

令和元年6月12日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K13180

研究課題名(和文)人工知能を活用したスポーツ選手映像における関節位置の可視化

研究課題名(英文) Visualization of joint positions in athlete's video using artificial intelligence

研究代表者

宍戸 英彦 (Shishido, Hidehiko)

筑波大学・計算科学研究センター・助教

研究者番号：50782067

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、全スポーツ競技のトレーニング支援として、人工知能(Deep Learning)を活用したスポーツ競技映像における選手の関節位置検出アルゴリズムの考案に取り組んだ。本研究では人工知能を活用した2次元関節位置検出アルゴリズムを応用し、3次元関節位置検出アルゴリズムの考案に取り組んだ。考案したアルゴリズムは、少ない労力で高精度に機能することを示した。考案した3次元関節位置検出アルゴリズムにおけるカメラキャリブレーションの定量評価実験を実施し、提案手法は、高精度であることを確認した。また、従来手法と提案手法のキャリブレーション手法の比較実験を実施し、提案手法の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コンピュータビジョンの分野において、これまでの人工知能を活用した関節位置検出アルゴリズムでは2次元画像上の位置を推定していたが、本研究では2次元関節位置検出アルゴリズムを応用し、3次元関節位置の推定を実現した。また、2台のカメラの撮影と補完画像を撮影する少ない労力で3次元関節位置を推定可能とし、3次元関節位置の推定精度は高精度であることを確認した。体育学の分野において、考案した3次元関節位置推定法は全てのスポーツ競技に応用できる。従って、この3次元関節位置の推定データは、選手の移動量の算出や、フォーム関節データ解析など、選手の技術力向上に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：We devised an algorithm for detecting the joint position of athletes in sports video utilizing artificial intelligence (Deep Learning) as training support for all sports. We applied a 2D joint position detection algorithm using artificial intelligence and devised a 3D joint position detection algorithm. The proposed algorithm has been shown to work with high accuracy with little labor. We carried out quantitative evaluation experiments of camera calibration in the proposed 3D joint position detection algorithm, and confirmed that the proposed method had high accuracy. We also conducted comparative experiments of the previous method and the proposed method, and showed the effectiveness of the proposed method.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：3次元関節位置 Deep Learning スポーツ競技映像 カメラキャリブレーション

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

映像情報を用いた物体追跡処理は、コンピュータビジョンの重要な研究テーマとされている。特に、戦術分析を目的としたスポーツ競技映像における物体追跡処理に注目が集まっている。また体育学のバイオメカニクス分野において、選手の関節位置群を用いた研究事例が多く存在する。その関節情報は、画像から手動で取得するか、マーカなどを選手に取り付け、位置を検出するソフトウェアを使用して取得している。しかし、過去の映像や、センサーが反応しない距離では、マーカを取り付ける手法は適用できない。また、画像から手動で関節情報を取得する場合、非常に労力を要する。このような問題から、コンピュータが自動的に関節情報を抽出する方法に多くの需要がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、全スポーツ競技のトレーニング支援として、人工知能（Deep Learning）を活用したスポーツ競技映像における選手の関節位置検出アルゴリズムの考案に取り組む。これまでの人工知能を活用した関節位置検出アルゴリズムでは2次元画像上の位置推定を目的としていた。本研究では2次元関節位置検出アルゴリズムを応用し、3次元関節位置検出アルゴリズムの考案に取り組む。

### 3. 研究の方法

3次元空間と2次元画像空間の射影関係を求めるためには、撮影カメラのパラメータが必要となる。基本的なカメラキャリブレーション処理は、空間中に3次元位置が既知なランドマークを設置し、その観測位置との対応関係から射影変換行列を推定する強校正や、ランドマークを必要としない弱校正があるが、本研究では、モバイルカメラで移動しながら撮影した映像と疎に配置したカメラの画像を統合することにより、密な多視点画像群を構築し弱校正の推定精度向上を実現した。弱校正座標系は、撮影毎に原点や各軸の方向が変化してしまうが、スポーツ競技コートラインを利用することで、撮影空間の世界座標系を設定し、弱校正座標系から世界座標系への変換を可能とした。撮影方式による補完画像を用いて、補完画像の取得数によるカメラキャリブレーション精度の比較実験を実施し、提案手法のロバスト性を検証した。その結果、提案手法は、疎に配置されたカメラ間の距離が大きいほど提案手法は労力が少なく精度よく機能することを示した。このように、提案したキャリブレーション手法を2台のカメラを用いたスポーツ選手映像に適用することで、高精度な3次元関節位置の推定に成功した。これまでの人工知能（Deep Learning）の学習に必要な選手の関節位置データは、画像上の2次元情報に限られていたが、3次元関節位置情報の学習が可能となった。

### 4. 研究成果

#### (1) 疎に配置した多視点カメラのキャリブレーション手法

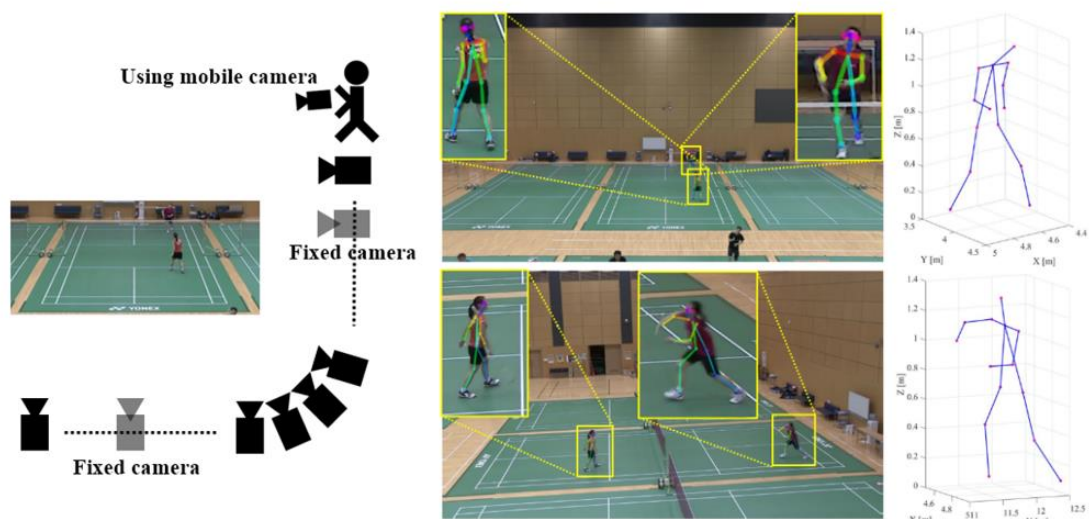


図1 左:疎に配置した多視点カメラのキャリブレーション手法 右:撮影画像に Convolutional Pose Machines を適用して検出した2次元関節情報とそこから推定される3次元関節位置

図1左に示すように、疎に配置した固定カメラによって複数視点画像を撮影した。同時に、固定カメラの間を固定カメラと同じ方向を向いた状態でモバイルカメラを移動させながらビデオを撮影した。ビデオをフレームに分割した補完画像と疎な多視点画像により、固定カメラを含む密な多視点画像群を獲得した。それらの画像群に対して弱校正を適用することにより、全ての多視点画像の射影変換行列を推定した。推定した射影変換行列から、疎な多視点画像に対応するものを抜き出すことにより、ランドマークを設置することなく疎に配置した固定カメラの高精度

なカメラキャリブレーションを実現した。弱校正座標系は、観測される対応点の分布に基づいて座標系が設定されるため、撮影毎に原点や各軸の方向が変化してしまう。異なる撮影データにおいて統一的な計測を実現するために、撮影空間の世界座標系を設定し、弱校正座標系から世界座標系への変換を行った。本手法の応用事例の一つとしてバドミントン選手の姿勢推定を検討した。撮影画像中での被写体の姿勢推定には Convolutional Neural Network (CNN: 深層学習) を利用した人物の関節位置推定手法を利用した。撮影した多視点カメラ画像に Convolutional Pose Machines を適用した結果を図 1 右に示す。2 視点で撮影した画像から検出した関節情報から 3 次元関節位置を推定した。この際ステレオ処理に利用する射影変換行列は本提案手法を用いて推定したものである。

### (2) 3次元関節位置検出アルゴリズムにおけるカメラキャリブレーションの定量評価実験

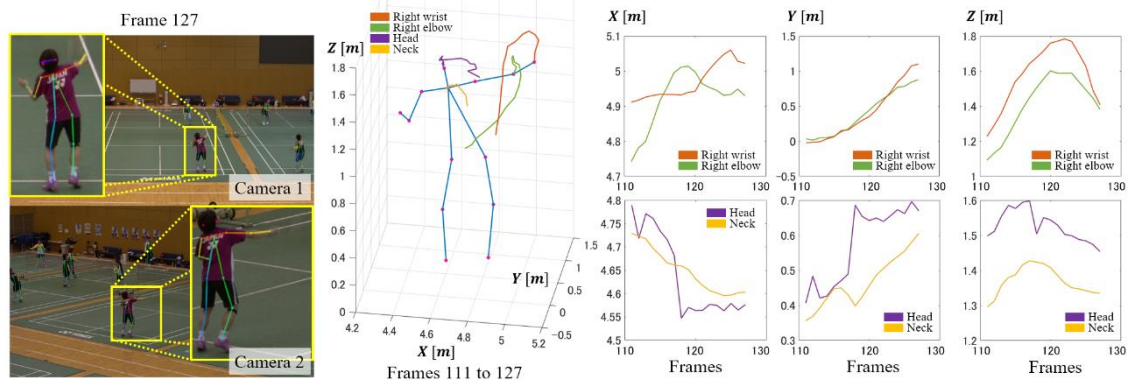


図 2 提案手法を用いて推定されたバドミントン選手の 3 次元関節位置の軌跡

考案した 3 次元関節位置検出アルゴリズムにおけるカメラキャリブレーションの定量評価実験を実施した。体育館においてバドミントンの練習風景を撮影した。3 次元関節位置推定に利用したバドミントンシーンは、シャトルcockの打ち始めから打ち終わりまでのフレームである。撮影画像中での被写体の姿勢推定には Convolutional Neural Network (CNN: 深層学習) を利用した人物の関節位置推定手法を利用する。撮影した多視点カメラ画像に Convolutional Pose Machines を適用した結果を図 2 左に示す。2 視点で撮影した画像から検出した関節情報から 3 次元関節位置を推定した結果を図 2 中央に示す。この際ステレオ処理に利用する射影変換行列は本提案手法を用いて推定したものである。図 2 右に示すように、手首、肘、頭、首、の軌道を推定した。シャトルcockの打ち始めから打ち終わりまでの関節位置を良好に推定されていることが確認できる。同様のシーケンスにおいて、図 2 右に示すように、右手首と右肘の距離を算出した。この 3 次元関節推定手法を用いた実験では、距離の推定値に、キャリブレーション誤差や Convolutional Pose Machines の 2 次元関節推定誤差が含まれる。にもかかわらず、シャトルcockの打ち始めから打ち終わりまでの関節位置は、少ない誤差であり、かつ安定して腕の長さ情報を推定できることを確認した。

このように、2 台のカメラの撮影と補完画像を撮影する少ない労力で 3 次元関節位置を算出可能とした。この 3 次元関節位置の推定データは、選手の移動量の算出や、フォーム関節データ解析など、選手の技術力向上に貢献できる。

### (3) 3次元関節位置検出アルゴリズムにおける従来手法との比較実験

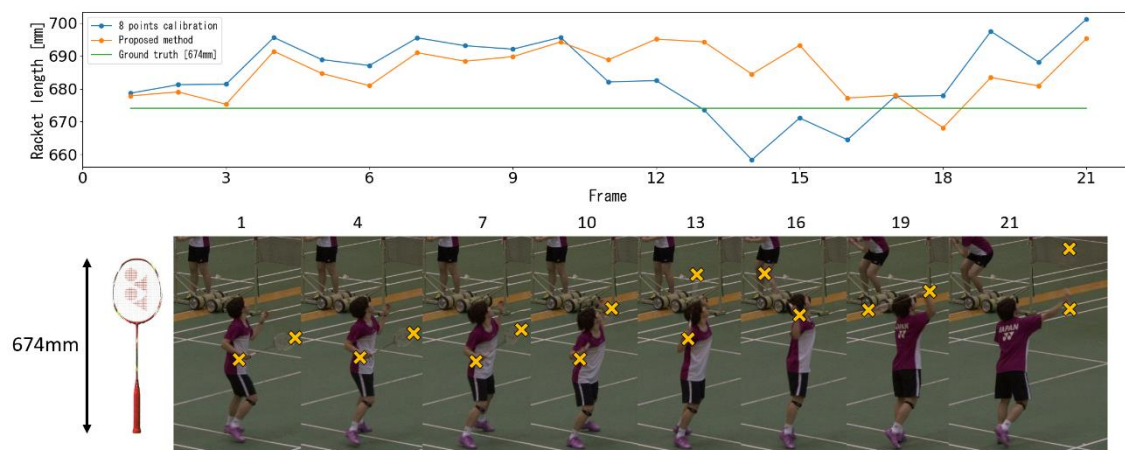


図 3 従来手法と提案手法のキャリブレーション手法の定量評価実験

従来手法と提案手法のキャリブレーション手法の定量評価実験を実施した。従来手法では、8点の画像上の位置を手動で取得し、3Dフィールドとの8点の対応関係よりカメラパラメータを算出した。定量評価実験に使用するデータは、図3下段(黄色プロット)に示すように、選手のショット映像からラケットの位置を手動で取得した。2視点で取得したラケットのトップとアンダーの位置から従来手法を適用し3次元位置を算出することでラケットの長さを算出する。同様に、2視点で取得したラケットのトップとアンダーの位置から提案手法を適用し、ラケットの長さを算出する。ラケットの長さを推定した結果を図3上段に示す。従来手法は青色プロット、提案手法は橙色プロットで示される。実験の結果、両方の手法ともにラケットの長さの推定誤差平均は、ほぼ変化はなかった。一方で、標準偏差を比較すると、前半シーンの推定誤差に手法の比較による変化は見られないが、後半シーンの推定誤差は提案手法のばらつきが少ない結果を示した。前半シーンにおいてラケットの高さはコートネットの高さより低く、後半シーンにおいてラケットの高さはコートネットの高さより高い。従って、従来手法はコートネットの高さより高い位置のキャリブレーション精度は低下し、提案手法は、コートネットの高さより高い位置であってもキャリブレーション精度は安定することが分かった。この安定する要因は、3次元空間に万遍なく分布している画像特徴を提案手法は使用していることであり、提案手法は世界座標系の高さ方向のキャリブレーション精度も安定することを実証した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1件)

- ① [Hidehiko Shishido](#), Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Itaru Kitahara, Visual Tracking Method of a Quick and Anomalously Moving Badminton Shuttlecock, ITE Transactions on Media Technology and Applications (MTA), Vol.5, No.3, 2017, pp.110-120.

[学会発表] (計 5件)

- ① [Hidehiko Shishido](#), Emi Kawasaki, Yutaka Ito, Youhei Kawamura, Toshiya Matsui, Itaru Kitahara, Time-Lapse Image Generation using Image-Based Modeling by Crowdsourcing, The Second IEEE Workshop on Human-in-the-loop Methods and Human Machine Collaboration in BigData (IEEE HMDData2018), 2018, pp.3540-3541.
- ② [宍戸 英彦](#), 河崎 衣美, 伊藤 豊, 川村 洋平, 松井 敏也, 森嶋 厚行, 北原 格, クラウドソーシングと3次元復元技術による世界遺産の予防的保存, 電子情報通信学会, 技術研究報告 PRMU, vol.117, no.442, PRMU2017-158, 2018, pp.77-82.
- ③ [Hidehiko Shishido](#), Yutaka Ito, Youhei Kawamura, Toshiya Matsui, Atsuyuki Morishima, Itaru Kitahara, Proactive Preservation of World Heritage by Crowdsourcing and 3D Reconstruction Technology, The First IEEE Workshop on Human-Machine Collaboration in BigData (HMDData2017), 2017, pp.4426-4428.
- ④ [Hidehiko Shishido](#), Itaru Kitahara, Calibration Method for Sparse Multi-view Cameras by Bridging with a Mobile Camera, 2017 Seventh International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA2017), 2017, 6 pages.
- ⑤ [宍戸 英彦](#), 北原 格, 疎に配置した多視点カメラのキャリブレーション手法, 第20回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2017), PS3-01, 2017, 4 pages.

[図書] (計 0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 0件)

[その他]

ホームページ等  
該当なし

## 6. 研究組織

(1)研究分担者  
該当なし

(2)研究協力者  
該当なし

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。