

平成 22 年 4 月 20 日現在

研究種目：若手研究(B)
研究期間：2008～2009
課題番号：20700162
研究課題名（和文）形状とテクスチャの類似度に基づくエネルギーの最小化による三次元欠損領域の修復
研究課題名（英文）3D surface completion by minimizing energy function defined by similarity measure for surface shape and textures
研究代表者
佐藤 智和 (SATO TOMOKAZU)
奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
研究者番号：50362835

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、レーザレンジファインダ等を用いて取得した三次元物体上に生じた欠損領域を対象として、その物体の欠損以外の領域の情報を利用することで、物体の欠損を修復する手法を開発した。具体的には、欠損領域周辺の局所領域と欠損領域以外の領域上の局所領域の間の類似度によって定義されるエネルギー関数を用い、これを最小化することで、欠損領域の形状を最適化する手法を開発した。また、他の手法との比較を定量的に行うことで、手法の有効性を評価した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have investigated the method that complete a missing data region on the 3-D surface acquired by laser range finder. Our method is based on the energy function that is defined using similarity measure between missing region and data region that is rest of the missing region in the target model. From the quantitatively evaluated result that is given by compared with conventional methods, we confirm the validity of the proposed method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像情報処理、三次元欠損修復

1. 研究開始当初の背景

屋外景観を仮想化し計算機上に再現する技術は、景観のデジタルアーカイブ、遠隔テレプレゼンス、複合現実感など、様々な分野に応用できる重要な研究分野の一つであり、近年、市街地・観光地・遺跡等を対象とした広

域屋外景観の三次元モデル化への要求が高まっている。現在、様々な計測手法により屋外景観のテクスチャ付き三次元モデルを自動獲得する試みが成されているが、複雑なシーンを対象とした場合には、図1に挙げるような形状モデルの欠損が多数発生する。屋外

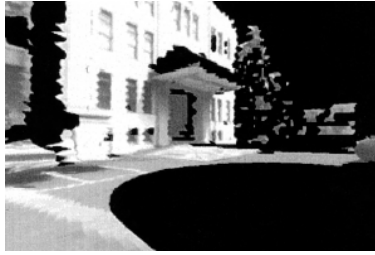


図 1 形状モデル欠損の例

このような欠損領域を計測時に無くすことは難しく、三次元モデルの利用価値が損なわれるという問題が残されている。

2. 研究の目的

本研究では、このような三次元画像データにおける欠損領域を自動修復するために、テクスチャと形状の相関に着目し、三次元データとテクスチャの連続性・再帰性に基づいて、既に計測されている他の領域の大域的および局所的な構造を欠損領域内に再現することで、鑑賞時において違和感の生じにくい三次元モデルの欠損修復を自動で行うことを目的としている。

3. 研究の方法

本研究課題では、三次元欠損領域の修復に用いる指標(目的関数)として、計測対象の局所領域に対する形状の類似度とテクスチャの類似度を用いてエネルギー関数を設計した(1)。また、新たにアクティブメッシュとして与える初期形状モデルを、エネルギー関数を最小化するように効果的に変形させる手法を開発した(2)。

(1) エネルギー関数の設計

まず、アクティブメッシュを構成する各頂点を中心とする一定範囲の局所領域および、計測データに含まれる各頂点を中心とする局所領域の間の類似度を評価する指標を設計する。次に、設計した類似度を用いてエネルギー関数を設計する。ここでは、項目(2)の最小化手法も考慮した上でエネルギー関数を設計することで、実際に効率的に最小化できるエネルギーの定式化を行った。

(2) エネルギーの最小化手法の開発

項目(1)で設計したエネルギーを最小化する形状を決定するために、類似パターンの位置を効率的に探索する手法を開発した。具体的には、物体の局所領域に対する曲率を用いて、類似度が低いと考えられる局所領域間に対する類似度計算を省略する手法を開発した。また、エネルギーの最小化において多数の局所解が存在し、修復結果が初期値に大きく依存することが明らかであるため、粗密法を用いたエネルギーの最小化手法を実装し、効率的に大域最適解にエネルギーを収束させる手法を開発した。

環境のような広域を計測することを前提とした場合には、計測コストの面から、このよう

4. 研究成果

本研究では、実験として、図2(a)、図3(a)、図4(a)に示す欠損領域を持つ3種類の三次元モデル(I)、(II)、(III)に対して修復実験を行った。ここでは、提案手法と同様に欠損領域に予め初期形状を与えた上で、逐次的なコピーにより修復を行う従来手法を実装し、従来手法と提案手法による修復結果を比較することで、提案手法の有効性を確認した。なお、(I)、(II)は故意に欠損領域を与えたモデルであり、(III)は実際に建物を計測した際のオクルージョンにより欠損が生じたモデルである。

モデル(I)は、欠損領域の周辺に滑らかな曲面形状が存在する比較的単純な形状のモデルである。図2(c)より、従来手法による修復モデルでは、欠損領域の中心付近で隆起したエッジが歪み、データ領域にないエッジが現れているため違和感が生じていることが分かる。これに対して、図2(b)に示すモデルを初期値として、提案手法による最適化を行ったモデル(図2(d))では、欠損領域に滑らかな曲面形状が生成され、また、境界部分の隆起している箇所が、欠損領域内で連続的に接続されることで、違和感のないモデルが生成されている。

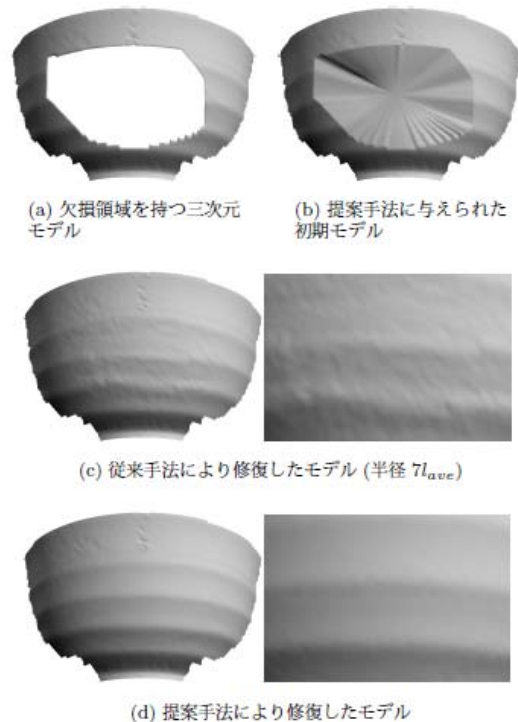


図 2 モデル(I)に対する欠損修復

モデル(II)(図3(a))は、欠損領域の周辺で起伏のある表面形状と、窪んだエッジが存在する比較的複雑なモデル(Stanford Bunny)である。図3(c)に示す従来手法による修復モデルでは、欠損領域の中心付近でエッジがつながっているものの、データ領域には存在しない

滑らかでないエッジが現れ違和感のある形状が生成されている。これに対して、初期形状(図 3(b))から提案手法により生成したモデル(図 3(d))では、起伏のある表面形状が再現されており、また Bunny の後ろ側の足と同様の滑らかなエッジも再現されているため、全体に違和感の小さいモデルが生成されている。

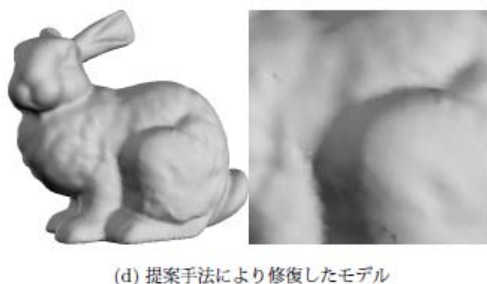
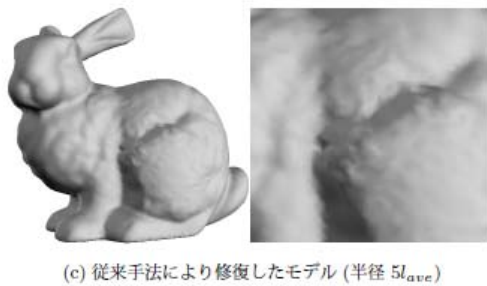
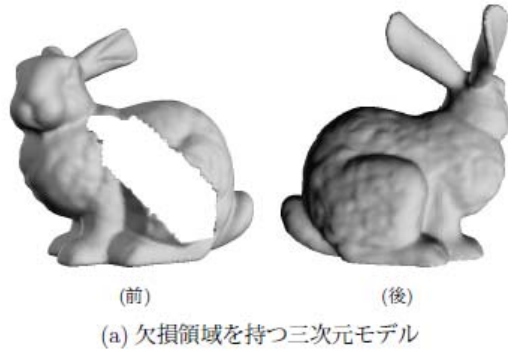


図 3 モデル(II)に対する欠損修復

モデル(III)(図 4(a))は、現実の屋外環境を計測した際に、街灯によるオクルージョンにより建物の壁と窓および地面が欠損したモデルである。逐次的なコピーにより修復したモデル(図 4(c))では、窓の付近に違和感のある形状が生じているのに対し、初期形状(図 4

(b))から提案手法により生成したモデル(図 4(d))では、壁・地面・窓枠とも違和感なく修復されている。

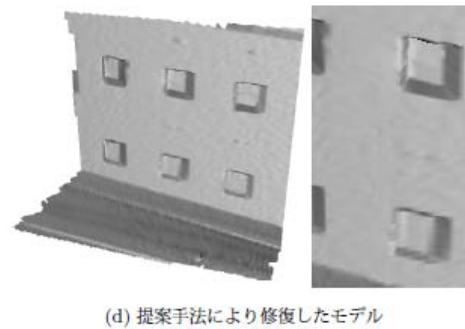
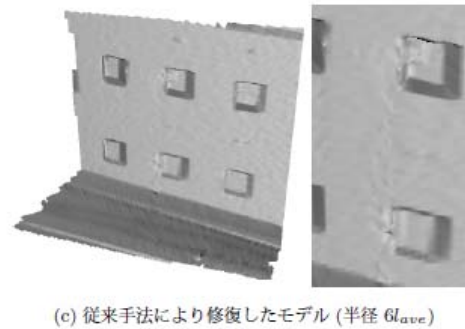
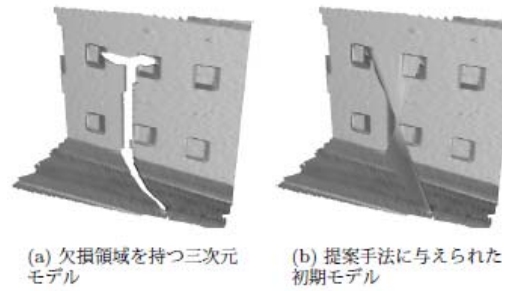


図 4 モデル(III)に対する欠損修復

本研究では、これらの結果に基づき、従来提案されていた手法よりもより品質の高い欠損領域の修復を実現できることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

①河合、佐藤、横矢：局所形状の類似度を用いたエネルギー最小化による三次元欠損修復，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 9, No. 1, pp. 37-44, March. 2010, 査読有

② N. Kawai, T. Sato, and N. Yokoya: "Efficient surface completion using principal curvature and its evaluation", Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP2009), pp. 521-524, Nov. 2009. 査読有

有

③ N. Kawai, T. Sato, and N. Yokoya: "Surface completion by minimizing energy based on similarity of shape", Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP2008), pp. 1532-1535, Oct. 2008. 査読有

[学会発表] (計 3 件)

①河合 紀彦, 佐藤 智和, 横矢 直和: "エネルギー最小化による三次元欠損修復における主曲率を用いた類似局所形状探索の効率化と修復結果の定量的評価", 第13回パターン計測シンポジウム講演論文集, pp. 49-56, Nov. 2008. 静岡県伊豆市

②河合 紀彦, 佐藤 智和, 横矢 直和: "局所形状の類似度評価に基づくエネルギー最小化による三次元欠損修復", 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2008)講演論文集, pp. 272-277, July 2008. 長野県軽井沢町

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

2008年11月 第13回パターン計測シンポジウム優秀論文賞受賞 (受賞対象論文: [学会発表-①])

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 智和 (SATO TOMOKAZU)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 50362835