

京都大学	博士（工学）	氏名	張 朋昌
論文題目	<b>Study on High-resolution 3D Reconstruction using Linear CCD Imagers</b> 線形イメージセンサーを用いた高解像度 3 次元画像構築に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、高解像度 3 次元復元に関する研究をまとめたものであり、全 6 章から構成される。色彩を含む画像を用いた 3 次元形状復元はデジタル画像の取得精度の向上やコンピュータの処理能力の向上によりますます注目されるようになってきている。しかし、それらの従来手法は一般的にエリアセンサーカメラで取得した低解像度の 2 次元画像を用いたものであるが、本研究は線形イメージセンサーで取得した高解像度の 2 次元画像を用いて 3 次元形状復元を行うものである。</p> <p>第 1 章では、3 次元形状復元技術の背景と既存手法の問題点、および本研究の目的について述べる。また、本論文において核となる高解像度撮像の概要と定義について述べ、線形イメージセンサーが高解像度の画像を取得するという点において優れていることを、エリアセンサーカメラとの比較により示す。</p> <p>第 2 章では、本研究で開発した高解像度 2 次元画像取得システム（今後線形イメージセンサーと呼ぶ）について述べる。まず、画像取得システムの動作原理について導入し、高解像度の画像を取得するための考慮事項について検討する。また、開発したシステムに対し、文化財などの扱いが難しい被写体に対しても適用できるような光源についても検討する。画像取得システムの様々な段階において画像の幾何学的歪みや色再現の誤差が生じるが、それらを補正するためのアルゴリズムについても提案する。</p> <p>第 3 章では、画像解像度の色再現性への影響について、画素形成の微小空間モデルを用いてシミュレーションにより検証した。その結果理論上、解像度が高くなるほど色再現性が高くなることが確かめられた。また、解像度と色再現性の関係について、より詳細に検証するためにカラーチャートを用いて実験した。実験を行った結果、およそ 500dpi までは解像度が高くなるほど色再現性が高くなり、それ以上の解像度においても高い色再現性が維持された。</p> <p>第 4 章では、3 次元画像構築について述べる。画像内において焦点のずれなどによるボケの度合いは被写体とカメラとの距離を推定するための重要な手掛かりとなる。まず画像取得のプロセスにおける焦点のずれについて説明し、画像焦点からの 3 次元形状推定理論について述べる。画像内の焦点のずれの度合いを評価するためには数学的演算子が必要となるため、本章では焦点について議論するための演算子についての詳細を述べる。3 次元形状復元実験は焦点情報や複数の焦点測定演算子、画面サイズ、画像結合のサイズ、レンズの口径などといったパラメータの影響を用いて行われ復元精度を評価する。評価した結果を以下に示す。複数の焦点測定演算子のうち空間周波数演算子が復元上最も有効である。画面サイズはある一定の値まではサイズの増加に伴い復元精度が上がりその後下降する。画面結合のサイズはサイズ増加に伴い復元精度が上がり、その後その状態は維持される。レンズの口径は狭くなるほど復元精度は上がり、ある一定の値からは維持される。</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	張 朋昌
<p>第5章では、線形イメージセンサーで撮像した高解像度画像から SfM (Structure from Motion) により 3次元形状を抽出する方法について示す。まず、実物体とセンサー上の画像間の投影関係を表す式を算出し、線形イメージセンサーのイメージングモデルについて分析する。次に、カメラの焦点距離、画像中心点、ピクセルサイズなどの内部パラメータの推定のためのカメラのキャリブレーション方法を提案する。また、本章での 3次元復元はカメラの回転行列、平行移動行列などの外部パラメータと被写体の形状が推定行列により算出される因子分解法を用いていることが特徴である。回転ステージに設置された被写体は線形イメージセンサーにより 360度撮像され、全体図は各方向からの画像を結合することにより取得される。3次元復元された被写体は 3次元形状に加え、色彩情報も付帯している。実験結果はレーザー測定器を用いた結果と比較し、文化財に対し提案手法の有用性が示された。また最後に、複雑な材料特性を有する被写体に提案手法を適用するために被写体の鏡面反射について説明する。</p> <p>第6章では、本研究の結論と今後の展望について述べる。本研究における、高解像度画像取得システムの実装と 3次元復元のための画像処理、解析アルゴリズムに関する成果についてまとめたものである。本論文での研究成果は、高解像度画像取得や多種多様な被写体の分析のために不可欠なツールとなると考えられる。</p>			