

氏名	のぶ はら しょう へい 延 原 章 平
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学位記番号	情 博 第 147 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 知 能 情 報 学 専 攻
学位論文題目	Deformable Mesh Model for 3D Shape and Motion Estimation from Multi-Viewpoint Video (多視点映像からの3次元形状・運動復元のための弾性メッシュモデル)
論文調査委員	(主 査) 教 授 松 山 隆 司 教 授 美 濃 導 彦 教 授 英 保 茂

論 文 内 容 の 要 旨

能や日本舞踊では、踊り手の姿勢や動作に加え、袖や裾の微妙な動きが重要な意味を持つと考えられ、その分析・記録のためには、複雑な運動をする対象全体に渡る精密な3次元形状と運動を同時に計測する必要がある。

本論文は、多視点ビデオからの対象の3次元形状・運動復元という問題に対して、シルエット、テクスチャ、形状の滑らかさ、素材の剛性度、局所運動情報、向き合った表面間の距離など多様な情報を統合し、詳細な3次元形状と運動を同時に計算することができる弾性メッシュモデルについてまとめたもので、6章から構成されている。

第1章では、3次元形状・運動復元に関する従来の研究を概観し、本論文で提案する弾性メッシュモデルを、(1)多視点静止画像から対象の3次元形状を復元するフレーム内変形(2)多視点動画から対象の3次元形状・運動を同時復元するフレーム間変形の2タイプに分け、それらの基本的計算モデルを述べている。

第2章では、フレーム内変形用の弾性メッシュモデルとして frame-and-skin モデルを提案している。このモデルでは、多視点シルエット画像に視体積交差法を適用することによって求められた粗い3次元形状を初期値とし、シルエット境界の一致性、表面テクスチャの整合性、形状の滑らかさを制約条件としてメッシュの変形を行い、対象の正確な3次元形状を復元する。論文では、シミュレーションと実画像を用いた実験によって、視体積交差法では復元できない凹部についても正確な3次元形状が復元できることを示している。

第3章では、2章のモデルを拡張しフレーム間変形を行う弾性メッシュモデルを提案している。このモデルでは、時間的に連続した2組の多視点画像フレームから視体積交差法によって求められた2つの3次元形状を比較することによって、対象表面上の各点の大まかな運動を表す3次元運動場を推定し、その情報を新たな制約として弾性メッシュの時間的変形を行う。論文では、実画像を用いた実験によって、モーションキャプチャシステムによる3次元点運動計測では得られない、詳細な3次元形状と運動が同時に求められることを示している。

第4章では、3章で求めた3次元運動場にクラスタリングを適用することによって、対象を、剛体運動を行う部分と自由変形を行う部分に分割し、それぞれの運動モデルに応じて素材の剛性度を制御する混合変形型弾性メッシュモデルを提案している。また、実画像を用いた実験によって、剛体運動部分がうまく推定され、安定した3次元形状・運動復元が実現されていることを示している。

第5章では、対象がその形状のトポロジーを変化させるような運動(例えば、腰に手を当てる動作)をした場合でも、うまくメッシュ変形が行えるようにするため、4章の混合変形型弾性メッシュモデルに、向き合った近接表面メッシュ間に働く斥力を導入し、ダンスを行う人物の実写ビデオを対象とした実験によって、提案手法が有効に機能することを実証している。

第6章では、本論文の目的と提案手法のまとめを行うとともに、今後の課題と応用について議論をしている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、能、日本舞踊など複雑かつ微妙な運動をする人物を写した多視点ビデオから、その3次元形状と運動を同時に復元するための弾性メッシュモデルについてまとめたもので、得られた成果は以下の通りである。

- (1) 多視点静止画像から対象の3次元形状を復元するフレーム内変形用の弾性メッシュモデルとして、frame-and-skinモデルを提案し、シミュレーションと実画像を用いた実験によって、視体積交差法では復元できない凹部についても正確な3次元形状が復元できることを示した。
- (2) 多視点動画画像から対象の3次元形状・運動を同時復元するフレーム間変形用の弾性メッシュモデルを提案し、実画像を用いた実験によって、モーションキャプチャシステムによる3次元点運動計測では得られない、詳細な3次元形状と運動が同時に求められることを示した。
- (3) 対象表面の各点で計算された運動ベクトルにクラスタリングを適用して、対象を、剛体運動と自由変形を行う部分に分割するアルゴリズムを考案し、剛体運動・自由変形が混在した複雑な対象の運動を復元することができる混合変形型弾性メッシュモデルを提案し、実画像を用いた実験によって3次元形状・運動復元の安定化が実現できることを示した。
- (4) 対象がその形状のトポロジーを変化させるような運動（例えば、腰に手を当てる動作）をした場合でも、うまくメッシュ変形が行えるように混合変形型弾性メッシュモデルを拡張し、ダンスを行う人物の実写ビデオを対象とした実験によって、提案手法が有効に機能することを実証した。

以上本論文は、多視点ビデオからの対象の3次元形状・運動復元という問題に対して、シルエット、テクスチャ、形状の滑らかさ、素材の剛性度、局所運動情報、向き合った表面間の距離など多様な情報を統合し、詳細な3次元形状と運動を同時に計算することができる弾性メッシュモデルを提案し、ダンスや日本舞踊を行う人物を写した多視点ビデオを用いた実験によってその有効性を示したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成17年2月23日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。