

# ランダム媒質中における伝播光の波面形成

Wavefront formation of propagating beam in random media

柘植陽介<sup>1</sup> 椎名達雄<sup>2</sup> 本田捷夫<sup>2</sup>

Yosuke Tsuge, Tatsuo Shiina and Toshio Honda

1 千葉大学 自然科学研究科

2 千葉大学 工学部

1Graduate School of Science and Technology, Chiba University

2Faculty of Engineering, Chiba University

## Abstract

In this study, we examined light transmittance and change of wavefront profile in random media of various concentrations. Low fat milk (milkfat:1.8%,  $1.0\mu\text{m}$ ) is used as the random media. In addition, to investigate coherence of the propagated light, we put double slit before or after the random media and measured the interference patterns. As a result, We confirmed that the coherence of quasi-straight light was maintained through the media of 1.4% milk concentration while the incident light was attenuated upto  $8 \times 10^{-4}\%$ . This result means that in lidar observation, we can detect back scattering light inside C1- cloud as coherence light.

## 1. はじめに

雲を観測するライダー、生体内部を計測する OCT (Optical Coherence Tomography) や光 CT といった光波センシングが注目されている。しかし雲や生体といったランダム媒質内では、散乱効果により光が大きく減衰し、光の伝搬距離は短くなる。その結果、対象内部の深い部分からの情報を得ることが難しいといった問題点がある。本研究では媒質内部に光をより長距離伝搬させ、センシング範囲を拡大することを目標としている。散乱媒質を用いて雲中や生体中を伝搬する光をモデル化した実験を行い、ランダム媒質内での伝搬特性を把握する。今回、媒質に対する光の透過率を考慮して、雲を対象とした場合の光の可干渉性について検証を行った。

## 2. ランダム媒質中での伝播光透過率の計測

散乱媒質を透過してきた直進光の透過率と波面の変化を計測した。Fig.1 に実験の構成を示す。

受光系では、カップリングレンズを用いて伝播光を光ファイバーへ入射させることで視野角  $1.5\text{mrad}$  以下とし、直進光を選択的に受光している。散乱体には散乱物質である乳脂肪 1.8% (粒子径  $1\mu\text{m}$ ) を含む牛乳を水で希釈し、 $50 \times 20 \times 30\text{mm}$  のガラスセル内に満たしたものをを用いた。<sup>1)</sup>波長  $633\text{nm}$  の光を入射し、実験を行なった。

実験の結果、透過率は牛乳濃度 1.4% で  $8 \times 10^{-4}\%$  (消散係数:  $234\text{m}^{-1}$ ) まで減少した (Fig.2)。また Fig.3 よりセル内に水だけを入れた牛乳 0% の時と牛乳 1.2% の時の波面形状を比較すると、どちらも最大値の  $1/e^2$  で幅  $1.2\text{mm}$  程度とな

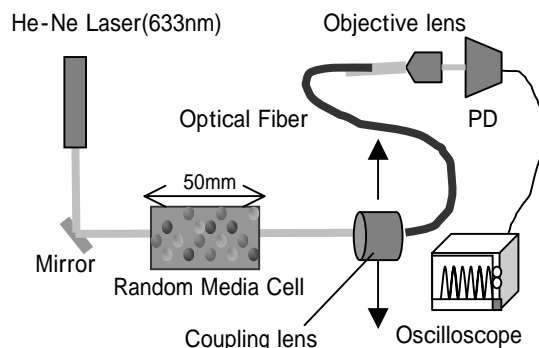


Fig.1 Schematic diagram of optical set up for measurement of transmittance and beam profile.

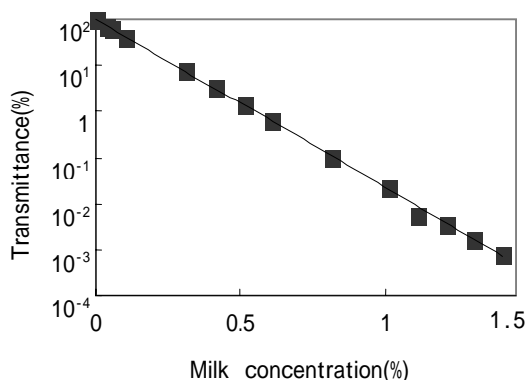


Fig.2 Transmittance at each milk concentration

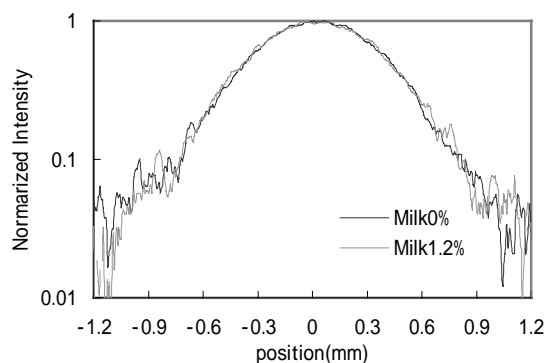


Fig.3 Beam profile.

った。このことから実験の透過率の範囲においては波面形状は散乱媒質に影響されないことがわかる。つまり可干渉性を維持していると予想される。

### 3. ランダム媒質を通しての伝搬光可干渉性の計測

次に、透過率測定の実験から示唆された可干渉性を確認するために、散乱媒質直前または直後にスリット幅  $90\ \mu\text{m}$ 、スリット間隔  $260\ \mu\text{m}$  のダブルスリットを設置し干渉縞を計測した。ダブルスリットを抜けた光は回折により広がるため平凸レンズでコリメートし計測した。(Fig.4)

散乱媒質直後にスリットを配置した場合には、媒質濃度が上がるにつれて入射光の波面が崩れ、その結果干渉縞の可視度(Visibility)が低下すると考えられる。また、散乱媒質の直前にスリットを配置した場合には干渉した光が散乱媒質内を通る。この時散乱された光は、レンズでコリメートされずに受光されない。干渉光だけが受光されるために、干渉縞の可視度は変化せずに減衰により強度のみが変化していくと予想した。

計測の結果、濃度の変化により光強度は減衰するものの、干渉縞の形状が崩れることはなかった。スリット配置が散乱媒質の直前、直後のどちらの場合でも似た結果となった。Fig.5にスリットを散乱媒質直前に配置した時の干渉縞の光強度を示す。また干渉光の光強度の減衰率は、はじめに測定した透過率の減衰率によく一致する結果となった(Fig6)。以上から透過光量が6桁減衰する範囲では入射光の可干渉性は十分に維持されることを確認した。

### 4. 考察とまとめ

今回の実験により透過率  $10^{-4}$ までの範囲においては、入射光の可干渉性は十分に維持されることを確認した。この透過率の範囲は、波長  $1\ \mu\text{m}$ の光がC1-cloudの雲(消散係数: $17.25\text{km}^{-1}$ )内部を $\approx 680\text{m}$ の範囲内を伝搬する時の透過率に一致する。<sup>2)</sup>ライダー観測時に雲内部からのエコーでも可干渉性が保たれ、干渉を利用した波面による計測が十分に可能であることを示す結果となった。

今回、牛乳濃度 1.4%まで透過率 $\approx 10^{-4}$ の透過光の波面において大きな形状の変化は見られなかった。しかし、より高濃度のランダム媒質を伝搬する光においては、波面が崩れ、可干渉性も低下していくことが予想される。今後は高濃度の散乱媒質で実験を行い波面の崩れる状況を確認し、波面を制御したビームの伝搬特性の実験へと発展させていく予定である。

### 参考文献

- 1) 川端良彦 椎名達雄 伊藤昌文 岡村康行, 第 51 回応用物理学関連連合講演会講演予稿集, NO.3, P.1128, 2004
- 2) D. DEIRMENDJIMAN "Electromagnetic Scattering on Spherical Polydispersions" ELSERVIER PUBLISHING, NEW YORK, 1969.

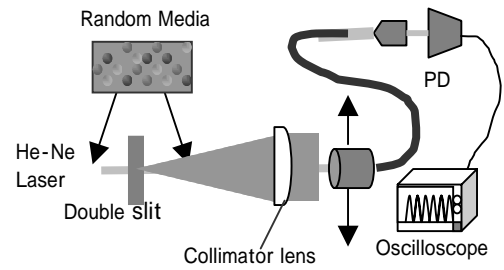


Fig.4 Schematic diagram of optical set up for interference measurement.

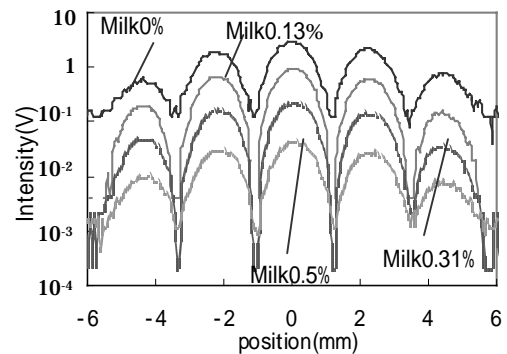


Fig.5 Interference patterns of incident beam through the random media. slit was arranged in front of random media.

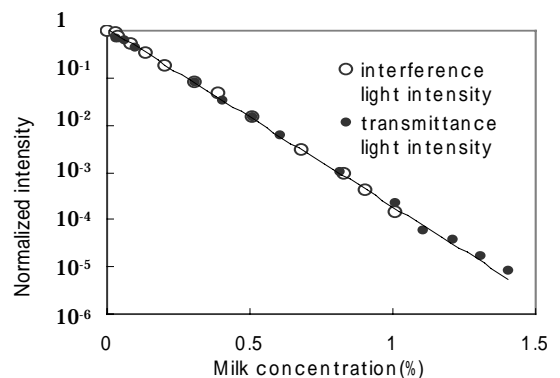


Fig.6 Attenuation of the interference light intensity and the transmittance light intensity.