

視覚反応における後部灯火器の検討

——特に接近現象のメカニズムについて——

国際交通安全学会 214プロジェクトチーム*

本研究は、すでに報告した「夜間における車間距離の接近現象」について、それが生起するメカニズムの解析を行ったものである。この現象が発生する背景には、人間—機械—環境系の複雑なかかわり合いが予想されるが、ここでは研究の視点を、物理的な環境刺激と生理的な視覚機能の働きとの関係においた。そしてモデル実験を行って、これを交通の現場に対応させながら、接近現象の発生メカニズムを推察した。また、人間—環境系のあいだに生ずる不具合を、機械系の面から補う試みを行った。

Rear Lights and Visual Reaction

— The Process of Close-up Phenomenon between Vehicles —

IATSS 214 PROJECT TEAM*

Following the last report entitled “The Close-up Phenomenon of Distance between Vehicles at Night”, this report will present the results of analytical research concerning the close-up phenomenon process. It is thought that this phenomenon involves complicated interactions among human beings, machines, and the environment. Based on this presumption, this research was conducted concerning the relationship between physical environmental stimulus and physiological visual function, aiming at defining the process of the close-up phenomenon by means of bench tests and application of the test results to actual traffic situations. At the same time a trial was made to compensate for a deficiency in the relation between man and environment through mechanical improvement.

1. まえがき

今回は、東名高速道路の走行実態に基づいた「夜間の車間距離の接近現象」を、発生メカニズムの側から考察を加えて論じた。まず常識的に考えると、運転者の視覚系の働きに始まるこの一連の行為は、物理的、生理的、心理的な側面が関与すると想像される。そこで交通の現場で捉えた個々のモデルをみると、物理的な環境刺激が、生理的、心理的側面に同時に作用を及ぼすなど、複雑な反応が予想される。つまり各々の側面が、複合的に干渉した結果によっ

て起こる行為とみられるものが多い。

したがって、接近現象が生起している条件を解明するに際して、研究の視点をどこにおくか、明らかにする必要がある。

この研究を進めるにあたって、われわれは次のように考えた。東名高速道路の夜間の環境は、道路照明が極めて少ない所を高速で運転するので、運転者は情報を集める上に、特有の影響を受けていないか、ということである。したがって、特に明るさの環境面と運転情報を収集する視覚機能との相対的な関係に、視点をおくことにした。

2. 夜間走行の明るさの環境

2-1 編目の存在

まず明るさの環境面から、視覚情報を収集する時点の道路環境を、市街地と東名について比較する。

昼間は市街地の道路も東名高速道路も、太陽光線の均一な照射を受けて、どちらの道路でも運転者は対象物の形や色を明確に見分けられる。そして空間に散在する情報源の内から、必要なものを寄せ集め

*メンバーは次のとおり。

中島源雄（執筆）本田技術研究所次席研究員
Motoo NAKAJIMA Executive Chief Engineer, Honda
Honda R & D. Co., Ltd.

末永一男 久留米大学名誉教授（生理学）
Kazuo SUENAGA Professor Emeritus, Kurume
University

鈴木昭弘 愛知医科大学教授（眼科学）
Akihiro SUZUMURA Professor, Aichi Medical
University

居波治行 国際交通安全学会事務局
Haruyuki INAMI IATSS Secretariat
原稿受理 昭和55年7月15日

ては、判断を次々に行うことができる。

しかし、夜間は道路照明の規模によって、それぞれの道路が与える明るさの環境には相違がみられる。すなわち道路照明がある所では、運転者は対象物の形や色がある程度わかるが、道路照明のない所では、対象物の明暗がわかる程度に、視覚機能の働きは低下してしまうことである(Fig. 1)。

もし道路照明のない道路で、前方の情報を集めるとすると、おのづから前照灯の照射域にならざるを得ない。この場合は Fig. 2 に示すように、対象物の周辺に縞目が現れることに気がつく。また、この縞目は対象物との間隔が少し変化すれば、縞目の大きさも変わる。このように距離の変化が縞目の変化となって現れることである。

この研究を進めるにあたって、われわれは具体的にこの縞目の存在と、それが追従運転に及ぼす影響を問題にした。

縞目は視覚情報を寄せ集める空間に、明るさの不連続部分をつくるので、前方車両との間に、視覚的距離判断を行う情報の一部が欠如することになる。

このような道路環境上の違いは昼間にも影響を、後続の運転者に及ぼすものと思われる。

2-2 縞目と視覚情報



Fig. 1 道路の明るさの環境比較
Environmental comparison between a city street and the Tomei Expressway by day and night

Fig. 3 は前方車両との間に、明るさの不連続性の暗部が存在する例である。

①は前方車両との中間位置の側方を、別の1台の車両が平行して走行する例である。側方車両の前照灯は前方車両まで及び、明るさの連続性を確保する上に役立っている。さらに、明るさの連続性をより強調する役割りは、区画線の断続したパターンによって高められている。②は①と類似の状況であるが、①に比べると明るさの連続性は総合的にやや劣る。③は他の2例とは異なり、前方車両との間隔が離れた状況であって、前方車両の間に存在する暗部の面積は非常に大きい。したがって、これ以上離れた位置から、前方車両の挙動を視覚情報として捉えるためには、尾灯を効果的な情報源に置き換えざるを得ない。しかし、暗部に光る尾灯によって車両の挙動を判断することは、間隔が離れる程困難となり、路側に駐車する車両の尾灯を、本線上に見誤ることにもなりかねない。

したがって、夜間走行における明るさの不連続性は、運転者の視覚機能に影響を与え、さらに、心理的にも不安感をつのらせる原因となっているようである。

Fig. 4 は明るさの環境が視覚系の動きを介して、

運転者の心理的な過程に影響することを示したものである。昼・夜間にかかわらず、明るさの連続性をもった環境の下では、運転者は視覚情報の内から、走行に必要な内容を、自由に選びだすことができる。したがって、内容的にも確かな判断が得られるから、運転者は心理的にも安定しているといえる。

これに対して、夜間の明るさの不連続性は情報を集める上にも、判断する際にも不確かさが加わって、運転心理的にも不安定な影響を受けるといえる。

3. モデル実験

3-1 実験目的

すでに述べたことから、夜間、車線に沿って走行する場合、運転者の視覚情報の安定性や、心理的な影響は、前方車両との間に占める暗部の広がり、深い関係があることが考えられる。

そこで、実際に夜間の車間距離を選ぶ上に、走行時に生ずる暗部がどのように影響を及ぼすか、これに関するモデル実験を行うことにした。

すでに、初年度（昭和52年度）に行った走行時の運転者の目線の測定結果から、夜間走行の際に指摘される代表的な行為は、前照灯の照射内に車線を捉えながら、その照射域の先端を前方車両に結ばせて、



近い



やや離れた Fig. 2 縞目の発生
Fringe appeared



Fig. 3 明るさの不連続性をもつ走行環境
Discontinuity of the blightness

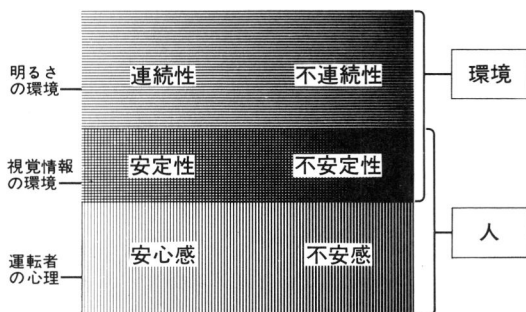


Fig. 4 走行環境から運転者の心理面へのつながり
The effect of the brightness on the driver's psychological processes

進路の確認を連続して行う目線の動きである。

このような場合には、視覚的に遠く離れた車両の尾灯は、自分の位置より高く浮くように見えることがある。あるいは自分より高いところにある平行した道路上を走行中の遠くの車両の尾灯は、あたかも自分の車線の延長上にあるかのごとく見えることさえある。これらの現象は、いずれも車両間隔が離れた状態で起きる。すなわち、運転者は指標の垂直方向の変化と、前後方向の変化を視覚的に弁別することが困難となる。

そこで、上記の事実を実験室でシミュレートするために、被験者から5mの距離に上下に位置を変える指標を置き、その間に実際の道路上に見られるいくつかの明暗パターンを再現した。被験者の課題は、5mの距離において上下に移動する指標を、同一の距離に見える(「当る」)か、違った距離に見える(「当らない」)かをいうことである。

実験の目的は、指標までの明暗の環境パターン、別の言葉でいえば指標の手前の暗部の形状や大きさが、距離判断に与える影響を確かめることである。

3-2 実験装置

Fig. 5 に実験装置の主要部分の配置と、設定条件の例を示す。主要部分の配置は、道路の明るさの環境を想定して、暗部と明るい部分をつくるレーン部がある。そして、前方車両に相当する指標をレーン部の端に置き、その他端に被験者の目の位置を固定した。

モデルの主要寸法は、レーン部の面上に用意された照明が長さ5m、幅125mmである。これらの寸法関係は、実物大の大型車両を対象とした車線と車両寸法の、およそ $\frac{1}{20}$ の尺度に見合うものである。

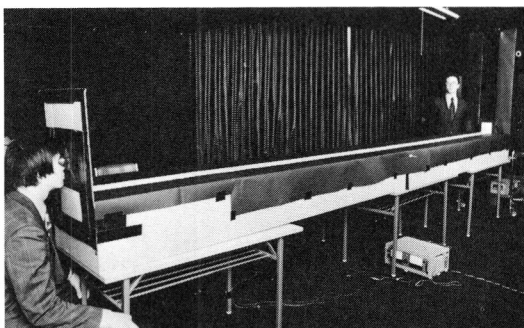
そして、レーン部と指標は、常に同一の照度を保つように、装置によって調整されている。その明るさは、被験者が観察にあたって、特に実際の場合と異なる強い刺激を受けたり、目が疲れることがないように配慮した。

明るさの環境は、レーン部の全長にわたる照明の明るい部分と暗部の割合を異にし、かつ、実際の車間距離に対応させた状況を想定した4段階からなるものである。第1段階はFig. 5 ①のように、観察部から指標まで明るさの連続性を与えて、全く暗部が存在しない条件である。これを暗部率0%の条件という。これを道路上に置き換えると前照灯の照射範囲に、前方車両が暗部をつくらないうで結ばれた状況である。実際の道路上においては、比較的車間距離

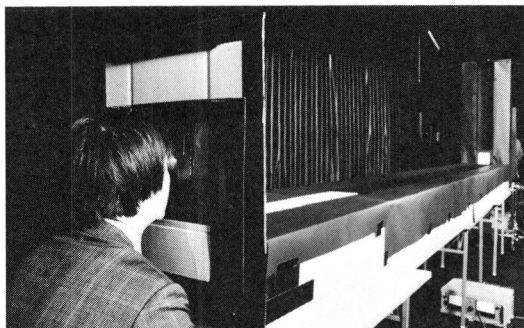
が短い場合である。②は第4段階を示す。この条件は本実験の内では、もっとも暗部が広く存在するもので、暗部率84%である。ここに設定された明るい部分は、実際の道路上では次のような場合に相当する。すなわち大型・小型車両の“すれ違いビーム”がつくる路面の等照度曲線から、照度値が比較的高い50Lux.付近の位置を、およそ車両の前方16mに置く場合に当るものである。

他の第2・第3段階は、暗部率0%から84%の間を3等分し、それぞれは暗部率28%、56%の明るさ環境である。

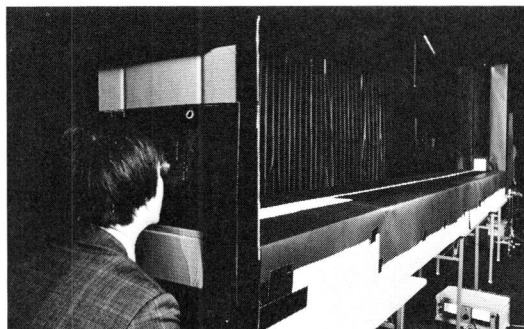
また、Fig. 3 で説明した区画線の存在によって得られる連続性に注目して、③に示すように幅10mmの



①



②



③

Fig. 5 実験装置
Test devices

明るい部分を、暗部率84%に付加した条件も準備した。

指標はレーン部と直角方向に、30mmを1ステップとして10段階に昇降する。10段階のステップは予備

実験から選んだ。すなわち、被験者は300mmを超えて変化した指標の位置の場合では、その変化を間違いなく言い当てることができる。それで、これを変位の上限に決めた。

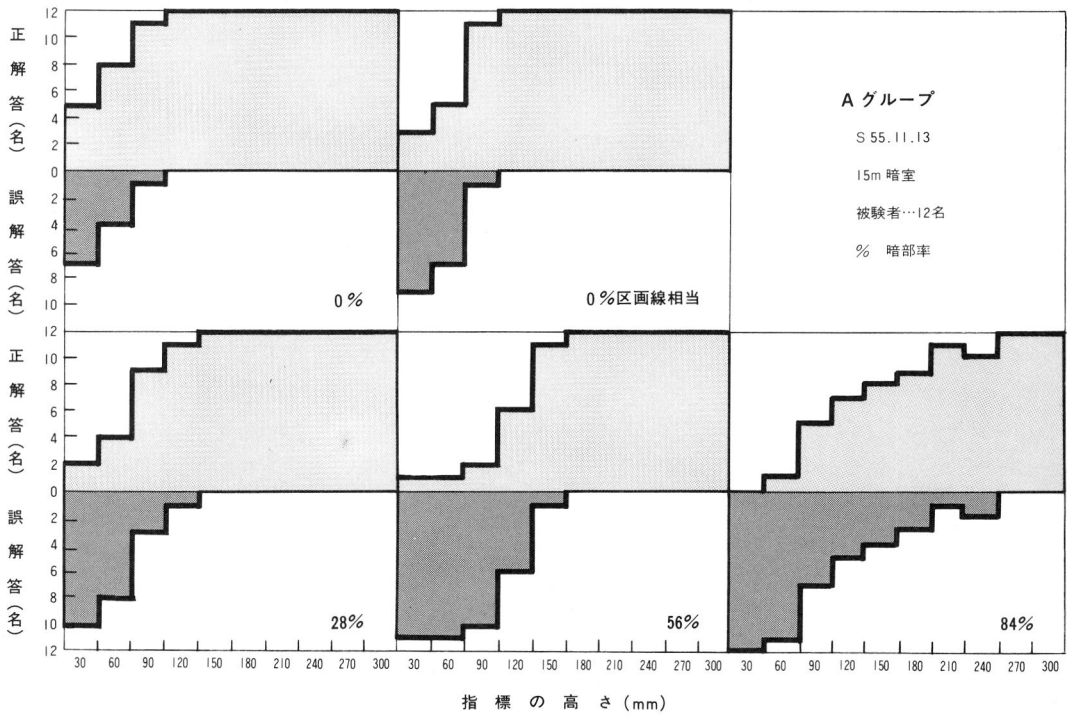


Fig. 6-a 実験の結果例
Test results examples

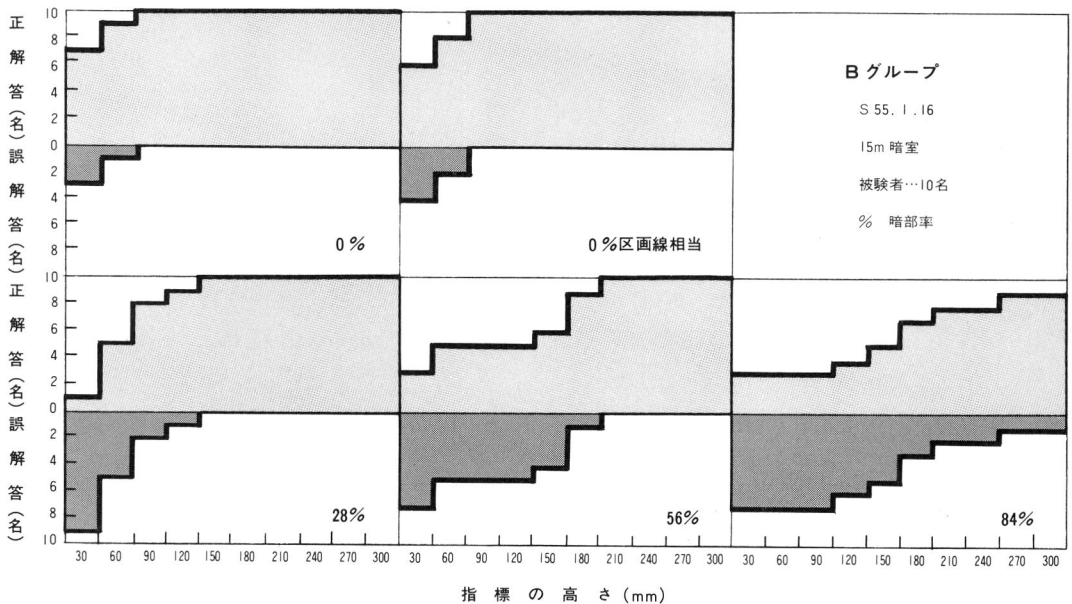


Fig. 6-b 実験の結果例
Test results examples

被験者は覗き眼鏡を通じて観察するので、目の位置は一定している。また、眼鏡の前面にはカーテンを取付けて、助手の操作によって開け閉めを行い、観察のタイミングを調節できるようにした。

3-3 実験結果

実験は15m暗室において、レーン部の暗部率を上記した4段階に変えた条件の下に行った。

測定の手順は、指標の位置を下げて、まずレーン部に接して置く(Fig.5)。始めに、この基準位置を被験者に覗き眼鏡から観察させ認知させる。次に、指標を10段階の一つヘランダムに動かして、その位置ごとに1秒間だけ観察させる。被験者はレーンの明るい部分の先端を手掛りとして、指標までの距離の変化の有・無を答える。被験者は20歳から40歳までの男性で、職種は設計技術者である。そして、1グループは10~12人の編成である。

Fig.6はその結果例を示す。A・Bグループに共通した結果は、暗部率が増える程、指標の変化したことを当てにくくなる傾向があることである。

興味ある結果は、区画線相当の幅10mmの細い線でも、明るさの連続性のある条件の場合の結果は、暗部率0%の条件の結果と重ね合わされる程に近似した傾向を示すことである。また、Bグループでは暗部率84%に示すように、指標の上限の高さに至るまで“当たらない”、つまり判断を誤った被験者が存在した例である。

Fig.7は暗部率と誤解答率の関係を、上記の例を含む6例についてプロットしたものである。データはおおよそ実線によって近似されている。

また、この現象を表す実験式として、

$$Y = 0.281X + 1.887$$

の関係式が得られる。ここに示した数値は、データのおよその傾向を示したものであることはいうまでもない。

このモデル実験の結果から、暗部の面積が増加する程、指標の位置の変化を当てる視感覚の感度は劣ってくるのがわかる。

4. 接近現象のメカニズム

4-1 実験と現場の対応

Table 1は暗部率を基準として、モデル実験の誤解答率と車間距離を関係づけたものである。表から、車間距離が近い所から遠い所に移るに従って、視感覚による判断は次第に“当たらない”方向に働いていることがわかる。

夜間走行では、車両間隔が離れると、運転者の視覚情報は前照灯の照射が及ぶ範囲と尾灯に限られ情報は減少する。実際の走行に際して、必要とされる視覚情報の適正な質と量ということは興味のある問題であるが、ここでは触れないことにする。

すでに述べたように、昼間の走行環境は視的には明るく、欠落する部分はない。したがって、対象物までの視覚的な連続性が存在している。また、前方車両との距離や速度判断を行う際に、与えられる冗長度は十分に大きい。そこには、運転者の意識しない潜在的な周辺視覚も有効に働いている。この点に関して、夜間走行の明るさの不連続性は、運転者の周辺視機能が、十分に活用されない狭い範囲にまで、せばまてはいないだろうか。

すでに報告したように、運転者は進路の確認を、前照灯の照射内に置かれた車線と前方車両の尾灯を結ぶことによって判断する。この場合の目線は暗部で占有された空間を跨いで動き、注視点を2点に置き換えながら確認をしている。したがって、車両間隔が離れる程、動かす範囲は大きくなる。

Table 2はこの注視点の移動を、2つの指標を挟む角度で表し、暗部率を基準として、実験と現場の関係を対応させたものである。

実験の挟み角 θ は、図に示すようにレーンの明る

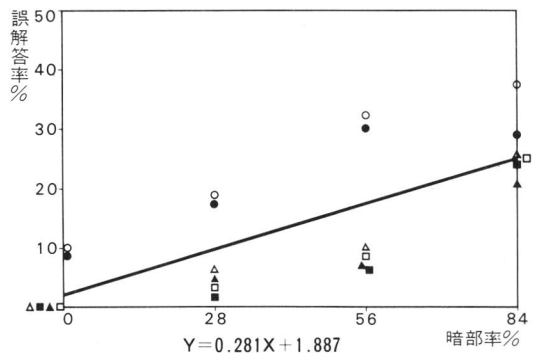


Fig.7 暗部の広がりりと“当たらない”判定の関係
Relation between percentage increase of dark area and testee's incorrect judgement

Table 1 暗部率を基準とした誤解答率と車間距離の関係
The relationship between incorrect answer percentage and distance between vehicles, based on the percentage of dark area

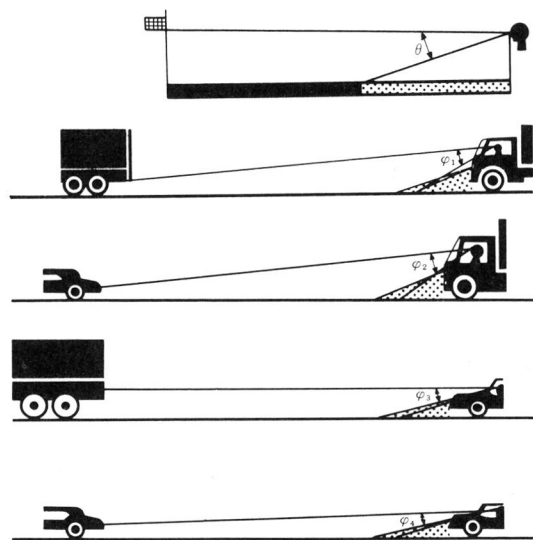
暗部率 (%)	0	28	56	84
誤解答率 (%)	2	10	18	25
車間距離 (m)	16	22	36	100

い部分の先端と指標の下縁との2点間で表す。指標位置としては、被験者の“当らない”判断の最高値が選ばれている。現場の挟み角 θ は、すでに述べた前照灯の16m地点と大型・小型車両の尾灯との2点間で表す。尾灯の高さは、昭和52年度に発表された車両の実測平均である。

また、挟み角 θ は暗部率84%（車間距離=100m）に限った。というのは暗部率56%（車間距離=36m）以下になると、指標となる部分は尾灯も含まれた車体後面に及び、注視点は必ずしも尾灯だけに置かれるわけではないので、比較の対象からはずしたのである。

表から、暗部率84%の挟み角では、一方の指標を注視して他方の指標の変化を同時に捉えて判断することは難しいことがわかる。なかでも ϕ_3 、 ϕ_4 は他に比べて値は小さいが、高速走行を続ける環境の下で

Table 2 各暗部率における実験と現場の挟み角
Visual angles formed by a combination of the rear lights of the preceding vehicle and road lane on which head-lights of a driver's own vehicle fall



暗部率(%)	0	28	56	84
挟み角				
θ	1° 23'	2° 23'	4° 15'	12° 00'
ϕ_1	—	—	—	7° 14'
ϕ_2	—	—	—	7° 02'
ϕ_3	—	—	—	3° 29'
ϕ_4	—	—	—	3° 16'

は、すでに報告した目線の測定に示すように、運転者は注視点を移動しては確認を行うことから推察できる。

暗部率28%の挟み角は2° 23'と値は小さい。このモデル実験の条件（暗室の環境、指標の照度など）の下では、被験者は特定の指標を注視して、他の指標を注視点の周辺に捉え、判断していることがわかった。これを現場に対応させると、車間距離22m付近に相当する（Table 1）。この車間距離は“すれ違いビーム”によって、40m前方の障害物を確認できる範囲に十分に入るので、運転者は視覚的に連続した環境に置かれる。したがって、注視点の周囲の周辺視を十分に活用して、対象物の細部を見分けることができる。

4-2 考察

以上のことから、動きの判断に有効な働きをもつ注視点の周りの周辺視野は、暗部が増加するに従って、その機能を低下させることがわかる。

したがって、前方車両の挙動を捉える上に、重要な要素である距離や速度の判断にもあいまいさが生じて、時として状況を誤って判断してしまうことになる。また、大きな暗部をもつ視環境は、モデル実験における“当らない”判断を増大し、それはまた、実際の道路上における車間距離の増大に対応する。そして、両者の間には一次的な関係が存在することが判明した。

ここで以上の結果を基に、接近現象のメカニズムを考えてみよう。

運転者は、目標として選んだ前方車両と前照灯の照射が及ぶ範囲の間に、暗い部分が存在する走行環境の下では、視的な判断を有効に行うことができない。そこで車両は、具体的には前方車両との間に明るさの連続性を保つために、前方車両を前照灯の照射範囲に収めるように接近する。この推論はすでに報告した車間距離の実測結果に一致する。（Fig. 8, 9）つまり、夜間走行の大型・小型車両が保つ車間距離の最多値は、両者共に13~18mである。この値は実験と現場を対応させたTable 1から、判断を間違えることが極めて少ないところといえる。

ここで注目すべき点は、夜間の実態は、さらにこの判断を間違えない方向、つまり車間距離を縮める方へ移行することである。車間距離を縮める方へ移る夜間の車両台数が、昼間を上廻る範囲をみると、小型車両は13~18m以下で、大型車両は23~28m以下である。この大型車両の値を同じようにTable 1

から評価すると、やはり間違いを起こすことが少ないところである。

4-3 暗部に距離の指標を与える尾灯

人間一環境系からみて、暗部の存在が運転者の視感覚の働きを妨げるとするならば、これを機械系の面から補助する方法はないものだろうか。

本研究で対象とする機械系は後部灯火器である。すでに接近現象を積極的に防止する試みとして、7つのブロックから構成された尾灯の、各ブロックの

輝きの数を、車両間隔の変化に応じさせて、車両間隔を検出させたものについて報告した。

次に、これをさらに改造したものを紹介する。基本となる考えは、車両の後方Ym(15m)の距離に、尾灯から照射された光軸の交りによって、路面にロードマークを作ることである。これによって、後続車両の運転者は新たな指標を、前方車両の後方Ymの道路上の暗部に得ることができる。このロードマークはYmの距離を示すと共に、それによって明る

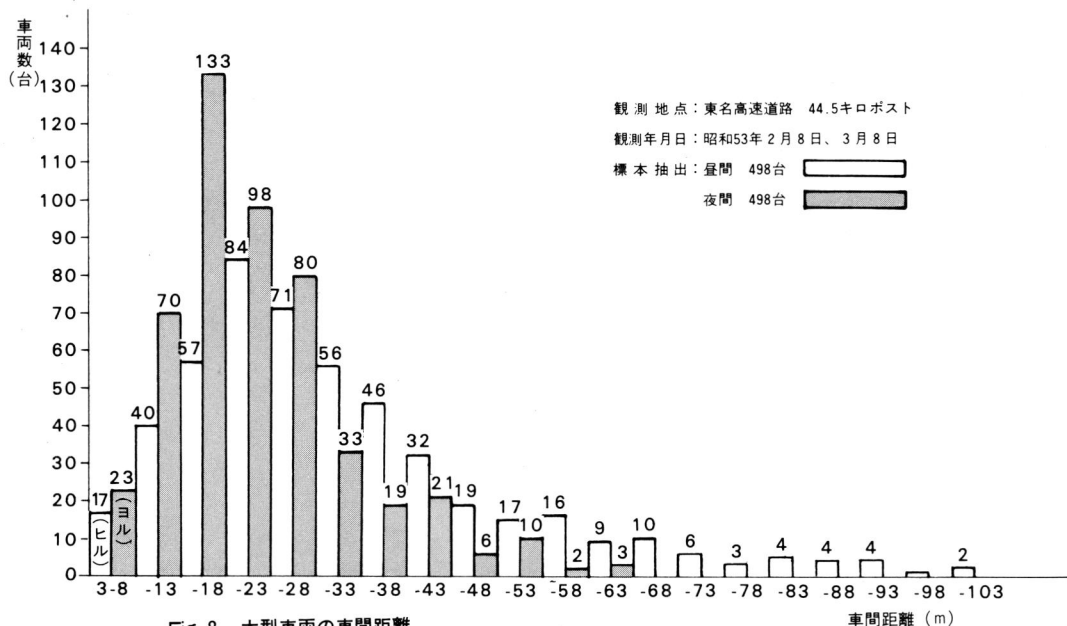


Fig. 8 大型車両の車間距離
Distances between large sized vehicles and other vehicles in front

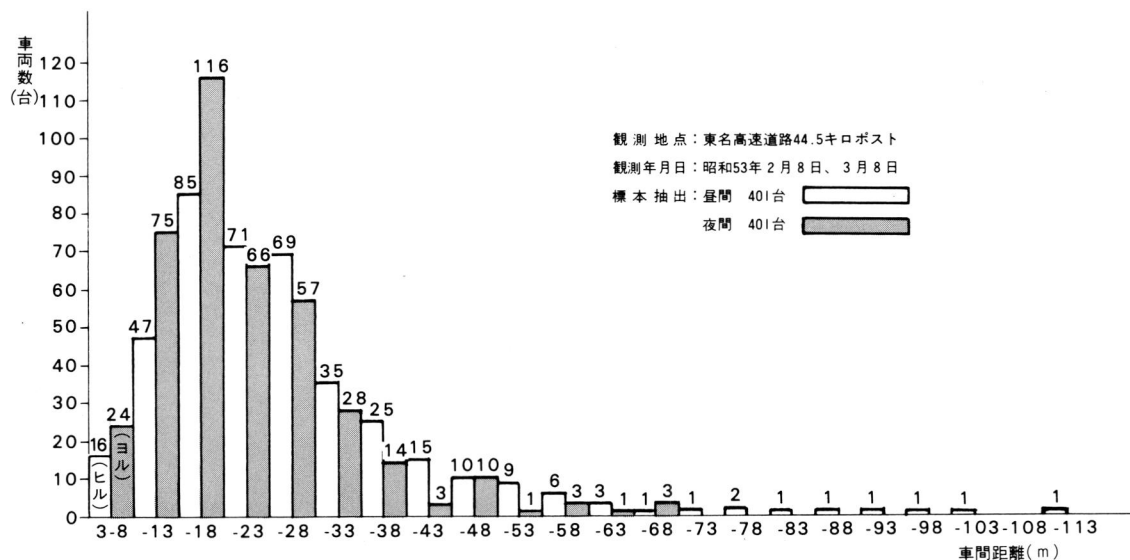


Fig. 9 小型車両の車間距離
Distances between small sized vehicles and other vehicles in front

さの連続性を延長するものである。また、ロードマークの路面照度は、道路照明や後続車両の前照灯の下では、消される程度のものである。

Fig. 10は30m暗室における路面配光パターンを車両後方からみた状況である。これはすでに報告した試作灯火器の、両側2灯の等光度配光パターンを、Fig. 11①のように尾灯の水平方向の中心軸に対して、上下対称に広がるように改造したものである。なお②は在来型の配光パターンで、ここでは両側2灯間に挟まれた5灯がこれに該当する。

なお、本実験ではその基本的な配光特性を得る試験の範囲に終わった。

5. むすび

この研究は本稿の報告をもって終了する。初年度（昭和52年度）以来、交通の実態の内から具体的な問題を、東名高速道路で起こる、「夜間における車間距離の接近現象」において、人間—機械—環境系の問題を取り上げてきた。具体的には、視覚系の生理面と車両構造の技術面の観点から、いくつかの主要な問題点に解析を加え、運転者の視覚系を基とする挙動の測定とモデル実験を行った。さらに、それらの結果を基として、環境によって運転者の視覚機能が低下する部分を補助する装置を備えた灯火器について、その新しい分野への役割りを試行した。

今回の報告は、おもにモデル実験と現場の対応から、接近現象のメカニズムを考察したことである。この研究では人間を、その有する機能そのものには触れずに、環境との対応を追求した。したがって、

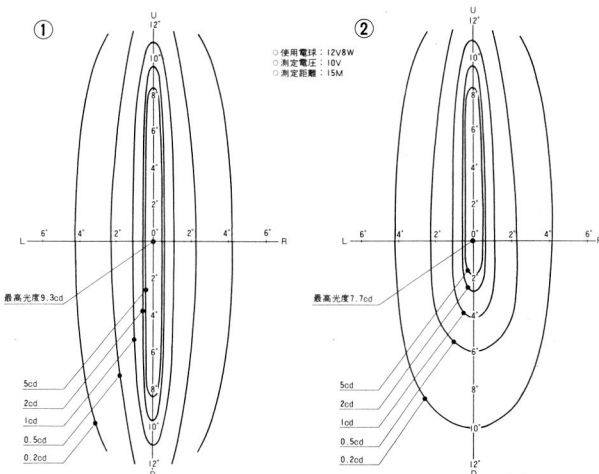


Fig. 11 試作灯火器の1ブロック単位の等光度曲線
Isocandera curve from each light

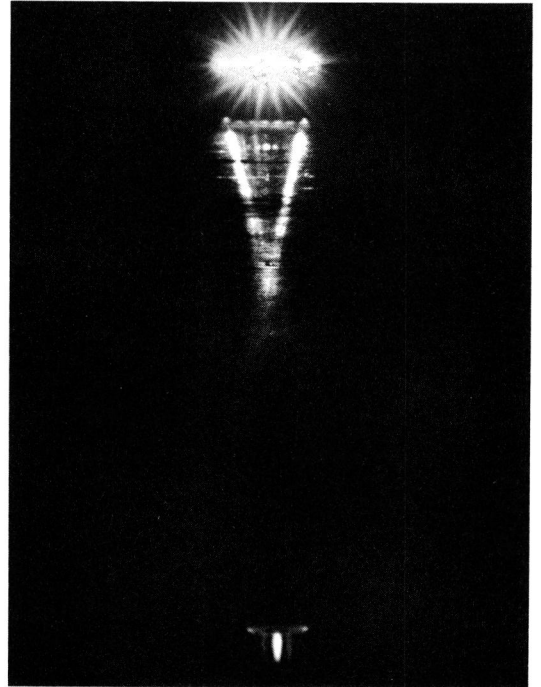


Fig. 10 試作灯火器によるロードマーク(Y=15m)
Road markings using trial lights

研究のプロセスは基礎的な生理面におかれるところから、最終的には問題を解決する方法に通ずる応用技術面にまで及ぶことになった。

このような過程からみると、最近になっても、交通問題の基礎分野から応用分野への接点のところに、まだ明らかにされない残された問題が多々あることを痛感する。その意味からも、今後ますます異分野による研究協力が育って、さらに、各々の分野への発展に寄与されることが望まれる。

最後に測定装置、試作、実験面で御援助、御協力をいただいた、スタンレー電気株式会社取締役宮沢英夫氏、河内健氏、(株)ホンダ用品研究所取締役近田隆愛氏に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 中島源雄ほか：視覚反応における後部灯火器の検討、国際交通安全学会誌、Vol. 5, No. 4; 1979