)，半ドーナツ (S-DOU)。(a) 視点自由条件，(b) 視点固定条件。

Fig. 8 Error rate vs. inner/outer arrangements of turn signal lamps for five lamp shapes for two gaze conditions, free (a) and fixed (b).

まず、実験参加者ごとの全ての形状にわたる平均反応時間について、配置 (内側/外側) × 視点条件 (自由/固定) の2要因分散分析 (対応あり) の結果、配置の効果は有意であり ( $F(1,9) = 12.34, p < 0.01$ )、視点条件の効果は有意ではなかった ( $F(1,9) = 2.08, p > 0.1$ )。なお、交互作用は有意であった ( $F(1,9) = 11.34, p < 0.01$ )。ただし、方向指示器が内側の方が外側の場合よりも反応時間が長く、その差が統計的に有意であるとはいえ、図9によれば、視点自由条件での平均反応時間の差は  $445\text{ms} - 442\text{ms} = 3\text{ms}$ 、視点固定条件では  $471\text{ms} - 457\text{ms} = 14\text{ms}$  である。したがって、この差の意味するところ、すなわち、運転の安全性との関わりの大きさについては検討の余地があろう。詳しい検討は今後の課題としたい。

次に、実験参加者ごとの全ての形状にわたるエラー率について、反応時間に対するのと同様に2要因の分散分析 (対応あり) を行った結果、配置の効果は有意であり ( $F(1,9) = 14.37, p < 0.01$ )、視点条件の効果も有意であった ( $F(1,9) = 11.55, p < 0.01$ )。なお、交互作用は有意ではなかった ( $F(1,9) = 0.584, p > 0.1$ )。ここで、図9に沿って、方向指示器が内側の場合と外側の場合のエラー率の違いの意味について述べておく。内側と外側のエラー率の差でいえば、視点自由条件が0.67%、視点固定条件が1.22%である。この数値だけを見ると問題となる差異とは感じられないかもしれないが、運転時の事故の可能性に結びつけて検討する際に問題となるのはエラー率の比であると考えられる。そこで、方向指示器が内側のエラー率と外側のエ

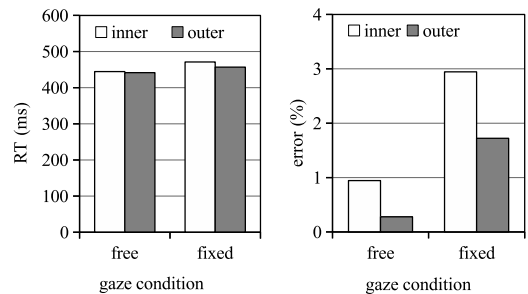


図9 反応時間 (RT) 及びエラー率の、配置 (方向指示器が内側/外側)、視点条件依存 (全形状の平均)

Fig. 9 Reaction time (RT) and judgment error as a function of inner/outer configuration and gaze conditions.

ラー率の比を求めてみると、視点自由条件が3.40倍、視点固定条件が1.71倍となり、問題視すべき増大であると考えられる。

最後に、形状がエラー率に及ぼす効果について述べておく。五つの形状のエラー率の違いについて1要因の分散分析を行ったところ、形状の効果は有意ではなかった ( $F(4,36) = 0.351, p > 0.1$ )。

## 5. 考 察

以下に、得られた結果から予想されることを2点述べ、続いて今回の実験刺激の設定について補足し、最後に今後の展望を述べる。

まず、結果から予想されることを二つ述べる。第一に、ここでは夜間、尾灯点灯中に方向指示器が点滅する場合を想定したが、日中であっても、制動灯が点灯している状況で方向指示器が点滅すれば、条件としては今回の実験と大きくは異ならないと考えられる。よって、日中であっても同様に、方向指示器の配置が制動灯の内側の場合に、外側に比べて判断エラーが起りやすくなると予想される。第二に、車両前方についても同様の判断エラーが起りうると考えられる。夜間、前照灯が点灯時、内側に配置された方向指示器を点滅させた場合である。

次に、今回の実験刺激の設定について補足する。呈示画像 (図6参照) においてナンバープレートを設けなかった理由、車両の色をグレーに限定した理由を述べ、続いて、実験刺激の各要素の輝度及び色度について述べる。

ナンバープレートが付いていれば、指示方向の認識の基準になる場合があり得る。しかしながら、ナン



ナンバープレートと方向指示器の位置関係の影響や、ナンバープレートと方向指示器の明るさの関係の影響など、問題が極度に複雑化する恐れがあると判断し、ナンバープレートを設けなかった。これについては、より実際のかつ具体的な車両像を用いた実験の必要性を検討した上で、今後の課題としたい。

車両の色をグレーに限定したことについてもナンバープレートと同様に、車両の色に由来する判断エラーへの多様な影響を平均的に捉える目的でグレーに限定した。ナンバープレートと車両色、いずれについても、抽象と具象のどちらを優先すべきか検討した結果、方向指示器の配置によるエラーの変化を指摘するという本研究の趣旨に鑑みるとき、抽象度を優先した設定を採用する方がよいと判断した。

実験実施後に各刺激要素の輝度及び色度  $(x, y)$  を計測したところ、次の値であった。

背景：1.0cd/m<sup>2</sup>, (0.321, 0.269)

車両：2.3cd/m<sup>2</sup>, (0.323, 0.325)

尾灯：71.7cd/m<sup>2</sup>, (0.591, 0.334)

方向指示器（点灯時）：92.9cd/m<sup>2</sup>, (0.531, 0.374)

方向指示器（消灯時）：6.7cd/m<sup>2</sup>, (0.324, 0.328)

保安基準 [1] では、尾灯は赤、方向指示器（点灯時）は橙色と定められており、色度  $(x, y)$  の範囲として数値的に表されている。上記の計測結果は、尾灯、方向指示器ともに、保安基準の色度範囲に収まっていなかった。図 6 に示す各刺激要素の見えから判断すると、色度の定量的な違いは、抽象度を優先した今回の実験結果に大きな影響は及ぼさなかったと予想されるものの、より現実的な実験においては、色の正しい設定が不可欠であろう。

最後に、今後の展望について述べる。実験終了時の実験参加者へのインタビューで、疲れ了吗かとの問に対する 5 段階の回答（1：全く疲れなかった～5：とても疲れた）の平均が 3.8 であったものの、実験データの時系列を見た範囲では、集中力は十分に維持できていたと考えている。これは実験参加者が健康な若者であったからであろう。では、疲労や加齢にともなう集中力の低下はエラー率にどのように影響するのか、あるいは、2 重課題の手法を用いて注意を阻害した場合の影響はどうか、これらの観点での検討も必要だろう。このような集中力の低下や注意の阻害の影響を単純に予測することはできない。なぜなら、図 4 の表現を用いれば、集中力の低下などにより、仮に大域的方向ベクトル  $G$  が減弱したとしても、同時に運動

錯視ベクトル  $M$  も減弱する可能性があり、結果として知覚ベクトル  $P$  の水平方向成分の向きには影響しない可能性があるからである。

## 6. む す び

現在の保安基準を満たしていても、方向指示器が尾灯の内側に配置されている場合に、外側に配置されている場合に比べて、指示方向の瞬時の判断においてエラーを引き起こしやすくなると予想した。これは、運動錯視による局所的運動及び伸長の知覚と、注意の配分に基づく考察からの予想であった。コンピュータディスプレイに表示される自動車後部ムービーを用いて、指示方向の判断実験を行った結果、予想を支持する結果が得られた。内側と外側のエラー率の相違は、分散分析の結果、有意であった ( $p < 0.01$ )。

謝辞 本研究のデータ整理及び分析に協力してくれた大谷和希君と根本翔太君（両名とも茨城大学工学部メディア通信工学科の学生）に感謝する。本研究の一部は自動車技術会 2013 年春季大会及び同 2014 年春季大会で発表された。

## 文 献

- [1] 道路輸送車両の保安基準 (H26.9.30 現在), 国土交通省.
- [2] 牧下 寛, 松永勝也, “心理的負荷が運転中の反応時間に与える影響,” 人間工学, vol.41, no.4, pp.228–236, 2005.
- [3] D.D. Salvucci and A. Liu, “The time course of a lane change: Driver control and eye-movement behavior,” Transportation Research Part F, vol.5, pp.123–132, 2002.
- [4] J. Bergdahl, “Sex differences in attitudes toward driving: A survey,” The Social Science Journal, vol.42, pp.595–601, 2005.
- [5] H.W. Faw, “To signal or not to signal: That should not be the question,” Accident Analysis and Prevention, vol.59, pp.374–381, 2013.
- [6] J.M. Sullivan, S. Bao, R. Goudy, and H. Konet, “Characteristics of turn signal use at intersections in baseline naturalistic driving,” Accident Analysis and Prevention, vol.74, pp.1–7, 2014.
- [7] J.M. Sullivan and M.J. Flannagan, “The influence of rear turn-signal characteristics on crash risk,” Journal of Safety Research, vol.43, pp.59–65, 2012.
- [8] K.-H. Tang, “A field study on validation of supplemental brake lamp with flashing turn signals for motorcycles,” International Journal of Industrial Ergonomics, vol.31, pp.295–302, 2003.
- [9] K.-H. Tang, L.-C. Tsai, and Y.-H. Lee, “A human factors study on a modified stop lamp for motorcycles,” International Journal of Industrial Ergonomics, vol.36, pp.533–540, 2006.
- [10] 松田隆夫, 視知覚, 培風館, 東京, 1995.

- [11] JST, CREST「数学」領域「計算錯覚学の構築」チーム, 「道路の錯視とその軽減対策」調査研究中間報告, Aug. 2013.
- [12] 後藤倬男, 田中平八 (編), 錯視の科学ハンドブック, 東京大学出版会, 東京, 2005.
- [13] O. Hikosaka, S. Miyauchi, and S. Shimojo, "Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation," *Vision Research*, vol.33, no.9, pp.1219-1240, 1993.
- [14] M.I. Posner, "Orienting of attention," *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, vol.32, no.1, pp.3-25, 1980.
- [15] M.I. Posner and Y. Cohen, *Components of visual orienting*, *Attention and Performance X*, pp.531-556, Erlbaum, Hillsdale, N.J., 1984.

(平成 27 年 2 月 3 日受付, 5 月 21 日再受付,  
7 月 15 日早期公開)



矢内 浩文 (正員)

1982 茨城高専・機械工学科卒. 1985 東京大学・物理工学科卒. 1987 東京大学大学院・計数工学専攻修士課程了. 1990 東北大学大学院・電子工学専攻博士課程了 (工博). 同年日本学術振興会特別研究員. 1991 玉川大学・情報通信工学科. 1999 茨城大学・

工・メディア通信工学科. 現在同准教授. 人間の行動・認識・記憶に横たわる「無意識」の分析と応用に関する研究に従事. 日本神経回路学会, ヒューマンインタフェース学会, IEEE 各会員.



沼澤 直幸

2014 茨城大学・工・メディア通信工学科卒.