三次元スペックル相関を用いた非侵襲三次元散乱イメージング

Non-invasive three-dimensional imaging via scattering by correlation of three-dimensional speckle

阪大院情 [1]，JST さきがけ [2] ○岡本 優花 [1]，堀崎 遼一 [1,2]，谷田 純 [1]

Osaka Univ.[1], JST PRESTO[2] °Yuka Okamoto[1], Ryoichi Horisaki[1,2], Jun Tanida[1]

E-mail: y-okamoto@ist.osaka-u.ac.jp

散乱は皮膚などの生体組織や霧・蜃気楼などの現象に伴って発生する．散乱内部のイメージングとして，メモリー効果と呼ばれるスペックルパターンのシフト不変性を用いたスペックル相関イメージングが提案されている[1,2]．この手法は，他の散乱イメージングと比較して，散乱体の光応答を事前に取得する必要がないため非侵襲である．本研究では，従来法で利用されていた光軸に垂直な方向のメモリー効果[1,2]に加え，光軸方向についてのメモリー効果[3]を利用した三次元スペックル相関イメージングを提案し原理確認を行った．

図 1 に示すように，散乱板に挟まれた対象から散乱光を，レンズレスイメージセンサを光軸方向に走査しつつ，三次元スペックル情報として取得する．メモリー効果の範囲内では取得情報は散乱応答と対象情報の畳み込み演算で表現される．また，散乱応答はランダムなことから，対象情報の自己相関と取得情報の自己相関が一致する．これより，取得情報の三次元自己相関から対象の周波数スペクトルの振幅情報が同定できるため，三次元拡張された位相回復アルゴリズム[4]を用いて周波数スペクトルの位相推定を行う事で，三次元対象の再構成が可能となる[5].

提案手法の原理確認実験を行った．空間インコヒーレントな LED(中心波長 565 nm)をバンドパスフィルター(透過帯域 578±16 nm)を使用し単波長に近づけ対象を照明し，散乱板(拡散角 20 °)を通して発生したスペックルを CCD カメラで 10 枚取得した．図 2 (a)に示すように，対象は三層から構成され, それぞれの面に異なる配置の穴が開いている．図 2 (b)に再構成結果を示す．各面の穴が三次元再構成されており，提案手法の原理を実証した．

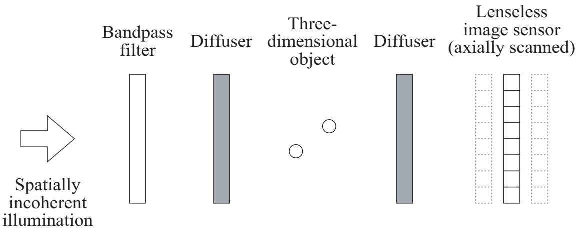

Fig. 1. Setup of the proposed system.

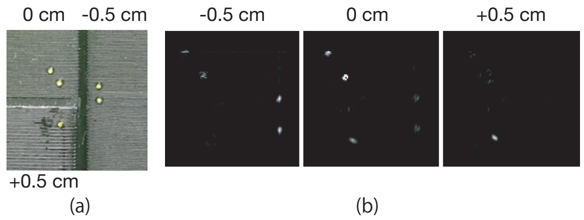

Fig. 2. Experimental demonstration of the proposed method. (a) Object and (b) the reconstructed result.

参考文献

[1] J. Bertolotti, *et al.*, Nature. **491**, 232– 234 (2012).
[2] O. Katz, *et al.*, Nat. Photon. **8**, 784 (2014).
[3] A. K. Singh, *et al.*, Light. Sci. & Appl. **6**, e16219 (2016).
[4] J. R. Fienup, Appl. Opt. **21**, 2758– 2769 (1982).
[5] Y. Okamoto, *et al.*, Opt. Let. **44**, 2526– 2529 (2019).