

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

一刈 良介^{*1}, 川野 圭祐^{*1}, 天目 隆平^{*2},
大島 登志一^{*3}, 柴田 史久^{*1}, 田村 秀行^{*1}

Mixed Reality Pre-Visualization and Camera-Work Authoring in Filmmaking

Ryosuke Ichikari^{*1}, Keisuke Kawano^{*1}, Ryuhei Tenmoku^{*2},
Toshikazu Ohshima^{*3}, Fumihisa Shibata^{*1}, and Hideyuki Tamura^{*1}

Abstract — In the pre-production process of filmmaking, PreViz, previsualizing the desired scene by CGI, is used as a new technique. In an alternative approach, mixed reality (MR) merges the real and virtual worlds to achieve real-time interaction between users and MR space. We propose MR-PreViz that utilized MR technology in PreViz. MR-PreViz makes it possible to merge the real background and the human and creature by CGI in open set and outdoor location. The user can consider the camera-work and camera blocking efficiently by using MR-PreViz. This paper introduces the basic concept of MR-PreViz, the design of main system, the software architecture, an authoring tool supporting selection of camera-work, and CWML (Camera-Work Markup Language) to describe camera-work.

Keyword: Mixed Reality, Pre-visualization, Filmmaking, Camera-work, Authoring

1. はじめに

本研究は、映像エンターテインメントの映像表現に直接関わるものではなく、複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術[1]を用いた新しい映像制作支援ツールの提供をめざすものである。本論文では、その中で中心的な役割を果たす「カメラワーク・オーサリング」に関して、技術的な側面からの検討とその実現結果について述べる。

近年、大作映画の制作過程で、コンピュータグラフィクス (CG) を用いた PreViz (Pre-Visualization の略。アニメティックスともいう) の利用が進んでいる[2]。プレプロダクション段階で CG 映像を用いて想定シーンを予め可視化することで、撮影スタッフが仕上がりイメージを共有して本番撮影ができ

る利点がある。従来の絵コンテでは表現できない激しいアクションや複雑なカメラワークなどを事前検討することができ、映像制作の効率化の有力な手段となりつつある。

しかし、PreViz 映像全体を比較的単純な CG で描く現状のやり方では表現力に限界があるため、完全主義者の監督には、微妙な雰囲気の違いに不満をもつ者も少なくない。この問題を解決するには、精巧なスタジオ内セット (大道具) がある場合や、オープンセットやロケ地などの撮影の場合には、この実際の光景を背景として利用して PreViz 映像を生成することが考えられる。即ち、現実の撮影場面をバックに登場人物だけ CG で描いた PreViz 映像を作り、様々なカメラワークやカット割りを事前に検討し、その結果を用いて本番撮影を効率的に進めるという発想である。

以上のような動機から、我々は、現実空間と仮想世界を融合する MR 技術を用いて PreViz 分野を革新する「MR-PreViz プロジェクト」を推進している [3][4]。MR 技術側から見れば、映像コンテンツの

*1 立命館大学大学院理工学研究科

*1 Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

*2 立命館大学 総合理工学研究機構

*2 Research Organization of Science and Engineering, Ritsumeikan University

*3 立命館大学 映像学部

*3 College of Image Arts and Sciences, Ritsumeikan University

中でも最も要求水準が高い「映画」を対象とし、制作現場の求める厳しい要求に耐え得る技術体系を構築する中から、幾多の要素技術や副産物が生まれることが期待できる。

MR-PreViz 技術の中核をなすのは、「カメラワーク・オーサリング」の概念であり、実際に映画制作のスタッフが使うツールの実現である。本研究では、映画制作現場で用いられている伝統的なカメラワークのスタイルを守りつつ、同時に構図、カメラの切り替え、カット割り等の決定を効率的に行える支援ツールのあり方を考えた。プロの撮影監督との議論の中から、記述可能なカメラワークの体系的整理を試み、「カメラワーク記述言語 CWML (Camera-Work Markup Language)」を定義した。続いて MR-PreViz 撮影時に記録された CWML データを解釈し、各種表示モードで本番撮影を支援する「MRP ブラウザ」を設計・開発した。そして、実際に時代劇オープンセットを背景に、MR-PreViz 撮影から本番撮影までのフローを体験し、本手法の有効性を確認した。

本稿では、まず「MR-PreViz プロジェクト」の概要を紹介した後、我々の考える「カメラワーク・オーサリング」の概念とその実行方法を述べる。続いて、CWML、カメラワーク・レコーダ、MRP ブラウザの仕様と実装結果に関して述べる。

2. MR-PreViz の意義とその実行手順

2.1. MR-PreViz の意義と位置づけ

テレビ番組制作時に、スタジオ内で実写映像と CG 映像を実時間合成する技術は「バーチャルスタジオ」と呼ばれ、1990 年代半ばに登場し、既に実用域に達している[5][6]。これはスタジオ内利用に限定されたシステムで、クロマキー技術を用いて背景合成を行っている。一方、MR 技術の映画制作への応用[7]は、2001 年に「MR 研究プロジェクト」の成果発表会で試みられたが、ポストプロダクションで付加すべき CG 合成を、本番撮影現場で俳優視点とカメラ視点で事前体験する試みであった。

我々が目指す MR-PreViz は、従来にない実背景を用いたプレプロダクション段階での PreViz であり、屋外での利用にも耐え得るものである。CG クリーチャー等との合成だけでなく、本番では生身の俳優が演じるシーンの事前可視化をも対象としている。図 1 にオープンセットを背景とした場合の利用イメージ図を示す。

プレプロダクション段階での MR 技術応用に限れば、対話的なストーリーボード作成[8]やアニメーションのキャラクタ設計に特化したオーサリングの試み[9]が報告されている。しかし、これら



図 1 MR-PreViz のコンセプト図

Fig.1 Conceptual Illustration of MR-PreViz

はいずれも初歩的な水準であり、カメラワーク検討は視野に入っていない。MR-PreViz プロジェクトが目指すのは、実際の映画撮影用 HD カメラと実背景を利用した、もっと本格的な PreViz 技術体系の構築である。

MR-PreViz 撮影では、完成イメージの共有、カメラワーク、カット割りの事前検討を目的として、事前準備したアクションデータと背景映像を実時間合成する。撮影現場で実際にカメラを操作してこの合成が達成できるので、本番さながらのカメラワークを試行錯誤することができる。これはフル CG の PreViz では実現できない機能である。また、MR 体験時にカメラワーク検討結果を保存し、後のプロダクション段階での撮影時に活用可能とする。複雑な構図や、激しいアクションのシーンは、MR-PreViz により効果的な撮影準備ができるので、本番撮影や映像編集の時間やコストが大幅に削減できる。

2.2. MR-PreViz のワークフロー

我々が意図する MR-PreViz 技術を用いた映画制作のワークフローは、下記のようなプロセスに整理できる(図 2)。

■Phase 1: 企画・脚本と PreViz シーンを選択

大まかな企画が練られ、粗筋であるプロットが決定された後、台詞や動作などを含む脚本が執筆される。監督が決まると、彼がイメージする構図やカメラの動きを伝える絵コンテが作られる。

絵コンテでは不十分な場合、フル CG での PreViz (アニメティックス) や MR-PreViz を実行すべきシーンを決定する。両者は共存すべきものであり、必要な場合のみ、MR-PreViz を行う。アニメティックスだけの場合、Phase 3 の現場撮影が不要となる。

■Phase 2: 必要な素材データの準備と配置

MR-PreViz 映像撮影を行う前段階として、CG キャラクタデータの作成、アニメーション設定、アクションデータの収集を行う。アクションデータは、



図 2 MR-PreViz の流れ

Fig.2 Workflow of MR-PreViz Operations

手づけや物理シミュレーションによる CG アニメーションの他に、スタント俳優の演技をモーションキャプチャ (MoCap) 方式で収録したデータ、複数のカメラの多視点映像から自由視点映像を再構成する 3次元ビデオデータ[10]も対象とする。

「統合アクションエディタ」と「3D 空間レイアウトツール」で異なるアクションデータの混在・編集・加工・空間配置を行った後、その結果は保存されて次のステップに送られる。

■Phase 3: 現場での MR-PreViz 撮影合成

「3D 空間レイアウトツール」のレイアウト結果を MR 空間に反映させ、MR-PreViz 撮影を実行する。「キメラワーク・オーサリングツール」の「キメラワーク・レコーダ」により、MR-PreViz 映像の確認・録画・キメラワークの保存を行う。その結果は CWML で記述される。その後、必要に応じて、市販の編集ソフトでカット割りを行うが、その結果は映像編集の標準的な記述方式 EDL (Edit decision list) で記述する。

■Phase 4: 本番撮影時の支援

(MR-)PreViz 映像やその他の記録を、「MRP ブラウザ」を用いて可視化し、撮影現場で確認することにより、本番撮影を効率的に進める。

2.3. MR-PreViz 用撮影合成基幹システム

本研究で使用している撮影機材や映像合成システムのハードウェア構成に関して述べる。図 3 はその基幹システムの外観であり、図 4 がその構成要素とデータの流れである。本システムは、映画撮影過程の近未来を想定して設計されている。

従来、複合現実分野で実現されてきた実写映像と仮想物体との実時間合成は、表示装置が HMD 中心

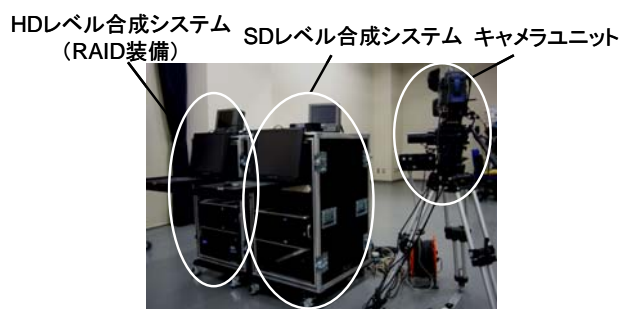


図 3 撮影合成基幹システムの外観

Fig.3 Image Capturing and Compositing System

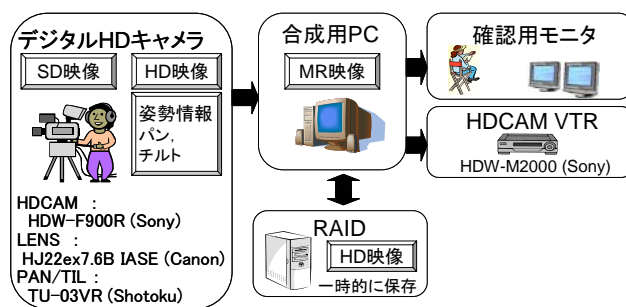


図 4 撮影合成基幹システムの構成

Fig.4 Dataflow of the Hardware System

であったことから、SD (Standard Definition) 映像相当の VGA, SVGA レベルの解像度が主流であった。映画制作支援を対象とする本研究では、HD (High Definition) 映像を扱えることが不可欠の条件であるが、現状のコンピュータ環境ではフル HD の実時間合成は難しく、しかるべき対策が必要となる。

本番はフィルム撮影する場合でも、MR-PreViz 撮影にはデジタル HD カメラを用いるものとする。PreViz 目的なら画質的にも十分であり、本番撮

影でも急速にデジタル撮影の比率が増している。ただし、カメラワークや構図等の決定を支援するのが目的であるので、レンズ、照明、その他の機材の使い勝手は、なるべく従来のフィルムカメラでの映画撮影の流儀を踏襲するよう配慮する。

ロータリーエンコーダが捉えたカメラの動きデータ（パン、チルト、ズーム量）を利用し、カメラが捉えた実写映像と予め用意された CG 映像を撮影現場で合成する。PC のキャプチャボードの制約から、第 1 期システムでは SD レベルでの実時間合成・確認のみを実行し、HD レベルの合成映像は、一旦 RAID に保存しておいた HD 実写映像と、保存しておいたカメラ位置姿勢情報を用いて、オフラインレンダリングにより合成し、内容確認する方式を採用する。

カメラの動き検出は、機械式エンコーダの制約から、当面はパン、チルトの 2 自由度に制限している。理想的には 6 自由度が望ましいが、屋内では比較的容易に 6 自由度位置姿勢計測センサが利用できるものの、屋外で適用できるセンサは存在しない。本プロジェクトでは、対象シーンの画像特徴をランドマークとして認識する方式を開発し、屋外でのカメラ位置姿勢の決定方式とする計画である。

3. カメラワーク・オーサリングツール

3.1. カメラワーク・オーサリングとは

本研究における「カメラワーク・オーサリング」とは、本番撮影以前に、監督が描く完成映像のイメージ、即ち、構図、アクション、カメラの位置・アングル、動き等の撮影方法、カット割り等を、撮影監督（カメラマン）と相談して決定するプロセスを指す。その創造的作業の効率化を支援するため、独自のオーサリングツール群を開発する。

従来阿吽の呼吸と職人芸で進められて来た映画撮影も、大作映画ではスタッフも大人数になり、意思伝達に齟齬をきたすことが多くなった。本研究が目指すのは、ビジュアルで紛れのない方法での意志疎通のためのツールである。MR-PreViz 映像の撮影現場では、本物の映画撮影カメラを利用し、かつ登場人物は CG で描くので、その現場でカメラワークの試行錯誤を行い、仕上がり映像を予測することもできる効用がある。

具体的には、本オーサリングツール群として、下記の機能を実現させるものとした。

- (a) MR-PreViz 撮影時に、カメラを操作しながら監督・撮影監督のイメージを可視化し、カメラワークの試行錯誤を実行するためのツール
- (b) 上記の検討結果を CWML 形式に変換記述して記録するソフトウェア

(c) 記述されたデータを可視化して観るブラウザ

上記の 3 機能のうち(a)(c)はそれぞれ、図 2 の Phase 3, Phase 4 で利用するツールであり、(b)はその間を繋ぐためのものという位置づけになる。

3.2. カメラワークの分析とその記述

3.2.1 カメラワークとは

上記機能を満たすツールの開発で要点となるのは、「カメラワーク」をどのように記述して扱うかである。そのためには、まず、カメラワークそのものを客観的に定義しておく必要がある。

カメラワークは、狭義では、カメラの操作手順だけを指すが、スタッフ間の意志疎通を円滑にするには、ストーリーを映像化する上で、監督・撮影監督の考えを表すものでなければならない。

ここでは「カメラワーク」とは、「監督・撮影監督の撮影方針や意図を反映したカメラの位置・アングルや動き」と定義し、それらを「定性的カメラワーク要素」「定量的カメラワーク要素」に分けて記述することにした。このように大分類することの妥当性や、以下に示すそれぞれの要素の内容は、日本撮影監督協会の会員である島村漱、岡田賢三両氏の助言を得て決定したものである。

3.2.2 定性的カメラワーク要素

監督・撮影監督が考えるカメラ操作の意図、画面の構図などは数値化できないので、定性的な記述で記録するものとした。撮影方法（ルール、クレーンなどの利用）に関しても同様である。

映画制作の方法に関する著名な文献としては、「映画の文法」[11]があり、映画撮影の典型的な（狭義の）カメラワークとそのルールを纏めている。このルールを用いて、映画風のカメラワークを自動で設定する研究[12][13]も存在する。映像を認識することにより、撮影時のカメラの動きを求め映像のセグメンテーションを行う研究例[14]もある。本研究では、カメラの動きの自動認識は行わず、表 1 の選択肢の中から人間が選んで CWML に入力するものとした。表 1 の項目名・要素名は、前述の両撮影監督との議論の上で、定性的なカメラワークを分類・整理したものである。

表 1 中で「カメラ移動手段」については、本来、後述の定量的要素であるカメラの位置・姿勢の自由度を拘束する条件であるが、カメラワークの意図を解釈する上で重要な補助情報となるので、ここに含めた。例えば、「固定」の場合には、対象に回り込んだり、対象からカメラを「ひく」動作はできず、対象に「つけた」カメラワークを意図している可能性などに絞ることができる。また、表 1 中の「意図」要素は、「位置姿勢関係」に関わるものと「フォーカス関係」に関わるものとに分けられ、

表 1 定性的カメラワーク要素の選択肢

Table 1 The Choices of Camera-Work Description

カメラワーク項目	定性的カメラワークの選択肢		
カメラ移動手段	<ul style="list-style-type: none"> 固定 直線レール 曲線レール 	<ul style="list-style-type: none"> クレーン ステディカム その他 	
構図	<ul style="list-style-type: none"> クローズアップ アップ ビッグクローズアップ ショルダーショット バストショット 	<ul style="list-style-type: none"> ウエストショット ニーショット フルショット その他 	
意図	位置姿勢関係	<ul style="list-style-type: none"> 対象に「つける」 回りこむ ひく/寄る 追従して移動 	<ul style="list-style-type: none"> 対象人物視点 対象をなめる 撮影対象を別に移す その他
	フォーカス関係	<ul style="list-style-type: none"> 対象にフォーカス固定 フォーカス対象を移す 	<ul style="list-style-type: none"> その他

独立して要素を選択できる。

スタッフ間の意志疎通は、この種の言語での定性的表現の方が確実であると言われている。言葉の解釈には個人差があり得るが、同じ組で PreViz 映像を観ながら、この種の記述が登場するならば、その意図を解釈するのに紛れはないというのが、専門家の意見であった。

3.2.3 定量的カメラワーク要素

意図伝達の他に本オーサリングツールのもう一つの大きな目的は、撮影時にコンピュータ内の記録から客観的、定量的なデータを記録し、(機械による解釈は含まずに)カメラの動きを可視化して見せることである。このようなカメラワークの要素において定量的な表現で表せるものを「定量的カメラワーク要素」と定義する。

具体的には、下記のような値を記録・記述する。

- ・カメラ視点の世界座標系 (X_w, Y_w, Z_w) での三次元位置
- ・パン, チルト, ロール角度
- ・レンズパラメータ (ズーム値, フォーカス値)
- ・アングル (撮影対象とカメラの相対的角度)
- ・カット割り (In 点, Out 点のタイムコード)

上記の中で、カット割り情報のみは MR-PreViz 映像を簡易編集した後に得られるが、他のデータはカメラ操作と同時に自動的に記録され、CWML 形式で記述される。

3.3. カメラワーク・オーサリングツールの構成

我々の「カメラワーク・オーサリングツール」は、多数のモジュール群から構成されるが、大別して MR-PreViz 撮影時に利用し 3.1 節で上げた機能 (a)(b) を実現するものを「カメラワーク・レコーダ」、(主として) 本番撮影時に用いて機能 (c) を実現する可視化ツールを「MRP ブラウザ」と呼ぶものとした。換言すれば、前者はカメラワークを

CWML での記述データに変換して出力するものであり、後者はそのデータを入力として解釈し、各種可視化ウインドウに表示するブラウザである。ここで、CWML と MRP ブラウザの関係は、Web ページにおける HTML と Web ブラウザの関係と同じである (理解を得やすいよう、このように名付けた)。

両ツールの関係と主な機能を図 5 に図示した。

3.4. 本ツールの扱う座標系

定量的カメラワーク要素に関わる客観値を明らかにするため、本ツールが扱う座標系とデータの関係に関して述べる (図 6)。

映画制作では、カメラはカメラヘッドを介して三脚の上に乗せて撮影する。カメラヘッドに備え付けたロータリーエンコーダにより、カメラの姿勢情報パン角 θ_{pan} , チルト角 θ_{tilt} が得られる。またズームレンズにもレンズエンコーダが備えられており、ズーム値 Z , フォーカス値 F が出力されるが、レンズの特性を考慮して画角 θ_{fov} に変換できる。

これらの機構を用いて、本ツールでは、カメラヘッドの回転中心を原点とするカメラ座標系 (X_c, Y_c, Z_c) を構築する。水平を保ったカメラヘッドにカメラが取り付けられた場合、 Y_c 軸は地面に水平、 Z_c 軸は地面に垂直とみなすことできる。

CG を実世界の正しい場所に合成するには、世界座標系 (X_w, Y_w, Z_w) カメラ座標系との変換行列を求めておく必要がある。

その変換行列を T_{wc} とし、式(1)に示す。

$$(X_w, Y_w, Z_w, 1)^T = T_{wc} (X_c, Y_c, Z_c, 1)^T \quad (1)$$

カメラヘッドが水平を保っている場合は、世界座標系とカメラ座標系の変換行列 T_{wc} は、式(2)に示すように、 Y_c と Y_w の回転 θ_{p_offset} と原点から X, Y, Z 方向への平行移動量 T_x, T_y, T_z だけを求めればよい。

$$T_{wc} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{p_offset} & \sin \theta_{p_offset} & 0 & 0 \\ -\sin \theta_{p_offset} & \cos \theta_{p_offset} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & T_z & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

本研究では、撮影現場での作業の手軽さを重視して、ARToolkit[15]を用いて上記パラメータを推定する独自のキャリブレーション手法を開発した。また、将来の多自由度センサを使用する時も、センサの出力から θ_{p_offset} と T_x, T_y, T_z を求めて、同様の仕組みを用いることとする。

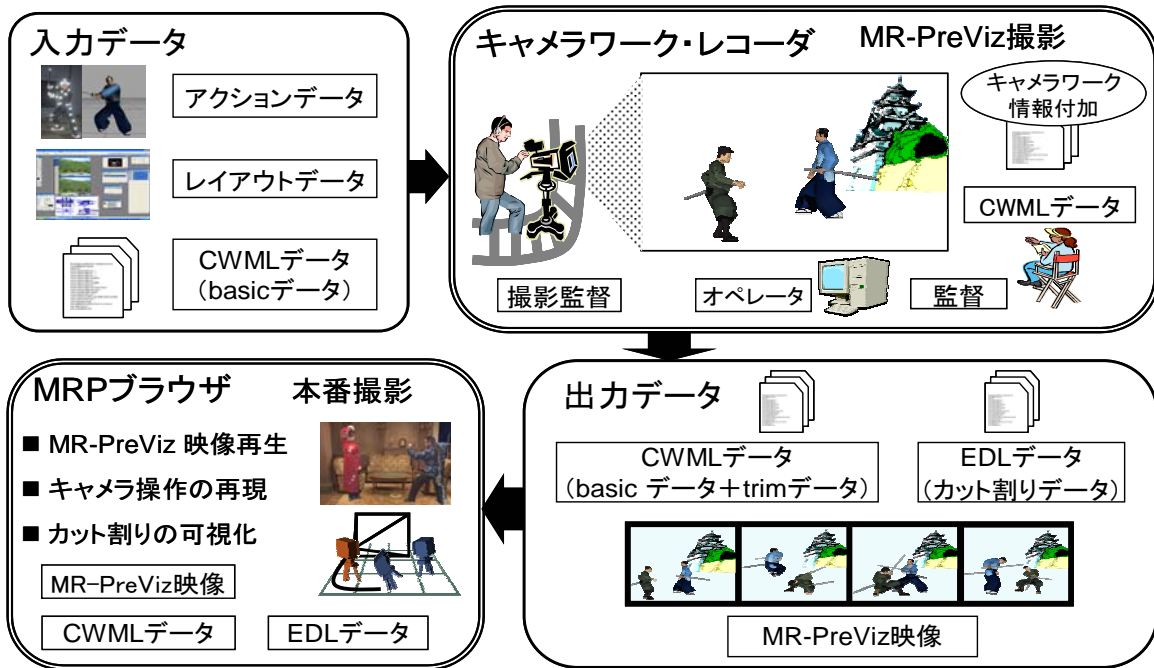


図5 カメラワーク・オーサリングツールの構成

Fig.5 Configuration of Camera-Work Authoring Tool

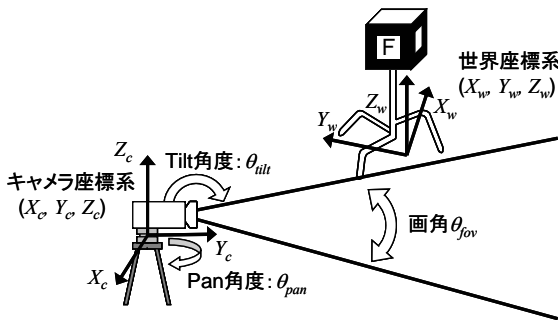


図6 本ツールが扱う座標系とデータ

Fig.6 Coordinate System and Data

4. CWML とカメラワーク・レコーダ

4.1. CWML の概要

CWML (Camera-Work Markup Language) は、本研究が提唱するカメラワーク記述言語であり、メタ言語であるXMLのインスタンスとして記述することにより実装している。XMLを採用した理由は、3章で分析したカメラワークの要素を記述しやすい木構造を扱えること、公開されている処理系を利用できること、今後のPC環境の発展に適応しやすいことである。

従来、撮影現場におけるカメラワークに関する意思疎通法は、経験・慣れに基づく閉ざされたものであり、客観的に記述されることはなかった。本研究では、前章のような検討の結果、定性的なカメラワーク記述と定量的なカメラワーク記述に分けて、階層的に表すこととした。

4.2. CWML の記述内容

MR-PreVizにおいて、管理すべき情報は空間の構

築のために事前に必要な情報と、MR-PreViz撮影時に結果を記録するものに分けられる。階層的に管理しやすいように、CWMLの記述は、それらを大きく分けて、Basic部とTrim部の2つに分かれて記述することとする。その構造を図7に示す。

Basic部は、主にMR-PreViz撮影開始時に参照され、MR空間を構築するために必要な情報や、撮影環境、シーンにおいて共通の情報をあらかじめ記述しておく。その記述内容を次に示す。

- 撮影管理情報 (シーン番号, アスペクト比, 使用機材)
- 参照ファイルパス (レイアウトデータ, アクションデータ, EDL)

一方、Trim部は、実際にMR-PreViz撮影を行って検討したカメラワークに関する情報が、MR-PreViz撮影時に記述される。記述内容は、定性的カメラワーク要素, 定量的カメラワーク要素であり、タイムコードとともに時系列に記述される。

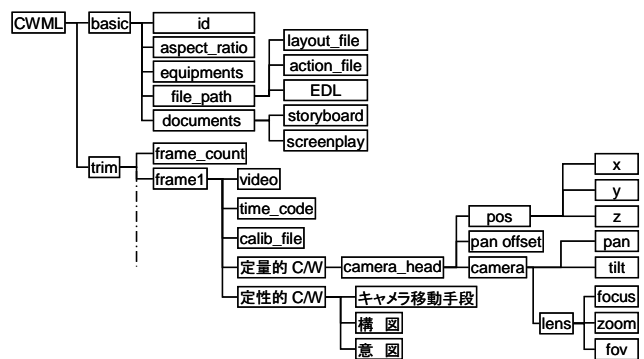


図7 CWMLのツリー構造

Fig.7 The Tree Structure of CWML

4.3. 定量的カメラワーク要素記述

CWML における定量的カメラワーク要素記述は、MR-PreViz 撮影時に自動的に付加される。記述される内容は、MR 合成のために用いた情報の中で、撮影環境中でのカメラの動きの再現に必要な情報の記録である。それらは、座標系 (X_c, Y_c, Z_c) の原点(カメラヘッドの回転中心)の3次元位置、パンオフセット角度 θ_{p_offset} 、カメラ座標系におけるカメラの姿勢情報 $\theta_{pan}, \theta_{tilt}$ 、レンズパラメータのズーム値 Z 、フォーカス値 F 、画角 θ_{fov} であり、タイムコードに合わせてフレーム毎に記録される。

4.4. 定性的カメラワーク要素記述

定性的カメラワーク要素記述は、3.2.2 で述べたように、数値では表せない監督・撮影監督の意図を記録するためのもので、表1のような有限の選択肢の中から選ばれた項目のコードが CWML に記録される。

4.5. カメラワーク・レコーダの実現

カメラワーク・レコーダは、Phase 3 で撮影合成基幹システムを用いて MR-PreViz 撮影を行い、カメラワークの検討、記録を行うカメラワーク・オーサリングツールのサブツールの1つである。以下に、本研究で達成した機能を示す。

(a) 実時間 MR-PreViz 映像確認

カメラワーク・レコーダは、CWML データの basic 部を参照して、レイアウトデータ、アクションデータ等の情報を取得し、それらと撮影合成基幹システムを用いて MR-PreViz 撮影を行う。

図8に示すように、MR 合成映像 Im_{MR_SD} 生成のため、キャリブレーションもしくは、位置姿勢センサにより世界座標系 (X_w, Y_w, Z_w) とカメラ座標系 (X_c, Y_c, Z_c) の変換行列 T_{wc} を求め、カメラ座標系でのカメラの姿勢 $\theta_{pan}, \theta_{tilt}$ 、画角 θ_{fov} とあわせて用いて、実写映像 Im_{real_SD} にアクションデータ、CG オブジェクトを合成する。

(b) HD 解像度 MR-PreViz 映像の録画

現システムでは、ビデオキャプチャボードの制限から、実時間 MR 合成できるのは SD 映像のみであるが、同時に生の HD 映像も記録している。カメラワーク・レコーダでは、カメラ操作後に SD MR-PreViz 映像と同内容の HD 合成映像を生成する。

HD の MR-PreViz 映像合成のため、CWML の定量的カメラワーク要素部に記録された、時系列の変換行列 T_{wc} (カメラ座標系の原点の3次元位置 T_x, T_y, T_z と θ_{p_offset} に対応) とカメラの姿勢情報 $\theta_{pan}, \theta_{tilt}$ 、画角 θ_{fov} と RAID に格納した HD 実写映像 Im_{real_HD} を用いて、それらのタイムコードを参照し、オフラインレンダリングする(図8)。 Im_{real_SD} と

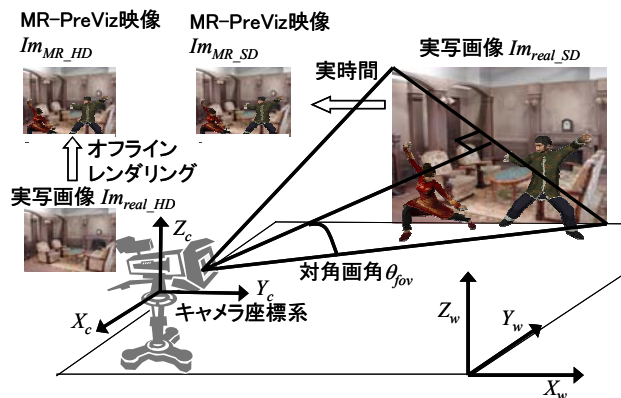


図8 MR-PreViz 映像の録画

Fig.8 Recoding MR-PreViz Movie

Im_{real_HD} のタイムコードを対応させることで、実時間で SD の映像を確認し、その際の録画の解像度だけ HD にするとといった使い方が可能である。

(c) カメラワークの CWML 形式での出力

前述のように定量的カメラワーク要素は自動的に記録され、定性的カメラワーク要素は、監督・撮影監督が意図したものを、スクリプタ(記録担当者)が表1から選択して入力する。いずれも、CWML 形式のデータに変換して記録される。

5. MRP ブラウザ

5.1. MRP ブラウザの概要

カメラワーク・レコーダにより保存された MR-PreViz 撮影の結果を可視化するツールが、MRP ブラウザである。MRP ブラウザの入力は、MR-PreViz 撮影の結果である MR-PreViz 映像、カメラワークの記録である CWML データと、カット割りの検討結果である EDL である。

我々の提供する支援ツールとして、MR-PreViz 過程を経て事前可視化した映像を眺めるだけでなく、MR-PreViz 撮影状況を伝達する様々な可視化ツールを提供する。具体的には、「定性的カメラワーク」を同時表示してカメラの動きの意図をスタッフ内に伝える機能や、「定量的カメラワーク」の記録結果からカメラの位置や動きをグラフィック表示して提示することを目指した。

MR-PreViz 映像だけの確認と比べた利点として、カメラの位置やカメラパスを俯瞰して確認できること、映像に映らない箇所も CG 空間で確認可能なこと、撮影現場の様子と映像の関係が把握できること、カット割りを 3D-CG 空間で表示できることがあげられる。

こうした可視化ツールで実装すべき機能やその操作画面設計に関しては、映像制作スタッフへの要望調査を反映して決定したものである。

5.2. MRP ブラウザの機能

(1) MR-PreViz 映像再生

まず最も重要なのは、背景と CG の MR 合成を行った PreViz 映像の再生である。通常のビデオデッキでの再生ではなく、MRP ブラウザ内で他の付帯情報と整合をとって再生するために、PC での実行が不可欠である。

MR-PreViz 映像は、フレーム毎に映像を扱える一般的な映像方式の DPX 形式を採用し、SD レベルの解像度の映像 Im_{MR_SD} の再生する (図 10 右上)。この際、フレームに定性的カメラワーク要素情報が存在すれば、映像 Im_{MR_SD} に重畳表示する。

(2) カメラパス可視化

MR-PreViz 映像の再生に加えて、その撮影の際の詳細なカメラ操作の履歴を眺めたいという要望に応えるため、次の可視化機能を実現する。

● 撮影環境の CG 再現

撮影現場とカメラを同時に表示して、カメラとその被写体を確認する。カメラと俳優以外にも、撮影現場のセットを CG モデル化しておく。そのために、図 9 のように CG 空間内に MR-PreViz 現場の世界座標系同様の座標系設け、撮影現場を再現する。レイアウトデータ、アクションデータは、それぞれのツールから入力し、同様の形式を用いる。

MR-PreViz の前にフル CG-PreViz が実現されている場合は、その幾何モデルデータが再利用できる。

● MR-PreViz 時のカメラ操作の再現表示

MR-PreViz 撮影時に記録された定量的カメラワーク・データを利用することにより、上記 CG 空間内でカメラの動きを再現できる。映像制作スタッフから最も要望の多かった機能で、本番撮影時のカメラ位置設定に大いに効力を発揮する。

処理手順としては、CWML の定量的カメラワーク要素を参照し、 T_{wc} , θ_{pan} , θ_{tilt} , Z , F , θ_{fov} といった時系列のデータを用いて、カメラ操作をアニメーションで再現する。その際、一定時間おきにカメラモデルを軌跡上にとどめ姿勢の履歴も表示する。ズーム量・フォーカス量は、ビューボリュームを表す四角錐を用いて表現し、画角が四角錐の頂点の角度、四角錐の底面がフォーカス位置とする。

(3) カット割り可視化

映画においてカット割りは演出上重要な要素の一つであり、最終の完成映像を想定して MR-PreViz 映像に対してもカット割りを行う。MRP ブラウザでは、カット割り後の映像を再生するだけでなく、撮影現場の CG 空間と対応させ、撮影カメラの切り替わりとして、3 次元的に表現し、直感的に分かりやすい表示を導入した。

本機能実現には、複数の MR-PreViz 映像を編集した結果の EDL を利用する。EDL により撮影映像の In 点、Out 点が得られるので、カメラの切り替わ

りは、撮影中のカメラを赤くする強調表示と映像再生により表現する。

5.3. MRP ブラウザの GUI

MRP ブラウザは、CWML データを指定して起動すると、図 10 のような初期画面となる。3 つのウインドウの役割は次に示すとおりである。

[MR-PreViz 映像ウインドウ]：現在の撮影中のカメラが撮影した MR-PreViz 映像を提示(図 10 右上)

[CG 撮影環境ウインドウ]：MR-PreViz 撮影時の現場の様子を CG で再現。CG キャラクタの演技、撮影中のカメラ操作の再現表示 (図 10 左)。

[操作パネル]：MR-PreViz ウインドウ、CG 撮影環境ウインドウの同期のためのタイムラインの管理、各種設定の変更。(図 10 右下)

5.4. MRP ブラウザの操作方法

MRP ブラウザは、映像制作現場のスタッフが操作することを前提にしているので、極力直観的で分かりやすい画面設計をこころがけた (図 11 に操作パネルの拡大図を示す)。パネル内のボタン操作、マウス操作と機能の対応を以下に示す。

- キャラクタの演技、MR-PreViz 映像の再生、別のカメラに変更するには、ボタン群①を操作する。
- 詳細な時刻の変更は、タイムラインのスライダをマウスでドラッグする

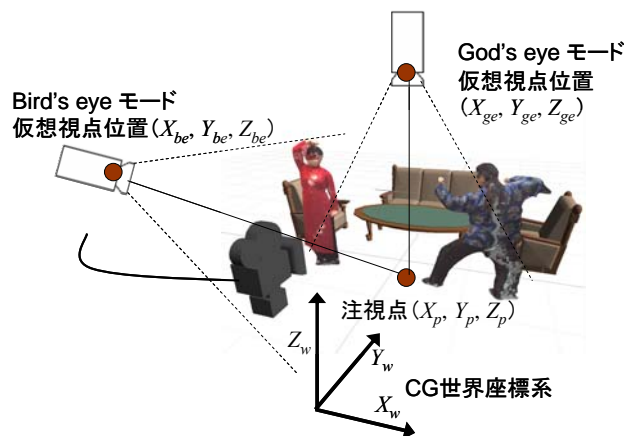


図 9 CG 空間の座標系

Fig.9 Coordinate System of the Space



図 10 MRP ブラウザの GUI

Fig.10 GUI of MRP Browser

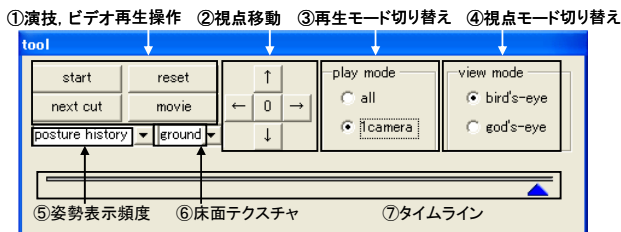


図 11 操作パネルの拡大図

Fig.11 Operation Panel

- ・ 視点位置は視点移動ボタンで地面と水平に (X,Y 平面) 移動する
- ・ 可視化モードをラジオボタンで切り替える
- ・ 左真中の⑤, ⑥のメニューで, 姿勢表示頻度, 床面テクスチャが変更できる
- ・ CG 撮影空間内でマウスをドラッグすることで, 注視点 (X_p, Y_p, Z_p) を中心にして, 視点位置 (X_{be}, Y_{be}, Z_{be}) を回転移動できる
- ・ マウスの右ボタンドラッグにより, 注視方向に前進, 後退が可能である

5.5. MRP ブラウザの可視化モード

MRP ブラウザでは, 映画制作に関わる様々なスタッフの要望に応じて, 複数の可視化モードを用意する. まず, 典型的な可視化モードとして, 映像再生に関わるモード, 視点に関するモードをそれぞれ 2 つずつ設けた.

A. 映像再生モード

- ・ 単カメラ再生モード: 図 11 の③の再生モードの選択で「1camera」を選択し, 単カメラ再生モードを選んだ場合, 一つのカメラの映像を再生する. これは 1 回の撮影を再現する場合に, 1 台のカメラのみの映像を表示したい場合などを想定したモードである.
- ・ 複数カメラ同時再生モード: 複数カメラ同時再生モードでは, 複数のカメラの映像を切り替えてカット割りを可視化するモードである. 図 11 の③の再生モードの選択で「all」を選択し, このモードを選んだ場合, 映像, 演技の再生途中でカメラが切り替わり, MR-PreViz 映像と CG 撮影環境での撮影カメラ表示に反映される, これは, より完成映像に近い映像と撮影環境の対応を把握したい場合に有効である.

B. 俯瞰視点モード

- ・ God's Eye モード: 図 12 左に示すように, God's Eye モードは, 真上の固定視点から撮影環境を俯瞰して観察するモードであり, カメラと被写体, その他のオブジェクトの位置関係を正確に把握したい場合に有効である. この際, 仮想視点 (X_{ge}, Y_{ge}, Z_{ge}) はその際の注視点を (X_p, Y_p, Z_p) とすると式(3)が成り立つ.

$$\begin{cases} X_{ge} = X_p \\ Y_{ge} = Y_p \end{cases} \quad (3)$$

- ・ Bird's Eye モード: 図 12 右に示すように, Bird's Eye モードは, 自由な鳥瞰視点から撮影現場を確認可能なモードであり, より自由に注目対象を観察できる.

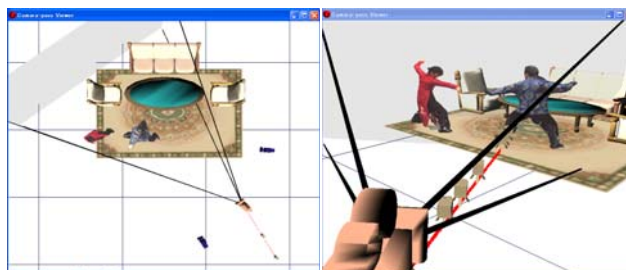


図 12 俯瞰視点モード

(左: God's Eye モード, 右: Bird's Eye モード)

Fig.12 Two Overview Modes

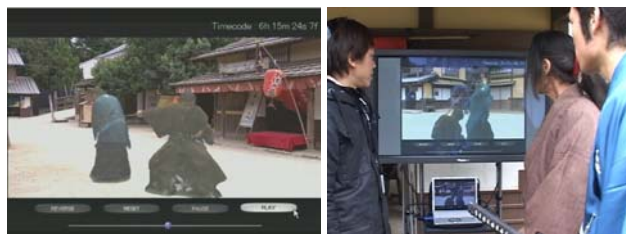


図 13 オープンセットでの MR-PreViz と本番撮影.
左上: MR-PreViz 映像, 右上: それを眺める監督と俳優
下: 本番撮影

Fig.13 MR-PreViz Shooting and Live Performance
in Open Set

6. 本番撮影と MR-PreViz の評価

前章までに述べた撮影合成基幹システムや各種制作支援ツールが実装を終えて揃ったところで, 図 2 に示すワークフローの全行程を通した短編映画制作を行った. これは, このワークフローが矛盾なく進行するかどうかの確認するためと, MR-PreViz の有効性に関して映画制作関係者の意見を求めるためである.

対象としたのは, 激しい剣戟シーン (約 15 秒) を含む 2 分弱の短編作品で, セリフ付きの俳優 2 人が対戦する映像を, 以下の行程で撮影した. その

模様を図 13 に示す。

- ・ Phase 1: 短編剣戟映画「返り討ち」の脚本（齊藤勇貴）と絵コンテの作成

- ・ Phase 2: 殺陣師（中村健人）の振付けにより、アクション俳優（辻本一樹, 太田雅之）が演技して、MoCap データ, 3次元ビデオデータを収録。同データを 3D 空間内に配置して調整。

- ・ Phase 3: オープンセット（東映太秦映画村）での MR-PreViz 撮影（撮影監督：岡田賢三, PC 等操作クルー：本プロジェクト参加学生）

- ・ Phase 4: 別の俳優（福本清三, 岸本康太）を起用して、同一場所での本番撮影（監督：齊藤勇貴, 撮影監督：三浦忠, 撮影クルー：網家秀人, 泉水輝美, 古川淳）と編集

実際の映画制作では、MR-PreViz 撮影と本番撮影は、同じ撮影監督の場合も別の撮影監督の場合もあり得る。本実験では、カメラワーク・オーサリングツールの設計で指導を受けた岡田賢三カメラマンの指揮の下、我々が Phase 2 と Phase 3 を担当して MR-PreViz 映像を作成し、その概念を全く知らない監督・撮影監督に見せて Phase 4 の本番撮影と編集に臨むという方式を採用した。これは、先入観のない正しい評価を得るためである。

結果として、全行程のデータの流れは設計通りに進行した。撮影・編集スタッフからは MR-PreViz は極めて好評で、以下のようなコメントを得た。

- ・ 中村健人氏：「アクションデザインの結果を人に伝えやすい」「どんなカメラ位置から撮ったら効果的かも試せるというのが素晴らしい」「スムーズに進行できるので、演出に使える時間が増える」

- ・ 福本清三氏：「CG の事前映像はハリウッドでも見せられた。今後はこういう方向に進むだろう」

- ・ 齊藤勇貴氏：「合成映像だけでなく、カメラワークまで再確認でき伝達できるのが良い」「この技術があれば、本番は通常の半分以下の時間でできる」

- ・ 撮影&編集スタッフ：「先に映像を見ていたのでロケハンが短時間で済んだ」「当日のカメラや照明の配置が楽で、編集も通常の 1/3 以下で済んだ」

7. むすび

本論文では、複合現実感技術を用いて映画制作支援の PreViz ツール群を作る研究計画を紹介し、その中核であるカメラワーク・オーサリングツールの設計と実現方法に関して述べた。

設計段階からプロのカメラマンの助言を得て支援ツールの開発を進めたが、本番撮影までのパスを通すことにより、映画撮影業界の現場に受け入れられる技術基盤が実現できたと考えられる。ただし、これは基本概念の有効性を検証したに過ぎず、まだ

大いに改善の余地がある。PreViz ではあっても、屋外利用でのカメラの動きの自由度アップが望まれる。また、コンピュータ操作に慣れない映画人が使えるような GUI に改善して行くことも、本技術を普及させる上で重要であると考えられる。

MR-PreViz 技術の開発において期待される副産物として、CF やミュージックビデオ等の映像制作には MR-PreViz およびフル CG 型の PreViz による制作支援ツールが考えられる。また舞台演劇、屋外のライブショー、大規模な式典など時系列コンテンツにも、事前可視化検討にも役立つと考えられる。その他、要素技術として開発している MoCap データのつなぎ合わせによるアクションデザイン技術、および 3次元ビデオの実時間描画技術などは、他分野への波及が期待される。

謝 辞

本研究を進める上で、数々のご協力をいただいた研究グループのメンバー各位に感謝いたします。3次元ビデオデータの収録と提供は、本プロジェクトの研究分担者である京都大学松山研究室の協力によるものである。本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業（CREST タイプ）「映画制作を支援する複合現実型可視化技術」による。

文 献

- [1] Y. Ohta and H. Tamura: *Mixed Reality---Merging Real and Virtual Worlds*, Ohmsha & Springer, 1999.
- [2] J. M. Gauthier: *Building interactive worlds in 3D: Virtual sets and pre-visualization for games, film and the Web*, Focal Press, 2005.
- [3] <http://www.rm.is.ritsumei.ac.jp/MR-PreVizProject/top.html>
- [4] R. Tenmoku, R. Ichikari, F. Shibata, A. Kimura, and H. Tamura: "Design and prototype implementation of MR pre-visualization workflow," DVD-ROM Proc. Int. Workshop on Mixed Reality Technology for Filmmaking, pp. 1 - 7, 2006.
- [5] L. Blonde, M. Buck, R. Galli, W. Niem, Y. Paker, W. Schmidt, and G. Thomas: "A virtual studio for live broadcasting: the Mona Lisa Project," *IEEE Multimedia*, Vol. 3, No. 2, pp. 18 - 29, 1996.
- [6] G. Thomas, J. Jin, T. Niblett, and C. Urquhart: "A versatile camera position measurement system for virtual reality TV production," *IBC*, IEE Conference Publication No. 447, pp. 284 - 289, 1997.
- [7] 大島登志一, 黒木剛, 小林俊広, 山本裕之, 田村秀行: "2001年MR空間の旅---複合現実感技術の映像製作分野への応用", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 219 - 226, 2002.
- [8] M. Shin, B. S. Kim, and J. Park: "AR storyboard: An augmented reality based interactive storyboard authoring tool," Proc. IEEE and ACM Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2005), pp. 198 - 199, 2005.
- [9] I. Barakonyi and D. Schmalstieg: "Immersive content authoring for computer entertainment in augmented reality," DVD-ROM Proc. Int. Workshop on Mixed

Reality Technology for Filmmaking, pp. 26 - 30, 2006.

- [10] 松山隆司, 高井勇志, ウ小軍, 延原章平: “3次元ビデオ映像の撮影・編集・表示,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 521 - 532, 2002.
- [11] D. アリホン (岩本, 出口訳): 映画の文法—実作品にみる撮影と編集の技法, 紀伊国屋書店, 1980.
- [12] 北原格, 坂本竜基, キムハンソン, 小暮潔, “Cinematized reality: 自由視点映像技術を用いた日常行動映像の映画的演出手法”, 信学技報PRMU2006-44, pp. 31 - 36, 2006.
- [13] L.-W. He, M. F. Cohen, and D. H. Salesin: “The virtual cinematographer paradigm for automatic real-time camera control and directing,” Proc. Annual Conf. on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 96), Vol. 30, pp. 217 - 224, 1996.
- [14] Y. Yang and S. Nakano: “A study on camerawork extraction technology from compressed image information,” 映像情報メディア学会誌, vol. 53, No. 10, pp. 1439 - 1444, 1999.
- [15] <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

(2007年3月30日受付)

[著者紹介]

一刈 良介 (学生会員)



各学生会員.

1982年京都市生. 2005年立命館大学理工学部情報学科卒. 2007年同大学院理工学研究科博士前期課程修了. 現在, 同大学院理工学研究科博士後期課程在学中. 日本学術振興会特別研究員. 複合現実感の研究に従事. 電子情報通信学会, IEEE

川野 圭祐 (非会員)



1984年大阪府吹田市生. 2006年立命館大学理工学部情報学科卒. 現在, 同大学院理工学研究科博士前期課程在学中. 複合現実感の研究に従事. 電子情報通信学会学生会員.

天目 隆平 (正会員)



各会員

1976年松江市生. 2003年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了. 2006年同研究科後期課程修了, 同年4月より立命館大学総合理工学研究機構特別研究員. 博士(工学). モバイルコンピューティング, 複合現実感等の研究に従事. 電子情報通信学会, IEEE

大島 登志一 (正会員)



1982年筑波大学第三学群情報学類卒. 1991年同大学院工学研究科博士課程修了. 工学博士. キヤノン(株)を経て, 2006年4月より立命館大学情報理工学部教授. 2007年4月同映像学部教授. 現在, 同副学部長. 1997年より2001年まで, (株)エム・アール・システム研究所にて「複合現実感研究プロジェクト」に従事. 複合現実感の研究, 同応用システムの研究開発に従事. 情報処理学会, 日本バーチャルリアリティ学会, ACM SIGGRAPH 各会員. 1990年情報処理学会学術奨励賞受賞.

柴田 史久 (正会員)



1996年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了. 1999年同研究科博士後期課程修了. 大阪大学産業科学研究所助手を経て, 2003年4月より立命館大学理工学部助教授. 現在, 同情報理工学部情報コミュニケーション学科准教授. 工学博士. モバイルコンピューティング, 複合現実感等の研究に従事. IEEE, 電子情報通信学会, 日本ロボット学会, 情報処理学会等の会員. 2005年本学会学術奨励賞受賞.

田村 秀行 (正会員)



1970年京都大学工学部電気工学科卒. 工業技術院電子技術総合研究所, キヤノン(株)等を経て, 2003年4月より立命館大学理工学部教授. 現在, 同情報理工学部メディア情報学科教授. 工学博士. 1997年より2001年まで, MRシステム研究所にて「複合現実感研究プロジェクト」を率いた. 本学会元理事, 現在, 評議員, 複合現実感研究委員会顧問. 編著書「Mixed Reality」(Ohmsha & Springer)「コンピュータ画像処理」(オーム社)など. 電子情報通信学会フェロー, IEEE, ACM, 情報処理学会, 人工知能学会, 映像情報メディア学会等の会員. 情報処理学会論文賞, 人工知能学会功労賞等を受賞.