HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development and Accuracy Analysis of a Human Motion Capturing Method Using a Single IR Camera [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Bilesan, Alireza
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14752号
Issue Date	2021-12-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83922
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Alireza_Bilesan_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　Bilesan Alireza

審査担当者　主　査　教　授　近野 敦
副　査　教　授　田中 孝之
副　査　教　授　五十嵐 一

学位論文題名

Development and Accuracy Analysis of a Human Motion Capturing Method Using a Single IR Camera
（単眼 IR カメラを用いた人間のモーションキャプチャー手法の開発と精度解析）

人間の動作をデジタル化して記録する技術はモーションキャプチャと呼ばれている. モーションキャプチャは, 医療・介護機器開発, 製品の使いやすさ評価, スポーツ選手の動作解析, アニメーションやゲームのキャラクタまたはロボットの動作生成など, 様々な分野で活用されている.

モーションキャプチャには光学式, 慣性センサ式, 磁気式などがある. 光学式は精度が高いものの非常に高価で, 手軽には使用できない. 慣性センサ式は安価であるが加速度を積分して速度と位置を求めるため時間が経つにつれ積分誤差が蓄積する. 磁気式は磁場を生成し, その中で磁気センサの位置と姿勢を検出するもので, 光学式ほどではないが高価で, また計測範囲が狭く金属や電気製品が近くにある環境では磁場が乱れ精度が落ちる. ゲーム機の周辺機器として発売された Microsoft 社の Kinect は RGB カメラ, 赤外線 (IR) カメラ, 深度センサを内蔵し, 安価でありながら実用レベルの精度のモーションキャプチャを行うことができるが, 光学式のような精度は期待できない.

本論文は以上の問題を解決し, 安価な機器で高価な光学式に近い精度のモーションキャプチャを行うための手法を提案するもので, 全編 5 章からなる.

第 1 章は序論であり, 本研究の背景および目的を述べている.

第 2 章では Microsoft 社の Kinect v2 を用いて計測・算出される人間の骨格モデルから各関節の角度を求め記録する手法を提案している. 5 人の被験者による歩行動作を Kinect v2 および光学式モーションキャプチャ装置で同時計測し, 光学式モーションキャプチャ装置で得られたデータを真値として, 提案手法の誤差解析を行っている. Kinect を用いてモーションキャプチャを行った過去の三つの類似研究の手法と比較して, 足首関節では過去の類似研究の最も精度の良い手法よりも若干精度が劣るものの, 腰関節と膝関節については過去の類似研究と比べて最も誤差が小さいことを明らかにした. マーカを用いない Kinect を用いたモーションキャプチャ手法で, 過去の類似研究よりも精度の優れた手法を提案しており, 重要な成果である.

第 2 章で提案した手法では過去の類似研究よりも, 腰関節と膝関節では精度が良いことが示されたが, 足首関節では過去の類似研究の最も精度の良い手法よりも若干精度が劣る結果となった. そこで第 3 章では更なる精度向上のために赤外線反射マーカを対象物に貼付し, Kinect v2 の赤外線カメラから得られる赤外線画像と深度センサ情報からマーカの 3 次元位置を求め, 足首の関節角度を算出する手法を提案している. 人間の代わりにヒューマノイドロボットを用い, ヒューマノイドロボットの足の甲にマーカを貼付し, 足首関節角度センサから得られる値を真値として, Kinect v2 と

光学式モーションキャプチャ装置で同時計測を行い, 提案手法の精度評価を行っている. その結果, ヒューマノイドロボットの足首関節に関しては, 提案手法で, 光学式モーションキャプチャ装置と同程度の精度で関節角度が求められることが示された.

第 4 章では, 第 3 章で提案した手法を発展させ, 人間の下半身の主要関節部位近辺に複数の赤外線反射マーカを貼付し, Kinect v2 を用いて人間の歩行動作をモーションキャプチャする手法を提案している. Kinect v2 で赤外線反射マーカの 3 次元位置を計測し関節の位置を算出し, リンクの長さ (関節間距離) の幾何拘束条件から関節の位置を修正することで精度の向上を図っている. まず, ヒューマノイドロボットの歩行動作に対して提案手法と光学式モーションキャプチャ装置を使った方法で同時計測し, ヒューマノイドロボットの関節角度センサ情報を真値として, 真値との一致性を 95% 信頼区間での級内相関係数 (ICC), Lin の一致相関係数 (CCC), 平均 2 乗誤差 (RMSE) で評価している. その結果, 光学式モーションキャプチャ装置よりは精度が劣るものの, 光学式手法に近い精度で各関節角度が算出できていることが示された. 次に 5 人の被験者に 10 回ずつ歩行動作を行ってもらい, 提案手法と光学式モーションキャプチャ装置を使った方法で同時計測し, 提案手法と光学式モーションキャプチャ装置での計測結果との一致性を, 95% 信頼区間での級内相関係数 (ICC), Lin の一致相関係数 (CCC), 平均 2 乗誤差 (RMSE) で評価している. その結果, 安価な Kinect v2 を用いた提案手法においても, 高額な光学式モーションキャプチャ装置の計測結果と高い一致 (ICC >0.75, CCC >0.75, RMSE=1.15°) が得られた. 安価で単眼の赤外線カメラと深度センサを用いて, 高価で複数のカメラを用いる光学式モーションキャプチャ装置と遜色のない精度で人間の動作をモーションキャプチャする手法を提案したことは非常に重要な成果である.

以上要するに, 本論文は, 安価で単眼の赤外線カメラと深度センサを用いて, 高価で複数のカメラを用いる光学式モーションキャプチャ装置と精度において遜色のないモーションキャプチャ手法を実現したもので, 今後様々な応用が期待されることを考慮すると, システム情報科学, ロボット工学, および計測工学の発展に寄与するところ大である.

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.