

道路交通における視覚情報研究調査  
委員会報告書

平成 6年 3月

社団法人 照明学会

# 道路交通における視覚情報研究調査委員会報告書目次

1. はじめに	.....	2	1
2. 委員会活動	.....	2	1
2.1 委員会の構成	.....	2	1
2.2 委員会開催状況と主な議事	.....	2	1
2.3 公開研究会	.....	3	1
2.4 研究調査の概要	.....	3	1
2.5 配布資料リスト	.....	4	1
3. 交通と視覚特性	.....	6	1
3.1 運転者の有効視野と情報獲得機能	.....	6	1
3.2 薄明視の視覚特性	.....	18	1
3.3 コントラスト感度特性に関する文献	.....	20	1
4. 交通環境	.....	31	1
4.1 道路交通	.....	31	1
4.2 海上交通	.....	39	1
5. 交通標識・信号	.....	45	1
5.1 道路標識	.....	45	1
6. 自動車用灯火器	.....	48	1
6.1 種類	.....	48	1
6.2 法律と規格	.....	48	1
6.3 歴史	.....	48	1
6.4 基準調和	.....	48	1
6.5 参考文献	.....	48	1
7. あとがき	.....	51	1

## 執筆者一覧（掲載順）

### 1. はじめに

和気 典二（東京理科大学経営学部）

### 2. 委員会活動

石川 和夫（東京工芸大学工学部）

### 3. 交通と視覚特性

#### 3.1 運転者の有効視野と情報獲得機能

三浦 利章（大阪大学人間学部）

#### 3.2 薄明視の視覚特性

武内 徹二（松下電器産業（株））

#### 3.3 コントラスト感度特性に関する文献

鶴飼 一彦（北里大学医学部）

### 4. 交通環境

#### 4.1 道路交通

成定 康平（中京大学文学部）

武内 徹二（松下電器産業（株））

坂本 正悦（松下電器産業（株））

#### 4.2 海上交通

橋本 進（東京商船大学）

### 5. 交通標識・信号

瀬尾 卓也（土木研究所道路部）

### 6. 自動車用灯火器

横井 清和（（財）日本自動車研究所）

### 7. あとがき

和気 典二（東京理科大学経営学部）

# 1. はじめに

[和気典二]

わが国では、自動車による交通事故の増大に伴い、平成元年11月28日に交通事故非常事態が宣言され、事故防止対策が推進されている。この様な現状に鑑み、平成2年5月から道路交通における視覚情報研究調査委員会が設立された。この委員会の目的は道路交通の事故防止を念頭に交通場面における視覚特性に関する研究を調査・分析し、現状の道路視環境の問題点を洗い直すことであった。具体的には、前照灯などの自動車灯火、道路照明、交通信号や道路標識などが運転者の視覚・認知機能に適合しているのかどうか、適合していないとすれば、どこに問題点があり、それをどのように改善すればよいのかを明らかにすることであった。そこで、従来からこの領域で使用されている研究法に加えて認知科学的な方法も取り上げた。

従来から交通場面においては、視認性が問題にされている。例えば、路上の妨害物の検出を容易にするという観点から、道路照明やトンネル照明並びに自動車前照灯の研究がある。また、交通信号や各種標識の検出しやすさ、読みやすさに関する研究あるいは尾灯など自動車灯火などの評価研究なども種々なされている。これらの研究に基づき法制化あるいは基準化されているものもある。本調査委員会では、これらの基礎になった研究に照準を当てるとともに、その後、これらの研究がどう発展したか、CIEでの論議がどうなっているのかを検討した。一方で、認知科学的な研究の一つのトピックスとして、注意に関する研究が取り上げられている。道路交通場面において注意がどのように研究されているかという観点からも種々論議された。

ところで、調査研究を進めるうえで視認性と注意とはどのような関係にあるのかが問題になる。そこで、視認性を視覚段階—注意—パターン認識という情報の処理段階の違いに分けて考えることにした。視覚段階は路上に何かあるという感覚的経験のことであり、照明に関する研究の大半はこの範ちゅうに入る。注意は意識の焦点化のことである。それ故、ある事柄に意識を集中すると、それ以外の情報はどうなるのか、2種以上の事柄に意識を集中させることができるのかなどが問題になる。これらは選択的注意や分割的注意（注意の配分）といわれる。道路交通の問題として考えると、注意はパターン認識あるいは知覚的認識の前段階の出来事である。特に、路上の妨害物や設置物などは遠くから知覚・認知されていることが望ましい。そのためには、路上の妨害物などの物理的特性が選択的あるいは分割的注意とどの様なかわり合いがあるのかが検討されなくてはならない。この報告書でも、運転中の注意の配分を有効視野という観点から、種々検討されている。パターン認識は道路標識の読みやすさなどの研究がその例である。また、読みやすいものができれば、それをどのように組織的に設置するかも重要な課題となる。その他、高齢者問題や事故対策なども検討された。

## 2. 委員会活動

[石川和夫]

### 2.1 委員会の構成

委員会の構成は以下のとおりである。

委員長 和気 典二 (東京理科大学経営学部)

幹事 石川 和夫 (東京工芸大学工学部)

同 横井 清和 ( (財) 日本自動車研究所)

委員 飯塚 哲英 (松下電工 (株) )

同 池田 紘一 (東京理科大学理工学部)

同 池田 敏久 (鉄道総合技術研究所)

同 一條 隆 (東芝ライテック (株) )

同 鵜飼 一彦 (北里大学医学部)

同 河合 悟 (中京大学文学部)

同 神作 博 (中京大学文学部)

同 北原 健二 (東京慈恵会医科大学医学部)

同 小林 實 (国際交通安全学会)

同 高橋 悦夫 (日本電池 (株) )

同 武内 徹二 (松下電器産業 (株) )

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 野口 薫 (千葉大学教養部)

同 野間 聖明 (日本宇宙航空環境医学学会評議員)

同 橋本 進 (東京商船大学)

同 畑田 豊彦 (東京工芸大学工学部)

同 三浦 利章 (大阪大学人間学部)

同 水本 清 (航空医学実験隊)

同 柳瀬 徹夫 ( (株) 日産自動車)

途中交代委員

坂本 正悦 (松下電器産業 (株) )

井上 猛 (松下電器産業 (株) )

深澤 伸幸 (自動車事故対策センター)

### 2.2 委員会開催状況と主な議事

平成2年5月から平成6年3月までの活動期間中に、延べ18回の委員会を開催した。委員会の主に活動内容は、1)交通と視覚特性、2)交通環境、3)自動車用灯火器、4)交通信号・標識、5)事故とドライバー対策で、以下に示した講演と調査報告に対して検討を行った。

◎講演

- 1、自動車用灯火器の現状と法規 …木村猛志 氏 (自動車基準認証国際化研究センター)
- 2、外界情報の獲得における眼球運動と有効視野の働き …三浦利章 委員
- 3、道路環境と人間工学 …堀野定雄 氏 (神奈川大学工学部)
- 4、道路照明について …成定康平 委員
- 5、情報撮取行動と自動車事故の関係について …深沢伸幸 委員
- 6、道路標識について …河島正治 氏 (建設省土木研究所道路部交通安全研究室室長)

- 7、パターン抽出時の眼球運動特性 …畑田豊彦 委員
- 8、飛行場灯火の見え方と見方について …野間聖明 委員
- 9、自動車用ヘッドアップディスプレイの視覚光学特性 …岡林 繁 氏  
(日産自動車(株)中央研究所)
- 10、日本における交通心理の現状 …神作 博 委員
- 11、諸外国における高齢ドライバー対策をめぐって …小林 實 委員
- 12、道路照明における視覚特性の応用例 …武内徹二 委員
- 13、視覚特性と標識 …行田尚義 委員
- 14、薄明視の視覚的問題と測光器の開発 …佐川 賢 氏 (製品科学研究所)
- 15、前照灯による案内標識の見え方について …横井清和 委員
- 16、視覚の空間的寄せ集めと灯火の見え方について …入倉 隆 氏  
(交通安全公害研究所)
- 17、多色表示による視標の視認性について …淵田隆義 氏  
(東芝ライテック(株)研究所)
- 18、注意の範囲と視認性 …和気典二 委員

#### ◎調査報告

- 1、C I E 第4部会交通用照明と信号ヨーク会議報告 …成定康平 委員
- 2、前照灯に関する文献調査 …横井清和 委員
- 3、道路照明に関連する文献調査 …坂本正悦 委員
- 4、運転時の眼球運動に関する文献調査 …三浦利章 委員
- 5、コントラスト感度特性に関する文献調査 …鶴飼一彦 委員
- 6、C I E 第4部会ブラッグ会議報告 …成定康平 委員
- 7、特別研究委員会の活動と実験計画について …石川和夫 委員

## 2.3 公開研究会

視覚研究専門部会と共催で、「ドライバーの視環境—視機能から交通安全を考える—」のテーマで公開研究会を平成5年10月15日に国立教育会館で開催した。参加者は視覚や照明関係者以外に道路管理関係や信号機・標識関係など各方面から60名余りの参加者があった。

◎演題と講演者は、下記の通りである。

- 1、「道路照明の設計条件と視認」 …成定康平 (中京大学)
- 2、「ヒューマン・インターフェイス・デザインとしての道路標識・視環境」 …堀野定雄  
(神奈川大学)
- 3、「前照灯による交通標識の見え方」 …横井清和 (日本自動車研究所)
- 4、「薄明の視環境」 …橋本 進 (元東京商船大学)
- 5、「運転者の視野・情報取得機能」 …三浦利章 (大阪大学)
- 6、総合討論 (司会 畑田豊彦 (東京工芸大学))

## 2.4 研究調査の概要

### 2.4-1 交通と視覚特性

道路交通にかかわる視覚・認知の特性について、従来の静的な場面での研究に加えて、より複雑な実場面に近い状態に適應できるよう検討し問題点を明らかにした。眼球運動を実験手段とした動的な状況下での有効視野や視覚探索における注意の容量の活用・配分方法などについて検討した。また、道路交通と海上交通に関する薄明視の問題や標識・灯火と新しい表示システムの見え方などについて検討した。

## 2.4-2 交通環境

道路交通における複雑で不均一な視野に対し、対象物が視認できる運転車の輝度差弁別閾について検討を行った。この結果より道路照明の設計について、照明器具のa)取付間隔(S)と取付高さ(H)の比(S/H)は小さいほど、b)片側配列、千鳥配列、中央配列より向き合わせ配列の方が、c)同じ取付間隔、配列ならば取付高さ(H)が高いほど路面輝度が低くても優れた視認性が得られることを明らかにした。トンネル照明に関して、トンネルに接近する運転車の順応状態をより正確に求める必要性が指摘された。

## 2.4-3 自動車用灯火器

自動車用灯火器は20から30種類(区分の仕方によって変わる)があるが、法規に定められていない灯火器を装着することは禁止されている。主要な灯火器は配光なども細かく規制されており、法規の改正や新しい灯火器を使おうとする場合には、問題点がないことを確認するために、視認性実験研究が行われている。世界中で統一した法規にすることは困難であるが、基準の調和という呼び方で共通化の話合いが始められている。

## 2.4-4 交通信号・標識

道路標識や信号の種類、様式、設置方法等について検討を行った。道路標識の人間工学的基準は、視認性、誘目性、判読性と文脈性によって規定され、静的な特性だけではなく動的な特性においても周到に計画され、設計・運用されなければならない。また、標識の設置は交通の流れを勘案したある一定範囲内の複数標識全体を一つの交通表示システムと考えることが必要である。

## 2.4-5 事故とドライバー対策

運転行動と情報取得行動および視覚機能の良否と自動車事故との関係についての検討を行った。欧米における高齢者ドライバーの再教育システムや公共交通機関のサービスなどについて検討し、地域に根ざした交通安全教育や高齢者などの交通弱者に対する対策の必要性を示した。

## 2.5 配布資料リスト

配布資料のリストを以下に示した。開催委員会一資料番号、表題(提出者名)

- 2-1、自動車用灯火器の現状と法規 … (木村猛志氏)
- 2-2、外界情報の獲得における眼球運動と有効視野の働き … (三浦利章委員)
- 3-1、第4部会交通用照明と信号ヨーク会議報告 … (成定康平委員)
- 3-2、道路環境と人間工学 … (堀野定雄氏)
- 4-1、道路照明における視覚情報とその視認 … (成定康平委員)
- 4-2、薄暮時における路面輝度の変化と自動車灯火の点灯状況 … (成定康平委員)
- 4-3、情報摂取と自動車事故 … (深沢伸幸委員)
- 5-1、資料1 道路標識設置基準(抜粋) … (河島正治氏)
- 5-2、画像に含まれる空間周波数成分を変化したときの見え方の実験 … (行田尚義委員)
- 6-1、パターン抽出時の眼球運動特性 … (畑田豊彦委員)
- 7-1、飛行場灯火の見え方と見方[資料1] … (野間聖明委員)
- 7-2、飛行場灯火の見え方と見方[資料2] … (野間聖明委員)
- 7-3、前照灯に関する文献一覧 … (横井清和委員)
- 8-1、自動車用ヘッドアップディスプレイの視覚光学特性 … (岡林 繁 氏)
- 8-2、道路照明に関連する文献調査 … (坂本正悦委員)
- 9-1、日本における交通心理の現状 … (神作 博委員)
- 9-2、運転時の眼球運動研究文献リスト … (三浦利章委員)



### 3. 交通と視覚特性

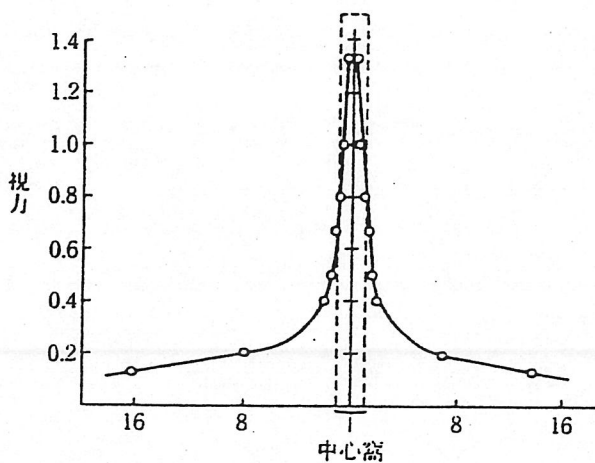
#### 3.1 運転者の有効視野と情報獲得機能

[三浦利章]

わが国での交通事故のうち約60%（大都市部では約70%）が交差点内、および交差点付近で発生している。その中でも問題となるのは中小の交差点である。さらに、そこで問題となるのは混雑した交差点である。このような場所で事故を起こした当事者の供述は、「混雑した交差点だから十分に注意を払って運転していた。しかし、衝突した相手車両や、自転車、歩行者に気づくのが遅れて事故に至ってしまった。」という内容のことが多い。懸命に見ていたにもかかわらず、発見の遅れや、見落としが生じるのはどうしてであろうか。このために、眼球運動を実験手段として有効視野を検討した。理論的には注意容量（処理資源）の活用・配分方法に、実際的には交通安全問題や様々な実際場面での視覚探索に関わることになる。

##### 3.1-1 情報獲得における眼球運動と有効視野の重要性

外界の様子が投影される網膜のうち、解像度が高く細部までよく見ることのできる部分はごく一部に限られている。図1はこの様子を示している。図の横軸は網膜の中心部からのずれ、すなわち、視線方向・注視箇所からのずれを角度（視角）で示してある。中心部からの距離を周辺距離(eccentricity)と呼ぶ。図のように、視力検査で測定する視力に近い感受性で見ることができるのは網膜の中心すなわち注視点の周り約 $2^{\circ}$ に過ぎない。この解像度の高い部分で見ることを中心視という。眼球運動による注視の向け方が重要となる。しかし、中心視している部分だけが認知に寄与している訳ではない。中心視の周りすなわち周辺視野のうち、われわれの認知に寄与する部分を有効視野という（図2）。これは、中心視するのと同時に認知できる範囲であり、注視点の周りで比較的明確に意識される範囲である。有効視野の広さは、注視箇所の周りに存在あるいは出現したものにいかにか速く気づきえるか、見落とさないですむかという認知・検出効率、および注視点の移動効率に大きく関係する。



注視点からの隔たり：周辺距離(角度で示してある)

図1. 網膜での感受性(Alpern,1962)：注視点から少し離れるだけで、対象は明瞭に見えなくなる。ゆえに、どこに注視するかということが大変重要となる。

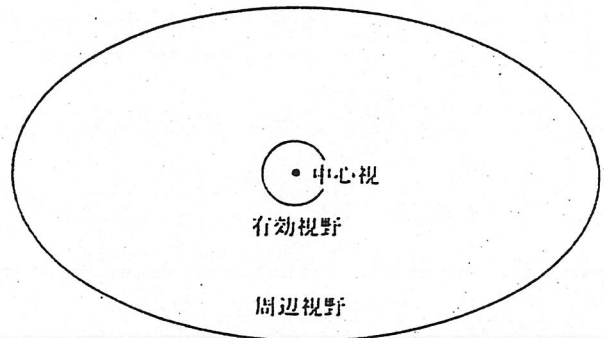


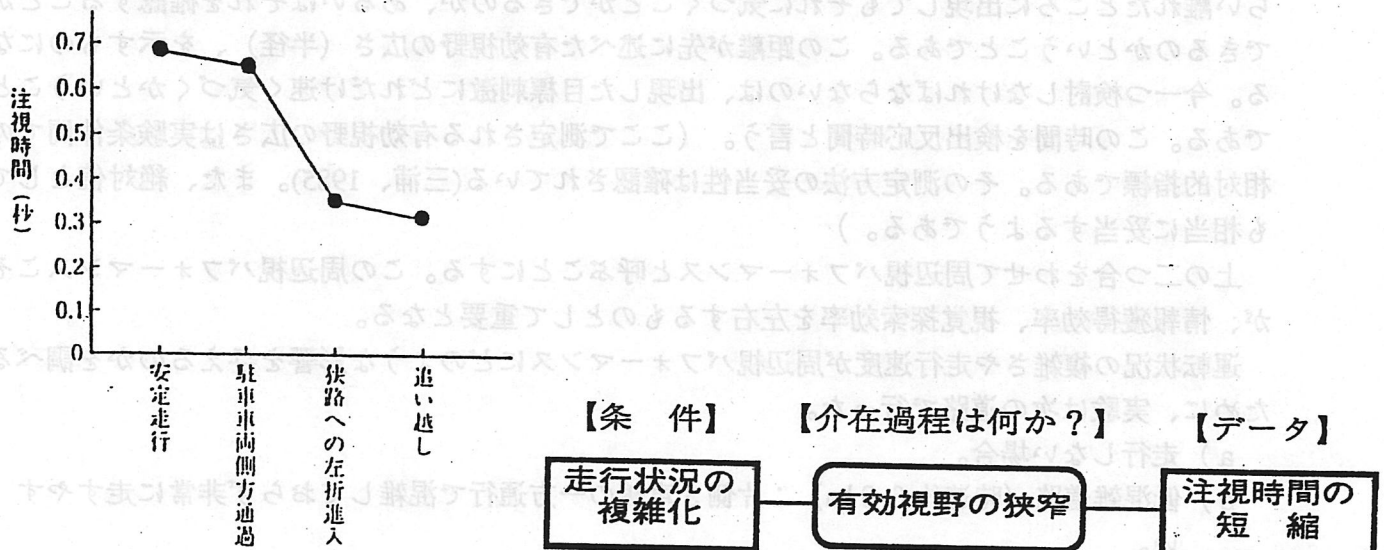
図2. 視野の模式図：人間の周辺視野は横方向で $180^{\circ}$ — $210^{\circ}$ の広がりをもつが、解像度の高い中心視は約 $2^{\circ}$ に過ぎず、この範囲は網膜構造に規定されている。他方、有効視野（中心視の周りで同時に比較的明瞭に認知できる範囲）は、約 $4^{\circ}$ — $20^{\circ}$ の範囲であるが、これは心理的な要因によって変化する。

### 3.1-2 混雑場面では頻繁に注視点が移動する：有効視野の狭窄という仮説へ

日常的にも自覚できることであるが、われわれは複雑な運転場面になると、次々と迅速に注視点を移動していく。図3に示すように、この点をはじめに明らかになった（三浦、1979、Miura, 1986）。これは、確かに複雑な場面でより多くを見ていかなければならないという状況、大きな視覚的課題要件(visual task demand)に、適応・対処していることになる。

ここでもう一度考えてみよう。複雑な場面では、なぜ次々と注視点を移動していかなければならないのだろうか。

ここで、先に述べた有効視野の広さが関係してくる。たとえ複雑な場面であっても、あるものを認知しながら同時に他のものを認知することのできる範囲すなわち有効視野が十分に広いと、頻繁に注視点を移してゆく必要はないはずである（後の図8参照）。しかし、複雑な状況では注視点が次々と移されていくことが確認された。すると、複雑な場面では有効視野が狭くなっているのではないか、そして、それ故に周辺視野に出現した対象に気づくのが遅れるのではないかということが考えられる。この点は、はじめに述べた交差点事故に大いに関係する。



← 要件小……運転状況……要件大 →  
 図3. 運転状況（要件）と注視時間の関係：  
 状況が複雑になると、注視時間は短縮する。

図4. 有効視野に関する仮説の導出。

### 3.1-3 有効視野と検出速度の測定

被験者にアイカメラを装着し、様々な道路を実際に運転してもらおう。こうして運転中の眼球運動を調べる。眼球運動の測定・記録だけでは単なるデモンストレーションとなりがちである。そこでここでは、眼球運動の測定と同時に、フロントガラスの内側に15個の小さな豆球をつけておき、そのうちの一つが無作為に点灯するようにしておく。図5はその一例である。被験者は運転しながら、点灯した豆球を発見すると、できるだけ早く口頭で「ハイ」と反応しなければならない。点灯する豆球は、例えば飛び出してきた歩行者、不意に車線変更をして寄ってきた車、先行車のブレーキランプなどの代わりをしている目標刺激（標的）だと考えていただいたらよい。



図5. 標的としての光点が出現した瞬間の注視点(□印)と光点(●印)の一例。被験者がどのようにして光点を検出反応するのかが、様々な側面から詳細に検討される。

この時、検討すべき主なものには次の二つがある。その一つは、目標刺激に注視点がどれだけ近づいた時に気づいて「ハイ」と反応するかである。逆に言うと、目標刺激が注視点からどれくらい離れたところに出現してもそれに気づくことができるのか、あるいはそれを確認することができるのかということである。この距離が先に述べた有効視野の広さ(半径)、を示すものになる。今一つ検討しなければならないのは、出現した目標刺激にどれだけ速く気づくかということである。この時間を検出反応時間と言う。(ここで測定される有効視野の広さは実験条件間での相対的指標である。その測定方法の妥当性は確認されている(三浦、1985)。また、絶対値としても相当に妥当するようである。)

上の二つ合をわせて周辺視パフォーマンスと呼ぶことにする。この周辺視パフォーマンスこそが、情報獲得効率、視覚探索効率を左右するものとして重要となる。

運転状況の複雑さや走行速度が周辺視パフォーマンスにどのような影響を与えるのかを調べるために、実験は次の道路で行った。

- a) 走行しない場合。
- b) 低混雑道路(時速約60km)：片側3車線の一方通行で混雑しておらず非常に走しやすい。
- c) 高速道路(時速約100km)：名神高速道路・中国自動車道の京都東一福崎間、片側2、3車線で、混雑度は上記の低混雑道路と下記の中程度の混雑道路の間であることが確認されている。
- d) 中程度の混雑道路(時速約60km)：大阪郊外の幹線道路で交通量は相当にある。
- e) 高混雑道路(時速約40km)：大阪郊外の商店街で、対向片側1車線、交通量が多く、二輪車、歩行者、駐車車両も多数あり、大変混雑している。

### 3.1-4 混雑場面では周辺視パフォーマンスが低下する： 仮説の検証

図6の左図は有効視野の広さ(半径)を、右図は周辺視野に出現したものへの検出反応時間を示している。

有効視野は場面が混雑するのに従って狭くなっている。そして検出反応時間は場面が混雑するのに従って長くなっている。したがって先の仮説「場面が複雑になるのに従って周辺視パフォーマンスが低下すること(有効視野が狭くなり、周辺視野に出現する対象の検出反応時間が長くなること)」、すなわち周辺視野の利用可能性が減少するという仮説が確かめられたわけである。

なお、有効視野の広さは、走行場面の複雑さ、視覚的課題要件の大小によって決まり、走行速度そのものとは直接には関係しない。場面の複雑さ・視覚的処理要件が周辺視パフォーマンスを規定するのである。

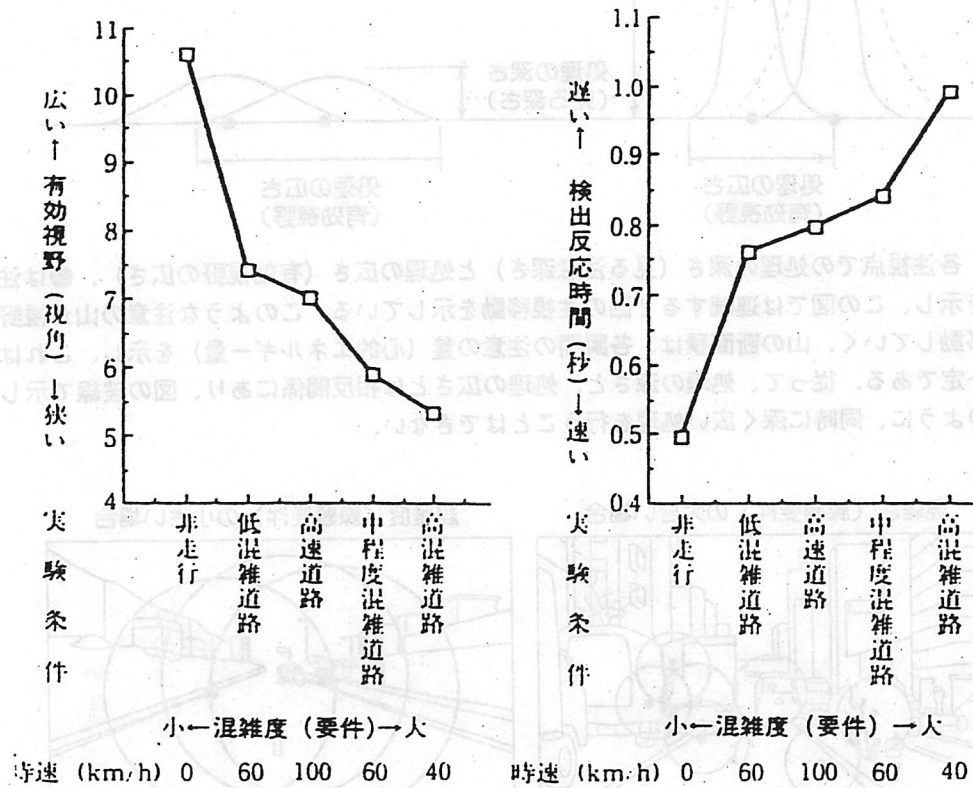


図6. 様々な場面での周辺視パフォーマンス：検出反応時間（気づく速さ）と有効視野の広さ（各瞬間、各注視点の周りで明確に意識される範囲）。周辺視パフォーマンスは混雑度（課題要件）の増大にともなって低下し、速度とは直接関係しない。

さて、ここでさらに疑問が出てくる。高混雑道路のようにより懸命に見なければならぬ場合になると、周辺視パフォーマンスが低下する。これはどうしてだろうか。以下ではデータは省略し、結果の要旨を述べる。

### 3.1-5 周辺視パフォーマンスの変味：より深く見ようとして有効視野が狭くなる

図7の山の断面積は注意の量を示している。注意には広さと深さの二側面がある。理想からいうと、図7の点線で示したように注意を深めると同時に注意を広められるといいのであるがそうはいかない。注意を深めるといふことと、注意を広めるといふこととは両立しないのである。これは、不注意によるというよりもより深い注意を払わざるを得ない状態に置かれた、あるいは自らをそのような状況に置いたためである。

混雑度が増すと、それに対処するために各注視点で深く見ようとする。そうすると、各瞬間に意識にのぼってくる範囲（有効視野）が狭くならざるを得ないのである。逆に混雑していない場面では、それほど深く見る必要もない。そうすると有効視野は広くなり得るのである（図8参照）。

このような関係を「処理の深さと広さのトレード・オフ」という。これは人間の注意の働き方の一つの法則であるが、視覚探索中の各注視点と有効視野での処理様式に見い出されたのである（三浦, 1985, Miura, 1987）。

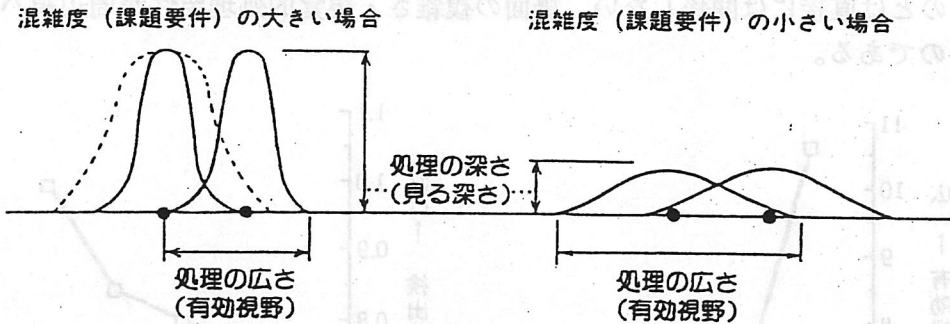


図7. 各注視点での処理の深さ（見る注意深さ）と処理の広さ（有効視野の広さ）。●は注視点を示し、この図では連続する2回の注視移動を示している。このような注意の山が視野内を移動していく。山の断面積は、各瞬間の注意の量（心的エネルギー量）を示し、これは、ほぼ一定である。従って、処理の深さと、処理の広さとは相反関係にあり、図の破線で示した山のように、同時に深く広い処理を行うことはできない。

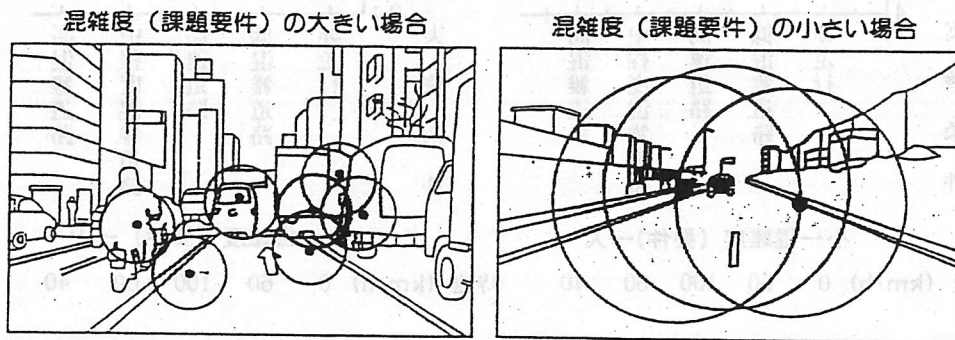


図8. 注視点分布、有効視野の広さと認知範囲の関係。黒丸は注視点を、円形は有効視野を示す。左の図では注視点は右の図よりも広い範囲に分布しているが、有効視野が図のように狭いと、全体の認知範囲は狭くなる。他方、右の図では、注視点は前方中央部に偏って分布しているが、有効視野が図のように広いと全体の認知範囲は広くなる。注視点分布だけから、いわゆる視野の広さを論じることはできない。

### 3.1-6 要件の大きい状況下での探索準備性

いま一つ能動的な情報獲得機構が示されている。さきに述べたように混雑場面では有効視野が狭くなる。しかし混雑場面では、それを補償するために注視点を有効視野の外縁部に移動していき(marginal shift of successive fixation points)、少しでも広い範囲から情報を獲得しようとする処理機構が見いだされている。これを周辺視野に対する探索準備性と呼んでいる。(三浦, 1985、Miura, 1992)

### 3.1-7 認知的勢い：コグニティブ・モメンタム

以上、要件の増大に伴って周辺視パフォーマンスが低下することが示された。有効視野が狭くなることは、一見するといわゆるトンネル視(tunnel vision: Mackworth, 1966)に相当する。これは情報獲得の単なる劣化(deterioration)を示すトンネル視と同等のものであろうか。Machworthは瞬間視事態でトンネル視を示した。(ここで示された有効視野の狭窄は、背景の視覚ノイズ密度の問題だけから説明はできない。)

他方、行動場面での自由眼球運動条件下で、周辺視パフォーマンスの変化に含まれる諸側面を検討すると、周辺視パフォーマンスの低下は、単なる情報獲得・処理の劣化を示すものではなかった。そこには、中心視でより深い処理を行うのと同時に、周辺視野への探索準備性という二つの能動的な処理特性が含まれていることが見出された。要件の増大に対処するための、このような能動的な情報獲得・処理特性を示すものを「認知的勢い：コグニティブ・モメンタム(COGNITIVE MOMENTUM)」と呼んでいる(三浦、1984;Miura,1987)。そこには二つの指向性がある。一つは、より広い範囲から情報を獲得しようとする注視移動の指向性(情報獲得の拡がりに関する指向性)であり、いま一つは、各注視点で処理を深めようとする指向性(情報獲得の奥行きに関する指向性)である。コグニティブ・モメンタムは、自らの行動の場を把握していくための仮説-検証の勢い、あるいは視覚認知的解答を求めていく勢いを示すものである。

しかし、我々の処理資源には限界がある。ゆえに、ここに示されたように、有効視野における処理の深さと広さとの間に相反関係のあること、検出遅延と見逃しの可能性の含まれていることは避けることのできないものと考えられる。したがって、コグニティブ・モメンタムは情報獲得・処理のための"至適化(optimization)"——ここでの意味は、完全ではないにしても、限りのある処理資源をできるだけ効果的に活用しようとする——の現れと言わなければならない。

### 3.1-8 行動の文脈の優位性

いま一点述べておくべきことは、周辺視パフォーマンスは、ある瞬間に何を見ているかということ(注視対象)よりも、主体がいかなる行動状況の下にあるのかということに、より強く規定されていることが示されている。行動の状況、目的によって周辺視パフォーマンスも検出内容も変わる。このことを「行動の文脈の優位性 (BEHAVIORAL CONTEXT SUPERIORITY)」と呼んでいる(三浦、1984; Miura,1986)。

以上に述べた諸結果は、我々の様々な行動場面での情報獲得・処理に示される現象と遊離するものではない。混雑場面での事故原因にも対応する。このようなフィールドでの基礎実験データの蓄積が必要とされている。

#### 【補足】 高速走行での視野の問題について

高速走行では視野が狭くなるという一般的知見がある。この知見をはじめに発表したのは Tunnard & Pushkarev (1963)であると思われる。また、学術誌にもこの知見が掲載されている(Hirschberger & Miedel(1980)。しかし、それらでは、視野を定義しておらず、実験的データも提示していない。実証的根拠なく、思い付きで書かれたもの知見が広まったようである。

当研究が示したように、有効視野を左右する基本要件は走行道路の混雑度であり、走行速度は副次的な問題である。走行速度を問題とするならば、低速であっても混雑場面で無理をして速度を上げることといえる。

さらに、視野(visual field)とは何かについて補足しておく。視野は前方・正面に視点を固定したときに感じることでできる空間の全体と定義される。しかし、我々の日常行動では視点を固定することはない。ポイントとなるのは、上に述べた動的な有効視野である。次々と目を動かして見ている各瞬間に、注視点の周りのどの程度の範囲が発見や認識に寄与しているのかが重要となる。

また、注視点の分布範囲が視野であると定義されている場合がある(これを注視視野という)。この定義による混乱は次の二点である。その一つは、注視点すなわち中心視されたところ

だけが認識されるのではなく、その周りの有効視野に相当する部分も認識されていることである。認識された全体の範囲は注視点の分布範囲よりも広い。この範囲は各注視点での有効視野の広さと注視点の分布の仕方によって変わる（図8参照）。いま一つは、時間をかければ前方全体に目を向けることができる場合が多い。しかし、車両の運転や、実際の作業や行動場面では時間をかけて発見出来たのでは遅いというのが、大部分である。発見速度は有効視野の広さによって決まる。

情報獲得効率という観点からすると、動的な有効視野、すなわち各瞬間、各注視点のまわりでどの程度の情報が取り込まれているのかということの問題としなければならない。

### 3.1-9 参考文献

- 1) Hirschberger, H. & Miedel, H. 1980 Sicht und Sehprobleme in dre Fahrausbildung. Zeitschrift fur Verkehrssicherheit, 26, 65-70.
- 2) Ikeda, M. & Takeuchi, T. 1975 Influence of foveal load on the functional visual field. Perception & Psychophysics, 18, 255-260.
- 3) 三浦利章 1979 運転場面における視覚的行動：眼球運動の測定による接近。大阪大学人間科学部紀要, 5, 253-289.
- 4) 三浦利章 1982 視覚的行動・研究ノート：注視時間と有効視野を中心として。大阪大学人間科学部紀要, 8, 171-206.
- 5) 三浦利章 1984 行動の場における視覚的認知。日本心理学会第48回大会論文集, S68-S69.
- 6) 三浦利章 1985 行動的視覚：検出・確認視野と注視移動様式。日本心理学会第49回大会論文集, 130.
- 7) Miura, T. 1985a Effect of background luminance on target detection in a behavior-oriented field. Perception, 14(1), 30.
- 8) Miura, T. 1985b What is the narrowing of visual field with the increase of speed? Proceedings of Congress of the Accident and Traffic Medicine, HF2, 1-4.
- 9) Miura, T. 1986 Coping with situational demands: A study of eye movements and peripheral vision. In A. G. Gale, et al. (Eds.) Vision in Vehicles. Elsevier Science Publishers. 205-216.
- 10) Miura, T. 1987 Behavior oriented vision: Functional field of view and processing resources. In J.K. O'Regan & A. Levy-Schoen (Eds.) Eye movements: From physiology to cognition. Elsevier Science Publishers. 563-572.
- 11) 三浦利章 1987 行動の場における視覚情報の獲得・処理：処理の深さと探索準備性。日本心理学会第51回論文集, 214.
- 12) Miura, T. 1990 Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. In R. Groner et al. (Eds.) From eye to mind. Elsevier Science Publishers B.V., 119-127.
- 13) Miura, T. 1992 Visual search in intersections: An underlying mechanism. Journal of the International Association of Traffic and Safety Sciences. Vol. 16, 42-49.
- 14) 三浦利章 1993. 日常場面での視覚的認知。箱田裕司（編）認知科学のフロンティア（3），サイエンス社，100-141.
- 15) Tunnard, C., Pushkarev, B. 1963 Man-made America. Yale University Press.

### 3.1-10 運転時の眼球運動文献リスト (追加)

【1958】

Eye fixations recorded on changing visual scenes by the television eye-marker. Mackworth & Mackworth. *JOSA*, 48, 439-445.

【1961】

Measuring the 'spare mental capacity' of car drivers by subsidiary task. Brown & Poulton. *Erg.*, 4, 35-40.

【1963】

Man-made America: Chaos or control? Tunnard & Pushkarev. Yale Univ. Press.

【1966】

運転者注視点の性質. 鈴木、中村、他. 高速道路と自動車, 7, 24-29.

Experimental isolation of the driver's visual input. Gordon. *HF*, 8, 129-137.

【1967】

The attentional demand of automobile driving. Senders, Kristofferson, Levisson, et al. *Highway Research Rec.*, 195, 15-33.

【1968】

A pilot study of driver's eye movement. Whalen, Rockwell & Mourant. The Ohio State Univ. Interim Rept., 277B-1, 1-112.

【1969】

Drivers' eye movements and visual workload. Mourant & Rockwell. *Highway Research Rec.*, 292, 1-10.

【1970】

Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving: an exploratory study. Mourant & Rockwell. *Human Factors*, 12(1), 81-87.

自動車運転者の注視点. 村田、中村. 交通工学, 5(5), 3-12.

【1971】

自動車運転中の注視点. 石橋、北川、三浦. 大阪府立公衆衛生研研究報告労働衛生編, 9(別冊), 29-32.

【1972】

Strategies of visual search by novice and experienced drivers. Mourant & Rockwell. *Human Factors*, 14, 325-335.

【1973】

交通安全施設に対する注視行動. 村田. 交通工学, 8(6), 13-27.

【1974】

動力車乗務員の注視行動. 水田、伊南、吉岡、他. 鉄道労働科学, 28, 129-142.

【1975】

動力車乗務員の注視行動(2). 水田、伊南、工藤、他. 鉄道労働科学, 29, 115-126.

Comparison of eye fixations of operators of motorcycles and automobiles. Mortimer & Jorgeson. Soc. of Automotive Engineers, 24, 1-6.

【1976】

動力車乗務員の注視行動(3). 伊南、山口、吉岡、他. 鉄道労働科学, 30, 123-136.

Visual search behavior while viewing driving scenes under the influence of alcohol and marijuana. Moskowitz, Ziedman & Sharma. Human Factors, 18(5), 417-432.

【1977】

二輪車運転者の視覚情報受容過程(1). 長山、森田、三浦. 応心第44回大会.

二輪車運転者の視覚情報受容過程(2). 長山、森田、三浦. 応心第44回大会.

Drivers' eye movements as related to attention in simulated traffic flow conditions. Cedar. Human Factors, 19, 571-581.

Is the duration of an eye fixation a sufficient criterion referring to information? Cohen. Percept. & Motor Skills, 45, 766.

Predictive head movements during automobile mirror sampling. Mourant & Grimson. Percept. & Motor Skills, 44, 283-286.

Eye movements in curve negotiations. Shinar, McDowell & Rockwell. HF, 63-71.

【1978】

運転行動における視覚情報摂取: (1) 注視点分布比較. 森田、長山、三浦. 日心第42回大会.

運転行動における視覚情報摂取: (2) 凝視時間分布特性. 三浦、長山、森田. 日心第42回大会.

運転行動における視覚情報摂取過程: 二輪車運転を中心として. 森田. 阪大人間科学部紀要, 4, 239-265.

Field dependence and visual search behavior. Shinar, McDowell, Rackoff, et al. Human Factors, 20, 553-559.

Eye movement and anticipation time in an aptitude test for motor drivers. Toda, Tsukahara. Tohoku Psychologica Folia, 37(1-4), 11-15.

【1979】

運転場面における視覚的行動: 眼球運動の測定による接近. 三浦. 阪大人間科学部紀要, 5, 253-289.

Motorcyclists' visual scanning pattern in comparison with automobile drivers'. Nagayama, Morita, Miura, et al. The 75th Annual Meeting of the Soc. of AE.

二輪車運転に関する研究(1): 二輪車事故の特徴. 長山、森田、三浦. 第15回交通科学協議会.

二輪車運転に関する研究(2): 二輪車運転時の視覚特性. 長山、森田、三浦. 第15回交通科学協議会.

運転行動における視覚情報摂取: (4) スキャンパスからの検討. 三浦、長山、森田. 日心第43回大会.

Changes of psychological functions in prolonged driving I, Nagatsuka, Ohta. Tohoku Psychologica Folia, 38(1-4), 90-101.

【1980】

Motorcyclists' visual scanning pattern in comparison with automobile drivers'. Nagayama, Morita, Miura, et al. Soc. of Automotive Eng. Transaction, 88, sect.1, 934-945.

Visual behavior in driving: An eye movement study. Miura, Nagayama. The 22nd Int. Cong. of Psych.

二輪車運転に関する研究(3): 事故統計分析. 長山、森田、三浦. 第16回交通科学協議会.

二輪車運転に関する研究(4): 事故事例分析. 三浦、長山、森田. 第16回交通科学協議会.

Vision, visibility, and perception in driving. Hills. Percept., 9, 183-216.

Sicht und Sehprobleme in der Fahrausbildung. Hirschberger & Miedel. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 26, 65-70.

【1981】

Car drivers' pattern of eye fixations on the road and in the laboratory. Cohen. Percept. & Motor Skills, 52, 521-522.

小山実験線における高速運転の注視行動調査. 伊南、江成、工藤、他. 鉄道労働科学, 80(26).

Road sign recognition and non-recognition. Mori, Abdel-Halim. Accident Anal. & Prevent., 13(2), 101-115.

【1982】

視覚的行動・研究ノート: 注視時間と有効視野を中心として. 三浦. 阪大人間科学部紀要, 8, 171-206.

実走行時有効視野検討の試み. 三浦. 日心第46回大会.

実走行時・周辺視検出能力の検討. 三浦. 応心第49回大会.

走行状況・注視対象と周辺視検出能力の関係. 三浦. 関心第94回大会.

高速道路での大型トラック運転時の視線方向. 塩坂、谷口. 自動車研究, 4(7), 268-271.

【1983】

多重課題法による作業行動の研究: 周辺視の観点より. 三浦. 日心第47回大会.

【1984】

行動の場における視覚的認知. 三浦. 日心第48回大会特別講演.

視野制限下における視覚的探索パフォーマンス: 背景手掛りの利用可能性. 三浦. 関心第96回大会.

The effects of decreasing the radius of curvature of convex external rear view mirrors upon drivers' judgements of vehicles approaching in the rearward visual field. Fisher, Galer. Ergo., 27(12), 1209-1224.

【1985】

What is the narrowing of visual field with the increase of speed? Miura. Proc. of the 10th Cong. of ATM, HF2, 1-4.

Effect of background luminance on target detection in a behavior-oriented field experiment. Miura. Percept., PA30.

行動的視覚: 検出・確認視野と注視移動様式. 三浦. 日心第49回大会.

The relationship between the extent of visual field and driving performance: A review. North. Ophthalmic & Physiological Optics, 5(2), 205-210.

【1986】

Coping with situational demands: A study of eye movements and peripheral vision performance. Miura, Gale, et al. (Eds.) VIV I, North Holland Press, 205-216.

高速走行における視野の問題: 眼球運動と周辺視検出パフォーマンスより. 三浦. 第21回交通科学協議会.

自由眼球運動下における周辺視検出パフォーマンス: 同時処理可能範囲と処理の深さ. 三浦. 日心第50回大会.

Drivers eye fixation and the optical locations for automobile brake lights. Sivak, Conn, Olson. J. of Safety Research,

17, 13-22.

Drivers' display, eye-movements and steering behaviour: The visual basis of car driving. Kramer & Neebawong. *Vision in Vehicles I*, North Holland Press, 185-194.

Saccadic eye-movements and work load of the car driver. Neebawong, Sopher & Kramer. *Vision in Vehicles I*, North Holland Press, 195-204.

【1987】

Behavior oriented vision: Functional field of view and processing resources. Miura in O'Regan & Revy-Schoen (Eds.).

Eye Movements: From Phys. to Cognition. North Holland Press, 563-572.

行動の場における視覚情報の情報獲得：処理の深さと探索準備性。三浦。日心第51回大会。

外界情報の獲得における眼球運動と有効視野の働き。三浦。昭和62年度電気・情報関連学会連合大会。

Nutzbarer Sehfeldumfang und seine Variation in Feldsituationen. Cohen. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 34(1), 17-37.

【1988】

処理資源の配分方法：行動場面において一有効視野における機制。三浦。日心第52回大会。

Differences in eye movements and mental workload between experienced and inexperienced motor-vehicle drivers.

Unema & Rotting. *Visual Search, Proc. of 1st ICVS*, 193-201.

Drivers don't search: they just notice. Cole & Hughes. *Visual Search, Proc. of 1st ICVS*, 407-417.

The effect of attentional demand on eye movement behaviour when driving. Hughes & Cole. *Vision in Vehicles II*, North Holland Press, 221-230.

Drivers' eye fixations and perceptions. Luoma. *Vision in Vehicles II*, North Holland Press, 231-237.

Visual perception at roundabouts: Multiple levels of the task's complexity. Laya. *Vision in Vehicles II*, North Holland Press, 239-247.

Performance-based measurements among elderly drivers and nondrivers. Retchin, Cox, Fox, et al. *J. of the American Geriatrics Soc.*, 36(9), 813-819.

【1989】

A study on required field of view for motorcycle rear-view mirrors. Motoki, Tsuisaka. *Pap. 12ICESV*.

A hypothesis evaluation model for human operators. Sworder, Haaland. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*, 19(5), 1091-1100.

【1990】

Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting. Miura. in Groner, et al. (Eds.) *From Eye to Mind: Inf. acquisition in Percept., Search, and Reading*. Elsevier Science Publishers B.V. 119-127.

Eye movement reflecting 'hasty' tendency in the speed anticipation reaction test. Sato, Maruyama. *Tohoku Psychologica Folia*, 49, 106-113.

A field evaluation of driver eye and head movement strategies toward environmental targets and distracters. Rahimi, Briggs & Thom. *Appl. Ergo.*, 21(4), 267-274.

The basic driver error: Late detection. Commission of the European Communities Workshop: Errors in the operation of transportation systems. Rumar. *Erg.*, 33(10-11), 1281-1290.

【1991】

Comparison of riding behavior between inexperienced riders and experienced riders. Katayama, Motoki. *Proc. IMC(1991)*

The dependency of drivers' viewing behaviour on speed and street environmental structure. Kayser & Hess. *Vision in*

Vehicles III, North Holland Press, 89-94.

The role of foveal vision in the process of information input. Cohen & Hirsig. Vision in Vehicles III, North Holland Press, 153-160.

Visual scanning pattern in curve negotiation. Jurgensohn, Neculau & Willumeit. Vision in Vehicles III, North Holland Press, 171-178.

Effects of window size and eccentricity upon eye fixation and reaction time in negotiation of curves. Osaka. Vision in Vehicles III, North Holland Press, 179-194.

Effects on driving performance of visual field effects: A driving simulator study. Lovsund, Hedin & Tornros. Accident Anal. & Prevent., 23(4), 331-342.

三神敏雄と暗所視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置  
各種条件下の視覚感度を測るための装置

参考文献

- 1) CIE Publication No.81 (1989)
- 2) 菅澤昌子ほか: 照学誌 67 (1983) 503
- 3) 菅澤昌子ほか: 照学誌 69 (1985) 274
- 4) Crawford B.H., et al.: Vision Res. 25 (1985) 863
- 5) Hough E.A., et al.: Vision Res. 9 (1969) 313
- 6) Howard C.M.: The SPIE Proceed. (1990) 1250
- 7) Ikeda M., et al.: J. Opt. Soc. Amer. 71 (1981) 280
- 8) Ikeda M., et al.: Color Research and Appl. 14 (1989) 198
- 9) Ikeda M., et al.: Color Research and Appl. 16 (1991) 72
- 10) Kinney J.A.S.: J. Opt. Soc. Amer. 45 (1955) 507
- 11) Kinney J.A.S.: J. Opt. Soc. Amer. 48 (1958) 185
- 12) Kokoschka S.: Die Farbe 21 (1972) 39
- 13) Kokoschka S., et al.: Proceedings of the CIE 18th Session (1975) 217
- 14) Kokoschka S., et al.: Amer. J. Optometry & Physiol. Optics 62(1985) 119
- 15) 中野謙次ほか: 光学 15 (1986) 295
- 16) 大崎吉晴ほか: 照学全国大会講演論文集(昭63) 99
- 17) Palmer D.A.: Nature 209 (1966) 276
- 18) Palmer D.A.: Vision Res. 7 (1967) 619
- 19) Palmer D.A.: J. Opt. Soc. Amer. 58 (1968) 1296
- 20) Palmer D.A.: J. Opt. Soc. Amer. 64 (1974) 1386
- 21) Piao D., et al.: ACTA METROLOGICA SINICA 9 (1988) 81
- 22) Sogawa K., et al.: J. Light Vis. & Env. 7 (1983) 37
- 23) Sogawa K., et al.: J. Opt. Soc. Amer. A3 (1986) 71

### 3.2 薄明視の視覚特性

[武内徹二]

薄明視では錐体だけでなく、桿体の働きによって知覚する。現在の測光単位に用いられる比視感度関数は、錐体の分光感度を代表するものであり、このため、薄明視での視覚の分光感度とは異なる。また、薄明視での錐体と桿体のそれぞれの寄与の割合は、その明るさのレベルによって変化する。このため、種々の明るさのレベルに対して、薄明視での比視感度関数が明らかにされた。

また、これらの研究結果をもとに、薄明視での、および明所視から暗所視までの全領域に対して明るさに対応する等価輝度を求める測光モデルが研究されている。このモデルとしては、例えば、

- ・標準比視感度と暗所視比視感度を用いるモデル
- ・各錐体および桿体の分光感度を用いるモデル
- ・三刺激値と暗所視比視感度を用いるモデル

などが報告されている。さらにいくつかのモデルについては、そのモデルの理論に基づいた計測装置が開発されている。それらのモデルについては、現在、CIEのTC1-21の技術委員会において、各種モデルの実用性が実験検討され、それぞれのモデルの特徴が比較検討されている。また、CIEでは、どのようなモデルに基づいた測光システムをCIEとして推奨すべきかを検討するため、TC1-37の技術委員会を設立している。

#### 参考文献

- 1) CIE Publication No.81 (1989)
- 2) 芦澤昌子ほか: 照学誌 67 (1983) 503
- 3) 芦澤昌子ほか: 照学誌 69 (1985) 274
- 4) Crawford B.H., et al.: Vision Res. 25 (1985) 863
- 5) Hough E.A., et al.: Vision Res. 9 (1969) 313
- 6) Howard C.M.: The SPIE Proceed. (1990) 1250
- 7) Ikeda M., et al.: J. Opt. Soc. Amer. 71 (1981) 280
- 8) Ikeda M., et al.: Color Research and Appl. 14 (1989) 198
- 9) Ikeda M., et al.: Color Research and Appl. 16 (1991) 72
- 10) Kinney J.A.S.: J. Opt. Soc. Amer. 45 (1955) 507
- 11) Kinney J.A.S.: J. Opt. Soc. Amer. 48 (1958) 185
- 12) Kokoschka S.: Die Farbe 21 (1972b) 39
- 13) Kokoschka S., et al.: Proceedings of the CIE 18th Session (1975) 217
- 14) Kokoschka S., et al.: Amer. J. Optometry & Physiol. Optics 62(1985) 119
- 15) 中野靖久ほか: 光学 15 (1986) 295
- 16) 大崎吉晴ほか: 照学全国大会講演論文集(昭63) 99
- 17) Palmer D.A.: Nature 209 (1966) 276
- 18) Palmer D.A.: Vision Res. 7 (1967) 619
- 19) Palmer D.A.: J. Opt. Soc. Amer. 58 (1968) 1296
- 20) Palmer D.A.: J. Opt. Soc. Amer. 64 (1974) 1386
- 21) Piao D. et al: ACTA METROGICA SINICA 9 (1988) 81
- 22) Sagawa K., et al: J. Light Vis. & Env. 7 (1983) 37
- 23) Sagawa K., et al.: J. Opt. Soc. Amer. A3 (1986) 71



### 3.3 コントラスト感度特性に関する文献 [鵜飼一彦]

コントラスト感度に関する英文文献 基礎・一般研究 約40件

まったく網羅されていない。手元にあったもののみ。あたらしいものはそっくり抜けている。最近では Spatial Vision という専門の雑誌も出版されているし、Vision Research でも活発に研究発表がなされている。

最近では単純な測定のための研究はない。

コントラスト感度に関する英文文献 方法論・装置 約25件

網羅されていない。臨床用の簡易測定法が多い。

コントラスト感度に関する英文文献 加齢関係 約40件

かなり網羅されている。

コントラスト感度に関する英文文献 臨床 約40件

網羅されていない。手元にあるものだけ。

コントラスト感度に関する英文文献 視覚応用 約40件

視力低下者のみえを、空間周波数解析を応用した画像処理により改善させよう、あるいは視覚認識における空間周波数特性の役割。網羅されていない。

以上、分類はかなり便宜的。例えば、age-related maculopathy, cataract は 3, 4 いずれにも入りうる。対象が幼児の場合は装置の工夫も必要 (2 or 3)。これに弱視が加われば 1 から 4 どこにいれてもよい。装置の中には臨床用のものも多数ある (2 or 4)。

この他、国内の文献に関しては以下を参照していただきたい。

1. 山出新一: コントラスト感度の臨床. VISION, 3, 23-33, 1991.
2. 山出新一: コントラスト感度臨床応用の国内文献105編. VISION, 3, 34-39, 1991.
3. 鵜飼一彦・波呂栄子: バンガーターフィルターによるコントラスト感度の低下. VISION, 4, 71-72, 1992.

#### General

- F. W. Campbell and D. G. Green: Optical and retinal factors affecting visual resolution. Journal of Physiology, 181, 576-593, 1965.
- C. Enroth-Cugell and J. G. Robson: The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. Journal of Physiology, 187, 517-552, 1966.
- F. W. Campbell, J. J. Kulikowski and J. Z. Levinson: The effect of orientation on the visual resolution of gratings. Journal of Physiology, 187, 427-436, 1966.
- F. W. Campbell and J. G. Robson: Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. Journal of Physiology, 197, 551-566, 1968.
- C. Blakemore and F. W. Campbell: On the existence of neurons in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of retinal images. Journal of Physiology, 203, 237-260, 1969.
- F. W. Campbell, R. H. S. Carpenter and J. Z. Levinson: Visibility of aperiodic patterns compared with that of sinusoidal gratings. Journal of Physiology, 204, 283-298, 1969.
- F. W. Campbell, G. F. Cooper and C. Enroth-Cugell: The spatial selectivity of the visual cells of the cat. Journal of Physiology, 203, 223-235, 1969.

- D. H. Hubel and T. N. Wiesel: The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *Journal of Physiology*, 206, 419-436, 1970.
- A. P. Ginsburg: Psychological correlates of a model of the human visual system. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 71-C-AES, 283-290, 1971.
- B. E. Carter and G. B. Henning: The detection of gratings in narrow-band visual noise. *Journal of Physiology*, 219, 355-365, 1971.
- M. Sachs, J. Nachmias and J. G. Robson: Spatial frequency channels in human vision. *Journal of the Optical Society of America*, 61, 1176-1186, 1971.
- F. W. Campbell, E. R. Howell and J. G. Robson: The appearance of gratings with and without the fundamental Fourier component. *Journal of Physiology*, 217, 17-18, 1971.
- C. F. Stromeyer and B. Julesz: Spatial-frequency masking in vision: critical bands and spread of masking. *Journal of the Optical Society of America*, 62, 1221-1232, 1972.
- D. H. Kelly: Adaptation effects on spatio-temporal sine-wave thresholds. *Vision Research*, 12, 89-101, 1972.
- A. Meeteren and J. J. Vos: Resolution and contrast sensitivity at low luminances. *Vision Research*, 12, 825-833, 1972.
- D. H. Kelly: Adaptation effects on spatiotemporal sine wave thresholds. *Vision Research*, 12, 89-101, 1972.
- H. B. Barlow, R. Narashimhan and A. Rosenfeld: Visual pattern analysis in machines and animals. *Science*, 177, 567-575, 1972.
- A. P. Ginsburg: Pattern recognition techniques suggested from psychological correlates of a model of the human visual system. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 73-CH0735-1, 309-316, 1973.
- D. J. Tolhurst: Separate channels for the analysis of the shape and the movement of a moving visual stimulus. *Journal of Physiology*, 231, 385-402, 1973.
- L. Maffei and A. Fiorentini: The visual cortex as a spatial frequency analyser. *Vision Research*, 13, 1255-1267, 1973.
- R. V. Lange, C. Sigel and S. Stecher: Adapted and unadapted spatial frequency channels in human vision. *Vision Research*, 13, 2139-2145, 1973.
- D. E. Mitchell, R. D. Freeman, M. Millodot and G. Haegerstrom: Meridional amblyopia: evidence for modification of the human visual system by early visual experience. *Vision Research*, 13, 535-558, 1973.
- G. K. von Noorden: Histological studies of the visual system in monkeys with experimental amblyopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 12, 727-738, 1973.
- R. L. DeValois, H. Morgan and D. M. Snodderly: Psychophysical studies of monkey vision III. Spatial luminance contrast sensitivity tests of macaque and human observers. *Vision Research*, 14, 75-81, 1974.
- R. F. Quick and T. Reichert: Spatial frequency selectivity in contrast detection. *Vision Research*, 15, 637-643, 1975.
- M. A. Georgffon and G. O. Sullivan: Contrast constancy: Deblurring in human vision by spatial frequency channels. *Journal of Physiology*, 252, 627-656, 1975.
- A. P. Ginsburg: Is the illusory triangle physical or imaginary? *Nature*, 257, 219-220, 1975.

- G. B. Henning, B. G. Hertz and D. E. Broadbent: Some experiments bearing on the hypothesis that the visual system analyzes spatial patterns in independent bands of spatial frequency. *Vision Research*, 15, 887-897, 1975.
- C. F. Stromeyer and S. Klein: Evidence against narrow-band spatial frequency channels in vision: The detectability of frequency modulated gratings. *Vision Research*, 15, 899-910, 1975.
- A. P. Ginsburg: Are negligible illusions under appropriate scaling surprising? *Perception*, 5, 119, 1976.
- R. Blake and D. N. Antoinetti: Abnormal visual resolution in the siamese cat. *Science*, 194, 109-110, 1976.
- N. Graham: Visual detection of a periodic spatial stimuli by probability summation among narrow band channels. *Vision Research*, 17, 637-652, 1977.
- G. Legge: Space domain properties of a spatial frequency channel in human vision. *Vision Research*, 18, 959-969, 1978.
- A. P. Ginsburg: Specifying relevant spatial information for image evaluation and display design: an explanation of how we see certain objects. *Proceeding of the Society of Information Display*, 21, 219-227, 1980.
- A. P. Ginsburg, M.W. Cannon Jr. and M. Nelson: Suprathreshold processing of complex visual stimuli: Evidence for linearity in contrast perception. *Science*, 208, 619-621, 1980.
- A. P. Ginsburg, D. W. Evans, R. Sekular and S. A. Harp: Contrast sensitivity predicts pilots' performance in aircraft simulators. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 59, 105-109, 1982.
- M. W. Cannon Jr: Perceived contrast in the fovea and periphery. *Journal of the Optical Society of America A*, 2, 1760-1768, 1985.
- M. G. Block and W. M. Rosenblum: MTF measurements on the human crystalline lens. *Journal of the Optical Society of America A*, 4, P7, 1987.
- C. Owsley and M. E. Sloane: Contrast sensitivity, acuity, and the perception of 'real-world' targets. *British Journal of Ophthalmology*, 71, 791-796, 1987.
- C. D. Kay and J. D. Morrison: A quantitative investigation into the effects of pupil diameter and defocus on contrast sensitivity for an extended range of spatial frequencies in natural and homotropinized eyes. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 7, 21-30, 1987.
- M. Funakawa: Relation of spatial and temporal frequencies to vernier acuity. *Spatial Vision*, 4, 267-274, 1989.

#### Instrumentation and Methodology

- D. H. Kelly and R. E. Savoie: A study of sine-wave contrast sensitivity by two psychological methods. *Perception and Psychophysics*, 14, 466-481, 1973.
- [J. C. Brant and M. Nowotny: Testing of visual acuity in young children: an evaluation of some commonly used methods. *Dev Med Child Neurol*, 18, 568-576, 1976.]
- R. J. Gestalder and D. G. Green: Laser interferometric acuity in amblyopia. *Journal of Pediatric Ophthalmology*, 8, 251-256, 1977.
- G. B. Arden and J. J. Jacobson: A simple grating test for contrast sensitivity: Preliminary results indicate value for screening in glaucoma. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 17, 23-32, 1978.
- B. Howland, A. Ginsburg and R. Campbell: High-pass spatial frequency letters as clinical optotypes. *Vision Research*, 18, 1063, 1978.

- G. B. Arden: The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *British Journal of Ophthalmology*, 62, 198-209, 1978.
- G. B. Arden: Measuring contrast sensitivity with gratings: a new simple technique for early diagnosis of retinal and neurological disease. *Journal of American Optometrist Association*, 50, 35-39, 1979.
- M. Dressler and B. Rassow: Neural contrast sensitivity measurements with a laser interference system for clinical screening and application. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 21, 737-744, 1981.
- G. Kayazawa, T. Yamamoto and M. Itoi: Clinical measurement of contrast sensitivity function using laser generated sinusoidal grating. *Japanese Journal of Ophthalmology*, 25, 229-236, 1981.
- F. L. Ferris, A. Kassoff, G. H. Bresnick and I. Bailey: New visual acuity charts for clinical research. *American Journal of Ophthalmology*, 94, 91-96, 1982.
- A. P. Ginsburg and M. W. Cannon: Comparison of three methods for rapid determination of threshold contrast sensitivity. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 24, 798-802, 1983.
- D. Regan and D. Neima: Low-contrast letter charts as a test of visual function. *Ophthalmology*, 90, 1192-1200, 1983.
- A. P. Ginsburg: A new contrast sensitivity vision test chart. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 61, 403-407, 1984.
- S. J. Harris, R. M. Hansen and A. B. Fulton: Assessment of acuity in human infants using face and grating stimuli. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 25, , 1984.
- A. P. Ginsburg: A new contrast sensitivity vision test chart. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 61, 403-407, 1984.
- I. Abramov, L. Hainline, J. Turkel, E. Lemerise, H. Smith, J. Gordon and S. Petry: Rocket-Ship psychophysics: Assessing visual function in young children. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 25, 1307-1315, 1984.
- A. P. Ginsburg, M. W. Cannon, D. W. Evans, C. Owsley and P. Mulvaney: Large sample norms for contrast sensitivity. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 61, 80-84, 1984.
- G. M. Long and D. L. Penn: Normative contrast sensitivity functions: the problem of comparison. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 64, 131-135, 1987.
- S. A. Kelly and A. Tomlinson: Effect of repeated testing on contrast sensitivity. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 64, 241-245, 1987.
- L. Hainline, J. de Bie, I. Abramov and C. Camenzuli: Eye movement voting: a new technique for deriving spatial contrast sensitivity. *Clinical Vision Science*, 2, 33-34, 1987.
- S. L. Sebris, V. Dobson, M. A. McDonald and D. Y. Teller: Acuity cards for visual acuity assessment of infants and children in clinical settings. *Clinical Vision Science*, 2, 45-58, 1987.
- D. Kersten, R. F. Hess and G. T. Plant: Assessing contrast sensitivity behind cloudy media. *Clinical Vision Science*, 2, 143-158, 1987.
- G. S. Rubin: Reliability and sensitivity of clinical contrast sensitivity tests. *Clinical Vision Science*, 2, 169-177, 1987.
- D. G. Pelli, J. G. Robson and A. J. Wilkins: The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clinical Vision Science*, 2, 187-199, 1987.
- A. J. Wilkins, S. Della Sala, L. Somazzi and I. Nimmno-Smith: Age-related norms for the Cambridge Low Contrast Gratings, including details concerning their design and use. *Clinical Vision Science*, 2, 201-

212, 1987.

A. Medina and B. Howland: A novel high-frequency visual acuity chart. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8, 14-18, 1988.

B. C. Reeves, A. R. Hill and J. E. Ross: Test-retest reliability of the Arden Grating Test: inter-tester reliability. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8, 128-138, 1988.

#### Contrast Sensitivity and Aging

F. J. Slataper: Age norms of refraction and vision. *Archives of Ophthalmology*, 43, 466-481, 1973.

R. A. Weale: Senile changes in visual acuity. *Transactions on Ophthalmological Society of U. K.*, 95, 36-38, 1975.

M. S. Banks and P. Salapatek: Contrast sensitivity function of the infant visual system. *Vision Research*, 16, 867-869, 1976.

J. Atkinson, O. Braddick and K. Moar: Development of contrast sensitivity over the first 3 months of life in the human infant. *Vision Research*, 17, 1037-1044, 1977.

K. Arundale: An investigation into the variation of human contrast sensitivity with age and ocular pathology. *British Journal of Ophthalmology*, 62, 213-215, 1978.

M. S. Banks and P. Salapatek: Acuity and contrast sensitivity in 1-, 2-, and 3-month-old human infants. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 17, 361-365, 1978.

M. Pirchio, D. Spinelli, A. Fiorentini and L. Maffei: Infant contrast sensitivity evaluated by evoked potentials. *Brain Research*, 141, 179-184, 1978.

R. Hess and G. Woo: Vision through cataracts. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 17, 428-436, 1978.

G. Derefeldt, G. Lennerstrand and B. Lundh: Age variations in normal human contrast sensitivity. *Acta Ophthalmologica*, 57, 679-690, 1979.

R. Sekular, L. P. Hutman and C. J. Osely: Human aging and spatial vision. *Science*, 209, 1255-1256, 1980.

H. W. Skalka: Effect of age on Arden grating acuity. *British Journal of Ophthalmology*, 64, 21-23, 1980.

L. D. Beazley, D. J. Illingworth, A. Jahn and D. V. Greer: Contrast sensitivity in children and adults. *British Journal of Ophthalmology*, 64, 863-866, 1980.

C. Owsley, R. Sekuler and C. Boldt: Aging and low-contrast vision: face perception. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 21, 362-364, 1981.

M. S. Banks and P. Salapatek: Infant pattern vision: a new approach based on the contrast sensitivity function. *Journal of Experimental Child Psychology*, 31, 1-454, 1981.

C. McGrath and J. D. Morrison: The effects of age on spatial frequency perception in human subjects. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 66, 253-261, 1981.

D. W. Evans and A. P. Ginsburg: Predicting age-related differences in discriminating road signs using contrast sensitivity. *Journal of the Optical Society of America*, 72, 1785-1786, 1982.

D. G. Pitts: The effects of aging on selected visual functions: dark adaptation, visual acuity, stereopsis and brightness contrast. R. Sekuler, D. W. Kline and K. Dismukes (eds): *Aging and Human Visual Function*. Alan R. Liss, New York, 1982.

R. Sekular, C. Owsley and L. Hutman: Assessing spatial vision of older people. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 59, 961-969, 1982

- C. Owsley, R. Sekuler, D. Siemsen: Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, 23, 689-699, 1983.
- R. P. Hemenger: Intraocular light scatter in normal vision loss with age. *Applied Optics*, 23, 1972-1974, 1984.
- S. J. Harris, R. M. Hansen and A. B. Fulton: Assessment of acuity in human infants using face and grating stimuli. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 25, 782-786, 1984.
- R. A. Weale: Age and human contrast sensitivity. *Journal of Physiology*, 360, 25P, 1985.
- J. D. Morrison and C. McGrath: Assessment of the optical contributions to the age-related deterioration in vision. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 70, 249-269, 1985.
- U. Tulunay-Keesey, J. N. Ver Hoeve and C. Terkla-McGrane: Threshold and suprathreshold spatiotemporal response throughout adulthood. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2191-2200, 1985.
- C. Owsley, T. Gardner, R. Sekuler and H. Lieberman: Role of the crystalline lens in the spatial vision loss of the elderly. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 26, 1165-1170, 1985.
- C. E. Wright and N. Drasdo: The influence of age on the spatial and temporal contrast sensitivity function. *Documenta Ophthalmologica*, 59, 385-395, 1985.
- J. E. Ross, D. D. Clarke and A. J. Bron: Effect of age on contrast sensitivity function: unocular and binocular findings. *British Journal of Ophthalmology*, 69, 51-56, 1985.
- N. S. Gittings and J. L. Fozard: Age related changes in visual acuity. *Experimental Gerontology*, 21, 423-433, 1986.
- J. L. Jay, R. B. Mammo and D. Allan: Effect of age on visual acuity after cataract extraction. *British Journal of Ophthalmology*, 71, 112-115, 1987.
- D. B. Elliott: Contrast sensitivity decline with ageing: A neural or optical phenomenon? *Ophthalmic and Physiological Optics*, 7, 415-419, 1987.
- M. E. Sloane, C. Owsley, and S. L. Alvarez: Aging, senile miosis and spatial contrast sensitivity at low luminance. *Vision Research*, 28, 1235-1246, 1988.
- H. R. Wilson: Development of spatiotemporal mechanisms in infant vision. *Vision Research*, 28, 611-628, 1988.
- M. E. Sloane, C. Owsley and C. A. Jackson: Aging and luminance adaptation effects on spatial contrast sensitivity. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2181-2190, 1988.
- R. C. Kleiner, C. Enger, M. F. Alexander and S. L. Fine: Contrast sensitivity in age-related macular degeneration. *Archives of Ophthalmology*, 106, 55-57, 1988.
- B. Crassini, B. Brown and K. Bowman: Age-related changes in contrast sensitivity in central and peripheral retina. *Perception*, 17, 315-332, 1988.
- K. E. Higgins, M. J. Jaffe, R. C. Canuso and F. M. deMonasteno: Spatial contrast sensitivity: effects of age, test-retest, and psychophysical method. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2173-2180, 1988.
- T. B. Lawton: Improved word recognition for observers with age-related maculopathies using compensation filters. *Clinical Vision Science*, 3, 125-135, 1988.
- C. Thompson and N. Drasdo: Clinical experience with preferential looking acuity tests in infants and young children. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8, 309-322, 1988.
- J. R. Lavery, J. M. Gibson and A. R. Rosenthal: Vision and visual acuity in an elderly population. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8, 390-393, 1988.

- V. Tulnary-Keesey, J. N. ver Hoeve and C. Terkla-Mcgrane: Threshold and suprathreshold spatiotemporal response throughout adulthood. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2191-2200, 1988.
- M. S. Banks and P. J. Bennett: Optical and photoreceptor immaturities limit the spatial and chromatic vision of human neonates. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2059-2079, 1988.
- N. Nameda, T. Kawara and H. Ohzu: Human visual spatio-temporal frequency performance as a function of age. *Optometry and Vision Science*, 66, 760-765, 1989.
- D. Elliott, D. Whitaker and D. MacVeigh: Neural contribution to spatiotemporal contrast sensitivity decline in healthy aging eyes. *Vision Research*, 30, 541-547, 1990.
- J. S. Werner, D. H. Peterzell and A. J. Scheetz: Light, vision, and aging. *Optometry and Vision Science*, 67, 214-229, 1990.
- A. M. Norcia, C. W. Tyler and R. D. Hamer: Development of contrast sensitivity in the human infant. *Vision Research*, 30, 1475-1486, 1990.
- D. W. Kline: Light, aging and visual performance. J. R. Cronly-Dillon (general ed): *Vision and Visual Dysfunction*. J. Marshall (ed): Volume 16. *The Susceptible Visual Apparatus*. Macmillan Press, 1991, pp. 150-161.
- G. Mohn and J. v. H.-v. Durin: Development of spatial vision. J. R. Cronly-Dillon (general ed): *Vision and Visual Dysfunction*. D. Regan (ed): Volume 10. *Spatial vision*. Macmillan Press, 1991, pp. 179-211.
- R. J. Adams, M. E. Mercer, M. L. Courage and J. v. H.-v. Durin: A new technique to measure contrast sensitivity in human infants. *Optometry and Vision Science*, 69, 440-446, 1992.
- R. J. Adams and M. L. Courage: Contrast sensitivity in 24- and 36-month-olds as assessed with the contrast sensitivity card procedure. *Optometry and Vision Science*, 70, 97-101, 1993.

#### Glare

- E. Wolf and J. S. Gardner: Studies on the scatter of light in the dioptric media of the eye as a basis of visual glare. *Archives of Ophthalmology*, 74, 338-345, 1965.
- L.-E. Paulsson and J. Sjostrand: Contrast sensitivity in the presence of a glare light. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 19, 401-406, 1980.
- M. Abrahamsson and J. Sjostrand: Impairment of contrast sensitivity function (CSF) as a measure of disability glare. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 27, 1131-1136, 1986.
- R. P. Hemenger: Light scatter in cataractous lenses. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 10, 394-396, 1990.

#### Blur and Haze Filter

- M. F. Marmor and A. Gawande: Effect of visual blur on contrast sensitivity. *Ophthalmology*, 95, 139-143, 1988.
- D. H. Heuer, D. R. Anderson and R. W. Knighton: The influence of simulated light scattering on automated perimetric threshold measurements. *Archives of Ophthalmology*, 106, 1247-1251, 1988.
- P. R. Herse: Physical and psychophysical properties of a liquid crystal diffuser. *Optometry and Vision Science*, 67, 558-561, 1990.

## Clinical Application

- I. Bodis-Wollner and S. P. Diamond: The measurement of spatial contrast sensitivity in cases of blurred vision associated with cerebral lesions. *Brain*, 99, 695-710, 1976.
- I. Bodis-Wollner: Vulnerability of spatial frequency channels in cerebral lesions. *Nature*, 261, 309-311, 1976.
- R. J. Gestalder and D. G. Green: Laser interferometric acuity in amblyopia. *Journal of Pediatric Ophthalmology*, 8, 251-256, 1977.
- R. F. Hess and R. E. Howell: The threshold contrast sensitivity function in strabismic amblyopia: Evidence for a two-type classification. *Vision Research*, 17, 1049-1056, 1977.
- D. Regan, R. Silver and T. J. Murray: Visual acuity and contrast sensitivity in multiple sclerosis - Hidden visual loss. An auxiliary diagnostic test. *Brain*, 100, 563-579, 1977.
- D. M. Levi and R. S. Harwerth: Spatio-temporal interactions in anisometropic and strabismic amblyopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 18, 714-725, 1977.
- M. Wolkstein, A. Atkin and I. Bodis-Wollner: Grating acuity in two sisters with tapetoretinal degeneration. *Documenta Ophthalmologica*, 12, 45-50, 1977.
- L. Sjostrand and L. Frisen: Contrast sensitivity in macular disease: a preliminary report. *Acta Ophthalmologica*, 55, 507-514, 1977.
- G. G. B. Arden: The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *British Journal of Ophthalmology*, 62, 198-209, 1978.
- R. G. B. Arden and J. J. Jacobsen: A simple grating test for contrast sensitivity: preliminary results indicate value for screening in glaucoma. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 17, 23-52, 1978.
- Hess and G. Woo: Vision through cataracts. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 17, 428-436, 1978.
- R. F. Hess: Contrast sensitivity assessment of functional amblyopia in humans. *Transactions of the Ophthalmological Society of the United Kingdom*, 99, 391-397, 1979.
- D. Regan, J. A. Whitelock, T. J. Murray and K. I. Beverley: Orientation-specific losses of contrast sensitivity in multiple sclerosis. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 19, 324-328, 1980.
- H. W. Skalka: Comparison of Snellen acuity, VER acuity and Arden grating scores in macular and optic nerve diseases. *British Journal of Ophthalmology*, 64, 24-29, 1980.
- M. Wolkstein, A. Atkin and I. Bodis-Wollner: Contrast sensitivity in retinal disease. *Ophthalmology*, 87, 1140-1149, 1980.
- A. P. Ginsburg: Spatial filtering and vision: Implications for normal and abnormal vision. J. Proenza, J. Enoch and A. Jampolski (eds): *Clinical applications of psychophysics*. Cambridge University Press, New York, 1981, pp. 70-106.
- M. J. Kupersmith, I. M. Siegel and R. E. Carr: Subtle disturbances of vision with compressive lesions of the anterior visual pathway measured by contrast sensitivity. *Ophthalmology*, 89, 68-72, 1982.
- L. Hyvarinen, P. Laurinen and J. Ravamo: Contrast sensitivity in evaluation of visual impairment due to macular degeneration and optic nerve lesions. *Acta Ophthalmologica*, 61, 161-170, 1983.
- M. J. Kupersmith, J. I. Nelson, W. H. Seiple, R. E. Carr and P. A. Weiss: The 20/20 eye in multiple sclerosis. *Neurology*, 33, 1015-1020, 1983.
- R. F. Hess and C. L. Baker Jr: Assessment of retinal function in severely amblyopic individuals. *Vision Research*, 24, 1367-1376, 1984.

- E. A. Sanders, A. C. Volkers, J. C. van der Poel and G. H. van Lith: Spatial contrast sensitivity function in optic neuritis. *Neuro-ophthalmology*, 4, 255-259, 1984.
- M. J. Mannis, K. Zadnik and C. A. Johnson: The effect of penetrating keratoplasty on contrast sensitivity in keratoconus. *Archives of Ophthalmology*, 102, 1513-1516, 1984.
- S. Medjbeur and U. Tulunay-Keesey: Spatiotemporal responses of the visual system in demyelinating diseases. *Brain*, 108, 123-138, 1985.
- M. F. Marmor: Contrast sensitivity vs visual acuity in retinal disease. *British Journal of Ophthalmology*, 70, 533-539, 1986.
- K. Zadnik, M. J. Mannis, C. A. Johnson and D. Rich: Rapid assessment in keratoconus. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 64, 693-697, 1987.
- P. Russel, R. Sekular and J. Fikre: A 'hidden' deficit in central vision in diabetic pan-retinal photocoagulation patients. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 7, 249-253, 1987.
- H. Wildberger, H. Hofmann and J. Siegfried: Fluctuations of visual evoked potential amplitudes and of contrast sensitivity in Uthoff's symptom. *Documenta Ophthalmologica*, 65, 357-365, 1987.
- S. Sokol, T. R. Hedges III and A. Moskowitz: Pattern VEPs and preferential looking acuity in infantile traumatic blindness. *Clinical Vision Science*, 2, 59-62, 1987.
- K. J. Ciuffreda and S. K. Fisher: Impairment of contrast discrimination in amblyopic eyes. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 7, 461-468, 1987.
- J. A. Fleishman, R. W. Beck, O. A. Linares and J. W. Klein: Deficits in visual function after resolution of optic neuritis. *Ophthalmology*, 94, 1029-1035, 1987.
- R. W. Lorange, D. Kaufman, S. H. Wray and C. Mao: Contrast visual testing in neurovisual diagnosis. *Neurology*, 37, 923-929, 1987.
- M. Abramsson, M. Fricen and J. Sjostrand: Statistical evaluation of contrast sensitivity function (CSF) in visual disorders: Can diagnostic indices of CSF and acuity data be clinically useful? *Clinical Vision Science*, 2, 159-167, 1987.
- M. E. Tytla and J. R. Buncic: Optic nerve compression impairs low spatial frequency vision in man. *Clinical Vision Science*, 2, 179-186, 1987.
- G. B. Arden: Testing contrast sensitivity in clinical practice. *Clinical Vision Science*, 2, 213-224, 1987.
- J. L. Barbur: Spatial frequency specific measurements and their use in clinical psychophysics. *Clinical Vision Science*, 2, 225-233, 1987.
- D. Regan: Low-contrast letter charts and sinewave grating tests in ophthalmological and neurological disorders. *Clinical Vision Science*, 2, 235-250, 1987.
- M. E. Tytla, D. Maurer, T. L. Lewis and H. P. Brent: Contrast sensitivity in children treated for congenital cataract. *Clinical Vision Science*, 2, 251-264, 1987.
- C. Bulens, I. D. Meeraldt and G. J. Van der Wildt: Effect of stimulus orientation on contrast sensitivity in Parkinson's disease. *Neurology*, 38, 76-81, 1988.
- R. Barbetto, H. E. Bedell and M. C. Flom: Does impaired contrast sensitivity explain the spatial uncertainty of amblyopes? *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 29, 323-326, 1988.
- N. Drasdo: Patterns and contrasts in ophthalmic investigation. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8, 3-11, 1988.
- A. L. Greeves, B. L. Cole and R. J. Jacobs: Assessment of contrast sensitivity of patients with macular disease using reduced contrast near visual acuity charts. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8, 371-

377, 1988.

F. E. Sucs and A. Uvijls: Contrast sensitivity in retinitis pigmentosa at different luminance level. *Clinical Vision Science*, 7, 147-151, 1992.

**Contrast sensitivity: Application in visual recognition and visual enhancement**

L. D. Harmon: The recognition of faces. *Scientific American*, 229, 71-, 1973.

B. Breitmeyer and B. Julesz: The role of on and off transients in determining the psychophysical spatial frequency response. *Vision Research*, 15, 411-, 1975.

B. L. Lundh, G. Derefeldt, S. Nyberg and G. Lenneitrand: Picture simulation of contrast sensitivity in organic and functional amblyopia. *Acta Ophthalmologica (Copenh)*, 59, 774-783, 1981.

E. Peli and T. Peli: Compensatory image enhancement for low-vision publication. *Optometry and Vision Science*, 59, 41P, 1982.

T. Peli and J. S. Lim: Adaptive filtering for image enhancement. *Optical Engineering*, 21, 108-112, 1982.

A. Fiorentini, L. Maffei, G. Sandini: The role of high spatial frequencies in face perception. *Perception*, 12, 195-201, 1983.

A. B. Watson, H. B. Barlow and J. G. Robson: What does the eye see best? *Nature*, 302, 419-, 1983.

E. Peli and T. Peli: Image enhancement for the visually impaired. *Optical Engineering*, 23, 47-51, 1984.

G. S. Rubin and K. Seigel: Recognition of low-pass filtered faces and letters. *ARVO Abstract. Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 25 (Suppl), 71, 1984.

M. W. Cannon Jr.: Perceived contrast in the fovea and periphery. *Journal of the Optical Society of America A*, 2, 1760-1768, 1985.

E. Peli, L. E. Arend Jr and G. T. Timberlake: Computerized image enhancement for visually impaired persons: new technology, new possibilities. *Journal of Visually Impairment and Blind*, 80, 849-854, 1986.

V. Bruce: Recognizing familiar faces. H. D. Ellis, M. A. Jeeves, F. Newcombe and A. Young (eds): *Aspects of Face Processing*. Martinus Nijhoff, Boston, pp. 107-117, 1986.

D. C. Hay, A. W. Young and A. W. Ellis: What happens when a face rings a bell? The automatic processing of famous faces. H. D. Ellis, M. A. Jeeves, F. Newcombe and A. Young (eds): *Aspects of Face Processing*. Martinus Nijhoff, Boston, pp. 136-144, 1986.

H. D. Ellis: Introduction to aspects of face processing: ten questions in need of answers. H. D. Ellis, M. A. Jeeves, F. Newcombe and A. Young (eds): *Aspects of Face Processing*. Martinus Nijhoff, Boston, pp. 3-16, 1986.

A. P. Witkin: Scale space filtering. A. P. Pentland (ed): *From Pixels to Predicates: Recent Advances in Computational and Robotic Vision*. Ablex Publishing, Norwood (NJ), pp. 5-19, 1986.

T. Hayes, M. C. Morrone and D. C. Burr: Recognition of positive and negative bandpass filtered images. *Perception*, 15, 595-602, 1986.

M. S. Banks, W. S. Geisler and P. J. Bennett: The physical limits of grating visibility. *Vision Research*, 27, 1915-1924, 1987.

J. Norman and S. Ehrlich: Spatial frequency filtering and target identification. *Vision Research*, 27, 87-96, 1987.

D. J. Field: Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells. *Journal of the Optical Society of America A*, 4, 2379-, 1987.

- E. Peli: Contrast in complex images. *Journal of the Optical Society of America A*, 7, 2030-, 1988.
- T. B. Lawton: Improved word recognition for observers with age-related maculopathies using compensation filters. *Clinical Vision Science*, 3, 125-135, 1988.
- A. J. O'Toole, R. B. Millward and J. A. Anderson: A physical system approach to recognition memory for spatially transformed faces. *Neural Networks*, 1, 179-, 1988.
- M. W. Cannon Jr and S. C. Fullenkamp: Perceived contrast and stimulus size: experiment and simulation. *Vision Research*, 28, 695-709, 1988.
- E. Switkes, A. Bradley and K. K. DeValois: Contrast dependence and mechanisms of masking interactions among chromatic and luminance gratings. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 1149-1162, 1988.
- L. Isenberg, A. Luebker and G. E. Legge: Image enhancement for normal and low vision. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 30 (Suppl), 396, 1989.
- R. A. Schuchard and G. S. Rubin: Face identification of bandpass filtered faces by low vision observers. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 30 (Suppl), 396, 1989.
- T. B. Lawton: Improved reading performance using individualized compensation filters for observers with losses in central vision. *Ophthalmology*, 96, 115-126, 1989.
- H.-J. Fleck: Measurement and modeling of peripheral detection and discrimination thresholds. *Biological Cybernetics*, 61, 437-, 1989.
- E. Peli: New perspectives on image enhancement for the visually impaired. D. P. Casasent (ed): *Intelligent Robots and Computer Vision IX: Neural, Biological, and 3-D Methods*. Proceedings of SPIE, 1382, pp. 49-59, 1990;.
- E. Peli: Contrast in complex images. *Journal of the Optical Society of America A*, 7, 2032-2040, 1990.
- G. S. Rubin and R. A. Schuchard: Does contrast sensitivity predict face recognition performance in low-vision observers? *Technical Digest of the Topical Meeting on Noninvasive Assessment of the Visual System*. 3, Optical Society of America, Washington DC, pp. 130-133, 1990.
- E. Peli: Visual issues in the use of a head mounted monocular display. *Optical Engineering*, 29, 883-892, 1990.
- M. Gur and V. Akri: Human contrast sensitivity is enhanced by color. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 31 (Suppl), 264, 1990.
- G. E. Legge, D. H. Parish, A. Luebker and L. H. Wurm: Psychophysics of reading XI: comparing color contrast and luminance contrast. *Journal of the Optical Society of America A*, 7, 2002-2010, 1990.
- W. S. Geisler: Ideal observer analysis of visual performance. *Proceedings of the Applied Spatial Vision Models for Target Detection and Recognition*. San Antonio (TX), Ammstrong Laboratory Advisory Group Conference, US Air Force, 1991.
- E. Peli, R. B. Goldstein, G. M. Young, C. L. Trempe and S. M. Buzney: Image enhancement for the visually impaired: simulations and experimental results. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 32, 2337-2350, 1991.
- E. Peli, J. Yang, R. Goldstein and A. Reeves: The effect of luminance on superthreshold contrast matching. *Journal of the Optical Society of America A*, 8, 1352-1391, 1991.
- E. Peli: Limitations of image enhancement for the visually impaired. *Optometry and Vision Science*, 69, 15-24, 1992.

## 4. 交通環境

### 4.1 道路交通

[成定康平、武内徹二、坂本正悦]

本節では、まず、本委員会の目的である道路交通における視覚情報に関する研究とその照明への展開の一例として、道路照明について、その基礎となる視認性に関する研究から照明設計に関する研究・技術まで、一連の研究とのそれらの技術への展開の概要をまとめて示す。次に、道路交通に関する研究の文献とその概要をまとめて示す。

#### 4.1-1 道路照明の設計条件と視認

[成定康平]

##### (1) 複雑な視野での視認についての実験

自動車の運転者の視野は、複雑で不均一なものである。成定らは、一連の実験研究を行い、中心窩順応輝度と輝度差弁別閾との関係および等価光幕輝度と輝度差弁別閾との関係から、複雑で不均一な視野に対する輝度差弁別閾を求める方法を明らかにした<sup>1) 2)</sup>。吉村らは同様な実験で、背景輝度は、視野に重畳された同じ輝度値の等価光幕輝度と同じ影響を輝度差弁別閾に与えることを明らかにした<sup>3)</sup>。

##### (2) 実験結果の応用

この結果から明らかになったのは、路面を背景とする限界対象物の視認性に対しては、背景の路面自身も、その周辺の路面も、照明器具の発光部分も、道路周辺の建造物やその照明も、対向車の前照灯も、視野内の輝度はすべて等価光幕輝度<sup>4) 5)</sup>として集合され視認に(悪い)影響を与えることである<sup>6) 7)</sup>。

この意味で、例えば、道路の周辺を明るくすることによって道路照明器具の不快グレアが軽減されたとしても、照明器具や明るい道路の周辺によって生ずる等価光幕輝度による視機能低下グレアが視認性を低下させるのである(道路照明の場合、輝度を高くするほど視認が容易になるのは、路面輝度のように対象物と比例的に輝度が増減するものだけである)。

##### (3) 照明設計と視認性

複雑な視野に対して対象物が視認できるかどうかは、その対象物と直接背景との輝度差が、前述のような実験の結果から得られる、観測者(運転者)の輝度差弁別閾より大きいかどうかで決まる<sup>6)</sup>。

この場合、対象物の輝度を背景の路面のそれより高くしても低くしても所要の輝度差があればこれを視認することができるが、道路照明の場合は、照明器具からの光が路面に垂直に近い方向から照射されるうえ路面上の落下物の大部分の反射率が20%以下であるので、路面の方が高い輝度になり易い。したがって鉛直面照度が低いほど視認性が改善される。以下、この意味で、道路照明の設計と鉛直面照度との関係を検討する。

##### (3-1) 取付間隔と取付高さの比と視認性

照明器具の取付高さ(H)と、道路の長さに沿った取付間隔(S)との比を、取付間隔・高さ比(S/H)と云う。現在の基準では、この比を3~3.5に設計することが規定されている(8)。

与えられた照明器具の取付高さ、道路の幅員に対して、平均路面輝度を一定にするためには、照明器具毎に取り付けるランプの全光束を取付間隔に比例して増加させなければならない。

ランプの全光束(=取付間隔)が増加すると路面上の鉛直面照度の分布も路面輝度も均一性が

低下し、その最大値もこれに比例して増加する。

したがって平均路面輝度は同じでも取付間隔・高さ比 ( $S/H$ ) の小さい道路照明ほど最大の鉛直面照度が低くなり輝度分布が一様に近くなる<sup>9)</sup> ので対象物の視認性は改善される。言い換えれば、取付間隔・高さ比 ( $S/H$ ) の小さい道路照明では、平均路面輝度を低くしても比較的高い視認性を維持できるようになる。

取付間隔・高さ比が小さくなると、照明技区のグレア制限も容易になり、照明器具による等価光幕輝度が減少するからこの面でも視認性が改善される。この意味では取付間隔・高さ比 ( $S/H$ ) が1前後のカテナリー照明は優れている。

### (3-2) 照明器具の取付高さと視認性

同様な条件で、取付間隔が一定の場合、取付高さが高くなるほど、取付間隔・高さ比 ( $S/H$ ) が小さくなり、鉛直面照度の分布の一様性が改善され、鉛直面照度の最大値が減少して視認性が改善される。

### (3-3) 照明器具の配置・配列と視認性

道路照明の照明器具には種々の配置・配列方法があるが、取付間隔・高さ比 ( $S/H$ ) と同様、同じ路面輝度、同じ取付高さに対する鉛直面照度は、照明器具1個あたりのランプ光束にほぼ逆比例する。

したがって、取付間隔・高さ比が同じ場合、片側配列、千鳥配列あるいは1本のポールに2個の照明器具が取り付けられている中央配列よりも、向き合わせ配列のほうが鉛直面照度の分布が均一に近く、最大値も低い。この場合、向き合わせ配列は平均路面輝度を低くしても視認性が良い。中央配列でもカテナリーは前述のように取付間隔・高さ比 ( $S/H$ ) が小さいので視認性は良い。

### (4) 結論

不均一な視野での輝度差弁別閾から道路照明の設計と視認性について検討した。この結果、道路照明の照明器具の

- a) 取付間隔 ( $S$ ) と取付高さ ( $H$ ) の比 ( $S/H$ ) は小さいほど
- b) 片側配列、千鳥配列、中央配列より向き合わせ配列の方が
- c) 同じ取付間隔、配列ならば取付高さ ( $H$ ) が高いほど

路面輝度が低くても優れた視認性が得られることが明らかになった。

### (5) 参考文献

- 1) Narisada K., et al.: Proceedings of the Third CIE International Symp. at Karlsruhe, (1977) 57
- 2) Narisada K., et al.: Lux 95-3(1977) 48
- 3) 吉村義典ほか: 照学誌 61-12(1977) 713
- 4) Holladay L.L.: J. Opt. Soc. Amer. 12-4(1926) 271
- 5) Crawford B.H.: Proc. Roy. Soc. (London) 48(1936) 35
- 6) Narisada K.: J. Light & Env. 16-2(1992) 81
- 7) Narisada K.: Proceeding of the International Congress on Nighttime Traffic Safety, 横浜 (1993)

- 8) 建設省・道路照明施設設置基準
- 9) Narisada K.: CIE Barcelona Session, P-71-17(1971)

#### 4.1-2 交通照明に関する研究の概要と文献リスト

[武内徹二、坂本正悦]

##### (1) 道路照明

###### ・照明の効果 (事故防止)

交通事故と道路照明の関係が各国のさまざまなデータをもとに分析され、道路照明が夜間の交通事故の軽減やまた犯罪防止にどれほどの効果があるかが明らかにされている。また道路照明の設置によるコストと交通事故による損失の分析から、適切な照明を設備することがエネルギーの節減となり、経済性が高いことが明らかにされた。

###### [参考文献]

- 1) CIE Publication No.8 (1960)
- 2) Remande C., Digoïn-Danzin S.:Lux 35F-113(1981)26
- 3) Macaulay N.S.: Public Lighting 46-2(1981)90
- 4) Flury F.C.: Licht Forschung 3-1(1981)37
- 5) Herd D.R., Agent K.R. et al.(翻訳)松崎恵一:高速道路と自動車 24-10 (1981) 56
- 6) 小原清成、荒井弘志:交通工学 16-1(昭56)33
- 7) Young S.H.: Light. Des. Appl. 12-6(1982)28
- 8) Satterthwaite S.P.: Public Lighting 47-1(1982) 33
- 9) Kebshull W.: Lichttechnik 34-10(1982) 557
- 10) Jadaan K.S. et al.: Traffic Engineering and Control 23-4(1982) 221
- 11) 荒井弘志:昭57電気関係学会連合大会論文集(昭57)S48
- 12) Paylor D.M.: IPLE Lighting Journal 48-1(1983) 14
- 13) Reck G.: International Lighting Review 34-2(1983) 57
- 14) 荒井弘志:照学誌 67-5(1983) 198
- 15) Wright P.D.: IPLE Lighting Journal 49-2(1984) 112
- 16) Robertson G.: IPLE Lighting Journal 49-3(1984) 165
- 17) Schelzke E. et al.: Licht 38-1(1985)35
- 18) Janoff M.S.: Light. Des. Appl. 15-8(1984) 35
- 19) Schreuder D.A.: IPLE Lighting Journal 50-9(1985)155
- 20) de Clercq G.: International Lighting Review 36-1(1985) 2
- 21) Macanlay N.S.: The Lighting Journal 51-3(1986) 153
- 22) Large G.S.: The Lighting Journal 51-4(1986) 239
- 23) 小林実:交通安全ジャーナル 15-2(昭61) 72
- 24) Peyrou X.: Lux 55F-141 (1986) 53
- 25) 緒方健治:道路 No.6 (昭62) 78
- 26) 成定康平:高速道路と自動車 31-2(昭63) 11
- 27) Macaulay N.S.: The Lighting Journal 53-2(1988)70
- 28) Thomas R. et al.: Traffic Engineering and Control 29-9(1988) 456
- 29) Orfield S.J.: Light. Des. Appl. 18-3(1988) 41
- 30) Kebschell W.: Licht 41-1(1989) 21

- 31・照明学会委員会報告書「道路照明は社会にどのように貢献するか」(平成元年)
- 32・荒井弘志: 交通工学 25-2(1990) 33
- 33・Drest M.: Lux 1566(1990) 4
- 34・CIE Publication No.93 (1992)

・照明要件

道路照明での障害物の見え方に関する実験研究が行なわれ、それをもとに各国で所要路面輝度や均斉度の規格が定められている。また、輝度対比に対する視覚特性の研究をもとに、見え方の理論が構築され、それを道路照明の所要条件の検討に応用する研究が進められている。また、自動車運転者に与える不快グレアや減能グレアの研究が行なわれ、それぞれの評価方法が実用されている。

[参考文献]

- 1) Waldram J.M.: Trans. Illum. Engng. Soc.(London) 3(1938) 173
- 2) Harris A.J., et al.: Trans. Illum. Engng. Soc.(London) 16(1951) 120
- 3) Valin J.: Lux 35F-113(1981) 37
- 4) van Bommel W.J.M: International Lighting Review 32-3(1981)
- 5) Gordon P.: Licht Forschung 4-1(1982) 19
- 6) Huculak P.: Light. Res. Technol. 4-2(1982) 111
- 7) Narisada K., et al.: J. Light. Vis. Environ. 5-2(1981) 30
- 8) Range H.D.: Lichttechnik 34-5(1982) 324
- 9) Huchlak P.: Light. Res. Technol. 4-2(1982) 106
- 10) Keck M. E., et al.: J. Illum. Engng. Soc. 13-4(1983) 251
- 11) Heisler W.: Licht Forschung 4-2(1982) 69
- 12) 井上 猛: 照学誌 67-5(昭58) 192
- 13) American National Standard Practice for Roadway Lighting, ANSI/IES RP-8
- 14) BS 5498: Code of Practice for Road Lighting, Part1 1973, Part2 1974
- 15) Burrage S.: Lighting in australia 4-4(1984) 10
- 16) Michael S., et al.: J. Illum. Engng. Soc. 15-1(1985) 15
- 17) Schreuder D.A.: Light. Res. Technol. 17-4(1985) 192
- 18) Waldram J.M.: Light. Res. Technol. 17-4(1985) 153
- 19) Clear R. et al.: J. Illum. Engng. Soc. 15-1(1985) 167
- 20) Fisher A.: Lighting in Australia 6-5(1986) 27
- 21) van Bommel W.J.M.: Light. Res. Technol. 18-1(1986) 37
- 22) Adrian W.: J. Illum. Engng. Soc. 16-2(1987) 3
- 23) Monagham K.: Lighting in Australia 7-3(1987) 10
- 24) Janoff M.S.: Light. Des. Appl. 18-3(1988) 34
- 25) Michael S.: Proceedings of IES-NA Annual Conf.(1989)
- 26) 松下守夫ほか: 建設電気技術 No.87(1989) 68
- 27) Janoff M.S.: J. Illum. Engng. Soc. (1990) 57
- 28) Tungshang L. et al.: IES Tech. Conf. Preprint (1990) 352
- 29) 小原清成: 高速道路と自動車 33-10(1990) 42
- 30) 井上 猛: 照学誌 74-11(1990) 740

・照明設計・計算

路面輝度の計算に必要な路面の反射特性のデータ収集・分類が進み、これらを利用してより精度の高い路面輝度や均斉度の計算が可能になった。さらに効率の高い計算プログラムの開発や簡易な計算方法が開発されている。これらの計算方法を利用して照明方式の得失が比較検討された。また、CG技術の進展にともない、照明設計において路面輝度とその分布を表示したり、器具の配置検討にCGを応用するようになった。

[参考文献]

- 1) Ziegler W.: Licht Forschung 3-1(1981) 43
- 2) Hartmann E.: Lichttechnik 33-1(1981) 25
- 3) Narisada K. et al.: Light. Res. Technol. 13-4(1981) 203
- 4) Remande C.: Lux 35F-113(1981) 21
- 5) Hargroves R.A.: Light. Res. Technol. 13-3(1981) 138
- 6) CIE Publication No.74(1979)
- 7) Waldram J.M.: Light. Res. Technol. 13-2(1982) 65
- 8) Lupton G.N.: Public lighting 47-2(1982) 68
- 9) West J.: Public lighting 47-3(1982) 116
- 10) Toison M.L.: Lux 40F-118(1982) 13
- 11) Ziegler W.: Licht Forschung 3-4(1981) 109
- 12) Melton C.N.: IPLE Lighting Journal 48-3(1983) 160
- 13) Balch C.R.: IPLE Lighting Journal 48-3(1983) 147
- 14) Melton C.N.: IPLE Lighting Journal 49-3(1984) 200
- 15) Quointean M.: International Lighting Review 35-4(1984) 116
- 16) McCullough V.A. et al.: J. Illum. Engng. Soc. 13-2(1984) 258
- 17) Lock C.H.: J. Illum. Engng. Soc. 14-2(1985) 663
- 18) IES Road Lighting Committee: J. Illum. Engng. Soc. 14-2(1985)
- 19) Kange H.D.: Licht 38-3(1986) 222
- 20) Hiller T., et al.: Licht 38-4(1986) 294
- 21) Ohno Y.: J. Illum. Engng. Soc. 16-2(1987) 137
- 22) Kemp P.B.: The lighting Journal 52-3(1987) 149
- 23) JIS Z9111 道路照明基準(昭63)
- 24) Fisher A.J., et al.: Lighting in Australia 8-5(1988) 17
- 25) 金子、高橋: 照学誌 72-11(昭63) 652
- 26) 平田、西浜: 照学誌 72-11(昭63) 657
- 27) Fisher A.J. et al.: Proceedings of LUX PACIFICA (1989) 180
- 28) Marsden A.M.: Proceedings of LUX PACIFICA (1989) 172
- 29) Kikuchi S. et al.: Proceedings of LUX PACIFICA (1989) 205
- 30) Heisler W. Licht 41-1(1989) 26
- 31) 菊池壮一: 建築設備 41-7(1990) 62
- 32) Todd R.: The Lighting Journal (1990) 241

## (2) トンネル照明

### ・照明要件

見え方実験をトンネル入口照明、基本部照明の所要路面輝度が研究され、それらをもとに各国のトンネル照明の規格が制定されている。入口照明については、トンネルに接近する運転者の順応状態をより正確に求める必要があり、順応を客観的に求める理論・方法の研究が進められた。トンネル基本部については、トンネル内部の煤煙透過率と路面輝度との関係が研究された。入口部については、わが国のようにトンネルが連続している場合の照明要件が研究された。またカウンタービーム方式によるトンネル照明や先行車の視認性向上を目的とした照明の検討などが行なわれた。

### [参考文献]

- 1) Schreuder D.A.: Lighting of Vehicular Traffic Tunnels, 119, Centrex, Eindhoven, the Netherlands
- 2) Narisada K., et al.: Lux 95-3(1977) 48
- 3) 吉村義典ほか: 照学誌 61-12(1977) 713
- 4) van Bommel W.J.M.: Light. Res. Technol. 13-2(1981) 80
- 5) Narisada K. et al.: CIE 19th Session (1979) PP79-64
- 6) 坂本正悦他: 昭57照学全国大会予稿集100
- 7) 角 清二他: 昭57照学全国大会予稿集154
- 8) Schreuder D.A.: IPLE Lighting Journal 48-2(1983) 82
- 9) Tan T. et al.: IPLE Lighting Journal 48-2(1983) 173
- 10) Wolber W.: Licht Forschung 6-1(1984) 15
- 11) Ketvirtis A.: Transportation Research Record (1984) 883
- 12) 吉村義典: 昭59照学全国大会講演論文集(昭59) 73
- 13) 武内徹二: 第27回交通眼科学会予稿集 22
- 14) Bourdy C., et al.: Light. Res. Technol. 19-2(1987) 35
- 15) 吉村義典: 照学誌 71-3(昭62) 194
- 16) 荒井弘志: 照学誌 71-12(昭62) 719
- 17) 小林 実: 交通安全ジャーナル 16-2(昭62) 24
- 18) JIS Z9116 トンネル照明基準(1976)
- 19) 佐藤博栄ほか: 電気学会 交通・電気鉄道研究会資料(TER-88)(1988) 25
- 20) Malobert P.: Lux 65-148(1988) 14
- 21) Ketvirtis A.: Proceedings of IES-NA Annual Conf. 5(1989) 669
- 22) 佐藤博栄ほか: 電気学会 交通・電気鉄道研究会資料(TER-89)(1989) 25
- 23) Adrian W.: J. Illum. Engng. Soc. (1990) 125
- 24) 成定康平: 照学誌 74-6(1990) 354
- 25) 佐々木健一ほか: 照学全国大会予稿集(1990)
- 26) CIE Publication No.61 (1984)

### ・照明設計・測定

各国の規格の差異が検討され、それがそれぞれの国のトンネルの構造、順応状態などの差異に示された。照明計算の基礎データとして、トンネル内の内装材の反射率や器具の汚れ

の継時的変化が測定された。これらのデータなどをもとに路面照度や輝度を計算するためのコンピュータプログラムが開発され、さらにトンネル照明の自動設計システムが開発された。また、野外輝度や交通量などの測定が行なわれ、野外輝度によるトンネル内の調光方法や、交通量の多いトンネルの照明設計技術が開発された。

[参考文献]

- 1) Monie B., et al.: Lux 40F-116(1982) 17
- 2) 高速道路調査会研究報告書(昭和58)
- 3) Lane J.C., et al.: IPLE Lighting Journal 50-9(1985)
- 4) 堀井 滋ほか: 照明学会東京支部大会講演論文集(昭61) 20
- 5) 百田あつ子ほか: 照明学会東京支部大会講演論文集(昭61) 21
- 6) Matthews A.T.: The Lighting Journal 51-4(1986) 273
- 7) 松本昭雄ほか: 照明学会全国大会講演論文集(昭61) 118
- 8) Varney W.A.: The Lighting Journal 51-1(1986) 39
- 9) Giesbers G.: International Lighting Review 39-1(1988) 19
- 10) 大口 敬ほか: 土木学会年次学術講演会概要 第4部(1989) 156
- 11) Lewin I., et al.: IES Tech. Conf. Preprint (1990) 320
- 12) Ketvirtis A., et al.: IES Tech. Conf. Preprint (1990) 299
- 13) 小原清成: 高速道路と自動車 33-5(1990) 7

(3) 街路照明

人に顔の見え方実験が行なわれ、これをもとに街路照明の照明要件が明らかにされた。また、街路照明と犯罪の関係が調査・分析され、照明の防犯効果が明らかにされた。街路照明の照明レベルの数値化として、半円筒面照度や鉛直面照度と見え方との関係が検討された。また、街路照明の光が街路樹などの植物に与える影響が研究された。

[参考文献]

- 1) Grace A.J.: Public Lighting 47-4(1982) 209
- 2) Philipson S.M.: Public Lighting 47-3(1982) 122
- 3) Caminada J.F., et al.: J. Illum. Engng. Soc 13-4(1984) 350
- 4) Pollard N.E.: IPLE Lighting Journal 49-3(1984) 184
- 5) Robertson G.: IPLE Lighting Journal 49-3(1984) 165
- 6) van Bommel W., et al.: International Lighting Review 36-1(1985) 10
- 7) van Bommel W., et al.: Light. Des. Appl. 15-5(1985) 19
- 8) 照明学会関西支部: 街路照明の適正化に関する調査研究委員会報告書(昭61)
- 9) Baker J.E.: IPLE Lighting Journal 50-6(1985) 78
- 10) 成定康平: 日本人間工学会誌 21-May(1985) 30
- 11) 川上幸二ほか: 照学誌 70-6(昭61) 282
- 12) Laidebur A.: International Lighting Review 38-2(1987) 50
- 13) 平手小太郎: 照学誌 72-9(昭63) 528
- 14) 野口 透: 照学誌 72-9(昭63)
- 15) 坂本正悦ほか: 照学全国大会予稿集(昭63) 65
- 16) Range H.D.: Licht 40-2(1988) 38
- 17) 宮前あつ子ほか: 照学誌 73-6(1989) 303

- 18) Rombauts P. et al.: *Light. Res. Technol.* 21-2(1989) 49
- 19) 藤田一郎: *照学誌* 74-3(1990) 163
- 20) Cunnun J.M.L.: *Light. Des. Appl.* 20-4(1990) 30
- 21) 川上幸二: *照学誌* 74-6(1990) 348

#### (4) 光源・照明器具

道路照明に使用されている光源の種類や、また光源としてどのようなランプを使用すべきかを、それらの照明特性や経済性などの観点から比較された。

また、照明器具の配光と路面輝度との関係の解析や、器具に使用する材料開発、器具形状の検討、さらには器具とポールを含めた照明灯と周囲の景観との調和が研究された。また、本四連絡架橋の建設に伴い、海上に洩れる光を極力制限した照明器具が開発され、海峡部連絡橋の道路照明に使用されている。

#### [参考文献]

- 1) Austin E.R.: *Public Lighting* 46-3(1981) 151
- 2) Porcher L.J.: *Lux* 35F-111(1981) 27
- 3) Loef C.: *Lichttechnik* 33-5(1981) 302
- 4) Collins T.V., et al.: *Public Lighting* 46-3(1981) 128
- 5) Fohlich W.: *Lichttechnik* 36-2(1984) 112
- 6) Hartill P.: *IPL Lighting Journal* 49-2(1984) 109
- 7) Richards M.J.: *IPL Lighting Journal* 49-4(1984) 257
- 8) Willing A., et al.: *Lichttechnik* 36-6(1984) 444
- 9) Carlton J.W.: *IPL Lighting Journal* 50-3(1985) 13
- 10) Fouke H.A.: *J. Illum. Engng. Soc.* 15-1(1985) 213
- 11) Heller N.: *IPL Lighting Journal* 50-9(1985) 183
- 12) Simons R.H.: *IPL Lighting Journal* 50-9(1985) 172
- 13) Lovejoy D.: *The Lighting Journal* 51-1(1986) 35
- 14) Kebshull W.: *Licht* 38-3(1986) 218
- 15) Stenner R.: *Licht* 38-3(1986) 222
- 16) Odlin P.: *The Lighting Journal* 51-4(1986) 250
- 17) 坂本正悦ほか: *National Tech. Rep.* 33-3(昭62) 392
- 18) 寺沼 成ほか: *建設電気技術*No.84(1989) 100
- 19) Ketvirtis A.: *Light. Des. Appl.* 19-7(1989) 2
- 20) Badenas A., et al.: *Lux* No.156(1990) 25

## 4.2 海上交通

[橋本 進]

### 4.2-1 海上交通と海難事故

海難について、海難審判法（昭和22年11月19日法律第135号）第2条は、次のように定義している。

- (1) 船舶に損傷を生じたとき、又は船舶の運用に関連して船舶以外の施設に損傷を生じたとき。
- (2) 船舶の構造、設備又は運用に関連して人に死傷を生じたとき。
- (3) 船舶の安全又は運行が阻害されたとき。

すなわち、(1)は「物の損傷」、(2)は「人の死傷」、(3)は「それ以外の海難」を規定している。

表1は平成4年に海難審判庁が裁決（裁判における判決と同じ）した817件（裁決件数という）について、その裁決の対象となった船舶の隻数（裁決隻数という）1,212隻の海難原因をまとめたものである。ただし、衝突事件において当該海難の原因にならないと判断された107隻を除いた1,105隻を対象とし、複数の原因を含めた1,371原因数の内訳である。

この表で「衝突」とは、船舶が航行中または停泊中の他の船舶と衝突または接触して、いずれかの船舶に損傷を生じた場合をいい、「衝突（単）」とは船舶が岸壁、棧橋、灯浮標等の施設に衝突または接触して、船舶または船舶と施設の双方に損傷を生じた場合を言う。

表からもわかるように、事件種類で最も多いのは衝突の710件で全事件数の51.8%を占めている。また、その原因としては「見張り不十分」が383件、53.9%で断然トップとなっている。このことは、十分な見張り一視覚情報の収集とその処理—が行われれば、少なくとも衝突事故の約54%、全海難事故の約28%は防止できるということを示唆している。

### 4.2-2 海上における視覚情報

#### 2.1 航海中の船橋当直者の主たる作業

- (1) 船外の監視・・・他船の動向、航路標識、障害物等の監視および気象・海象等の変化を察知する観天望気を指しており、一般に「見張り作業」と呼ばれる。
- (2) 船橋内の監視・・・船橋内の諸計器類の監視が主である。
- (3) 船の位置の測定・・・沿岸航行中であれば陸上物標、航路標識等を観測し、大洋航行中であれば天体を観測して船の位置を求める作業である。レーダー、航海衛星等の電子計器を使用しての位置測定作業も含まれる。
- (4) 操船・・・上記(1)(2)(3)等により得た情報に基づいて他船を避航し、あるいは、航海計画による航路を進行するための操船作業である。

#### 2.2 夜間における他船の動向監視と航海灯

海上交通における海難事故のなかで最も多いのは衝突であり、その原因の約54%は見張り不十分に起因するものであることはすでに述べたが、ここでいう見張りは、他船の動向に関する視覚情報とその処理を指している。

さて、海上における船舶の衝突を予防し、船舶交通の安全を図るために、船舶の遵守すべき航法、船舶の表示すべき灯火および形象物、船舶の行うべき信号に関して必要な事項を定めたのが海上衝突予防法（昭和52年6月1日法律第62号）で、船舶の安全航行のための国際的なルールである。

海上衝突予防法では、航行中の動力船は日没から日出までの間、図1に示す灯火（航海灯・

navigation light) を表示することになっている。そして、この航海灯の見え方によって自船と相手船との相対関係を知り、航法上の判断をして処置するものである。図2は自船の船首方向の相手船の航海灯の見え方と動静および航法上の処置の具体例である。

図3は船燈試験規程(昭和9年2月5日通信省令第19号)に定められている航海灯の色度をC.I.E.色度図上に表示(ドット領域)したものである<sup>3)</sup>。

また、航海灯の最小光度は次式により計算される。

$$I = 3.43 \times 10^6 \times T \times D^2 \times K^{-D}$$

I : 最小光度 (candela, cd)

T : 閾値 (lx) =  $0.2^{-6} \text{lx}$

D : 光達距離(seamiles, 海里)

K : 大気の透過率 = 0.8

この算式により算定される灯火の光度は表2のとおりである。

表3は、船の長さによって規定される航海灯の視認距離と光度である。

## 4. 2-3 視環境の変化と航海灯の見え方

### 3.1 薄明

薄明(twilight)とは天文薄明(astronomical twilight)をいい、図4に示すように、太陽の上辺が視水平線に接する瞬時(日出・日没時刻)と太陽中心高度がマイナス18度(水平線下18度)になる瞬時との間をいい、その時間を薄明時間(duration of twilight)という。このとき、肉眼で六等星が見えなくなる、または見え始める<sup>3)</sup>。

また、図からもわかるように、薄明時間は観測者の位置(緯度)によって長・短がある。すなわち、赤道上では短く、北または南に緯度が高くなるにしたがって長くなり、北極または南極寄りでは薄明の長い白夜となる。ちなみに、地域ごとの最も短い時間を計算すると、赤道上が68分、東京(北緯35.7度)が85分、アンカレッジ(北緯61.2度)は143分である。

このように、薄明時間の長さは緯度によって変化するので、当然のことながら視環境の明るさの変化にも緩急が生じる。したがって、薄明の明るさの変化を、日出・日没時刻を基準にした時間経過で表現することは普遍性を欠くので、ここでは天文学上の太陽高度を基準にとった。

### 3.2 薄明時の船橋の明るさ

薄明の明るさの定義は実験の目的によってまちまちである<sup>4)</sup>。ところが、海上における薄明時の見張り作業は、日没後あるいは日出前の自然条件の変化のなかで行われるので、薄明の明るさも徐々に変化し一様ではない。そこで、薄明時の明るさの変化を知るために、日出・日没前後の航海船橋の内・外の見張り位置(眼高10.6m)における水平照度を測定した。その結果を図5に示す。図から、船橋内・外の照度は薄明時間の1/2頃(太陽中心高度マイナス9度 =  $-9^\circ$ )から0.04 ~ 0.05 lxでほぼ安定することがわかった。この測定値はLevi<sup>5)</sup>の測定結果とよく似ているが、太陽高度 $-9^\circ$  過ぎ頃からは、やや異なる傾向を示している。これは、測定環境の相違によるもので、船の場合、見張り位置は船橋であり、その周壁は白色に塗装されているためと思われる。松尾ら<sup>6)</sup>は錐体視から杆体視への移行点の順応輝度は0.036 asb (10mm視標)であると報告しているが、この数値はLeviの太陽高度 $-9^\circ \sim -10^\circ$ の天頂輝度( $-9^\circ = 0.019 \text{nt} = 0.059 \text{asb}$ 、 $-10^\circ = 0.008 \text{nt} = 0.025 \text{asb}$ )に相当するところから、太陽高度 $-9^\circ$  (薄明時間の1/2) 過ぎ頃が、暗順応過程における錐体視から杆体視への移行点であろうと考えられる。

### 3.3 日没前から日没後の航海灯の視認

図6に視力別の、日没前から日没後の他船の船影および日没と同時に点灯されるマスト灯

(白)の視認状況を示す。観測対象船はマスト灯2個を点灯している船長50m以上の動力船である。ここで距離の1海里は1852mである。

日没後の船影の見え方には船の大小による差はあるものの、一般にいわれるように、視力による相違は明らかである。また、航海灯の場合にも視認距離差は更に歴然としている。視力の劣る者は、航海中常時矯正眼鏡を装用しなければ船舶の安全運行は確保できない。

図7は、図6のマスト灯と同じ条件下で舷灯(右・緑、左・赤)について行った視認実験の結果である。図からも、視力による相違は明らかである。また、赤灯(左舷)は緑灯(右舷)よりも早くから見えているが、これは、微小刺激に対する正常者の中心窩の視覚は、青緑に対するより赤に対して、より感受性が高いという報告<sup>7)8)10)</sup>とよく一致している。

以上いずれの場合も、視力正常者が規定の視認距離を持つ航海灯を視認できるのは太陽高度が $-9^{\circ}$ (薄明時間の1/2)過ぎ頃からであり、前述した船橋照度の安定時機と一致する。この点からも、薄明時においては太陽中心高度 $-9^{\circ}$ 過ぎの視環境が錐体視と杆体視の移行点であろうと考えられる。

また、日没から太陽中心高度 $-9^{\circ}$ (薄明時間の1/2)頃までは、船影も航海灯も視認しにくい時機があるので、見張り作業上の要注意時間帯であるといえる。

### 3.4 夜間における航海灯の視認

日没から日出までの間で、薄明時間を除いた時間帯を夜間と考えて実験を行った。

表4は、夜間における裸眼視力別の航海灯の視認限界距離の実験値である。表からも視力の差により航海灯の視認距離が大きく変わること、赤灯は緑灯よりも早く見える(視認距離が大)ことは薄明の場合と同じである。

## 4.2-4 まとめ

船舶の海難のなかで最も多いのは衝突事故であり、その原因としては「見張り不十分」が最も多い比率を占めている。そこで、視覚の面から航海灯の視認について検討した。その結果、太陽中心高度 $-9^{\circ}$ (薄明時間の1/2)頃の視環境が、次の点で重要であることが明らかとなった。

- (1) この頃が、薄明時の錐体視と杆体視の移行点であろうと思われる。
- (2) 日没・日出時刻とこの間は航海灯が見えにくい。この間は見張りに特別な注意を払わねばならない。要注意時間帯である。
- (3) 日没から日出までの間で、(2)を除いた時間帯(太陽中心高度が日没後の $-9^{\circ}$ 頃から日出前の $-9^{\circ}$ 頃まで)では航海灯を正確に視認することができる。したがって、この間を見張り作業上の「夜間」と考えるのが实际的であろう。

なお、視力の劣る者は航海当直中は必ず矯正眼鏡を装用すべきである。

## 4.2-5 参考文献

- 1) 海難審判庁：平成5年版・海難審判の現況、1992
- 2) 運輸省監修：船燈試験規程、現行海事法令集、海文堂、1992
- 3) 海上保安庁水路部著作編集：平成5年天測暦、日本水路協会、1992
- 4) 松尾治亘、他：交通に関する視機能の研究、日眼誌75(9号別冊)、1971
- 5) Levi, Leo: Applied Optics - A Guide to Optical System Design/volume 2, John Wiley & Sons, 1980
- 6) 松尾治亘、他：低照度量的平面視野計測に関する研究、日眼誌70、1966
- 7) Willmer, E.N.: Retinal Structure and Color Vision, Cambridge Univ. Press, 1946
- 8) Stevens, S.S.: The relation of saturation to the size of the retinal image, Amer. J. Psychol., 46, 1933

9) Hecht, S', Hsia, Y.: Dark adaptation following light adaptation to red and white light, J. Opt. Am. 35, 1945

10) 中嶋芳雄：微小視角における色覚特性、光学9、1988

表1 事件種別海難原因分類

(単位：原因数)

事件種類	衝突	衝突・小	乗揚	遭難	沈没	転覆	火災	爆発	機関損傷	死傷等	安全阻害	運航阻害	施設損傷	属具損傷	行方不明	合計
船舶運航管理の不適切	3		1	1			1	1	1							8
船体・機関・設備の構造・材質・修理等不良				1			3		7	1			1			13
発航準備不足																
水路調査不十分		1	25	3									3			32
針路の選定・保持不良	1	1	27	2									4			35
操船不適切	4	9	4	1		1				3			1			23
船位不確認	1	10	56	2		2							5			76
見張り不十分	383	2	2							1			1			389
居眠り	20	7	48					1				1	1			78
操舵装置・航海計器の整備・取扱不良		2	1													3
気象・海象に対する配慮不十分	1	2	4	3		4										14
錨泊・係留の不適切		2	3	3	2							1	2			13
荒天措置不適切	2		2	3		3										11
灯火・形象物不表示	11									1						12
信号不吹鳴	147									1						148
速力の選定不適切	47															47
航法不遵守	13															13
主機の整備・点検・取扱不良		2					5	141	1		2					151
補機等の整備・点検・取扱不良		1	1	24			5	2	17	1		1				52
燃料油・潤滑油等の点検・取扱不良							6	48								54
電気設備の整備・点検・取扱不良							2									2
甲板・荷役等作業の不適切						1				17						18
漁労作業の不適切										8						8
旅客・貨物等積載不良				1	1	3	4	1		4						14
服務に関する指揮・監督の不適切	62	5	21			1	2			15			4			110
報告・引継の不適切	10		8							1			2			21
火気取扱不良							2	1								3
不可抗力				1						2						3
その他	5	2	1	2	1					7	2					20
合計	710	46	204	46	5	15	30	6	223	57		5	24			1,371
適川	海上衝突予防法(単位：件数)															314
航法	海上交通安全法・港則法・条例(n)															23

減	決	件	数	337	39	169	36	4	13	18	3	143	33		5	17		817
減	決	隻	数	713	39	179	39	5	13	18	3	143	37		5	18		1,212

(平成5年版・海難審判の現況：海難審判庁)

表2 計算光度

灯火の視認距離 (seamiles)	灯火の光度 (candela)
1	0.9
2	4.3
3	12
4	27
5	52
6	94

表3 航海灯の視認距離と光度

灯 火			視認距離					
名称	場所	灯色	船長 50 m 以上	最小光度 (cd)	船長 12 m 以上 50 m 未満	最小光度 (cd)	12 m 未満	最小光度 (cd)
マスト灯	前部	白	6 海里以上	94	5 海里以上	52	2 海里以上	4.3
	後部	白	6 "	94	(掲げることを要しない)			
舷 灯	右舷	緑	3 "	12	2 海里以上	4.3	1 海里以上	0.9
	左舷	赤	3 "	12	2 "	4.3	1 "	0.9
船尾灯	船尾	白	3 "	12	2 "	4.3	2 "	4.3

海上衝突予防法に規定された航海灯の名称、表示場所、灯色および視認距離とその視認距離に必要な灯火の光度である。1海里=1852m

表4 裸眼視力別の航海灯の視認限界距離

時刻 時:分	灯 火	距 離 (海里)	被 験 者			
			a 裸眼視力 右0.1 左0.2	b 裸眼視力 右0.3 左0.3	c 裸眼視力 右0.5 左0.5	d 裸眼視力 右1.5 左1.5
21:05	赤 または 白 灯	1.2	赤灯の視認限界			
		1.65	白灯の視認限界			
		1.70		赤灯の視認限界		
		2.45		白灯の視認限界	赤灯の視認限界	
		2.5			白灯の視認限界	
		5.5				赤灯の視認限界
21:50	緑 灯	2.1		緑灯の視認限界		
		2.3			緑灯の視認限界	
		5.2				赤灯の視認限界
						白灯の視認限界

実験時刻は薄明後の夜間である。また、月の影響はない。

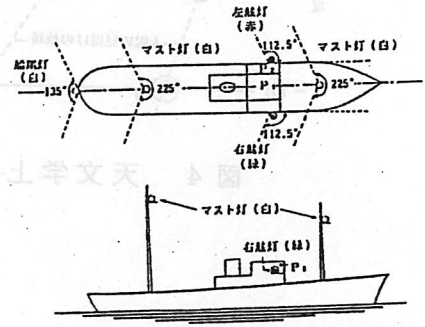


図1 航行中の動力船の航海灯の表示位置

船長 50 m 以上の船舶のマスト灯、舷灯及び船尾灯の表示位置を示す。マスト灯 2 個のうち後部は前部より高く、各灯火の射光範囲は船首方向 225 度である。また、舷灯は船の右側が緑色、左側が赤色で各射光範囲は船首から右側、左側へそれぞれ 112.5 度である。船尾灯は白灯 1 個で船尾方向 135 度の射光範囲である。

航海灯の見え方	船 舶 の 状 況	
1	横切り	そのまま通り 避ける
2	横切り	そのまま通り 避ける
3	ほとんど 真向い	互いに右に 避ける
4	真向い	互いに右に 避ける
5	横切り	避ける
6	追越し	安全な制

○ 白  
● 赤  
● 緑

○ 他船  
○ 自船

図2 航海灯の見え方の具体例

図の左側はマスト灯 2 個を点灯した船長 50 m 以上の船舶を自船の船首方向に見たときの航海灯の見え方、図の中央はその時の船舶の状況、図の右側は中央図の 2 船の関係に対して各船がとるべき法規上の動作を図示したものである。

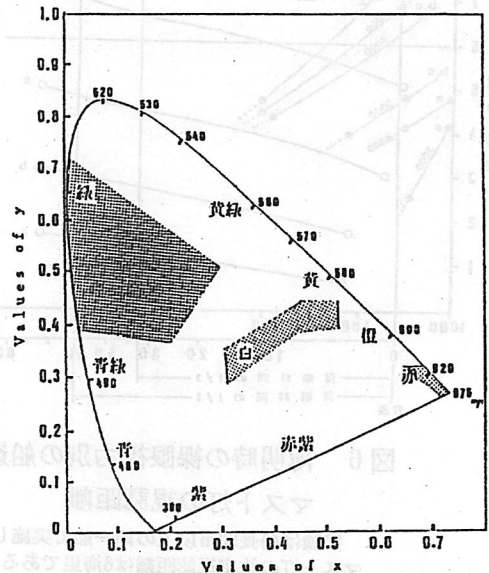


図3 白・緑・赤灯CIE色度図上の表示

船燈試験規定によって定められた白(マスト灯、船尾灯)、緑(右舷灯)及び赤灯(左舷灯)の色度範囲をドット領域で示す。



## 5. 交通標識・信号

[瀬尾卓也]

### 5.1 道路標識

道路標識の種類、様式、設置場所等は「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」（標識令、昭和35年、総理府、建設省令）に規定されている。これは、従来の「道路標識令」（昭和25年制定）を全面改訂し、標識の種類を新しく案内、警戒、規制、指示の4区分にするとともに、新たに区画線及び道路標示に関する規定を加えたものであるが、標識の様式については1949年のいわゆる国連標識の考え方を取り入れた従来のものをほとんど踏襲していた。その後、規制標識、指示標識に関する国連標識との整合性、高速道路の案内標識の追加などいくつかの改正を経て現在に至っている。

道路標識については、モータリゼーションの進展に伴いより高い水準が要求されるため、案内標識による道路利用者に対する案内方法の質的向上やその他の道路標識の整備水準の向上を目指して「道路標識設置基準」が建設省都市局長及び道路局長より通達されている。通達とこれに関する解説が「道路標識設置基準・同解説」として昭和62年1月、（社）日本道路協会から出版されており、各道路管理者が標識を設置する際の基準書として使われている。更に詳細な解説書としては、「'89道路標識ハンドブック」が平成元年12月、（社）全国道路標識標示業協会から出版されている。それらの内容の内、特に案内標識についてその機能、設置方法等についての概要を紹介すると以下の通りである。

#### 5.1-1 案内標識の機能及び標示内容

案内標識は、以下に示すような経路案内、地点案内等の機能を有する。

- 1) 経路案内――出発地から目的地付近までの経路を案内する。
  - ㊦ 交差点付近における案内  
予告案内――交差点案内――確認案内（もしくはこのうちいずれか）を行う。
  - ㊧ 単路部における案内  
当該道路の路線名、行先の方面及び距離などの案内を行う。
- 2) 地点案内――目的地付近の行政境界や地点の案内を行う。
  - ㊦ 行政境界の表示（市町村界、都府県界）
  - ㊧ 著名地点の案内
  - ㊨ 現在地の表示（主要地点）
- 3) 道路の付属施設の案内（待避所、駐車所等）

道路利用者が必要とする情報と、対応する標識は表-1の通りであるが、道路利用者が未知の場所に行く場合は予め道路地図等で経路の選定を行い、それを標識で確認しながら旅行することを前提としており、決して必要な全ての情報が案内標識のみで与えられるものではない。

#### 5.1-2 案内に用いる目標地名

案内に用いる目標地名は重要地（県庁所在地、地方生活圏中心都市等）、主要地（二次生活圏中心市・町等）、一般地（その他の市町村、著名地点等）の3つにランク分けされており、道路の幹線性に応じて、例えば主要幹線道路であれば原則として重要地を用いる等、その使い方についても表-2の様子にランク分けを行っている。

### 5.1-3交差点における案内標識整備の水準

交差点における案内標識については、交差点手前300m以内に設置される予告案内標識、150m以内に設置される交差点案内標識及び交差点を過ぎた地点での確認案内標識が一組となって機能することとなっており、設置の目安については表-3を基本としている。

その他、地名の標示方法、文字等の基本寸法、標識の設置位置等についてはここでは省略する。

標識については、その視認性、標示内容、適正な配置方法、案内情報提供のシステム化、耐候性、着雪の防止等について、土木研究所において研究がなされてきており、それらの成果は土木研究所資料として取りまとめられている。

道路交通の進展により、自動車の利用は日常生活に不可欠なものとなっているが、道路本体のインフラ整備と相まって案内標識等による利用者に対するサービスの向上が望まれており、今後、より分かりやすい案内システムの構築が求められている。

### 5.1-4 参考文献

1. 「道路技術基準通達集-基準の変遷と通達-」平成3年4月、ぎょうせい、建設省道路局企画課監修
2. 「道路標識設置基準・同解説」昭和62年1月、(社)日本道路協会
3. 「'89道路標識ハンドブック」、平成元年12月、(社)全国道路標識標示業協会、建設省道路局・警察庁交通局監修
4. 「交通工学実務双書-7、道路の付属施設」、栗本典彦、昭和61年12月、(社)交通工学研究会
5. 「道路標識の現状」、石井一郎、昭和48年、土木研究所資料
6. 「チャンネルゼーションと案内標識の設置システム」、石井一郎、昭和49年、土木研究所資料
7. 「案内標識に関する調査研究(その1)」、栗本典彦 他、昭和50年、土木研究所資料
8. 「案内標識に関する調査研究(その2)」、栗本典彦 他、昭和52年、土木研究所資料
9. 「案内標識に関する調査研究(その3)」、栗本典彦 他、昭和53年、土木研究所資料
10. 「案内標識に関する調査研究(その4)」、満田 喬 他、昭和57年、土木研究所資料
11. 「案内標識の標示内容に関する評価分析」、満田 喬 他、昭和59年、土木研究所資料
12. 「案内標識の標示手法に関する一考察」、満田 喬、昭和59年、土木研究所資料
13. 「案内標識の標示内容に関する評価分析(その2)」、満田 喬 他、昭和61年、土木研究所資料
14. 「標識柱の耐候性試験に関する資料」、元田良孝 他、平成元年、土木研究所資料
15. 「交差点での誘導に関する調査-複雑交差点での案内誘導マニュアル(案)-」、瀬尾卓也 他、平成5年、土木研究所資料

	道路上の位置	必要な情報	表示内容	対応する標識 (一般道路の場合)	
経路部	単路部	今、自分がいる位置に関する情報	現在地	101,102-A,114系 補助標識 512	
		今、自分が走行している道路に関する情報	道路の路線番号 道路の通称名	118系 119系	
		今、自分が向かっている方面に関する情報	方面を示す地名	106-A	
案内付近	交差点付近	交差点流入部 (予告案内)	自分が進むべき方向に関する情報	方面を示す地名及び方向を示す矢印	108系
		交差点 (交差点案内)	"	"	105系,108系
		交差点流出部 (確認案内)	選択した方向が正しいかどうかを確認するための情報	選択した道路が向かっている方面を示す地名 道路の路線番号 道路の通称名	106-A 118系 119系
地点内	—	今、自分がいる地点に関する情報	現在地	101,102-A,114系 補助標識512	

表-1：道路利用者が必要とする情報と対応する標識

目標地 道路の分類	重要地	主要地	一般地
主要幹線道路	◎	○	
幹線道路	◎	◎	○
補助幹線道路	◎	◎	◎

(注) ◎ 第1ランク (原則として用いる地名)  
○ 第2ランク (2地名表示の場合用いる地名)

表-2：道路の分類と目標地

対象道路 交差道路	主要幹線道路	幹線道路	補助幹線道路
主要幹線道路	予交確	予交確	予交確
幹線道路	予交確	予交確	予交確
補助幹線道路	予交確	予交確	予交確

注) 本表は、予告案内標識、交差点案内標識、確認案内標識を、すべて対象道路上に設置するものとして整理している。

予……予告案内標識 (108系)

交……交差点案内標識 (105系, 108系)

確……確認案内標識 (106-A, 118系, 119系)

○……設置すべきもの (ただし、予告案内標識については、対象道路が片側1車線の道路である場合には、必要に応じて設置するものとする。)

◎……必要に応じて設置するもの

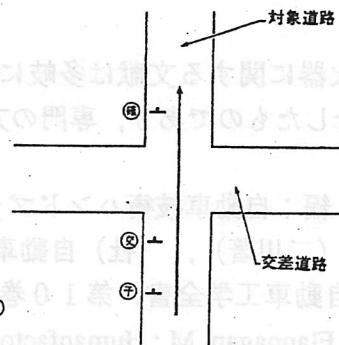


表-3：交差点に設置する経路案内標識の設置目安

## 6. 自動車用灯火器

[横井清和]

### 6.1 種類

自動車用灯火器には前照灯や制動灯のように必ず装着しなければならない灯火器と、フォグランプのように装着してもしなくても良い灯火器がある。自動車用灯火器は20から30種類(区分の仕方によって変わる)があるが、法規に定められていない灯火器を装着することは禁止されている。禁止の理由は、例えば、前方を照明する灯火器では対向車にまぶしさを与える恐れがあるからであり、ブレーキランプやターンシグナルのような信号灯火器では誤った信号を他車に伝える恐れがあるためである。

### 6.2 法律と規格

このように、種類が法規で規定されているだけでなく、主要な灯火器は配光(照射光の方向や強さ)も法規で細かく規定されている。したがって、新製品の開発も法規に合わせる必要がある。まったく新しい灯火器を使おうとする場合は、各種の視認性実験を実施して、法規を改正する必要がある。新しい灯火器でなくとも、現在の法規を改正したい場合には改正の必要性の証明や改正による"問題点がないことを確認するため、視認性実験研究が行われる。

### 6.3 歴史

自動車の灯火器は自動車の発達とともに種類が増加し、性能が向上してきた。この発達段階において、それぞれの国は交通事情や気象条件に合わせて、灯火器の種類や性能を法規で定めてきた。このため、各国で異なった法規となっている。最近では欧州諸国は統一した法規を採用しはじめている。現在の世界の主な法規はこの統一されつつある欧州の法規と米国の法規、それに、自動車生産台数が世界の約3分の1を占めるに至ったわが国の法規といえる。

### 6.4 基準調和

第2次大戦後、欧州と米国で灯火器の法規が整備されたが、お互いに独自の法規をつくったため、共通部分が少なかった。貿易や相互の交流が増すにつれて、これが障壁と感じられるようになり、法規の共通化を目指す話し合いが始められた。これらは灯火器だけでなく、ブレーキや衝突安全でも同じであり、基準調和活動と呼ばれている。世界中で統一した法規にすることは困難なので、基準の幅を広げて、基本的には同じ設計の自動車が、どこの国の基準にも適合できるようにしようという考え方のため、基準の調和という呼び方になっている。

### 6.5 参考文献

自動車用の灯火器に関する文献は多岐に渡っている。分野別に分けるのが困難な文献もあるが、あえて、区分したものであり、専門の方々はこの区分は単なる目安としてご利用頂きたい。

#### (1) 概説

- 1) 佐々木 他 編：自動車技術ハンドブック、第3分冊「試験・評価編」、第9章(泉著)および第10章(二川著)、(社)自動車技術会、1991。
- 2) 斉藤 監：自動車工学全書、第10巻、第2章(三橋著)、山海堂、昭和55年。
- 3) Sivak, M. and Flannagan, M.: Humanfactors considerations in the design of vehicle headlamps and signal lamps. In Peacock, B. (ed): Automotive Ergonomics, Taylor & Francis, London · Washington, DC, 1993.

(2) 開発研究

- 4) Nakata, Y. et al: Computerized Graphics Light Distribution Fuzzy Evaluation System for Automobile Headlighting Using Vehicle Simulation. SAE 920816, 1992.
- 5) Ericson, G.A. et al: Variable Curvature Headlamp Reflector Parametric Analysis. SAE 910820, 1991.
- 6) Masuyama, K.: Development of Very Thin Rear Combination Lamp. SAE 910824, 1991.
- 7) Ravier, J. et al: Complex Surface Reflector Technology Foglamp Application. SAE 910825, 1991.
- 8) Neumann, R. & Hogrefe, H. : Computer Simulation of Light Distribution for Headlamp Systems. SAE 910827, 1991.
- 9) Watanabe, T. & Kawasima, H. : Development of Smoothly Curved Reflector for Headlamps. SAE 910828.
- 10) Kobayasi, S. & Hayakawa, M. : Beam Controllable Headlighting System. SAE 910829, 1991.
- 11) 中川, 森下: 新型セリカ, カリーナE D, コロナE X i Vの紹介. 自動車技術, Vol.48, No. 2, 1994.
- 12) 渡辺, 他: 新型スカイラインの紹介. 自動車技術, Vol.48, No.1, 1994.

(3) 法律・規格

- 13) 道路運送車両の保安基準
- 14) JIS D 5500 自動車用ランプ類
- 15) FMVSS 108
- 16) SAE規格類
- 17) ECE Regulation 類
- 18) ISO規格類

(4) 基準調和

- 19) Donohue, R.J. et al : International harmonization of motor vehicle safety regulations. Tech Pap FISITA Congr Vol.24th, No. Vol.1 Safety 1992.
- 20) 横井: 前照灯すれ違いビームの基準調和の動向: 自動車研究, Vol.13, No.3, 1991.

(5) 視認性関連研究

- 21) Sivack, M. et al: Visual Aiming of European and U.S. Low-Beam Headlamps. SAE 920814, 1992.
- 22) Sivack, M. et al: Reaction Times to High-Contrast Brake Lamps. SAE 910821, 1991.
- 23) Rendu, R.: Definition of the Cut-Off in a Dipped Beam Pattern. SAE 910823, 1991.
- 24) Flannagan, M. et al : Context effects on discomfort glare: Task and stimulus factors. PB 91 123273, 1990.
- 25) Donne, G.I. : Motorcycle conspicuity - Research & implementation. SAE Australia, Vol.52, No.2, pp 33-41, 1992.
- 26) Janoff, M.S. : The Effect of Headlights on Small Target Visibility. J. Illum. Eng. Soc. Vol.21, No.2, pp 46-53, 1992.
- 27) Burgett, A. : Vehicle lighting and crash avoidance. PB 92 917001, 1992.
- 28) Flannagan, M. et al : Ranges of Stop Sign Chromaticity under Tungsten and High- Intensity Discharge Illumination. PB 92 192772, 1992.
- 29) 野口, 他: 薄暮時における路面輝度の変化と自動車灯火の点灯状況: 照学誌, Vol. 75, No. 2, 1991.

(6) 製品の開発動向や基準の変遷

- 30) 木村, 成定, 他: 自動車灯火器と道路照明 (その1) : 自動車研究, Vol.15, No.5, 1993.
- 31) 木村, 成定, 他: 自動車灯火器と道路照明 (その2) : 自動車研究, Vol.15, No.6, 1993.
- 32) 本田: 自動車ヘッドライト用メタルハライドランプ, 照学誌, Vol.77, No.12, 1993.
- 33) 本田: 自動車用照明機器の動向と展望 (総論). 照学誌, Vol.76, No.12, 1992.
- 34) 渡部: 前照灯の動向と光源. 照学誌, Vol.76, No.12, 1992.
- 35) 熊谷: 信号・標識灯の動向と光源. 照学誌, Vol.76, No.12, 1992.
- 36) 田辺: 車室内照明の動向. 照学誌, Vol.76, No.12, 1992.
- 37) 林: 自動車サイドからの照明機器への期待. 照学誌, Vol.75, No.11, 1991.
- 38) 佐藤, 小林: 自動車用ランプ類と安全について. 自動車技術, Vol.45, No.10, 1991.
- 39) 佐藤, 他: 自動車用ランプの各種光源とその特性を生かした設計. 自動車技術, vol.44, No.9, 1990.

## 7. あとがき

[和気典二]

本調査委員会は、事故防止という観点から視認性や注意に関する調査・分析研究をするということを主たる活動として発足した。特に、基礎から応用にわたる幅広い領域が調査研究の対象となった。この様な調査研究を進めているうちに、運転者の情報取得特性に関する研究の必要性を痛感し、特別委員会を新たに発足させて、実験研究を行った。これについては「安全性と省エネルギーを考慮した道路照明環境に関する特別研究委員会報告書」を参照されたい。

本研究は、道路交通という面から始まったが、それに海上交通、航空交通をも含めてなされた。報告書は利用者の便利さを考慮して文献紹介を主とするように作成された。各位の今後の研究・製品の開発に役立つものができたと思っている。しかしながら、依然として交通事故は減少していない。今後ともこの領域の研究の意義を考えて、研究がさらに発展することを期待したい。

