

J I E R - 064

交通用視覚ディスプレイに関する研究調査委員会報告書

1999年3月

社団法人 照明学会

目 次

1. はじめに	1
2. 委員会報告	
2.1 委員会の構成	2
2.2 委員会の活動状況	2
2.3 研究調査の概要	3
2.4 公開見学会記	4
3. 高齢者の視認性から見た視野	5
4. 道路交通信号灯	7
5. ITSの紹介と道路交通用視覚ディスプレイに関する話題	12
6. 微少俯角における自動車用ヘッドアップディスプレイ表示情報受容特性	15
7. ガイドライトシステム	20
8. 航空灯火とグレア	22
9. 参考資料	31
10. あとがき	34

1. はじめに

近づく21世紀に向けて、交通環境の高機能化が進んでいる。道路交通においては、ITS(Intelligent Transport Systems) や ARTS(Advanced Road Transportation System) などによる高機能化とカーナビゲーションなどによる自動車の高情報化が進む中で、安全性の確保や事故防止の抜本的対策が要求されている。当学会においても、平成2年度から「道路交通における視覚情報研究調査委員会」、「交通視環境の改善に関する研究調査委員会」などを設置し、道路照明と交通事故、運転時における情報探索・認知特性、種々の表示システムと視認性などに関して研究調査を行い、活動報告書を提出して新たな問題提起を示した。特に、交通環境の高機能化や高情報化は、自動車の運転中の支援情報として働く反面、視覚的注意との関わりに対する影響が問題にされている。また、交通環境の高機能化や高情報化に関連して、運転者に与えられるさまざまな情報を整理、検討する必要性も生じている。

本研究調査委員会では、これまでの研究調査に加えて、ITS(Intelligent Transport Systems) や ARTS(Advanced Road Transportation System) などによる交通環境の高機能化に対するより実場面に近い動的な状態での視覚・認知・行動特性についての研究・調査を行った。また、ナビゲーションシステムや LED を用いた信号灯器や情報板などの新しい交通用視覚ディスプレイの視覚・認知特性について検討し、交通環境における視覚情報システムの有効性についても研究・調査を行った。

2. 委員会報告

2.1 委員会の構成

委員会の構成は以下の通りである。

- 委員長 武内 徹二 (松下電子工業(株))
- 幹事 石川 和夫 (東京工芸大学工学部)
- 同 元木 正典 (財団法人自動車研究所) (平成10年6月まで)
- 同 横井 清和 (財団法人自動車研究所) (平成10年7月より)
- 委員 荒生 薫 (岡山県立大学デザイン学部)
- 同 一條 隆 (東芝ライテック(株)研究所)
- 同 鶴飼 一彦 (日本福祉大学情報社会科学部)
- 同 岡林 繁 (名城大学都市情報学部)
- 同 北原 健二 (東京慈恵会医科大学医学部)
- 同 斉藤 孝 (松下電工(株))
- 同 菅野理樹夫 (高千穂商科大学)
- 同 行田 尚義 (鹿児島大学工学部)
- 同 成定 康平 (中京大学文学部)
- 同 橋本 進
- 同 畑田 豊彦 (東京工芸大学工学部)
- 同 堀野 定雄 (神奈川大学工学部)
- 同 三浦 利章 (大阪大学人間科学部)
- 同 水元 清 (航空医学実験隊)
- 同 望月 正人 (株いすゞ中央研究所)
- 同 和氣 典二 (東京理科大経営学部)

2.2 委員会の活動状況

平成9年6月から平成11年3月までの活動期間中に、延べ7回の委員会と1回の見学会を視覚専門部会と合同で開催した。委員会の主な活動内容は、①交通信号・標識、②交通環境、③交通照明、④交通と視覚特性などに関する講演と調査報告に対して検討を行った。

主な講演と調査報告の題目を以下に示した。

- ①交通信号灯火の赤黄緑青白の信号光色の色度範囲 (武内 徹二, 松下電子工業(株))
- ②最近のITS (Intelligent Transport Systems)の現状 (望月 正人, 株いすゞ中央研究所)
- ③道路標識および灯浮標研究の現状 (和氣 典二, 東京理科大経営学部)
- ④高齢者の視認性から見た視野 (増田 敬史, 東京理科大学)
- ⑤信号等に関するCIEの活動経緯 (武内 徹二, 松下電子工業(株))
- ⑥航空灯火とグレアについて (入倉 隆, 交通安全公害研究所)
- ⑦ガイドライトシステム (斉藤 孝, 松下電工(株))
- ⑧微少俯角における自動車用ヘッドアップディスプレイの表示情報受容特性
(岡林 繁, 名城大学)

2.3 研究調査の概要

2.3.1 交通信号・標識

CIE よりISO への答申が出された交通信号灯火の各色の色度範囲について、日本における緑信号の平均色光が色度範囲から外れていることについて、測定法方の問題点や実際の使用環境下での色光などについて検討を行った。また、今後予想されるLED 素子を用いた信号灯火の色光や信号灯火のサイズなどについても検討を行った。

道路標識に関しては、反射表示板の青と白（青地に白文字）のコントラスト変化による視認性（読み易さの評価と判読距離）に関する実験の報告が行われ、判読距離には表示板の板面輝度が大きく寄与していることが示された。また、若年者と高齢者の比較を行い、両者には差があることが示された。今後、導入が検討されているフルカラーの大型表示装置に対して、視認性と情報の理解度やフルカラー表示の有効性などについて検討を行った。

2.3.2 交通環境

ITS (Intelligent Transport Systems) の現状と今後の動向について報告が行われた。ITS は最先端の情報通信技術を用いて自動車と道路を知能化するシステムで、ナビゲーションの高度化、自動料金システム、安全運転の支援、交通管理の最適化、歩行者等の支援など20項目におよぶ分野で研究開発、フィールドテストが推進されていることが示された。ドライバに対する情報の提示は、車内ではディスプレイ装置、音声、警告音などで行われ、道路側からは可変表示板で行われる。ドライバが運転中安全に取得できる情報量は限られており、これらの情報を的確に伝え、ドライバに行動を起こさせるための表示方法やヒューマンインターフェスの最良化などが課題であることを報告された。また、先進安全自動車 (ASV) についても述べられ、現在はASV II として各社が独自に研究開発を行っているとのことを報告された。また、ARTS (Advanced Road Transportation System) の1システムとして研究を進めていたガイドライトシステムについて、対向車警戒機能と道路線形表示機能の2つの機能の有効性について検討を行った。

2.3.3 交通照明

最近発表された道路・トンネル照明にかんする文献について検討を行った。また、空港照明の問題点として航空灯火とグレアについて、航空灯火の見え方、閃光及び明滅光による不快グレア、線状光源による不快グレアの抑制、灯火による減能グレア、グレア光照射後の視力の回復時間などについて検討を行った。

2.3.4 交通と視覚特性

運転時の視覚特性に関連して、反射表示板の青と白（青地に白文字）のコントラスト変化による視認性（読み易さの評価と判読距離）に関する実験の報告が行われ、判読距離には表示板の板面輝度が大きく寄与していることが示された。また、視認性から見た色と形の視野について報告が行われ、視野の大きさは形の視野に比べて、色の視野の方が広く、赤と青の視野が広

く、以下緑、黄色と狭くなることが示された。これらの報告では、若年者と高齢者の両者には差があることが示され、特に視野の比較では若年者の方が広いことが示された。

海技従事者の身体基準の色覚異常者に対する問題点に関連して、灯浮標の形と色の視認性について報告が行われ、色弱者は灯浮標の色の識別ができなくてもトップマークの形で認識していることが示された。但し、現在の灯浮標では形と色の視認距離には差があり、形の視認距離が短いことが指摘された。

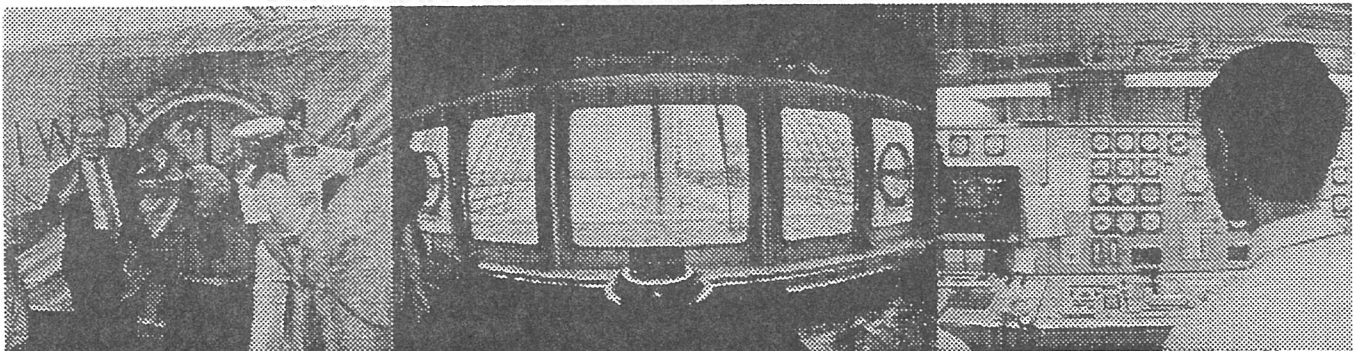
自動車用ヘッドアップディスプレイの表示情報受容特性について、表示像距離1.5mから2.5m程度の現実的な自動車用HUDで、表示像距離と俯角の相互依存性に着目し、俯角と表示情報受容特性との関係性を評価し、俯角をむしろ意図的に設けることで表示情報受容特性を改善することができることが示された。

2.4 公開見学会記

8月28日、台風4号が関東に接近している風雨の中、東京港内の見学航海と海王丸の見学会が行われた。台風の影響を考え見学会の中止も検討したが、風雨の中での信号灯や灯浮標の見えなどを体験できる機会であり実行された。交通艇で日の出棧橋を出発。交通艇「しんとく」に乗り合わせたのは、われわれ研究調査委員会のグループだけだった。交通艇の操舵席にはナビゲーションシステムが設置されており東京湾内の航路図と交通艇の現在地が刻々と表示されていた。われわれ一行はキャビンから各信号所の信号灯や灯浮標を見ながらそれらの役割や意味について橋本委員より説明を受けた。日の出棧橋をでてから南下し、レインボーブリッジをくぐり、大井コンテナ埠頭、船の科学博物館前を航過、フェリー埠頭に接岸中の海王丸まで、約30分弱の航海であった。

海王丸に移乗後、われわれはゲストルーム(?)に案内され船長より航海訓練所の概要と海王丸についての説明が行われた。その後、士官の案内で実習室、機関室、船橋などを見学した。船橋からの見晴らしは壮快であり、また、羅針盤の中心には15cm程度のポールが立ててあり目盛の読み易さに工夫を凝らしていた。

台風の影響で参加予定者の中には会場へこれずに参加を断念した会員もおおり、参加者が少なかったのは残念であるが、風雨の中での見学会は貴重な経験であった。



3. 高齢者の視認性から見た視野

増田 敬史 (東京理科大学)

和氣 典二 (東京理科大学)

ABSTRACT; In this study, the size of visual field was determined based on detectability of color and form. Results are as follows 1) When the size of target is increased, the detectability of color and form is increased. This tendency is consistent among young and old subjects. 2) The visual field of color is larger than that of form. 3) There is the effect of color, Red and blue is larger than green and yellow in visual field. 4) Visual field for old subjects is smaller than that young subjects.

1. 緒言

自動車の運転中、運転者は周囲の情報の認識に最大限の注意を払い、その情報に対して次の行動を判断し適切な操作を行うという行動を繰り返す。このサイクルが崩れる(認識の失敗、判断の遅れ、誤操作など)ことが、事故の直接的な原因につながる。一方で運転のために必要な情報の80%あるいは90%は視覚に依存していると言われる。この場合の視覚による情報の大部分は、フロントガラスを通した前景からの情報と考えられる。当然運転中はこの前景からの情報の収集に最大の注意を払いつつ、運転操作を行わなければならない。

人間の視野のなかで、中心部分で最も解像度の高い部分で見ることを中心視というが、この部分は注視点の周り約2°に過ぎない。中心視からはずれるにつれて、視力は急激に低下する。その外側の周辺視野のうち、われわれの認知に寄与する部分が有効視野である。これは中心視するのと同時に認知できる範囲であり、中心視で何か視覚的仕事をするとき有効に活用されている範囲である。また、従来からの研究は主として若年者を対象にしたものであり、有効視野の大きさは約4°から20°の範囲であると考えられている。

また、人は高齢化に伴って身体機能の劣化や精神活動の低下を生じる。視覚や運動機能も加齢によって劣化する。老化そのものが避けられない以上、老化によって生じる機能低下を居住環境の向上、改善によって補償する考えで本研究では視覚により前景から情報獲得を行う作業を高齢者を対象として検討した。特に、運転時に必要な色や形の視野に関する研究は乏しいので、運転者の視野を制限した状態で、色と形の視認性を求め、人間が自動車を運転する際の視野を測定し若年者と高齢者の比較を行う。

2. 実験方法

自動車の運転環境をシミュレートするために、CRTディスプレイに運転者からみた実際の前景の画像を流し、その画像の所定の視野内に提示された視標を両眼視で見るという実験条件を設けた。そこで、実験1として通常の生活をしている視力状態で高齢者、若年者を被験者とする。実験2として、Occlusion Foilを使用して学生の視力を0.6、0.3、0.1、0.05の低視力の状態にシミュレーションし被験者とする。

2-1. 装置

実験には17インチCRTディスプレイ「NANAOFlexScan 53T」(視標提示用)とコンピューター本体「Apple Power Macintosh 8100/100AV」、入力装置としてApple Keyboard JIS(回答入力キーボード)、背景用VTRはSONY CCD-SC9, CCD705を使用し、テープレコーダーの操作は実験者が行った。CRTディスプレイの輝度、色度の測定には輝度計「TOPCON BM-7」を使用した。

2-2. 条件

17インチのCRTディスプレイを被験者の正面に設置する。画面上には視標提示部分と結果の入力部分が表示される。視標提示部分は縦33.57°、横43.93°で、その右側に入力部分があるが、被験者からは入力部分が見えないように画面上に垂直に仕切りがしてある。実験者は、被験者が口頭で回答した結果をキーボードを用いて入力した。視標提示部分の中心に固視点を設け、被験者は実験中常にそこを固視する。視標提示の範囲は固視点を中心に上下左右に2°、5°、10°、20°の正方形の範囲とした。各視野毎に、大きさ、色、形の異なる視標が提示された。用いられた視標の形は

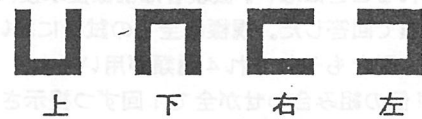


Figure 1. Shape of target

Figure 1に示した上下左右の4種である。その色の色度と輝度はTable 1に示されている。視標の大きさは0.288°、0.577°、1.554°、2.311°である。提示時間は0.3秒であり、提示間隔は回答入力後、提示ごとに0~3秒の間でランダムに変化させた。したがって被験者は視標提示のタイミングをとれない。観察距離は、ディスプレイから30cm離れている。また、視標提示部分の背景には、走行中の自動車の車内から前方を見た状

Table 1. Chromaticity and luminance of color

	輝度 (cd/m ²)	色度座標	
		X	Y
赤	51.93	0.3992	0.3926
黄	50.92	0.3551	0.5293
緑	50.92	0.2631	0.5991
青	51.93	0.2075	0.3475

Figure 1に示した上下左右の4種である。その色の色度と輝度はTable 1に示されている。視標の大きさは0.288°、0.577°、1.554°、2.311°である。提示時間は0.3秒であり、提示間隔は回答入力後、提示ごとに0~3秒の間でランダムに変化させた。したがって被験者は視標提示のタイミングをとれない。観察距離は、ディスプレイから30cm離れている。また、視標提示部分の背景には、走行中の自動車の車内から前方を見た状

態の動画像をVTRにより提示した。それゆえ、この動画像の上に視標が提示されていくことになる。この動画像は、運転者から見える前方の風景であり、晴れた昼間の片側1車線で路肩歩道ありの道路である。可能な限り交通量は少なめの道路を選んだ。動画像の平均輝度は54.8cd/m²である。

2-3. 手続き

1つの視野で10回の試行は連続して行った。ただし、疲労の効果を除くために、適宜2~3分の休憩を取りつつ実験を行った。主作業の視標の提示には実験用プログラム『VOX4.0』を用いた。VOX4.0はディスプレイ上に色・形・大きさを定義したターゲットを一定時間提示し、複雑な背景の中でどの程度まで対象図形を認知することができるかを調べる目的で、1996年に平野らによって作られた心理学実験用プログラムである。各試行で視標の提示前に用いられる色と形がすべて示され、それぞれの名前の対応付けを被験者に確認させた。次に視標提示部分にその試行で選択されている視野範囲の大きさを示す枠が表示された。ただし、視標の提示開始後はこの枠は表示されない。また、視標は同時に複数個提示されることはない。被験者は視標提示後、その色と形を口頭で回答した。視標は全ての試行において、大きさ、色、形ともそれぞれ4種類が用いられ、1回の試行で64個の組み合わせが全て1回ずつ提示された。提示される組み合わせの順序はランダムに各試行毎に変えられた。64個の組み合わせが全て提示されると、1回の試行が終了となる。

2-4. 被験者

埼玉県久喜市高齢者大学65歳以上の視力0.5~1.0(矯正視力を含む)を有する14名東京理科大学の視力1.0以上(矯正視力を含む)を有する学生10名であり、彼らの色覚は正常であった。

3. 結果・考察

被験者の回答した結果を、各条件毎に色の正答率と形の正答率にまとめた。

3-1. 色・形の正答率

色に関する視認性をみってみる。色の視認性に与える視標の色の影響をみるため、視標の色ごとに提示視野を横軸、色の正答率を縦軸にプロットしてみると、視標が提示される視野が増大すると正答率は低下する。若年者と高齢者の両者を比較すると若年者より高齢者の正答率はかなり低い。また、色の効果も顕著である。

また、形の視認性が視標の色によりどのような影響を受けるかを調べるために、視標の色ごとに、提示視野を横軸に、形の正答率を縦軸にプロットした。ここでも、色の正答率と同様に高齢者と若年者との間に、顕著な差がみられた。

3-2. 色・形の視野

次に、実験1と実験2の内容を含めて、正答率50%に達するための色の視野と形の視野を求めることとした。

Figure2は高齢者の正常視力、若年者の各視力において、提示視野ごと(2°、5°、10°、20°)で得られた正答率が正規分布にあてはまることを仮定して、Zスコアに変換し、各視力、各色について、色の正答率

が50%(Z=0)に達するまでに必要となる視野の大きさを推定し、高齢者と学生の各視力における色の視野とを比較をしたものである。

これより、視力が増加すれば視野が大きくなる。また、色別に見ると赤・青・緑・黄の順に視野が小さくなるという結果が得られた。

Figure3は高齢者の正常視力、若年者の各視力において、提示視野ごと(2°、5°、10°、20°)で得られた正答率が正規分布にあてはまることを仮定して、Zスコアに変換し、各視力・各色について、形の正答率が50%(Z=0)に達するまでに必要となる視野の大きさを推定し、高齢者と学生の各視力における形の視野とを比較したものである。

このグラフから、視力が増加すれば視野が大きくなるが見られる。また、色別に見ると赤・青・緑・黄の順に視野が小さくなる。先ほどのグラフと同様の傾向が見られた。これより、先の色の視野と形の視野を比較したさいに、色の視野の方が大きいという事が考えられる。

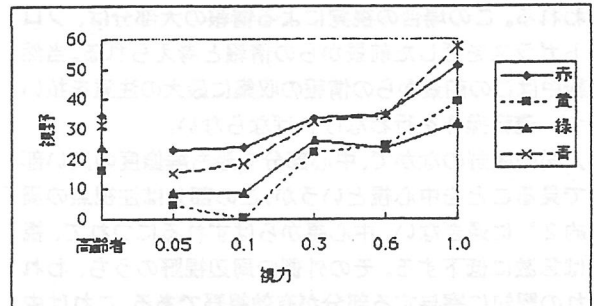


Figure2. Visual field of color

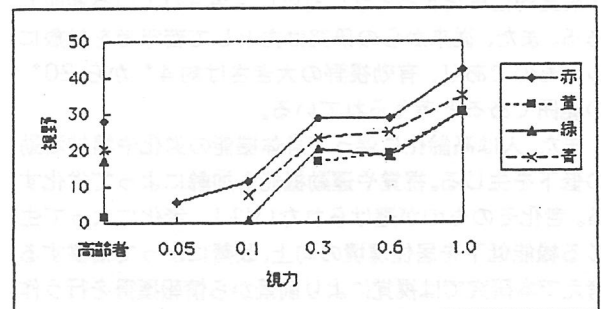


Figure3. Visual field of shape

4. まとめ

色の視認性、形の視認性ともに、視標が大きくなるに連れて正答率が上昇し、視力が低下するに連れて正答率が低下する。視野の大きさは形の視野に比べて、色の視野の方が広く、それは、赤と青の視野が広く、以下緑・黄色と狭くなる。視力と視野の関係は、視力が低下すると視野の大きさも低下する。高齢者と若年者との比較をしてみると、認識するために必要な視標の大きさは、視野が広がるに連れて、高齢者の方が大きくなり、視野の大きさは若年者の方が広い。

4. 道路交通信号灯

武内 徹二（松下電子工業㈱）

信号灯は道路交通をはじめ、航空、海上交通、鉄道などさまざまな交通機関のなかで、交通の安全を確保するための重要な手段として活用されている。このため、国際照明委員会（CIEと呼ぶ）の活動の中でも信号灯に関する研究調査活動が幾たびも行われ、技術報告や推奨基準、ガイドなどが出版されている。ここでは、CIEの活動をもとに、信号灯（特に道路交通信号灯）の動向を紹介する。

CIEではまず「信号灯の光色」を取り上げ、それに関する研究を調査し、信号光色の推奨案を報告書に取りまとめた。その後、関連研究の進展に伴い、改定作業が進められた。また、様々な交通の中で、もっとも一般の人々が関係する道路交通について、関連研究をもとに「道路交通信号灯」の技術報告書が出版され、これをもとに道路交通信号灯のガイドが出版された。その後、CIEが光と照明に関する国際規格の原案作成を担当することになったため、信号灯は国際的に共通する交通安全の重要手段であることから、信号光色や道路交通信号灯の国際規格案の策定が進められている。これまでにCIEが作成した信号灯に関する技術報告書を以下に示す。

- (1) Publ. No. 2 : Colours of Signal Lights. (1959)
- (2) Publ. No. 2.2 : Colours of light signals (2nd edition) . (1975)
- (3) Publ. No. 48 : Light signals for road traffic control. (1980)
- (4) Publ. No. 79 : A guide for the design of road traffic lights. (1988)
- (5) Publ. No. 107 : Review of the official recommendations of the CIE for the colours of signal lights. (1994)

1. 信号光色の国際規格

(CIE DS 004 : Colours of Signal Lights)

CIE では上記の技術報告をもとに、信号灯の光色の国際規格原案を作成している。以下にそのDraftの概要を示す。

(1) 規格の適用範囲

この規格は海上交通、道路交通、航空、鉄道に用いられる5種類の色（赤、黄、緑、青、白）の信号光色の色度範囲を規定する。また、この規格の色は自動車のインパネや種々のコントロールパネルの色の選択の参考となる。

(2) 各色の色度基準

付図1に赤、黄、緑、青、白の各色の色度範囲を示す。A,B,C,Dの囲む領域が赤の範囲、E,F,G,Hの囲む範囲が黄、I,J,K,Lが白、M,N,O,Pが緑、Q,R,S,Tが青の光色の範囲である。M'やN'など（'）を付けた範囲は、たとえば色覚異常者が観測者とならないなどの限定された条件で使用される場合のように、運用上の限定がある場合の範囲を示す（詳細はCIE DS004を参照）。

なお、本規格案の色度範囲と日本の道路交通信号灯（三色式）の規格とを比較すると、日本の規格では、「赤」、「黄」、「青」の三色の色度範囲を規定している。このうち、赤と黄信号の色度範囲はほぼ一致しているが、「進む」を容認する日本の「青」信号と同じ意味の国際規格案の green「緑」信号とは色度範囲が一致しない。ただし、国際規格案では、実際に点灯されているときの光の色度が基準範囲に入っているかを規定しているのに対して、日本の規格では、A光源を使って点灯した時の光が規格の範囲に入るかを規定しているという、測定条件が異なっている。日本の信号の場合、実際に信号機用の電球で点灯したときの光の色度は、国際規格案の基準の範囲内に入っており、現実の信号灯の色度は国際規格案に整合している。

CIE の本規格案は本年度中にはCIEとして承認され、国際標準化機構（ISO）に国際規格の原案として提案される予定である。

2. 道路交通信号灯

(CIE S 006 : Road Traffic Light - 200mm Roundel Signals Photometric Properties)

直径200mmの円形の道路交通信号灯の国際規格案が作成・審議され、CIEとして承認されている。

(1) 適用範囲

直径200mmの円形の道路交通信号灯の光色、光度とその分布の基準を規定する。また、ファントム現象による信号灯の誤認を防止するための光度基準も規定する。

(2) 要件

①光度（中心光度）

赤、黄、緑の三色とも中心光度を200cd以上としなければならない。なお、夜間、信号灯の周囲が暗く、信号光がまぶしく感じられる場合には減光することもできる。この場合、赤の信号光の光度は50cd以上、200cd以下としなければならない。

②光度分布

付図2に示すように、信号灯の光軸に対して (a) 左右10°以内、下方5°以内の光度は中心光度の50%以上、(b) 左右20°以内、下方10°以内の光度は中心光度の12.5%以上としなければならない。

③輝度均斉度

付図3の○印で示す13の輝度測定領域を定め、各領域の測定値の最大値 (L_{max}) と最小値 (L_{min}) との比 (L_{max}/L_{min}) を10以下としなければならない。LEDのように微小光源を集合させて形成される信号灯に対しては隣接する微小光源の輝度比 ($L1/L2$) を5以下としなければならない。

④ファントム現象

朝日や西日のように、信号灯の光軸に近い方向から太陽直射光が信号灯に入射した場合、入射した光が灯器の反射鏡によって反射され、点灯していない信号灯が、あたかも点灯しているかのように見える。これをファントム現象と呼ぶ。これによる信号の誤認を防止するために

は、信号灯の光軸に近い方向から光を入射させた条件（灯器前面での照度は1万ルクス）において、信号灯を点灯したときの光度（I on）と、消灯したときの光度（I off）との比（I on/I off）を15以上としなければならない。

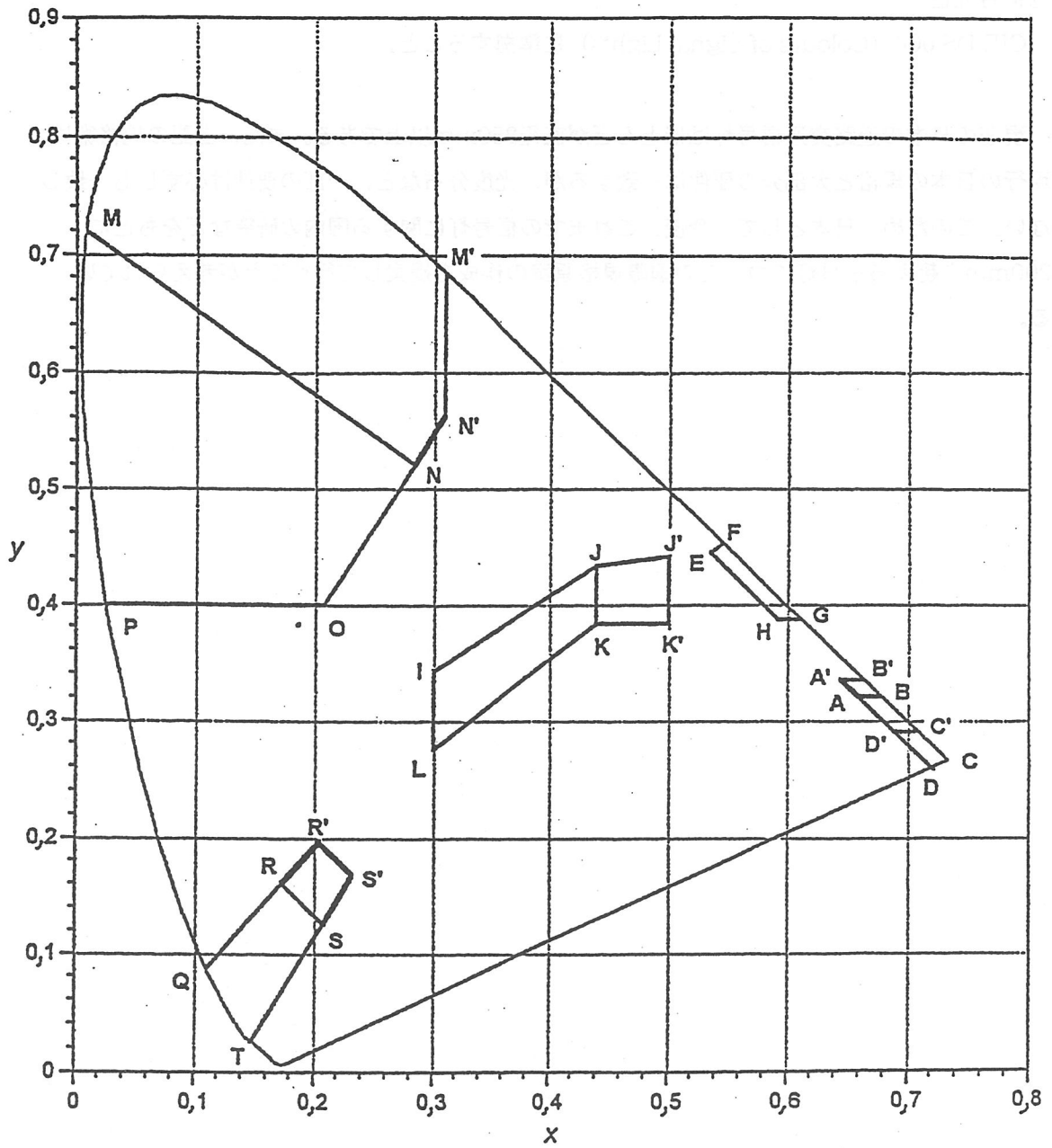
⑤信号光色

CIE DS 004（Colours of Signal Lights）に準拠すること。

現在の日本の道路交通信号灯はほとんどが直径250mm以上である。また、上記の規格案は現行の日本の規格と大部分の要件は一致するが、光度分布など、一部の要件は必ずしも一致しない。このため、日本として、今後、これまでの信号灯に関する国内の研究などをもとに、200mmを超える信号灯についての国際規格原案の作成を提案して行くことが考えられている。



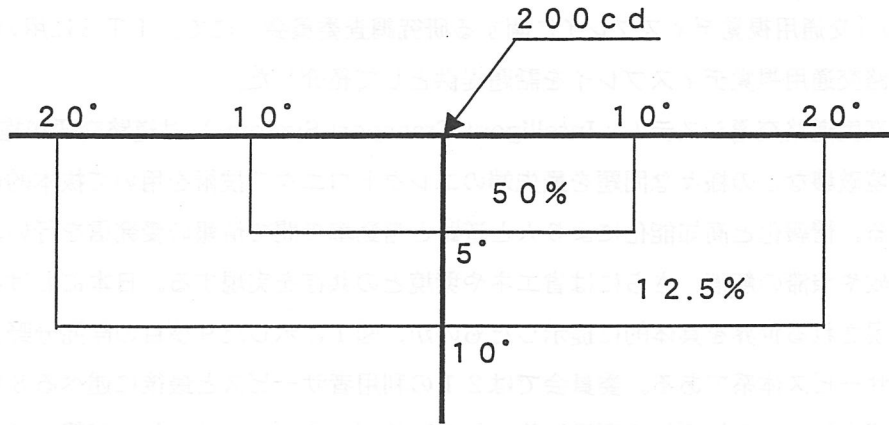
図1 信号光色 (単位: 色度) の色度座標
赤: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P
青: Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z



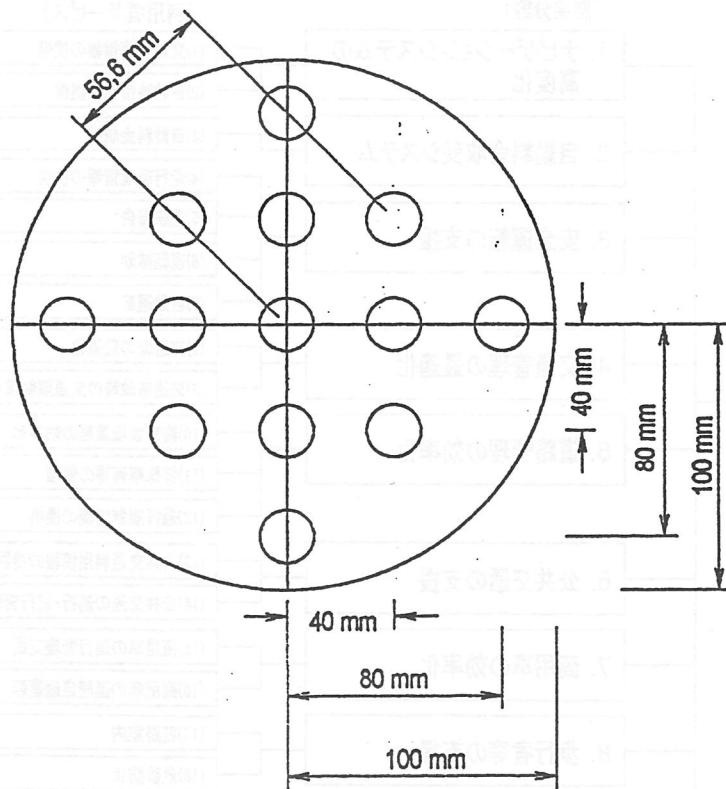
付図1 信号光色（5色）の色度領域

赤：A,B,C,D、黄：E,F,G,H、緑：M,N,O,P

青：Q,R,S,T、白：I,J,K,L



付図2 光度分布



付図3 輝度均斉度のための輝度測定領域

5. ITSの紹介と道路交通用視覚ディスプレイに関する話題

望月 正人 (株)いすゞ中央研究所

道路交通の安全性や快適性の向上、交通流の円滑化などを目的とした安全運転支援と効率向上支援として、ITSと呼ばれる国家的及び世界的なプロジェクトが進められている。

'98年2月の「交通用視覚ディスプレイに関する研究調査委員会」にて、ITSに用いられている様々な道路交通用視覚ディスプレイを話題提供として紹介した。

ITS（高度道路交通システム：Intelligent Transport Systems）は道路交通が抱える事故や渋滞、環境破壊などの様々な問題を最先端のエレクトロニクス技術を用いて抜本的に解決するものである。情報化と高知能化により人と道路と自動車の間で情報の受発信を行い、交通の最適化、事故や渋滞の解消、さらには省エネや環境との共存を実現する。日本におけるITSによって実現される世界を具体的に提示したものが、図1に示した9項目の開発分野と21項目の利用者サービス体系である。委員会では21の利用者サービスと最後に述べる8項目の実施例を順次紹介した。それぞれの項目に使われているディスプレイは欲しい情報をドライバーや歩行者等へ提供する重要な伝達手段である。ここでは紙面の都合で代表的な数例を紹介する。残りの項目及び詳細は参考文献等を参照していただければ幸いである。

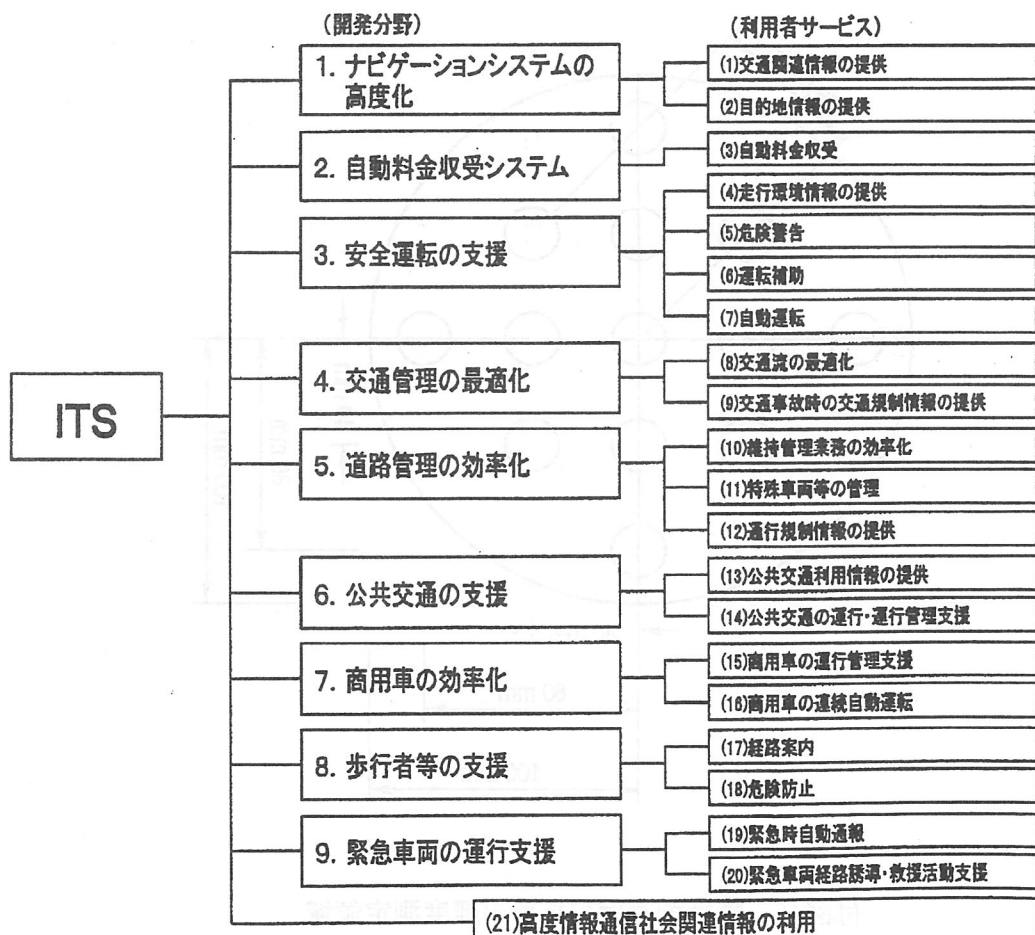


図1. ITSの開発分野と利用者サービス体系 (政府広報資料より)

まず図2に示す車載ディスプレイの例である。車載ディスプレイについては、今回の委員会では調査しないが、ITSのサービス項目として参考に紹介した。関連する21の利用者サービスのうち該当する項目は、1) 交通関連情報の提供(図2)、2) 目的地情報の提供、4) 走行環境情報の提供、5) 危険警告、8) 交通流の最適化、12) 通行規制情報の提供などである。ドライバーへの情報提供手段として重要なディスプレイである。

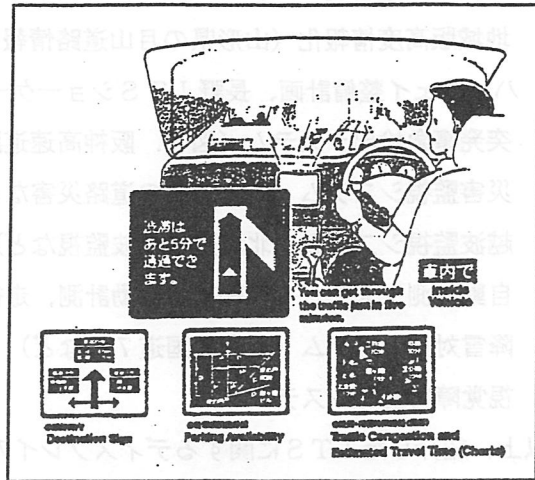


図2. 交通関連情報の提供のイメージ (出典: ITS HAND BOOK)

次は図3に示す公共交通利用情報提供のイメージ例である。道路交通利用者への関連情報提供に関するディスプレイである。オフィス、家庭や公共の場にて、交通利用者のニーズに適した移動手段、乗り換え、出発時間などの諸情報を提供する事により、利用者の効率化や利便性の向上に貢献出来る。関連する21の利用者サービスのうち該当する項目は、13) 公共交通利用情報の提供、14) 公共交通の運行・運行管理支援、17) 経路案内などである。どのような情報を、どのような場所に、どのような形で提供するかが、今後の研究課題である。

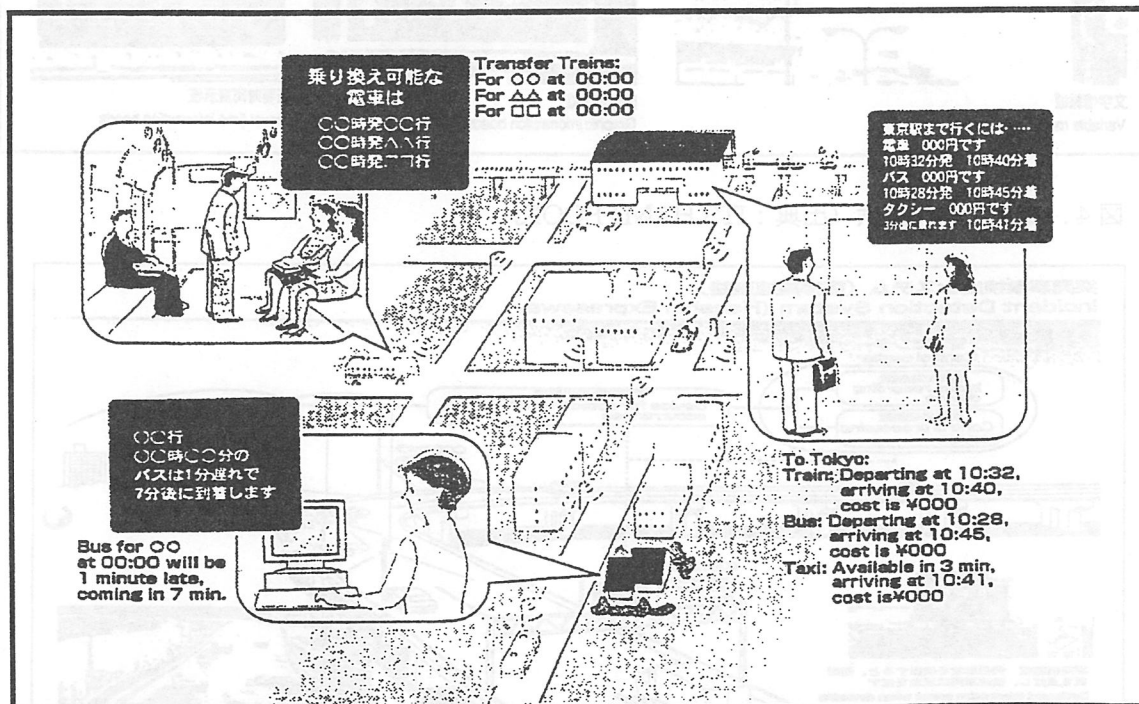


図3. 公共交通利用情報の提供のイメージ (出典: ITS HAND BOOK)

最後は災害、道路情報管理に関するディスプレイの紹介である。以下に紹介する項目は、自然現象による道路環境変化や混雑などの道路情報に対応するため、すでにフィールド実験及び運用が開始されている。

- 1) 高度な交通管制システム (図4. に例を示す。)
- 2) 地域版高度情報化 (山形県の月山道路情報ターミナル、高知県のK o C o R o、岡山情報ハイウェイ整備計画、長野ITSショーケースなど)
- 3) 突発事象検出システム (図5. 阪神高速道路、首都高のトンネル内突発事象など)
- 4) 災害監視システム (鹿児島県の道路災害など)
- 5) 越波監視システム (北海道の越波監視など)
- 6) 自動計測システム (特殊車両自動計測、走行車両重量計測など)
- 7) 降雪対策システム (青森の国道7号など)
- 8) 視覚障害誘導システム

以上、紹介したITSに関するディスプレイの話題提供が、今後の「交通用視覚ディスプレイに関する研究調査委員会」に参考になれば幸いである。

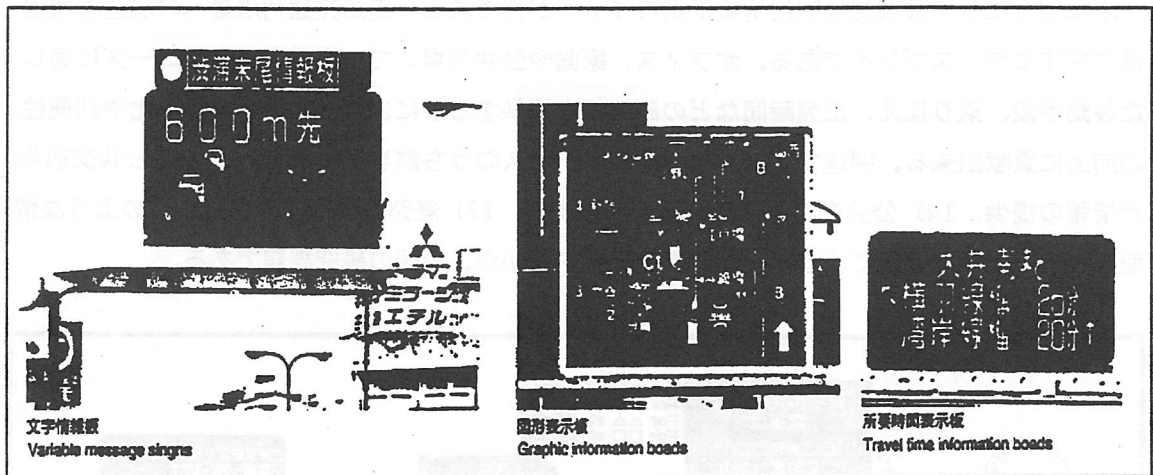


図4. 様々な情報提供 (出典: ITS HAND BOOK)

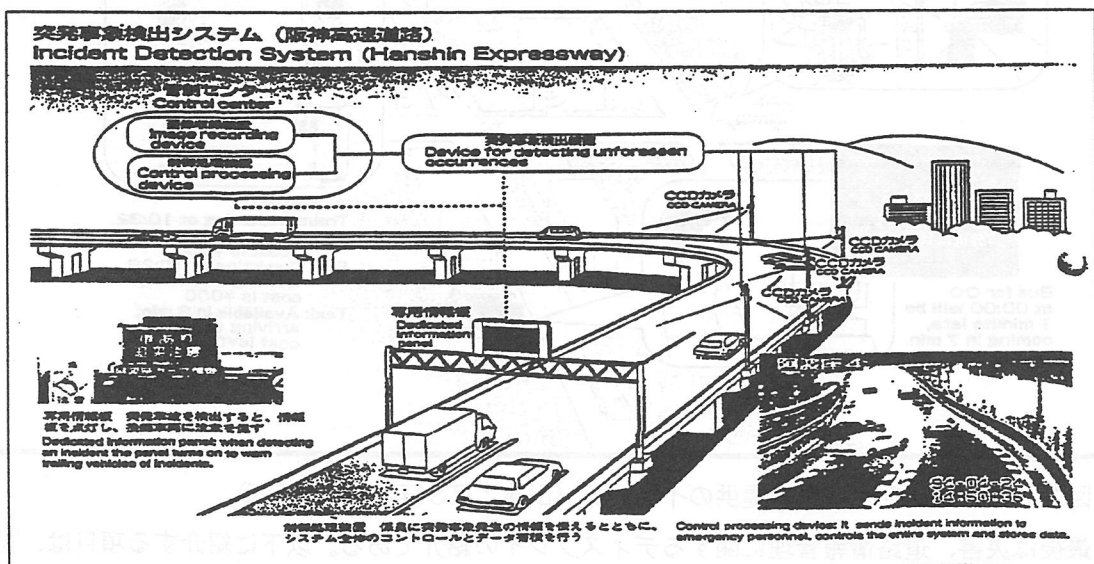


図5. 突発事象検出システム (出典: ITS HAND BOOK)

参考文献: ITS HAND BOOK, 財団法人 道路新産業開発機構

6. 微少俯角における自動車用ヘッドアップディスプレイ表示情報受容特性

岡林 繁 (名城大学)

1. 表示像距離と俯角

自動車用ヘッドアップディスプレイ (HUD) の設計においては、ドライバの目から表示像までの距離 (表示像距離) と表示像の俯角が最も重要な変数である。航空機用HUDの研究での知見から単純に類推すると、表示像距離を無限遠方 (出来るだけ遠くに) に採り、また、表示像はパイロットの顔面直前方 (微少俯角領域) に設定するのが自動車用途でも望ましいことになる。

自動車用HUD研究の主な結果を総合すると、表示像距離をむしろ短く設定すべきであるという知見がいくつかある。

第一に車両走行実験による表示像距離に関する官能評価結果である。筆者らは、他の条件が同一で表示像距離だけが異なる幾種類かのHUDを用いて、市街地と高速路を走行し表示装置の良さ・運転のしやすさをSD法により評価した。結果を主成分分析すると三つの因子が抽出された。第一と第三の因子はlegibility (表示情報の受容のしやすさに関わる項目)、とvisibility (前景の見やすさ・わずらわしさに関する項目) に関する因子で、第二の因子はuncomfortableness (前景と表示像の整合性・不整合による不快感に関する項目) に関する因子であった。第一や第三の因子得点は、表示像距離を長くする方が総じて良好ではあるが、第二の因子得点は表示像距離を長くすると劣化する結果を得た。長い表示像距離では、前景の中で表示像が違和感や不快感を伴って見える。評価結果は、自動車用HUDでは航空機と異なって表示像距離を2~3メートルと比較的短く設定することが望ましいことを示唆している。

第二に車両装着上の問題がある。HUD表示光が放射される開口部とアイレンジ (eye range ; 両眼で表示像が見える領域) との関係がある。運転中のドライバの頭部移動量を考慮して広いアイレンジを維持しつつ、表示像距離を長く採ると、必然的に開口部が大きくなり装置の装着性を低下させる。小型車両では表示像距離を1.5mから2.5m程度に設定するのが現実的解となる。

第三に、HUDの一つの利点である目の調節量低減の観点から見ると、表示像距離が2メートル程度で十分な効果が期待できることである。

以上のような諸点を考慮して、実用化されている自動車用HUDでは、表示像距離が1.5mから2.5m程度と言う値がほぼ定着してきている。

表示像の俯角については、現在までの検討は必ずしも十分ではなく明確な基準は見あたらない。着陸路や他の飛行体など、前景に表示像を重畳表示する航空機では表示像の俯角はほぼ自動的に決定されるが、必ずしも重畳表示をしない自動車では、俯角設定は最適設計上重要な変数となる。現在実用化されている自動車用HUDの俯角の値は約2度から10度弱と製造メーカーや車種によって異なっているのが現状である。

本論文では、表示像距離1.5mから2.5m程度の現実的な自動車用HUDについて、表示像距離と俯角の相互依存性に着目し、俯角と表示情報受容特性との関係性を評価し、俯角設定上の問題

点と問題の要因を分析した。また、ドライバの眼球運動の分析結果から問題解決の現実的解についても併せて論議した。

2. 微少俯角領域での問題点

筆者らが行った表示像距離が短い条件のHUD評価実験では、一部の被験者から「表示像”11”が一瞬”111”に見えることがある」などの二重像的知覚の報告があった。また、表示像距離に関する官能評価実験では、表示像距離約1.5mで俯角がほぼ0度のHUDに対して、数名のドライバが「二（一）桁の数字が一瞬、三（二）桁に見えることがある」と報告する場合があった。

微少俯角領域での表示情報の受容特性の飽和傾向や表示像の二重像的知覚の問題はどのようにして発生するのか。如何にして現実的な防止策が出来るのか。HUDが今後広くナビゲーション表示やルートガイダンス表示など、より複雑な表示パターンへ応用されることを考えるとこれらの問題は大きな懸念となる可能性がある。

3. 輻輳応答実験

上記問題の原因について「前景から表示像に視点を移動するとき発生するドライバの目の輻輳の応答遅れに起因する」という仮説を設け検証と対策を評価考察した。

3.1 実験系

実験系を図1に示す。実験系の主な構成は、前景用白色スクリーンとHUD表示像用のハーフミラーからなる。本実験では輻輳角データの観測しやすさを考慮して、固視点（N）と表示像間とで輻輳角変化が約一度になるよう前景用白色スクリーンを被験者の目から8mの距離に置いた。またHUD表示像として単純な矩形像（被験者から見た視角が一辺6mradの1個または2個の正方形）を用いた。矩形像を2個を表示する場合は、被験者が固視点を見ているときそれぞれの矩形像の中心が左右の眼の視軸上に位置するよう二つの矩形像を水平方向に離して表示させた。この条件は被験者が前景スクリーン上の固視点を見ている場合に二つの矩形像がほぼ一つの像に知覚される位置に相当する。俯角は0度から5度の範囲で変化させた。

被験者は軽く顔面を固定し、前方の白色スクリーンの固視点を見る。ブザ音の後1秒間の注意の統制後0.5秒間HUD表示像が呈示される。60回の試行ごとに被験者は呈示された矩形の数を口答報告する。正答率は全試行数中の正解答数から算出した。

実験中の被験者の眼球の動きの有無はCCDカメラで観測すると共に、測定電極を被験者の目の両端に装着して輻輳応答特性を眼電位記録法（EOG；electro-oculography）により測定した。被験者は運転免許を有する20代の男子5名（内2名眼鏡矯正）。

3.2 実験結果

俯角が0度の状態で正答率と表示像距離の関係を測定した結果（全被験者平均）を図2に示す。表示像距離が短くなると表示情報の誤認識・誤知覚が発生することが分かる。表示像距離が長くなる（即ち前景視対象に視距離が近づく）に従い表示情報の誤認識・誤知覚が低減・改善し正答率が向上することは、前景視対象から表示像に視点が移動する時に発生する輻輳応答

が正答率に関わっていることを示唆している。

表示像距離が1.5mの状態では正答率と俯角の関係を測定した結果（全被験者平均）を図3に示す。表示情報の受容の過程を考えると、一般的には両眼球は共同運動（version）をして（見ようとする対象の）表示像の方向に視線を移動するのが自然である。図3中の実線データは被験者の両眼球が共同運動する自然な条件を示し、波線データは両眼球の共同運動を意識的に抑制する条件での評価結果である。共同運動の抑制はきわめて不自然なケースでこの場合被験者は周辺視野でのみ表示情報を受容すると考えられる。（このケースでは予め目を動かさないよう被験者に指示すると共にCCDカメラによる眼球の拡大像（片眼）をモニタし抑制の程度を判別した。）

共同運動を抑制した場合は正答率に改善は見られないが、共同運動が存在する自然な条件では正答率は大きく改善する。これは有限な俯角設定により生じた共同運動が輻輳の応答に何らかの良好な影響を与えていることを示唆すると共に、微小俯角では周辺視野で表示情報を受容できるため共同運動が生じにくいので正答率の改善が見られないことを示唆している。

輻輳応答の代表例として、図4にM.I（矯正眼鏡）とT.A（裸眼）の2名の被験者について、俯角5度で共同運動がある場合（正答した場合）と俯角2度で共同運動がある場合（正答した場合）、俯角0度で共同運動がない場合（正答しなかった場合）の三条件での効き目側片眼のEOG観測データを示す。各データは他の被験者についても同様の特性を示した。EOG観測データの特徴を要約すると以下のように表現できよう。

- (1) 共同運動の有無に拘わらず輻輳応答の潜時は殆ど差はない。
- (2) 俯角5度と2度の共同運動がある場合の方が、俯角0度の共同運動がない場合に比較して輻輳応答は1度近傍に素早く到達する。
- (3) 輻輳運動の立ち上がり速度は、俯角5度と2度の共同運動がある場合の方が俯角0度の共同運動がない場合に比べて数倍以上速い。

また共同運動を許した俯角2度の条件でも、正答しなかった場合には共同運動が殆ど観測されず、俯角0度で共同運動がない場合とほぼ同様の立ち上がりの緩やかなEOGデータが観測された。

以上の結果は、眼球の共同運動が輻輳の立ち上がり応答速度を加速させ短時間で目標の輻輳角に到達するため、結果的に正答率が改善すると解釈されよう。

これは表示像距離が1.5mから2.5m程度と比較的短い現実の自動車用HUDを考える時、航空機用HUDとは異なり「俯角をむしろ意図的に設けることが表示情報受容特性を改善する」ことを示唆している。

本論文では比較的若い被験者層を用いたが、幅広いユーザを想定して今後、高齢者ドライバや女性ドライバ、視覚に障害があるドライバなどでもデータを収集したい。

4. まとめ

自動車用HUDでも航空機用HUDと同じように、大まかに言えば俯角が小さい方が表示情報の受容特性は良好である。しかしながら、表示像距離が1.5mから2.5m程度と比較的短い現実

の自動車用HUDでは、微少俯角は表示情報受容特性をむしろ低下させる場合がある。

- (1) 低下の主な要因はドライバの輻輳応答の遅れによる表示情報の誤知覚によると考えられる。
- (2) この誤知覚を低減するには、5度程度の僅かな俯角を設けることが現実的かつ有効である。
- (3) 僅かな俯角の存在は輻輳の応答速度を加速し結果的に輻輳応答遅れを改善すると考えられる。
- (4) 自動車用HUDの情報受容特性が最も効果的と言われる高速直線路走行ではドライバの視点が前方水平方向（前景画像のFOE；focus of expansion；実験1のN点に相当）近傍に集中する傾向があることを考慮すると、表示像に僅かな俯角を設定することは表示像の二重像的知覚の問題の現実的な対策解を与えると思われる。

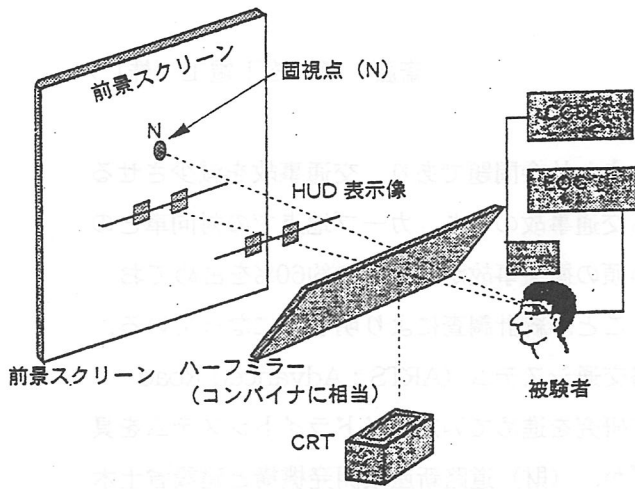


図 1. 実験系

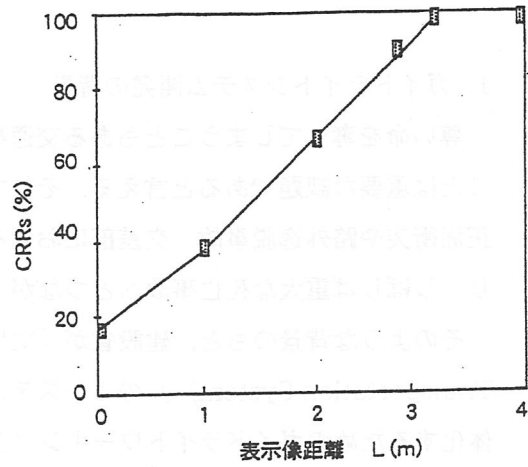


図 2. 表示像距離と正答率 (全被験者平均)

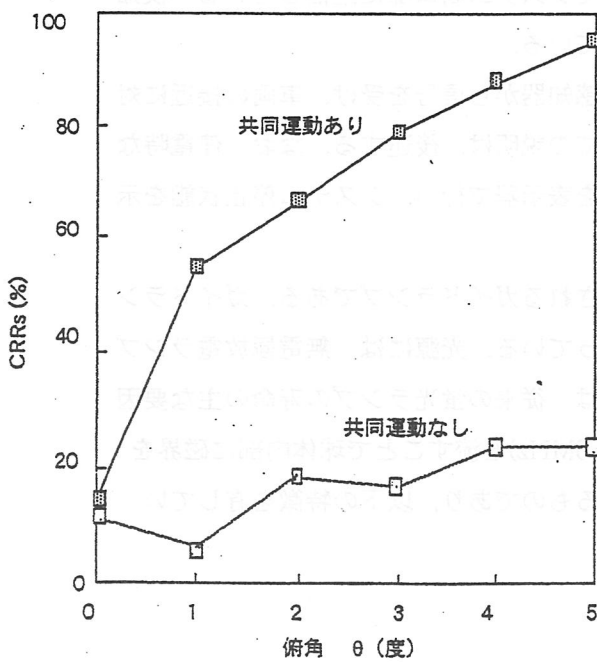


図 3. 眼球の共同運動ありなしによる正答率の俯角依存特性 (全被験者平均)

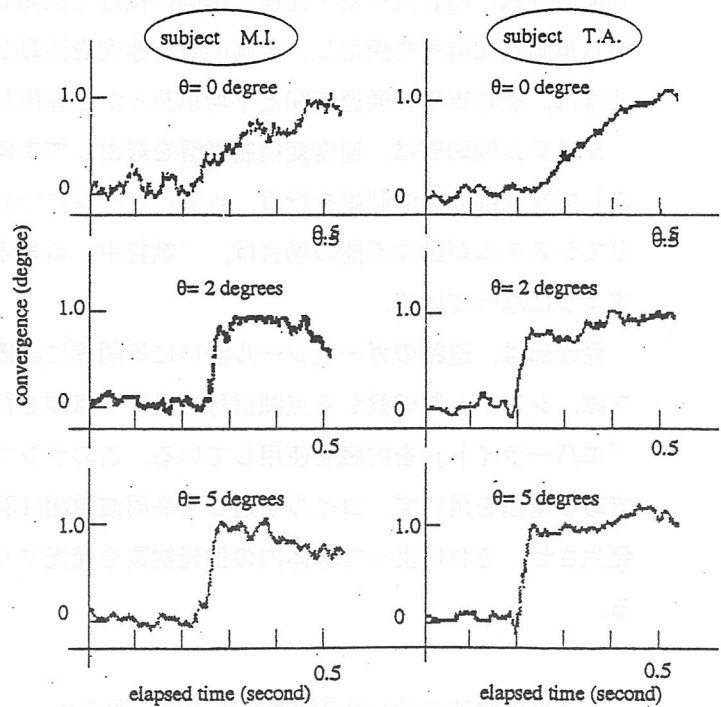


図 4. 俯角による輻輳応答波形 (二人の被験者効き目片眼)

7. ガイドライトシステム

齋藤 孝（松下電工（株））

1. ガイドライトシステム開発の背景

尊い命を奪ってしまうこともある交通事故は大きな社会問題であり、交通事故を減少させることは重要な課題であると言える。そしてそれら交通事故のうち、カーブ地点での対向車との正面衝突や路外逸脱事故、交差点における出会い頭の衝突事故が全事故の約60%を占めており、しばしば重大な死亡事故へとつながっていることが統計調査により明らかになっている。

そのような背景のもと、建設省が「次世代道路交通システム（ARTS：Advanced Road Transportation System）」の1システムとして研究を進めていたガイドライトシステムを具体化するためのガイドライトワーキンググループが、（財）道路新産業開発機構と建設省土木研究所の共同で推進している「次世代道路交通システム研究会」内に発足した。

2. ガイドライトシステムの特徴

ガイドライトシステムとは、見通しの悪い道路において対向車の存在をドライバーに事前に知らせる対向車警戒機能と、自車より前方のカーブの有無やカーブの形状を事前にドライバーに知らせる道路線形表示機能の2つの機能を有する道路交通情報システムである。

ガイドライトシステムの基本構成は、車両検知部（車両感知器・速度変換制御盤）、システム制御部（システム制御盤・表示器）、発光部（ガイドランプ）で構成される。

車両検知部は、車両感知器と速度変換制御盤から構成される。車両感知器は車線の上部に1個配置され、超音波を受・発信し車両の接近を検知している。速度変換制御盤では車両感知器から車両感知信号を受信し、車両の走行速度を演算してシステム制御部に送信している。検知速度は、検知車両の通過時間と平均車長とから算出している。

システム制御部は、速度変換制御盤を経由して車両感知器から信号を受け、車両の接近に対応して発光部の点滅制御を行う。点滅パターンについての説明は、後述する。なお、停電時などでシステムが動作不能の場合は、「調整中」の表示を表示器で行い、システム停止状態を示すようになっている。

発光部は、道路のガードレール沿いに等間隔に設置されるガイドランプである。ガイドランプは、システム制御盤から点滅信号を受けて点滅を行っている。光源には、無電極放電ランプ「エバーライト」を内蔵を使用している。このランプは、従来の蛍光ランプの寿命の主な要因である電極を用いず、コイルを通じて高周波電流(13.56MHz)を流すことで球体内部に磁界を発生させ、それによって球体内の蛍光物質を発光させるものであり、以下の特徴を有している。

- ・従来の電球の約1/3の消費電力で同じ明るさ
- ・通常の蛍光ランプの約3.5倍の高輝度
- ・寿命は約40,000万時間と電球の40倍の長寿命

このランプは、LEDに比べて高光束が得られるため、1光源で上下線の各車線に対して表示を行うことを可能にしている。また、発光色には視認性の高い色として淡赤色を使用し、灯具外郭の仕上げ色は発光色との色対比が大きく、周囲環境にとけ込み易い色として深緑色を採用した。光学系は、水平方向に光束が集まるようにしたフレネル状の硬質ガラスグローブを採用し、カーブの広い範囲から視認できるようにしたほか、いたずらによる破損防止対策として厚さ2mmのステンレス鋼材で構成した。

点滅パターンは2種類（A・B）あり、パターンAは、車両が接近すると発光体が一斉に低輝度点灯し、その中に数個の高輝度点灯した部分の流れ、対向車が接近する場合には、両方向から高輝度で点灯した部分の流れで交差する。パターンBは、車両の存否とは無関係に常時発光体が低輝度で点灯するという点がパターンAとの相違点であり、遠方からカーブの線形がわかるという長所がある。

3. ガイドライトシステムの効果

国道10号に試験設置されたガイドライトシステムの設置後の効果検証では、交通事故の減少、車両通過速度の低速化などの良好な結果が報告されており²⁾、事故防止のための有効なシステムであることが明らかになっている。

4. まとめ

本報告で紹介したガイドライトワーキンググループは現在でも活動を行っており、霧の中の走行を支援する霧中ガイドライトシステムや、渋滞末尾を事前に知らせ追突事故の防止を図る渋滞末尾ガイドライトシステムなどの開発が検討されている。

最後に、報告にあたり御指導、御協力を賜った（財）道路新産業開発機構並びに建設省土木研究所をはじめ関係者各位に深く感謝いたします。

8. 航空灯火とグレア

入倉 隆 (交通安全公害研究所)

1. 航空灯火の概要と見え方

1. 1 航空灯火の概要

航空灯火システムは、灯火パターンを構成し、進入着陸中及び地上走行中の航空機のパイロットに位置、高度、姿勢、走行経路等の情報を提供する。航空灯火は航空保安施設の一つであり、特に夜間や低視程時に運用が行われている主要空港においては、航空機の安全性、定期性及び定時性を確保するためにはなくてはならないものとなっている。

航空灯火は、航空灯台、飛行場灯火及び航空障害灯に分類される。その中の飛行場灯火は、航空機が離着陸するための視覚援助施設であり、進入灯火、滑走路灯火、誘導路灯火等から成る。進入灯火は、着陸する航空機に最終進入経路を示すために、主として進入区域に設置されている。滑走路灯火は、滑走路に設置され、進入灯火とともに離着陸する航空機のパイロットに、方向、姿勢、偏位、高度、距離、速度等のガイダンスを提供する。誘導路灯火は、誘導路及び

エプロン区域に設置され、滑走路とエプロン間の走行経路の情報を提供する。航空灯火のうちの飛行場灯火の標準的な配置を図1に示す¹⁾。

1. 2 航空灯火の間隔及び面積が明るさ知覚に及ぼす影響

灯火の明るさ知覚に関する実験の結果²⁾より求めた灯火の面積と実効光度係数 I_m/I_s (点光源の光度)/(明るさが点光源と等しく知覚される評価光の光度) の関係を図2に示す。横列灯火の明るさ知覚実験の結果^{3, 4)}より求めた光源間隔と実効光度係数 I_1/I_p (単一光源の光度)/(明るさが単一点光源と等しく知覚される時の横列灯火の1光源の光度) の関係を図3に示す。

これらの値を基に、滑走路手前1175m及び93mの位置から見た各灯火の角膜照度⁵⁾と実効角膜照度{(角膜照度) \times (実効光度係数)}を図4、図5に示す。観測位置が滑走路末端手前93mの場合、滑走路灯の実効角膜照度はいずれの背景輝度でもグレア下限を越えており、光度タップを下げる必要がある。また、背景輝度 10cdm^{-2} のとき、滑走路中心線灯の実効角膜照度もグレア下限に近い値となっており、光度タップを下げた方がよいと考えられる。

観測距離が大きいときは、間隔の効果により実効角膜照度が角膜照度の2~3倍になる。背景輝度が小さいほど、実効角膜照度と角膜照度の差は大きくなる。観測距離が小さくなるにしたがって、間隔の効果が小さくなり面積の効果が大きくなるため、角膜照度と実効角膜照度の差は小さくなる。そして、観測距離が非常に小さくなると、条件によっては逆に角膜照度が実効角膜照度より大きくなる。

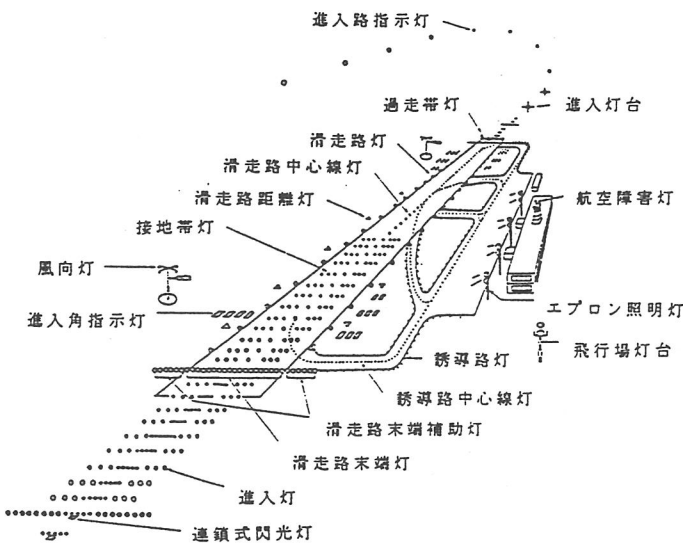


図1 飛行場灯火の配置

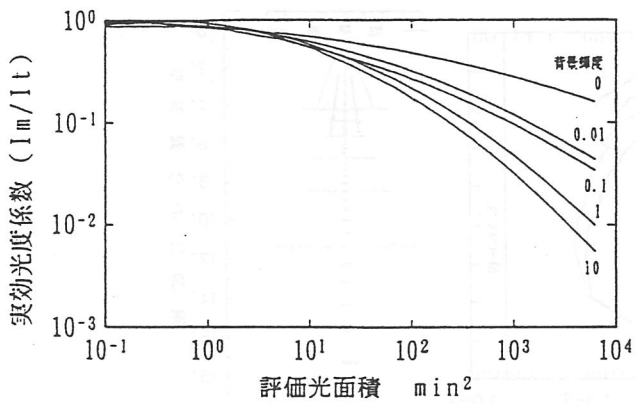


図2 灯火の面積と実効光度係数(I_m/I_{lt})の関係

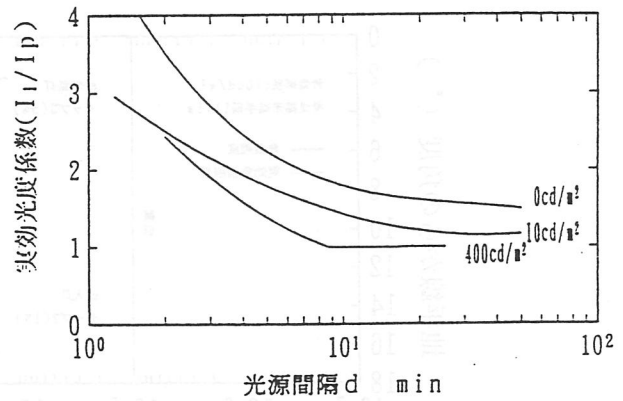
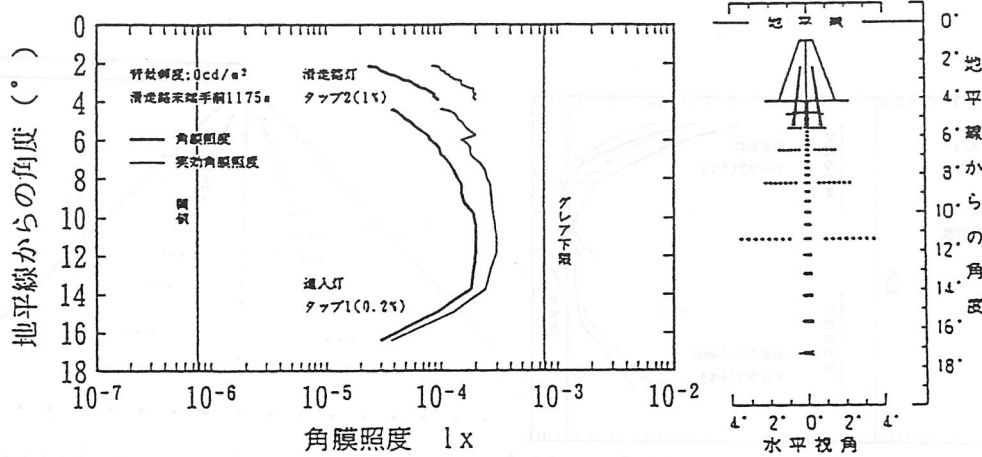
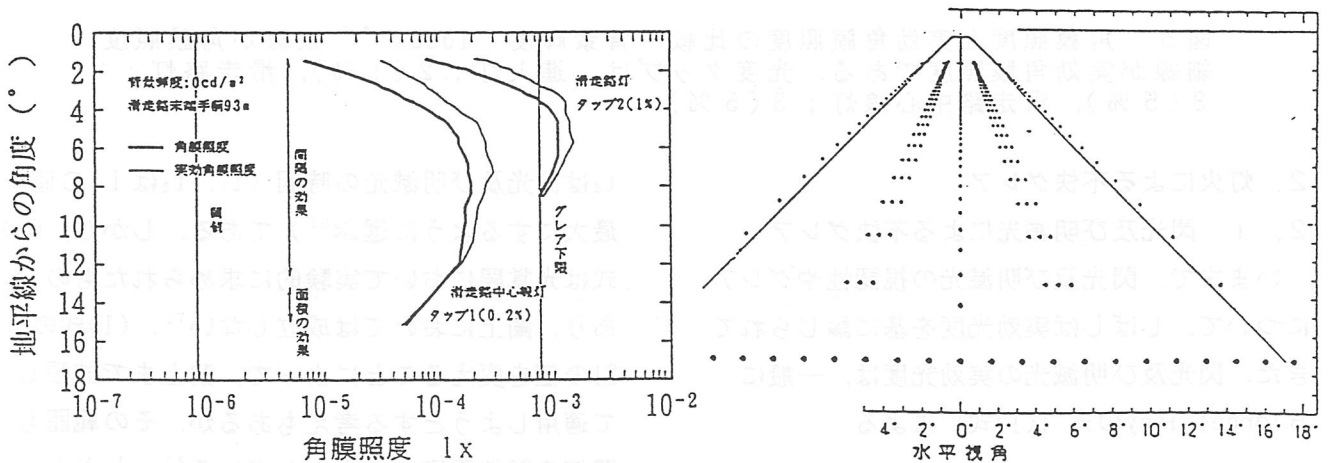


図3 光源間隔と実効光度係数(I_m/I_p)の関係

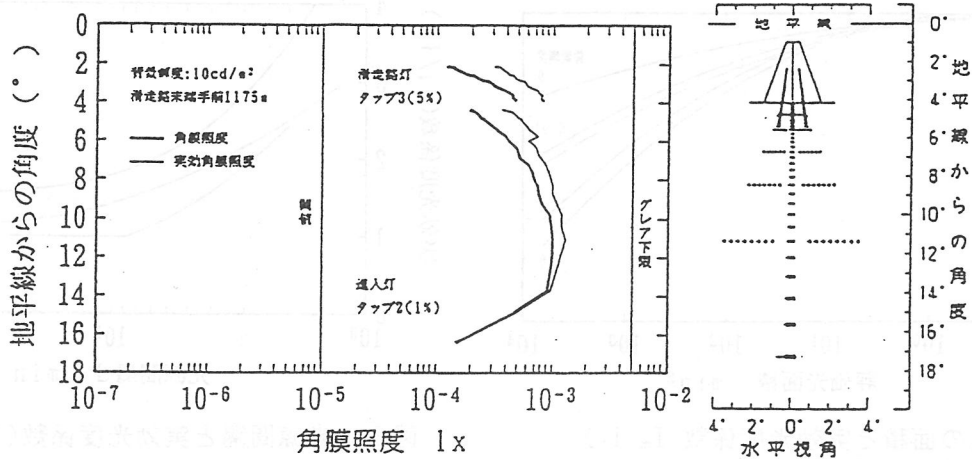


(a) 滑走路末端手前1175m

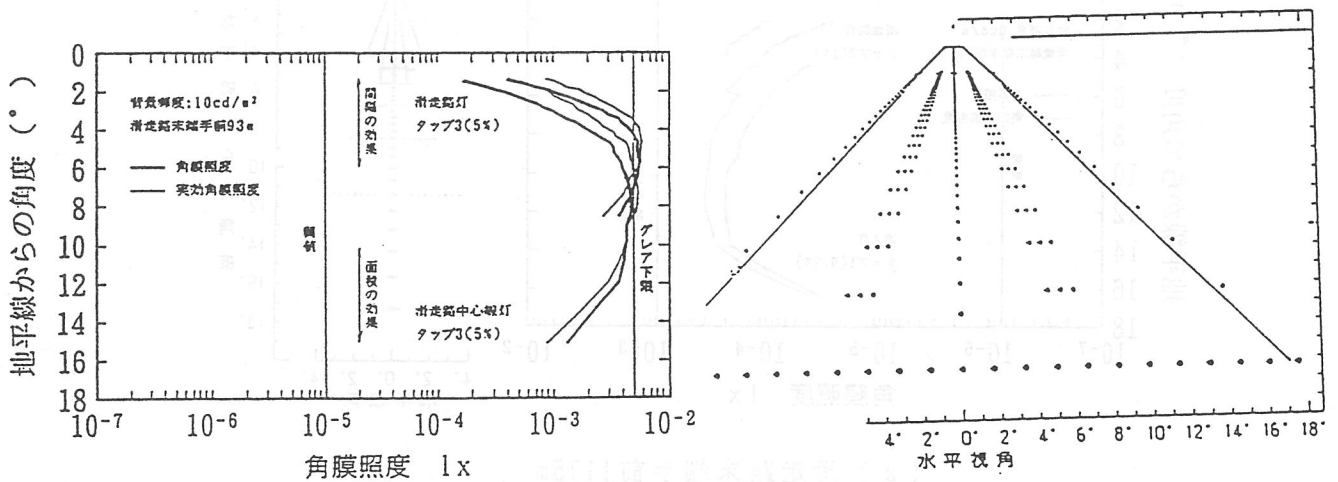


(b) 滑走路末端手前93m

図4 角膜照度と実効角膜照度の比較. 背景輝度; 0cdm^{-2} . 太線が角膜照度, 細線が実効角膜照度である. 光度タップは, 進入灯; 1 (0.2%), 滑走路灯; 2 (1%), 滑走路中心線灯; 1 (0.2%).



(a) 滑走路末端手前1175m



(b) 滑走路末端手前93m

図5 角膜照度と実効角膜照度の比較. 背景輝度; 10cdm^{-2} . 太線が角膜照度, 細線が実効角膜照度である. 光度タップは, 進入灯; 2(1%), 滑走路灯; 3(5%), 滑走路中心線灯; 3(5%).

2. 灯火による不快グレア

2. 1 閃光及び明滅光による不快グレア

いままで, 閃光及び明滅光の視認性やグレアについて, しばしば実効光度を基に論じられてきた. 閃光及び明滅光の実効光度は, 一般に Blondel-Reyの式{(1)式}による.

$$I_e = \int_{t_1}^{t_2} I dt / \{0.21 + (t_2 - t_1)\} \quad (1)$$

ただし, I_e は実効光度, I は瞬時光度, t_1 ,

t_2 は閃光及び明滅光の時間 (t_1 , t_2 は I_e の値を最大にするように選ぶ⁶⁾)である. しかし, (1)式は光覚閾において実験的に求められたものであり, 閾上においては成立しない⁷⁾. (1)式の0.21の値を変えることによって, 閾上まで拡張して適用しようとする考えもあるが, その範囲も閾値の20倍程度までとされている⁸⁾. したがって, (1)式を用いて閃光及び明滅光のグレアによる不快感の有無及びその程度を求めることはできないと考えられる.

2. 1. 1 閃光による不快グレア⁹⁾

グレアによる不快感が等しくなるように閃光と定常光をマッチングさせる視覚実験を実施した。

テスト光（閃光）のグレアによる不快感が基準光（定常光）のグレアによる不快感と等しいと判断したときのテスト光光度（波高値）を I_t とし、基準光光度を I_m とする。実験を行った網膜上の位置は 0.5° , 5.5° , 11° の3種類であるが、 I_t/I_m と閃光周波数との関係を図6に示す。図6より、網膜上の位置が網膜の中心窩から遠ざかるにしたがって、 I_t/I_m が小さくなっている。つまり網膜の周辺部に行くにしたがって、グレアによる不快感が等しくなるときの定常光に対する閃光の相対光度は減少する。網膜上の位置が 5.5° 及び 11° では、 I_t/I_m は1より小さく、 $0.57 \sim 0.15$ となっている。

また、閃光周波数が大きくなるにしたがって I_t/I_m は小さくなっている。閃光周波数が大きくなるにしたがって、グレアによる不快感が等しくなるときの定常光に対する閃光の相対光度は減少することを示している。

グレアによる不快感が等しくなるような定常光に対する閃光の相対光度を Blondel-Rey の式 (1式) から求めることができるとすると、

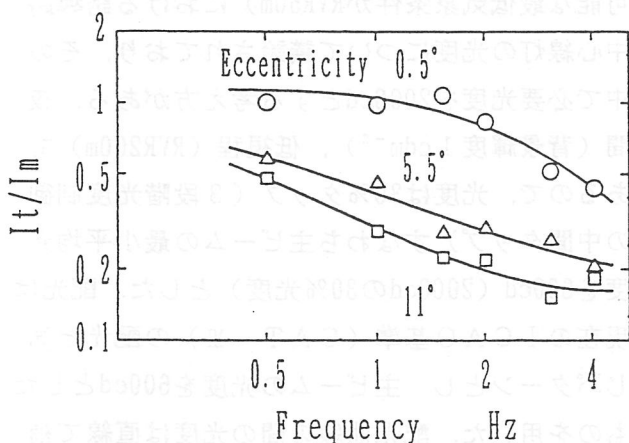


図6 網膜上の位置の影響

I_t/I_m は3.1となる。しかし、図6の中心窩（網膜上の位置 0.5° ）での I_t/I_m は $0.43 \sim 1.0$ となっている。このことは、グレアによる不快感が等しくなるような定常光に対する閃光の相

対光度を Blondel-Rey の式からは求められないことを示している。

2. 1. 2 明滅光による不快グレア¹⁰⁾

B C D 輝度（快・不快限界輝度）と明滅周波数の関係について行った実験の結果を図7に示す。いずれの周波数においても、背景輝度が高いほど B C D 輝度は高い。また、いずれの背景輝度においても定常光のとき最も B C D 輝度が高く、6 Hz 付近で最小となる。最小値をとるときの明滅周波数を図中の近似曲線より求めると、背景輝度 0.1cd/m^2 が 5.0Hz 、 1cd/m^2 が 6.0Hz 、 10cd/m^2 が 6.6Hz 、 100cd/m^2 が 7.6Hz となっている。背景輝度が高くなるほど、B C D 輝度が最も低いときの明滅周波数は大きくなる。

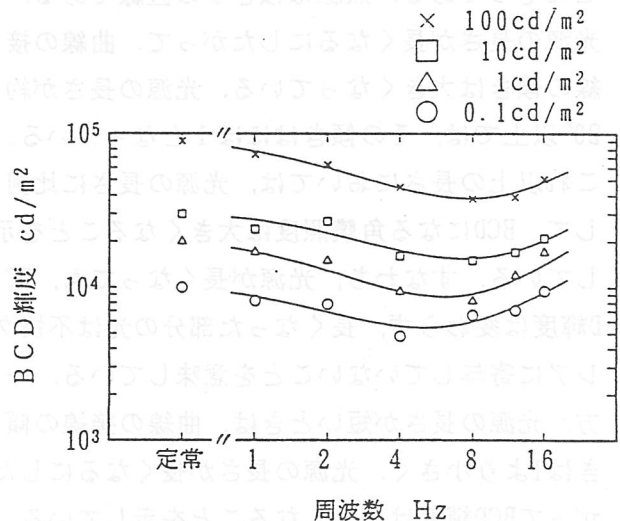


図7 B C D 輝度と明滅周波数の関係。各プロットは被験者11名の観測結果の幾何平均である。

2. 2 線状光源による不快グレアの抑制¹¹⁾

光源がある大きさ（視角）より大きくなると、観測者の目の位置における法線照度（角膜照度）が同じであっても、点光源より暗く感じられる。これは、視覚の空間的寄せ集め効果により、大きい光源の中央付近の光は100%明るさに寄与するが、周辺部に行くにしたがって、その寄与率は低くなるためである²⁾。不快グレアにおいても、角膜照度が同じ場合、大きさ（視角）がある

値より大きくなるにしたがって不快グレアの程度は小さくなる¹²⁾。

光源を大きくすることによって、近距離で観測したときのグレアを抑制することができる。また十分に遠距離で観測した場合、視角は小さくなる（点光源と見なせるようになる）ので見え方は角膜照度で決まり、視認距離は大きさの小さい光源と変わらない。

一般に、信号灯火などの光源を大きくすることは、経済的な理由や設置上の問題などにより、困難な場合が多い。しかし、LEDや光ファイバーなどを線状に配列し、長さを長くすることは比較的容易である。

光源の長さ(横)とBCDのときの角膜照度との関係について求めた実験結果を図8に示す。図中の曲線は最小二乗法によりデータにフィットさせたものである。点線は傾き1の直線である。光源の長さが長くなるにしたがって、曲線の接線の傾きは大きくなっている。光源の長さが約20'以上では、その傾きはほぼ1となっている。これ以上の長さにおいては、光源の長さに比例して、BCDになる角膜照度は大きくなることを示している。すなわち、光源が長くなっても、BCD輝度は変わらず、長くなった部分の光は不快グレアに寄与していないことを意味している。一方、光源の長さが短いときは、曲線の接線の傾きは1より小さく、光源の長さが長くなるにしたがってBCD輝度は小さくなることを示している。しかし、光源の長さが最も短い3'付近でも傾きは0になっておらず、空間的寄せ集めは完全ではない。

背景輝度が高くなるにしたがってBCDのときの角膜照度は大きくなっている。しかし、光源の長さ(横)とBCDのときの角膜照度曲線との関係は同じような傾向を示しており、空間的寄せ集めがなくなる（曲線の接線の傾きが1になる）ときの光源の長さもほぼ同じである。

飛行場の誘導路に設置される誘導路中心線灯を例にとり、観測距離と角膜照度との関係を求めたものを図9に示す。背景輝度は 1cdm^{-2} 、

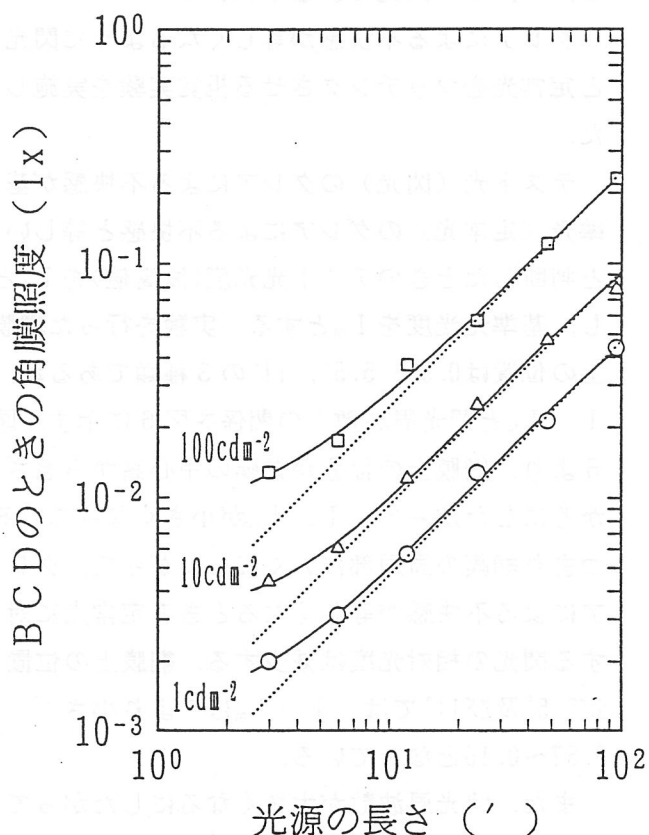


図8 光源の長さ(横)とBCDのときの角膜照度との関係。背景輝度 $1, 10, 100\text{cdm}^{-2}$ の時の結果。

RVR (滑走路視距離)は200mとした。また、光源の光度は600cdとした。現在、ICAO (国際民間航空機関)等では、CAT-III B (着陸可能な最低気象条件がRVR50m)における誘導路中心線灯の光度について議論されており、その中で必要光度を2000cdとする考え方がある。夜間(背景輝度 1cdm^{-2})、低視程(RVR200m)であるので、光度は30%アップ(3段階光度制御の中間アップ)すなわち主ビームの最小平均光度を600cd(2000cdの30%光度)とした。配光は現在のICAO基準(CAT-III)の配光と同じパターンとし、主ビームの光度を600cdとしたものを用いた。配光曲線間の光度は直線で補間した。図中の点線は、実験結果(図8)より求めた光源幅70mm(現用のFM型灯器)と光源幅300mmのときにBCDとなる角膜照度を示している。60mより近距離では光源幅70mmのBCDを超えているが、光源幅300mmのBCDには達してい

ない。つまり、現用のFM型灯器で近距離では不快グレアとなるが、光源が300mm幅の灯器では不快グレアとならない。

この結果より、光源の横幅を大きくすると、近距離から見た場合の視角は大きくなり、不快グレアになりにくい。しかも、遠距離から見た場合の光源の視角は小さくなり、閾値等の見え方は光源幅の小さな灯器と同じように角膜照度により定まる。すなわち、光源の横幅を大きくすることにより、近距離においてまぶしさを減ずることができ、かつ視認距離は変わらない。

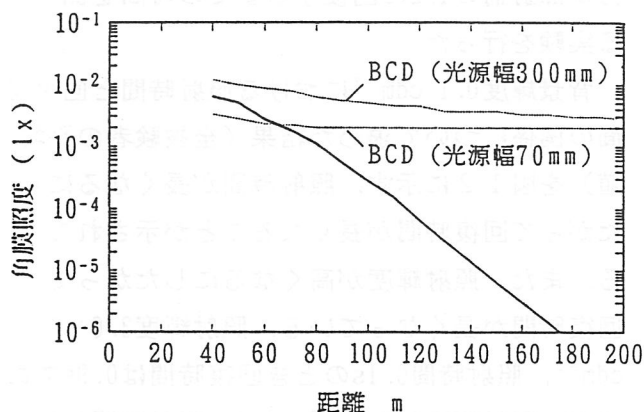


図9 観測距離と角膜照度との関係。
 図中の点線は、光源幅70mm（現用のFM型灯器）と光源幅300mmのときにBCDとなる角膜照度を示している。

3. 灯火による減能グレア

3.1 視線近傍の小さな光源による等価光幕輝度¹³⁾

減能グレアは、人の目に入射した光の一部が角膜や水晶体などで散乱され、光幕が生じることによって起こるとされている。Holladay¹⁴⁾は、減能グレアによる見え方の低下を観測者の目と視対象間に重畳させた均一な輝度をもつ光幕（等価光幕輝度）に置き換えて考えることができるとしている。そして、一般に等価光幕輝度 L_v は次式で表される。

$$L_v = k E \theta^{-n} \cos \theta \quad (2)$$

ただし、 E はグレア光源による角膜照度 (lx)、 θ は視線とグレア光源のなす角度、 k 、 n は実験定数である。多くの研究者が実験を行い、実験定数 k 、 n の値を報告している。

しかし、 1° 以下の小さなグレア光源の大きさと等価光幕輝度の関係については明確にされているとはいえない。また、視線とグレア光源のなす角 θ が小さい場合の等価光幕輝度についてもあまり研究されていない¹⁵⁾。そこで、ランドルト環を用いてグレア光源の大きさ及び角度 θ と視力低下について実験を行った。

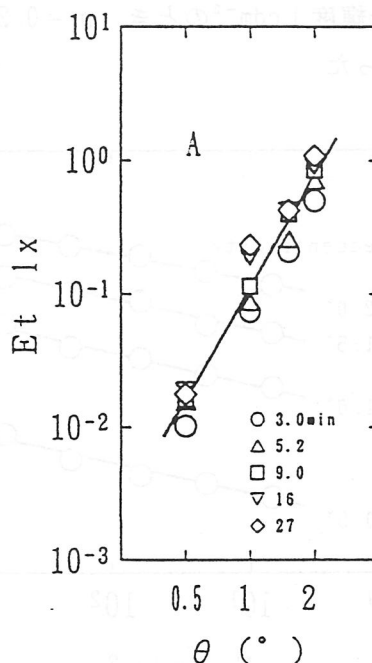


図10 角度 θ と角膜照度 E_t の関係

ランドルト環（実験時の背景輝度における視力の2倍の大きさ）の切れ目の識別限界におけるグレア光源による角膜照度 E_t と角度 θ の関係の1例を図10に示す。背景輝度が同じとき、ランドルト環の切れ目の識別限界における等価光幕輝度は等しいと考えることができる。したがって、図10は、(2)式において L_v を一定とし、 E と θ の関係を求めたものに等しい。このとき回帰係数を求めると被験者によってやや異なるが、平均で2.4となる。つまり、(2)式の n の値は本実験結果では約2.4である。

角膜照度 E_t （補正值）とグレア光源の面積 S との関係を図11に示す。図より、本実験のよ

うにグレア光源の大きさが比較的小さい場合、見え方の低下はグレア光源の光度（すなわちグレア光源による角膜照度）だけでなく、大きさの影響も受けることが示されている。また、 $\log S$ と $\log E$ ：（補正值）は直線関係にあり、角度 θ に関係なく回帰係数は一定（約0.23）となっている。このことより、視線近傍において、グレア光源の面積が約 $10^1 \sim 10^3 \text{ min}^2$ の場合、等価光幕輝度 L_v は次式により表すことができる。

$$L_v = k_1 E S^{-m} \theta^{-n} \quad (3)$$

ここで、背景輝度 1 cdm^{-2} のとき、 $m = 0.23$ 、 $n = 2.4$ であった。

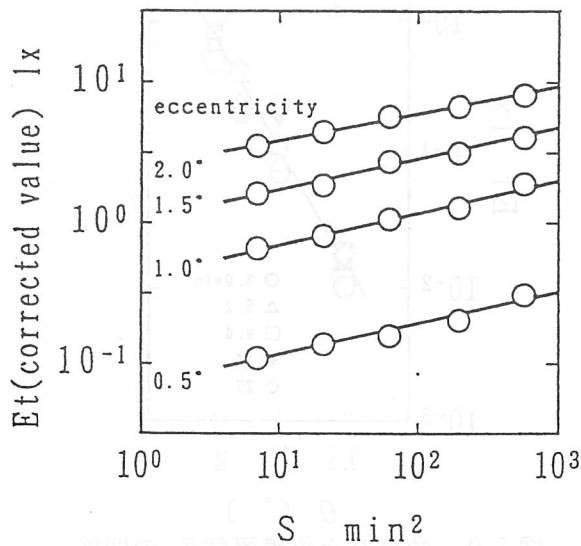


図11 グレア光源の面積 S と角膜照度 E ：（補正值）の関係

3.2 グレア光照射後の視力の回復時間¹⁶⁾

競技場で太陽や夜間照明がプレイヤーの視野に直接入ったりした時、しばらくの間視機能が低下し、物が見えにくくなる場合がある。また、夜間、自動車を運転していて対向車のヘッドライトを直視した時などにこれと同じ状況が発生する。

Holladay¹⁴⁾は、中心窩にグレア光を $1 \sim 8 \text{ s}$ 照射し、アフタ・イメージが輝度差弁別閾に及ぼす影響について実験を行っている。そして、アフタ・イメージは、コントラストを減ずること

において光幕輝度と同じような効果があることを示している。また、Krebsら^{17, 18)}やGloorら¹⁹⁾は、照射するグレア光の波長、照射時間、輝度、呈示位置を変え、発光式のテストパターンが視認できるまでの時間を測定している。

しかし、通常、航空機の操縦や自動車の運転においてグレア光源を注視する時間は 1 s 以下の短い時間²⁰⁾である。このようなグレア光の短時間の照射が視機能の回復に及ぼす影響については詳細に求められているとは言えない。

そこで、中心窩に照射するグレア光の輝度及び照射時間（ $0.1 \sim 1.6 \text{ s}$ ）や背景輝度を変え、視力が照射前の $1/2$ に回復するまでの時間を測定する実験を行った。

背景輝度 0.1 cdm^{-2} における照射時間と回復時間の関係について求めた結果（全被験者の平均値）を図12に示す。照射時間が長くなるにしたがって回復時間が長くなることが示されている。また、照射輝度が高くなるにしたがって、回復時間が長くなっている。照射輝度 $3.0 \times 10^2 \text{ cdm}^{-2}$ 、照射時間 0.1 s のとき回復時間は 0.9 s であるが、照射輝度 $3.3 \times 10^3 \text{ cdm}^{-2}$ 、照射時間 1.6 s のとき回復時間は 4.2 s となっている。

被験者1名については、背景輝度 0.32 cdm^{-2} 及び 1.0 cdm^{-2} でも観測実験を行ったが、背景輝度による回復時間への影響について求めた結果

（照射輝度 $3.3 \times 10^3 \text{ cdm}^{-2}$ ）を図13に示す。背景輝度 0.32 cdm^{-2} 及び 1.0 cdm^{-2} における照射時間と回復時間の関係も、背景輝度 0.1 cdm^{-2} と同じように、照射時間が長くなるにしたがって回復時間が長くなっている。また、背景輝度が高くなるにしたがって回復時間は短くなる。すなわち、照射輝度が同じであっても、背景輝度が高くなるにしたがって、視力が照射前の $1/2$ に回復するまでの時間は短くなる。背景輝度は $0.1 \text{ cdm}^{-2} \sim 1.0 \text{ cdm}^{-2}$ であるが、回復時間の差ははっきりと現れている。このことは、例えば道路照明によって路面輝度が高くなると、障害物等を発見しやすくなるだけでなく、対向車のヘッドライトを直視した後の視機能の回復が早くなるこ

とを意味しており、この点においても道路照明が道路交通の安全性に関連していることになる。

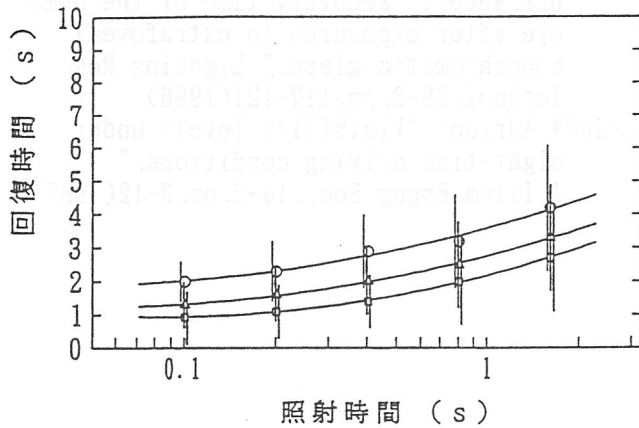


図12 背景輝度 0.1cdm^{-2} における照射時間と回復時間の関係。被験者5名の平均値である。縦線は標準偏差を示す。○は照射輝度 $3.3 \times 10^3\text{cdm}^{-2}$ 、△は $9.9 \times 10^2\text{cdm}^{-2}$ 、□は $3.0 \times 10^2\text{cdm}^{-2}$ での値を示す。

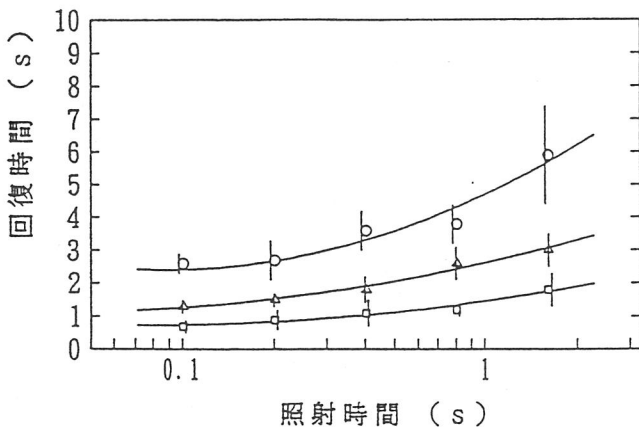


図13 背景輝度による回復時間への影響。縦線は標準偏差を示す。照射輝度は $3.3 \times 10^3\text{cdm}^{-2}$ である。○は背景輝度 0.1cdm^{-2} 、△は 0.32cdm^{-2} 、□は 1.0cdm^{-2} での値を示す。

Holladay¹⁴⁾は、中心窩にグレア光を1~8s照射し、アフタ・イメージが輝度差弁別閾に及ぼす影響について実験を行っている。それによると、グレア光の輝度と照射時間の積が、回復時間(テスト視標が再び視認出来るようになるま

での時間)に比例することを示している。

本実験におけるグレア光の照射輝度と照射時間の積と回復時間との関係について求めた結果を図14に示す。図は、背景輝度 0.1cdm^{-2} における全被験者の平均値である。図14より、照射輝度と照射時間の積と回復時間との間に次式の関係があることが示されている。

$$T = 0.36 (L \cdot T_0)^{0.29} \quad (4)$$

ここで、 T は回復時間、 L は照射輝度、 T_0 は照射時間である。

このことは、1.6s以下の短い照射時間においても、回復時間は照射輝度と照射時間の積によって定まることを示している。例えば、照射時間を1/2に短くしても、照射輝度を2倍にすれば回復時間は同じになる。また、(1)式より、回復時間は照射輝度と照射時間の積の0.29乗に比例する。Holladayの結果では回復時間は照射輝度と照射時間の積に比例していたので、これに比べて、本実験の結果での照射輝度と照射時間の積が回復時間に及ぼす影響は小さい。主な実験条件の違いは、Holladayの実験では照射時間が1~8sであるのに対して、本実験での照射時間は0.1~1.6sと短い。これが、照射輝度と照射時間の積と回復時間の関係に現れた差の要因であると推定される。

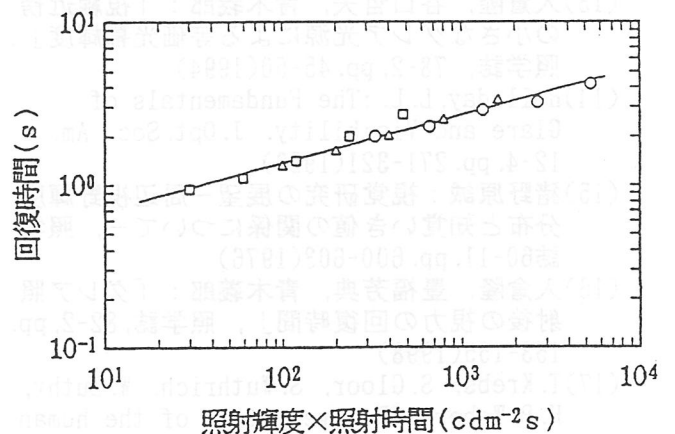


図14 照射輝度と照射時間の積と回復時間との関係。背景輝度 0.1cdm^{-2} における全被験者の平均値である。○は照射輝度 $3.3 \times 10^3\text{cdm}^{-2}$ 、△は $9.9 \times 10^2\text{cdm}^{-2}$ 、□は $3.0 \times 10^2\text{cdm}^{-2}$ での値を示す。

参考文献

- (1) 吉田隆治：総論，照学誌，73-3，pp.108-111(1989)
- (2) 入倉隆，谷口哲夫，青木義郎：「いき上レベルにおける視覚の空間的寄せ集め特性が灯火の明るさ知覚に及ぼす影響」，照学誌，76-2，pp.90-94(1993)
- (3) 入倉隆，谷口哲夫，青木義郎：「複数光源から成る灯火の視認性」，照学誌，79-2，pp.66-70(1995)
- (4) Obara, K., Ikeda, K., Nakayama, M. : Visual Appearance of a Sequence of Signal Lights. CIE Publ. 50, pp.392-398(1980)
- (5) 中山昌春，池田紘一，小原清成，和田紳一：中視程時における各航空灯火の角膜照度分布解析，照学全大，pp.138-139(1996)
- (6) Douglas C.A. : "Computation of the effective intensity of flashing light," Illum. Eng., 52-12, p.641(1957)
- (7) 池田紘一，小原清成，佐久間正和，西川真司：「単色閃光灯火の実効光度」，照学全大，pp.81-82(1990)
- (8) Projector T.H. : "Effective intensity of flashing lights," Illum. Eng., 52, pp.630-640(1957)
- (9) 入倉隆，谷口哲夫，青木義郎：「閃光による不快グレア」，光学，24-8，pp.503-507(1995)
- (10) 入倉隆，豊福芳典，青木義郎：「明滅光の快・不快限界輝度 - 背景輝度と明滅周波数の影響」，照学誌，81-2，pp.191-193(1997)
- (11) 入倉隆，豊福芳典，青木義郎：「線状光源による不快グレアの抑制」，照学全大(1998)
- (12) 武内徹二，宮前あつ子，矢野正：「閾上の光刺激に対する視覚の空間的寄せ集め特性」，照学全大，p.71(1990)
- (13) 入倉隆，谷口哲夫，青木義郎：「視線近傍の小さなグレア光源による等価光幕輝度」，照学誌，78-2，pp.45-50(1994)
- (14) Holladay, L.L. : The Fundamentals of Glare and Visibility. J. Opt. Soc. Am. 12-4, pp.271-321(1926)
- (15) 猪野原誠：視覚研究の展望 - 周辺視野輝度分布と知覚いき値の関係について - ，照学誌60-11, pp.600-603(1976)
- (16) 入倉隆，豊福芳典，青木義郎：「グレア照射後の視力の回復時間」，照学誌，82-2，pp.153-155(1998)
- (17) T. Krebs, S. Gloor, S. Wuthrich, W. Luthy, H. P. Weber: "Recovery time of the human eye after brief exposures to monochromatic glaring light," Lighting Res. Technol. 26-4, pp.195-197(1994)
- (18) T. Krebs, S. Gloor, S. Wuthrich, W. Luthy, H. P. Weber: "Recovery time of the human eye after exposure to a glare source at various intensities," Lighting Res. Technol. 26-4, pp.199-201(1994)
- (19) S. Gloor, S. Wuthrich, W. Luthy, H. P. Weber: "Recovery time of the human eye after exposures to extrafoveal monochromatic glare," Lighting Res. Technol. 28-3, pp.117-121(1996)
- (20) W. Adrian: "Visibility levels under night-time driving conditions," J. Illum. Engng. Soc., 16-2, pp.3-12(1987)

9. 参考資料

道路・トンネル照明参考文献リスト

斉藤 孝 (松下電工 (株))

(1) 視認性, 快適性

道路上の対象物の視認性に関する研究として、光源の分光分布や光色などによる違いが視認性にどのような影響を与えるかを明所視輝度、暗所視輝度、瞳孔径などの変化から検討している報告X)YY)TT)PP)や、ビジビリティレベルを取り扱う時、視野の大きさ、年齢などの影響をどのように扱ったらよいかを検討した研究を総括した報告T)があった。また、対象物の形状による視認性の違いについての報告RR)や視認性をもとにしてどのように照明設計を行っていくべきかを検討した報告がありWW), 特に路面輝度の分布とビジビリティレベルの分布を様々な道路・照明状態で求め、視認性そのものを照明設計に利用することを提案した報告z)OO), 道路標識の視認性をビジビリティレベルで規定しようとした報告があったY), トンネル入口部の照明レベルを実験室での視認性実験により検討した報告HH)もあった。

道路照明のレベルと交通事故の関係を調査したものと、都市部での夜間の交通事故の原因を調べるために事故発生地点の視環境調査、運転者への面接調査を行った報告w)や、諸外国の調査をまとめた報告LL), 南アフリカでの道路照明設置前後での事故発生率の変化を調査した報告XX)があった。また、無照明の道路の部分や交差点を夜間の事故比率をもとに分類する試みについての報告もあったSS)。

これからの高齢社会への取組みとして、高齢ドライバーと高齢歩行者と交通挙動やその時の意識を調査、分析し、今後の高齢社会での施設設備のあり方を検討した報告があったu)。

交通事故を減少させるためには適切な交通教育が必要であること、ヒューマンファクターレベルからの事故原因分析とそれに基づく指導によって指導内容に関連した交通事故が減少していること、教育・訓練に交通KYT (危険予知・予測訓練) が有効であることを報告したk)。

ドライバーの挙動調査に関する報告では、運転する際に安心感を維持することができる路面輝度の検討を自動車灯火を点灯する行為に注目してアンケート調査、及び薄暮時の道路観測調査を行った報告n)EE), 眼球運動データをもとにトンネル走行時におけるドライバーの視覚特性を解析した報告p)ll)JJ)があった。高速道路のトンネル視環境評価の際、ドライバーの安全性や快適性などを走行速度やトンネル内の様々な部分の輝度を独立に変化させたシミュレーション画像を用いて評価した報告r)があった。

道路照明や屋外照明の分野などでは、忠実な色の見えよりも交通標識などの色が何色か分かればよいといった観点から、様々な光源下での道路交通上の必要色の見え方についてカテゴリカルカラーネーミング法を用いて色の見え方を評価した報告l)FF)があった。

X) Janoff, M.S. et al. : IESNA Annual Conference Paper pp.465-497(1997)

YY) Janoff, M.S. : J.Illum.Engng.Soc. 26-4 pp.173-181(1997)

TT) Janoff, M.S et al. : J.Illum.Engng.Soc. 26-4 pp.173-181(1997)

PP) Adrian, W. : Proc.SANCI pp.17-28(1997)

T) Adrian, W. et al. : Progress in Automobile Lighting pp.8-23(1997)

RR) Janoff, M.S et al. : J.Illum.Engng.Soc. 26-2 pp.32-41(1997)

WW) Lewin, I et al. : Proc.SANCI pp.71-78(1997)

z) 成定康平 : 交通工学研究会海外交流特別講演会 pp.15-20(1997)

OO) Narisada, K. et al. : Proc.SANCI pp.??-??(1997)

Y) Keck, M.E. : IESNA Annual Conference Paper pp.532-540(1997)

HH) Onaygil, S. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G23-G28(1997)

w) 藤田ほか : 交通工学 32-4 pp.17-24(1997)

LL) Owens, M : Proc.LUX PACIFICA pp.G43-G55(1997)

XX) DJ Gray : Proc.SANCI pp.1-4(1997)

SS) Hummer, J.E. et al. : J.Illum.Engng.Soc. 26-2 pp.49-58(1997)

u) 石倉ほか : 交通工学研究発表会論文報告集 p.17-20(1997)

k) 長山泰久 : 照学全大 pp.273-274(1997)

n) 河村ほか : 照学全大 pp.278-279(1997)

EE) Kawamura, H. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G7-G10(1997)

p) 斉藤ほか : 照学全大 p.281(1997)

ll) Sato, M. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G29-G34(1997)

JJ) 真弓ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.214-215(1997)

r) 小野ほか : 照学全大 p.283(1997)

l) 清水ほか : 照学全大 p.275(1997)

FF) Takeuchi, T. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G11-G16(1997)

(2) 照明方式, 照明計算

照明方式に関する研究では、連続的な照明法を想定した時の視対象物の視認性を検討した視認性実験を行った結果、呈示位置にあまり影響されずに比較的高い視認性を確保できることを明確にした報告L)やトンネル入口部での先行車の見え方を改善するのに有効なプロビーム照明が出口照明に採用した試みについて報告M), Hollow Light Guideと呼ばれるパイプの端に付けた光源の光をパイプ内の反射によって伝送しつつ、その一部をパイプ外に出すことでパイプ全体を均一に発光させる光伝送装置を道路、トンネル照明に使用した事例の紹介GG)KK)があった。設計速度140km/hの第二東名・名神高速自動車道路のトンネルの入口照明曲線の検討q)JJ)や一般道路の交差点での道路照明のあり方について、道路照明だけでは十分に照明されておらず交差点での目的に応じた照明施設が必要であることを論じた報告C)があった。

画像処理技術を輝度測定や視環境評価に利用した報告CC)があり、日本とオランダ、ベルギーの高速道路トンネル約70本の輝度分布を測定してトンネル内の視環境を分析した報告s)t)やビデオ画像からトンネル内の輝度変化の著しい部分 (エッジライン) を抽出し、トンネルの清掃前後でのトンネル内の視線誘導に必要な視覚情報の変化を測定した報告S)があった。また、CCDカメラを利用した路面輝度計測が海外でも盛んであるとの報告y)があった。

L) 石村ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.220-221(1997)

M) 武田裕之 : 日本道路会議一般論文集 pp.222-223(1997)

GG) Nishimura, M. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G17-G22(1997)

KK) Bandini, C : Proc.LUX PACIFICA pp.G40-G42(1997)

q) 相馬ほか : 照学全大 p.282(1997)

- JJ) Souma, R. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G35-G39(1997)
- C) 石倉ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.240-241(1997)
- CC) Shikakura, T. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.F40-F44(1997)
- s) 相馬ほか : 照学全大 p.284(1997)
- t) 穂積順一 : 日照委大 pp.12-17(1997)
- S) 佐藤ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.1072-1073(1997)
- y) Schreuder, D.A. : 交通工学研究会海外交流特別講演会 pp.1-14(1997)

(3) 信号灯, サイン, 標識

交通信号灯に関する研究として, 光源に平面型無電局蛍光ランプを応用した報告NN)があった。また, LED標識板において, 板面の色彩と文字の色彩が表示される文字の視認性にどのような影響を与えるかについて検討した報告E)があった。道路標識に関する研究として, 標識照明の位置と標識の平均判読距離との関係を調査した報告, 透過性のある標識板による逆光時対策の報告G)があった。道路標識の視認性向上と道路周辺への漏れ光の防止を目的として, ブラックライト照射により発光する蛍光体, 蓄光体を用いた道路標識シートの視認性試験を行った報告x)があった。

- NN) Shea, M.J. et al. : IESNA Annual Conference Paper pp.498-517(1997)
- E) 安藤和彦 : 日本道路会議一般論文集 pp.250-251(1997)
- G) 中辻ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.254-255(1997)
- x) 金坂ほか : 交通工学 32-6 pp.43-49(1997)

(4) 設備, 管理

道路照明施設の運用面の検討として, ランプ出力と器具の設置間隔を変化させた時の路面輝度, 総合均斉度, 車線軸均斉度を求めて, 視環境と経済性の検討を行った報告UU)があった。片側だけを施工したトンネル入口照明設備の機能が確保されているか, 視環境がどのように変化しているかを輝度, 照度特性, 及び走行時の視認性実験から明確にした報告K)があった。

光を照射することにより表面に付着した有機物を分解する光触媒をトンネル灯に使用して実用試験を実施した報告c)N)Z), 高速道路の道路灯に使用して実用実験した報告g)W)があった。Hollow Light Guideの特徴を説明するとともに, その経済性について国内外での事例を用いて検討した報告A)があった。

視線誘導施設について, 道路のカーブに設置される自発光型視線誘導標の所要輝度が, 誘導標の背景との色差, 背景輝度, そして運転者の目における輝度差弁別閾から算出することが可能であるとの報告V)や自発光式の視線誘導標の設置高さや設置間隔が視認性にどのような影響を与えるかを模型実験によって検討した報告F), 濃霧の中でも安全に走行できることを可能にする霧中ガイドライトシステムについての効果を検証した報告H), 雪国での視線誘導対策として, レーザー光を用いた視線誘導標についての適応範囲や照射方法等を検討した報告I)があった。また, トンネル内の縁端面発光体を設置することで, 視線誘導が改善された事例の報告B)があった。

路面についての研究として, 濡れた路面に関する検討VV)や観測角と入射角の変化によって路面の反射特性データがどのように変化するかの検討QQ)が報告された。また, トンネル壁面については, 3車線断面のトンネルにおいての照明施設のあり方や内装板と照明との関係について検討した報告O), 老朽化したトンネルの壁面を清掃, 及び無機質コーティング材の塗布による壁面改良によって路面照度の向上, 及び視環境改善が実現できたことを報告P), トンネル路面素材にノルウェー産白色骨材を採用して, 経年的なトンネル視環境の低下を抑えた事例の報告Q)があった。

トンネル照明灯具清掃ロボットに関する研究が報告R)された。

- UU) Simpson, D : The Lighting Journal oct/Nov pp.47-49(1997)
- K) 穴水ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.216-217(1997)
- c) 小島浩之 : 照学誌 81-4 pp.333-335(1997)
- N) 相馬隆治 : 日本道路会議一般論文集 pp.224-225(1997)
- Z) Saitoh, A. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.B13-B18(1997)
- g) 相馬ほか : 照学全大 p.98(1997)
- W) Honda, H. et al. : IESNA Annual Conference Paper pp.40-59(1997)
- A) 西村政昭 : 日照委誌 14-3 pp.14-15(1997)
- V) Iwai, W. et al. : IESNA Annual Conference Paper pp.63-77(1997)
- F) 石倉ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.252-253(1997)
- H) 大下ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.486-489(1997)
- I) 菊地ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.508-509(1997)
- B) 永井ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.194-195(1997)
- VV) McNair, D : The Lighting Journal june/july pp.163-169(1997)
- QQ) Gibbons, R.B. : J.Illum.Engng.Soc. 26-2 pp.139-149(1997)
- O) 岡澤ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.250-251(1997)
- P) 鶴亀ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.252-253(1997)
- Q) 鈴木ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.530-531(1997)
- R) 佐藤ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.1066-1067(1997)

(5) 歩道, 街路照明

夜間に歩行者が関連した交通事故の発生地点, 及びその付近の光環境を調査, 分析し, 光環境を改善する対策を検討した報告m), 横断歩道照明の照明方式の違いや自動車の前照灯の有無による歩行者の見え方について実際の道路を用いて実験し, 逆シレット視を実現する照明方式の方が視認性に優れていることを示した報告v)があった。また, 画像処理を用いた輝度分布計測装置を用いて, 様々な手法による横断歩道照明の照明状態の分析を行った報告があった。

- m) 石倉ほか : 照学全大 pp.276-277(1997)
- v) 石倉ほか : 交通工学研究発表会論文報告集 p.145-148(1997)
- D) 石倉ほか : 日本道路会議一般論文集 pp.242-243(1997)

7.4.2 自動車灯火・電装品

自動車の前面窓ガラスに車速等を表示するヘッドアップディスプレイ(HUD)の表示位置により運転者がどの程度の煩わしさを感じているかを実験に求め、さらに運転者の体格や運転姿勢の違いによる視点位置の違いによって煩わしさがどのように変化するかを検討した報告a)、HUDの表示輝度、観察者の年齢などの影響についての報告e)があった。また、20代と60代とで自動車用ナビゲーションシステムの表示情報を読みとる際の視点移動時間、調節に要する時間を室内実験によって求めた報告があったe)。HUD上に表示された情報の誤知覚のメカニズムを検討した報告o)もあった。

自動車のヘッドランプによる不快グレアとドライバー挙動の関係を調査した結果、不快グレアが大きくなると走行速度や視点移動などに影響が表れることをシメした報告U)があった。また、ヘッドランプに紫外線放射を使用して夜間の対象物の視認性を検討した報告MM)があった。

- a) 森田ほか：照学誌 81-2 pp.89-95(1997)
- e) 森田ほか：照学誌 81-8A pp.638-647(1997)
- f) 森田ほか：照学誌 81-8A pp.679-686(1997)
- o) 岡林ほか：照学全大 p.280(1997)
- U) Alferdinck,J. et al. : Progress in Automobile Lighting pp.24-32(1997)
- MM) Arens,J.B. : Progress in Automobile Lighting pp.33-42(1997)

7.4.3 航空照明

航空障害灯や灯台などに使用されている明滅光について、背景輝度や周波数を変化させて閃光の快・不快の限界(BCD)輝度を求める視覚実験を行った報告b)DD)や、暗順応化で2閃光の間隔時間と点灯時間を変化させた場合に閃光の実効光度に変化が表れるかを検討し、Boumanら(1952)の研究結果と比較検討を行なった報告h)があった。また、海上交通をはじめ、陸上交通、航空交通などで広く使用されている閃光灯火において、その心理的な明るさを評価するための指標である実効光度に関する新たな計算式を提案している報告d)があった。

空港に設置されている進入灯火や誘導路灯火などが、航空機内で操縦しているパイロットからどのように見えているかをパイロットの視点や視環境をもとにコンピュータでシミュレートした報告i)j)AA)BB)があった。

- b) 入倉ほか：照学誌 81-2 pp.191-193(1997)
- DD) Irikura,T. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.G1-G6(1997)
- h) 大矢寿美子：照学全大 p.200(1997)
- d) 古荘ほか：照学誌 81-5 pp.392-398(1997)
- i) 加藤ほか：照学全大 p.214(1997)
- j) 金子ほか：照学全大 p.216(1997)
- AA) Kato,T. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.E207-E212(1997)
- BB) Kaneko,N. et al. : Proc.LUX PACIFICA pp.E213-E218(1997)

10. あとがき

当研究調査委員会では、各委員の研究活動をふまえたうえで、各委員の報告と外部からの講師を招き、広範囲の研究・技術分野において活発な議論が行われた。特に、今後導入が予想されるITS (Intelligent Transport Systems) などによる交通環境の高機能化・高情報化については、どのような内容の情報をどのような方式で提示・知らせるかが重要な問題として示された。ナビゲーションシステムやLEDなどを用いた新しい交通用視覚ディスプレイは視覚特性との整合性が議論された。これらの問題は、人間の運転中における情報処理能力や提示内容に依存するため、運転者に与えられるさまざまな情報について整理、検討する必要性が生じていることが示された。

今後の交通システムを考えると、技術の発展が人間の特性に整合しているかが問題であり、これらは視覚特性と注意や記憶を含んだ認知機能の面から検討する必要がある。交通問題に適用できる視覚特性や認知の研究結果はまだ不十分であり、研究がさらに発展すねことを期待したい。この委員会の活動が今後の研究発展の一助になれば幸いである。

研究調査委員会報告書の著作権について

本報告書の著作権は（社）照明学会に帰属します。

複写をされる方に

本報告書に掲載された著作物は、政令が指定した図書館で行うコピーサービスや、教育機関で教授者が講義に利用する複写をする場合等、著作権法で認められた例外を除き、著作権者に無断で複写すると違法になります。

