

立体視に適した大規模点群のレンダリング（第2報）

電気通信大学 ○岡本 大樹, 丹羽 健, 増田 宏

Point-Cloud Rendering Suitable for Stereopsis (2nd Report)

The University of Electro-Communications: Hiroki Okamoto, Takeru Niwa, Hiroshi Masuda

The usability of point-clouds will be largely increased when they are displayed in a stereoscopic view as following eye directions. In our previous work, we proposed an efficient and high-quality method for stereoscopic rendering of point-clouds. In this paper, we improve rendering quality by reducing gaps in point-clouds, and implement our method for Oculus Rift, which is a low-cost HMD. Then we evaluate the performance of our rendering method.

Key words: Point-Cloud, Point-based rendering, HMD, Oculus Rift,

1 はじめに

レーザスキャナによる3次元計測は、工場やプラントの施設・設備管理など多くの分野で利用され始めている。また最近では、発電プラントの改修や歴史的な文化遺産の保護・調査に用いられた事例などがある。

3次元レーザスキャナによるスキャニングでは、広範囲の実フィールドを非接触かつ短時間に3次元座標データ（点群）として取得することが出来る。このような点群は数千万から数億点に及ぶ。レーザスキャナが普及するにつれ、大規模環境を計測した大規模点群は一般的なものとなりつつある。

一方で、近年では安価な立体視デバイスが開発されている。このようなデバイスを用いることで、大規模点群を立体視することができれば、点群に基づいた現況把握や検査業務の支援などに適用できると思われる。さらに、大規模点群の立体視を安価な立体視デバイスとPCで実現できるならば、様々な分野での応用が期待できる。

しかしながら、大規模点群の立体視を一般的なPC環境において高品質かつ効率的に行うことは容易ではない。最近では数億点規模の点群を可視化する商用システムも現れているが、視点の移動に追従できるほどには高速ではない。一方、高速表示のために点を間引くと、手前の点群の間から奥の点群が見えてしまい、表示品質が劣化するという問題が発生する。

前報では、立体視を前提とした大規模点群のレンダリングのために、可視点群のみを抽出し、総点数を調節することでリアルタイム性の確保した。また、透過領域が生じる箇所を特定し、近傍調査により補間することで隙間のない高品質な描画を実現した。本稿では、この手法をさらに発展させ、より高品質なレンダリング手法を提案すると共に、立体視デバイスであるOculus Rift DK2（図1）への実装結果について報告する。



図1 Oculus Rift DK2

2 立体視デバイスを用いた高品質な大規模点群表示

2.1 高品質表示

高品質な点群の描画では、点間に隙間が生じないことや実環境では見えるはずのない、物体の後ろ側が透けないようにすることが重要である。前報においては、空のピクセルのみに注目し、8近傍中4近傍以上に点が存在した場合、空のピクセルを補間した。点群の高品質表示として、中川らの提案し

た手法[1]がある。この手法では注目ピクセルの8近傍を用いて補正する。注目ピクセルに点が存在した場合、8近傍との比較から、透けて見える点かどうかを判定する。注目ピクセルに点が存在しなかった場合、8近傍に点が存在すればそれらを平均してピクセルを補間する。しかしながら、これらの手法はピクセル単位で補間するため、点の存在しない領域（欠落領域）が大きい箇所ではピクセルを補間できない。

本手法ではピクセル単位ではなく空間単位で欠落領域を特定し、より高品質な描画を実現する。まず、領域拡張法を用いて欠落領域を特定し、欠落領域が閾値以上の大きさを持つ場合、その領域を天空などの無限遠領域とみなし、以降の操作対象から除外する。欠落領域が1ピクセルだけの場合は、中川らの手法で補間する。補間できない大きな欠落領域については、点群密度の低下による欠落領域とオクルージョンによる欠落領域に分類する。欠落領域に隣接する点群のデプス値を比較し、同じ平面上にあると看做することができれば、点群密度の低下による欠落領域とする。密度の低下による欠落領域に対しては、隣接する点群からメッシュを生成し、このメッシュを基に空のピクセル内に点をリサンプリングすることで、空間情報を損ねることなく欠落領域を補間する。ただし、欠落領域に隣接する点群のデプス値が大きく異なった場合、その領域をオクルージョンによる欠落領域とし、点をリサンプリングせず、半透明のメッシュを生成することで、ユーザが未計測領域であることを認識できるようにする。図5

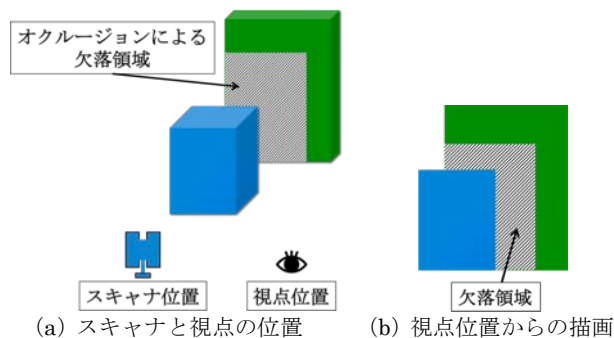


図2 視点位置による欠落領域

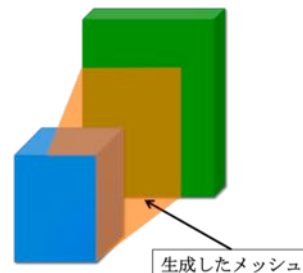
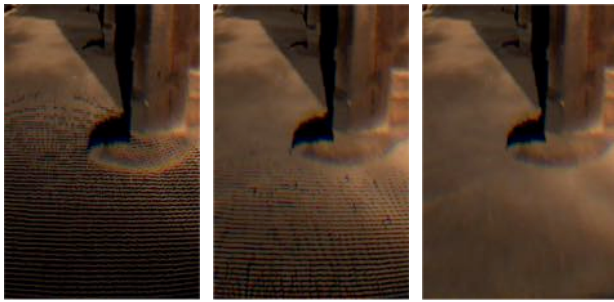


図3 オクルージョンによる欠落領域の扱い



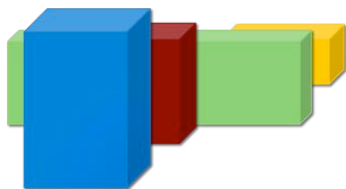
(a)未処理 (b)既存手法 (c)本手法
図5 レンダリングの高品質化適応結果

は適用した結果である。

2.2 視点移動時の描画

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着した状態で視点位置を変更する際、大規模点群の3次元空間内を歩き回ることができれば非常に便利である。そこでレンダリングされた3次元空間内でのウォークスルー手法について提案する。視点位置が動くごとにデプスマップを再構築することができれば、容易にウォークスルーを実現できる。しかしながら、デプスマップの再構築に時間的コストがかかることから、リアルタイム性の欠如に繋がる。そのため、本手法ではユーザーの初期位置のデプスマップを基準とし、視点が移動するごとにデプスマップを編集し、リアルタイムで隙間のない描画を維持する。

まず、予めウォークスルー用の中継地点を3次元空間内に等間隔に用意する。各中継地点は、隣接する中継地点での描画において重複しない点のみを保持する(図6)。視点移動した場合、これらの中継地点からユーザーの移動経路に近い経路(図7)を算出し、その経路に属する中継地点の持つ点群を描画する。これにより、視点移動に応じてデプスマップを再構築する必要がなく、またリアルタイム性も保持できるため、ウォークスルーを実現できる。



現在の視点 中継地点(a) 中継地点(b)
図5 視点位置と中継地点

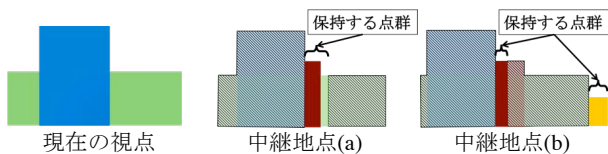


図6 中継地点からの可視点と保持する点群

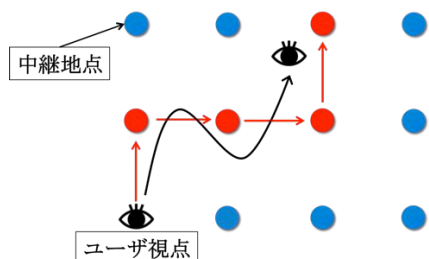


図7 視点移動に伴う経路推定

3 Oculus Rift DK2 への実装

本手法を Oculus Inc. の HMD である Oculus Rift DK2 に実装した。Oculus Rift DK2 は解像度 1920×1080 のディスプレイを縦 2 つに分割し、魚眼レンズを使用することにより 100 度の広視野角を実現している。さらに、頭の向きを認識するヘッドトラッキングや頭の位置を認識するポジショントラッキングが実装されている。

まず、HMD 上でより高速なレンダリングを実現するために効率的に点群を描画する必要がある。HMD を使用した場合、視野角より外側の点群は描画する必要がない。本手法ではデプスマップを用いてレンダリングを行っているため、特定の範囲内の点群を容易に抽出することができる。この特性を利用し、視線方向に応じて視体積内にある点を選別する。

次に、最適なデプスマップ解像度を決定する必要がある。視野角が 100 度であることから、Oculus Rift DK2 のディスプレイ解像度に相当するデプスマップ解像度は 3888×1944 である。この解像度を基準とし、fps を検証した(表1, 図9)。これよりディスプレイ解像度相当のデプスマップであっても 25.01 fps であり、リアルタイム性に支障はないといえる。図10 はディスプレイ解像度相当のデプスマップ解像度でレンダリングした屋内環境点群である。

表1 デプスマップ解像度と fps

解像度	1944 ×972	2430 ×1215	2916 ×1458	3402 ×1701	3888 ×1944
fps	75.00	50.00	37.50	32.15	25.01

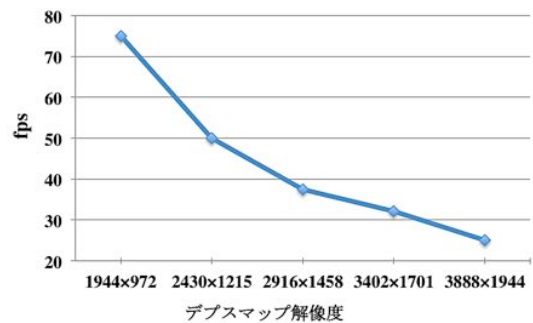


図8 デプスマップ解像度と fps

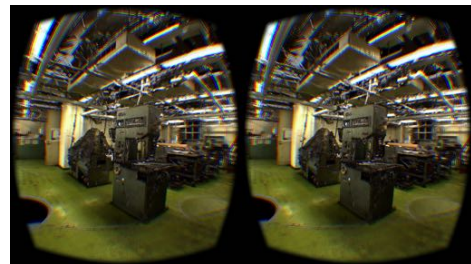


図9 Oculus Rift での表示

4 まとめ

高品質なレンダリングのためのメッシュを用いた欠落領域の補間手法について提案した。リアルタイム性を損なわないインタラクティブな視点移動の手法を提案した。本手法を用い、より立体視に適した大規模点群のレンダリングを実現した。

検査・確認作業を考えたとき、ユーザー同士が作業箇所を指摘しあえることができれば効率的である。今後は、HMD を用いてこのような複数ユーザーによる同一のレンダリング空間の認識手法について検討する予定である。

参考文献

- 1) 中川雅史, 倉持里史, 黒木雅人, “LiDAR VR による高速な点群データ補間法”, 写真測量とリモートセンシング, VOL.50, NO.4, 2011.