

# 低視程時における視覚情報伝達の改善

交通システム研究領域

青木義郎

## 1. はじめに

航空機事故の多くは霧などの低視程時に発生している。その一方で航空機の運航量は増大しており、そのため低視程時における航空機の安全性と就航率の向上が課題とされている。

灯火や標識からの視覚情報は霧などの低視程時において光の減衰や散乱により劣化するが、それが光波長や大気中微粒子によりどのように変化するか十分な解析はなされていない。筆者は、大気中での光散乱の解析を行う数値シミュレーション<sup>1)</sup>を開発し、それにより空港灯火や各種視標について見え方の評価解析を行ってきた。

この研究では、混濁大気中において電光文字標識などからの視覚情報伝達が、可視光や赤外線など光の波長によりどのように変化するかを解析しCG化を行った。そして、その可読性の評価及び赤外光利用による改善の可能性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

減衰係数は、角膜照度やコントラスト低下の両方に影響し、光源や対象物の視認距離を決定する要因となる。この減衰係数の波長域による変化を図1に示す。これによると、大気中での微粒子の粒径が大きい場合には、可視領域並びに赤外領域いずれを利用して光の減衰は殆ど変わらないことが示されている。しかしながら混濁大気中での光源の見え方は光の減衰だけでなく光源のまわりに発生する散乱光などによっても変化するものと考えられる。ここでは大気中での光散乱を考慮できる数値解析により、混濁大気中での複合灯火の見え方を可視化し評価を行う。

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

カル口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2に示す。この光散乱解析手法により、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16とした。

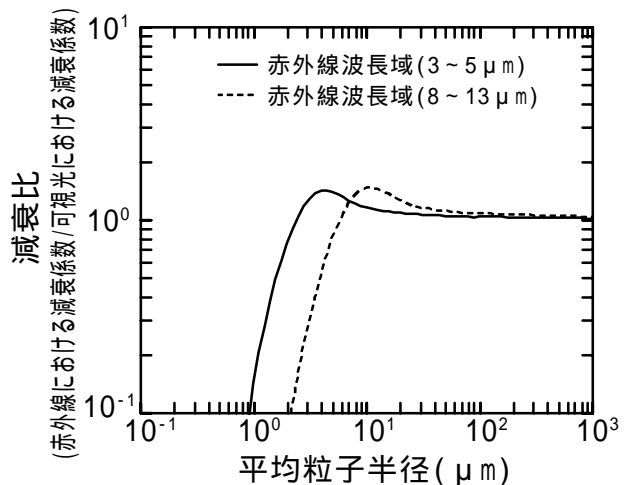


図1 各波長における減衰係数の変化

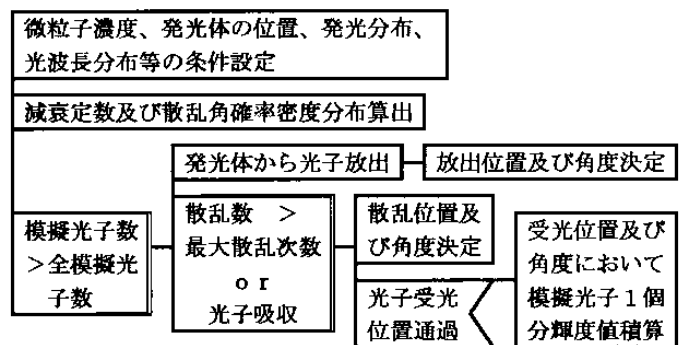


図2 光散乱解析手法

### 2.2. 解析条件

数値解析において設定した計算パラメータ(視標、大気条件等)を表1に示す。

なお解析に用いる視標はドットマトリクス表示板とする。指標を形成する各ドットの配光は図3の通りである。視標から放射される光波長は可視光(0.470

μmまたは0.630 μm)あるいは赤外線とする。数値解析はそれぞれの波長に対して実施し、可視光に対しては肉眼で観測、赤外線に対しては赤外線カメラにより観測した場合の視界を可視化する。赤外線カメラの波長感度を図4に示す

なお、過去の調査結果に基づき各平均粒径における粒径分布の関数を次のように仮定する。

(1)平均粒子半径 1 μm以下の時: Young 分布関数<sup>2)3)</sup>

$$n_a(r) \sim r^{-4} (r_1 - r_2 : r_1 = r_2/100) \quad (1)$$

(2) 1 ~ 100 μm時: Deirmenjian 分布関数<sup>2)3)</sup>

$$n_a(r) \sim ((r/q) e^{-r/q})^b \quad (b = 6.0) \quad (2)$$

表1 計算パラメータ

大気微粒子平均粒径	0.3 ~ 30 μm
光学深さ	0 ~ 16
視標パターン	64 × 64ドットマトリクス 電光文字A
指標サイズ	2.5度

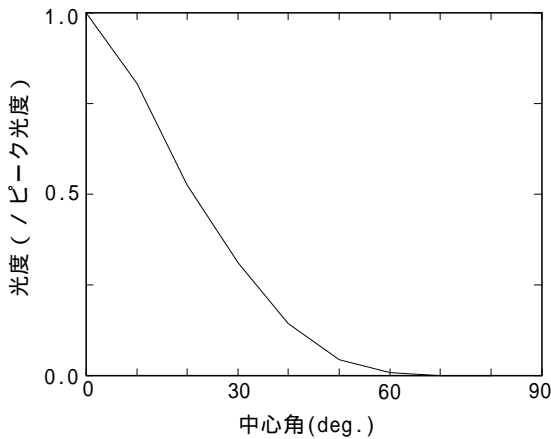


図3 発光体の配光

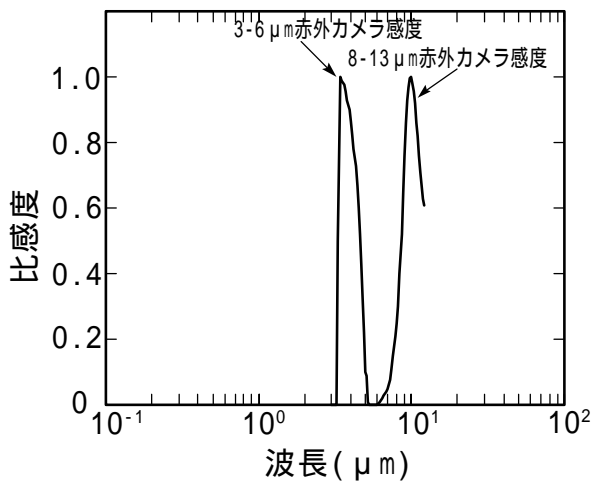


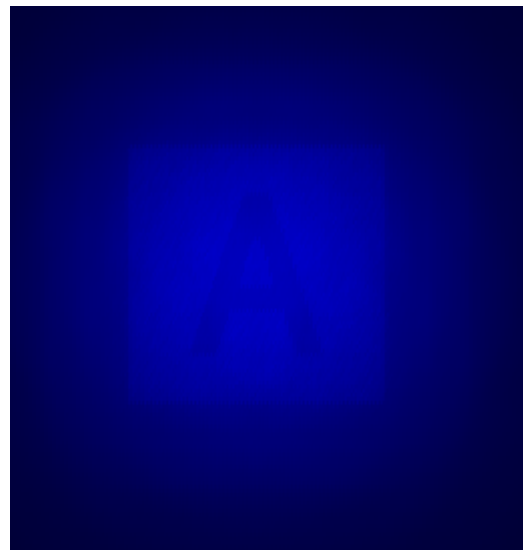
図4 赤外線カメラの比感度

### 3. 解析結果

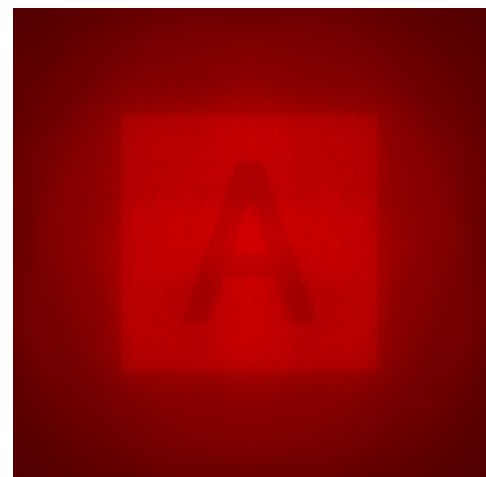
#### 3.1 光散乱を考慮したCG解析

数値解析により求められた電光文字のCG画像を図5に示す。なお文字パターンは、文字部分を点灯させるケースとその背景部分を点灯させるケースの2種類についてCG解析を行った。平均粒子半径は3 μm、大気の混濁度は光学深さ8である。

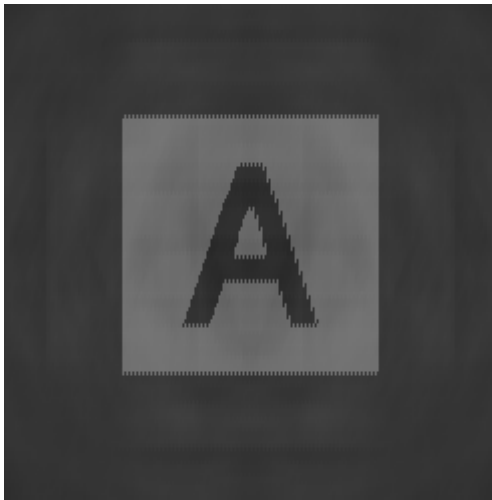
図に示されるように、波長により光散乱の割合は変化し、この場合波長が長くなるほど可読性の改善が見られる。また点灯部分の面積の大きい背景点灯のケースの方が散乱光の影響は強く、文字と背景とのコントラストに影響する割合が大きい。



(a) 青色 (文字消灯)



(b) 赤色 (文字消灯)



(c) 8-13 μm赤外画像 (文字部分非放射)



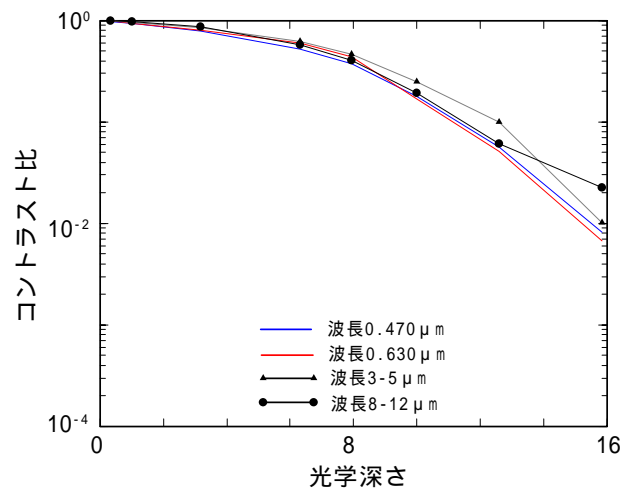
(d) 青色 (文字点灯)

図5 光散乱を考慮した電光文字のCG画像

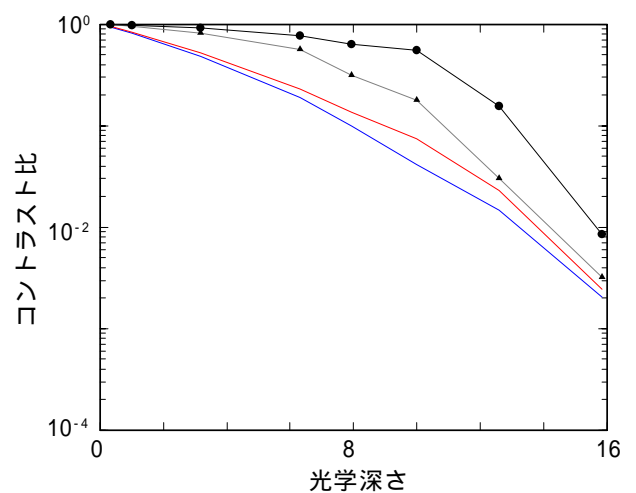
### 3.2 波長による可読性の変化

文字情報の可読性を評価するため、図5のCG画像に基づき文字の明暗コントラスト比を求めた。その結果を図6、図7に示す。なおコントラスト比は、視標文字の明部部分の見かけ上の平均輝度をそれぞれ大気中での光散乱を考慮して算出し、その対比を求めたものである。

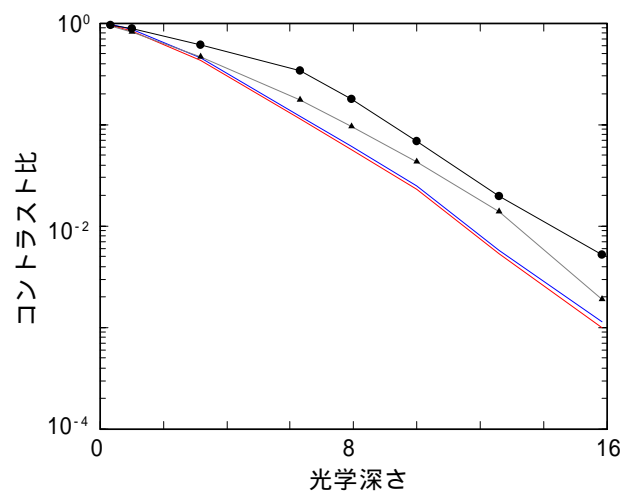
図に示されるように、可視光よりも赤外波長の方が大気の混濁度(光学深さ)に対するコントラスト比の低下の割合は小さく、光の減衰率については波長による差が殆ど生じない(図1参照)平均粒子半径30 μmの場合においても可読性の改善が図れることが示されている。



(a) 平均粒子半径0.3 μm



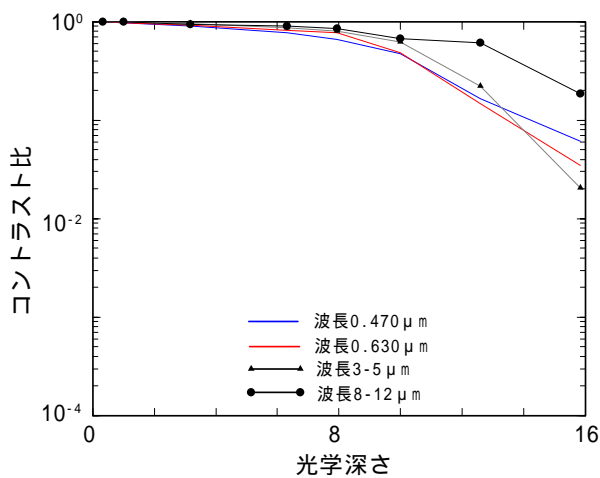
(b) 平均粒子半径3 μm



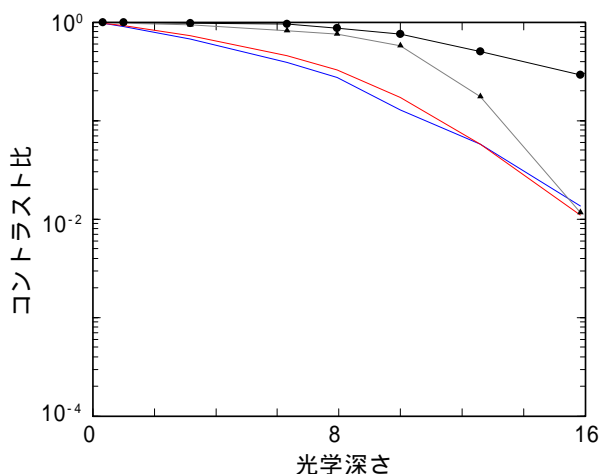
(c) 平均粒子半径30 μm

図6 発光部とその背景とのコントラスト比 (文字非点灯、背景点灯)

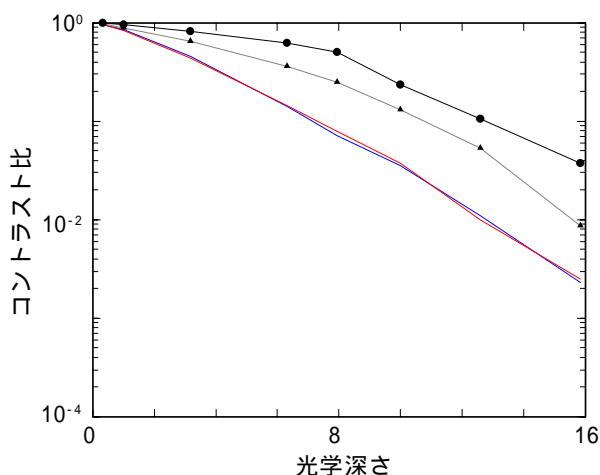
また図7よりも図6の発光部分の面積が大きい背景点灯時の方が大気混濁によるコントラストの低下の割合が大きくなること示されている。またこの発光パターンにより波長による影響も変化する。



(a) 平均粒子半径0.3 μm



(b) 平均粒子半径3 μm



(c) 平均粒子半径30 μm

図7 発光部とその背景とのコントラスト比  
(文字点灯、背景非点灯)

#### 4. まとめ

低視程時における航空機等の安全性の向上を目指し、赤外線利用などの光波長の変化や視覚システムの表示パターンにより視覚情報伝達がどのように変化するかを解析し、視認性改善の評価を行った。その結果を以下に示す。

- (1) ドットマトリクス表示板の場合、見え方は大気中での光散乱による影響が大きく、平均粒子半径が30 μmと比較的大きい場合においてもその文字情報の可読性は波長により変化し赤外利用により可読性の改善が図れる。
- (2) 文字点灯より背景点灯のように発光部分の面積が大きいほど散乱光の影響が大きく可読性を低下させる要因になる。またその発光パターンにより波長による影響も変化する。

今後も各種指標の視認性および可読性の改善方法について検討を行っていく。

#### 参考文献

- (1)青木義郎ほか:大気中の微粒子による散乱光を考慮したコンピュータグラフィックス(その1)  
照明学会誌 79-2 (1996) pp.28-35
- (2) Deirmendjian, D. : Scattering and Polarization Properties Water Clouds Hazes in the Visible and Infrared, Applied Optics 3-2 (1964) pp.187-196
- (3) Harrison, H., Herbert, J. and Waggoner, P. : Mie-Theory Computations of Lidar and Nephelometric Scattering Parameters for Power Law Aerosols, Applied Optics 11-12 (1972) pp.2880-2885