

学位論文 博士（工学）

高精度かつ高解像度な三次元計測のための
画像による形状情報の補間

2014年度

慶應義塾大学大学院理工学研究科

松尾 清史

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	松尾 清史
主論文題目：			
高精度かつ高解像度な三次元計測のための画像による形状情報の補間			
<p>(内容の要旨)</p> <p>近年、産業分野において三次元計測技術の実利用化が進んできている。この中で特に屋外環境での高い精度と高い解像度を両立した三次元計測技術が求められているが、これらを両立する計測技術は確立されていない。一般的に屋外環境において高精度な計測を行う際には、耐環境性能の高いレーザによる計測が用いられるが、安全性の制約により、高解像度な計測が難しいという問題が存在する。</p> <p>本論文は、高精度かつ高解像度な三次元計測を実現するために、レーザにより計測された疎な形状情報を、画像情報により高精度に補間する手法を提案する。提案手法は、画像と疎な形状情報を用いて形状情報の概形を推定し、概形を元に補間を行うことによって高精度な補間を実現する。領域分割を用いた手法の流れを汲む手法であるが、画像情報と形状情報から局所的な接平面を推定し、形状情報の幾何学的な概形を把握することにより、高精度な補間を実現する点に新規性がある。計測モデルを元に仮想的な計測誤差を加えたデータとデプスカメラによる計測データを用いた実験を行い、提案手法によって高精度な補間が実現できることを示す。</p> <p>第1章では、研究背景として、三次元計測技術が用いられる応用事例を紹介し、屋外環境下における高精度かつ高解像度な三次元計測技術が必要とされる領域と、そこでの役割を示す。その後、既存の三次元計測技術を概観し、本研究の研究目的を明らかにする。</p> <p>第2章では、色情報を用いた形状情報の補間技術に関して先行技術を概説する。さらに、本研究の着目した色の類似性と形状の線型性との相関を利用した先行研究を紹介し、提案手法の位置づけを明らかにする。</p> <p>第3章では、提案手法について詳説する。計測誤差を含む疎な形状情報と画像を用いて、真の形状情報の概形として、形状の線型近似である接平面を色の均質な小領域ごとに推定し、概形を元に形状を補間する手法を提案する。ここに、各小領域における接平面の推定を行う際に、計測誤差の影響を考慮し、色情報を加味した形状情報の主成分分析を導入し、計測誤差に頑健な接平面の推定を行う。さらに、小領域間における形状の整合性を考慮するために、周辺の接平面との位置関係によって法線方向の補正を行う。最後に、得られた局所接平面群から、法線の分布と形状の連続性を把握し、法線方向への平滑化を用いて補間を行う。</p> <p>第4章では、提案手法の有効性を実験により検証する。データセットの提供する形状情報と画像情報の組を用い、補間精度について定量的な評価を行う。ここでは、実環境における性能評価に近づけるため、計測モデルを元に仮想的な計測誤差を加えたデータを用いて定量的な評価を行う。さらに実機による計測データへの実験を行うことによって、既存の手法に比べて、高精度な補間が実現できることを確認し、提案手法の有効性を示す。</p> <p>第5章では本論文をまとめ、今後の課題と展望を示す。</p>			
以上			

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Integrated Design Engineering	Student Identification Number	First name Surname Kiyoshi Matsuo
Title Shape Interpolation using a Color Image for Accurate and High-resolution 3D Measurements		
Abstract <p>There has been much interest in 3D measurement techniques, and the research field has recently expanded to the industrial applications. This expansion has increased the accuracy and resolution requirements of 3D measurements from wide range of outdoor environments. However, current 3D measurement devices such as stereo vision, pattern projector camera, and so on, are not well suited for these requirements. Recently, laser sensors are popularly used for accurate measurements in outdoor environments. Since the density of the laser beam is limited by the laser eye safety guideline, laser sensors cannot achieve high-resolution measurements. To solve this problem, a new accurate shape interpolation method using local geometries that are defined by local tangent planes of shapes is proposed. In the proposed method, the local tangent planes of the shapes are estimated by combining low-resolution shape information and high-resolution color information. Here, the low-resolution shape information is supposed as laser-measured information. Once the local tangent planes are estimated, the surface segmentation of the shapes is estimated by using the local tangent planes. Accurate shape interpolation is achieved by using upsampling filters on each surface by using local geometries that are defined by the tangent planes. The accuracy of the proposed method has been demonstrated by conducting experiments that use images of Middlebury datasets and images captured by a depth camera. Here, a simulated Gaussian measurement model was used to evaluate the robustness with respect to noise.</p> <p>In Chapter 1, the industrial applications of 3D measurements are introduced. Then, the outdoor application fields of accurate and high-resolution 3D measurements are shown. Finally, current 3D measurement techniques are introduced, and the focus and the purpose of this research are shown.</p> <p>In Chapter 2, related works that focused on the relation of shape to color are introduced.</p> <p>In Chapter 3, the proposed method is described in detail. In the proposed method, tangent planes on each superpixel of a high-resolution color image are estimated. Here, a color-difference-weighted principle component analysis is introduced to estimate noise robust tangent planes on superpixels. Then, the normal vectors of each tangent plane are corrected by using the positional relation between surrounding tangent planes. To segment the image into surfaces, the corrected tangent planes are connected if they are spatially close and their normal vectors are similar. Finally, shape interpolation is achieved on each surface by using local geometries that are defined by the tangent planes. The resulting interpolation is accurate because the corrected normal vectors give accurate local geometries of surfaces.</p> <p>In Chapter 4, the effectiveness of the proposed method has been demonstrated by using the images from the Middlebury stereo datasets with added simulated Gaussian measurement noise and images captured by a depth camera. The results are compared with the results of the existing representative interpolation methods. In these experiments, the proposed method had a high completion rate, and achieved low errors in noisy cases, when compared with the existing techniques.</p> <p>In Chapter 5, conclusion and future works of this research are shown.</p>		