

知っておきたいキーワード

3DGS (3D Gaussian Splatting)

藤井ディエゴ†

† 株式会社KDDI総合研究所

"3DGS: 3D Gaussian Splatting" by Diego Fujii (KDDI Research, Inc., Saitama)

キーワード：3D再構築，写實的レンダリング

まえがき

3D再構成技術は、現実世界の物体やシーンをデジタル空間に再現するための基盤技術として、工学、医療、エンタテインメント、ロボティクスなど

多様な分野でその重要性を増しています。特に、複数の視点から撮影した画像（多視点画像）を入力として、現実の3D構造を高精度かつ効率的に再構成する手法が注目されています。近年、その中でも「3D Gaussian Splatting (3D

ガウシアンスプラッティング)」は、従来手法に比べて高速かつ高品質な3D再構成を実現する技術として大きな関心を集めています。本稿では、その原理やNeRFとの違い、実用例、および圧縮技術について、解説します。

3D Gaussian Splattingとは

3D Gaussian Splatting¹⁾ (3DGS) は、多視点画像（複数のカメラや視点から撮影した画像）から任意の視点の画像を生成する新しい手法であり、SIGGRAPH 2023 (ACM SIGGRAPH Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques) に採録された比較的新しい技術です。発表から1年ほど経過した現在では、数百本以上の3DGS関連論文が発表されるなど非常に高い注目を浴びています。

3D再構成や任意視点の画像生成の手法は、3DGSの発表前にも360度画像やLiDAR (Light Detection and Ranging) スキャン、フォトグラメトリ、NeRF (Neural Radiance Fields) などがありました。しかし、これらの手法には任意の視点の画像生成に関して課題が残されていました。360度画像は自由な方向を向けますが、移動できないため視点の自由度が不足しており、フォトグラメトリは反射や特徴のない面を苦手としています。NeRFはこれらの課題を解決しましたが、レン

ダリングに大量のニューラルネットワークの計算を必要とするため、リアルタイムレンダリングが課題となっています。

3DGSは、3次元空間上に多数のぼやけた楕円体 (3D Gaussian) を配置して3Dシーン全体を再構成し、画像面に3D Gaussianをスプラッティング (投影) することで新規視点画像をレンダリングします。これにより、NeRFで必要とされていた大量のニューラルネットワークの計算を必要としないレンダリングを実現しています。

原理・アルゴリズム

3DGSは以下の手順により3D再構成を行います(図1)。

(a) 撮影

複数の視点からシーンを撮影、画像を取得します。これにより、3DGSで再構成したいシーンの多視点画像を集めます。

(b) カメラ推定・3DGS初期化

Structure from Motion (SfM) を使って、集めた多視点画像からカメラの位置と、シーンの粗い形状を3D点群で表現します。その後、これらの情報に基づいて3DGSの初期設定を行います。

(c) レンダリング

入力画像面にGaussianをスプラッティング(投影)し、各Gaussianのピクセルでの色と透明度を計算します。この際Gaussianの色は、反射などの視点方向による色の変化を表現するために、視線方向とGaussianのパラメータから球面調和関数を用いて計算します。最終的にレンダリング画像は、ス

プラッティングされたGaussianの色を画像面の手前から順に、Gaussianの透明度でアルファブレンディングするボリュームレンダリングで計算します。

(d) 勾配ベースの最適化

3DGSのレンダリング画像を入力画像に近づけるため、入力画像とレンダリング画像の差分と画像間の構造的類似度を目的関数として3DGSを最適化します。目的関数やレンダリングの過程はすべて微分可能なため、Gaussian

のパラメータの勾配に基づきADAMなどの最適化手法で学習します。

(e) Adaptive Density Control

各Gaussianのパラメータは勾配に基づき最適化されますが、シーン全体のGaussianの個数などはSfMで得られた点群に完全に依存します。そこで、学習中にGaussianを分割するAdaptive Density Control (ADC, 図2)により、個数の不足している領域の密度を高める処理が行われます。

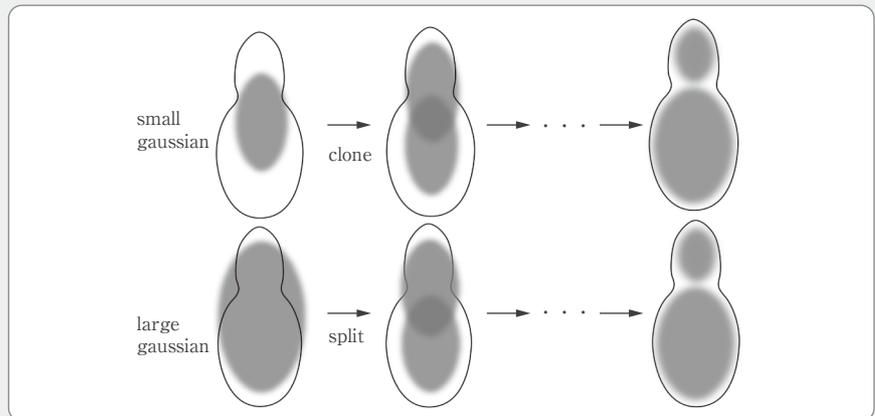


図2 Adaptive Density Controlのイメージ¹⁾

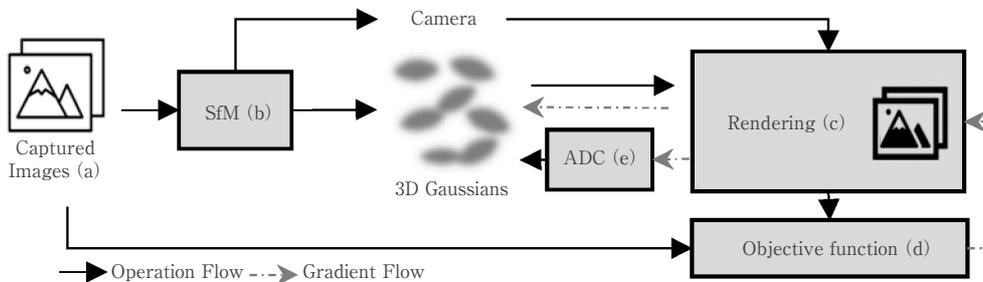


図1 3DGSのアルゴリズム概要図¹⁾

3DGSを利用したサービス

すでに3DGSを利用しているサービスがいくつも提供されています。

(a) Scaniverse²⁾

ScaniverseはPokemon GOで知られるNiantec社のサービスで、モバイル端末内での3DGSの生成(筆者作例: 図3)や、位置情報付きの共有プラッ

トフォーム、WebやVRデバイスでの再生を提供しています。大阪・関西万博のシグネチャーパビリオン「null2」で提供される「Mirrored Body」ではScaniverseでスキャンした身体データを利用して自身のデジタルアバターを作成できます。

(b) Pix4D³⁾

Pix4Dは建設・測量や



図3 Scaniverse²⁾で作成したバナナの3DGSのレンダリング画像

📷 インフラ点検などに使われる写真測量サービスで、ドローンやiPhoneとRTK（高精度なGPS）を組み合わせる位置情報付きの3D再構成を行えます。3DGSの写実的なレンダリングは

測量などのプロフェッショナルなユースケースでも利用が期待されます。
(c) Arrival Space⁴⁾
Arrival Spaceは3DGSで撮影した空間を利用してメタバースを作成し、交

流できるサービスです。3DGSは小さなオブジェクトだけでなく広い空間も撮影でき、リアルタイムに写実的なレンダリングができる特徴が良く実感できます。

圧縮

3DGSは高品質かつ高速な任意視点のレンダリングを可能にしましたが、課題も残っています。その一つがメモリーです。3DGSは数百万に及ぶ3D Gaussianの集合でシーンを表現するため、非常に多くのメモリーとストレージを使用します。そのため特にモバイルデバイスなどリソース制約のあるデバイスでは効率的な圧縮技術が必要です。Niantecはすでに量子化とzip圧縮を組み合わせた方式SPZを提案し、自社サービスのScaniverseで利用しています。また、マルチメディア符号化の国際標準化を進めるMPEG (Moving Picture Expert Group)でも3DGSの圧縮方式の標準化が議論されています。

3DGSの圧縮は研究も盛んに報告されており、3DGSの圧縮手法は大きく「非構造的手法」と「構造的手法」に分かれます。非構造的手法はGaussian単

体の属性値の圧縮に焦点を当て、不要なGaussianの削除、量子化、エントロピー符号化などにより圧縮します。一方、構造的手法はGaussian間の空間的・階層的關係を導入・活用することによりさらなる圧縮を目指します。また、3DGSの圧縮の特徴として、

レンダリングのための中間表現であるため、学習過程を工夫し圧縮を前提にした3DGSを生成することが可能です。例えば、Adaptive Density Controlで重要度に応じてGaussian数の削減や、目的関数に圧縮時のエントロピー項を組み込む手法が提案されています。



図4 3DGS圧縮手法の分類⁵⁾

むすび

3D Gaussian Splattingは、多視点画像を入力に高品質かつリアルタイムにレンダリングできる3Dシーンを再構成する有力な手法です。

また、発表からわずか1年ほどのう

ちに数百の論文といくつものサービスが発表される非常に注目度の高い技術です。

本稿では3DGSの原理やサービス、圧縮について紹介しましたが、ほかにも興味深い応用の研究が継続的に発表されています。3DGSの論文を収集・

タグ付けするプロジェクト⁶⁾から最新の研究をチェックすることができます。ぜひ眺めてみてください。

今後も3D再構成技術の発展とともに、さまざまな分野での応用が期待されます。
(2025年5月30日受付)

参考文献

- 1) Kerbl, et al: "3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering", SIGGRAPH (2023)
- 2) "Scaniverse", <https://scaniverse.com/>
- 3) "Pix4D", <https://www.pix4d.com/jp/>
- 4) "Arrival Space", <https://arrival.space/>
- 5) Muhammad et al: "Compression in 3D Gaussian Splatting: a Survey of Methods, Trends and Future Directions", arXiv (2025)
- 6) "MrNeRF's Awesome-3D-Gaussian-Splatting-Paper-List", <https://mrnerf.github.io/awesome-3d-gaussian-splatting/>



藤井ディエゴ
2023年、東京理科大学理工学研究科電気工学専攻修士課程卒業。同年、KDDI(株)入社。(株)KDDI総合研究所にて、リアルタイム点群伝送の実証実験など、3次元情報の符号化研究に従事。