

「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 (MR-PreViz)を生み出すことを目的としている。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。

前期 1.5 年は、大半のエネルギーを MR-PreViz のワークフローの確立、そのために最低限必要な撮影合成基幹システムの導入、ソフトウェアツール体系の設計とプロトタイプ開発に費やした。中期初年度の H19 年度は、前期に導入した撮影機材を十分使いこなすとともに、地道な要素技術開発を積み上げ、実用化を目指してツール群の機能拡張・機能充実の方針を立てる年度であった。また、3 つの開発グループの連携を密にする時期と位置づけていた。実際、技術開発第 1 グループ(立命館大)は、技術開発第 2 グループ(京都大)の成果を導入しつつ全体の研究課題を再設定したが、これに応じて、その先で合流する技術開発第 3 グループ(奈良先端大)の目標も微修正を加えた(詳細は各グループの項で述べる)。H19 年度は予算規模では地味な年度であったが、各々の要素技術開発では着実な進展を果たした。

要素技術は随時国内外の学術研究集会で発表しているが、特筆すべきは、奈良県新公会堂で開催された第 6 回複合現実感国際会議(ISMAR07, 11 月 13-16 日)期間中の同会場で 11/15, 16 の両日行った特別技術展示である。同会議は 4 年ぶりの日本での開催であり、本研究チームの全グループが存在する関西地区での初めての開催であったので、当研究プロジェクト専用のコーナーを設け、3 グループから 4 件の最新研究成果(含、屋外でのロケ撮影体験)を展示した。この特別展示は、国際会議参加者の他に一般来場者にも公開され、研究成果の広報面では大きな役割を果たした。

この特別展示はマスコミ各社の取材を受けたが、その結果、ただちに毎日新聞、日本経済新聞に取材記事が報道された。特別展示の中でも体験型システムとして注目を集めた「アクションリハ

「リバーサルシステム」は、読売テレビでの常設番組『大阪ほんわかテレビ』（毎週日曜日夜、関西地区限定の放送番組）の未来技術紹介コーナーで取り上げられた（2008年1月13日放映）。同じく、新しい先端技術を紹介するフジテレビの『偉大なる未来図鑑』（2008年3月26日放映）に「どこでも道場」と題して取り上げられたが、こちらは全国放送であったので、当研究プロジェクトの認知度が一気に上がった。

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

H19年度までに確立したMR-PreViz [4]を利用した映画制作のフローチャートとそのフェーズで利用するシステムおよびソフトウェアツールを図1に示す。以下、各システムおよびツールにおける拡張・開発した機能を述べるが、実時間CG描画を効率的に行うため、本プロジェクトに部分参加するCGグループの研究成果[1][2]の導入を図ろうとしている。

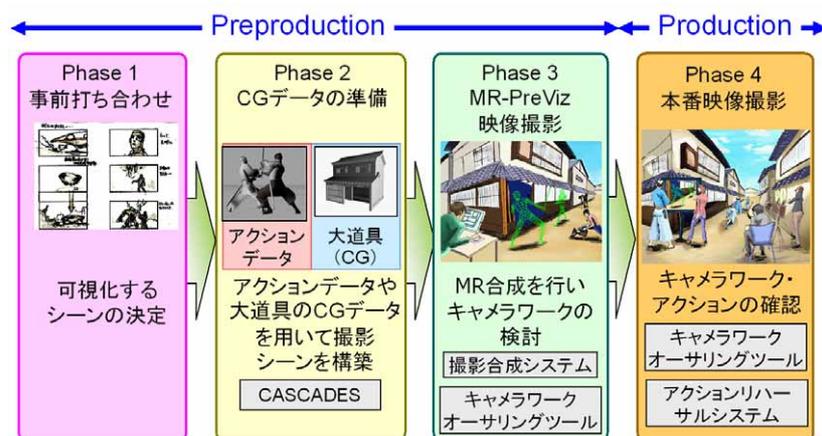


図1: MR-PreViz を利用した映画制作のワークフロー

【撮影合成基幹システム】

H18年度までに、MR-PreViz合成するCG映像に、意図的なズーミング操作に合わせた焦点ぼけやカメラの動きによるぼけ（モーションブラー）の効果を再現する機能を基幹システムに組み込みを行った。H19年度では、これらの機能に加えて、MR-PreViz映像撮影時に用いたカラーフィルタの効果をCG映像に対して付加する手法を開発し実装した。これにより、映画撮影時の色調補正に用いるカラーフィルタの検討を可能にした。また、ポストプロダクション段階での色彩演出であるカラーコレクションのMR-PreViz映像の時点でのシミュレーションを実現した。

【カメラワークオーサリングツール】

H18 年度までに、毎フレームのカメラの 3 次元位置やズーム・フォーカス量といった定量的なカメラワーク情報と、「バーストショット」や「対象につける」といったような映画撮影の現場で用いられる用語で表現する定性的なカメラワーク情報を用いてカメラワークを記述することを提案した[3]。19 年度では、このうちの定性的カメラワークの記述形式の再設計を行い、再設計した記述形式に基づいて記録したカメラワークを、撮影環境を模した CG 空間内で可視化する機能の開発を行った。この可視化機能は MRP ブラウザの機能として実装した[5]。

【CASCADES】

事前に MR・PreViz 映像を撮影するシーンに必要な CG データを構築が可能な本ツールにおいて、H19 年度では下記の 3 点の改良・機能拡張を行った。

● 照明シミュレーション機能

CG 空間で撮影環境の大道具等の配置を行う機能に、実在する照明器具を模した CG を配置し、撮影時の照明環境の検討を実現する。

● 1 対 1 アクションシーンの時間的・空間的整合の半自動調整

個別に収録した 1 対 1 の対戦アクションのモーションデータ間におけるアクションタイミングとキャラクターの位置を半自動的に調整し、整合の取れたアクションシーン構築をサポートする。

● 1 対多アクションシーンの構築支援

複数の 1 対 1 の対戦アクションデータから 1 人の主人公が複数いる敵と順番に戦うような 1 対多のアクションシーンを構築する。本機能を利用したアクションシーン構築例を図 2 に示す。

【アクションリハーサルシステム】

CASCADES で予め構築されたアクションデータを、実背景をバックに任意のキャラクターの主観視点で HMD を介してユーザに提示し、ユーザの動きをデバイスを利用して検出することで、アクションシーンの稽古が可能な、アクションリハーサルシステムのプロトタイプの開発を行った[5]。プロトタイプでは、剣戟シーンに特化し、ユーザは手に持った刀の柄型のデバイスで襲い掛かってくる CG キャラクター相手に決められた演技を繰り返し練習することができる。本システムのユーザに提示される画像例を図 3 に示す。



図 2: 1 対多アクションシーンの構築



図 3: アクションリハーサルシステム(主観視点)

(2)技術開発第2グループ

【3次元ビデオの表示】

従来用いていた視点依存頂点ベーステクスチャマッピング法に対して、遥かに画質を向上しつつデータ量を削減する新たな映像生成法を開発した。

一般の3次元CGのレンダリングにおいては、高精細でありながらデータ量の少ない面ベースのテクスチャマッピングが多く用いられている。本研究に用いている3次元ビデオについても同等の方法を用いることが望ましいと考えられるが、従来は頂点ベースのテクスチャマッピングを行っていた。その大きな理由として、高精度の面ベーステクスチャマッピングを行うためには、通常は高精度のカメラキャリブレーションと形状復元が必要となるが、現在広く用いられている技術では撮影可能空間の全てにおいてmm以下の精度を達成することは非常に困難であることが挙げられる。そのため、単純に面ベーステクスチャマッピングを行うと、ズレやボケの生じた粗の多い映像が生成されてしまうという問題があった。

新たに開発した方法を用いると、テクスチャの切り出し座標を視点に応じて動的にコントロールすることによって、完全に正確であるとは言えないカメラキャリブレーションや形状を用いたとしてもズレやボケの少ない映像を生成することが可能となる。また、従来の頂点ベース法において必要としていた高解像度の形状が不要となるため、データ量の大幅な削減が可能となる。

H19年度では、上記の方法を実現するソフトウェアを開発し、実画像データを用いた実験によってその有効性を確認した。

【アクション構造抽出と補間】

本研究では、3次元ビデオの力学的構造を人体構造の特徴的な点(関節や端点)にノードを持つ木構造を用いて表現する。しかし、この木構造を3次元ビデオの形状データ(メッシュデータ表現)より直接得ることは困難であるため、メッシュデータの間接表現としてリーブグラフを利用し、このリーブグラフと木構造との対応を用いることによって人体構造を得る方法を用いる。3次元ビデオシーケンスからは複数の人体構造が得られるが、これらを適切に統合することによって、最終的にその3次元ビデオの力学的構造を推定することが可能となる。

本年度は、3次元ビデオの力学的構造の獲得後に、その獲得構造に基づいて複数の3次元ビデオの動作編集・統合を行うための基礎的技術を開発した[1]。具体的には、

- (a) 単体の3次元ビデオに対し力学的構造を与え、手動で姿勢を変更するシステム
- (b) カメラからの可観測性に基づいて、単体の3次元ビデオに対し、既知の力学的構造を高精度にフィッティングして対象の動作を記述するアルゴリズム

を開発した。

【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を要求されることが考えられる。

H19 年度においては、上記の編集の前段階として、モーションキャプチャによって得られた力学的構造データを3次元ビデオの形状データに適用させる方法について検討を行った。

(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。

H19年度は、前年度から継続の現実世界と仮想世界の幾何学的整合性に加え、新たに光学的整合性の実現に向けた研究開発を行った。具体的には、下記 2 項目の研究を実施した。

【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】

H19 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としてビジョンベース位置合わせ手法の高速化および頑健性を向上する手法を開発した。高速化のために、ランドマークデータベース中のランドマークと撮影された画像とのマッチング処理の一部を、これより計算コストの低い時系列上での画像間のマッチングに置き換える。頑健性の向上では、ランドマークデータベースに登録されているランドマークの次元位置と撮影位置、テクスチャの 3 種類の情報に加え、事前学習におけるランドマークの利用頻度値をランドマークの優先度として登録し利用する。優先度の利用により、信頼性の低いランドマークを排除でき、頑健性が向上した。以上の改良により屋外実環境において実時間での MR 合成映像の提示が可能であることを確認した。

【実光源環境のセンシングによる光学的整合法の開発】

撮影現場と同様の照明環境を MR 環境で実現するために、実環境の照明条件をカメラにより計測し、照明環境に応じたカメラの光学特性をシミュレートした仮想物体の提示手法を開発した。具体的には、照明環境に応じたカメラの光学特性として、映画撮影用カメラのダイナミックレンジ性能とモーションブラーを考慮して仮想の俳優やオブジェクトを描画する手法である。カメラのダイナミックレンジ性能を忠実に再現するために、環境中に魚眼カメラを配置し、動的にシャッター速度を制御することにより得られる画像群から、高ダイナミックレンジ画像を生成し、光源環境を高精度に推定する。モーションブラー効果を再現するために、環境中の色および形状が既知の対象の画像から映画撮影用カメラ映像に発生しているモーションブラーの大きさを推定し、仮想のオブジェクトにブラー効果を加えて描画する(文献[1]参照)。本年度は、色および形状が単純なマーカを対象に基礎実験を行い、効果を確認した。

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」の書く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] Y. Jo, M. Oka, A. Kimura, K. Hasegawa, A. Saitoh, S. Nakata, A. Shibata, and S. Tanaka: “Stochastic visualization of intersection curves of implicit surfaces,” *Computers & Graphics*, Vol. 31, No. 2, pp. 230 - 242, April 2007.
- [2] 小嶋一行, 岡将史, 柴田章博, 仲田晋, 田中覚: “陰関数曲面上における粒子拡散法を用いた高密度・大量点群のポリゴン化”, 可視化情報学会論文集, Vol. 27, No. 9, pp. 77 - 83, Sept. 2007.
- [3] 一刈良介, 川野圭祐, 天目隆平, 大島登志一, 柴田史久, 田村秀行: “映画制作を支援する複合現実型プレビジュアライゼーションとカメラワーク・オーサリング”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 343 - 354, Sept. 2007.
- [4] 田村秀行, 柴田史久: “可視化技術で創造力を高める映画制作支援”, 情報処理, Vol. 48, No. 12, pp. 1365 - 1372, Dec. 2007
- [5] 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* (to be published).

【技術開発第2グループ】

- [1] 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 (ELCVIA)* 2008 (to appear).

【技術開発第3グループ】

- [1] 奥村文洋, 神原誠之, 横矢直和: “焦点外れによるぼけとモーションブラーの推定に基づく拡張現実感における光学的整合性の実現”, 電子情報通信学会論文誌(D), Vol. J90-D, No. 8, pp. 2126 - 2136, 2007.

(2) 特許出願

平成 19 年度 国内特許出願件数:0 件(CREST 研究期間累積件数:1 件)