慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	複数の携帯型カメラの協調利用による3次元映像生成と複合現実提示
Sub Title	3D visual media generation and mixed reality presentation by cooperative use of multiple handheld cameras
Author	斎藤, 英雄(Saito, Hideo)
Publisher	
Publication year	2012
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2011.)
JaLC DOI	
Abstract	本研究では、視点位置を変えながら同一対象物体・シーンを同時に撮影している複数のカメラから得られた映像を利用して、複数のカメラの位置姿勢を同時に推定し、複数のカメラに得られた映像に付加情報を与えたり不要な遮蔽物を削除したりした映像をユーザーに提供するための映像生成法を提供した。そして、実際に、カメラ付きスマートフォンを複数台同時に利用し、それぞれのデバイスにより撮影された映像を共有することにより、各ユーザーに新たな付加情報を重畳表示したり、不要情報を除去表示したりすることのできるシステムを構築し、提案手法の有効性を示した。
Notes	研究種目：基盤研究(C) 研究期間：2009～2011 課題番号：21500178 研究分野：総合領域 科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_21500178seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

様式Ｃ－１９

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３月３１日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：基盤研究（Ｃ）
研究期間：2009～2011
課題番号：２１５００１７８
研究課題名（和文）　複数の携帯型カメラの協調利用による３次元映像生成と複合現実提示
研究課題名（英文）　3D Visual Media Generation and Mixed Reality Presentation by Cooperative Use of Multiple Handheld Cameras

研究代表者
斎藤 英雄（SAITO　HIDEO）
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号：90245605

研究成果の概要（和文）：本研究では，視点位置を変えながら同一対象物体・シーンを同時に撮影している複数のカメラから得られた映像を利用して，複数のカメラの位置姿勢を同時に推定し，複数のカメラに得られた映像に付加情報を与えたり不要な遮蔽物を削除したりした映像をユーザーに提供するための映像生成法を提案した．そして、実際に、カメラ付きスマートフォンを複数台同時に利用し、それぞれのデバイスにより撮影された映像を共有することにより，各ユーザーに新たな付加情報を重畳表示したり，不要情報を除去表示したりすることのできるシステムを構築し、提案手法の有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we propose a method for simultaneously estimating the positions and poses of multiple cameras, so that we can present additional information onto the capture videos, or obstacle removed videos, for achieving extended mixed reality display.　To demonstrate the effectiveness of the proposed methods, we develop a system for real-time mixed reality display using multiple smart-phones. In this system.　We can perform real-time processing because we send each camera image to PC which returns obstacle-removed images at every frame.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2009 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総　計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域
科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス
キーワード：多視点カメラ、複合現実、拡張現実、ＡＲマーカ、SLAM、多視点映像、携帯端末、キーポイント

１．研究開始当初の背景

多数のカメラにより同一シーン・物体を撮影することにより、新しい映像を提供する研究は、10 年以上前から盛んになってきている。そのさきがけの一つとして 1990 年代後半に米国の CMU で行われた研究プロジェクトである Virtualized Reality では、50 台のカメラを部屋に取り付け、同一シーンや物体を同時に 50 視点で撮影し、対象物体の 3 次元形状をコンピュータビジョン技術により復元し、カメラが設置されていないあらゆる位置に仮想的にカメラ移動させたような映

像を合成できることを示した。この考え方は、現在では、たとえば3次元テレビ、と呼ばれるような新しい放送映像メディアの確立を目的として、国内では NHK、京大、東大、筑波大、国外では米国の MIT、英国の BBC、Surrey 大など、さまざまな機関で研究が盛んに行われている。

本研究の提案者も、上記の米国 CMU で Virtualized Reality で研究を行った成果を発展させ、現在の所属の慶應義塾大学において、ウイークキャリブレーションを利用した多視点カメラ映像からの自由視点映像生成法や、実際のスポーツシーンを対象にした視点間モーフィングを利用した自由視点映像生成、さらにカメラ位置姿勢推定と合成をリアルタイムで行うことをベースとした複合現実映像生成と提示に関する研究を展開し、成果を挙げてきた。

上記の研究は、大量のカメラで同一シーン・物体を撮影する、というコンセプトによる新しい映像生成を目指した研究であるが、そのほとんどが、大量カメラが固定され、さらにそれらの位置姿勢があらかじめ計測されている（カメラキャリブレーション済み）ことが前提になっている。このため、このような大量のカメラを設置されているスタジオやスタジアムといった特定の設備を備えた場所での利用に限られるものであった。

２．研究の目的

本提案では、一人１台何らかのカメラを占有している状況を鑑み、複数のユーザーがそれぞれ１台のカメラを占有しながらも、それに撮影される映像データをお互いに共有するという状況を想定し、このような状況で新しい映像生成・表示を行うことを目的する。

３．研究の方法

本提案では、複数の人間がカメラとディスプレイを同時に携帯した状態で、同一シーンや物体を撮影している状態で全ての映像データをオンラインで共有する環境を想定したものである。そこで、この状況を構築するために、平成21年度でカメラを有した小型ノートPC複数台と、無線LANを通してデータ共有を行うためのサーバPCの１台からなる実験用システムを構築し、このシステム上で、複数カメラのオンラインキャリブレーション、自由視点映像生成と提示、遮蔽物体除去映像生成と提示、さらに仮想オブジェクトデータの複合現実提示のため手法についての研究を開始する。この研究を引き続き平成22年度も行っていくが、平成22年度中盤には実際の携帯電話を用いた実証実験の準備を行う。この実証実験は平成23年度にかけて行い、携帯電話に処理プログラムを実装し、携帯電話のネットワークを通して携帯電話ネットワーク上に実験用サーバを設置し、このサーバと通信することにより本提案の実現性についてのテストを行った。

なお、研究の進め方としては、それぞれの研究要素を複数の研究協力者が担当し、それらを研究代表者の斎藤が統括しながら実施していく体制とする。

４．研究成果

複数台のスマートフォンを利用し、自由視点映像や遮蔽物体除去映像をＡＲ表示可能なシステムを構築することができた。

(1) 自由視点映像のテーブルトップＡＲ表示システム

スポーツの解析や観戦を行う上で、3 次元的な映像提供を行うことで、より直感的な観戦が可能となる。本研究では、Klein らの提案した PTAM(Parallel Tracking and Mapping)を利用して、ユーザへの効果的な映像提供を目的とした、フィギュアスケートを対象としたマーカレステーブルトップ AR システムを提案し、実際にシステムを構築して有効性を検証した。

本システムでは、映像の表示用デバイスとしてスマートフォンを用い、あらかじめ計算されたフィギュアスケート選手の移動情報をテーブルトップに AR 重畳表示した。処理に際し、クライアントサーバシステムを用いてサーバ PC と映像の送受信を行い、サーバ PC 上で PTAM を実行することでマーカレス AR を実現した。

図１に提案システムのフローチャートを示す。前処理として選手の移動情報を取得し、その後取得した選手の移動情報を PTAM により現実空間に AR 重畳表示する。ここで、選手の移動情報とは、移動速度、軌跡、及び選手のテクスチャを表す。PTAM 処理の際にはクライアントサーバシステムを用い、サーバ PC 上で PTAM を実行し、クライアントであるスマートフォンに映像を表示する。また、本システムでは、映像提示デバイスとしてスマートフォンを利用し、クライアントサーバシステムに基づく PTAM を行うことで、現実空間にフィギュアスケート選手の移動情報をマーカレスで AR 重畳表示する。図２ に AR による重畳表示のシステム構成を示す。

本システムの有用性を確認するために、フィギュアスケートの演技を解像度 FHD のカメラ 4 台で撮影し、スマートフォンを用いてテーブルトップ環境にマーカレスで AR 重畳表示を行う実験を行った。図３に、４つの撮影画像の例を示す。フィギュアスケート選手の移動情報の取得用、及びサーバとなる PC は、CPU が Intel Xeon、OS が Windows 7 のものを使用し、スマートフォン端末は Galaxy S を使用した。

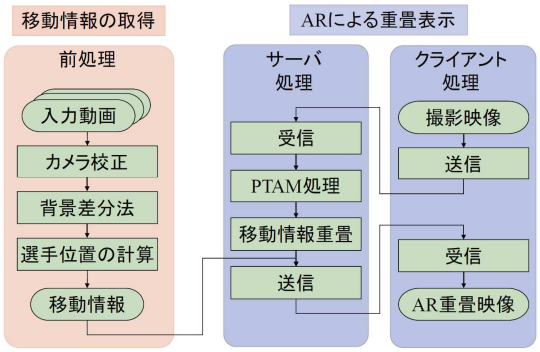


図１：提案システムの処理の流れ

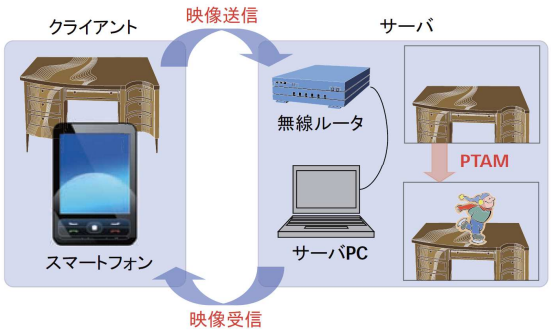


図２：提案システムの構成

本システムの処理速度の測定、及び効果の確認のため、実際にスマートフォンを使用してテーブルトップ環境を撮影し、AR 重畳表示の実験を行った。PTAM により AR 重畳表示された結果画像をスマートフォン上に表示している様子を図４ に示す。実験より、視点位置を変更しても安定してフィギュアスケート選手の移動情報の AR 重畳表示が行えていることが確認できた。また処理速度であるが、AR 重畳表示を 10fps 以上で行うことができた。

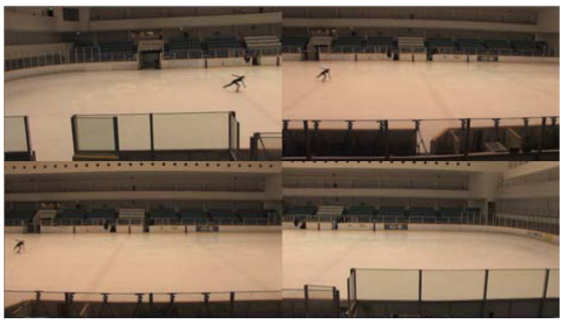


図３：入力映像の例

図４：スマートフォン上への重畳表示

(2) 複数台のスマートフォンを利用した遮蔽物体除去映像のＡＲ表示

これを実現するために、対象シーンが平面と仮定できる場合に、自然特徴点マッチングから Homography を算出しメディアン処理を施すことで、固定マーカの貼付等の事前準備を必要とせずに遮蔽物体除去映像生成を行う手法を提案した。そして、本手法の有効性を実証するために、複数台のスマートフォンを使用し、障害物除去処理を行うサーバＰＣと無線通信で画像の受け渡しを行うことで、実時間性を持たせつつ、ユーザが自由に移動可能な遮蔽物体除去映像のＡＲ表示システムを実現した。

図５ にシステムの概略図を示す。本システムは3 台のスマートフォンと1 台のPC により構成される。PC には無線 LAN ルータが接続されており、3 台のスマートフォンそれぞれと無線通信による画像の送受信を行う。各ユーザはスマートフォンに付属しているカメラから障害物のあるユーザ視点画像を得る。そして他のユーザのカメラ画像を用いて本手法の処理を施すことで、対象平面の前に置かれた障害物が除去された出力画像を得ることができる。本システムが対象とする環境は、ユーザが見たい対象シーンが平面または平面に近似できるものであり、その対象シーンの前に障害物が置かれているという環境である。

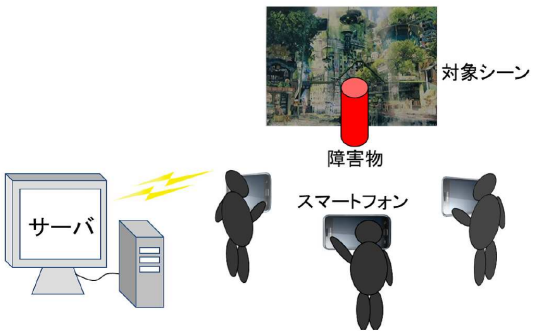


図５：遮蔽物体除去映像のＡＲ表示システム

図６に、実際に実験を行っている時の環境を示す。正面ユーザのスマートフォンが取得

した画像に本手法を適用した結果を図７に示す。

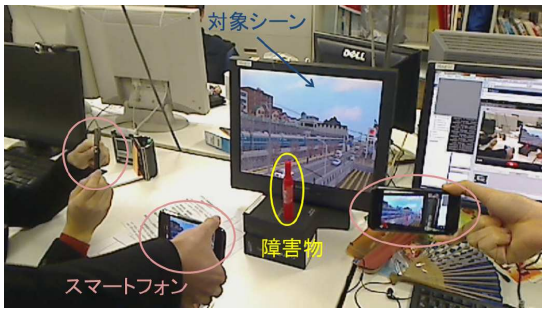
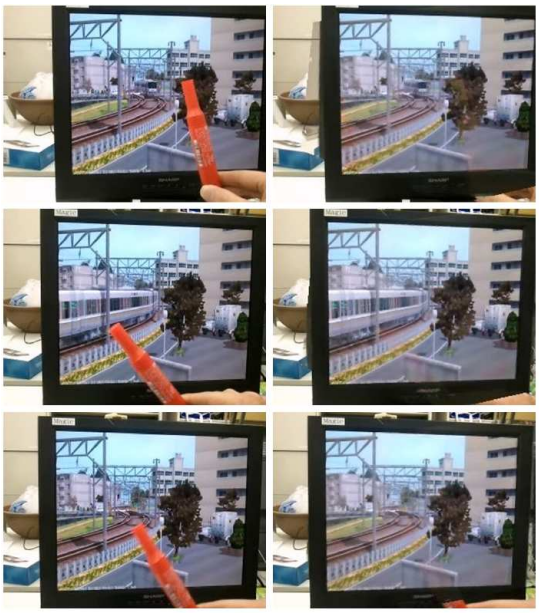


図６：実験環境



（a）入力画像　　（b）出力画像

図７：障害物除去実験の結果

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 5 件）

1) Sandy Martedi, Hideaki Uchiyama, Guillermo Enriquez, Hideo Saito, Tsutomu Miyashita and Takenori Hara, Foldable augmented maps, IEICE Transactions on Information and Systems, vol.E95-D, pp.256-266, 2012,査読有
2) Songkran Jarusirisawad, Takahide Hosokawa, and Hideo Saito, Diminished reality using plane-sweep algorithm with weakly-calibrated cameras, Progress in Informatics, No.7, pp. 11-20, 2011, 査読有
3) Hideaki Uchiyama, Hideo Saito, Myriam Servieres, Guillaume Moreau, Camera tracking by online learning of keypoint arrangements using LLAH in augmented reality applications, Virtual Reality, Springer, Published online, DOI 10.1007/s10055-010-0173-7, 7 Oct. 2010, 査読有
4) 内山英昭, 斎藤英雄, セルヴィエルミリアム, モロギヨム, 交差点マーク付き地図と交差点データベースを用いた地理データマッチングに基づく GIS データの AR 提示システム, 映像情報メディア学会誌, Vol.64,No.4, pp. 563-569, 2010, 査読有
5) Yuki Arai and Hideo Saito, Complemental Use of Multiple Cameras for Stable Tracking of Multiple Markers, Lecture Notes in Computer Science, Volume 5622/2009, 421-430, 2009, 査読有

〔学会発表〕（計 13 件）

1) 斎藤英雄, コンピュータビジョンによる３Ｄ映像生成と実世界提示, 第 20 回サイバーワールド(CW)研究会（招待講演）, 2012 年 3 月 8 日 , 東京　電通大
2) Hayashi, T., de Sorbier, F., Saito, H. Texture overlay onto non-rigid surface using commodity depth camera, International Conference on Computer Vision Theory and Applications 2012 (VISAPP2012), 2012 年 2 月 24 日, ローマ
3) Toshihiro Honda, Takuya Inoue and Hideo Saito, Real-Time Diminished Reality using Multiple Smartphones, 21st International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2011), 2011 年 11 月 28 日、大阪
4)吉田　拓洋, 斎藤　英雄, 清水　雅芳, 田口哲典, マーカーレス AR のための生成型学習による平面トラッキング, 第 16 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2011 年 9 月 20 日, はこだて未来大学
5) Mingliang Wang, Takuya Inoue, Yuko Uematsu, Hideo Saito, Interactive AR system for visualization of figure skating using PTAM, 第 14 回　画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011), 2011 年 7 月 20 日, 石川県金沢市
6) 廣瀬圭佑, 斎藤英雄, 対象環境の線分情報を用いた実時間 SLAM, 第 14 回　画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2011), 2011 年 7 月 21 日, 石川県金沢市
7)Hideo Saito, Computer Vision for 3DTV and Augmented Reality, International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR), 2011 （招待講演）,2011 年 7 月 2 日, 韓国　済州島
8) Tomoki Hayashi, Benjamin Raynal, Vincent Nozick, Hideo Saito, Skeleton Features Distribution for 3D Object Retrieval, IAPR CONFERENCE ON MACHINE VISION APPLICATIONS(MVA2011), 2011 年 6 月 14 日, 奈良
9) Sébastien Callier, Hideo Saito, Automatic

Road Extraction from Printed Maps, IAPR CONFERENCE ON MACHINE VISION APPLICATIONS(MVA2011), 2011年6月14日, 奈良

10) Keisuke Hirose and Hideo Saito, Real-Time SLAM Using Line Segments, The 4th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2011), 2011 年 4 月 17 日, 大阪

11) Takumi Yoshida, Hideo Saito, Planar Object Tracking by Clustering of Feature Descriptors for Markerless Augmented Reality, The 4th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2011), 2011 年 4 月 17 日, 大阪

12) Sandy Martedi, Hideaki Uchiyama, Guillermo Enriquez, Hideo Saito, Tsutomu Miyashita and Takenori Hara, Foldable Augmented Maps, IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2010), 2010 年 10 月 14 日, ソウル、韓国

13) Guillermo Ignacio Enriquez, Hideaki Uchiyama, Martedi Sandy, Hideo Saito, Tsutomu Miyashitaand Takenori Hara, Interactive paper maps: Merging AR visualization using keypoint tracking and hand gesture based interaction, The 3rd Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR2010), 2010 年 4 月 24 日, 慶州、韓国

６．研究組織

(1)研究代表者

斎藤 英雄（SAITO HIDEO）

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：90245605

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし