

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月21日現在

機関番号： 12102

研究種目： 若手研究（A）

研究期間： 2009 ～ 2011

課題番号： 21680010

研究課題名（和文） 閲覧者中心型自由視点映像コンテンツ生成技術

研究課題名（英文） An Observer Oriented Free-Viewpoint Video Generation

研究代表者

北原 格 (KITAHARA ITARU)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号： 70323277

研究成果の概要（和文）：

閲覧者とのインタラクションに基づいて、自由視点映像技術の画質を改善する手法や、閲覧性の高い映像提示方式を実現することにより、より多くのユーザが自由視点映像の魅力を堪能するための基盤技術の開発を目的とした研究に取り組み、多視点映像撮影システムを構築する作業の簡易化、閲覧者の協調的介入による画像処理の精度向上、提示映像の高画質化とその効果の検証実験、閲覧者にとって易しく優しい映像提示手法の開発などの成果をあげた。

研究成果の概要（英文）：

This research develops essential technologies to make various users enjoy free-viewpoint video. The key information to improve the video quality and to realize an easy to browse free-viewpoint display is interaction with observing users. The achievements of this research includes an easily assembled/calibrated multiple-view video capturing system, an interactive image processing method by cooperation between human and computer, improving the quality of generated videos, an easy to control method of virtual camera that captures free-viewpoint videos.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2010年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2011年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
年度			
年度			
総計	19,500,000	5,850,000	25,350,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：画像認識、バーチャルリアリティ、複合現実感、自由視点映像、映像コンテンツ

1. 研究開始当初の背景

現実空間を多視点で撮影した映像を計算機内部で統合することにより3次元モデルを構築し、任意視点からの見え方を再現する自由視点映像生成・提示技術は、次世代映像メディアの主要技術となる可能性が高く、国

内外で活発に研究開発が行われている。しかし、黎明期から十年以上が経ち、基盤となる映像処理技術に関しては成熟期を迎えつつあるが、実際に自由視点映像コンテンツが世の中に普及しているとは言い難い。その原因の一つとして、従来の自由視点映像技術では、

映像生成手法に注目した研究開発が行われていたため、映像情報の最終的な消費者である閲覧者にとって適切なシステムが開発されていなかったことがあげられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、閲覧者中心の考え方に基づいて、自由視点映像技術を画質の改善と閲覧性の高い映像提示方式を実現することにより、より多くのユーザが自由視点映像の魅力を堪能するための基盤技術を開発することである。具体的には、以下4項目について明らかにすることを目指す。

(1) 多視点映像撮影システム構築作業の簡易化

多くの自由視点映像コンテンツを世の中に送り出すためには、自由視点映像を生成するために必要な“多視点映像の撮影”、“カメラ群のキャリブレーション作業”を簡易化し、より気軽に撮影が行えるようにする必要がある。精度は高いが粗く測定した3次元測量情報と、密度は高いが量子化などの誤差を含む画像中の特徴点情報を相補的に用いることにより、簡易で高精度なカメラキャリブレーション方式を開発し、撮影システム構築に関わる作業を削減する。

(2) 閲覧者の協調的介入による画質改善

様々な撮影対象空間においてコンテンツを作成する場合、屋内の撮影スタジオとは異なり、天候の変化に伴う日照条件の変化や被写体以外の物体の写り込みなど、予測困難な状況により映像処理に誤差が発生し、生成される自由視点映像の画質が劣化するという問題が存在する。人間は、そのような環境下においても正確に映像処理を行えている点に着目し、ユーザが協調的に介入することにより、想定外の状況にも柔軟に対応可能な映像処理系を構築する。その際ユーザの負担を極力少なくするために、画質劣化の原因を“事例学習に基づき対応可能なもの”と“ユーザの判断が必要なもの”とに判別する仕組みや、ユーザの介入を支援する使い勝手の良いインターフェイスシステムの開発を行う。

(3) 提示映像の高画質化

自由視点映像技術では、閲覧者が視点を自由に移動させた結果、生成映像で要求される解像度が撮影映像の解像度を超えるケースがしばしば発生する。特に大規模空間では、視点移動の可能な範囲が広いため、大幅な解像度不足が発生し画質劣化の原因となる。本研究では、HD カメラの導入により撮影映像の解像度を向上し、高解像度な自由視点映像を生成する手法を開発する。また、その際の自由視点映像の画質への影響について検討する。

(4) 閲覧者にとって易しく優しい映像提示手法の開発

従来の自由視点映像提示システムでは、マウスで仮想視点位置を指定するが、位置・姿勢・画角を変えながら3次元空間を動きまわるカメラを2次元インタフェースのマウスで思い通りに操作することは容易ではない。さらに、映像制作の知識に乏しい閲覧者の操作により生成された映像が撮影対象を的確に記録したものであるかは疑わしい。本研究では、選手・ボールの観測値（位置・速度）と過去の事例から最適なカメラワークを自動的に選択する映像提示手法を開発する。

3. 研究の方法

研究目的で示した各項目について、以下の研究方法を実施する。

(1) 多視点映像撮影システム構築作業の簡易化

気軽に撮影が行える多視点映像撮影システムを構築するためには、カメラの移設時の手続きを簡易化する必要がある。従来のカメラキャリブレーション処理では、建築現場で使われている高精度3次元測量機を用いて綿密な測定を行っているため、人手と時間を要する。画像中の特徴量を用いて、簡易にカメラキャリブレーションを行う研究が実用レベルに達しつつあるが、計測精度は撮影画像の解像度に依存する。本研究では、高精度で粗く測定した3次元測量情報と、画像特徴点情報を相補的に用いることにより、簡易で高精度なカメラキャリブレーション方式を開発する。これにより、カメラの移設作業が容易となるため、撮影対象毎に最適なカメラ配置を試行錯誤することが可能となり、生成画質の向上も期待される。

(2) 閲覧者の協調的介入による画質改善

計算機にとって正確な処理が困難であるが人間なら可能である画像処理・領域・環境に関する知見の獲得を目的とした検討を行う。そのために、計算機の処理結果に対してユーザが直感的に修正を加えることができる映像閲覧インタフェースを開発する。開発方式によって獲得した知見に基づき、計算機で処理された結果に対し、ユーザの判断が必要か判定する手法を開発する。ユーザの介入が必要と判断された場合には、その領域を指示し入力を促すように、映像閲覧インタフェースを改良する。従来の画像処理では対応困難な想定外の撮影状況にも柔軟に対応可能な映像処理系を構築することにより、生成画質を改善させる。

(3) 提示映像の高画質化

HD カメラを導入し、撮影映像の解像度を向上することにより、生成映像の画質を改善し、自由視点の移動可能範囲の劇的に拡大する。また、高解像度多視点映像を密なカメラ

間隔で撮影可能な状況を、CG を用いたシミュレーション実験で実現し、そのような状況下で獲得された多視点に我々の自由視点映像生成手法を適用した場合の画質向上や問題点に関する検証実験を実施する。

(4) 閲覧者にとって易しく優しい映像提示手法の開発

多視点映像から獲得した選手やボールの観測情報を用いた映像提示法を開発する。注目人物の視点から撮影シーンを見渡したような一人称視点映像の自動生成方式を実現し、視聴者の負荷の軽減をはかる。また、3次元位置センサ、マルチタッチディスプレイ、身体動作を活用した仮想カメラの操作方式を開発し、直感的で簡易な自由視点映像閲覧方式を開発する。

4. 研究成果

研究目的で示した各項目について研究成果を紹介する。

(1) 多視点映像撮影システム構築作業の簡易化

多視点カメラを効率的にキャリブレーションすることを目的に、撮影環境中に設置したステレオカメラを用いることにより、ビジュアルマーカや3次元位置センサを用いることなく、動的な撮影環境においてモバイルカメラの位置・姿勢を推定する手法を実現した(図1)。

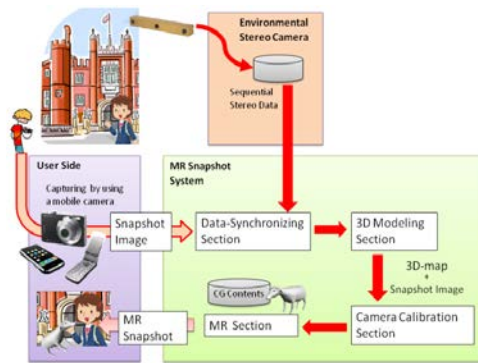


図 1: 環境に設置したステレオカメラを用いたモバイルカメラの位置・姿勢推定方式

撮影環境の変化に対応するため、撮影時刻の情報と共にステレオ画像を蓄積する。モバイルカメラで撮影された画像が入力されると、画像に付帯した時刻情報を参照し、蓄積データから同時刻に撮影されたステレオカメラ画像を選択する。そのステレオカメラ画像を用いてシーンの3次元形状を復元すると同時に、ステレオ画像において自然特徴点を検出し、3次元情報付き自然特徴点群(ランドマーク)を構築する。その後、自然特徴量を用いて、モバイルカメラ画像とランドマークとの対応点探索を行うことにより、モバイルカメラの位置・姿勢を推定する。背景領

域だけでなく人物などの移動物体もランドマークとして利用することができるため、移動物体の写りこみに頑強なカメラの位置・姿勢推定を実現可能である。図2に、推定結果を用いて撮影映像上に仮想物体を配置した複合現実型提示の一例を示す。



図 2: キャリブレーション結果を用いた複合現実感提示

(2) 閲覧者の協調的介入による画質改善

映像から人物領域を抽出する処理の精度をユーザの協調的介入により向上させることを目的とした研究に取り組んだ。一つの応用事例として、ユーザが1ストロークで画像をなぞる操作で与えた情報を元に、人物探索を行う方式を提案した(図3)。色情報や人物の服装などのテクスチャ情報を特徴量として、探索人物と環境カメラ画像の移動物体の特徴量を比較し、類似度が高い移動物体をユーザに提示する。その際、環境カメラ画像群の色合いを合わせることにより、ユーザの入力処理精度を高め、環境カメラの特性や設置場所の違いによる色合いの変化や光源状況の時間的な変化に頑健な人物探索を実現している。

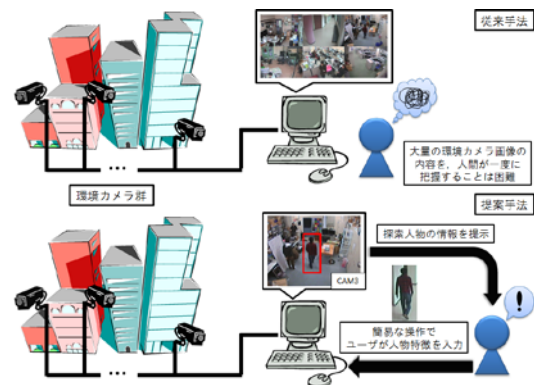


図 3: 多視点カメラ画像群を用いた1ストローク入力からの人物探索方式

実装したパイロットシステムを用いて、実環境を想定した実験を行い、提案手法の有効性を確認した。図4に、ユーザの協調的介入によって画像処理の精度が向上した一例を示す。

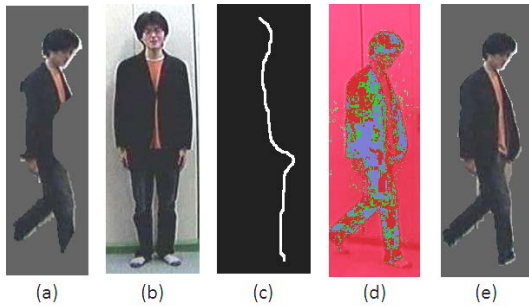


図 4：ユーザの協調的介入により領域分割精度向上の例。(a)：フレーム間差分で抽出された前景領域（ご判定が目立つ）、(b)：探索人物学習に用いた画像、(c)：(b)上でユーザがなぞった線、(d)：ユーザ入力を用いた(a)の領域分割処理の結果（青緑赤の順に前景らしさが高い）、(e)提案手法によって抽出された前景領域。

(3) 提示映像の高画質化：

動画撮影が可能で一眼レフカメラを用いて、多視点 HD 映像を撮影するシステムを構築した（図 5）。従来の映像に比べ最大 70 倍の解像度の画像撮影が可能となり、提示映像の品質の大幅な向上が実現された。

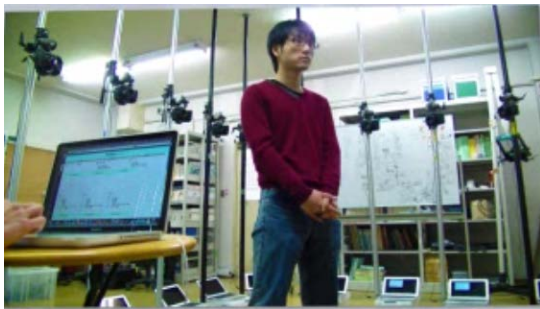


図 5：高解像度多視点動画撮影装置

撮影システムの改善と並行して、CG を用いて高解像度多視点映像を密なカメラ間隔で撮影可能な状況再現し（図 6）、そのような状況下で獲得された多視点に対して、我々の自由視点映像生成手法を適用した場合の画質向上や問題点に関する検証を行った。具体的には、自由視点映像生成におけるノイズの影響を定量的に調査し、撮影カメラ台数による影響を検討するために、仮想環境内での撮影を行い、ノイズのコントロールと、最大 32 台のカメラ設置を行った。ノイズとして、「ホワイトノイズ」「モーションブラー」「カメラ間の同期ズレ」「カメラキャリブレーション後のカメラの物理的なズレ」を人工的に発生させ付加した。一対比較による主観評価実験を通じて、これらのノイズが生成画像に与える影響を調査した。

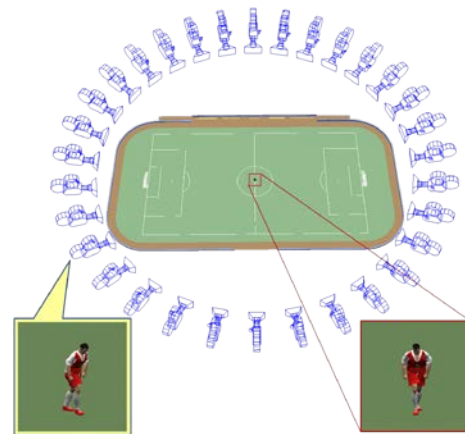


図 6：CG を用いたシミュレーション撮影環境

(4) 閲覧者にとって易しく優しい映像提示手法の開発

(4-1) 両手を用いた自由視点映像撮影インタフェース

自由視点映像を撮影する仮想カメラを正確かつ直感的に操作することを目的としたインタフェースを提案した（図 7）。手に持った二つのマーカの 3 次元位置を 3 次元位置センサで検出し、それぞれを仮想カメラの視点位置と注視点位置に割り当てることにより、直感的なカメラ操作を可能とした。また、選手やボールの位置、チーム情報などをアイコンで重畳したフィールド俯瞰映像を操作空間の下方に提示することにより、シーンの状況を把握し、それに応じた撮影を可能とした。提案インタフェースの性能を検証するために、従来の仮想カメラ操作インタフェースとの比較実験を実施した。検索性能の比較実験では、シーン状況を可視化するフィールド俯瞰映像により、注目対象を見失った状況でも、注目対象を正確に再補足できることが確認された。また、追跡性能の比較実験では、両手を用いて視点位置と注視点位置を同時に指定することにより、より直感的に移動人物の追跡撮影が可能であることが確認された。これらの実験結果から提案手法の有効性を確認した。

(4-2) マルチタッチ操作を用いた自由視点映像閲覧法

自由視点映像を大衆向けの身近な映像メディアとして浸透させるためには、自由視点映像のメリットを活かしつつ、簡易な操作で仮想視点を操ることが可能なインタフェースが必要であると考え、図 8 に示すようなマルチタッチインタフェースを用いた自由視点映像の閲覧インタフェースを提案した。マルチタッチインタフェースの最大の利点は、ユーザが自分の手を用いて計算機にポインティング情報を与えるため、従来のインタフ

エースよりも直感的で簡易な操作が可能となる点である。また、マルチタッチインタフェースはスマートフォンやタブレット PC のインタフェースとして導入されており、より身近なインタフェースとしての利用が期待される。

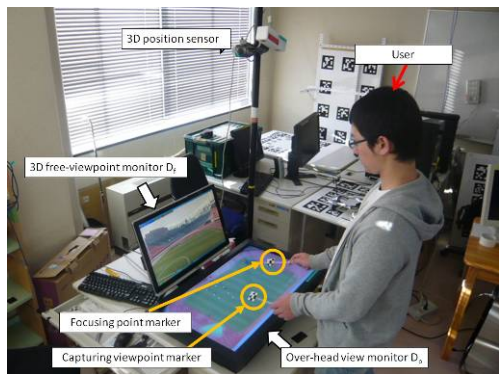


図 7：正確で直感的なカメラ操作を可能とする両手を用いた自由視点映像撮影インタフェース



図 8：マルチタッチ操作を用いた自由視点映像閲覧法

(4-3) サッカーシーンにおける選手視点映像提示

サッカー試合の自由視点映像に対する新たな提示手法として、仮想的に選手視点の映像を生成・提示する方法(図9)を提案し、その実現に必要な選手の軌跡情報をリアルタイムで推定する手法を開発した。複数台のカメラで撮影した画像から背景差分法を用いて抽出した前景候補領域をフィールド面上に投影することにより、個々の選手について複数の写像領域を作成し、影領域を含め複数の領域の主軸を統合して選手の位置推定を行うことで、安定に位置推定を行うことを可能にした(図10)。また、ユニフォームの色情報を用いることにより、選手同士が交錯する場合における誤追跡の問題を改善した。国立霞ヶ丘競技場において、実際のサッカーの試合を撮影した映像を用いて選手追跡実験を行い、提案手法の有効性を検証した。そして、獲得した選手軌跡をもとに選手視点映像を生成した。撮影データの解像度が低く

映像から選手の視線方向を推定するのは困難なため、ユーザが視線方向を自由に選択できるように設計した。従来の自由視点映像に比べ、操作が簡易で臨場感のある映像が生成できることを確認した。

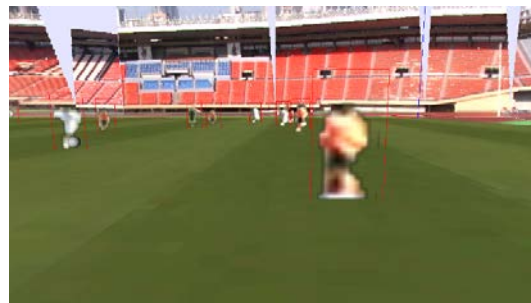


図 9：選手視点映像

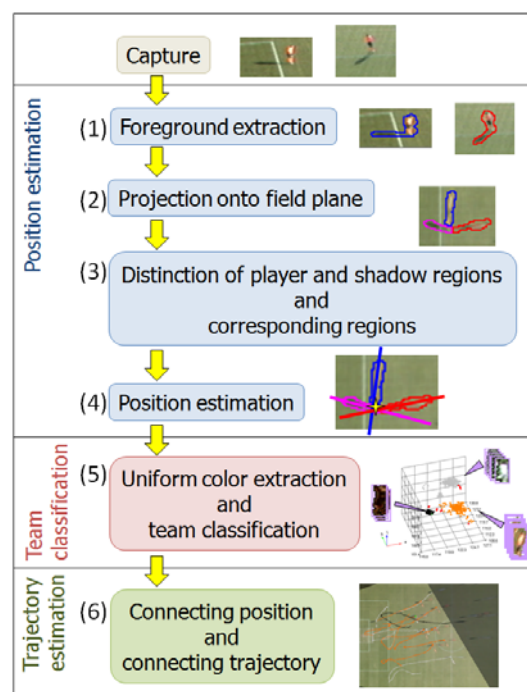


図 10：影領域を活用した複数移動物体の実時間追跡処理

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- [1] 渡邊哲哉, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “正確で直感的なカメラ操作を可能とする両手を用いた自由視点映像撮影インタフェース”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J95-D, No.3, pp.687-696 (2012), 査読有
- [2] 糟谷望, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “サッカーシーンにおける選手視点映像提示

のためのリアルタイム選手軌跡獲得手法”，画像電子学会誌，Vol.38，No.4，pp.395-403，(2009)，査読有

- [3] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure, "Toward Cinematizing Our Daily Lives", Springer International Journal on Multimedia Tools and Applications Vol.44, No.1, pp.87-110, (2009), 査読有

[学会発表] (計 70 件)

- [1] Nozomu Kasuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, "Real-Time Soccer Player Tracking Method by Utilizing Shadow Regions", ACM Multimedia 2010 Video Program, pp.1319-1322, (Oct 26, 2010), Firenze, Italy
- [2] Tetsuya Watanabe, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, "3D Free-Viewpoint Video Capturing Interface by Using Bimanual Operation", 3DTV Conference 2010 (3DTV-CON 2010), 4 pages, (June 9, 2010), Tampere, Finland
- [3] Tetsuya Shin, Nozomu Kasuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, "A Comparison between Two 3D Free-Viewpoint Generation Methods – Player-Billboard and 3D Reconstruction-", 3DTV Conference 2010 (3DTV-CON 2010), 4 pages, (June 8, 2010), Tampere, Finland
- [4] Nozomu Kasuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, "Automatic Player's View Generation of Real Soccer Scenes Based on Trajectory Tracking", 3DTV-CONFERENCE 2009, 4 pages, (May 4, 2009), Potsdam, Germany

[図書] (計 1 件)

Itaru Kitahara, Morio Nakahara, Yuichi Ohta, "Sensory Properties in Fusion of Visual/Haptic Stimuli Using Mixed Reality", Advances in Haptics, edited by: Mehrdad Hosseini Zadeh, ISBN: 978-953-307-093-3, Publisher: INTECH, (2010)

6. 研究組織

(1)研究代表者

北原 格 (KITAHARA ITARU)
筑波大学・システム情報系・准教授
研究者番号： 70323277

(2)研究分担者

(3)連携研究者

大田 友一 (OHTA YUICHI)
筑波大学・システム情報系・教授
研究者番号： 50115804

亀田 能成 (KAMEDA YOSHINARI)
筑波大学・システム情報系・准教授
研究者番号： 70283637

坂本 竜基 (SAKAMOTO RYUUKI)
和歌山大学・システム工学部・講師
研究者番号： 20395164