

可変配光前照灯(AFS)が対向車ドライバーに与える眩惑状況の解析(第3報)

- 配光の違いによる比較 -

自動車安全研究領域

益子 仁一

森田 和元

岡田 竹雄

関根 道昭

1. はじめに

前照灯の配光を道路状況や走行速度等の条件によって変化させる可変配光前照灯(Adaptive Front-lighting System:AFS)の技術により夜間の走行方向の視認性向上が期待できるが、その採用にあたっては、対向車のドライバーに対する防眩性が十分に考慮されたものでなければならない。

筆者らはこれまでに、自動車運転時のドライバーの視線の測定を行う^{1) 2)}とともに、前方の照明状況および対向車に与える眩惑(以下、「グレア」という)状況の数値シミュレーション解析ソフトウェアの開発を行い³⁾、照明状況やグレアの状況の検討を行っている⁴⁾。さらにグレアに関する検証実験を行い、その結果を解析パラメータに反映させ、近似度を向上させて解析を進めている^{5) 6)}。

今回、配光の異なる前照灯について、カーブ路等で照射方向を変化させた場合や乗車人員などの影響で照射方向が上向きとなった場合の影響について、主に対向車へのグレアの観点から比較検討を行った。

2. 解析方法、設定条件等

2.1. 解析方法

解析には、筆者らが開発した、数値シミュレーション解析ソフトウェア³⁾を使用した。このソフトウェアのグレア解析手法は、H.-J. Schmidt-ClausenとJ. Th. H. Bindelsによるモデル式⁷⁾によって、表1に示すいわゆるde Boerスケールによる不快グレアの評価値Wを予測するものである。

2.2. 配光について

AFSの機能や配光については様々な提案があるが、本報告では基本的なものとして、カーブ路を通過する際には左右ランプの配光全体を屈曲方向に同一角度で向けて走行する状態を模擬し、その際に対向車のドライバーが受けるグレアの程度を予測することとした。解析には、ECE規格に適合した高輝度放電灯(HID)およびハロゲン(H₄)タイプの前照灯のすれ違いビーム配光(左側通行用)の実測データ

(以下、それぞれ「HID」、「ハロゲン」という)を使用し、対向車に与えるグレア状況の比較を行った。

2.3. 解析時の設定条件

(1) 道路の形状等 筆者らが実施した視線移動に関する実験時のデータを参考にして、道路形状等を次のように設定した。道路形状：直線路、右および左カーブ路(曲率半径R = 80m)、車線数：片側1車線、中央分離帯なし、道路の車線幅員：片側3.2m

なお、車両は道路の左側車線を走行することとした。

(2) AFS車のランプ取付位置等 ランプの取付については、次のように設定した。左右のランプの中心間隔：1.2m(左右対称)、ランプの中心の地上高：0.65m

(3) 対向車およびドライバーのアイポイント位置等 対向車のドライバーのアイポイントの道路平面図上の位置については、道路のセンターラインから1.3mとし、地上高については、1.1mとした。また、前面ガラスの視感透過率については、野口らの測定結果⁸⁾を参考にして80%とした。

2.4. ドライバーの視線方向について

不快グレアの予測計算にあたっては、対向車ドライバーの視線方向を仮定する必要がある。筆者が行った視線移動量の実験調査で得られた結果を基にして、曲率半径が80mのカーブ路においては、左カーブ路の場合には左側へ15°、右カーブ路の場合には右側へ15°であるものとして解析を行った。これは、40km/hで走行した場合3.8秒後に到達する42m前方の地点に相当する。なお、直線路を走行する場合の視線方向については、今回は、正面前方と仮定した。また、AFS車のランプ照射方向の変化についても、上記地点の視認性が向上される角度に設定することとした。

2.5. 順応輝度およびグレア評価値について

不快グレアの評価値Wの値はドライバーの目の順応状態によって変化する。順応輝度は、自車の前照

表1 不快グレアの評価値(文献7)による)

評価値	W
1	Unbearable (耐えられない)
2	
3	Disturbing (邪魔になる)
4	
5	Just admissible (許容できる)
6	
7	Acceptable (満足できる)
8	
9	Noticeable (気にならない)

灯の前方照射状況によるほか、道路照明の有無、対向車の状況等によって大きく変化する。過去に実施されているグレア評価に関する研究においても、実験時の状況等によって0.01 ~ 3cd/m²程度までの様々な値が示されている⁹⁾。本報告では、筆者らのAFSのグレアに関する検証実験結果⁵⁾から、1.0cd/m²として解析を行うこととした。不快グレアについては、ドライバーが通常耐えられる限界の値は4であることを示す報告¹⁰⁾がある。本報告でもW = 4を不快グレアの限度として採用した。

3. 照明状況とグレアに関する解析結果

3.1. 照明状況に関する基本的特性

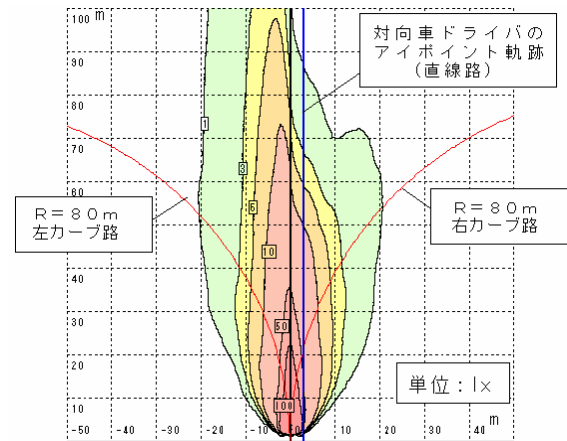
照射方向が正面の場合の前方路面の照度分布を図1に示す。図中において、左右に広がる曲線は、曲率半径80mの右および左カーブ路を通過する際のAFS車の前面中心位置の軌跡を示している。前述の3.8秒後に到達する42m前方地点の照度は、左右カーブ路の場合ともHIDの場合約3lx、ハロゲンの場合約1lxであった。視認可能な路面における照度は5lx程度といわれているので、HIDの場合、ハロゲンの場合とも照度が不足していることがわかる。

3.2. 直線路走行時の不快グレアの予測

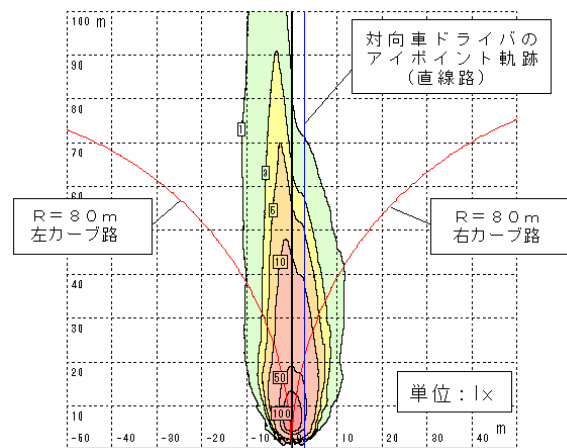
対向車のドライバーの受ける不快グレアの予測を行った結果を図2に示す。図の横軸の右から左に向かって、対向車が遠方(150m)から接近している状況を示す。予測値は、HID、ハロゲンともまったく問題ないレベルであった。

3.3. 右カーブ路走行時の解析

3.3.1. 照明状況 AFS車からみて右カーブ路を対向車が走行する場合に関して、照射方向が正面の場合(通常の自動車)と左右のランプの照射方向を右側に振った場合(AFS)について解析を行った。右側に10°振った場合において、AFS車が3.8秒後に到達する地点の路面の照度はハロゲンの場合に約7lx、HIDの場合には約15lxとなった。どちらのラン



a. HIDの場合



b. ハロゲンの場合

図1 前方路面の照度分布(平面図)

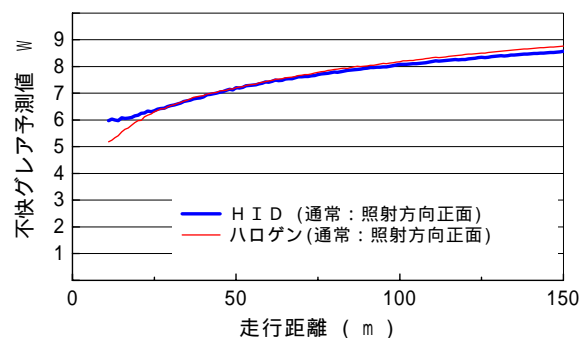


図2 対向車に与える不快グレア予測(直線路)

プの場合も進行方向が照射され走行し易くなったと考えられる。したがって、右カーブ路において照射方向を変化させる場合の角度については、筆者らがこれまでに実施した解析⁴⁾時の条件と同様に右方向10°として解析を行った。

3.3.2. 不快グレアの予測 AFS車からみて右カーブ路の場合は、対向車からみると左カーブ路となるので、対向車ドライバーの視線方向は15°左側(路肩側)となる。不快グレアの予測結果を図3に示

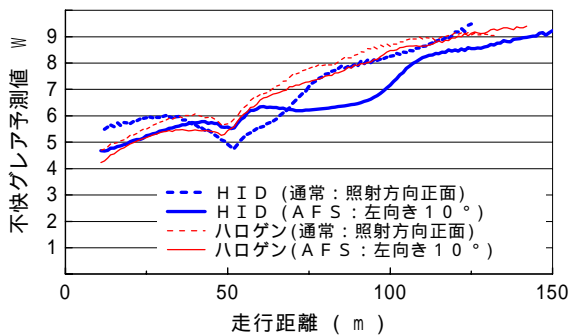


図3 対向車に与える不快グレア予測 (右カーブ路)

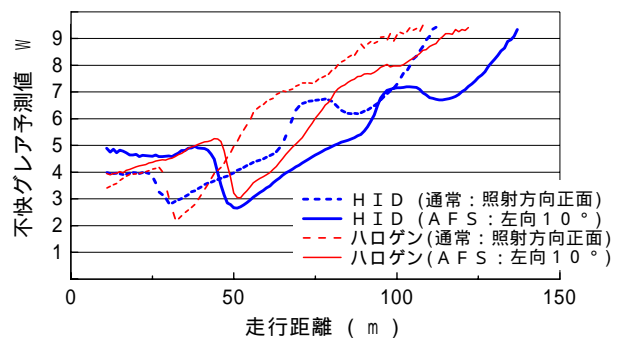


図4 対向車に与える不快グレア予測 (左カーブ路)

す。横軸は、曲率に沿って測定したAFS車からの距離を示す(以下、同種の解析図において同じ)。図から、HIDの場合、ハロゲンの場合とも今回の解析条件の場合に、対向車のドライバーは、問題となるような不快グレアは受けないと予測される。

3.4. 左カーブ路走行時の解析

3.4.1. 照明状況 AFS車からみて左カーブ路を対向車が走行する場合に関して、照射方向が正面の場合と左右のランプの照射方向を左側に振った場合について解析を行った。ハロゲンの場合に左側に10°振った場合において、AFS車が3.8秒後に到達する地点の路面の照度は約 $8/x$ 、HIDの場合には約 $17/x$ となった。どちらのランプの場合も進行方向が照射され走行し易くなったと考えられる。したがって、左カーブ路において照射方向を変化させる場合の角度についても、左方向10°として解析を行った。

3.4.2. 不快グレアの予測 AFS車からみて左カーブ路の場合は、対向車からみると右カーブ路となるので、対向車ドライバーの視線方向は15°右側(AFS車の車線側)となる。不快グレアの予測結果を図4に示す。

照射方向が正面の場合について、図から、HIDの場合には、AFS車の前方50mの地点から前方10mに至るまで、ハロゲンの場合には、前方44mの地点からほぼ前方10mに至るまでの間、不快グレアの予測値が4を下回り、グレアが強いことが予測される。

照射方向を左に振った場合について、HIDの場合には66mから45mの区間で、ハロゲンの場合には61mから49mの区間で不快グレアの予測値が4を下回る結果となった。両ランプの場合とも照射方向が正面の場合と比較して、グレアの強い区間がAFS車から遠い領域に移動しており、またその区間長も短縮された。グレアの強さの最大については、ハロゲンの場合には軽減されたが、HIDの場合にはほぼ同程度であった。このグレアの強さの変化傾向の相違

は、両ランプの配光が異なることに起因するものである。

これらの結果から、対向車のドライバーが受けるグレアの程度について、ランプの照射方向を左に振った場合には、照射方向が正面の場合と同等かもしくは軽減されると予測される。

4. 照射方向を上向きにした場合の解析結果

実際の自動車においては、乗員数や積載状況によっては車両姿勢が上方に1°以上ずれることがある¹¹⁾ため、照射方向を上向きにずらした場合について解析を行う。

4.1. 直線路走行時のグレア状況

直線路走行時において照射方向を標準状態から上向きに1°および1.1°ずらした場合についてグレア状況の解析を行った。解析結果を図5に示す。ハロゲンの場合、HIDの場合とも照射方向が上向き1°の場合、対向車に与える不快グレアは問題のないレベルであった。しかし、上向きの角度を1.1°とすると、HIDの場合にはAFS車の前方76mから45mの範囲においてグレアの予測値が4を下回る結果となった。一方、ハロゲンの場合にはグレアの予測値が4を下回ることはなかったが、値は小さくなっている。0.1°の違いでこのような差が出るという結果から、上方向の照射角度に余裕がないことがわかる。

4.2. AFS車が右カーブ路走行時のグレア状況

AFS車が右カーブ路において照射方向が正面の場合(通常の自動車)または右側に10°振った場合(AFS)に、その状態に加えて照射方向を上向きに1°ずらした状態における不快グレアの解析を行った。解析結果を図6に示す。

ハロゲンの場合については、照射方向が正面の場合グレアの予測値は問題のないレベルであった。しかし、照射方向を右側に10°振ったAFS車の場合、前方50m付近でグレアの予測値が4を下回る結

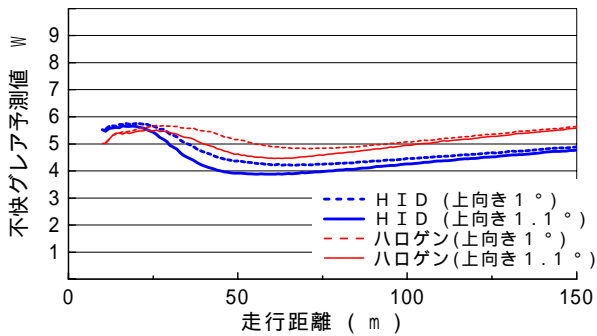


図5 対向車に与える不快グレア予測(直線路)

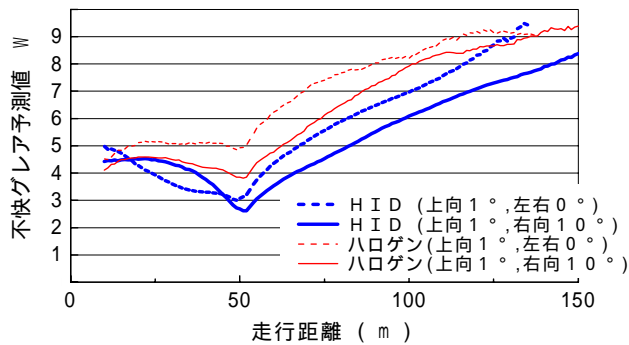


図6 対向車に与える不快グレア予測(右カーブ路)

果となった。

HIDの場合については、照射方向が正面の場合には前方56mから24mの区間において、また照射方向を右側に10°振った場合には前方66mから38mの区間において不快グレアの予測値が4を下回る結果となった。

以上のことから、配光全体をカーブの方向に向ける方式のAFSの場合には、対向車に与えるグレアの観点からレベリング装置を装備する必要があると考えられる。また、通常の自動車であってもHIDの場合にはレベリング装置が必要であり、ハロゲンの場合でも上下角度変化の大きい車種については、レベリング装置の装着が必要となる場合があると考えられる。

5.まとめ

夜間に進行方向の視認性を向上させるAFS技術に関して、配光の異なる前照灯について、主に対向車への不快グレアの観点から各種条件で数値シミュレーションによる解析を行い、以下のことを明らかにした。

(1) 曲率半径80mのカーブ路の場合について、解析を行った現行のHIDおよびハロゲン前照灯では、カーブの方向に照射方向を10°振ることにより必要な前方視認性を得ることができる。

(2) 右カーブ路において、左右のランプの照射方向を右側に10°ずつ向けた場合でも、対向車ドライバーに対する不快グレアはとくに悪化しない。

(3) 左カーブ路において、左右のランプの照射方向を左側に10°ずつ向けた場合でも、対向車ドライバーに対する不快グレアを悪化させることはない。

(4) 配光全体をカーブの方向に向ける方式のAFSの場合には、レベリング装置を装備する必要があると考えられる。また、通常の自動車においてもHIDの場合にはレベリング装置の装備が必要であると考えられる。

参考文献

- 岡田, 森田, 益子, 関根: 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)
- 岡田, 森田, 益子, 関根: カーブ道路走行時における運転者の視線移動量測定結果, 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, p.75-78 (2002)
- 益子, 森田, 岡田: 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, 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, p.97-100 (2002)
- 益子, 森田, 岡田, 関根: 可変配光前照灯(AFS)が対向車ドライバーに与える眩惑状況の解析, 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, p.79-84 (2002)
- 岡田, 森田, 益子, 関根: カーブ走行時におけるAFSのグレアに関する評価実験, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.69-03, p.5-8 (2003)
- 益子, 森田, 岡田, 関根: 可変配光前照灯(AFS)による対向車に対するグレアのシミュレーション解析グレアのシミュレーション解析, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.69-03, p.1-4 (2003)
- H. -J. Schmidt-Clausen, J. Th. H. Bindels: Assessment of discomfort glare in motor vehicle lighting, Lighting Research and Technology, Vol.6, No.2, p.79-88 (1974)
- 野口, 伊吹, 成定, 松村, 西村, 江島: 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, 照明学会誌, 第75巻, 第2号, p.16-20 (1991)
- 例えば, M. Sivak, M. J. Flannagan: Partial Harmonization of International Standards for Low-Beam Headlighting Patterns, UMTRI-93-11 (1993)
- 例えば, V.D.Bhise, E.I.Farber, C.S.Saunby, G.M.Troell, J.B.Walunas, A.Bernstein: Modeling Vision with Headlights in a Systems Context, SAE 770238 (1977)
- 横井, 橋本: 乗用車の積載状態に伴う前照灯照射角度変化量の測定, 自動車研究, 第19巻, 第9号, pp.42-46 (1997)