

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

自動車安全部

益子 仁一

森田 和元

岡田 竹雄

1. はじめに

前照灯の配光を道路形状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)を搭載した自動車がまもなく実用に供されようとしている。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、併せて、対向車ドライバ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。

前照灯の前方視認性や対向車のドライバに対する防眩性等の性能に関して、実験を行うことのみで検討しようとした場合、種々の制約により十分な検討を行うことは困難である。そこで、数値シミュレーションによる解析が従前から行われている⁽¹⁾。AFSの場合については、走行中に照射方向や配光特性を変化させるため、対向車に対する眩惑(以下、「グレア」という)等の検討をさらに困難なものとしている。その

ためシミュレーションによる解析が従来以上に有用な検討方法となっている。そこで今回、パソコンを使用してAFSによる前方の照射やグレア状況を数値シミュレーションにより解析するためのソフトウェアを開発した。

2. ソフトウェアの構成概要

本ソフトウェアは、自動車に取り付けられた前方や側方を照明する前照灯等(以下、「AFSランプ」という)による照射状況を模擬的にパソコン上に再現させることによって、対向車のドライバに与えるグレア状況を予測するものである。本ソフトウェアにおいては、AFSの解析を容易なものとするため、照射方向の変化や対向車ドライバの視線方向の変更等を容易に行えるようにした。ソフトウェアの構成の概要を図1に示す。

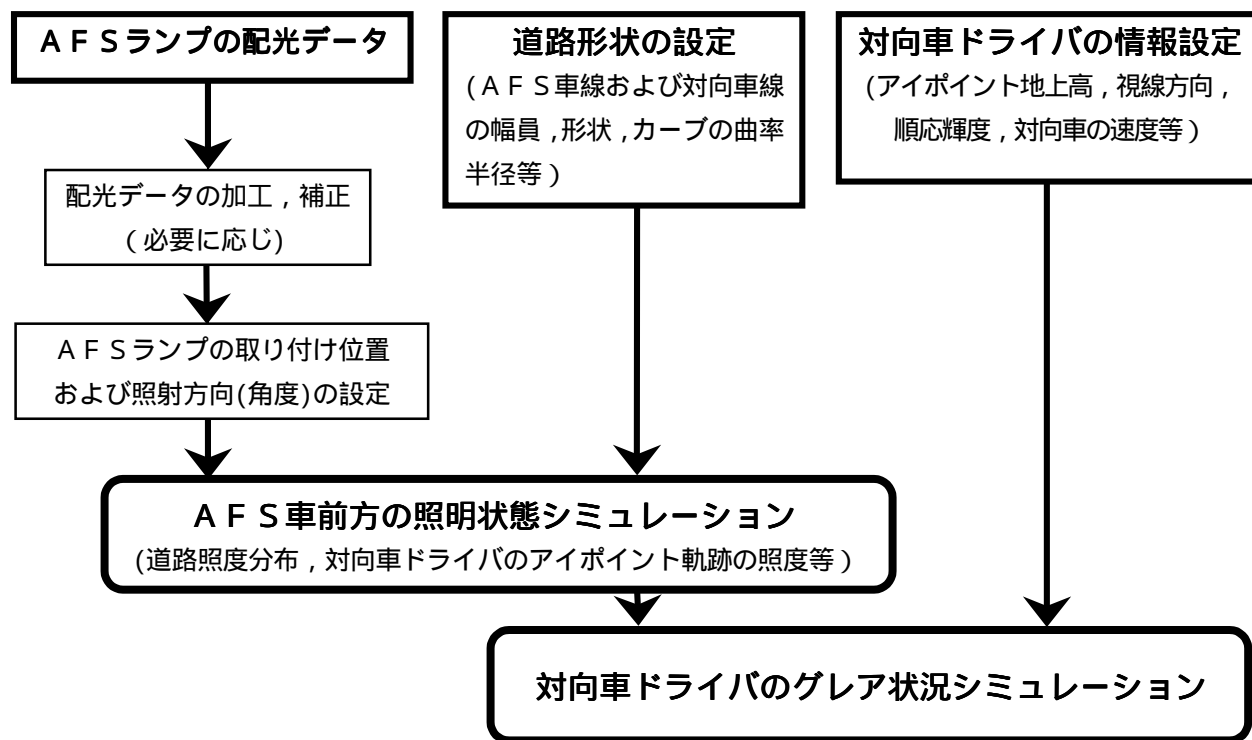
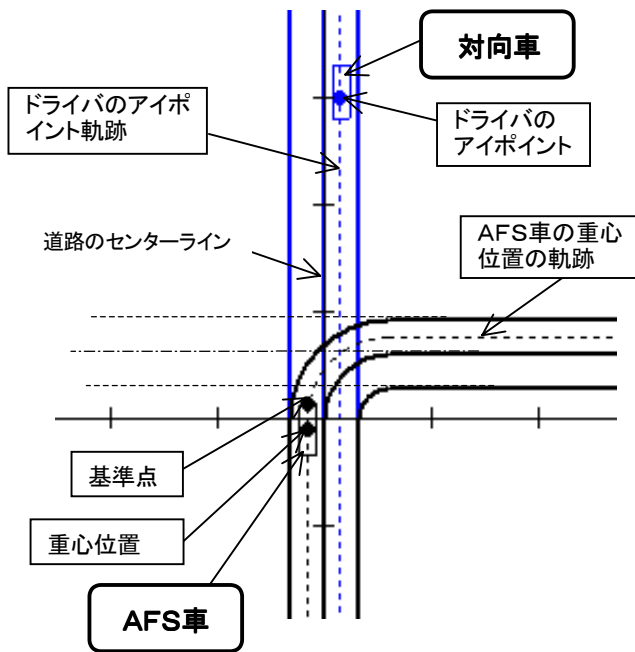
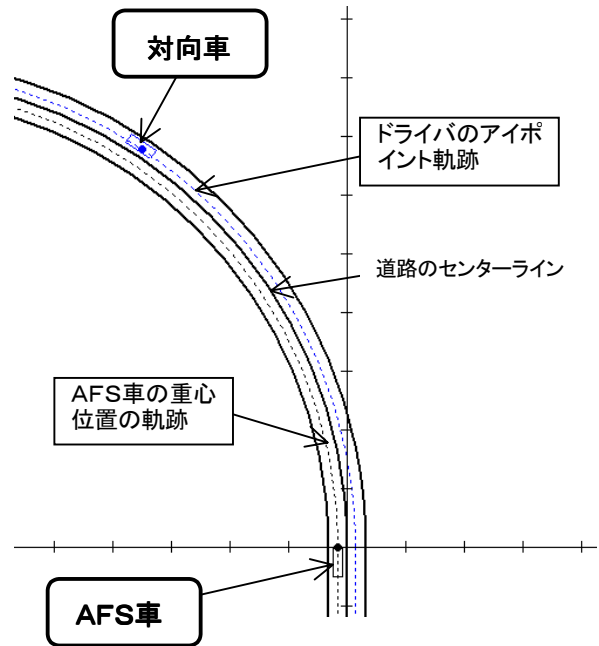


図1 シミュレーション・ソフトの構成概要



(a) 交差点の例 (AFS車右折, 対向車直進)



(b) AFS車左カーブ道路の例

図2 道路形状等の設定例

3. 設定値等について

3.1. AFS車の基準点等の定義

車両の中心面, 車両の中心面に直交し車両の前面と接する鉛直面および路面の3つの面の交点を車両の基準点とし, この基準点を座標の原点とする3次元座標を定義し, AFSランプの取り付け位置等の設定に使用した。

3.2. AFSランプの配光データ

配光データは, 配光測定スクリーン上で晝盤目状になるような上下, 左右の角度間隔で測定された照度データである。ただし, 左右方向の測定角度間隔については一定値とするが, 上下方向の測定角度間隔については, 水平線付近の場合には間隔を小さくし, 上方または下方の角度が大きい範囲では間隔を大きくして測定されたデータも使用できる。配光データの測定角度範囲の最大については, 左右方向 120°, 上方 90°, 下方 30°である。解析に使用するAFSランプの配光データについては, 配光の実測データのほか,

(1) 配光の実測データに対して必要に応じてトリミングや補正係数を乗じることによる加工, 補正等を行ったもの

(2) 任意に模擬的に作成した配光データ等が使用できる。

3.3. AFSランプの取り付け位置, 照射方向等

AFSランプのAFS車への模擬的な取り付けについては, 車両前端部付近の任意の位置に設定することができる。取り付け位置は, AFS車の基準点に基づく3次元座標でそれぞれのランプごとに設定する。ランプの照射方向(上下, 左右方向)は, 任意の角度に設定できる。設定については, 個々のランプごとにランプの中心を通り車両中心面に平行な水平線からの振れ角度で行う。ランプの数については, 最大で10個までシミュレーション計算が行えるようにした。

3.4. 道路形状等

AFS車の走行する道路と対向車の走行する道路とは独立して設定することができる。これにより, 図2に例示したようにAFS車と対向車が一本の道路ですれ違う場合(図2(b))に加え, 交差点においてAFS車が右折または左折をする際に, 直進前方から対向車が接近するような場合(図2(a))の設定を行うことができる。設定は, 道路幅員, カーブ路や交差点の場合の右左折の別, カーブ路の曲率半径と屈曲角度等の項目について行う。

3.5. AFS車の位置等

道路上におけるAFS車の位置については, 同車の重心位置により設定する。この重心位置が道路の平面

図上で A F S 車の走行する車線の中央を走行するようにした (図 2) . なお , 重心位置は , 平面図上で A F S 車の車両中心面上にあるものとした . また , 重心位置の前後方向については , 車両の前端から後端までの間の任意の位置に設定できるようにした . A F S 車の平面図上における姿勢については , 車両中心面が重心位置で走行軌跡に常に接するようにした .

3.6. 対向車ドライバに関する情報の設定

対向車に関しては , 本ソフトウェアの開発の主目的が , ドライバが受けるグレア状況の解析を行うことにあるため , 対向車ドライバのアイポイント位置を基準として道路上の対向車の位置設定等を行うこととした . アイポイント位置の設定は , 地上高および道路のセンターラインからの平面図上における距離で行う (図 2 (a)) . また , ドライバの視線方向については ,

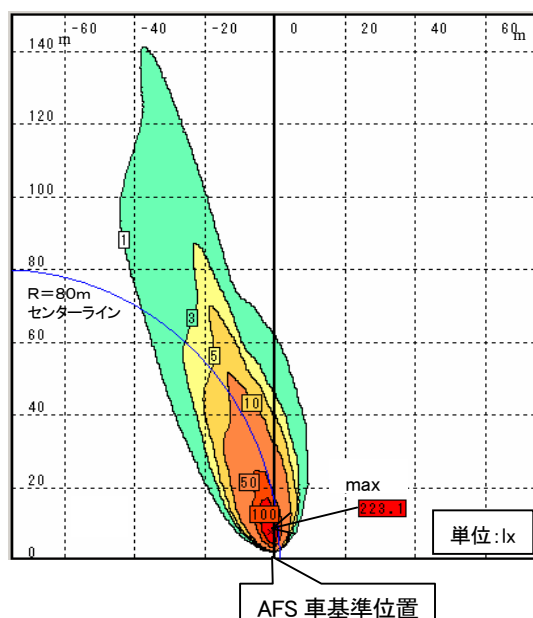


図3 前方路面の照度分布解析例

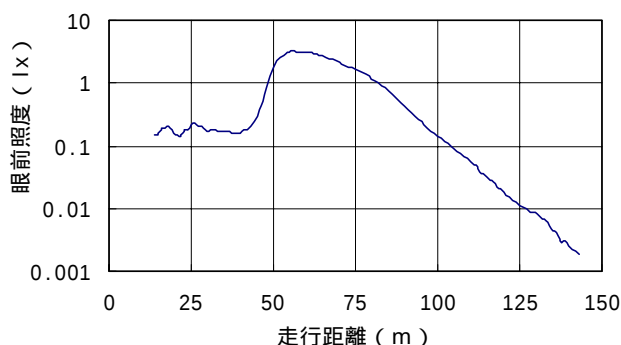


図4 対向車ドライバのアイポイント位置の照度変化状況解析例 (遠方 (150m : 曲率に沿った距離) から接近した場合を示す)

アイポイント位置を通り車両中心面に平行な , 車両前方への水平線からの上下 , 左右方向の角度で行う . なお , 対向車ドライバのアイポイントは単眼として扱うこととした .

4. A F S 車前方の照射状況のシミュレーション解析

4.1. 解析手法

A F S ランプの配光データを使用して , 前記 3 . で述べた各種の設定値を基に前方の照明状態を求める . 前方路面等の解析範囲および計算を行う距離刻みを予め設定しておく . これにより解析範囲全域にわたり照度を計算する地点が碁盤目状に配置される . 次に各地点の法線照度 (照度計をランプに向けて測定した場合の照度) を , A F S 車に取り付けられた各ランプごとに別々に求める . 最後に各地点ごとに各ランプごとの法線照度の算術和を求め , 求めた値をその地点の照度とすることとした . 解析は , 路面上および任意の地上高の水平面について行うことができる .

4.2. A F S 車前方の照射状況のシミュレーション解析例

A F S 車前方の照射状況の解析例を図 3 に示す . 図は , ランプの照射方向を左に 10° 振った場合 ⁽²⁾ の路面の照度分布を照度の区分で色分けを行って表示させたものである . なお , 図中には , ドライバの視線移動量の実験調査を行った ⁽³⁾ 際の左カーブ路 (曲率半径 $R = 80m$) を重ねて表示してある . 対向車が A F S 車に接近する際のドライバのアイポイント位置 (地上高 $1.1m$) の照度 (眼前照度) 変化を求めた例を図 4 に示す . 横軸は , 曲率に沿って測定した A F S 車からの距離を示す . なお , 前面ガラスの視感透過率は , 85% とした .

5. グレア状況シミュレーション解析

5.1. 解析手法

ドライバが受ける不快グレアについては , 表 1 に示すような , いわゆる de Boer スケール上の不快グレア評価値 W ⁽⁴⁾ によって評価することができる . このような評価値の数値計算による予測がしばしば行われる ^{(1), (5)} . この方法で , 現在最も広く受け入れられているものは , H. -J. Schmidt-Clausen と J. Th. H. Bindels のモデル ⁽⁴⁾ による方法と思われる . したがって , 本ソフトウェアにおいてもこの方法を採用することとした .

表1 不快グレアの評価値(文献(4)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)

このモデルを式(1)に示す.

$$W = 5.0 - 2 \log \sum_{i=1}^n \frac{E_{Bi}}{C_{p00} \left[1 + \sqrt{\frac{L_u}{C_{pL}}} \right] \theta_i^{0.46}} \quad \dots(1)$$

ここで,

n : ランプの数

E_B : ドライバの眼前照度 (lx)

L_u : ドライバの順応輝度 (cd/m^2)

θ : ドライバの視線とランプ方向とのなす角度 (min)

また, 定数は以下のである.

$$C_{p00} = 3.0 \times 10^{-3} \quad lx \cdot min^{-0.46}$$

$$C_{pL} = 4.0 \times 10^{-2} \quad cd/m^2$$

ドライバの眼前照度 E_B については, 乗車している車両の前面ガラスによって低下するため, 設定された視感透過率を用いて計算を行っている. 視感透過率の値は, 任意に設定できる. 順応輝度 L_u については, 車両の走行時の状況により様々な値をとることから任意の値に設定できるようにしてある.

5.2. グレア状況のシミュレーション解析例

対向車ドライバの受ける不快グレアの予測を行った例を図5に示す. この解析は, 対向車ドライバの視線方向を右側 20° ⁽³⁾ 一定, 順応輝度を $0.1cd/m^2$ ⁽⁵⁾ として解析したものである. なお, 前面ガラスの視感透過率は85%とした.

本ソフトウェアにより, 実験による検討の困難な種々の条件下における走行方向の視認性や眩惑状況の効率的な解析を行うことを可能とした ⁽²⁾.

6. まとめ

可変配光前照灯(AFS)による前方の照射状況や対向車のドライバに与えるグレア状況を予測するた

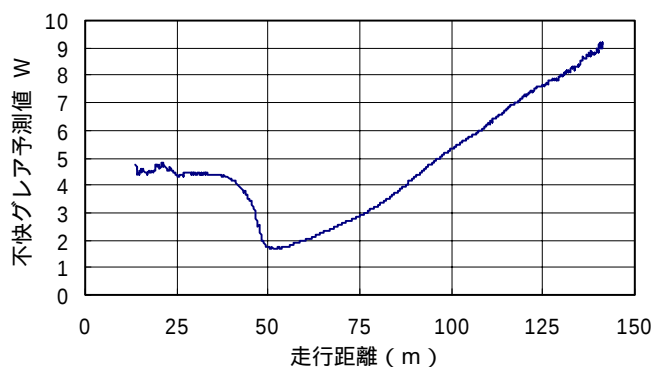


図5 対向車ドライバが受ける不快グレアの予測解析例
(横軸については, 図4の場合に同じ)

めの数値シミュレーション解析ソフトウェアを開発した. 本ソフトウェアにより, 実験による検討の困難な種々の条件下における走行方向の照射状態や対向車に与えるグレア状況の解析検討を容易に実行できるようになった.

今後, 対向車のドライバが走行中に視線を移動させる行動に対応させること, AFS車が走行中に照射方向や配光を変化させる状況を自動的に再現させること等の改良を加えていきたい.

参考文献

- (1) 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)
- (2) 益子, 森田, 岡田, 関根: 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回交通安全環境研究所研究発表会講演概要 (2002)
- (3) 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, 第2回交通安全環境研究所研究発表会講演概要 (2002)
- (4) H. -J. Schmidt-Clausen, J. Th. H. Bindels: Assessment of discomfort glare in motor vehicle lighting, Lighting Research and Technology, Vol.6, No.2, pp.79-88 (1974)
- (5) M. Sivak, M. J. Flannagan: Partial Harmonization of International Standards for Low-Beam Headlighting Patterns, UMTRI-93-11 (1993)