

粒子ベースレンダリングによる祇園祭・船鉾の半透明可視化

植村 誠¹, 奥 正吾¹, 長谷川 恭子²,

宮岡 伸一郎³, 仲田 晋⁴, 田中 覚⁴,

¹立命館大学 理工学研究科, ²立命館大学 R-GIRO, ³東京工科大学 メディア学部, ⁴立命館大学 情報理工学部,

本研究では、レーザ計測されたデータを基にして、祇園祭の船鉾を可視化する我々の研究の現状を紹介する。我々は、外観に関しては形状を点群の集合として考え（ポイントベースモデリング）、内部の立体構造の可視化には粒子ベースレンダリングを採用した。この方式により、従来のポリゴンベースの手法の欠点、すなわち、作業途中における点群データの損失やポリゴン近似の不正確さを避けることができる。また、粒子ベースレンダリングによる内部立体構造の半透明可視化は、半透明ポリゴンレンダリングよりも立体感がある。本報告では、レーザ計測した船鉾の外壁、車輪、車軸、内部の骨組みを個別に、また統合して可視化した結果を紹介する。

Translucent Visualizing 3D structure of Gion-Festival Funeboko based on the opaque illuminant particle model

Makoto Uemura¹, Shougo Oku¹, Kyoko Hasegawa², Shinichiro Miyaoka³, Susumu Nakata⁴, Satoshi Tanaka⁴,

¹Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University. ²R-GIRO, Ritsumeikan University. ³School of Media Science, Tokyo University of Technology. ⁴College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University.

In this paper, we report status of our research project of visualizing laser-scanned data of Funeboko of Gion Festival in Kyoto. We use the acquired point data set to execute the particle-based rendering for transparent visualization of the inner 3D structure. We have confirmed that our approach enables high-quality and easy-to-understand visualization. It compensates disadvantages of the conventional visualization based on the polygonization, i.e., loss of points in the processing, incorrectness coming from insufficiency of data, unclearness, etc. We show our current results of visualizing the outside walls, wheels, axles, and inner bony structures separately and integrally.

1. はじめに

本研究は、立命館大学のグローバル COE プログラム「日本文化デジタル・ヒューマニティズ拠点」[1]における、祇園祭のデジタルアーカイブ化プロジェクトの一部を構成するものである。本研究では、祇園祭の船鉾(図1)の三次元構造を、レーザ計測で得られた大量の3次元点群データに「粒子ベースレンダリング」[2]を適用することで、高品質かつ分かりやすく半透明可視化することを目指している。

半透明可視化は、実物や写真では見ることのできない船鉾の内部構造を分かりやすく提示できる。従来の半透明可視化は、(1)点を間引いてポリゴン化、(2)ポリゴンを視線方向にソートし奥から順に半透明に描く、という手順を踏む。しかし、(1)では点群データの一部を捨てることになり、(2)では生成ポリゴンに交差や接触がある場合に不正確な可視化が頻出する。一方、我々の粒子ベースレンダリングでは、点群データを全てそのまま可視化に利用可能であり、ま

た、ポリゴンや点群のソート処理は不要である。よって正確な半透明可視化を容易に実現できる。

粒子ベースレンダリングでは、部品ごとの点群データが別々に取得されていても、単純に点群を統合することで可視化の統合が行える。本報告では、船鉾外周(図1)に車軸(図2)と車輪(図3)を統合する実験の結果を紹介する。



図1 船鉾の外周

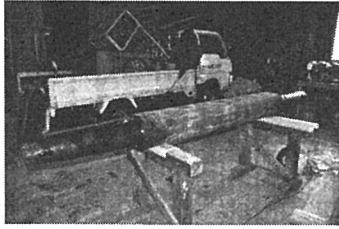


図 2 車軸

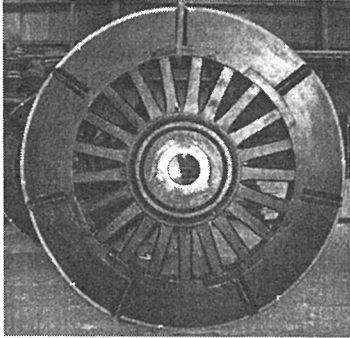


図 3 車輪

2. 計測データ

2.1 計測方法

船鉾、車輪、車軸はそれぞれ異なる場所で計測が行われ、計測機械は Leica 社の Scan Station 2 が用いられた。様々な角度から対象物を複数回計測し、最終的に点群処理ソフトウェアで計測データの位置あわせが行われた。

2.2 データ形式

レーザにて計測されたデータは三次元点群データとして保存され、法線情報は記録されなかった。また、レーザ計測は、鏡面形状を計測しようとする、形状を得る目印となるレーザ光が様々な方向に反射してしまい、布や影の部分、黒く塗られた部分に関してはレーザ光を吸収してしまうので、計測データには所々でノイズや欠損部分が存在することになる。

船鉾、車輪、車軸それぞれの点群形状は Leica 社の三次元点群閲覧ソフトウェア Cyclone Viewer Pro にて閲覧することができるので、その結果を図 4-6 に示す。それぞれの点群数はおよそ (図 4) 船鉾 (周囲の囲い等も含む) 1000 万点、(図 5) 車輪 100 万点 (一つにつき)、(図 6) 車軸 100 万点程度である。

また、Cyclone Viewer Pro の機能ではデータの閲覧のみに限られるので、ノイズを除去や、部材の合成の際には別の点群処理ソフトウェアに移行して行う必要があったので、それぞれの点群データを CAD データ (dxf 形式) で出力し、別のソフトウェアに読み込ませる。

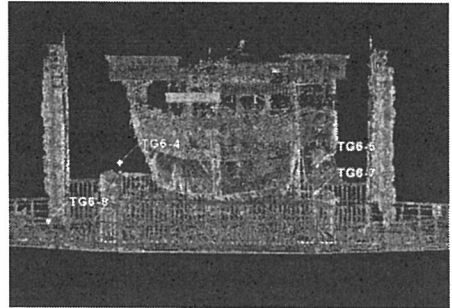


図 4 船鉾の点群形状

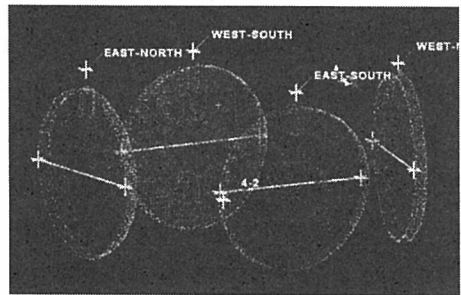


図 5 車輪の点群形状

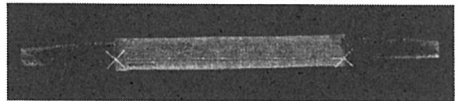


図 6 車軸の点群形状

2.3 データ処理

レーザ計測にて得られたデータにはノイズや、船鉾には関係の無い形状が同時に計測されていたために、これらを除去する作業が必要となった。この作業を行うソフトウェアとして本研究ではアイナテクノロジー社の点群処理ソフトウェア Rapidform XOS を用いた。[3]

このソフトウェアにて以下の作業を行った。

- ・ ノイズ、不要な形状の除去
- ・ 車輪と車軸、船鉾の合成
- ・ ポリゴン化 (一部データにのみ)

最終的に得られた船鉾の点群モデルは図 7 のとおりとなる。

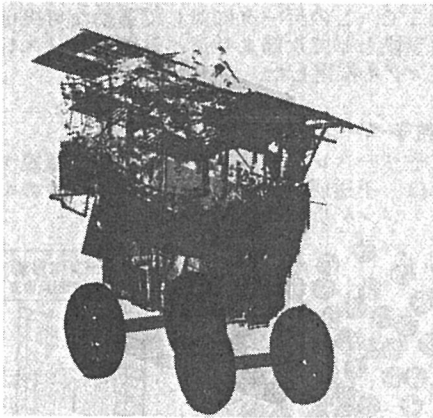


図 7 船舢

このとき車軸に関しては、計測時に両端の部分がレーザ光を吸収してしまったために十分な形状（点群）データを得ることができず、この部分を補うため後に紹介するポリゴン化の工程を経て、十分な数の点群を取得した。

3. 可視化手法

3.1 ポリゴン化

比較のため、可視化を行う際に現在最も一般的とされている方法であるポリゴン化を、本研究にて計測されたデータについて行ったので紹介する。点群データのポリゴン化については Rapidform XOS を用い、得られた点群をもとに自動的にポリゴン面を生成する機能を用い、車輪、車軸、船舢に対して別々に処理を行った。結果として、視覚的な判断でポリゴン化に成功したと考えられるモデルは車輪、車軸の二つで、船舢においては、ポリゴン化は成功しなかった。

以下で、詳細な結果について車輪、車軸、船舢の順に紹介する。

・車輪の点群データ四種類のうち一種類に関してポリゴン面を生成した結果を図 8 に示す。車輪の大部分のポリゴン面が正しく生成されていることが分かる。多少生じているポリゴンの歪みや穴をソフトウェアの機能で修正し、美化のため再度ポリゴン化を行った結果が図 9 に示すものである。

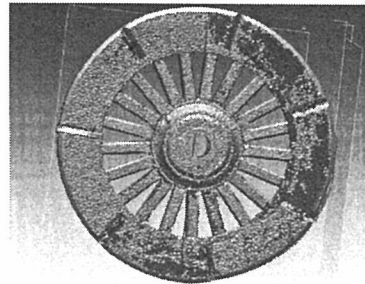


図 8 車輪のポリゴン化結果

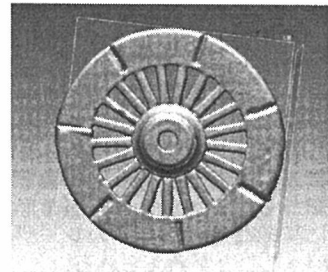


図 9 車輪の再ポリゴン化結果

・車軸の点群データ二種類のうち一種類に関してポリゴン面を生成した結果を図 10 に示す。こちらでは車軸の両端の大部分にポリゴン面が生成されなかったことがわかる。この原因としては、計測時に車軸の両端が黒く漆で塗りつぶされていた為に、レーザ光を吸収してしまい十分な点群データが得られていなかったことにあると考えられる。こちらでも両端の不足部分を車輪同様にソフトウェアの機能を用いて補い、美化のため再度ポリゴン化を行った。結果が以下の図 11 である。

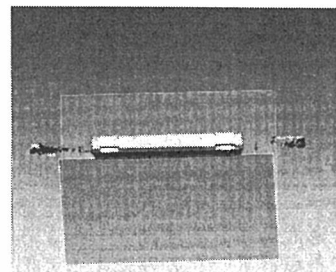


図 10 車軸のポリゴン化結果

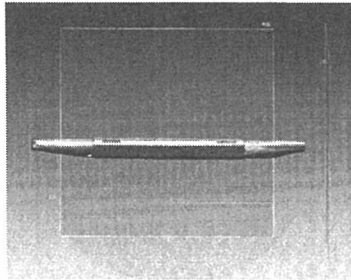


図 11 車軸の再ポリゴン化結果

・船舦に関してポリゴン面を生成した結果を図 12 に示す。この結果ではポリゴン化に伴ってほとんどの形状が失われていることが分かる。この大部分を失った状態では車輪や車軸のように不足部分を補うといった作業ができなくなり、結果として作業はこの状態で進められなくなる。大部分の損失の原因としては、車輪と車軸に比べ形状が細かく、またポリゴン面を形成する上で、十分に詳細な点群が今回のレーザ計測では得られなかったことが考えられる。

このように、計測点群データをポリゴン化して形状モデリングを行うという手法は、複雑な形状の場合には、その作業上の困難さは大きい。

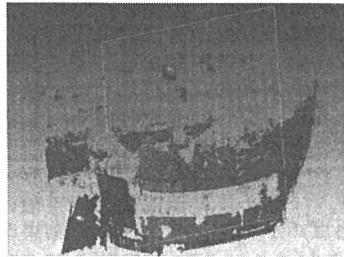


図 12 船舦のポリゴン化結果

3.2 ポイントベースモデリング

可視化するために十分な点群が配置されていれば、ポリゴンのような面を生成せずとも、点群をそのまま利用するポイントグラフィックスを行うことで、形状を把握するに足る描画が行える。今回の船舦の場合は、合計一千万点程度の点群データとして保存されたために、ポリゴン面を形成せずとも図に示したようにおおまかな形状を点群データのみによって把握することができる。

しかし図 7 の状態では立体性が欠け、また詳細な構造も点が重複することによって見えなくなっている。皮肉なことに、このような傾向は、精密計測をして点群数が多くなるほど増大する。さらに、通常の計測にて法線データが取得できないため（ポリゴン化が困難な箇所に対しては）陰影付けもできない状態である。

ここで、このデータに対して適切な可視化を行う手段として次節より述べる粒子ベースレンダリングを採用した。

4. 粒子ベースレンダリング

粒子ベースレンダリング[2]について概説する。これは、不透明発光粒子群を用いた一種のポイント・レンダリングである(図 13)。

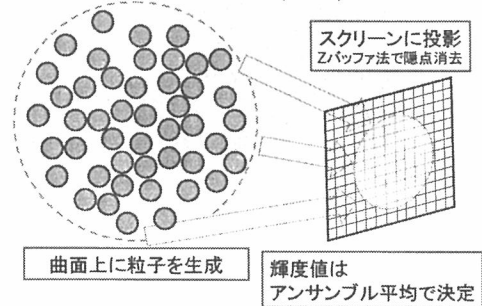


図 13 輝度値決定方法の例

粒子ベースレンダリングにおける可視化手順は以下の通りである。

- (1) 可視化する形状表面上で一様分布する粒子群を発生または取得する。
- (2) 粒子群を、複数のグループにランダム分割し、個々のグループの粒子を、ピクセル単位の隠点処理を行いつつスクリーンに投影し、画像を生成する。
- (3) 全てのグループの画像をアンサンブル平均し、最終的なピクセル輝度値を決定する。

粒子ベースレンダリングを用いることで、グループによってデプスの浅い粒子も深い粒子（点群）も取り込まれ、結果として半透明効果が得られる。グループの数をリピートレベルと呼ぶ。この値が大きくなるほど半透明効果が高まり、これによって点の重複のため見えなかった船舦の詳細な構造、内部構造を可視化できるようになる。

ボリュームデータの可視化などでは、レンダリングに利用する粒子を、モンテカルロ法で生成する。本研究では、形状計測装置で取得した点群をそのまま用いる可能性を追求する。

5. 内部構造の配置

本研究では 2011 年度に予定されている船舦部材の部品ごとの本格的な計測に備えて、部品モデルを現在の船舦モデルと合成し内部構造を可視化する準備を進めている。ここでは、データのまだ得られていない船舦の骨組みなどの内部構造に関して、試験的に、モデリングソフトウ

エアでポリゴンメッシュを作成し、その頂点を利用して粒子ベースレンダリングを行う。

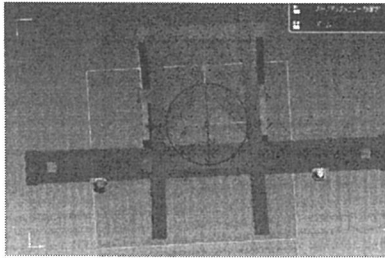


図 14 船鉾の土台の骨組み

図 14 はモデリングソフトウェアの form-Z を用いて簡易的に作成した船鉾の土台の骨組みのポリゴンモデルである。ポリゴンモデルを船鉾の点群データと合成させるには以下の手順で行う。

- (1) ポリゴンモデルをオブジェクトファイルとして Rapidform XOS で読み込み、船鉾の点群データと手動で位置あわせを行う。
- (2) ポリゴンデータを点群データにするため、ポリゴンモデルのポリゴンに対して面の分割処理を繰り返して、頂点数を偏りの無いように増やす。
- (3) ポリゴンモデルを ply 形式などで出力し、船鉾の点群ファイルに頂点データを追加する。

6. 点群データの着色

取得した点群データには色情報が含まれていなかったため、別途に撮影した写真をから、最近宮岡が提案した手法[4]により着色を施した。本節ではその結果を紹介する。

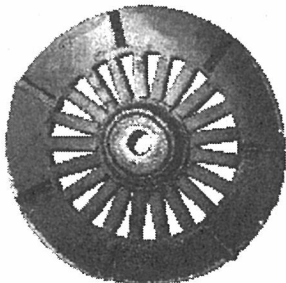


図 15 車輪の着色結果

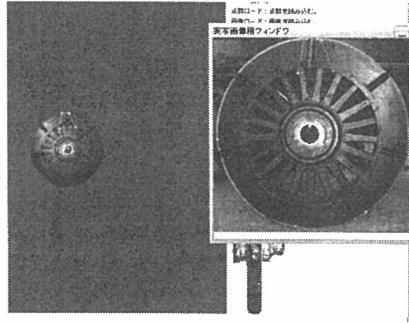


図 16 着色作業

図 15 は車輪に対して着色を施した結果である。着色の際には車輪の画像データを用意し、図 16 のように点群データと画像の対応点を手動で指定し、射影変換を用いて部分ごとに着色を繰り返した。この色情報を用いてポイントレンダリングを行うことで、写実的な可視化を行うことができる。

7. 内部立体構造の可視化

船鉾と車輪、車軸、そして内部構造として作成した土台の骨組みを合成させた点群データを粒子ベースレンダリングにて可視化した結果を示す。

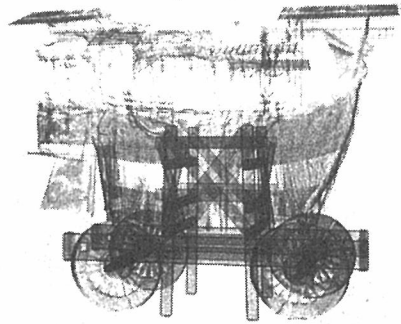


図 17 横断面図 (リピートレベル 50)

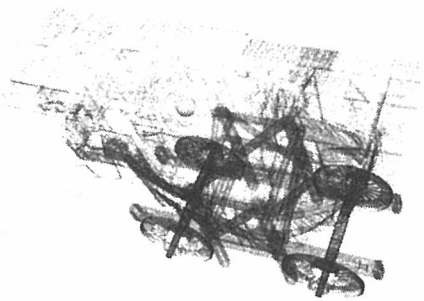


図 18 上面図 (リピートレベル 100)

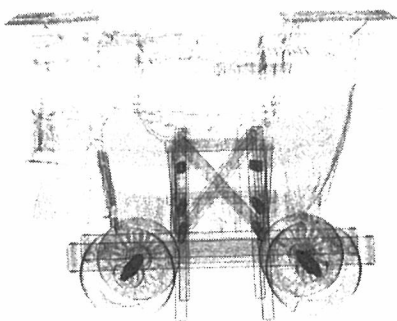


図 19 横断面図 (リピートレベル 150)

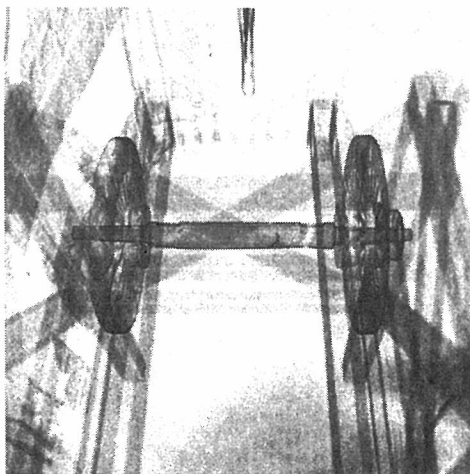


図 20 内部図 (リピートレベル 150)

図 17-19 では、船舳が立体的に、かつ半透明効果によって内部の構造が明確に可視化されていることが分かる。ポリゴン化とは違い取得点群が破棄されることが無いので、船舳の外周に関しては計測データに忠実な可視化結果が得られている。(車輪に関しては点密度が非常に高

かったために間引きを、車軸に関してはポリゴン化を経て両端部分の補完を行っている)

また図 18 では、3.2 節で述べたリピートレベル(グループの分割数)を図 17 の 50 に対して 100 に設定、図 19 では 150 に設定したものである。リピートレベルが上がることで半透明効果が高まり、これによってエッジが強調され、構造がより見やすくなっている。

図 20 では図 19 のモデルに対して視点を船舳の内部に移動させたもので、半透明効果によって手前に存在する骨組みの点群を透過し、さらに車軸と車輪の接続部分を明確に可視化できていることが分かる。

以上の考察をもって、視覚的な結果として図 7 に示した船舳点群よりも構造が明確に可視化できており、さらに本研究で目的としていた内部構造の可視化に関しても、人工的に作成したポリゴンモデルを用いた実験で成功したといえる。

8. 結論

本研究では、レーザ計測した船舳の点群データをそのまま利用して、船舳の外部および内部を可視化する試みについて述べた。ポイントベースモデリングを採用し、骨組みなどの内部立体構造の半透明可視化については、粒子ベースレンダリング[2]を利用した。点群の色づけに関しては、論文[4]の手法が有効であることも確かめた。

将来的には、全ての主要な部品や装飾品を計測し、それらのデータを今回取得した船舳の点群と合成することで、船舳の詳細な外部および内部の構造を可視化する予定である。

参考文献

- [1] <http://www.jsps.go.jp/j-globalcoe/index.html>
- [2] Naohisa Sakamoto, Jorji Nonaka, Koji Koyamada, Satoshi Tanaka: "Volume Rendering Using Tiny Particles", IEEE International Symposium on Multimedia (ISM2006), San Diego, California, USA, December 11-13, 2006.
- [3] アイナステクノロジー『Rapidform XOS ユーザーガイド』(ソウル, アイナステクノロジー-2009年), 565頁
- [4] 宮岡伸一郎:
"実画像を用いた 3D 点群データ着色方式,"
情報処理学会 研究報告, 2008-CVIM-162,
pp. 349-354 (2008)