

研究テーマ

本研究は、3D Gaussian Splatting (3DGS) とバーチャルリアリティ (VR) 領域を深く統合し、高効率かつ高忠実度なVRシーンの表現とレンダリング手法を探索することで、没入型インタラクション体験の発展を推進することを目的とします。

研究目標は、VRシーンにおける3DGSのリアルタイムレンダリング性能を向上させるだけでなく、点群の編集可能性と動的な相互作用を実現し、ユーザーが仮想環境で三次元オブジェクトを自然に操作・変更できるようにすることを含みます。この方向性の研究を通じて、現在のVRシーンで存在するフリッカー（ちらつき）や高計算コストといったボトルネックを打破し、3DGSの没入型アプリケーションへの大規模な実装を目指します。

研究背景

近年、3DGSのような新興技術の発展に伴い、微分可能レンダリングの品質と効率が著しく向上しています。3DGSは、従来のボリウムレンダリングを基盤とし、その微分可能性と勾配降下法を利用してシーン点群を最適化することで、高品質なリアルタイム三次元再構成を実現します。同時に、人工知能の急速な進歩も、3DGSとニューラルネットワークの結合を加速させています。

関連研究では、通常、ニューラルネットワークを通じて追加の特徴を学習し、それを点群の属性に埋め込んだり、グローバルな特徴を導入したりした後、Gaussian Splattingに基づくレンダラーをバックエンドとして利用し、逆伝播によって結果を継続的に最適化しています。

一方、VR技術も急速に発展しており、仮想環境でユーザー中心の三次元インタラクション体験を提供しています。いくつかの研究は、既に3DGSとVRの統合を試みています。例えば、VRGSは、XPBDと3DGSを導入することで、VR内に編集可能で動的な相互作用が可能なレンダリングパイプラインを構築し、ユーザーが仮想空間で3DGSオブジェクトを直接操作および変更することを可能にしました。また、VRSplatなどの研究は、VRシーンにおけるリアルタイムレンダリング品質の向上に焦点を当て、VR環境向けに最適化された高品質な3DGSレンダリングソリューションを提案しています。

既存の研究は既に初期的な成果を収めていますが、複雑なシーンでは、現在の手法は依然としてフリッカー現象や高計算コストといった問題に直面しており、これがVR環境における3DGSの大規模な応用を制限しています。

研究方法

本研究では、3DGSと既存のVR技術をいかに融合させるかを探求し、特にリアルタイム性、編集可能性、没入感の三つの方向性でのブレイクスルーを目指します。具体的な実施案は以下の通りです。

1. 編集可能な3DGS-VRパイプラインの構築 VRGSの考え方を参考に、VR環境でインタラクティブなリアルタイム3DGSレンダリングパイプラインを構築します。まず、VGGTに類似した事前学習済み三次元大規模モデルを利用して初期点群を生成し、点群のセグメンテーション（分割）を行います。次に、各点群に学習可能な埋め込みベクトル (embedding) を導入し、テクスチャ、マテリアルなどの属性を表現します。さらに、エンコーダ・デコーダアーキテクチャまたは点群Transformerに基づくネットワークを通じて点群の学習と最適化を行い、編集可能性と動的な相互作用を実現します。

2. VR環境下での投影最適化 VRは通常90°以上の視野角 (Field of View, FOV) を持つため、装着者は境界領域で3DGSレンダリングの歪みや減衰を感じることがあります。この問題を解決するため、本研究では、新しいガウス投影方法を探索し、広視野角条件下でのエッジ部分の結像品質を向上させることを計画しています。
3. 高効率な微分可能レンダリングパイプライン 装着者がVRで快適な体験を得るためには、高いフレームレートを維持する必要があります。本研究では、グラフィックスにおける階層的詳細度 (Level of Detail, LOD) とカリングアルゴリズム（例えばUE5のNanite）を組み合わせる戦略を探索し、リアルタイムレンダリングに参加するガウスの数を減らすことで、画質を保証しつつ計算コストを大幅に削減することを目指します。

研究計画

修士一年生第一学期：研究方法に記載された内容に基づき、まず分野内の最新の進捗状況を調査し、その後、実験用のコードフレームワークを構築して実験を開始する。

修士一年生第二学期：実験結果に基づき、より良い結果を得るために異なる手法を試行し、実験を行う。並行して論文の執筆を開始する。

修士M2第一学期：学術会議またはジャーナルへの投稿を開始し、フィードバック結果に基づき、論文と実験方法のさらなる改善を行う。

修士M2第二学期：卒業論文の執筆を開始する。