

既知形状マーカを用いた単眼モーションキャプチャ

学位論文内容の要旨

モーションキャプチャ技術は、医療分野では患者の動作の定量的な評価に利用され、スポーツ科学分野では技能の向上に利用されている。また人間工学分野では人体の力学的な負担を解析する手段として利用され、映画やコンピュータアニメーションの分野ではキャラクタの動作入力装置として利用されている。このように各分野で重要な役割を担っているが、動作分析装置の高精度・高性能化が望まれる一方で、簡易でシンプルなシステムの需要も高まっている。

本論文は、1台のカメラによるモーションキャプチャ(Mono-MoCap, 以下MMCと呼ぶ)を提案し、人間の動作計測実験によりMMCの有用性を検証する。また、MMCをステレオシステムに融合させ、ステレオシステムの性能を向上させる手法を提案し、その有用性について実験的に検証する。

提案するMMCでは、まず予め Modified DLT法に基づきカメラ校正を行った1台のカメラを用い、既知形状の多角形マーカを計測する。次に画像処理によりマーカ頂点の画像座標を求め、多角形マーカの形状情報と校正時に得られたカメラパラメータを用いてPnP(Perspective n Point)問題を解くことで、各マーカの3次元位置を演算している。MMCは、カメラを複数使用するステレオシステムと比較すると、1回のカメラ校正で3次元座標演算が可能であり、計測システムがコンパクトであるという特徴がある。

MMCの精度を検証するために、実験装置のカメラパラメータを用いて任意の仮想空間座標のマーカのカメラ座標を求め、MMCによる3次元座標を演算するシミュレーションを作成し、カメラの計測誤差がMMCの計測誤差との関係を調べた。次に、MMCの3次元位置計測精度を実験的に検証し、カメラからの奥行距離が1.0×1.3mの範囲では絶対誤差が10mm以内であり、十分な計測精度が得られることを確認した。また、動的マーカの3次元位置計測実験では、ステレオシステムの結果と比較し十分な精度があることを確認した。また、人間の各関節に三角形マーカを取付け、歩行運動を計測した結果、各関節の誤差は約10mm以内となり、カメラ1台でのモーションキャプチャとして十分な精度であることを確認した。

ここで、MMCはステレオシステムに比べて広い計測範囲を持つことを確認した。また、MMCの計測精度の向上を目指して、既知形状のマーカ数と計測精度の関係について実験的に調べ、マーカ数に比例して精度が向上することを確認した。以上より、MMCはカメラ1台のモーションキャプチャとして有用な手法であることを明らかにした。

次に、MMCを従来のステレオシステムと融合することによりステレオシステムの性能を向上する手法を提案した。これは、ステレオシステムの片眼カメラのみで計測したマーカのカメラ座標とステレオシステムにより演算した他のマーカの3次元座標より、拡張したMMCを用いてステレオシステムで演算不可能なマーカの3次元座標を演算する手法である。実験により、本手法でオクルージョンの問題が改善され、さらにステレオシ

システムの計測範囲を拡大できることを確認し、MMCはステレオシステムの性能を向上させる有用な手法であることを示した。

学位論文審査の要旨

主査	准教授	田中孝之
副査	教授	山下裕
副査	教授	金井理
副査	教授	金子俊一
副査	教授	五十嵐一

学位論文題名

既知形状マーカを用いた単眼モーションキャプチャ

モーションキャプチャ技術は、医療分野では患者の動作の定量的な評価に利用され、スポーツ科学分野では技能の向上に利用されている。また人間工学分野では人体の力学的な負担を解析する手段として利用され、映画やコンピュータアニメーションの分野ではキャラクタの動作入力装置として利用されている。このように各分野で重要な役割を担っているが、動作分析装置の高精度・高性能化が望まれる一方で、簡易でシンプルなシステムの需要も高まっている。

本論文は、1台のカメラによるモーションキャプチャ(Mono-MoCap, 以下MMCと呼ぶ)を提案し、人間の動作計測実験によりMMCの有用性を検証している。また、MMCをステレオシステムに融合させ、ステレオシステムの性能を向上させる手法を提案し、その有用性について実験的に検証している。

提案するMMCでは、まず予め Modified DLT法に基づきカメラ校正を行った1台のカメラを用い、既知形状の多角形マーカを計測する。次に画像処理によりマーカ頂点の画像座標を求め、多角形マーカの形状情報と校正時に得られたカメラパラメータを用いてPnP(Perspective n Point)問題を解くことで、各マーカの3次元位置を演算している。MMCは、カメラを複数使用するステレオシステムと比較すると、1回のカメラ校正で3次元座標演算が可能であり、計測システムがコンパクトであるという特徴がある。

MMCの精度を検証するために、実験装置のカメラパラメータを用いて任意の仮想空間座標のマーカのカメラ座標を求め、MMCによる3次元座標を演算するシミュレーションを作成し、カメラの計測誤差がMMCの計測誤差との関係を調べている。次に、MMCの3次元位置計測精度を実験的に検証し、カメラからの奥行距離が $1.0 \times 1.3\text{m}$ の範囲では絶対誤差が10mm以内であり、十分な計測精度が得られることを確認している。また、動的マーカの3次元位置計測実験では、ステレオシステムの結果と比較し十分な精度があることを確認している。また、人間の各関節に三角形マーカを取付け、歩行運動を計測した結果、各関節の誤差は約10mm以内となり、カメラ1台でのモーションキャプチャとして十分な精度であることを確認している。

ここで、MMCはステレオシステムに比べて広い計測範囲を持つことを確認している。また、MMCの計測精度の向上を目指して、既知形状のマーカ数と計測精度の関係について実験的に調べ、マーカ数に比例して精度が向上することを確認している。以上より、MMCはカメラ1台のモーションキャプチャとして有用な手法であることを明らかにしている。

次に、MMCを従来のステレオシステムと融合することによりステレオシステムの性能を向上する手法を提案している。これは、ステレオシステムの片眼カメラのみで計測したマーカのカメラ座標とステレオシステムにより演算した他のマーカの三次元座標より、拡張したMMCを用いてステレオシステムで演算不可能なマーカの3次元座標を演算する手法である。実験により、本手法でオクルージョンの問題が改善され、さらにステレオシステムの計測範囲を拡大できることを確認し、MMCはステレオシステムの性能を向上させる有用な手法であることを示している。

以上を要するに、著者は、既知形状の多角形マーカとPnP問題の解法によってカメラ1台での簡易で高速なモーションキャプチャを実現し、運動計測実験によりその有用性を確認するとともに、従来のステレオシステムの性能を向上させた。この結果は、画像計測および運動計測の発展に寄与するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士（情報科学）の学位を授与される資格あるものと認める。