

3次元散乱イメージングに向けた Gaussian Splattingに基づくデジタルツインの構築

Construction of a digital twin based on Gaussian Splatting for three-dimensional imaging through scattering media

阪大院情, °山内 一輝, 下村 優, 小倉 裕介, 谷田 純

Osaka Univ. °Kazuki Yamanouchi, Suguru Shimomura, Yusuke Ogura, Jun Tanida

E-mail: k-yamanouchi@ist.osaka-u.ac.jp

散乱媒質背後にある物体の3次元イメージングは、生体深部を観察するバイオイメージングにおいて重要な技術である。データ同化技術を基盤とするデジタルツインは、実世界の対象やその振る舞いをサイバー空間上でエミュレートできる。散乱による光波の乱れをサイバー空間上のデジタルツインでエミュレートできれば、実空間では観察が難しい対象・系においてもイメージングが可能となる。本研究は、Gaussian Splatting (GS) に基づくデジタルツインの構築により、散乱媒質中にある物体を高精度に観察することを目的とする。本手法により、高解像な3次元散乱イメージングの実現をめざす。

GSはガウス分布に従う不透明度を持った楕円球(3D Gaussian)の集合により物体を3次元的に表現する¹⁾。点群モデルはボクセルモデルに比べ連続的かつ柔軟な対象表現が可能である。本手法では、散乱媒質背後にある物体をデジタルツインとして構築するために、散乱プロセスを組み込んだGSを実装した。Figure 1に提案手法の概要を示す。まず散乱下にある物体を複数視点から撮影する。得られた劣化画像群を入力として、Structure from Motion (SfM)²⁾を用いて初期点群を生成する。初期点群は、中心座標に 3×3 の共分散行列・不透明度・色情報を加えた点群モデル(3D Gaussians)に変換され、これが物体の3次元モデルになる。得られた3D Gaussiansより、SfMから推定した撮影時のカメラ位置や向きに基づいて画像をレンダリングする。散乱過程を経た画像取得を実装するため、レンダリング画像に対して散乱媒質の点像分布関数を畳み込み、劣化画像を生成する³⁾。撮影した劣化画像群と出力画像群との誤差を減らすように3D Gaussiansパラメータを反復的に更新し、散乱媒質背後にある物体の3Dモデルの精度を高める。

提案手法を実証するため、既存のGSと本手法による再構成結果を比較した。複数視点から撮影した画像[Fig. 2(a)]に対し、点像分布関数の畳み込みによる劣化画像を生成し、既存のGSと本手法により処理した。各手法で再構成した画像をFig. 2(b), (c)に示す。物体像のボケを評価するために、Fig. 2中の青線に沿って、各視点での白線の幅を計測した。撮影画像と再構成画像における視点ごとの幅のRMSEは、既存GSでは2.91であったが、本手法では1.36であった。本結果より、光散乱の影響が除外された3次元対象のデジタルツインを構築できることを確認した。

本研究はJSPS 科研費 (JP20H05890) の助成を受けた。

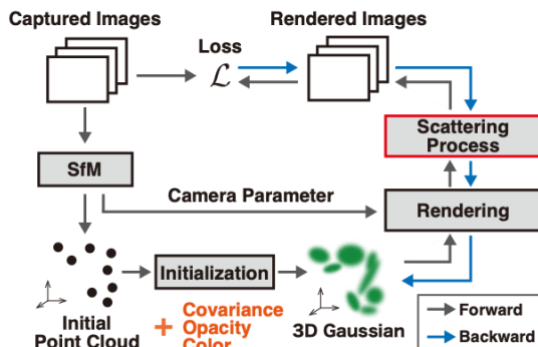


Fig. 1 A procedure of the proposed method

参考文献

- 1) B. Kerbl, et al., ACM Transactions on Graphics 4(42) (2023).
- 2) J.L. Schönberger, J.M. Frahm, Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 4104-4113 (2016).
- 3) J.W. Goodman, "Introduction to Fourier Optics" (McGraw-Hill, 1996).

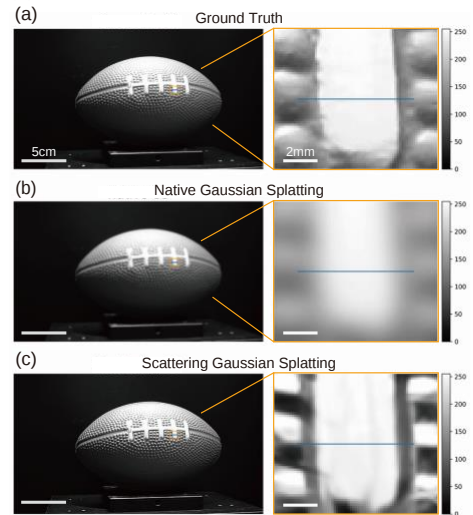


Fig. 2 Reconstruction results. (a) The captured image, and the reconstructed images by (b) GS and (c) our method.