

人工霧中を伝搬するレーザービームの散乱による
 ビーム断面の空間的広がりに関する実験的研究
 Experimental study of spatial spread of beam section by scattered
 propagating laser beam through artificial fog

三ツ木 孝之 椎名 達雄 池田 絃一

Takashi MITUGI Tatsuo SHIINA and Koichi IKEDA

東京理科大学 理工学部

Faculty of science & engineering (Tokyo Rika Daigaku)

Abstract

The scattering angle characteristics of the laser beam transmitting through the stratified fog is measured. In this experiment, Fourier optical system is used. This system put scattering angle into variation of position. The scattering angle of laser beam is measured at the interval of 5×10^{-6} radian with the photomultimeter. The characteristic of the transmitted beam through artificial fog is clarified.

1 はじめに

霧中を伝搬するレーザービームは、ミー散乱によりビーム断面が広がる。しかし、従来のレーザーレーダ方程式では送信ビームは平行光と仮定されている。この方程式を用いて、本研究室で開発したレーザーレーダによる観測データを解析し、視程を算出した結果が観測データとあわない。そこで、送信ビームの広がりを考慮に入れた新しいレーザーレーダ方程式を提案した。この新しいレーザーレーダ方程式を用いて、レーザーレーダによる観測データを解析し、視程を算出した結果が実際の視程と一致することを確認している。この新しいレーザーレーダ方程式における送信ビームが広がるという過程を実験的に確かめるために、人工霧中を伝搬するレーザービームの空間的広がり測定を行った。

2 実験装置

暗室内に、フーリエ変換光学系を組み上げた。この光学系は2枚のレンズで構成されている。1枚目のレンズL1の焦点にあるスリットを通ったレーザービームをレンズL1により平行光にする。つぎに、2枚目のレンズL2により結像面にスリット像が結ばれる。この2枚レンズの中央にレーザービームの伝搬方向の厚み6 cm, 12 cm, 24 cmの層状の人工霧にレーザービームを伝搬させた場合について測定を行った。層状の人工霧によって散乱したレーザービームはレンズL2によって結像面に位置の変化として現れる。すなわち、レーザービームの散乱角度 θ は結像面で $f\theta$ の位置の変化として現れる。レーザービームの強度分布を測定は、ステッピングモータとマイクロメータを用いて受光部をレーザービームに対して垂直方向に $5 \mu\text{m}$ 間隔で移動させて測定を行った。測定概念をFig. 1に示す。

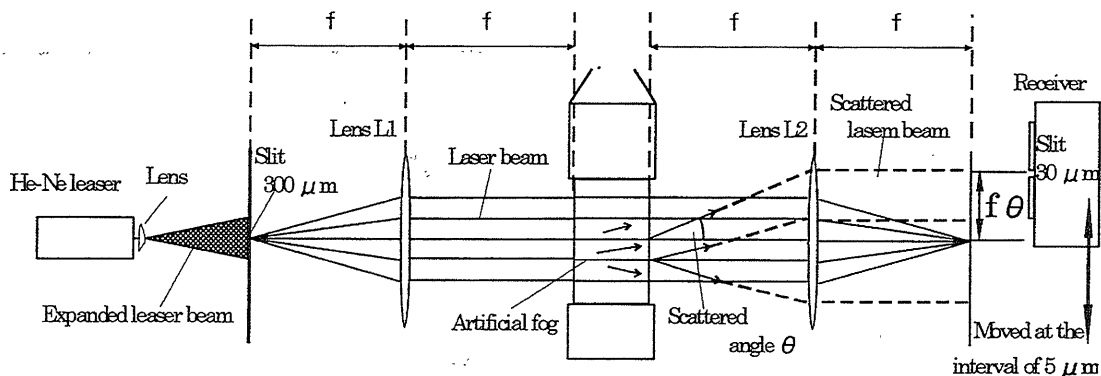


Fig.1 concept of measurement of intensity distribution

本実験で使用した人工霧は、超音波霧発生器によって発生させている。この人工霧を層状にかつ揺らぎをなくすためのガイドを水に強い材質を使用して人工霧のビーム伝搬方向の厚みを6 cm、12 cm、24 cmの3種類作製した。また、人工霧の粒径分布は下記のようにして求め天然霧の粒径分布と一致していることを確認している。マグネシウムを燃焼させることによって生じる酸化マグネ

シュウムをスライドガラスに付着させる。このスライドガラスを人工霧にかざすことによって人工霧の粒径痕を付着させる。人工霧の粒径痕の径を顕微鏡で測定し粒径分布を求めた。この測定による粒径分布と天然の霧の粒径分布をFig. 2に示す。

3 実験結果

この実験で得られた測定データをFig. 3に示す。このグラフの縦軸は出力電圧 (V) の対数表示、横軸は相対角度 (rad) で表示している。ただし、霧によって減衰したレーザービームの波高値を5 (V) に合わせることで強度分布の広がり分をグラフ上で見て取れるようにしてある。この結果から層状の霧の厚み6 cmの透過率を一定にした場合、厚み6 cm, 12 cm, 24 cmの人工霧中を伝搬させたレーザービームの散乱角度が伝搬距離の増加とともに大きくなっていることがわかった。また、伝搬距離が異なるが透過率が等しい場合、散乱角度が等しくなることが分かった。

人工霧中を伝搬させたレーザービームの強度分布とスリットの像の強度分布の差を求めた。これから広がり関数を導き出した。人工霧の厚み6 cmの広がり関数をスリットの像の強度分布に2回畳み込み積分した結果が、厚み6 cm当たりの霧の透過率が等しい厚み12 cmの人工霧中を伝搬させた場合のデータと一致することを確認した。また厚み24 cmの強度分布は広がり関数をスリットの像の強度分布に4回畳み込み積分した結果が一致することを確認した。

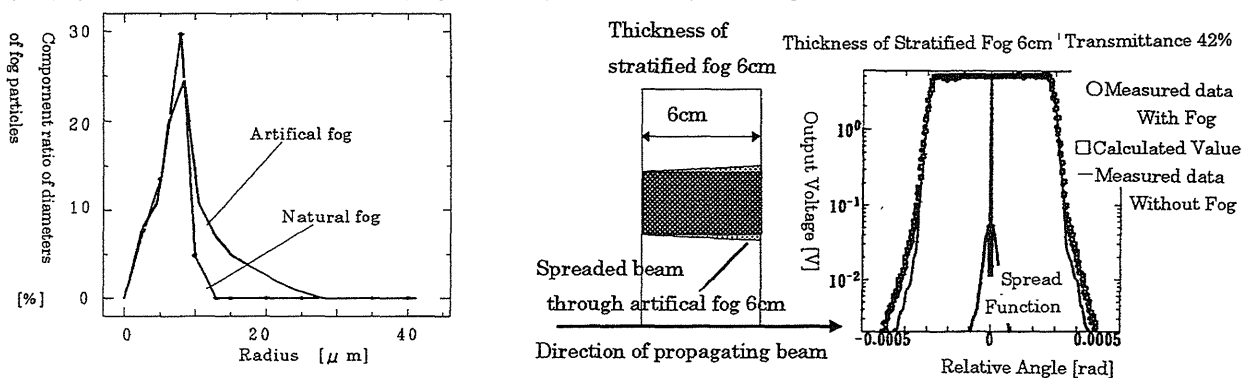


Fig. 2 distribution of diameters of natural fog and artificial fog

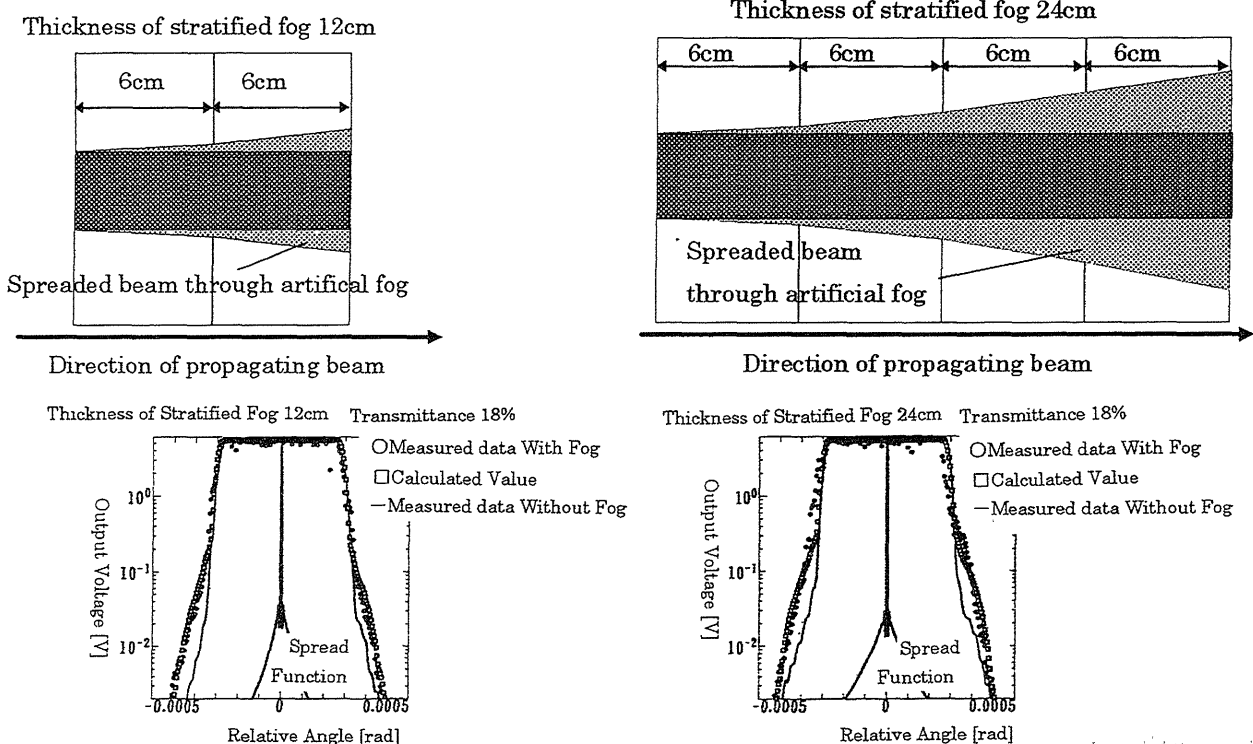


Fig. 3 Measurement Data and Image of spreaded beam

3 まとめ

以上から、霧中を伝搬するレーザービームの散乱角度特性が明らかになった。この実験で求めた広がり関数により霧中を伝搬するレーザービームの強度分布を計算で求めることができる。