

# Pose-Cap を用いたフリースロー動作の精度検証と フィードバックの評価

2018SC001 安藤泰介 2018SC028 板花諒汰

指導教員：藤井勝之

## 1 はじめに

近年、簡便にスポーツ動作の動力学的データを取得できるツールの開発が進んでいる。バスケットボールに関連するものとしてはシュートの回転数や入射角、動作時間などを計測できるセンサーボール (94fifty) が代表的な例である [1].

このようにバスケットボールにおける運動特性を測定できるツールがある一方で、動作中の身体各部位の運動情報を指導現場レベルで簡便に取得できるシステムは、実際に学校などで利用できるようなものは確立されておらず実用化するまでには至っていない。実際に練習でそのようなシステムを使用し活用する場合、正確な身体部位の運動情報を取得するために複数台のハイスピードカメラやモーションキャプチャが必要となり、機材が非常に高額でありカメラのセッティングやキャリブレーションに専門的な知識や、膨大な時間がかかる。その上、計測時には特殊なコンプレッションウェアを着て、体中にマーカーを張る必要がある。そこで私たちは株式会社フォーアシストが開発したマーカーレスモーションキャプチャ Pose-Cap を用いて上述の課題を解決できると考えた [2].

そこで本研究では、マーカーレスモーションキャプチャ Pose-Cap を用いたフリースロー動作の精度検証の評価を行う。

また、スポーツ動作のフィードバック技術は発展途上な分野であり、バスケットボールのシュート指導に使えるものはほとんど存在していない。そこで Pose-Cap を用いて、フリースローの即時的なフィードバックが行える仕組みを作成する。

## 2 先行研究との差異

まずはスポーツ業界などで使われている、モーションキャプチャや深度センサーについて記載する。

### 2.1 OptiTrack Flex 13

OptiTrack Flex 13 という高精度光学式モーションキャプチャである。USB で撮影できる物の中ではスペックが高く、200g 以下でとても運びやすいものになっている。しかし、一台当たりの値段が高価で、1 台のみでは測定することができない。それに加えて、カメラの位置や角度、キャリブレーション等に専門的な知識が必要になり、測定にもかなり時間を要する。OptiTrack Flex 13 自体の誤差は製品の概要欄から「Flex 13 は Flex 3 の 4 倍 (1280 × 1024) の解像度である。OptiTrack のプロセッシング

アルゴリズムと組み合わせればより高精度に複数人数でのキャプチャや複雑なモーショントラッキングを可能にすることが出来る。 [3] 」というように精度は保証されている。OptiTrack は Motive という基幹ソフトウェアを使いコントロールする。ここで、図 1 に OptiTrack Flex 13 を示す。



図 1 OptiTrack Flex13

#### 2.1.1 Motive

Motive とは、OptiTrack をコントロールする基幹ソフトウェアである [4]. 撮影に使う複数のカメラのフレームレートや、シャッタースピード等を一括コントロールし、高速演算エンジンでリアルタイムに 3 次元座標を算出することが可能である。

#### 2.2 Pose-Cap

Pose-Cap とはマーカーレスモーションキャプチャのことである。マーカーレスモーションキャプチャとは、マーカーや特殊なコンプレッションウェアを着用することなく身体各部位の運動情報を取得できるツールである。Pose-Cap は深度センサーを使わない一般的なウェブカメラでもマーカーレスで骨格を自動検出することが可能である。従来のモーションキャプチャと異なり、カメラの位置や撮影の際の角度を気にする必要がないほか、キャリブレーションもする必要もなく、専門的な知識がなくても短時間で測定することができる。体の各部位合計 30 箇所の骨格を自動検出でき、複数人の骨格も同時に検出することができる。ファイルを取り込むことで既存の動画や、静止画も解析することが可能である。

## 2.3 先行研究

先行研究を2つ紹介する。

一つ目はフリースローの動作を想定した下肢及び上肢の屈伸動作(以下, Flexion Extension 動作: FE 動作)を課題動作として, 深度センサーである AzureKinect と光モーションキャプチャシステム (VICON:VICON motion systems 社) との同時撮影精度検証を行っている [5]. ここでは関節による精度と速度変化による精度の検証が行われており, 関節と速度条件による精度の相関関係を出している。

二つ目は FE 動作を課題動作とし, AzureKinect (Microsoft 社) と高精度なモーションキャプチャである OptiTrack との同時撮影精度検証を行っている [6]. ここでは関節角度の検証を行い, それに加え FE 動作中のの屈伸ピークと伸展ピーク間の時間での精度検証を行っていた。それにより経過時間の精度が, 関節速度に影響しているか確かめていた。

そこで本研究では AzureKinect の代わりに Pose-Cap を用いて FE 動作を課題動作とし OptiTrack との同時撮影精度検証を行う。Pose-Cap を用いる意義としてはマーカーや特殊なコンプレッションウェアを着用することなく, 動力学的データを取得できることである。また, AzureKinect では 30fps でしか撮影できなかったが, OptiTrack では最大 60fps での撮影が可能のため, 先行研究の課題点であった, 比較的早く動く手関節や肘関節の角度を正確に計測できるのではないかと考えている。ここで, 図2に深度センサー, モーションキャプチャとマーカーレスモーションキャプチャの差異を, 表1に先行研究との差異を示す。



図2 深度センサー, 光学式モーションキャプチャとマーカーレスモーションキャプチャの差異

## 3 精度検証の実験方法

まず, 精度検証について記述する。

精度検証実験では, 被験者にコンプレッションウェアを着用してもらい, その上にマーカーを貼り付ける。貼り付ける箇所は, 右手先, 右手首, 右肘, 右肩, 腰の右側,

表1 先行研究との差異

比較項目	先行研究	本研究	比較対象
モーションキャプチャ	AzureKinect	Pose-Cap	OptiTrack
FPS	最大 30fps	最大 60fps	120fps
使用するカメラ	指定	自由	指定
マーカーの有無	必要	不要	必要

右膝, 右足首, 右足先である。その後, OptiTrack3 台と Pose-Cap の解析のために使うウェブカメラ 1 台の計 4 台で同時に撮影した。

### 3.1 精度検証の課題動作

精度検証の実験ではバスケットボールのフリースローを想定した上述の FE 動作を課題動作として採用した。

被験者は, 健康成人男性 3 人で, 本試行では一人 20 回程度フリースロー動作を想定とした, FE 動作を行ってもらった。

### 3.2 精度検証のデータの取得

精度検証の実験ではデータの取得には, コンプレッションウェアを使用し, 8 か所にマーカーを貼付後, FE 動作を Pose-Cap と OptiTrack3 台にて同時撮影を行う。データは 8 箇所の反射マーカーから計算できる 6 か所の関節のデータを取得する。6 か所とは, 右肘関節, 右膝関節, 右手首関節, 右肩関節, 股関節, 右足首関節である。図3に精度検証実験の方法を示す。各関節の定義を図4に示す。図5に屈曲ピーク, 伸展ピークの様子を示す。

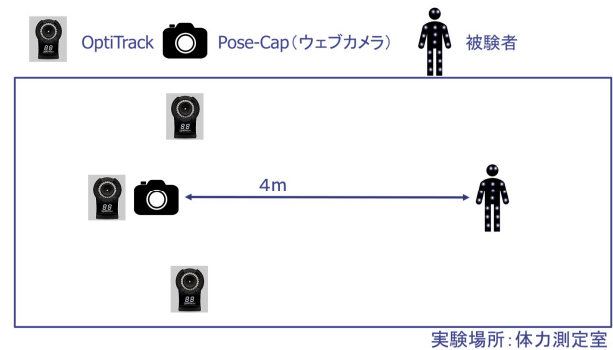


図3 精度検証の実験方法

### 3.3 精度検証のデータの分析

OptiTrack と Pose-Cap から得られた各部位のデータより, 各関節の角度を求める。

OptiTrack では, 各反射マーカーの座標データから, MATLAB と自作したプログラムによりマーカーの特定と, 関節角度の算出を行う。

Pose-Cap では専用の解析ソフトにより, 関節角度が自動的に算出される。

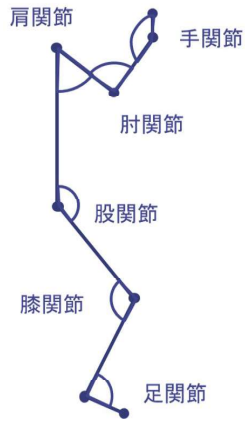


図4 各関節の定義

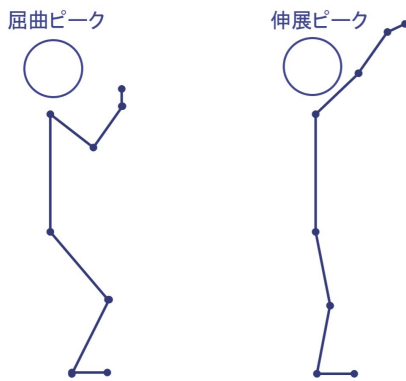


図5 屈曲ピークと伸展ピーク

### 3.4 誤差の算出

精度を調べるために、Pose-Cap と OptiTrack から算出されたデータの誤差の平均と標準偏差を算出した。

## 4 精度検証の実験結果

図6 に屈曲ピークの、図7 に伸展ピークの誤差と標準偏差を示す。

屈曲ピークと伸展ピークのどちらも、手首関節と足首関節の誤差の平均と、標準偏差が大きくなった。

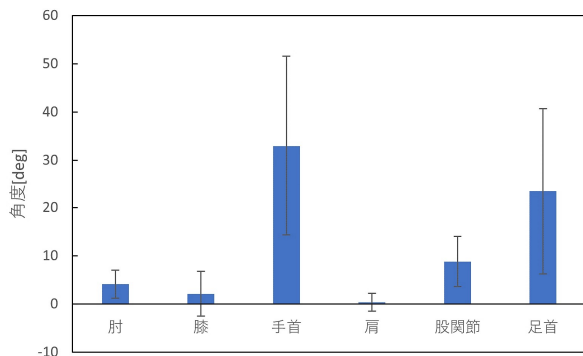


図6 屈曲ピークの誤差

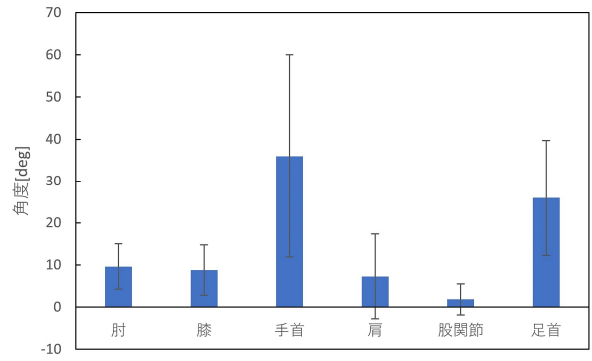


図7 伸展ピークの誤差

## 5 精度検証の考察

手首関節の誤差が大きいことは、最小角度から最大角度までの角速度が他の関節に比べて大きいことが推察される。その理由としては OptiTrack は最大で 120fps なのに対し、Pose-Cap では最大でも 60fps であるため、比較的早い動きである手首の関節を追いきることができなかったことだと推定される。ほかの関節でもある程度の誤差が生じたのは、Pose-Cap が読み取る関節と、OptiTrack のマーカーの位置のズレがあることが推察される。

## 6 フィードバックする項目の分析

次に、フィードバックできる可能性のある項目の分析について記述する。

フィードバックの分析では、Pose-Cap のみで計測を行う。そのため、コンプレッションウェアやマーカーを使う必要がない。

### 6.1 フィードバックの課題動作

フィードバックの分析では、実際にバスケットボールとバスケットゴールを利用して、シュート動作を動作課題とする。

被験者は 4 名程度とし、本試行では一人 20 回程度シュート動作をおこなってもらう。

### 6.2 フィードバックのデータの取得と分析

フィードバックの分析では Pose-Cap を用いて、バスケットボールを持ちゴールにシュートを放ってもらい、3.2 の精度検証と同様に 6 か所の関節の角度を測定する。図8 にフィードバック実験の方法を示す。

Pose-Cap から取得されたデータをもとに関節の屈曲伸展角度と経過時間を求める。そこでそのデータの中から屈曲ピーク時の各関節の角度（特に膝）を数値と画像にて被験者にフィードバックを行う。

### 6.3 フィードバックの実験結果

プログラムを実行すると表2 (上: 2.1m 地点, 下: 6.75m 地点) のように各関節角度の平均と図9 (青: 2.1m 地点,



図8 フィードバックの実験方法

赤：6.75m 地点)のように関節座標をプロットしたものが出力される。この角度の単位は度であり、各関節の定義は3.2の図4に示す。ここでは測定したデータの1つを載せる。

表2 各関節の平均(上：2.1m 地点, 下：6.75m 地点)

手首	肘	肩	股関節	膝	足首
193.134	82.905	105.665	145.313	110.966	75.432
194.663	78.029	106.184	127.363	90.476	62.498

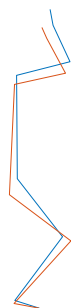


図9 8箇所の座標の平均(青：2.1m 地点, 赤：6.75m 地点)

#### 6.4 フィードバックの考察

結果からボールの飛距離が短いときは特に下半身の股関節、膝関節、足首関節の曲がり幅が小さいことが分かった。ボールの飛距離を伸ばすためには下半身の関節角度をフィードバックすれば改善できる可能性がある、ということが分かった。

### 7 おわりに

本研究で Pose-Cap を用いたフリースロー動作の分析はバスケットボールの指導現場での活用性を精度とフィードバックの2つの点において見出すことが示せた。このこと

によって指導現場において時間的、金銭的問題を解決できる可能性が出たと考えられる。しかしながら、今回は比較的動作が安定かつ遅いフリースローについて検証したがバスケットボールには他にもパスやドリブルなど様々な動作が存在するためそちらにも対応できるか解明する必要がある。

また、フィードバックにおいては今回、ボールの飛距離に対する各関節の角度について分析を行った。しかし本来シュートの精度を上げるためにはそれ以外にも、シュートのループの高さや、左右のブレも大切な要素 becoming するため、そちらにも対応できるものを作成する必要がある。

### 8 謝辞

本研究を進めるに当たり、本研究のテーマや計測機器の使用方法及び計測において、ご助言くださった体育センターの飯田祥明准教授、研究を進めるにあたり様々な助言をくださいました奥村康行教授および梅比良正弘教授に心より感謝致します。また、今回被験者として参加してくれた方々に深く感謝致します。最後に、御指導、御助言いただきました多くの方々に改めて感謝致します。

### 参考文献

- [1] F. Nelson, “94Fifty Smart Sensor Basketball Review”, Live Science, <https://www.livescience.com/43410-94fifty-smart-sensor-basketball-review.html>, 参照 Sep. 20, 2021.
- [2] 株式会社フォーアシスト, “マーカールス骨格検出ソフトウェア Pose-Cap”, <https://www.4assist.co.jp/%E8%A3%BD%E5%93%81%E4%B8%80%E8%A6%A7/%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%82%AB%E3%83%BC%E3%83%AC%E3%82%B9%E9%AA%A8%E6%A0%BC%E6%A4%9C%E5%87%BA%E3%82%BD%E3%83%95%E3%83%88%E3%82%A6%E3%82%A7%E3%82%A2/> 参照 Sep. 20, 2021.
- [3] SPICE, “Flex Series Flex 13”, <https://www.mocap.jp/optitrack/products/flex-13/>, 参照 Sep. 20, 2021.
- [4] OptiTrack, “Motive”, Acuity Inc, <https://www.optitrack.jp/products/software/optitrack/motive.html>, 参照 Sep. 20, 2021.
- [5] 飯田祥明, 内野翔太, “KINECT V2 センサーを用いたフリースロー様動作中のマーカール式関節角度測定の精度検証,” バスケットボール研究, no.4, pp.55-63, Nov. 2018.
- [6] 秋葉俊貴, “AzureKinect を用いたバスケットボールのシュート動作中の関節角度測定の精度検証,” 南山大学理工学部機械電子制御工学科 2020 年度卒業論文, Jan. 2021.