

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K12473

研究課題名（和文）カメラ内蔵ボールを用いた疑似直進映像合成に関する研究

研究課題名（英文）Synthesizing fixed point of views from a spinning ball camera

研究代表者

小池 英樹 (Koike, Hideki)

東京工業大学・情報理工学院・教授

研究者番号：70234664

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000 円

研究成果の概要（和文）：ボールスポーツにおいてボール視点映像を提供することを目的として、小型カメラを内蔵したボールを製作した。ただし、ボールは高速に回転するためそのままでは視聴に耐えない。そこで、高速に回転するカメラ映像から、ボールが回転せずに直進しているかのような疑似直進映像を合成する手法を開発した。開発した手法を、ボーリング、水球、ソフトボールなど様々な球技に適用し、映像の安定化が有効に機能することを確認した。さらに、カメラ内蔵ボールと設計の類似するカプセル型内視鏡への適用も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォン内蔵カメラの小型化からわかるように、将来的にカメラはさらなる小型軽量化が進むと考えられる。こうした超小型カメラをボールに搭載することで、ボールスポーツにおいて今まで得られなかったボール視点映像を提供することができるようになる。しかし、カメラを内蔵しただけでは高速回転映像に耐えられない。本研究で開発した手法は、こうした高速回転映像を、あたかも回転していないかのような疑似直進映像に変換するものである。将来的には、ボールスポーツにおいてボールの位置からスポーツを観戦することができるようになる。

研究成果の概要（英文）：We developed a ball camera with an omnidirectional camera and its image processing algorithm to fix the point of view (POV) for spectating of ball sports. The problem of an omnidirectional video taken with this ball camera is that the POV is unstable since the camera pose changes as the ball rotations. We propose a method to generate a POV-fixed omnidirectional video by estimating the change of camera pose by feature matching and applying the pose modification process to each frame. We applied this method to some sports such as bowling, water polo, and soft ball, and showed our method is effective in any situation. We also applied this method to capsule endoscopy which has similar design as the camera ball.

研究分野：Vision-based HCI

キーワード：ボールカメラ 全天球動画 イメージスティッチング 疑似直進映像 画像安定化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

サッカーに代表される球技スポーツのテレビ中継は、球技場周囲に設置された複数台のパンチルトズームカメラや、台車に載せられた移動カメラ、カメラマンの手持ちカメラ、飛行船等での上空カメラなどを用いて臨場感を伝えようと努力してきた。最近では、球技場上空にワイヤーで釣られた移動カメラやクレーンカメラを用いて、これまでにはない映像の提供を行っている。しかし、球技場内部にカメラを設置して映像を配信することは困難であった。最大の理由は競技の邪魔になると同時に、選手の安全性が懸念されるからである。これに対し、金出らは競技場周辺に設置された互いに同期する複数台のパン・チルト・ズームカメラ映像から、隣り合うカメラ間の中間画像生成による画像補完により実際にはカメラのないアングルからの合成映像の提供を行った。しかし、カメラが競技場外部にあるため、選手らによるオクルージョンが発生し、競技場内部視点からの映像合成はできなかった。最近では、複数台のカメラをボールに内蔵しボール視点の映像を提供するシステムや、全周パノラマを作成するカメラも市販されている。しかし、これらは静的なパノラマ映像か、あるいは低速に移動する映像に限られる。

2. 研究の目的

本研究では、複数台のカメラを内蔵したボールを用いてボール視点の映像を提供することを試みる。この結果、例えばフリーキック時の蹴る選手や壁を作る選手達の様子はもちろん、シュート時にボールがゴールあるいはゴールキーパーに向かっていく様子など、従来は不可能であったボール視点の映像配信が可能となる。ここで問題となるのは、一般に競技中のボールは回転、しかも高速回転していることである。したがって、カメラからのオリジナル映像をそのまま提供しても、視聴に耐えない映像となる。また、撮影された各フレームは高速回転のためのモーションブラーや CMOS のローリングシャッタのため歪んでいる。そこで本研究の目的は、高速回転する映像から、特定の対象（例えばゴールキーパー）が撮影されている画像フレームのみを抽出し、各フレーム間をスムーズにつなぎ合わせることで、あたかもボールが回転していないかのような疑似直進映像を合成することである。

3. 研究の方法

本研究では、以下の3段階に研究を進めた。

(1) 全天周を撮影できる球体型カメラ内蔵ボールのプロトタイプを製作し、回転する映像から疑似直進映像を合成した。(2) 次にカメラ位置を変更した楕円型カメラ内蔵ボールのプロトタイプを制作し、深層学習を用いた死角部分の補完を行った。(3) スポーツ以外への応用として、カプセル型内視鏡映像の安定化にも取り組んだ。

4. 研究成果

(1) 球体型カメラ内蔵ボールのプロトタイプを制作した。

具体的には、半天球カメラ(CASIO EX-FR100)2台を透明なアクリルボールの中心部分に固定し、2つの半天球映像をステッチングすることで1枚の正距円筒図法(Equirectangular image)を得ることができる。連続する2枚の正距円筒図法の特徴点照合を行い、回転行列を計算する。ただし、正距円筒図法はそのままでは上と下での画像歪みが大きいので、このまま特徴点照合を行うと照合ミスが商事、正確な回転推定ができない。そこで、正距円筒図法を6個の領域に分割し、これらを仮想的に回転することで、歪みの大きい高緯度部分を低緯度部分に回転移動した。そして低緯度部分のみを用いて特徴点照合を行い、その後再び高緯度に戻すという操作を行うことで、歪みのある正距円筒図法全体における正確な特徴点照合を実現した。得られた特徴点の情報から各画像のホモグラフィを計算し、このホモグラフィを用いて画像を逆変換することで固定視点の映像を得る。これらをつなぎ合わせることで疑似直進映像を実現した。本手法を様々なスポーツシーン、例えばボーリング、パス、水球、野球などで実際に実験を行い、疑似直進映像が実現できることを確認した。



図 1: 球体型カメラ内蔵ボール

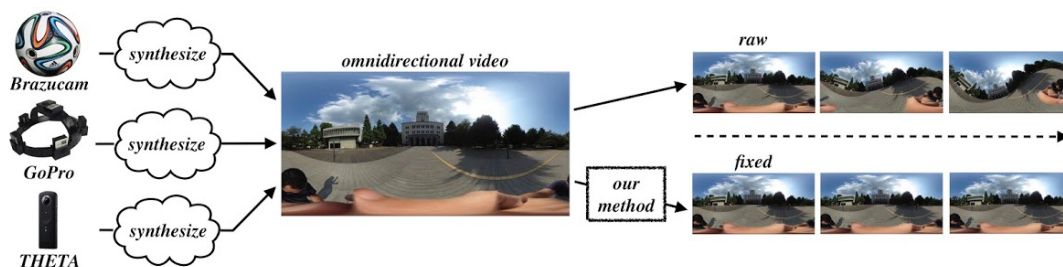


図 2: 正距円筒画像の生成と画像安定化

(2) 次に、ラグビーボールのような楕円型カメラ内蔵ボールを制作した。具体的には楕円球の長軸の先端部分に半球カメラを設置することで、デザイン的にも自然な楕円型カメラ内蔵ボールを実現した。この楕円形カメラ内蔵ボールの場合の問題点は、カメラ同士の位置が離れていることから、死角が顕著化することである。この問題を解決すべく、深層学習を用いた Generative Adversarial Networks (GAN) 等を用いる手法と Onion-Peel Network を用いて死角部分の画像を自動生成し補完する手法を適用した。個々の手法には一長一短があるが、総合的には Onion-Peel Network を用いる手法の方が優れており、静止画として見た場合には若干不自然な部分もあるが、動画として見た場合には死角部分のないより自然な映像を合成することができた。



図 3: 楕円形ボール

(3) 本手法のスポーツ以外への応用として、カプセル型内視鏡の映像安定化に適用した。カプセル型内視鏡は楕円球と非常によく似た構造をしている。実際には得られる画像の解像度, 明るさ, カメラの画角, 2台のカメラ映像の同期等の問題点があった。これらを解決するため, 上に述べた死角の補完, 1 フレーム前の映像を複製して疑似連続画像とすることで解決した。



図 4 : カプセル型内視鏡の映像安定化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中澤 正和、小池 英樹	4. 巻 22
2. 論文標題 全天球カメラ内蔵ボールにおける視点固定手法	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 485 ~ 491
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.22.4_485	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kazuki Shimosawa, Masakazu Nakazawa, Hideki Koike, Ryoichi Miyanaga, Naoki Hosoe
2. 発表標題 Image compensation and stabilization for immersive 360-degree videos from capsule endoscopy
3. 学会等名 Proceedings of ACM Virtual Reality Software and Technology (VRST2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masakazu Nakazawa and Hideki Koike
2. 発表標題 Synthesizing fixed point of views from a spinning omnidirectional ball camera
3. 学会等名 the 8th Augmented Human International Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中澤 正和、小池 英樹
2. 発表標題 全天球ボールカメラによる撮影動画の視点固定手法の提案
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会 インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tsubasa Kitayama, Shio Miyafuji, Hideki Koike
2. 発表標題 Vision extention for a ball camera by using image completion
3. 学会等名 Augmented Humans International Conferences (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 画像生成装置，および画像生成プログラム	発明者 小池英樹，中澤正和	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2016-208049	出願年 2016年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

BallCam360 http://www.vogue.cs.titech.ac.jp/ballcam360

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----