

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00162

研究課題名(和文)大規模CADモデルを携帯端末でAR共有するための3Dデータ軽量化システムの開発

研究課題名(英文)Development of 3D data reduction system for sharing large CAD model with AR on smart phone.

研究代表者

宮地 英生(MIYACHI, HIDEO)

東京都市大学・メディア情報学部・教授

研究者番号：00501727

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、“見た目の検討に十分な精度”に着目することで、CADデータの複雑さに関係なく利用者が要求する指定データ量に軽減する「3次元点群化技術」を用い、スマートフォンにおいて大規模CADデータのAR表示を可能とするデータ軽量化システムを開発した。提案方式において、2つのパラメータ操作によりデータ量と品質を自由に制御できることが確認できた。また、点群の間引きにも利用できた。同システムを公開したところ、利用者から3次元形状類似判定に利用したいというニーズがあり、機械学習を用いた3次元点群同士の形状マッチングを試みた。11種類の椅子のモデルを95%程度の精度で識別できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

製品や建物の3次元形状はコンピュータにデータとして保存されている。これらのデータをスマートフォンで閲覧できれば、遠隔で仕事をしている人々の間で製品や建物のデザインを共有することができる。しかし、精巧に作られた3次元の形状データは非常に大きな容量になるため、スマートフォンのような小型装置で閲覧することが難しい。提案システムは、このようなとき、閲覧時のスクリーンのサイズ(解像度)に応じて、見た目の品質を下げることなく大容量のデータを小さくすることができる。また、拡張現実技術(AR)を用いることで写真の中にCGで製品や建物を表示してサイズや設置時の雰囲気を感じることが可能となる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed a data reduction system that enables AR display of large-scale CAD data on even a smartphone by using "3D conversion technology from surface to point" that can reduce to the user specified size.

In the proposed system, it was confirmed that the data size and quality can be controlled by setting two kinds of parameters. While the system had been published on Web, we found a new usage that the system can be applied to 3D shape similarity. Developing a 3D shape matching system between 3D point clouds with machine learning, it worked to identify 11 kinds of chair models with an accuracy of 95%.

研究分野：情報

キーワード：可視化 点群データ データ軽量化

1. 研究開始当初の背景

自動車業界をはじめとする製造業の製品開発、および、製造において、3次元CADは必要不可欠なツールである。特に競争が激しい分野では、製品企画、意匠検討、機械設計、製造、営業など、全てのビジネスを同時的に進行することで、ビジネスサイクルを速くすることが求められている。そのためには部門を超えたコミュニケーションが必要であり、その支援技術としてARが使われ始めている。しかし、CADのデータ量は増加しており、データ軽量化の要求が高まっている。

さらに、コミュニケーションツールとしてスマートフォンがビジネス現場でも利用されるようになってきた。しかし、筐体が小さいスマートフォンはコンピュータリソースの制約を受け、CADデータをリアルタイムに合成するためには、どのようなCADデータであっても一定以下（20万トライアングル程度）のデータ量に抑える必要がある。

3次元形状のデータ削減には（a）ポリゴンを削減方法、（b）3次元モデルを再構築する方法、の2つのアプローチがある。前者（a）について、数多くの削減技術が研究、開発されてきたが、元々の形状を基準にするためデータ削減量に限界があり、データ量に関わらずスマートフォンで動作するデータ量にすることができない。後者（b）については、写真から3次元形状を取得することを目的に多くの手法が提案されているが、このアプローチはオリジナルのデータの複雑さに依存せず、利用者が要求するデータ量に軽減するのに適している。我々は、このアプローチでデータ軽量化を模索してきた。コンピュータグラフィックスのレンダリング結果は、理論上、写真撮影と同じデジタル画像であり、同様の方法で複数の画像から3次元形状を構築することは可能である。そして、レンダリング画像の解像度を調節することで最終のデータ量の制御が可能となる。

2. 研究の目的

製造業において、社内外の関連部署とCAD情報を共有することは、生産サイクルの効率化に重要である。その手段として拡張現実感技術（AR）が注目されている。ARは実映像にCGで表現した製品をリアルタイムに合成できるので、製品の外観に加え、大きさや利用イメージの伝達が可能である。しかし、CADデータは非常に大きなサイズになっておりデータ量の削減が必要とされている。本研究では、“見た目の検討に十分な精度”に着目することで、CADデータの複雑さに関係なく利用者が要求する指定データ量に軽減する「3次元点群化技術」を用い、スマートフォンにおいて大規模CADデータのAR表示を可能とするデータ軽量化システムを開発する。また、試作版をサービスとして公開することで品質評価を実施する。

3. 研究の方法

本研究では、大規模な3次元CADデータをスマートフォンなどの携帯端末においても情報共有できる「データ軽量化システム」を開発する。試作する評価用システムは、3次元CADデータを3次元点群に変換する「軽量化ソフト」と「軽量化情報閲覧ソフト」から成る。

- (1) 点群表示手法の基本的な特性の調査を実施する。
- (2) 拡大・縮小に対応するための複数レベルの点群データ生成と表示技術を開発する
- (3) 重複点削減による性能向上を行い、点群フリービューア配布と自動点群生成のサービスポータルサイトの構築を行う。
- (4) CADデータ (STL) を点群に変換し、機械学習を用いて点群と点群の間の形状マッチングを行う。

4. 研究成果

- (1) 点群に変換するときのパラメータとデータ削減率、および、表示画像品質の関係

本システムでは面情報を点群情報に変換するとき多方向からのレンダリング画像を利用する。そのときの方向数とレンダリングの解像度がデータ削減率と画像品質に影響する。図1は、方向数を2, 6, 8, 14, 26と変化させ、解像度を300の二乗から、400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600と変化させたときのデータ削減率を示している。縦軸はデータ削減率で100%は変換後のデータサイズがゼロになることを意味する。横軸は解像度を示している。解像度を300 x 300にした場合、99%以上の削減率、つまり、元データの1%以内にデータ量は減っている。方向数が2の場合、解像度が1600になっても97%の削減率になっている。データ量を小さくすることが優先される場合、方向数を減らすことが有効であることが判った。

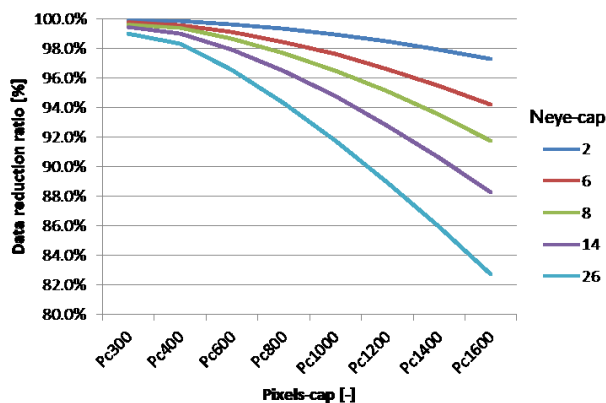


図1 データ削減率と方向数および解像度の関係 1)

図2は画像品質と方向数および解像度の関係を示すグラフである。横軸が点群への変換前の画像とのPSNR値であり、値が高くなるほど品質は高いことを示している、縦軸は変換後のデータ量で、上に行くほどデータ量は増えている。グラフの1本は特定の方向数で解像度を变化したときの画像品質の変化を表している。方向数は画像品質に大きく影響を与えており、品質を重視する場合、方向数は多くとることが望ましい。しかし、方向数が14と26には大きな差はなく、14程度が適していることが判った。

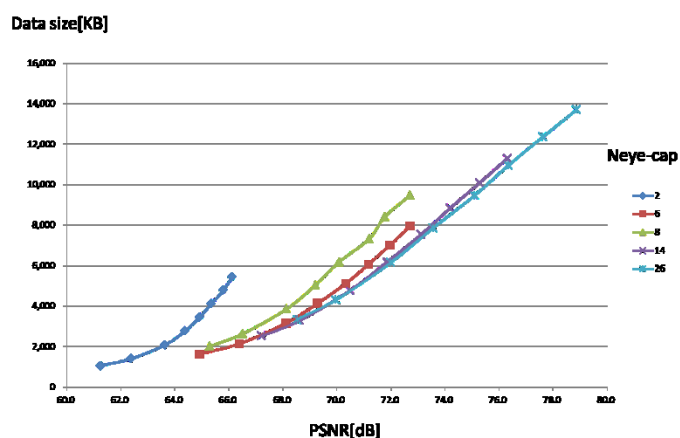


図2 画像品質と方向数および解像度の関係 1)

(2) 階層的な点群データ生成と表示技術の開発

階層的な点群データを生成し、表示するときの領域（ビューボリューム）のサイズに適した解像度のデータを取り出すことで、表示のレンダリング負荷を一定にするシステムを開発した。図3は左端がレベル1（粗い）の点群を表示したときで0.68メガポイントを表示している。拡大された中央の状態ではレベル2（少し細かい）の点群が表示され1.52メガポイントに増えるが、さらに拡大した右端の場合、点の多くが視野外に外れるため表示対象は0.74メガポイントに減る。

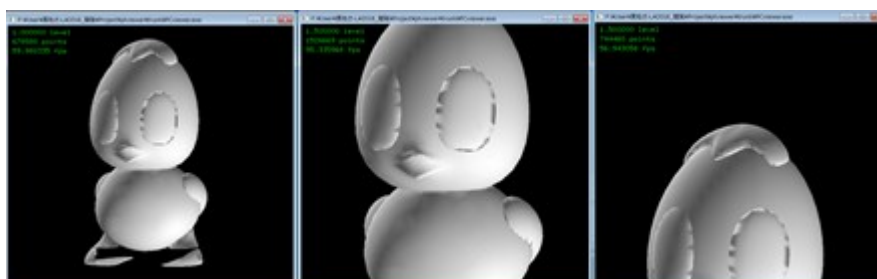


図3 階層的な点群生成と表示技術 2)

(3) 点群生成のサービス化と公開

横浜市青葉区と共同で区内にある銅像を 11 体デジタル化し、それらを点群データに変換して点群サーバにアクセスして閲覧できるようにした。図 4 は「魚」の銅像が点群ビューワーで表示されている様子である。青葉デジタルミュージアムで公開している面データに比べ、本システムで表示する点群データは平均 5 分の 1 に軽量化されており、スマートフォンで実測したところ 5 倍速い応答時間で 3 次元データが表示できることを確認した。

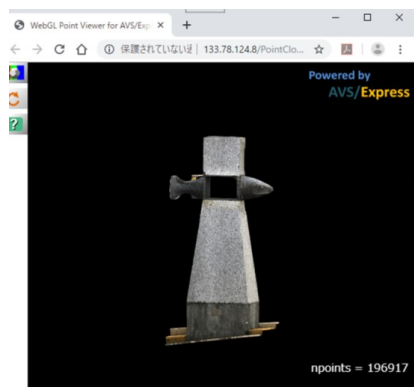


図 4 点群ビューワーによる表示 3)

(4) 点群と点群の比較による 3 次元形状マッチング

11 種類の椅子の 3 次元データを、本システムで点群化し、その特徴量として全点群間の距離のヒストグラムを用いて形状認識を試みた。パラメータを変更しながら生成した点群データを機械学習で学習させ識別を行ったところ 95% の精度で椅子の種類を判別することができた。

引用文献

- 1) 宮地英生：複数方向からのレンダリング画像を用いた点群データの軽量化、日本計算工学会論文集、Vol. 2018, pp. 2018001-1007, 2018, doi=<https://doi.org/10.11421/jscs.2018.20181001>
- 2) Hideo Miyachi, Isamu Kuroki: Server System of Converting from Surface Model to Point model, The 13th International workshop on Network-based Virtual Reality and Tele-existence (INVITE-2018), pp. 467-475,
- 3) Hideo Miyachi: A Trial Development of 3D Statues Map with 3D Pint Server, Advances in Networked-based Information Systems, pp. 369-376, DOI=[10.1007/978-3-030-29029-0_34](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29029-0_34), 2020

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hideo Miyachi, Koshiro Murakami	4. 巻 96
2. 論文標題 A Study of 3D Shape Similarity Search in Point Representation by using Machine Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing. 3PGCIC 2019. Lecture Notes in Networks and Systems	6. 最初と最後の頁 265-274
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-030-33509-0_24	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮地英生	4. 巻 Vol. 2018
2. 論文標題 複数方向からのレンダリング画像を用いた点群データの軽量化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本計算工学会論文集	6. 最初と最後の頁 20181001-1007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.11421/jsces.2018.20181001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 宮地英生
2. 発表標題 大規模3次元点群データの高速軽量化
3. 学会等名 第84回CAVE研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideo Miyachi, Isamu Kuroki
2. 発表標題 Server System of Converting from Surface Model to Point Model
3. 学会等名 The 13th International Workshop on Network-based Virtual Reality and Tele-existence (INVITE-2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗田祐輔, 小木哲朗, 宮地英生
2. 発表標題 点群データを用いたVR/AR Viewerの開発
3. 学会等名 第2回ビジュアリゼーションワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田祐輔, 伊藤研一郎, 小木哲朗, 宮地英生
2. 発表標題 点群データに基づいたARシステムのためのレンダリングエンジンの実装
3. 学会等名 第1回ビジュアリゼーションワークショップ(可視化情報学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideo Miyachi
2. 発表標題 Quality evaluation of the data reduction method by point rendering
3. 学会等名 The Third International Symposium on BioComplexity 2018 (ISBC 3rd 2018), (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮地英生
2. 発表標題 ソフトウェアレンダリングを用いた点群データの軽量化
3. 学会等名 第8回横幹連合コンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Koshiro Murakami, Hideo Miyachi
2. 発表標題 3D Shape Similarity Search of Graphics Primitives in Point Representation by using Machine Learning
3. 学会等名 The Fifth International Symposium on BioComplexity 2020 (ISBC 5th 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮地英生, 関本大輝
2. 発表標題 写真撮影による青葉区の彫像の3次元データ化
3. 学会等名 計算工学講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

大規模点群データの高速均一間引き http://www.comm.tcu.ac.jp/miyachilab/Research.html 横浜市青葉区の3次元銅像マップ（点群表示） http://www.comm.tcu.ac.jp/miyachilab/click_map.html

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小木 哲朗 (OGI Tetsuro) (00282583)	慶應義塾大学・システムデザイン・マネジメント研究科(日吉)・教授 (32612)	