

B9 霧中における送信レーザービームの進行過程での広がりに関する 「広がり関数」を用いた理論的解析

Theoretical analysis of laser beam spread propagating through fog using "Spread Function"

椎名 達雄 三ツ木 孝之 池田 紘一

Tatsuo Shiina, Takashi Mitsugi and Koichi Ikeda

東京理科大学理工学部

Faculty of Science & Technology, Tokyo Rika Daigaku

Abstract

The computer simulation using 'spread function' in foggy condition is accomplished. This simulation with lay-tracing is faster and more precise than that with monte calro. The spread function is derived from the unique experiment in our laboratory. This simulation result shows the concept of the new laser radar equation, which is considered the spatial spread of transmitted beam. And the simulation results well correspond to the obtained data measured by laser radar system in foggy conditions. Using this simulation, the predicted spread of transmitted beam can be obtained not only in foggy condition, but also in rainy and snowy conditions.

1. はじめに

レーザレーダ使用時における送信ビームの多重散乱は特に悪天候時に顕著になり、視程計測や目標物までの距離計測に大きな影響を及ぼしている。多重散乱は現在多くの研究機関で解析が行われており、様々な解析方法が提案されているが、当研究室では実験により求めた「広がり関数」を用いてレーザービームの霧中での伝搬特性をより高速に、精度よく調べた。以下にその解析方法及び結果を示す。

2. 広がり関数の導出

広がり関数は当研究室で行った霧散乱角度特性実験により得られた測定データから導いた。この実験ではフーリエ光学系を用いており、霧は超音波霧発生装置を使用して発生させている。この人工霧の粒径分布が天然の陸霧のそれと一致することを確認している。広がり関数は霧を発生させない時のレーザービーム測定データと霧を発生させてビームを散乱させた際の測定データとの差分を求めることで導き出している。その際、霧により散乱されたビームの波高値は正規化している。Fig.1は実験系後半部分の概念図であり、散乱光が位置の変化として焦点面に現れることを示している。Fig.2は導き出した広がり関数の例であり、レーザー光に対する霧の透過率が低くなるにつれ、広がり関数の波高値が大きくなっていくことがわかる。シミュレーション上では任意の透過率での広がり関数が求められるように実験式を求めており、それをFig.3に示す。

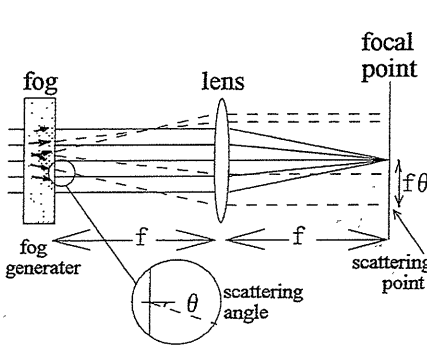


Fig.1 Concept of the experiment of the scattering characteristics.

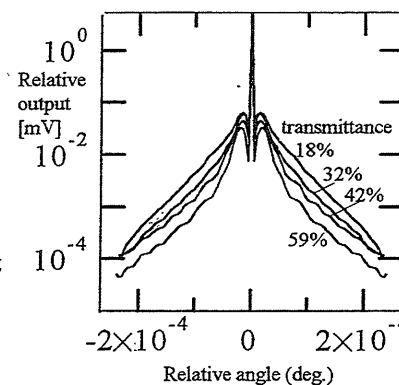


Fig.2 Examples of spatial spread functions.

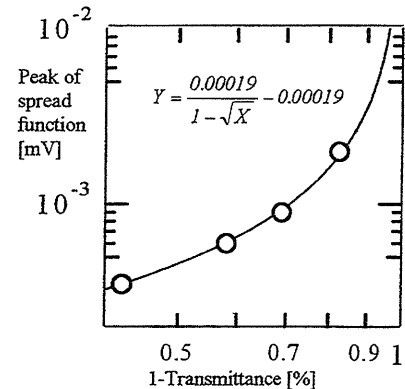


Fig.3 Alternation of the spread function.

3. レーザビーム散乱シミュレーション・アルゴリズム

このシミュレーションは光線追跡法を用いている。そのためモンテカルロ法を用いた場合よりも、高速で精度の高い解析結果を得ることができる。そのアルゴリズムをFig.4に示す。前段で得た出力パターンのそれぞれの点に対し広がり関数を掛け合わせ、次段の出力パターンを計算する。つまり、畳み込み積分を行っていくことになり、それを定式化したものが式(1)である。これを繰り返すことでレー

ザビームの霧中での伝搬の様子を追ってゆく。

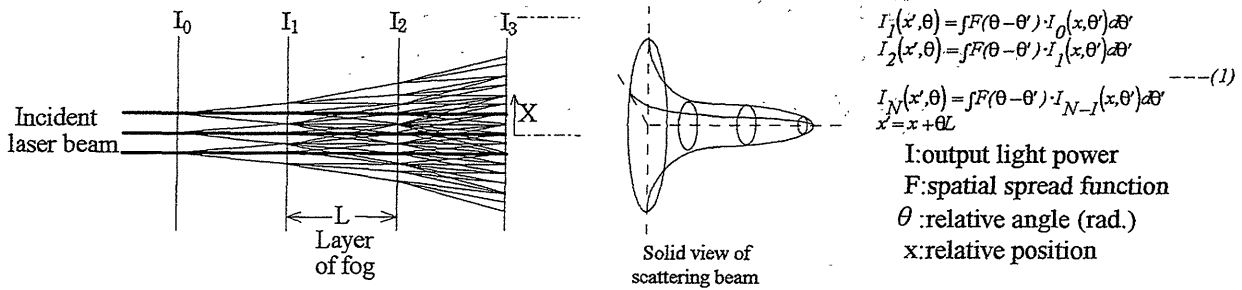


Fig.4 Algorithm of scattering simulation of transmitted laser beam.

4. シミュレーション結果

レーザ送信光の透過率を800m先で5%としたときの解析結果を Fig.5 に示す。図から見て取れるように送信光が非線形的に広がってゆく様子がわかる。これをモデル的に表したものが Fig.6 である。Fig.5 及び Fig.6 は当研究室で提案している送信光の多重散乱による広がり方を考慮した新しいレーザレーダ方程式 (2) の概念を表すものであり、このシミュレーション結果から提案している方程式の正当性を確認することができた。実際のレーザレーダ観測データにシミュレーション結果を当てはめるために提案式の距離の乗数 n を Fig.7 のグラフより求めている。これを実際の観測データに当てはめたものが Fig.8 であり、観測データや提案式によく一致している。また、霧の場合の、式 (2) における距離の乗数 n と光の大気減衰係数 σ との統計データに、シミュレーション結果をプロットしたものが Fig.9 である。図中の点線はシミュレーション結果によるレーザビーム散乱の予測曲線である。このシミュレーション解析により、レーザレーダ統計データの補間を行うことができるだけでなく、送信光散乱の客観的評価が可能となる。

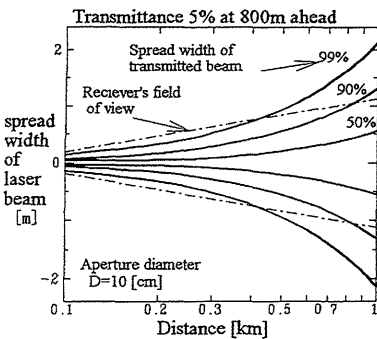


Fig.5 Result of the simulation.

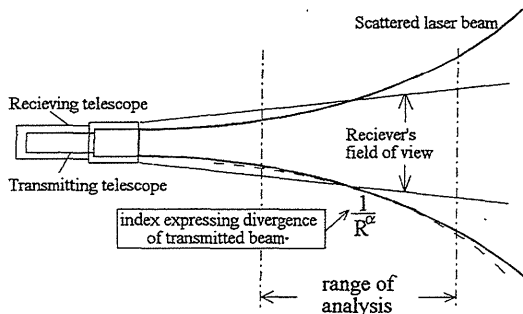


Fig.6 Scattering model of the transmitted beam.

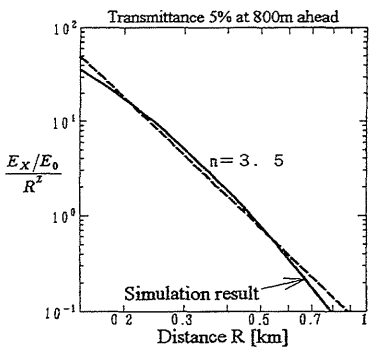


Fig.7 Derivation of the power of n.

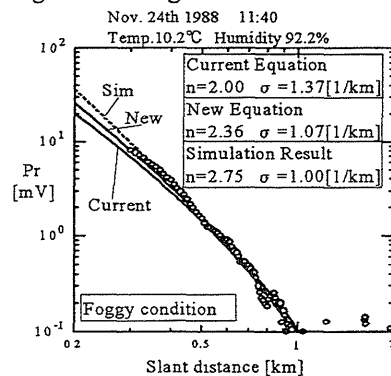


Fig.8 Result of the simulation and the data obtained by laser radar.

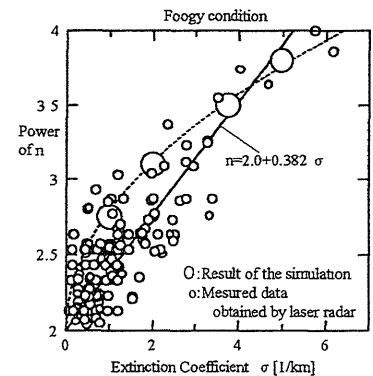


Fig.9 Plot of power n and coefficient σ derived by result of the simulation.

5. まとめ

光線追跡法を用いたシミュレーション解析を行うことで高速で精度の高い解析結果を得ることができた。また、その解析結果が、実際のレーザレーダ観測データととてもよく一致することを確認し、提案している新しいレーザレーダ方程式の正当性を確認することができた。今後は広がり関数の理論的解析、及び雨や雪の場合のシミュレーション解析を行う予定である。