

# 縄跳び指導に活用できる SPLYZA Motion を 用いた動作解析システム構築

2019SC032 松浦 航大 2020SC039 小松 悠人

指導教員：藤井 勝之

## 1 はじめに

近年、スポーツ中の運動データを簡便に取得できるツールがある。例として、サッカーのインステップ動作やパス動作を、加速度や角速度などの項目に分け測定できるデバイス、スマートフォンで撮影した映像を動作解析するデバイスなどがある。[1] なお、メジャーなスポーツでは動作解析についての研究がよく進められているが、縄跳びのようなマイナーなスポーツではあまり進められていない。

さらに上記のような運動時の情報を取得し、解析できるツールがある一方、運動中の各部位の情報を実際に学校のような指導現場で取得・利用できるようなものは未だなく、実用化に至っていない。その理由として、指導現場でツールを使用する場合、正確な各部位の情報を取得するために、ハイスピードモーションカメラやモーションキャプチャが必要となってくる。これらを準備するには、高額なお金や多くの時間と知識が必要になってくる。また、使用中のカメラに対してキャリブレーションが必要になってくる他、計測時には特殊なコンプレッションウェアを着て、体中に赤外線に反応するマーカーを張り撮影する必要がある。

そこで本研究では、株式会社 SPLYZA が開発した、スマホだけで解析ができる AI による“マーカーレス動作分析アプリ”を用いた縄跳び指導に活用できる動作解析システムの構築を行う。

また、フィードバック技術はスポーツ業界で未だに発展しておらず、縄跳びの指導に使えるものは少ない。そこで私たちは至る所で誰もが使用できるフィードバックシステムを構築する。

## 2 動作解析に使う機器と先行研究

先ずスポーツ業界の進展に必要なになってくるモーションキャプチャについて説明する。

### 2.1 SPLYZA Motion

SPLYZA Motion とは株式会社 SPLYZA が開発したスマホだけで解析ができる AI による“マーカーレス動作分析アプリ”である。※現時点では IOS のみ対応しており、Android での開発予定は現時点ではない。

準備するのは IOS 端末と映像のみで、身体の高部位の速度、距離、角度、特定の位置からの距離などを自動で測定することができる。撮影はカメラアプリのスローモー

ションで撮影し、フレームレートは 240fps とすることで円滑な動画を解析できる。Pose-cap と同様に、ファイルを読み込むと既存の動画を解析することができ、最大 20 秒の動画を解析することが可能である。また、人間の動作だけでなく、野球のバットやテニスラケット、ゴルフクラブなども検知できる。

### 2.2 Opti Track Flex 3

Opti Track Flex 3 はアキュイティ株式会社によって開発された高精度光学式モーションキャプチャである。100fps, VGA 解像度の性能を圧倒的なローコストで実現したモデルで、ハイエンドモデルと同様のソフトウェアを利用できる。一台当たりの重さは 100g ほどで非常に持ち運びやすい。解像度は「680×480」であり、同シリーズの Opti Track Flex 13 には劣る。Opti Track シリーズの中ではローコストだが、一台当たりの値段は高価であり、測定に何台も設置する必要があるため、一般のユーザーが利用するには手が届きづらい。さらに、カメラの位置や角度、キャリブレーションに気を付けなければならないので、専門的な知識が必要になってくる他、多くの時間を要する。Opti Track 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 Opti Track Flex 3 を示す。

### 2.3 先行研究

先行研究を 2 つ紹介する。

1 つ目[2]は被験者 (縄跳び熟練者 1 名、小学校児童 370 名) に一重跳び及び二重跳びを連続 5 回以上跳ばせた。その時のフォームを、被験者の横からデジタルビデオカメラ (SONY 社製, DCR-TRV10) を用い、1/60 秒のシャッタースピードで撮影し、自作プログラムによって身体の高部位の角度を算出している。ここでは二重跳びジャンプ動作について、動作分析の手法を用いて比較・検討することにより、二重跳びの効果的な学習方法についての見解を述べている。

2 つ目[3]は光学式モーションキャプチャの Opti Track Flex 3 を使い、身体スキルに対し、ユーザー間の波を振幅や波長を合わせることでギャップをより分かりやすく理解できる支援ツールの構築を行っている。ここでは、反復運動であるランニングを対象とした際に最低限必要となる頭、首、両肩、両肘、両手、腰、両膝、両踵、両つま先の計 15 か所にマーカーを装着しデータを測定する。その後、被験者の体格やデータを同期し、ディスプレイ上に運動動作のアニメーションを生成することで、比較できるツールを設計した。

そこで本研究では至る所で誰もが使用できるフィードバックシステムの構築を目的とし、縄跳びの二重跳びが上手に跳べない人に効果的なフィードバックを返すシス

テムを開発する。まず二重跳びの動作に着目し、SPLYZA MotionとOpti Trackによる精度検証を行った。精度比較を行うことで SPLYZA Motion が動作解析に使い、前述した課題を解決できると考える。次に、先行研究を踏まえ足首関節角度と跳躍間の一定性に着目し、フィードバックシステムを作成した。



図1 Opti Track Flex 3

### 3 精度検証

SPLYZA Motion で撮影した映像の精度が高いか Opti Track の映像と比較し検証する。

#### 3.1 実験方法

本実験には飯田 祥明准教授に勧めていただいた SPLYZA Motion と Opti Track を用いる。解析は飯田 祥明准教授にお願いした。二重跳びができる被験者 1 名に特殊なコンプレッションウェアを着用してもらい、赤外線に反応するマーカーを肩、肘、手首、腰、膝、足首、つま先の 7 箇所添付する。その際に、検証する部位を肘関節、股関節、膝関節、足首関節の 4 箇所とする。マーカーを添付した箇所と各関節を表したものを図 2 に示す。

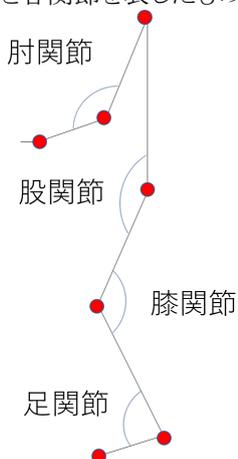


図2 マーカーを添付した箇所と各関節の識別

被験者にはカメラの前で二重跳びを跳んでもらう。(被験者とカメラは約 6m 離れている) SPLYZA Motion を使用するために、本実験では iPhone12 のカメラアプリ内にあるスローモーションで撮影を行う。また Opti Track は飯田 祥明准教授と奥村 康行教授にお借りして、計 3 台使用し、これらの機器の録画開始時間をそろえた同時撮影を行う。撮影時間はおよそ 5 秒間で、5 回撮影する。取得したデータから 4 箇所の各関節の波形を出し、SPLYZA Motion と Opti Track の精度を比較する。精度検証実験

の様子を図 3 に示す。

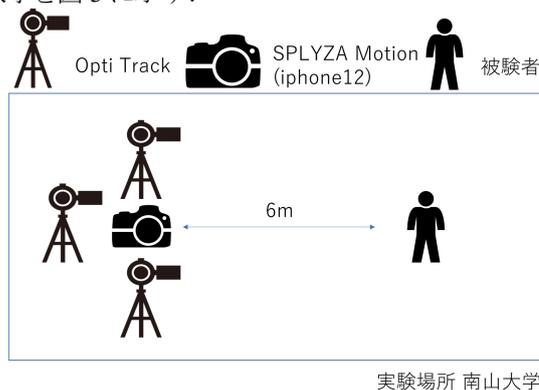


図3 精度検証実験の様子

#### 3.2 精度検証のデータ分析

SPLYZA Motion と Opti Track から得られたデータより、精度検証を行う。SPLYZA Motion はアプリ内で自動的に各関節の角度を算出する。Opti Track ではパソコンでデータを解析することで、マーカーが貼られた箇所を座標としてとらえ三次元で表示する。今回はその座標の X 座標と Y 座標の二次元のみ扱う。得た座標からエクセルで角度を算出する。その後 MATLAB を用いてグラフを作成し、相関比較と繰り返し精度比較を行う。今回は 4 箇所の関節のうち、データが一番きれいに取れ、私たちが着目している足首関節で比較してみる。

#### 3.3 精度検証の結果

実験を終え精度検証を行った。本研究では相関比較と繰り返し精度比較を用いて精度を比較するため MATLAB でプログラムを作成した。足首の屈曲ピークから伸展ピークにかけてのグラフの傾きに着目し相関係数を算出した。またそれぞれのグラフの頂点に着目し、角度の差を比較し繰り返し誤差を出す。Opti Track と SPLYZA Motion のデータから得た相関係数を表 1、繰り返し誤差の最大値を表 2 に示す。

表1 Opti Track と SPLYZA Motion の相関係数

| 試行回数 | 相関係数    |
|------|---------|
| 1 回目 | 0.98365 |
| 2 回目 | 0.994   |
| 3 回目 | 0.99368 |
| 4 回目 | 0.99936 |
| 5 回目 | 0.99192 |

表2 Opti Track と SPLYZA Motion の繰り返し誤差の最大値

| 試行回数 | 誤差の最大値  |
|------|---------|
| 1 回目 | 30.75 度 |
| 2 回目 | 28.99 度 |
| 3 回目 | 26.73 度 |
| 4 回目 | 31.58 度 |
| 5 回目 | 28.01 度 |

#### 3.4 精度検証を終えて考察

相関係数を用いた精度検証では、強い相関がみられ

た。また、繰り返し精度検証の方では最大誤差が 31.58 度という値が出た。よって、波形として見た時の精度はあり、実値に着目した時の精度はなかったといえる。しかし、実値の誤差については、Opti Track と SPLYZA Motion のシャッタースピードの違いや、基準とするマーカーのずれ、ずれから生じる角度の誤差といった点から、グラフのずれが生じていると考える。また、今回の研究では基準とした人のデータと比較、場合分けを行い判定するというシステムなので、基準との誤差を考慮してフィードバックシステムを作成すれば問題ないと考えられる。

この結果から高価で設置時間の確保を要し、コンプレッションウェアの着用、キャリブレーションの知識といった課題を有するモーションキャプチャの Opti Track を使わなくても、マーカーレスモーションキャプチャの SPLYZA Motion を使って動作解析が行えるのではないかと考える。これは学校のような教育現場での普及を広め、動作解析についての研究に役立つだろう。

#### 4 フィードバックシステムの作成

精度検証を終え、本章ではフィードバックシステムの作成に移る。

##### 4.1 フィードバックシステムの概要

3 章の結果を踏まえて、SPLYZA Motion を使用したフィードバックシステムの作成に移る。本研究では、縄跳びの二重跳びが上手に跳べない人に向けたフィードバックを行う。フィードバックする項目は私たちが着目している足首関節の角度と跳躍動作の一定性である。またフィードバックシステムの基準となるデータは、本学部生 A が実際に二重跳びを跳ぶことで得たデータとし、そのデータをもとにフィードバックを行う。

##### 4.2 フィードバック方法

足首関節の角度と跳躍動作の一定性について、どのようにフィードバックするか以下に記す。

足首関節は跳躍時(屈曲ピーク)に着目する。本学部生 A が二重跳びを跳ぶことで得たデータを基準とし、被験者のデータと比較した後コメントを返す。コメントの返し方は「ちょうど良い」「曲げすぎです」「もう少し曲げてください」の 3 通りとする。その時の場合分けを表 3 に示す。

跳躍動作の一定性は跳躍間(跳躍してからまた次に跳躍するまでの間)に着目する。本学部生 A のデータを読み取り、跳躍間の時間を表示する。その後、30 回分のデータごとにすべての跳躍間の時間の平均を取り、最も離れた値と平均との差を出す。その値が最も大きいものを基準とし、同様の方法で得たデータと比べコメントで返す。コメントの返し方は「時間間隔は一定性です」「時間間隔は一定ではありません」の 2 通りとする。その時の場合分けを表 4 に示す

表 3 足首関節角度の場合分け

| 場合分け     | フィードバック     |
|----------|-------------|
| 基準+3° 以上 | 曲げすぎです      |
| 基準-3° 以上 | ちょうど良い      |
| 基準+3° 未満 |             |
| 基準-3° 未満 | もう少し曲げてください |

表 4 跳躍間の一定性の場合分け

| 場合分け | フィードバック        |
|------|----------------|
| 基準未満 | 時間間隔は一定です      |
| 基準以上 | 時間間隔は一定ではありません |

##### 4.3 システム作成に向けた実験方法

以下にシステム作成に向けた実験方法を記す。この実験では本学部生 A がカメラの前で二重跳びを 10 回跳ぶ動作を 30 回行い、その時の二重跳び跳躍時の足首の角度を記録する。(被験者とカメラは約 6m 離れている)記録したデータから平均をとり、出た値をフィードバックシステムの基準とする。実験の様子を図 4 に示す。SPLYZA Motion を使用するため、本実験では精度検証実験と同様に iPhone12 のカメラアプリ内にあるスローモーションで撮影を行う。

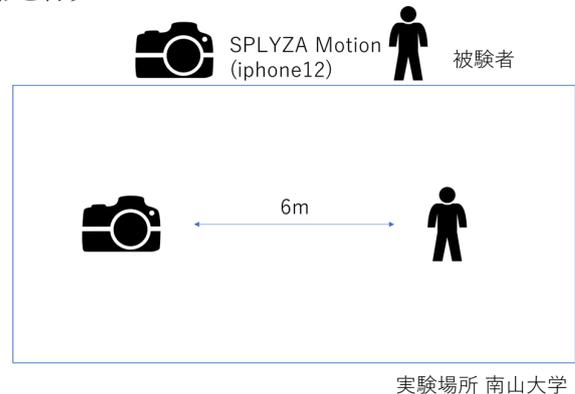


図 4 システム作成実験の様子

##### 4.4 システム作成に向けた実験結果

4.3 節で記した実験方法をもとに実験を行った。実験後、30 回の跳躍データを MATLAB でグラフに起こした。さらに二重跳び跳躍時の足首角度の平均を算出した。10 回ごとに平均を取ったデータを表 5 に示す。

1 回ごとの平均の値を出し、30 回分のデータの平均を取ると 27.39 度と出た。また跳躍間の時間とその平均との差が最も大きかったのは 0.047 秒であった。これらの値をフィードバックシステムの基準となるデータにする。

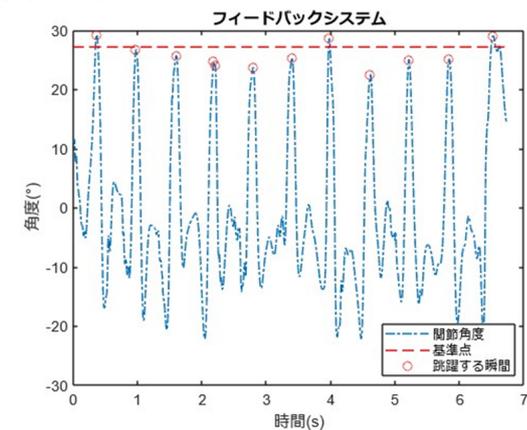
表 5 平均結果

| 試行回数    | 平均         |
|---------|------------|
| 1~10 回  | 29.7185342 |
| 11~20 回 | 27.7031014 |
| 21~30 回 | 24.7501355 |

##### 4.5 フィードバックシステムの作成・評価

実験結果からフィードバックシステムの作成にうつる。システムの作成には MATLAB を用いる。フィードバックの仕方は 4.2 節で説明した方法で行う。作成したフィードバックシステムに本学部生 A のデータをあてはめ実行結果を確かめた。実行されたプログラムから MATLAB 上にグラフが表示されコメントが返される。足首関節角度のフィードバック結果から得られるグラフと、「ちょうど良い」「曲げすぎです」「もう少し曲げてください」とコメントを返した場合を図 5 に示す。

また跳躍間の一定性のフィードバック結果から得られるグラフと、「時間間隔は一定です」「時間間隔は一定ではありません」とコメントを返した場合を図6に示す。

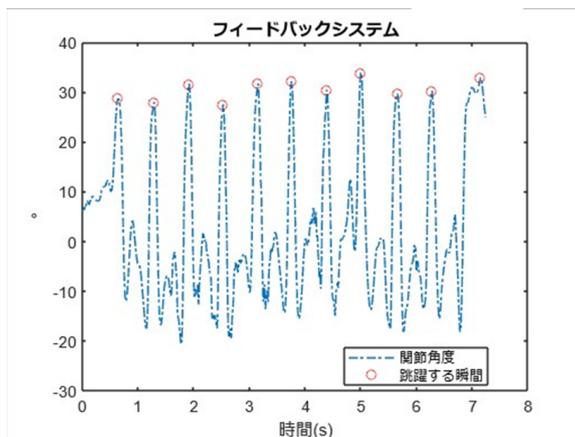


```

コマンドウィンドウ
>> untitled24
跳躍する瞬間の関節角度の平均: 25.573
ちょうど良い
>>
コマンドウィンドウ
>> untitled24
跳躍する瞬間の関節角度の平均: 30.339
曲げ過ぎです
>>
コマンドウィンドウ
>> untitled24
跳躍する瞬間の関節角度の平均: 21.3917
もう少し曲げてください
>>

```

図5 足首関節角度のフィードバック結果



```

コマンドウィンドウ
>> untitled31
赤でプロットされた箇所の時間間隔:
0.6440
0.6260
0.6120
0.6260
0.5980
0.6350
0.6160
0.6500
0.6210
時間間隔は一定です。
>>
コマンドウィンドウ
>> untitled31
赤でプロットされた箇所の時間間隔:
0.6470
0.5720
0.6000
0.5860
0.6090
0.5910
0.5950
0.5810
0.6280
時間間隔は一定ではありません。
>>

```

図6 跳躍間の一定性のフィードバック結果

以上よりパターンごとにフィードバックを返すことが確

認できた。これよりこのシステムの評価を行う。縄跳びの二重跳びが跳べる本学部生Bにカメラ(iphone12)の前で跳んでもらい、システムを試した。その後フィードバック結果をもとに再度跳んでもらいシステムを試した。その結果、フィードバック前後では跳躍時のフォームはやや改善され、跳躍回数も延びた。被験者から良い評価を得られたことから現段階では、今回作成したシステムは縄跳び指導に活用できると考える。

## 5 まとめと課題

本研究の目的は安価で誰にでも使用できる動作解析ツールであった。研究方法としては SPLYZA Motion の精度検証を行い、SPLYZA Motion を用いてフィードバックシステムを作成し、その結果 2 つの事が明らかになった。第一に精度検証において波形として見た時の精度はあり、実値に着目した時の精度はないという結果が得られた。第二にフィードバックシステムは足首関節に着目しフィードバックを行い、縄跳び動作を向上させることができた。これらの結果は先行研究で懸念されていたキャプチャが高価であることと有識者でないと動作解析を行うことができないということに対して、誰にでも動作解析が行えるという新たな知見を付与することができる。

最後に、本研究の残された課題と今後の発展について 2 点書く。

1 つ目の課題は SPLYZA Motion の精度検証で実値に誤差があったため、誤差を考慮してシステムを作る事である。

2 つ目の課題は足首関節角度にしか着目できていないため、再度フィードバックシステムを色々な観点に着目して作成したい。

## 6 謝辞

本研究において、研究のタイトルや計測機器の使用法、研究内容に対してご助言、分析をしていただいた体育センターの飯田祥明准教授、実験器具を貸し出していただいた奥村康行教授に心より感謝致します。また、研究を進める際に協力していただいた方々に深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] SPLYZAMOTION, <https://products.splyza.com/motion/>, 参照 Sep. 5, 2023.
- [2] 浅田 武成, “なわ跳び運動の学習方法に関する動作的研究 —短なわ二重跳びのジャンプ動作に着目して—”, 兵庫教育大学院, 学校教育研究科, 参照 Sep.5.2023
- [3] 濱上 佳祐, 松浦 健二, 金西 計英, “反復運動における運動特性の改善支援機構の構築”, 徳島大学先端技術科学教育部, 徳島大学情報化推進センター, 徳島大学開放実践センター, 参照 Sep.12.2023
- [4] 七澤 朱音(千葉大学), 本田 拓二(銚子市教育委員会), “運動のリズムを重視した体育学習がもたらす効果に関する研究 —低学年における「多様な動きをつくる運動遊び」を通して—”, 参照 Sep.14.2023