

# 霧による照明光の光散乱が交通視環境に及ぼす影響

交通システム研究領域

青木義郎 豊福芳典 塚田由紀

## 1. はじめに

霧などの視界の悪い条件において交通事故は発生しやすく、その視認性の改善が求められている。視覚援助に利用される夜間照明は霧中では光幕が発生し、逆に視界の妨げの要因にもなりうる。こうした霧中での照明効果については理論的な解析は十分なされていないのが現状である。交通照明の設計および基準を検討する上でこうした照明効果の解析は重要である。自動車分野においては夜間時での前照灯による前方視認距離の確保が法整備されているものの、霧中での視認距離低下については考慮されていない。また航空分野においてはスポットへの灯火誘導方式を検討する上でエプロン照明の影響を調査する必要がある。

この研究では、自動車前照灯や空港照明の照明光による輝度分布等が霧中での光散乱によりどの様に変化し、見え方にどの様に影響するか解析を行い、そのCG化を行った。また、天候に応じて前照灯の最適配光制御を行う先進前方照明システムの将来的な開発を目指し、配光による視認性改善について検討を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 解析方法

灯火等からの光が大気中でどの様に散乱するか解析を行い、路面への水平面照度と障害物の鉛直面照度等との関係を解析し、その評価を行う。その数値解析手法を以下に示す。

### 2.1. 散乱光空間分布解析

Mie理論により求められる微粒子1個当りの散乱特性(散乱効率や散乱強度角度分布)に基づき、モンテカルロ法により空間に微粒子が複数個存在するときの散乱光の空間分布特性を求めることができる。その基本フローチャート<sup>1)</sup>を図1に示す。この光散乱解析手法により、照明光の大気中光散乱の解析及びその可視化を行う。なお、最大散乱次数は8とした。

### 2.2. 解析条件

数値解析において設定した前照灯の設置条件を表1に示す。光源の配光は、すれ違いビームの実測データを用いた。光源の波長分布はCIE標準A光源を用い

るものとした。路面反射率は15%、完全拡散反射とする。障害物や白線標識の反射率は80%を用いるものとする。大気中微粒子の屈折率は水の1.33を用い、微粒子平均粒径は $6\mu\text{m}$ とし、粒径分布はDeirmenjian分布関数<sup>2)</sup>を用いた。

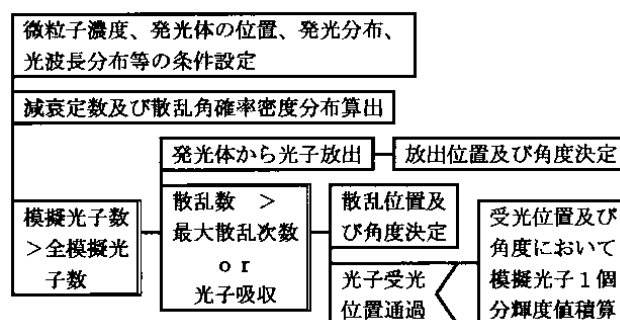


図1 光散乱解析手法

表1 計算パラメータ

前照灯地上高	0.65m
2灯左右間隔	1.15m
ドライバーの目の高さ	1.60m

## 3. 解析結果

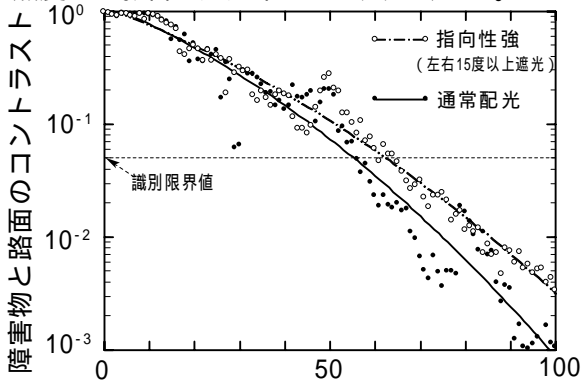
### 3.1 前照灯の光散乱が視環境に及ぼす影響

ドライバーから見た路面の視覚情報として、路上障害物の場合にはその鉛直面照度、白線等の標識の場合にはその水平面照度が、その見え方に影響する要因になるものと考えられる。さらに大気中での光散乱による光幕輝度も視認性に影響を及ぼす要因となる。障害物と路面との輝度対比(コントラスト)に関する解析結果を図2(a)に、標識と路面との輝度対比に関する解析結果を図2(b)に示す。なお、視程条件は100m(観測間の透過率およびKoschmider近似式により算出される輝度対比が0.05となる距離。反射対象物の背景との識別限界値として輝度対比0.05が一般的に用いられる)で、昼光や街路灯などの外光はないものとした。

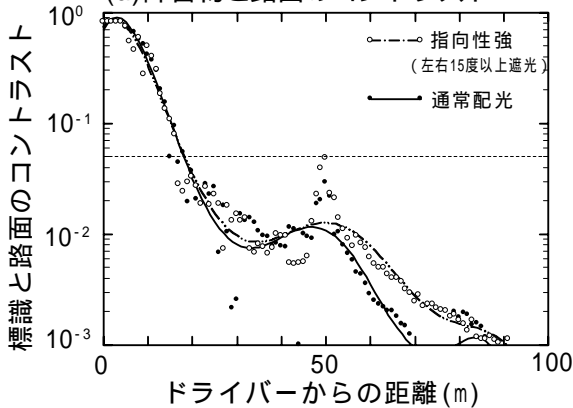
これらの結果を見ると通常前照灯の場合、路面と障害物とを識別する場合はドライバーからの観測距離60m程度で、路面と標識との場合では20m程度でこの識別限界値0.05に達し、いずれも視程100mよりも短い距離で識別不可になることが示されている。また、前照灯の指向性を強めた(中心ビーム左右15度以

上での光カット) 場合、光散乱の低減により輝度対比の低下は抑えられ、通常前照灯の場合よりも視認距離が向上する可能性(特に障害物に対し)を図2の結果は示している。

路面の水平面照度が視程によりどのように変化するかを図3に示す。この照度には散乱光成分も含まれている。視程により光は散乱し直射光成分は透過率に比例して低下するが、散乱光成分を含めた照射水平面照度への影響は透過率ほどは大きくない。



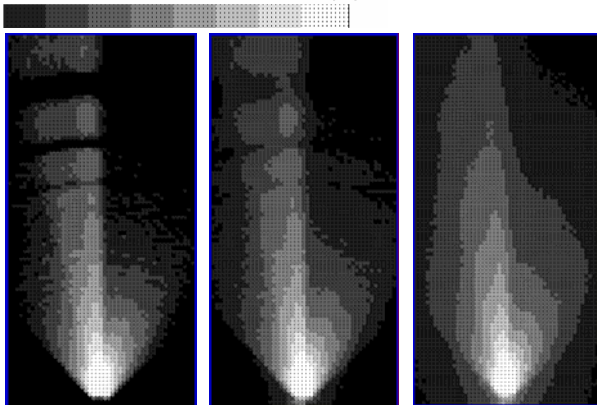
ドライバーからの距離 (m)  
(a) 障害物と路面のコントラスト



ドライバーからの距離 (m)  
(b) 標識と路面のコントラスト

図2 前照灯による輝度コントラスト

$10^{-5}$   $10^{-4}$   $10^{-3}$   $10^{-2}$   $10^{-1}$   $10^0$   $10^1$   $10^2$  (lx)

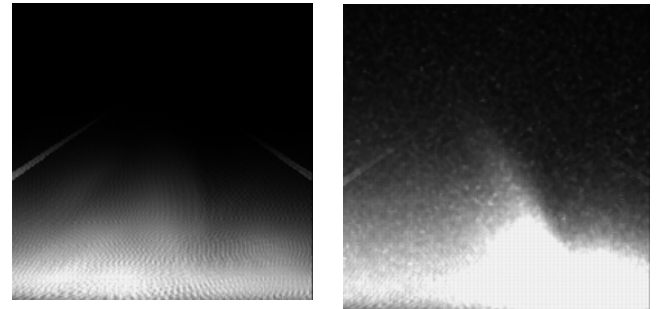


(a) 視程クリア (b) 視程400m (c) 視程100m

図3 前照灯による水平面照度分布

(ドライバー位置より前後0~100m、左右±30m)

ドライビングシミュレータやフライトシミュレータにおけるCG画像は、Mie理論に基づいた個別灯火の光散乱は反映されていない。図1の手法に基づいて粒径等により変化する光散乱を考慮し、前照灯の照射による輝度分布を求め、CG化を行った。その結果を図4に示す。視程が100mと低い場合、光散乱によりドライバーの視界前方の路面輝度がクリア時と比べ上昇し標識の視認性が低下する様子が示されている。



(a) 視程クリア

(b) 視程100m

図4 前照灯による路面輝度分布のCG画像

### 3.2 高所投光照明

空港エプロン照明や道路照明のような高所からの照明効果が視程によりどのように変化するか求めた。その結果を図5に示す。投光器の高さは30mとし、照射角度は下方-45度とした。この場合の水平面照度も散乱光成分を含めると視程による変化は少ないことが示されている。しかしながら散乱光成分による光幕輝度の増加により、水平面照度の変化が小さくても路上障害物の視認性は低下するものと考えられる。

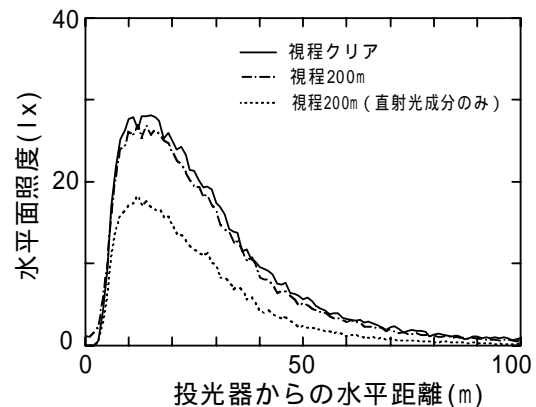


図5 高所投光器による水平面照度

## 4. まとめ

霧の中での前照灯等の照明効果について解析を行い、配光により光幕を抑え視認性向上の可能性が有ること等を明らかにすることが出来た。

<参考文献> (1) 照明学会誌79-2 (1996) pp.28-35

(2) Applied Optics 3-2 (1964) pp.187-196