

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2019

課題番号：15K00303

研究課題名（和文）多視点撮影時におけるシーン状況フィードバックによる撮影者支援

研究課題名（英文）Video shooting supports via visual feedback of scene situations for the multi-camera environment

研究代表者

東海 彰吾（TOKAI, Shogo）

福井大学・学術研究院工学系部門・教授

研究者番号：50283627

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：スマートフォン端末群による多視点撮影環境において、撮影者に対してシーン状況や他の撮影者の撮影状況を視覚的にフィードバックすることで、被写体のリコmendや注目箇所を提示することによる撮影支援を考え、端末群から収集した位置・姿勢情報に基づく視野集中解析、および、その視覚的フィードバックの方法を開発した。

具体的には、端末に内蔵される姿勢センサに基づく端末の撮影方位の取得と補正方法、それらをサーバで収集し視野の集中を視覚的に解析する方法、さらに得られたシーン状況、および、端末群の撮影状況を撮影者にフィードバックすることによる情報提示方法について、その基礎的な検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンを利用した多視点撮影環境において、個々の撮影者の位置やカメラの姿勢を利用してシーン状況、およびその撮影状況を収集し、さらにそれを撮影者に視覚的にフィードバックする方法を考え、そのプロトタイプを実現できたことは、従来なかった多視点撮影環境下での撮影者支援を実現するものであり、場を共有する他の撮影者の存在、および他者の撮影行為と自身の撮影行為の関係性を意識した撮影を行える基盤を提供することができたことは、今後の多視点撮影環境において撮影行為をより行いやすくするための技術として期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we consider the video shooting support for a multi-view shooting environment using smartphones by visual feedback of situations of the scene and other video-shooters. This research aims to make an incentive for video shooting for the spectators using their smartphones and support to do via providing additional information on the scene and other spectators.

We developed several fundamental primitives to construct the shooting support system, concretely: (1) Extraction of the posture of each smartphone using posture sensor fusion and visual feedback, (2) analysis of the concentration of smartphones' view fields by collecting the postures from smartphones as the position of the remarkable object in the scene, and (3) feed back the analysis result to smartphones and overlay it on the screen to show the situation. We also developed a prototype system using multiple smartphones to confirm the effectiveness of our proposed methods.

研究分野：情報学

キーワード：多視点映像処理 撮影者支援 スマートフォン 姿勢センサ 視野集中解析 情報重畳表示

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンに代表される携帯情報端末が普及し、誰もが所持する社会となってきた。それらの持つ高品質なビデオ撮影機能や各種のセンサ機能、およびネットワーク接続を伴う高度な情報処理機能を利用した、新しい多視点映像の撮影環境が求められている。スタジアムでのスポーツ観戦状況など、場を共有する複数の撮影者(観客)による同時撮影状況を想定することができるようになってきたことから、個々の観客によるビデオ撮影を支援し、被写体状況の3次元情報の獲得や、撮影映像の切り替え提示によって、多様なシーン状況の柔軟な可視化に資する多視点映像の獲得、および処理技術として、“観客視点”の映像処理フレームワークが必要である。

大量のビデオカメラをシーンに設置した撮影も考えられるが、実際に撮影者が意思を持ってビデオ撮影を行うため、撮影者の興味や意図が撮影結果に反映されることが考えられ、そのような映像群の利用は、単に3次元状況再構築などの要素だけでなく、観客がどのような部分に興味を持ってシーン状況を観察しているのかなどとも深く関連することが期待される。そのような撮影環境を構築していくためには、多視点映像群の一部を撮影していることのインセンティブを与えつつ、個々の撮影者がビデオ撮影を行いながらも、その状況を楽しみながら体験できるような新しい枠組みが必要になると考えられ、撮影者の興味を喚起することで、より有用な多視点映像群の獲得が期待できる。

そこで、本研究課題では、複数の撮影者が場を共有しながら多視点のビデオ撮影を行う状況を考え、個々の撮影者がスマートフォン端末でビデオ撮影する際に行われる撮影方位制御、すなわち、撮影視線変化の情報に着目し、これらを収集し解析することで、被写体となるシーン状況における重要部分を抽出し、さらにその結果や他の撮影者の撮影視野情報を撮影者にフィードバックすることで、その撮影者がどこを撮影したらよいかを誘導し、他の撮影者と協調した撮影を促す情報を提供する、撮影者のビデオ撮影を支援する基礎技術の確立を目指す。

2. 研究の目的

これらの背景を踏まえて、本研究課題では、複数の撮影者が場を共有する多視点撮影環境において、シーン状況や被写体に対する情報を獲得してそれぞれの撮影者にフィードバックして撮影を支援することで、撮影者の撮影モチベーションを維持・増強し、有用な多視点映像群を獲得する方法について考える。具体的には、被写体の動的なシーン状況を実時間で獲得する技術、それらを各撮影端末に送信して端末の姿勢情報と組み合わせることで、撮影操作画面上に撮影支援情報を重畳表示する技術、さらに、それらの端末群の視野の重複を解析して観客視点としての注目状況を取得し利用する技術を確立することを目的とする。また、これらを実現するためには、撮影時の操作画面に対して、どのような情報提示を行えば撮影支援として有効かを検討することや、撮影のモチベーションを維持するための撮影者へのインセンティブ提供のあり方についても併せて考える必要がある。

従来からの Microsoft の Photosynth や、Google の Google Map などのサービスでは、多視点映像処理技術は、主に撮影された画像や映像の解析によって、3次元状況を獲得し、それらを他の情報と組み合わせることで利用者に提供する方式がとられてきた。これらに対して本研究課題では、被写体となるシーン状況を、観客が存在するスポーツ観戦やイベントなどの動的な被写体が存在し、かつ、場を共有する多視点撮影状況に絞り込み、実時間でのビデオ撮影支援を実現するため、シーン状況を獲得する手法、得られた情報を撮影端末群への表示する手法、さらに、端末間の連携を促進するための情報共有の手法について取り扱う。

また、本研究課題では、多視点映像群の獲得を指向し、場を共有する撮影者らへ情報提供による撮影支援について考える新しい試みであり、ソーシャルな映像取得環境を基盤とした新しい映像メディア構築への発展も期待できる。

3. 研究の方法

本研究課題は、以下の4項目に着目して進める。まず、(項目1)固定カメラ群と撮影端末から収集したセンサ情報を用いて、実時間でシーン状況を獲得する技術を開発する。さらに、(項目2)各撮影端末の位置や姿勢に応じて、項目1で得られたシーン状況を統合表示し、撮影者へ情報をフィードバックする技術を開発する。次に、(項目3)多視点撮影のための携帯端末アプリケーション制作を含めた撮影と情報提供のプロトタイプシステムの構築を行い、最終的に(項目4)提案手法の有効性の検証のための実状況撮影実験を行う。本研究課題は、これらの項目にほぼその順序で取り組む4ヶ年の計画として申請し採択されたが、研究の遂行に際して、(項目4)の撮影実験の実施準備状況等を考慮して、1年間の研究期間延長を申請して認められ、合計5カ年の研究機関で研究を行うこととなった。

まず、**項目1「実時間でシーン状況を獲得する技術」**では、シーンに固定した2台の高精細なビデオカメラによってシーン状況をステレオ撮影し、それらの映像対を解析し、シーン内の被写体の位置情報を実時間算出する方法を構築する。市販の4Kビデオカメラ対を利用し、3次元状

況の実時間獲得の方法を構築する。さらに、研究期間内で性能評価を行いながら改良し、実時間処理の実現と、撮影者にフィードバックする3次元情報を必要十分な精度で抽出する処理性能の向上を行う。また、3次元の距離計測を行うデプスセンサの併用も考慮する。具体的には、撮影者にフィードバックして端末画面に提示するシーンの3次元情報を、実時間処理の制約と、必要な精度の3次元情報を撮影端末にフィードバックする際の通信量との関係を詳細に検討した上で、具体的な精度や処理手法を選択し実装する。さらに、撮影端末群の視線情報の利用方法を考え、端末群の注視状況との関係を抽出してフィードバック情報に付加する。

次に、**項目2「撮影者へ情報をフィードバックする技術」**では、上記項目1で獲得する3次元状況を想定して撮影者にフィードバックすべき情報を整理し、それらを撮影者の操作する端末画面上に提示するための処理を開発する。まず、フィードバック情報として、項目1で得られる3次元状況の中で、複数の被写体それぞれの位置や動きの情報、それらに付けられた優先順位の情報を考え、それらを撮影端末に送信する方法、ならびに、撮影端末の位置や姿勢の情報を、端末に内蔵された姿勢センサを利用して実時間で獲得し、フィードバックした情報をCGとして撮影映像に重畳し操作画面上で提示する方法について検討する。さらに、研究期間内に、表示デザインや提示方法について検討し実装する。具体的には、フィードバック情報を撮影端末画面に重畳表示する際、現在の撮影視野の中に含まれている対象には枠線表示などによる強調を、視野外になる被写体の情報については、提示フレームの上下左右などに矢印を表示して、撮影すべき被写体の存在とその方向を提示する方法を実装する。また、実撮影操作に対する追従性能について検証し、他の端末の撮影領域や被写体を提示することによる協調撮影について検討する。

項目1、項目2の結果に基づいて、**項目3「プロトタイプシステムの構築」**を行う。具体的には、実際の撮影実験での使用を想定した使い勝手を考えながら、携帯端末上で機能するアプリケーションとして実現するための使いやすく、分かりやすい操作インタフェースと、フィードバックされたシーン情報が適切に提示されるためのデザインについて検討する。まず、従来からの検討結果を踏まえアプリケーションを実装し実撮影実験が行える状況を構築する。具体的には、従来からの研究課題において制作を行っている携帯端末群による多視点撮影システムをベースのシステムとして考え、それらに対する機能拡張により実現する。アプリケーション制作にあたっては、最終的に一般の人に参加してもらった撮影実験の実施を念頭におき、ある程度現実的なアプリケーションとしての実装が必要となるため、特に操作インタフェースに関わる部分の制作については、外部の専門家の知識提供を受けながら進める。

さらに、**項目4「実状況撮影実験」**として、サッカーなどのスポーツを被写体として実状況での撮影実験を行い、本課題において開発した個々の処理技術、プロトタイプシステムの撮影や情報提示機能を確認し、さらに、撮影された映像データ群、撮影時の協力者の意見聴取を行いながら、処理技術やシステムの改良を行う。また、ある程度の性能が実現できた段階で、一般の人にも参加してもらえらる形で端末台数規模を確保した撮影実験を実施し、成果の公開と共に、提案手法や提案システムの評価を行う。

4. 研究成果

(1) 4Kステレオカメラ対を利用した3次元状況獲得(項目1):市販されている4K画質のハンディカメラを利用することで、被写体となるシーンの3次元状況を獲得する方法を開発した。計算機性能等から実時間での4K画像ペアのステレオ処理が難しいことが分かったので、オンタイムでの処理と、オフラインでの処理の併用を考え、撮影時には、解像度を下げた映像をライブスルーで計算機に入力して実時間での3次元計測を行い、さらに、事後の処理にオフラインで読み込んだ4Kビデオ対を利用することとして、オンライン時の処理結果を利用してオフライン処理の効率化をはかった。結果として、オンライン時にコンバータで縮小された画像のステレオ処理結果を、4K画像対の詳細なステレオ処理の初期入力として使うことで、高解像度な映像対のステレオ処理の効率化が行えることを確認した。

(2) デプスセンサを利用した3次元状況獲得(項目1):シーンの動的な3次元状況の獲得だけでなく、そのシーン状況の静的な3次元状況を獲得するため、3次元シーンを点群として獲得するデプスセンサを利用する方法において、計測範囲の制限に対応するために、いくつかの異なる位置から計測した点群データの位置合わせ法について検討した。具体的には、ICPアルゴリズムの改良を考え、アルゴリズム適用の初期配置を工夫することで、誤対応による失敗を回避しつつ、良好な統合結果を得る方法を開発した(図1)。

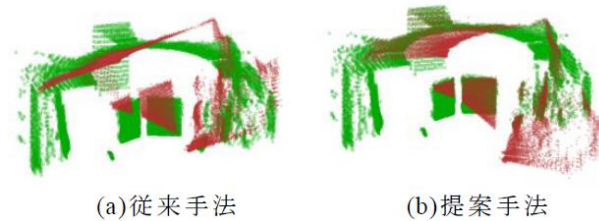


図1 回転込みのデプスセンサ設置で得た3次元点群の位置合わせ結果. 左:従来法, 右:提案手法(統合に成功し重複領域の正しくかつ広域な点群が得られた)

(3) スマートフォン端末による3次元状況獲得の高精度化(項目1): スマートフォン群で撮影される多視点撮影映像群を利用した3次元状況獲得についても, その高精度化について検討した. 具体的には, ズームレンズカメラを併用することによって得られる被写体の拡大映像を利用し, 広域な撮影環境において, 複数存在する被写体の個々の3次元形状を獲得するための方法について考え, ズームレンズカメラとスマートフォンカメラの映像の位置合わせを行う方法を開発し, 広角なスマートフォンカメラで得たカメラの外部パラメータと, 位置合わせのための相対的幾何変換パラメータを組み合わせることでズームレンズカメラ映像のカメラパラメータを推定し, さらに, 被写体のシルエット像の重ね合わせによって3次元形状を獲得する視体積交差法を適用することで被写体の3次元形状を得る方法である. また, カメラパラメータの推定精度向上についても検討し, 不必要な削減が生じにくい視体積交差法を実現した(図2).



図2 ズームレンズカメラ映像を利用した視体積交差の精度向上. 左:被写体の4方向からの撮影映像とシルエット抽出結果. 右:視体積交差による3次元形状抽出結果(左側:従来法の結果, 右側:カメラパラメータ補正による結果)

(4) スマートフォン端末の位置姿勢情報のリアルタイム獲得と被写体情報の重畳表示(項目2): スマートフォンに内蔵されている加速度センサやジャイロの計測値から, センサーフュージョンによってスマートフォンの姿勢変化を獲得し, さらに, 画像特徴と併用することで, 端末の姿勢推定を行い, それに応じて幾何的な情報提示を行う方法を開発した. また, 同時に設定された3次元対象位置と, スマートフォン端末の位置・姿勢に基づいて, 被写体が視野に入る場合は, その被写体位置を操作画面上に重畳し, 視野に入らない場合は, どの方向に被写体が存在するかを矢印表示によって撮影者に提示する方法を開発した. さらに, その精度向上と機能向上をはかるため, スマートフォンでAR(拡張現実感)の環境を提供する機能拡張である, ARCore(Google)の利用を考え, ARCoreの持つマーカの抽出と位置獲得機能を利用して, シーンの座標系における端末の位置・姿勢の抽出精度向上を実現した(図3).

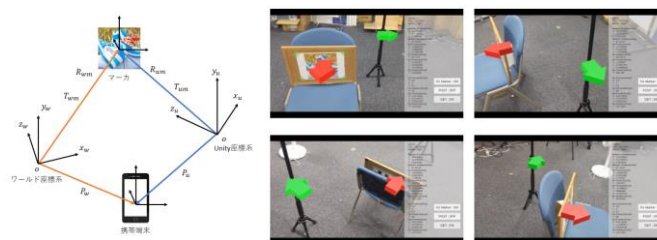


図3 ARCoreを利用した端末の位置姿勢推定とその結果を用いた情報の重畳表示. 左:マーカ検出座標を利用した端末の位置姿勢推定法. 右:マーカ位置検出(赤矢印)とワールド座標系に置かれたオブジェクト(緑矢印)の表示例.

(5) 視野集中解析手法の改良(項目3): スマートフォン端末の位置・姿勢が計測できた場合に、その撮影視野の重複状況を解析し、視野が集中している箇所を推定する手法の改良を行った。具体的には、CGで利用される α ブレンディングの処理を応用することで、ハードウェアアクセラレーションを利用しながら、視野に与えた注目度分布テクスチャをそれぞれの端末の位置・姿勢に基づいて重畳することで、重複度の高い箇所を抽出する方法である(図4)。

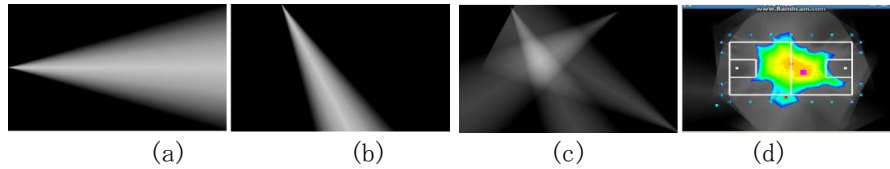


図4 視野集中解析法. (a)単一の視野に対してデザインした注目度分布テクスチャ. (b)端末の位置・姿勢に基づく配置例. (c)複数視点の視野の集中状況の計算例. (d)集中度の高い箇所のヒートマップ表示例

(6) 撮影支援プロトタイプシステムの構築(項目3): 上記(4)の結果を踏まえつつ、スマートフォン端末群とサーバをネットワークで接続することによる撮影支援プロトタイプシステムを構築した(図5)。具体的には、スマートフォン端末側でセンサ情報に基づく位置・姿勢推定を行い(同図①②)、その結果を決まった頻度でサーバに送信し(同図③)、サーバ側では、それぞれの端末から得られた各端末の位置・姿勢情報に基づいて、上記(5)の視野集中解析を実時間で実行(同図④⑤)、得られた集中箇所の情報をスマートフォン端末にフィードバックする(同図⑥)という処理機構である。スマートフォン上のアプリケーションはAndroid OS上のjavaで実装され、サーバとしてはWebサーバを利用し、PHPで実装したCGIスクリプトが駆動する。

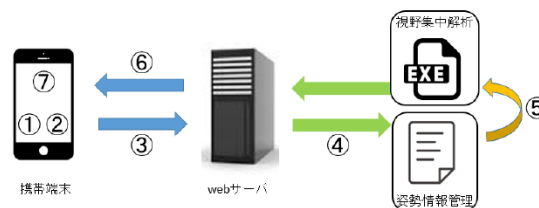


図5 撮影支援環境のプロトタイプシステム構成

(7) 実状況における撮影実験(項目4): 当初の研究期間を1年延長し、スポーツ状況などの実状況撮影の実験を計画して準備を進め、スマートフォン端末上のアプリケーション開発、ならびに、サーバ上での処理プログラムの開発を行ってきた。一定の規模での撮影実験が可能な状況まで準備を終えたが、最終年度後半に予定していた撮影実験は、新型コロナウイルスの影響で、撮影協力者等を募って実施することが現実的に困難となり、計画していた実環境での撮影実験は、研究期間内に十分実施することは出来なかった。今後、導入した機器を利用した撮影実験を実施し、本研究課題で提案する手法の有効性検証を行う。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3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 津田圭吾, 東海彰吾	4. 巻 43(26)
2. 論文標題 初期位置推定を用いたICPアルゴリズムによる多視点撮影点群統合の高精度化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会技術報告	6. 最初と最後の頁 59,62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -
1. 著者名 Shogo Tokai, Fumiaki Motoyama	4. 巻 SPIE 11049
2. 論文標題 Remarkable point extraction from overlapping analysis of view fields in multiple smartphones shooting environment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. on International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019	6. 最初と最後の頁 110493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2521612	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 -
1. 著者名 Shinnosuke Yabuuchi, Shogo Tokai	4. 巻 SPIE 11049
2. 論文標題 Panoramic image generation from a handheld video by combination of attitude sensors and image features	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. on International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT) 2019	6. 最初と最後の頁 110493T
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2521558	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 -
1. 著者名 福田 航, 東海 彰吾	4. 巻 40(28)
2. 論文標題 ズームカメラを装着した携帯端末の手持ち撮影における映像対の統合処理とその安定化	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会技術報告	6. 最初と最後の頁 5,8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

1. 著者名 Shogo Tokai, Shumpei Uchino	4. 巻 -
2. 論文標題 Realtime Colored Point Cloud Acquisition and Visualization for Wide Area Sports Scene	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceeding of International Workshop on Advanced Image Technology 2017 (IWAIT 2017)	6. 最初と最後の頁 OR_165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 福田 航, 張 潮, 東海 彰吾	4. 巻 41 (29)
2. 論文標題 手ぶれ補正特性が異なる首振り映像群の統合の高精度化とその応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会技術報告	6. 最初と最後の頁 55,58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 竹下 優輝, 本山 史明, 東海 彰吾
2. 発表標題 複数観客による撮影環境での撮影支援に関する研究
3. 学会等名 2019年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒井 柊一, 福田 航, 東海 彰吾
2. 発表標題 ズーム撮影像を併用したスマートフォン群による広域シーンの視体積交差法
3. 学会等名 映像情報メディア学会 冬季大会 2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
--	---------------------------	-----------------------	----