

光ファイバ屈折率センサを用いた高散乱媒質の測定

Concentration measurement of high scattering medium using optical fiber refractive index sensor

1245052 位頭 信哉 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

1. はじめに

光散乱を用いた計測は、医療、化学、食品など多くの分野において非接触・非侵襲で計測するための技術として確立されている。

散乱現象を用いた測定における問題点として、光を測定対象物に照射したとき、定量性のある測定に必要な実効的な光路長が光源と検出器の間で異なってくることや測定領域が不明確になってしまうことや、測定機器が高価であったり精密機器であるため扱える人や場所が限られてきたりという点が挙げられる。[1]

本研究では、光を照射して直接通過してきた光から散乱媒質を計測するのではなく、散乱媒質中の水分量の変動に伴う濃度変化を今まで透明媒質の濃度測定に用いてきた光ファイバ屈折率センサを使用して測定し、散乱媒質の情報を得ることを目的とする。

2. センサの原理

本研究で用いるマルチモード干渉(MMI)構造(図1)の光ファイバセンサは、コアを持たないマルチモードファイバ(MMF)を入出力側の2つのシングルモードファイバ(SMF)で挟み込んだ構造で、入力側SMFからMMFに光が入力されると光が回折し、複数のモードとなって外部との境界面で全反射しながら通過し、出力側SMFに結合した光が入って干渉スペクトルが得られる。

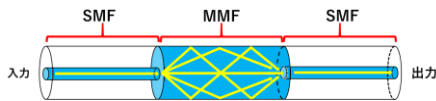


図1 MMI構造

MMFの外側に外部物質(散乱媒質)がある場合、その屈折率に応じて光がその物質中に浸透しながら全反射し伝搬するため、出力されるスペクトルがシフトし、光強度も散乱光が生じるため戻ってくる光の強度が小さくなり、全体的に強度が減衰する。浸透する光のことをエバネッセント光という[2].

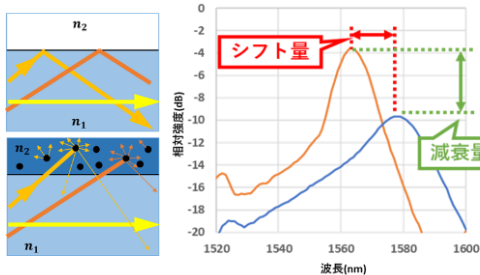


図2 散乱媒質測定時の光路と干渉スペクトル

3. 実験内容

散乱媒質である水彩絵具と小麦粉を精製水で任意の濃度(水彩絵具の場合:0~100%,小麦粉の場合:0~60%)を調整し、比較対象として市販の屈折計での測定データを取得する。光ファイバセンサでそれぞれの干渉スペクトルを測定した後、精製水のみを測ったときの干渉スペクトルと比較して、散乱媒質の濃度変化をシフト量変動と光強度減衰量の2点から散乱媒質の濃度測定を考察する。また、高散乱媒質の変化についてビーム伝搬法を用いてシミュレーションを行い、変動の考察を行う。

4. 実験結果

以下の図3には、散乱媒質(水彩絵具)を用いた濃度変化における精製水の結果と比較して得られたシフトの変動量と光強度の減衰量の結果を示す。

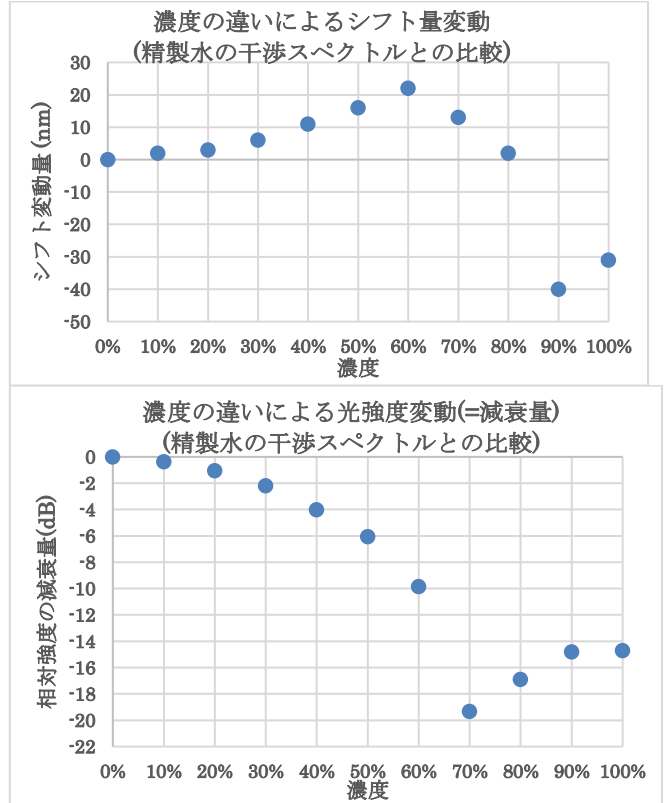


図3: 水彩絵具を用いた濃度変化におけるシフト変動(上図)と光強度減衰量の変動(下図)

散乱媒質の濃度において0~60%までで、シフト量・減衰量の結果からそれぞれの濃度に対して指数関数的に増減が観測された。しかし、濃度70%を超えると、濃度変化による変動の仕方が変わる。高濃度時(70%)から、変化が生じた理由として、使用した光ファイバセンサのセンサ部の屈折率と散乱媒質の濃度がほぼ等しくなった所から変動しており、センサ部から染み出したエバネッセント光が外側にある散乱体に入射したことで散乱光が生じてそのうちの一つの光が戻ってくることで、見かけ上、光ファイバと外部物質との境界面で全反射し、その光が干渉を起こしていると考えられる。

5. まとめ

MMI構造の光ファイバ屈折率センサを用いて散乱媒質の濃度測定を行い、濃度の変化に応じてシフト量と減衰量が変わること分かった。また、その変動が光の散乱によるものだと理解することができた。今後は、他の散乱媒質の濃度測定も作製した光ファイバ屈折率センサでどのような測定結果が得られるかを実験していく。

参考文献

[1]岡田英史 「高散乱媒質中の光伝搬解析」 進展する光散乱現象の研究 34巻11号 2005年 pp.562-567
 [2] Carlos A. J. Gouveia, Jose M. Baptista and Pedro A.S. Jorge : Refractometric Optical Fiber Platforms for Label Free Sensing