

「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」
平成 17 年度採択研究代表者

田村 秀行

立命館大学 情報理工学部 教授

映画制作を支援する複合現実型可視化技術

1. 研究実施の概要

本研究は、現実と仮想を融合する複合現実感(MR)技術を活用し、映像コンテンツ制作を支援する新しい可視化技術を生み出すことを目的としている。具体的には、MR 技術を駆使することで従来の PreViz (Pre-Visualization)技術の限界を克服し、スタジオ内セット、オープンセット、ロケ現場等で、予め収録した演技と実背景を自在に合成し可視化する MR-PreViz 機能を達成する。こうして得た事前可視化映像や付帯データは、映像クリエイターが創造性の高い映像作品を構想するのを支援するだけでなく、本番撮影のコストを削減することができる。

基盤となる技術の開発には、技術開発第 1 グループ (立命館大) が、MR-PreViz を実現する基幹システムおよび要素技術の開発と他グループの研究成果のとりまとめを、技術開発第 2 グループ (京都大) が 3 次元ビデオ技術に関する研究を、技術開発第 3 グループ (奈良先端大) が屋外環境での MR 位置合わせ問題の解決を、と分担して取り組んでいる。

本研究プロジェクトの研究期間は、前期 1.5 年 (H17,18 年度)、中期 2 年 (H19, 20 年度)、後期 1.5+0.5 年 (H21, 22 年度) の 3 期に分けて考えているが、H20 年度はその「中期」を終えて「後期」に向かう重要な年度であり、また公式の「中間評価」を受ける折返し点の年度であった。H20 年度研究計画書では、下記の 2 大目標を掲げたが、以下にそれぞれがどのように推移したかの概要を述べ、次項で各グループの研究実施内容を詳述する。

(a) 予感研究所とシンポジウムにパワー集中:短編映画製作を通しての有効性検証

7 月 26~30 日領域全体の成果展示「予感研究所 2」が日本科学未来館にて実施された。そこに技術開発第 1 グループ、技術開発第 2 グループの研究成果を展示するとともに、最終日に同館の「みらい CAN ホール」にて当チームの中間成果発表のシンポジウム「デジタル技術が映画を変える、プレビズ技術が創造性を高める」を開催した。

また、本シンポジウムでの公開・上映を前提として、前年度までの研究成果の実証実験として、プロの俳優・監督・スタッフを起用した本格的な短編映画『カクレ鬼』の製作を行った。同シンポジウムでは、監督やアクション監督がメイキング映像を観ながら、

MR-PreViz の価値を論じる等のセッションを設け、映像制作業界からも大きな反響を得た。

上記の工程をプロの映画制作スタッフと共有することにより、技術課題やソフトウェアツールの使い勝手に関する有益な知見が得られた。また、プロジェクト内に設けた技術諮問委員会の委員からも、後期の展開と業界への移転に関する貴重な助言が得られた。後日、『カクレ鬼』本編とメイキング映像集を収録した DVD を製作し、関係者や学界・業界の有識者に配布したところ、それからも有益な助言や激励の言を得ている。当初の計画にはなかったこの実証実験は、予想以上の大きな成果を得たと考えている。

(b) 基幹システムの機能拡張:技術開発第 3 グループからの技術移転の開始

技術開発第 1 グループは、MR-PreViz 基幹システムを、屋内&2 自由度からスタートしたが、最終目標は、屋外&多自由度での MR-PreViz の実施である。その要素技術は、技術開発第 3 グループで研究開発を行って来たが、順次その成果の技術移転と実運用を実施する。H20 年度は、技術開発第 3 グループが開発した屋外環境での MR 位置合わせ手法を技術開発第 1 グループが構築する MR-PreViz 基幹システムへの本格的移植に着手し、6 自由度で MR 合成を行うパスを通すことに成功した。

また、上記実証実験で「幾何学的整合性」だけでなく「光学的整合性」の重要度や基幹システムを可搬型システム化することへの要望が強いということも判明したので、「中期」から「後期」に向けての要素技術の研究開発方針の再設定を行った。

2. 研究実施内容(文中にある参照番号は 4.(1)に対応する)

(1)技術開発第 1 グループ

【MR-PreViz 基幹システムの機能拡張】

技術開発第 3 グループが H19 年度までに開発したランドマークデータベースを利用した屋外環境での位置合わせ手法を MR-PreViz 基幹システムに統合し、屋外環境での 6 自由度 MR-PreViz の実現の土台を構築した。中期から後期に向けての、最大の技術課題を解決できる目処が立ったと言える。

今後、H21 年度内に残る研究課題を解決し、屋外での MR-PreViz 映像撮影に利用可能なレベルに達することを目標としている。そのための研究計画見直しを行って、具体的には下記に挙げる改善を行うよう研究計画を再設定した。

- ランドマークデータベース作成の高速化
- 初期位置合わせの高速化およびトラッキングが破綻した際の迅速な復帰
- 撮影機材（レールやドリー）を用いて撮影した際の位置合わせの自由度の低減
- ズーム・焦点ぼけへの対応

【MR-PreViz オーサリングツール群の改良】

H20 年度では、H19 年度までに開発した MR-PreViz のためのツール群[2]の改良を行った。特に、事前に MR-PreViz 映像を撮影するシーンに必要な CG データの構築が可能な CASCADES の照明シミュレーション機能を改良し、MR-PreViz 映像撮影時の照明

効果を取り除き、MR-PreViz 映像に対して、本番撮影時に想定される照明の効果を加味することができるリライティング(Re-lighting)機能を有するツールの設計を行った。

なお、こうしたツール群で用いる基礎的手法の改良研究では、引き続き CG データ生成に関して時代劇で用いる町並みの生成法[1][4]、人物や生物などの複雑な曲面モデルの高速レンダリング法[3]の開発を行った。

【実証実験としての短編映画『カクレ鬼』の製作】

MR-PreViz の意義と有用性を検証するため、H19 年度までに提案した MR-PreViz を用いた映画制作のワークフローに沿って短編映画『カクレ鬼』（監督：齊藤勇貴）を製作した。この作品の製作は、一から企画して脚本を起こし、それに基づいて、アクション演技のデザインも、俳優のキャスティングも行った上で、撮影、編集、VFX、MA という、通常の映画製作過程に従っている。俳優の演技も映像のクオリティも、劇場公開される商業映画と遜色ない品質の達成を目標とした。

完成した本作品は、日本科学未来館で開催された「予感研究所 2」と併催された当グループのシンポジウム「デジタル技術で映画が変わる、プレビズ技術で創造性を高める」の中でメイキングシーンとともに公開され、(MR-)PreViz の価値と本研究の意義を業界内に知らしめる大きな一歩となったと考えられる。また、メイキング映像や MR-PreViz の解説を含んだ本作品の DVD を作成し、本プロジェクトの業界内への周知を助長することとなった。図 1 に『カクレ鬼』のワンシーンと撮影の様子を示す。



(a) 『カクレ鬼』のアクションシーン



(b) 『カクレ鬼』撮影の様子

図 1 短編映画『カクレ鬼』

(2) 技術開発第 2 グループ

【3次元ビデオの撮影】

本年度は本プロジェクトの実証実験として本格的な映画制作を行うこととなり、そのための 3次元ビデオの撮影を東映太秦スタジオ内にて行った。本撮影においては、可搬型 3次元ビデオ撮影スタジオの大きさを従来より広い（直径 4 m→直径 6 m）サイズに拡張して、移動を伴った演技を行う俳優を撮影し、その 3次元ビデオの生成を行った。図 2 に撮影画像及び復元した 3次元ビデオの例を示す。

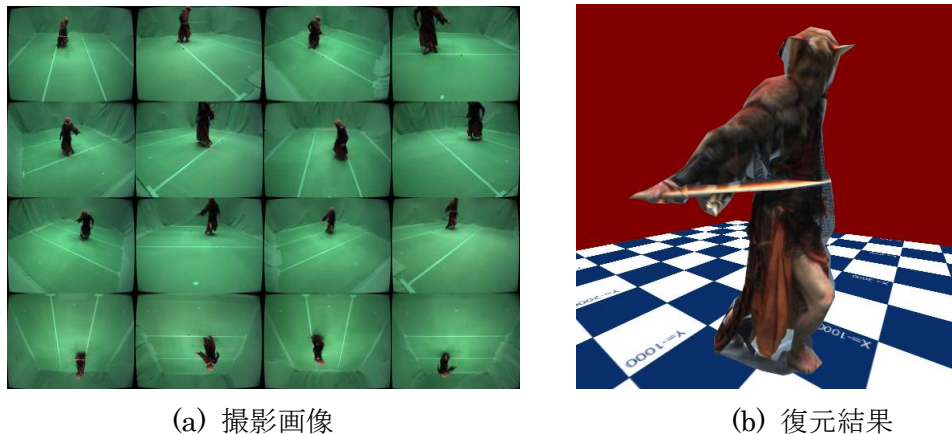


図2 『カクレ鬼』のMR-PreVizに用いられた3次元ビデオの収録風景

【3次元ビデオの表示】

昨年度より開発を行ってきた新しいテクスチャマッピング法である「Harmonized Texture Mapping 法」[6]について詳細な実験と考察を行った。本手法の特徴は、完全に正確であるとは言えないカメラパラメータや3次元形状を用いた場合でも、表示ソフトがその誤差を動的に補正して撮影画像と同等の画質の任意視点画像を生成することができる点にある。また、3次元形状メッシュを単純化した場合でも、撮影画像と同等画質の任意視点画像を生成することができるため、メッシュデータの量を削減することができることも大きな特徴である。

提案手法及び比較のために単純なテクスチャマッピングによって生成した画像を以下に示す。提案手法によってテクスチャのズレやボケが減少していることが分かる。

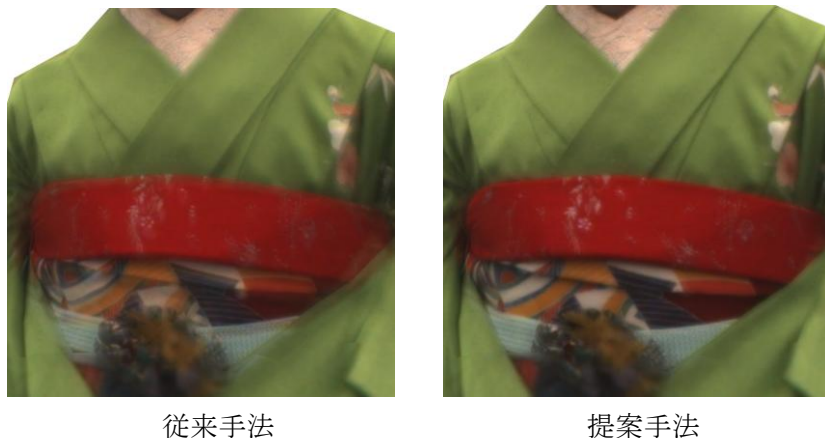


図3 Harmonized Texture Mapping 法の効果

【アクション統合法】

3次元ビデオは撮影された対象のそのままの形・色・動きを鑑賞することの出来る新しい映像メディアであるが、MR-PreVizでの利用にあたっては、そのまま鑑賞するだけでなく、撮影現場の状況や監督の意図により形状や動作の編集が要求されることが考えられる。

一般に、3次元データの形状や動作の編集では、形状を表現するポリゴンメッシュモデルと、動作を表現するスケルトン（ボーンの集合）モデルを組み合わせた、いわゆるスケルトン・スキンメッシュモデルが多く用いられている。本研究においても、将来的な応用を考慮して、このスケルトン・スキンメッシュモデルを用いて形状や動作の編集を行う。

昨年度までに、3次元ビデオデータから骨格モデルを用いて姿勢推定を行う研究・開発[5]を行ってきたが、本年度では、この骨格モデルを利用したアクション編集法について研究を進め、個別に撮影された複数演者によるアクションを1つのシーンとして自然に同時表示するための3次元ビデオ合成・編集法の検討とソフトウェア開発を行った。本手法では、2人のアクションを個別に撮影した3次元ビデオ対を入力とし、まず予め指定したキーフレームの時刻を合わせた後、大局的な位置の編集を行い、その後、手先の位置などの局所的な位置の調整を行う。本年度は大局的な位置の編集について重点的に検討し、骨格モデルで表わされた動作のダイナミクスを大きく変化させることなく編集を行うアルゴリズムを開発した。

(3) 技術開発第3グループ

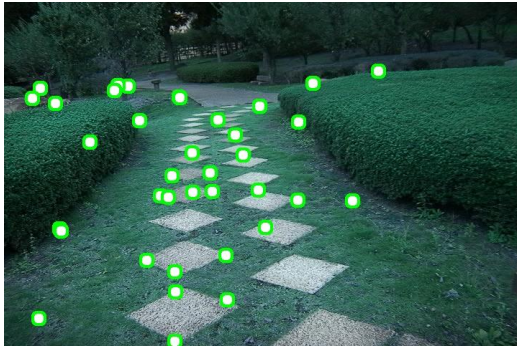
本研究プロジェクトの主眼は、屋外でも利用できる複合現実型可視化システムの実現である。従来の複合現実感システムにおける、位置姿勢センサの制約から屋内でしか安定利用できなかった欠点を改良し、屋外での利用に耐え得るシステムの基幹技術を開発する。本年度は、前年度から継続して開発している現実環境と仮想環境の幾何学的整合性について、カメラの初期位置・姿勢推定を自動化する手法を新たに開発した。また、光学的整合性問題に関しては、主に複数カメラで同期撮影した画像からの高精度な光源環境の推定手法の開発を行った。

【ランドマークデータベースを用いた幾何学的整合法の開発】

本年度は、ランドマークデータベースを用いた幾何学的整合法について、入力に用いる動画像の初期フレームにおけるカメラの位置・姿勢推定を自動化する手法を開発した。これにより、ランドマークデータベースを用いた幾何学的整合法の実用上の問題点であった、マニュアル操作での初期化が必要であるという問題を解消し、手法利用上の利便性を向上させた。

カメラ位置・姿勢の初期化を自動化するために、まずGPS等により与えられたおおまかな位置情報に基づいてカメラ位置・姿勢推定処理に用いるランドマークを限定し、続いてSIFT特徴量による類似度に基づくランドマークの絞り込みを行い、最後に観測地点の整合性を用いた投票によるランドマークの選択を行うことで、膨大なランドマークが登録される屋外環境においても利用すべきランドマークを自動的に選択し、初期のカメラの位置・姿勢を推定する手法を開発した。開発した初期化手法をこれまでに開発した動画像に対する幾何学的整合法に導入することにより、マニュアルでの初期化作業なしに動画像に対する実時間でのカメラ位置・姿勢推定が可能であることを確認した。

図4は、試作システムによる実時間でのMR型PreViz映像の生成例である。



(a) 画像中から検出されたランドマーク



(b) MR 合成画像

図4 ランドマークデータベースを用いた屋外環境でのMR型PreViz映像の生成例

【実光源環境のセンシングによる光学的整合法の開発】

H20年度は、撮影現場と同様の照明環境をMR環境で再現するために必要な、実環境の照明環境の計測を目的として、昨年度から研究開発を進めてきた高解像度カメラを用いて異なるシャッタースピードで撮影した画像群から高ダイナミックレンジ画像を生成し、静的な光源環境を高精度に推定する手法の高速化・高精度化を行った。さらに、屋外撮影現場の動的な照明環境の計測を行うために、複数カメラを用いた動的照明環境の高精度かつ高速な推定手法の開発に着手した。具体的には複数のカメラを用いて、異なるカメラのシャッタースピードで撮影した動画を同期取得し、その画像群を実時間で合成することでハイダイナミックレンジ画像を生成し、動的な光源環境を高精度かつ高速に推定する手法の開発を行った。

3. 研究実施体制

(1) 技術開発第1グループ

①研究分担グループ長:田村 秀行(立命館大学、教授)

②研究項目

映像コンテンツ制作を支援する複合現実型可視化技術を研究開発する。スタジオ内セット、オープンセット、屋外ロケ現場で演技と実背景を合成するMR-PreViz機能を、共同研究機関の研究成果も含めて、空間レイアウトやカメラワークのオーサリングツール、アクション編集ツール等の形で実現する。

(2) 技術開発第2グループ

①研究分担グループ長:松山 隆司(京都大学大学院、教授)

②研究項目

人為的マーカを利用するモーションキャプチャ方式に加えて、衣装を着けたまま動きを獲得できる3次元ビデオ映像方式を導入する。「統合アクションエディタ」の核となる複数演技の融合方法、多様なアクションデータを統合編集する方法を開発する。

(3) 技術開発第3グループ

①研究分担グループ長：横矢 直和（奈良先端科学技術大学院大学、教授）

②研究項目

これまでの複合現実感システムは屋内用途を中心に開発されてきたが、屋外のロケ現場等で複合現実型可視化機能を実現するためには、屋外でも安定に動作する現実世界と仮想世界の幾何学的・光学的整合法の開発が不可欠である。本研究題目では、この両整合性問題を解決するための基本技術を開発するとともに、プロトタイプシステムの構築を通して、ロケ現場および模擬環境での実証を行う。

(4) 技術検証グループ

①研究分担グループ長：八村 広三郎（立命館大学、教授）

②研究項目

映画撮影、映像作家、モーションキャプチャ・データ獲得等の専門家として、本研究計画全体に関する助言を行うとともに、研究開発されたシステム・ツール等を試用し、その有効性を検証する。

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表（原著論文）

【技術開発第1グループ】

1. 小阪佳宏, 磯田弦, 塚本章宏, 奥村卓也, 仲田晋, 田中覚: “GIS データに基づく3次元都市モデルの自動生成—江戸時代の京都町並み生成への応用”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 13, No. 3, pp. 315 - 323 (2008.9)
2. R. Ichikari, R. Tenmoku, F. Shibata, T. Ohshima, and H. Tamura: “Mixed reality pre-visualization for filmmaking: On-set camera-work authoring and action rehearsal,” Int. J. of Virtual Reality, Vol. 7, No. 4, pp. 25 - 32 (2008.12).
3. 木村彰徳, 八田拓也, 市村智和, 仲田晋, 田中覚: “複雑な陰関数曲面モデルの確率過程的並列サンプリング”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-D, No. 3, pp. 439 - 442 (2009.3)
4. Y. Isoda, A. Tsukamoto, Y. Kosaka, T. Okumura, M. Sawai, K. Yano, S. Nakata, and S. Tanaka: “Reconstruction of Kyoto of the Edo era based on arts and historical documents: 3D urban model based on historical GIS data,” Int. J. for Humanities and Arts Computing (to be published).

【技術開発第2グループ】

5. T. Mukasa, S. Nobuhara, A. Maki, and T. Matsuyama: “Finding kinematic structure in time-series volume data, in Special Issue on Human Motion Analysis and Recognition,” Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis, Vol. 7, No. 4, pp.62 – 72 (to be published in April, 2009)

6. 高井勇志, 松山隆司:“Harmonized texture mapping,” 映像情報メディア学会誌, Vol. 63, No. 4 (採録決定).

(2) 特許出願

平成 20 年度 国内特許出願件数 : 0 件 (CREST 研究期間累積件数 : 1 件)