

# ランダム媒質中での非回折光生成安定化の検討

ムラデル バハデル、シャフケティ アリフ、椎名達雄

千葉大学工学部画像科学科 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生 1-33)

## Stability improvement of generating of non-diffractive beam in random media

Mulading Bahadeer, Xiafukaiti Alifu, and Tatsuo Shiina

Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Chiba 263-8522

### Abstract:

The detection of the hard target that use light sensing in random media such as human tissue or cloud is important task. In previous work, to improve the beam propagation efficiency, non-diffractive beam in random media by annular beam propagation in random media was generated and evaluated. In this study, to detect the hard target in random media, auto measurement system is designed. Its stability improvement is reported. In addition, the results of the auto and manual measurements are discussed.

**Key Words:** non-diffractive beam, Auto measurement system

## 1. はじめに

光センシング技術において媒質内ハードターゲットの検出を非接触、非侵襲に行うことが重要な課題になっている。可視光はX線と違い、雲や生体といった高濃度のランダム媒質で強く散乱され、計測の範囲が制限される<sup>1)</sup>。先行研究では、光の送受信方法を工夫することで環状光の非回折光<sup>2)</sup>に自己変換できる特性を利用し、ランダム媒質中で非回折光を生成することが可能になった<sup>3)</sup>。本研究では、ランダム媒質中でのハードターゲットを検出するため、安定性が高い自動化計測システム的设计及び組み立てを行った。本報告では、自動化システムを用いた計測結果と先行結果との比較を行い、安定性と再現性について述べる。

## 2. 実験システム

ランダム媒質における環状光伝搬の自動化計測システムを Fig.1 で示す。光源部では波長 532nm、出力 4.6kW の DPSS 固体パルスレーザーと光の強度を調整する ND フィルターを用いた。ガウスの強度分布を持つレーザー光を天頂角が 150 度の二つアキシコンプレズム対に入射することで環状光へ変換し、アキシコンプレズム対間の距離を調整することで直径が 40mm の環状光を作成した。ランダム媒質モデルの作成について、乳脂肪分が 1.8%(粒径 1.1 $\mu\text{m}$ )の加工乳希釈液を使用し、純水の量によって媒質の濃度を調整した。本研究では、濃度を調整したランダム媒質を水槽 W30 $\times$ H20 $\times$ L10~20cm に入れ環状光を伝搬させる。受光部では、焦点距離 4.5mm のレンズとコア径 50 $\mu\text{m}$ のマルチモード光ファイバーを組み合わせることで 5.5mrad の視野角で準直進光を受光した。ランダム媒質での微弱な散乱光を計測するため高感度の光電子増倍管(PMT)とサンプリングオシロスコープを用いた。

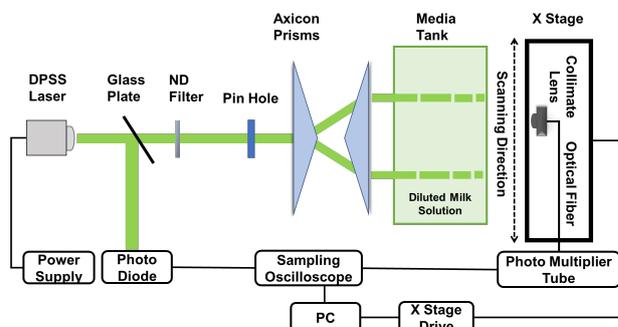


Figure 1 Experiment setup for auto measurement system of annular beam propagation through random media.

## 3. 自動化システムのアルゴリズム

自動化システムの制御は受光器を光軸と垂直方向で散乱光強度を位置と強度で計測する。位置は精密自動Xステージで強度はサンプリングオシロスコープで読み取る。本システムは2つの過程から構成され、空気中で伝搬された環状光の強度分布のスキヤニングとランダム媒質中での散乱光のスキヤニングとして大別できる。詳しい過程を Fig.2 に示す。最初のステップでは 0.5mm 間隔で環状光の中心を通るように強度分布を左からスキヤンする。環状光強度分布の両端最大強度  $I_R$  と  $I_L$  の強度差が 1% 以内にする必要がある。1% を超えた場合、アキシコンプレズムの手動調整を行う。環状光の直径  $D$  は  $I_R$  と  $I_L$  が現れた位置により決まり、直径  $D$  が 40mm になるようにアキシコンプレズム対間の距離を調整する。次のステップでは、主にランダム媒質内で散乱された環状光の強度分布を計測する。この計測は最初のステップとなり、媒質沈殿の影響を与えないため、15 点の位置のみを計測する。まず、受光器は環状光の両端最大強度の位置を確定して左端の位置に戻る。計測が開始した際、計測位置として環状光の左

端を-20mm と基準するため、そこから 10mm, 5mm とスキャンし、中心部分を 1mm 間隔で 10 回スキャンする。受信信号の揺らぎが大きくなるため、サンプリングオシロスコープで 1024 回の平均値で取得する。ここで、判断条件として前後の位置で記録した計測値を確認し、有効な測定値になるときに次の位置の計測に進む。判断条件が満たさなかった場合はもう一度同じ計測位置で測定する。媒質で沈殿の影響があるので時間が経つほど各測定点の強度は徐々に増加する。各測定点の時間は一致するため、当位置での計測でかかった時間を差し引いて、有効な測定値と合わせるまで繰り返す。計測中、データを PC で自動記録し、全計測のモニタリングが可能となっている。データ処理は記録した強度を式(1)で処理する。

$$I = \frac{[I_0 - \frac{(I_L - I_R)}{14} \times k]}{I_R} \quad (1)$$

$I$ : 正規化強度、 $I_0$ : 当測定値、 $k$ : 時間の倍数である。

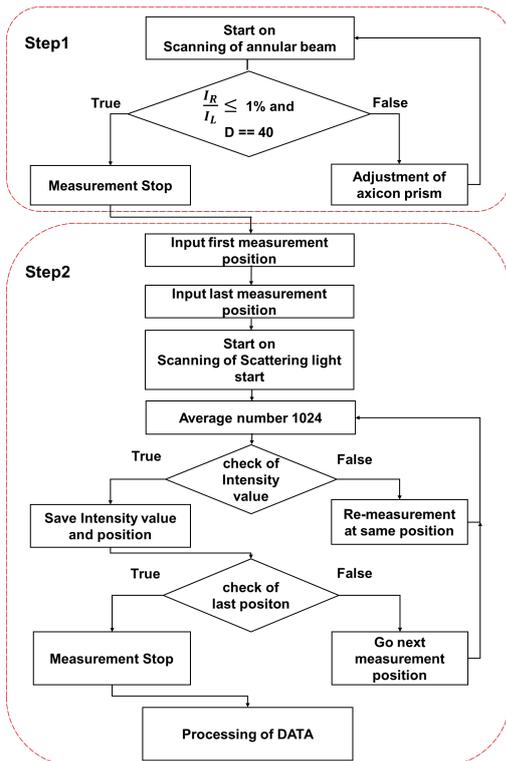
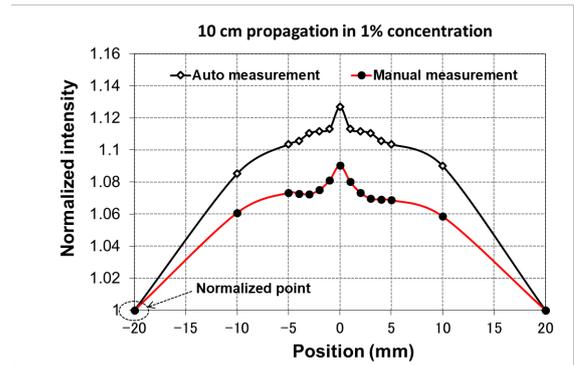


Figure 2 Algorithm of the auto measurement system for the experiment setup.

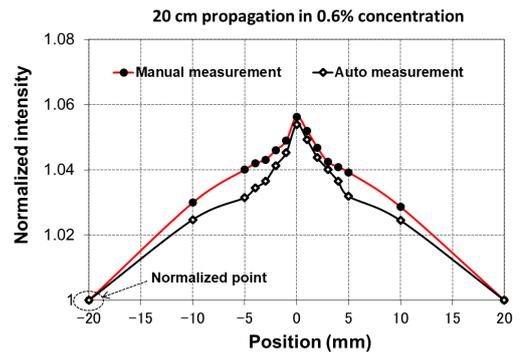
#### 4. 結果と考察

本実験では、先行結果の再現性を自動化計測で実現するため、ランダム媒質(伝搬距離と濃度)と環状光(直径)が同じ条件であるときの計測を行った。Fig. 3 にそれぞれ伝搬距離が 10 cm、濃度が 1.0%(a)と伝搬距離が 20 cm、濃度が 0.6%(b)のランダム媒質における散乱光強度分布を示す。今回使用した自動

化システムの計測では、先行研究の手動計測と同じ結果が取得でき、実験の再現性を確認した。先行研究での手動計測では各測定点の計測時間が均一ではない、人為的エラーの発生が多い等の理由で、計測回数が増えてしまった。本研究の自動化システムでは、一つのボタンだけの操作で、安定性が高い計測結果を再現できた。



(a)



(b)

Figure 3 Scattering intensity distributions of non-diffractive beam in random media by different propagation distance. (a) 10 cm propagation; (b) 20 cm propagation.

#### 5. まとめ

本研究では、ランダム媒質中における非回折光の安定性及び再現性を高めるために、先行研究での手動計測の代替として自動化計測を導入し、毎回正確な波形を取得することができた。同じ実験条件で計測を行い、手動計測と自動化計測が一致することを確認した。今後、ランダム媒質中にハードターゲットを入れ、安定性が高い非回折光で検出の評価を行う。

#### 参考文献

- 1) A. Ishimaru, Appl. Opt., Vol.28, 1989.
- 2) J. Durnin, et.al., Phys. Rev. Lett., Vol.58, 1987.
- 3) Z. Peng, and T. Shiina, Opt Commun., Vol.391, 2017.

