

## 映像に基づくランニングフォーム解析システムの実装

村松 大吾<sup>\*1</sup>, 新村 文郷<sup>\*2</sup>

### Implementation of Running Form Analysis System Based on Video Processing

Daigo MURAMATSU<sup>\*1</sup>, Fumito SHINMURA<sup>\*2</sup>

**ABSTRACT** : The authors are interested in running form analysis and have implemented running form analysis system. In the developed system, two cameras are used for data collection; one camera is set behind the treadmill, and the other camera is set on the side of the treadmill. From the cameras, running images of a person who runs on the treadmill are captured, and keypoints of the person are detected from the images. Using the times series of the keypoints, the developed system automatically evaluates several items that are associated with running form characteristics.

**Keywords** : running form analysis, computer vision, action recognition, OpenPose

(Received January 10, 2023)

#### 1. はじめに

ランニングは多くの人々にとって非常に身近な運動であり、様々な場所で行うことができるスポーツである。野球やサッカーなどとは異なり、特別な道具も必要とせず、特別な場所も必要としない。自宅周辺でも、出張先でも、その気になればいつでもどこでも行える。また近年はスポーツジムの利用者が増えているが、ほとんどのスポーツジムにはトレッドミルが設置されており、トレッドミル上でランニングを行うことができる。

ランニングは、健康を維持するための運動として取り組む人も多いが、趣味としてランニングを楽しむ人が増えており、様々なマラソン大会が全国各地で開催され、多くのランナーが参加している。小学校時代、持久走は体育の授業の中でもかなり人気のない運動だと思われるが、大人になるとランニングを親しみやすい運動と考える人が多く、人気のある、実施するスポーツである。人気となる一つの理由は、その手軽さにもあると考えられる。多くの人にとって、走ることは、特別な技能を必要としない運動である。しかしながら、単に「走る」、の

はなく、「うまく走る」、となると話は別である。走ることは容易ではあるが、うまく走ることはそれほど容易ではない。ここで、うまく走る、には様々な定義が可能であると考えられるが、本稿では、「うまく走る」=「適切なランニングフォームで走る」こととする。

適切なランニングフォームで走るためには、まず自分自身のランニングフォームの特性を知るとともに、適切なランニングフォームがどのようなものなのかを知り、それに基づきフォームを改善する必要がある。しかしながら、自分がどのようなフォームで走っているのか、自分のフォームにはどのような特性があるのか、を把握している人はそれほど多くない。専門的なコーチの指導を受けることで、それらを知ることは可能であるが、競技者レベルのランナーを除いて、それらの指導を受ける機会がある人は多くない。

モーションキャプチャ装置などを利用し、身体にマーカーを装着し、人体の3次元モデルを取得できるため、これらのモデルを解析することでランニングフォームの特性を知ることにも可能である。しかし、モーションキャプチャによる測定は、撮影装置が大規模となり、またマーカー等を装着する必要もあるため、簡単には測定ができない。

一方、近年はウェアラブルデバイスによるランニング解析アプリも登場している。例えば、アシックスのシュ

\*1 : 理工学部理工学科教授 (muramatsu@s.seikei.ac.jp)

\*2 : 理工学部理工学科助教

1) ランニングをする際には適切なシューズを履くことが好ましい

ーズにORPHEのセンサを装着しASICS ORPHE RUNを利用しつつランニングすることで、「キック力」、「キック効率」、「プレーキ効率」、「衝撃の負担軽減度」、「ねじれの負担軽減度」の項目に関する分析結果を得ることができる。これらのアプリは専門的なコーチやモーションキャプチャ装置と比較すると気軽に利用することができ、非常に有効であるが、評価の結果を受けて、どうしてそのような結果になるのか、また次にどうすればよいのか、という点が直感的にわかりづらい。ランニングフォームの解析は、ランニングフォームの特性を知ることがゴールではなく、より適切なフォームで走るための通過点であることを考えると、今後ランニングフォームを改善する際にわかりやすく、かつ比較的容易に特性の解析が可能なシステムが望まれると思われる。そこで本研究では、比較的小規模なシステムにおいて、ランニングフォームの改善に有効なランニングフォーム特性を把握できるシステムの開発を目指す。ランニングフォームの改善を意識したランニングフォーム解析を行う上で以下の要件が重要であると考えられる。

- ランナーにとってわかりやすい、理解しやすいデータに基づき解析されること
- 測定装置が大がかりとならず、比較的容易に測定できること
- 専門的な視点からのランニングフォーム解析であること

現在、これらの要件を満たすランニングフォームシステムの開発を行っているが、本稿では、開発システムの概要について触れる。

## 2. ランニングデータ取得

開発システムでは、ランニングフォームの情報を取得するために、ランナーには、図1に示すようなトレッドミル上を走ってもらい、ランニング中の動作を2台のカメラによって撮影しデータを取得する。カメラを利用した理由は、1) 専門的なコーチはランニングフォームを観察することで特性を評価していること、2) ランナーにとって映像が最も直感的に理解しやすいデータであること、である。カメラの台数については、ランニングフォーム特性を適切に評価するためには、少なくとも側面及び背面からの映像が必要であると考えられるため、側方から撮影するカメラ（以後「側方カメラ」と呼ぶ）1台と後方から撮影するカメラ（以後「後方カメラ」と呼ぶ）1台の計2台の構成とした。図2にトレッドミルとカメ

ラの設置位置を、図3に、それぞれのカメラから撮影される映像のあるフレームを示す。開発システムでは2台のカメラから撮影される映像を解析することで、ランニングフォームの解析を行う。



図1 データ収集に利用するトレッドミル

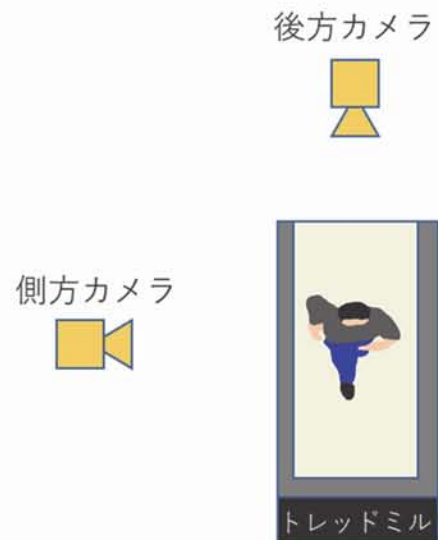


図2 カメラ設置位置



図3 カメラから撮影される映像

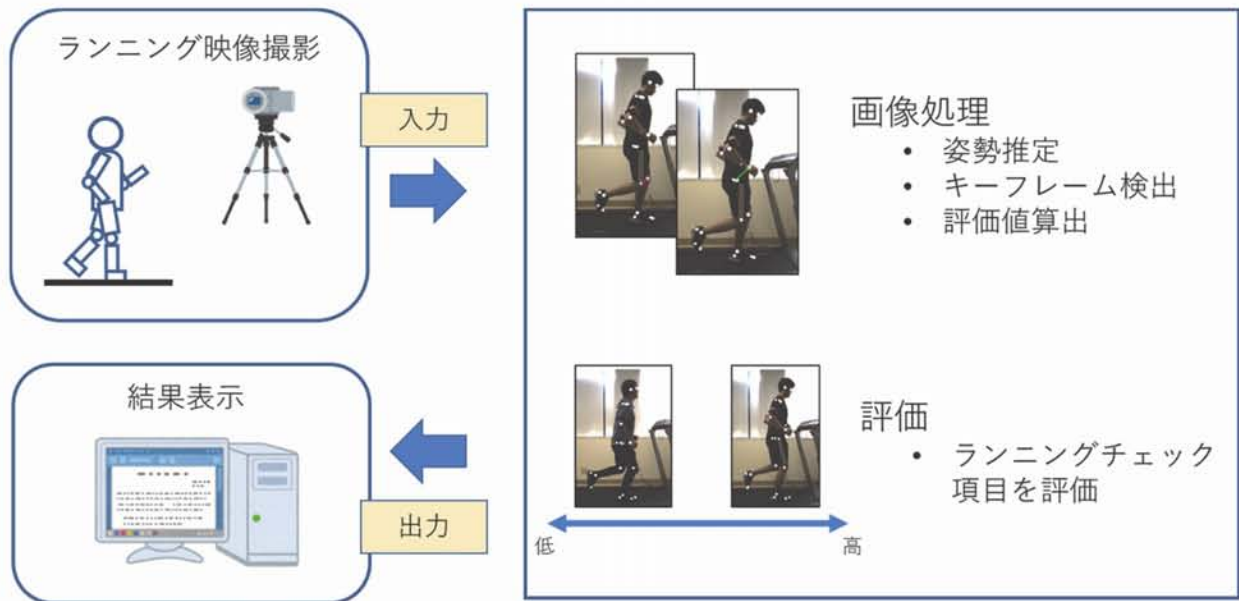


図4 ランニングフォーム解析システムの全体像

### 3. ランニングフォーム解析システム

#### 3. 1. システム概要

開発システムの全体像を図4に示す。このシステムでは、ランニング映像を入力とし、画像処理技術を利用してランニング解析技術を構築することで、ランニングフォームの特性を評価する。そして、評価結果を表示することでランナーにフィードバックを行う。システムを開発するにあたっては、ランニングの専門家からのヒアリングに基づき評価項目を決定し、評価することとした。なお、特許等の関係上、本稿では、評価項目及びそれらの評価方法についての詳細は記述を控える。

#### 3. 2. ハードウェア

開発システムは、カメラ2台と、データ処理用の計算機及びシステム操作と結果出力を行うモニターから構成する。実際に利用しているデバイスは次の通りである。

##### 【撮影機器】

- カメラ：オムロンセンテック製カメラ STC-MCS241U3V
- レンズ：SV-0614H

##### 【計算機】

GPU搭載PC（GPU：GeForce RTX3080）

#### 3. 3. ソフトウェア

##### 3. 3. 1 姿勢推定

ランニングフォーム特性を解析するために、映像から

キーポイントを抽出する。キーポイント抽出にはCaoらにより開発されたOpenPose [1]を利用した。OpenPoseには学習に利用するデータの違いによりいくつかのバージョンが存在するが、本研究ではCOCO Keypoint challenge dataset [2]とFoot keypoints [1]を学習に利用したモデルを採用した。このモデルにおいては、各画像から、画像中の人物に対し、次の25点のキーポイントが抽出される。

##### 【推定されるキーポイント】

- 頭部：
  - 目（左・右）、鼻、耳（左・右）
- 胴体部：
  - 首、尻（左・右・中央）
- 腕部：
  - 肩（右・左）、肘（右・左）、手首（右・左）
- 脚部：
  - 膝（右・左）、足首（右・左）、かかと（右・左）、親指（右・左）、小指（右・左）

実際に図3の画像に対し、OpenPoseを適用した結果を図5に示す。図5においては、人物の右側キーポイントは青、人物の左側キーポイントは赤で色分けして表示している（ただし、頭部キーポイントは白で表示）。また、腰の中心については白で表示している。この結果より、各画像から関節などのキーポイントが検出できていることが確認できる。ただし、映像によっては隠ぺいにより推定が困難となるキーポイントが生じる点には注意が必要である。例えばランナーを右側から撮影した側方カメラからの映像では、フォームにより左肘や左手首などが



視測できないフレームがあり、推定されるキーポイントの精度は低くなることがある。また後方カメラから撮影した映像では両目の推定は困難となり、またフォームによっては両手首なども隠れいされ、検出が困難となることがある。



図5 OpenPoseによるキーポイント検出結果

### 3. 3. 2 キーフレーム検出

ランニングフォーム特性を解析する際にキーとなるフレームを、キーポイントに基づき検出する。キーフレームは、ランニングの専門家がランニングフォーム特性を評価する際に重視するタイミングに基づき決定した。

### 3. 3. 3 評価値算出

ランニングフォーム特性を評価するにあたり、まずは専門家が着目する項目及びその内容のヒアリングを行い、映像から抽出できる特性を絞った。その後、各特性の推定方法を検討し、キーポイントから定量的に評価する手法を構築した。特性を選択するにあたっては、側方あるいは後方カメラの映像から安定してキーポイントが抽出できることを考慮した。

## 4. 解析システム精度評価（今後の課題）

開発したシステムの精度評価は、システムの解析結果と、ランニングの専門家の評価結果を比較することで実施する予定である。現在解析システムの $\alpha$ 版は完成しており、評価をすべく被験者を募り評価用データを収集しているところである。今後、これらのデータに対し開発プログラムを適用し、開発プログラムの精度を評価するとともに、より多くのデータを収集しつつ、特性評価に用いるしきい値などの設定を実施していく予定である。

## 6. むすび

本稿では、著者らが開発しているランニングフォーム解析システムについて、その概要の説明を行った。開発システムは、容易に測定ができる小規模なシステム（2台のカメラとPC1台）により、専門的なランニングフォーム解析を、ランナーが理解しやすい映像に基づき評価を行うことを目指したシステムである。専門家が着目する項目を、映像に基づき評価することで、ランナーにとっても直感的にわかりやすいシステムを構築可能と考えている。今後は、被験者データを利用して開発システムの評価を進めるとともに、実際のスポーツジム等に設置することで、実運用しつつ評価改善を進めていきたいと考えている。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり協力頂いた大阪大学大学院医学系研究科教授中田研氏をはじめ大阪大学大学院医学系研究科スポーツ医学教室、大阪ガスネットワーク株式会社朝原宣治氏、NOBY T&F CLUB荒川大輔氏、株式会社COSPAウエルネス小橋一貴氏に感謝する。

また本研究にあたっては、成蹊大学Society5.0研究所の研究助成を受けた。

## 参考文献

- 1) Z. Cao, G. Hidalgo Martinez, T. Simon, S. Wei and Y. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 43, no. 1, pp. 172-186, 1 Jan. 2021.
- 2) T.-Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, H. Hays, P. Perona, D. Ramanan, P. Dollár and C. L. Zitnick, "Microsoft COCO: Common Objects in Context," In Proceedings of European Conference on Computer Vision, pp. 740-755, 2014.