

OpenPose を用いたスキーヤーのターン姿勢評価手法の提案

2019SC065 寺尾泰輝

指導教員：石原靖哲

1 はじめに

スキー検定は、ターン運動の構成、ポジショニングとエッジング、斜面状況への適応度、スピードと回転弧の調整、運動の質的内容、バランス・リズム・タイミングを複数の審査員で審査する。しかし、基準は審査員の主観やその日の参加者の出来前によって違い、評価が分かれることがある。また、スキー検定を受ける際に自分の滑りが合格の基準に満たしているか1人では主観でしか判断できない。

そこで本研究では、スキーの滑りの良し悪しについて客観的な判断を補助できるシステムを開発することを目的とする。岡田 [2] による一般スキーヤーを対象としたスキー技術のコーチングではターン姿勢を重視しているため、スキーヤーのターン姿勢を評価するシステムを目指す。

スマートフォンなどの一般に普及しているカメラを用いて滑走しているところを複数撮影し、OpenPose[1]を用いて身体の特徴点抽出を行う。そして、フレームごとの姿勢や複数フレームにわたる動作姿勢が、一般的なスキー教本 [3] で述べられている姿勢どおりになっているかを判定することにより、ターン姿勢の評価を行う。

2 OpenPose

OpenPose とは、動画や静止画に含まれる人物を検知し、身体関節の動きを線と点で表現する姿勢推定ライブラリで、カーネギーメロン大学によって開発された。実際に特徴点を抽出した画像を図1に示す。

3 ターン姿勢評価の提案手法

3.1 OpenPose における特徴点の抽出

OpenPose でモーションキャプチャしている研究として、野球やテニス、ゴルフなどのフォームを推定しているものがある。それらは、どれも動画や静止画を近距離で撮影しており、1人を解析している。もしくは2人以上動画や画像に含まれていた場合でもその中の対象を1人に絞らず、全員の姿勢を解析している。しかし、本研究では



図1 OpenPose で取得した特徴点

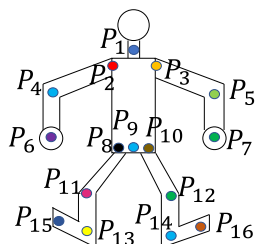


図2 特徴点全体図

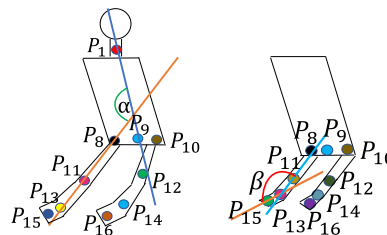


図3 アンギュレーション姿勢 図4 後傾

スキーの滑走を撮影する場合、撮影時に滑走者以外が映ることは十分にあるため、滑走者1人だけを映し出すことは困難である。したがって、複数人が映っている画像から、自動的に解析する対象を1人に絞る必要がある。また、OpenPose は動画や画像内に複数人映っている場合、人数の制限は行えても、人物の同定はできない。

そこで、これらの問題を解決するために本研究では、フレームごとに全人物の特徴点の抽出を行う。これにより、取得した各特徴点の x, y 座標が求まる。さらに、顔の部位や首など動作が少ない特徴点を基準として選び、各特徴点について基準特徴点からの相対座標を求める。そして、前フレームから各特徴点の移動量が最小な人物を観測する人物と判定することで解析対象の人物を1人に絞る。具体的に本研究では、特徴点として、首、両肩、両肘、両手首、右腰、中央腰、左腰、両膝、両足首、両つま先の16個を抽出する。そして、これらの中で動作が最も少ない首を基準特徴点として採用した。スキー滑走動画内で滑走者とそれ以外の立ち位置が入れ変わらない場合、首の特徴点の x 座標は多大な変化は起こらない。したがって、首の特徴点の x 座標を前フレームの各人物の首の特徴点の x 座標と比較し、移動が最小なものを同一人物とみなす。

3.2 ターン姿勢評価点

3.1 節で取得した特徴点から、ターン姿勢の評価点を求める。評価方法はスキー教本やスキー検定での審査基準、スキー技術に関する研究から加点、減点を決める。

計測した特徴点を図2のように置く。図3に存在する直線 P_1P_9 と直線 $P_{13}P_8$ のなす角を α 、図4に存在する直線 $P_{15}P_{13}$ と直線 $P_{13}P_{11}$ のなす角を β とする。各特徴点の x, y 座標を P_{1x}, P_{1y} のような添え字で表現する。

加点はアンギュレーション (外向傾) 姿勢、フォールライン、パラレルスタンスの3つで評価する。岡田や日本スキー教程によると、加点基準の3つは重要であるとしている。アンギュレーション姿勢は、股関節を中心にくの字姿勢を取らなければならない。また、フォールラインは斜面

の真下方向に身体の上半身を向ける。この時、上半身と下半身はひねりの状態であるため、身体の動かせる範囲が少ない胴体付近の特徴点を使用することでフォールラインを表現する。パラレルスタンスでは、つま先と足首の特徴点の直線がスキー板とほぼ平行であるため、2直線の傾きの一致でパラレルスタンスを表現する。この3つの評価の条件を左ターン時において次のように設定する。

$$90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ \quad (1)$$

$$90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ \ \& \ P_{2x} \geq P_{8x} \wedge P_{8y} < P_{2y} \quad (2)$$

$$\text{直線 } P_{15}P_{13} // \text{直線 } P_{16}P_{14} \quad (3)$$

減点はパラレルスタンスではない、後傾、上半身の姿勢が構えていないの3つで評価する。ターンをする際にスピードや回転弧の調整が必要である。体重が後ろにかかってしまうとスピードが制御できていない暴走状態と捉えられる。また、回転弧の調整を行う際に、ストックワークが重要であるため、上半身の構えを行えていない場合、ストックワークを行えない。パラレルスタンスではない状態は、式(3)の2直線の傾きが一致しない状態で表現する。また、後傾はつま先から足首の直線と足首から膝の直線のなす角の角度が直角以上であること、もしくは腰の特徴点の y 座標が膝の特徴点の y 座標より低い、すなわち臀部が下がっている状態を後傾として表現する。上半身の姿勢では、手首が目線の端に確認できる位置に存在する必要がある。したがって、手でのくの字を上半身の姿勢として表現する。この3つの評価の条件を次のように設定する。

$$\text{直線 } P_{15}P_{13} \not// \text{直線 } P_{16}P_{14} \quad (4)$$

$$\beta \geq 90^\circ \ \vee \ P_{11y} \geq P_{8y} \vee P_{12y} \geq P_{10y} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & P_{4x} > P_{6x} \wedge P_{5x} < P_{7x} \wedge P_{8y} > P_{6y} \\ & \wedge P_{10y} > P_{7y} \wedge P_{4y} > P_{2y} \wedge P_{5y} > P_{3y} \end{aligned} \quad (6)$$

4 実験と実験結果

複数のスキーの滑走動画を用いて実験する。スキー検定2級合格時のスキー滑走動画を基準となる動画とする。そして、左ターンと右ターンそれぞれ1ターンずつについてOpenPoseによる特徴点抽出を行い、スキータンの評価点を算出する。式(3)では平行となるためには直線 $P_{15}P_{13}$ と直線 $P_{16}P_{14}$ の傾きが一致してはならないが、画像認識をOpenPoseで行う際に、 P_{15} 、 P_{13} 、 P_{16} 、 P_{14} の座標の認識の誤差があるため完全に一致を条件にすることは困難である。したがって、式(3)を満たしていると判断した静止画50枚をOpenPoseで計測し、傾きを求めた。その結果、0.3~0.7傾きにズレが生じていた。これより ± 0.8 までのズレをパラレルスタンスであるとする。

OpenPoseの出力は、特徴点の座標が、フレームごとでjson形式で得られる。基準の動画、検定2級を取得している者の普段の動画(検定2級相当の動画)、検定2級

表1 基準動画のスキータンの評価点

加点と減点	条件を満たした回数
アンギュレーション姿勢	28
フォールライン	8
パラレルスタンス	46
パラレルスタンスでない	-8
後傾	-2
上半身の姿勢	-8

不合格時の動画、初心者の動画を実験として用いた。この際、基準動画、検定2級相当動画、検定2級不合格時動画、初心者動画の順に評価点が高くなることを想定している。ただし、基準動画と検定2級相当動画は同程度の滑走とする。また、フレーム数は54フレーム取得した。取得した各特徴点の座標を3.2節で定めた加点減点の式に代入し、各動画の評価点を求めた。左ターンにおける基準の動画の実験結果を表1に示す。

実験結果より、基準動画では64、検定2級相当の動画では55、検定2級不合格時の動画では26、初心者の動画は1の評価点得られた。基準動画、検定2級相当動画、検定2級不合格時動画、初心者動画の順に評価点が高いことが得られた。基準動画と検定2級相当動画では評価点に差が出てしまった。点数の差は約10点ほどであり、減点回数ではそこまで差が出ていなかったが、加点に差がついていた。これは検定2級相当動画ではターン後半に移る際に、基準動画に比べて早かったことが関係していると考えられる。違いは1秒に満たなかったが、フレームごとで計測するためズレが生じていた。したがって、3.2節での評価点の決め方が適切だったのか改善の余地がある。

5 まとめ

本研究では、OpenPoseを用いて特徴点を抽出し、スキヤーのターン姿勢の評価を行った。3.1節まではシステム実装を行えたが、動画を撮影する際に、滑走者が小さく映っている場合OpenPoseが滑走者をうまく入力しないため、座標データ正しく出力されないので3.2節のシステムで自動判定はまだ行っていない。今後の課題として3.2節のシステムで自動判定、評価点の改善が考えられる。

参考文献

- [1] Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, and Yaser Sheikh. Realtime multi-person 2D pose estimation using part affinity fields. arXiv preprint arXiv:1812.08008, 2018.
- [2] 岡田利修. 一般スキヤーを対象としたスキー技術のコーチング. 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科2013年度修士論文, 2013.
- [3] 公益財団法人全日本スキー連盟. 日本スキー教程. 山と溪谷社, 2018.