

多視点スポーツ映像視聴支援に用いるタグ付加のためのレンジスキャンデータ処理手法の検討

丸 谷 宜 史^{†1} 間 瀬 健 二^{†1}

多視点スポーツ映像はスポーツ映像を自由な視点から見ることを可能にする一方で、視聴者にとっては視点やシーン選択の自由度が増えるため、見たいシーンの選択に負担がかかる。このため、ハイライトシーンを提示することで視聴を支援することは重要である。本研究ではスポーツ映像としてフィギュアスケートを対象とし、選手の演技内容をタグとして付加することでハイライトシーンを提示することを目指す。その実現のため、撮影と同期してリンク上の選手の状態をレンジスキャナにより計測し、獲得したレンジデータに対して演技に応じた処理を行うことで選手の演技を検出する手法について検討を行った。

Study on range data processing in order to tag multiple view videos

TAKAFUMI MARUTANI^{†1} and KENJI MASE^{†1}

It is necessary to support viewing multiple view sports videos because there are so many view points and scenes in the multiple view sports videos. We aim to tag scenes on the multiple view sports videos according to players' actions in order to support viewing the multiple view sports videos. To achieve this goal, we use range scan camera to capture player's position data without using wearable sensors. By processing the range data according to the players' actions, we segment the multiple view sports videos into scenes.

1. はじめに

近年のデジタル放送の普及によりインタラクティブな映像コンテンツや3次元映像への需要が高まってきている。そのため、映像を自由視点やステレオビジョンで見ることを可能とする多視点映像技術は有用である。一方で多視点映像はその視点の自由度からユーザが簡易に見たい視点を選ぶことは困難であるという欠点を持っている。そのため、多視点映像から視聴者の希望するシーンを検索するための手掛かりを提供する必要がある。我々は視聴者による見たいシーンの検索を支援することを目的とし、その実現のため映像撮影と同時に被写体の状態についても計測し、獲得したデータに基づいて映像にタグを付加するための手法を検討した。

本研究では被写体の状態を計測するセンサとして演技を阻害する恐れのないレーザレンジスキャナを用い、フィギュアスケートの演技に対して個々の演技の行われているシーンの検出方法について検討する。以降では本研究で想定する多視点スポーツ映像視聴支援方法、およびシーntag付加のためのレーザレンジスキャナから得られたレンジデータを基にした個々の演技の検出手法について説明する。

2. 多視点スポーツ映像視聴支援

近年ではスポーツ映像を様々な視点から視聴できるように、多くの視点からスポーツを撮影、視点を提供する試みが増えている。Kanadeらは多視点映像を撮影し自由な視点を撮影する枠組みを考案し、フットボール映像の提供に利用している^{1),2)}。林ら³⁾やKamedaら⁴⁾はサッカーを対象に、多視点からプレイの様子を撮影し自由な視点を再現・提示する手法を提案した。このようにして獲得されるスポーツの多視点映像は、視聴者だけでなく選手にとっても自身の動作を様々な視点からに振りかえることができるため有用である。

このように視点の自由度が上がる一方で、視聴者には視点選択操作の負担も増えるようになってきた。そこで我々の研究グループは多視点映像の視聴支援を目的とした釘付け視聴方式を提案し⁵⁾、その方式を実装した視聴ツールとしてPeg Scope Viewerを開発した。Peg Scope Viewerのインタフェースを図1に示す。釘付け視聴方式とは、映像中の被写体に注目点を設定し、視点を変更してもつねに選択した注目点を中心にとらえた映像提示を可能とする方式であり、特定の被写体に集中して視聴することができる。Peg Scope Viewerは映像中の注目対象のリストを画面左部に表示し、視聴者はそのリストから見たい注目対象を選択することで、視聴者による視点操作の負担を軽減することが可能である。しかしながら、

^{†1} 名古屋大学大学院 情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nagoya University



図 1 Peg Scope Viewer のインタフェース
Fig.1 Interface of Peg Scope Viewer

長時間にわたる映像の中から注目する映像シーンを選択する方法についてはまだ支援が不十分である。この問題に対しては映像中のシーンに対してプレイに関するタグを付与することで解決できると考えられるため、スポーツ映像から選手のプレイを検出することが必要となってくる。

選手のプレイの検出は対象選手の状態を認識することにより行うことが可能である。このような研究としては各種センサを用いた人物状態認識のための研究が当てはまる^{6)–8)}。倉沢⁶⁾、林⁷⁾は被験者の身体動作を加速度センサやモーションキャプチャにより獲得し、それら进行分析することで被験者の特徴的な動作を抽出してきた。しかしながら、これらの手法は被験者にセンサを装着することを前提としており、装着したセンサが画面に映り込んだり、選手の動作を阻害するといった問題が発生することが想定されることから、多視点スポーツ映像への応用には適していない。辛⁸⁾は画像から選手のシルエットを切り出し、3次元モデルとマッチングして選手の姿勢を推定することで選手の演技を評価する方法について検討している。この手法はシルエットの検出精度が環境に依存することや姿勢推定のためある程度の解像度が必要とされることなどから、サッカーのような広域を対象とする多視点スポーツ映像に対しては適用が難しい。

そこで、本研究では選手の動きを阻害せず、また画像よりも安定して選手の位置を計測できるレーザレンジスキャナにより得られるレンジデータを用いて多視点スポーツ映像から選手のプレイを検出する手法について検討する。



図 2 レーザレンジスキャナ LMS511
Fig.2 LMS511

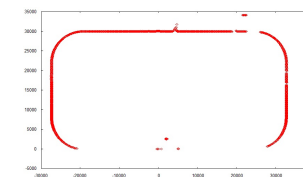


図 3 レーザレンジスキャナによる計測結果のプロット図
Fig.3 example of scan data plot

3. レンジデータからの選手のプレイ区間検出

3.1 レーザレンジスキャナ

本研究で使用するレーザレンジスキャナは図 2 に示すジック株式会社製レーザ測定システム LMS511⁹⁾ である。LMS511 は照射した赤外レーザが対象に当たって返ってくるまでの時間から対象までの距離を計測するセンサであり、190 °の範囲を 0.166 °間隔で計測することが可能である。また LMS511 の赤外レーザはクラス 1 であり、選手の演技や健康への影響もない。選手の腰の高さにスキャナを設置し、選手および会場の様子をスキャナで計測した結果の例を図 3 に示す。図は LMS511 を設置した位置を原点とし、照射角度と計測されたレンジデータを基に計測点の座標を計算し、平面上にプロットしたものである。この平面は会場の長辺方向を x 軸、短辺方向を y とし、単位を mm で表示している。図中の外周を構成する点群は会場のフェンスを、座標 (1000,5000) 近辺に存在する点群は選手の位置を表しており、会場のフェンスの位置や選手の位置が正しく計測できていることが確認できる。

3.2 対象とする選手の動作

本研究ではレンジデータから選手の動作を検出する対象・応用先として、フィギュアスケート練習の振り返り支援を想定した。フィギュアスケートは空間を広く使って演技を行うため、単一のカメラから捉えるのは難しいが、一方で選手の位置を計測する際に遮蔽物がないため、選手の位置が計測しやすいためである。

本研究で検出の対象とした選手の動作は、テレビ中継等で見どころとしてあげられることが多く、かつ実際の演技の採点基準でもあり練習時に見直すことの多いスピン、ジャンプ、ステップシークエンスである。以下にそれぞれの演技の詳細を説明する。なお、それぞれの演技には複数の技の種類が存在するが、本研究ではそれらの分類については扱わないものとする。



図 4 スピンの様子
Fig. 4 Spin



図 5 ジャンプの様子
Fig. 5 Jump

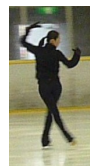


図 6 ステップシークエンスの様子
Fig. 6 Step sequence

(1) スピン

リンク上の一定の場所で回転する演技である。演技の様子を図 4 に示す。一定の場所で回転することや、身体を縮めることで回転速度を上げる、等の行動が確認されるため、センサから計測される位置の安定性等の特徴で検出することが期待できる。

(2) ジャンプ

空中で回転し着氷する演技である。演技の様子を図 5 に示す。高さの変化はあるものの、ジャンプ中は身体を縮めており、かつスキヤナの計測範囲から外れることはないため、位置や速度による検出は難しい。ただし、ジャンプ前や後でバランスを保持するために手や足を広げる動作があるため、選手として計測される範囲の広さの変化から検出することが期待できる。

(3) ステップシークエンス

リンク上で複雑なステップを続けて滑走する演技である。演技の様子を図 6 に示す。演技から演技を繋ぐ間の通常の滑走とはステップが違うだけの演技であるため区別は困難であるが、複雑なステップを挟むことにより選手の位置が細かく変化するため、選手として計測される位置の変化方向から検出することが期待できる。

実際の演技ではそれぞれの動作はプログラムに沿って行われるが、練習時ではそれぞれの動作に順序関係は存在しないため、本研究ではレンジデータの変化のみに着目して演技の検出を行うものとする。

3.3 レンジデータからの演技抽出処理

本節では 3.2 で説明した演技の抽出手順を示す。なお、以下では時刻 t に角度 θ から取得されたレンジデータを $r_\theta(t)$ とする。

(Step1) 選手位置抽出

あらかじめ各角度 θ におけるフェンスまでの距離 f_θ 計測しておき、 $r_\theta(t) < f_\theta$ を満たすレンジデータ $r_\theta(t)$ を選手の身体の一部の計測位置として抽出する。また、この処理により抽出した $r_\theta(t)$ の集合を $R(t)$ とする。

(Step2) 演技検出

リンク上の計測点の座標を $\mathbf{p}_\theta(t) = (x_\theta(t), y_\theta(t))$ ($x_\theta(t) = r_\theta(t) \cos \theta$, $y_\theta(t) = r_\theta(t) \sin \theta$) としたとき、 $R(t)$ に含まれる $r_\theta(t)$ から算出される全 $\mathbf{p}_\theta(t)$ の重心を $\mathbf{P}(t)$ とし、これを時刻 t における選手位置とする。また $R(t)$ に含まれる $r_\theta(t)$ の数を $\#R(t)$ と表記する。

(1) スピン検出

スピンの検出については 3.2 節 (1) で説明したように、位置の安定性から検出することが期待できる。そのため、下式で示すように δt 間での選手の位置変化に着目し、その変化が閾値 TH_{spin} 以下の場合にスピンの検出が行われているとして、検出するものとする。

$$|\mathbf{P}(t) - \mathbf{P}(t - \delta t)| < TH_{spin} \quad (1)$$

(2) ジャンプ検出

ジャンプの検出については 3.2 節 (2) で説明したように、ジャンプ前後での計測範囲の変化から検出することが期待できる。そのため、下式で示すように δt 間での選手の身体の一部として計測される点の数の変化に着目し、その変化が閾値 TH_{jump} 以下の場合にジャンプが行われているとして、検出するものとする。

$$|\#R(t) - \#R(t - \delta t)| < TH_{jump} \quad (2)$$

(3) ステップシークエンス検出

ステップシークエンスの検出については 3.2 節 (3) で説明したように、ステップシークエンス中の選手位置の変化方向から検出することが期待できる。そのため、下式で示すように δt 間での選手の位置の変化方向に着目し、その変化が閾値 TH_{step} 以下の場合にステップシークエンスが行われているとして、検出するものとする。

$$\frac{(\mathbf{P}(t) - \mathbf{P}(t - \delta t)) \cdot (\mathbf{P}(t + \delta t) - \mathbf{P}(t))}{|\mathbf{P}(t) - \mathbf{P}(t - \delta t)| |\mathbf{P}(t + \delta t) - \mathbf{P}(t)|} < TH_{step} \quad (3)$$

上記手順を全時刻に対し適用することにより選手の演技タイミングが検出される。

4. 演技検出実験

4.1 実験環境

提案手法による演技検出方法の検証のため、実際の演技を対象とした演技の検出実験を行った。実験は新横浜スケートセンターで行い、プロ選手一人の行ったショートプログラムの演技一回分を LMS511 を用いて毎秒 25 スキャンで計測を行った。スケートリンクは長辺方向が 60m、短辺方向が 30m の長方形で、リンクを俯瞰した様子を図 7 に示す。実験により観測された選手の軌跡は図 8 中の + 印に示す軌跡のようになった。



図 7 スケートリンクの俯瞰写真
Fig. 7 skating rink

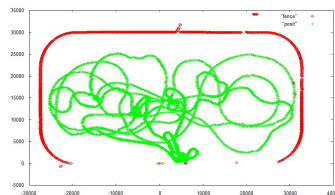


図 8 選手軌跡のプロット図
Fig. 8 track of player's position

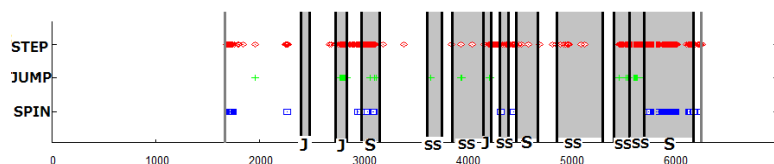


図 9 提案手法による演技検出結果
Fig. 9 Experimental results

4.2 実験結果

獲得したデータに対し、3.3 で記述した手法で演技区間の検出を行った結果を図 9 に示す。図の横軸は時間経過（単位はスキャン回数）を、縦軸は演技の種類を表しており、図は本手法で各演技として検出されたタイミングをプロットしたものとなっている。図中の 1700 フレーム、6200 フレーム近辺に存在する灰色の線はプログラムの開始と終了を、灰色の区間は映像から目視で確認した演技区間を表している。演技開始直後については動き始めのため、スピンとステップシーケンスが誤検出されているものの、全体として演技開始・終了のタイミングについて、スピンでは 83.3%，ステップシーケンスでは 75.0%，ジャンプでは 33.3% の、総計 66.6% を検出することができた。このうち前者 2 種の演技は開始と終了の両タイミングについて、ジャンプは終了タイミングの多くについて検出できていることが確認できた。一方で、ジャンプの開始の検出ができない、スピン時は選手の移動方向の変化も観測されやすいためステップシーケンスとしても検出されやすい、等の問題も明らかになったため、より演技の検出・区別可能な特徴量の検討が必要であることも確認できた。

5. おわりに

本研究では多視点スポーツ映像に対し選手の演技内容をタグとして付加することを目的

とし、レンジデータを用いて演技が行われているタイミングの検出について取り組んだ。その実現のため、レンジデータに対して動作の種類ごとに定義したルールを適用する演技検出手法の検討を行い、実験により提案手法の検証を行った。

今後の課題としては、多様な特徴量を検討してジャンプの検出精度を上げると共に、より多くの被験者・プログラムに対して手法を検証し、手法の有効性を確認することが挙げられる。

謝辞 この研究の一部は独立行政法人情報通信研究機構（NICT）の高度通信・放送研究開発委託研究／三次元映像通信・放送のための中核的要素技術の一環としてなされたものである。また、本研究の遂行にあたり、多くの実験機会と有益な助言を頂いた中京テレビ放送株式会社の川本哲也氏らに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) T.Kanade,P.J.Narayanan,P.W.Rander: Virtualized reality:concepts and early results, Proc. of IEEE Workshop on Representation of Visual Scenes, pp.69-76,1995
- 2) Eye Vision,
available from (<http://www.ri.cmu.edu/events/sb35/tksuperbowl.html>)
(accessed 2011-4-20)
- 3) 林邦彦, 斎藤英雄: 多視点サッカー映像からの自由視点映像生成, 情報処理学会研究報告. CVIM, 2006(51), pp.173-180, 2006
- 4) Kameda, Y. Koyama, T. Mukaigawa, Y. Yoshikawa, F. Ohta, Y. : Free Viewpoint Browsing of Live Soccer Games, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2004. ICME '04.Vol.1, pp.747- 750, 2004
- 5) 間瀬健二, 東海彰吾, 川本哲也, 藤井俊彰: 多視点画像の釘付け視聴方式と操作インタフェースのデザインに関する考察, Human Interface Society, Vol.11, No.1, pp.7-12,2009.
- 6) 倉沢央, 川原圭博, 森川博之, 青山友紀: センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法. 情報処理学会研究報告. UBI 2006(54), pp.15-22, 2006.
- 7) 林 貴宏, 尾内 理紀夫: モーションキャプチャと加速度センサを用いた振りの練習支援, 電学論 E, Vol. 129, No. 6, pp.173-180 ,2009.
- 8) 辛 貞殷, 小沢 慎治: 動画処理によるスポーツ運動解析の研究 -鉄棒競技の自動採点システムに向けて-, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 108(46), pp. 13-18 ,2008.
- 9) ジック株式会社, レーザ測定システム,LMS511,
available from (<http://www.sick.jp/product/automatic/laser/outdoor/LMS511/>)
(accessed 2011-4-20)