

14 可変配光前照灯 (AFS) が対向車ドライバに与える眩惑状況の解析 (第2報)

- カーブ走行時における検証実験結果 -

自動車安全研究領域

岡田 竹雄

森田 和元

益子 仁一

関根 道昭

1. はじめに

夜間の走行を容易にするために、カーブ走行時などにおいて前照灯の配光を変化させる可変配光前照灯 (Adaptive Front-lighting System: AFS) の開発が行われ^{(1),(2)}、一部が実用化され始めている。この種の技術は、視覚に関する運転者の負担を軽減し安全性向上に役立つと考えられるが、対向車に対するグレアのおそれが懸念される場所である。この点について、著者らはシミュレーション解析などの研究を行うことにより検討を行ってきた^{(3),(4),(5)}。

シミュレーション解析は広範囲な条件における眩惑性を評価することが可能であるが、実際の走行時に運転者がどのようにグレアを感じるのかについて、検証実験が必要である。このため、今回、模擬的なカーブ走行路をテストコースに設定して、AFS を模擬した車両とすれ違うときのグレアについての実験的検討を実施した。また、AFS に限らず、前照灯のレベリング機構の必要性の是非も議論されており、この点について検討するため、配光を通常よりも上向きにした場合の眩惑性についても実験的に検証することとした。

2. 実験方法

2.1. 実験概要

テストコースにおいて曲率半径80mの模擬的な走行路を設定し、観測車両と試験車両との2台(いずれも乗用車)を使用して夜間実験を行った。停車した観測車両に対し試験車両が40km/hで走行して接近する条件とした。全体のレイアウトを図1に示す。観測車両には被験者が同時に3名乗車して(運転席、助手席および助手席後席)、接近する試験車両のグレアについて評価した。観測車両から曲線に沿って約150m離れた地点から試験車両が出発し、観測車両とすれ違うまでの間で評価を行った。ここで、観測車両中心線の

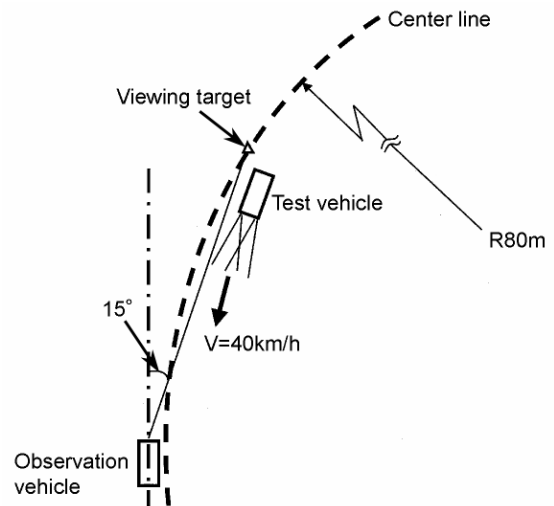


Fig.1 Layout of test conditions

右側 15 度の方向と道路センターラインとの交点にパイロンを置き、被験者に対してそれを注視するように指示をした。この値については、以前に著者らが実施したカーブ走行時の視線移動量の測定結果⁽⁵⁾を基にしている。

2.2. 試験車両の前照灯の設定

前照灯の照射方向は、以下に示す3種類とした。左右の取り付け間隔は1.15m、地上高は0.65mでHIDタイプの前照灯である。

標準配光(カットオフラインが0.57度下)、AFS配光(左右の前照灯とも左側へ10度)、上向き配光(標準配光から1度上向き)

2.3. 記録項目

運転席に搭乗した被験者のアイカメラによる瞳孔画像、試験車両内の目の高さに設置した照度計の値を示すディスプレイ表示と被験者のスイッチ連動ランプの点灯状況、試験車両が観測車両の横を通過する時のテープスイッチによる専用のランプの点灯状況、観測車両の前方状況

以上の4種類の映像を合成してビデオレコーダにより記録した。記録例を図2に示す。



Fig.2 Example of video image

2.4. 評価項目

今回、解析の対象とした項目は以下の4種類である。

(1) 被験者の瞳孔径の変化 瞳孔径は、ビデオ画像から座標を直接読みとって値を求め、その時間変化を調べた。

(2) 眼前照度 観測車両内の目の高さに設置した照度計の値。

(3) グレアを感じた時間 各被験者にスイッチを持たせ、試験車両が接近してグレアを感じたらそのスイッチを押すように指示をした。また、グレアを感じている間押し続け、感じなくなったらスイッチから指を離すようにさせた。

(4) グレアの主観的評価 各試行終了ごとに、主観的なグレアの程度を表1に示すいわゆる de Bore の評価基準により評価させた。なお、試験車両の接近に伴ってグレアは変化するが、特に最大グレアの程度を評価するような指示は行わず、被験者の自由な判断により評価させた。

Table 1 Scale for discomfort glare assessment⁽⁷⁾

Assesment	Glare rating W
Unbearable	1
	2
Disturbing	3
	4
Just admissible	5
	6
Acceptable	7
	8
Noticeable	9

2.5. 被験者、試行回数等

被験者については、2日間で男性4名、女性2名の計6名とした。平均年齢は27.7歳(標準偏差4.9歳)であった。

3種類の配光条件について、各被験者が順に着座位置を変え、2回ずつ繰り返したので合計36回の実験となった。各配光条件におけるデータ数は、瞳孔径について12件(被験者6名×くり返し数2回)、他の評価項目について36件(被験者6名×着座位置3種類×くり返し数2回)となった。

3. 実験結果

3.1. 眼前照度

眼前照度の実測値を図3に示す。ここで、横軸については、試験車両の前照灯が観測車両のドライバポイントとすれ違う地点を0とし、さかのぼって100mの距離まで示している。ただし、両車両の間が10m以内に接近した場合には測定誤差が大きくなると考えられるので、10m以内のデータは除外している(以下、横軸については同じ表示)。

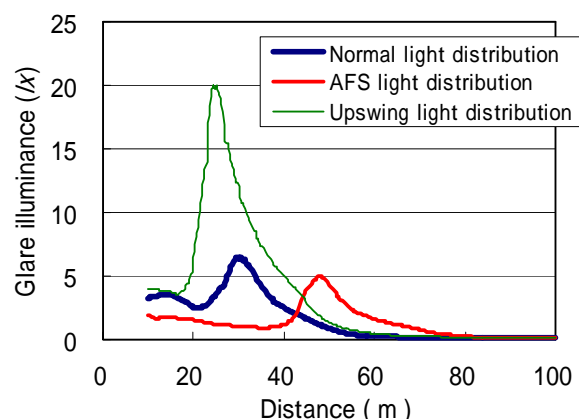


Fig.3 Experiment data of glare illuminance at the eye of the observer

眼前照度の最大値に関して、標準配光の場合には約30m離れた地点で6.4/x、AFS配光の場合には約48m離れた地点で5.0/x、上向き配光の場合には約25mで20.0/xであった。

AFS配光の場合には、離れた地点で最大値をとるため低い値となっている。

3.2. 瞳孔径

はじめに、100m離れた地点での瞳孔径の値を基準1となるようにして各距離における瞳孔径の正規化を行った。次に、グレアに関しては瞳孔径ではなく瞳孔面積が関係するとも考えられるので、各被験者ごとに正規化した値を二乗してその平均を求めた。その結

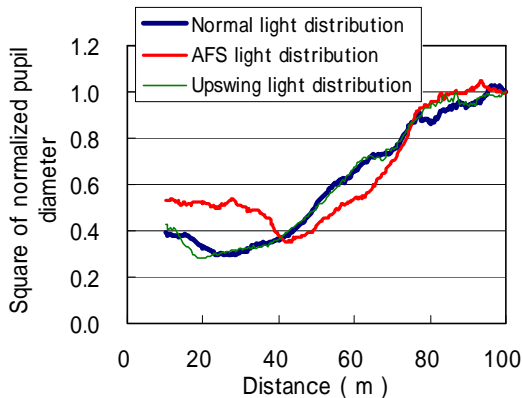


Fig.4 Changes in average of square of normalized pupil diameter

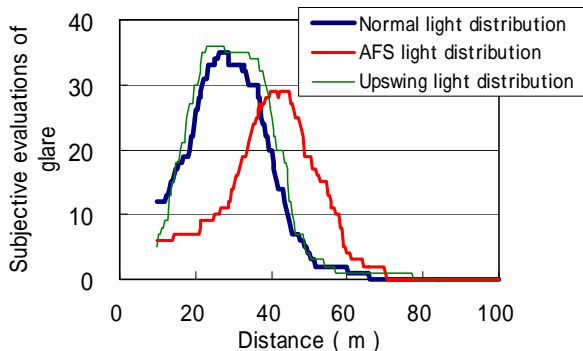


Fig.5 Subjective evaluations of discomfort glare

果を図4に示す。図をみると、眼前照度が高くなるにつれて瞳孔径は縮小する傾向を示す。なお、距離20m付近における標準配光のときの値(0.28)と上向き配光のときの値(0.30)とでは大きな差はなかった。

実測した眼前照度と瞳孔径との間には、距離にして約5m(時間にして約0.5秒)の遅れがあり、これは、照度変化に対して瞳孔径が反応する時間遅れが一つの要因⁽⁶⁾であると考えられる。

3.3. 強いグレアを感じた時間

観測車両の被験者に対して、グレアを感じている間スイッチを押下するように指示をしていた。横軸を距離にとり、縦軸をスイッチ押下件数として表すと図5となる。各配光条件ごとの最大件数は前述のとおり36件である。たとえば、80%の比率(件数で29件以上かどうか)で評価を行うと、標準配光の場合には約16m(1.4秒)のあいだ強いグレアを感じることもとなり、AFS配光の場合には約6m(0.5秒)、上向き配光の場合には約20m(1.8秒)のあいだ強いグレアを感じることもとなる。AFS配光の場合には強いグレアを感じる距離(時間)が少ないことがわかる。

3.4. グレアに関する主観的評価

各試行終了後に被験者に評価させたグレアの評価値Wの値の平均については、3種類の配光条件ごとに、標準配光4.6、AFS配光5.4、上向き配光3.2のような

結果となった。

AFS配光については、標準配光の場合よりもグレアの程度が低くなるのが主観的に確認された。いわゆるde Boreの不快グレアの評価値Wが4以下かどうかによって強いグレアを感じるかどうかが決まされるとすると、標準配光、AFS配光の場合とも、とくにグレアに関して大きな問題は生じないが、上向きの配光条件の場合にはグレアの問題が生じていると考えられる。

4. シミュレーション結果

各種実験条件のときの眼前照度およびグレア状況を、推定式⁽⁷⁾を使用した筆者らの製作したシミュレーションソフト⁽³⁾により計算した結果を説明する。

4.1. 眼前照度

眼前照度をシミュレーションにより求めた結果を図6に示す。各種パラメータは、実際の実験条件を基にして設定している。シミュレーション結果(図6)を、観測車両内に設置した照度計で測定した値(図3)と比較すると、ほぼ一致している。

4.2. グレア評価値W

シミュレーションによりグレア評価値Wを求めたものが、図7である。ここで、過去の文献⁽⁸⁾を基にして、順応輝度を $0.1\text{cd}/\text{m}^2$ として計算を行った。図7をみると、上向き配光の場合にはWの値は1以下に達することがあり、カーブですれ違う場合にはグレアを強く感じていることとなる。しかし、主観的評価では、シミュレーション結果ほどグレアを感じていない。この理由として、順応輝度の設定が適切でないという可能性がある。順応輝度を $1.0\text{cd}/\text{m}^2$ として計算をすると図8となる。Wの値は全体に1程度増加し、被験者の主観的評価結果に近いものとなる。AFS配光の場合には、他の2条件の場合よりもグレアを感じないことがシミュレーションによっても確認される。

5. 考察

シミュレーション結果と比較して、実験結果の方がグレアを余り感じないという結果となった。この不一致の理由として以下が考えられる。

(1) 実際の被験者の順応輝度の値が不明である。夜間走行時の運転者の順応輝度として $0.1\text{cd}/\text{m}^2$ としている文献⁽⁸⁾もあるが、今回の主観的評価とは合致しなかった。 $1.0\text{cd}/\text{m}^2$ 程度に仮定した方がより実験結果に近くっており、この方が順応輝度の値として適切である可能性がある。また、順応輝度の値は時間とともに

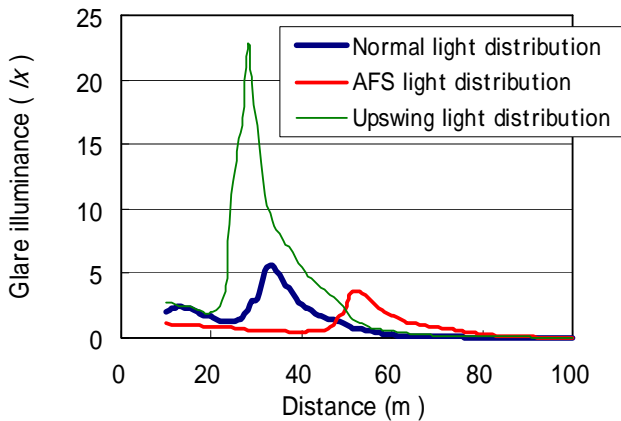


Fig.6 Simulation results of glare illuminance at the eye of the observer

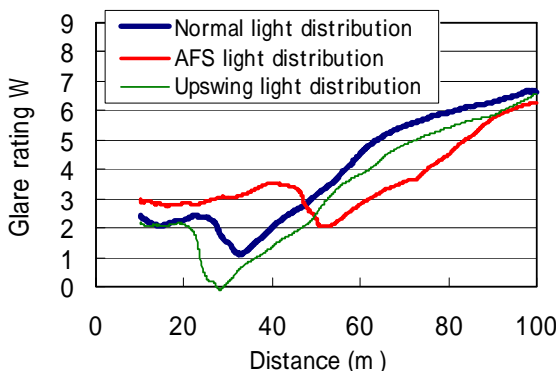


Fig.7 Simulation results of discomfort glare (Adaptation luminance: 0.1cd/m^2)

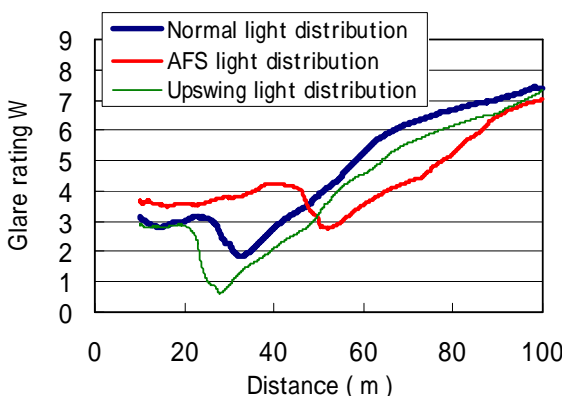


Fig.8 Simulation results of discomfort glare (Adaptation luminance: 1.0cd/m^2)

に変化すると考えられるので、正確に推定するためには、この点についても考慮する必要がある。

(2) 推定式は定常状態のグレアに対するものであるが、カーブ走行時にはグレアは短時間で終了するため、推定式ほどグレアが悪化しない可能性がある。

6. まとめ

曲率半径 80m の模擬走行路を設定して、被験者が乗車する観測車両に、標準配光、AFS 配光、上向き配光の 3 種類の配光の試験車両が接近してすれ違う実験

を行った。そのときのグレアについて検証するため、被験者の瞳孔径を実測するとともに主観的評価を行った。あわせてシミュレーションによりグレアの程度を評価して比較した。これらの検討の結果、以下の知見を得た。

- (1) AFS 配光の場合には、標準配光の場合と比較してグレアの程度が低くなる。
- (2) 標準配光と上向き配光との実験結果の比較では、瞳孔径については大きな差は認められず、主観的評価値については上向き配光の方が、よりグレアを感じる。このグレア対策としては、レベリング機構の装着等が考えられる。
- (3) シミュレーション計算における順応輝度の設定値については、 0.1cd/m^2 ではなく、 1.0cd/m^2 程度のより高い値を使う方が主観的評価結果に近くなる。

参考文献

- (1) Martin Grimm : Improved Nighttime Visibility for Drivers through Dynamic Bend Lighting, Proceedings of Progress in Automobile Lighting, p.339-347(2001)
- (2) Doris Boebel, Ernst-Olaf Rosenhahn : Cornering Lamps and Static Bend Lighting – Performance Aspects and Technical Comparison in AFS-Systems, SAE SP-1787 p.53-57 No.2003-01-0554 (2003)
- (3) 益子仁一、森田和元、岡田竹雄：眩惑状況シミュレーション解析ソフトウェアの製作について、平成 14 年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要集、p.97-100 (2002)
- (4) 益子仁一、森田和元、岡田竹雄、関根道昭：可変配光前照灯 (AFS) が対向車ドライバに与える眩惑状況の解析、平成 14 年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要集、p.79-84 (2002)
- (5) 岡田竹雄、森田和元、益子仁一：カーブ走行時における運転者の視線移動量測定結果、自動車技術会学術講演会前刷集 No.84-02、p.1-4 (2002)
- (6) 松永勝也：瞳孔運動の心理学、京都、ナカニシヤ出版、p.31-41 (1990)
- (7) H. -J. Schmidt-Clausen, J. Th. H. Bindles : Assessment of discomfort glare in motor vehicle lighting, Lighting Research and Technology, Vol.6, No.2, p.79-88 (1974)
- (8) M. Sivak, M. J. Flannagan : Partial Harmonization of International Standards for Low-Beam Headlighting Patterns, UMTRI-93-11 (1993)