

3D MR-PreViz: 撮影現場での実時間 CG 合成と 立体視調節を可能にする 3D 映画プレビズ・システム

An MR-Based Pre-Visualization System for 3D Filmmaking Enabling On-Site Real-Time CGI Composition and 3D Effects Control

森 尚平 柴田 史久 木村 朝子 田村 秀行
Shohei Mori, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, and Hideyuki Tamura

立命館大学 大学院理工学研究科
Graduate School of Science & Engineering, Ritsumeikan University

ABSTRACT

In the pre-production stages of filmmaking pipelines, pre-visualization (PreViz) technique is used to confirm and share expected final results among crews. Our previous system called Mixed Reality Based Pre-Visualization (MR-PreViz) utilizes MR technologies for making PreViz. MR is a technique for merging real and virtual world, and enables filmmakers to effectively create PreViz owing to utilization of real scenes. MR-PreViz has been developed and modified through five and a half year project. Throughout the demonstrations by filmmakers, there have been many demands for MR-PreViz in 3D. For answering their strong requirements, we propose MR-PreViz for 3D filmmaking called “3D MR-PreViz.” This system enables filmmakers not only to shoot computer-generated creatures in real environments in the same way as the conventional system, but also in 3D. Time-consuming settings of special cameras for stereography called 3D rig are confirmed by trial and error in pre-production stages in our system. The settings of the rig are mapped to the MR space by simple stereo calibration. In order to confirm 3D effects precisely, our system renders MR-PreViz movies in 3D in high definition resolution in real time.

Keywords: Mixed Reality, PreViz, 3D Filmmaking, Stereoscopic Vision, Real-Time Rendering

1. はじめに

コンピュータ内に仮想環境を構築する人工現実感 (Virtual Reality; VR) に対して、現実世界と仮想世界の継ぎ目なき融合を目指す複合現実感 (Mixed Reality; MR) は、従来のVRが取り扱えなかった問題を扱う発展形である。実際、MR技術は芸術・娯楽において大いに注目を集め、MRアトラクションは展示の度に人気を博し、世の注目を集めてきた。ところが、同じ娯楽分野でも、映画制作での利用となると、業界の特異性や要求水準の高さからか、ほとんど応用事例を見ない。

そうした中、我々は、映画制作のプリプロダクション段階で用いられるPreViz (Pre-Visualizationの略、事前可視化) に複合現実感 (MR) 技術を利用する実背景ベースの事前検討システム、MR-PreVizシステム[1]を設計・開発してきた (Fig.1)。これは5年

半にわたるCREST研究[2]の成果であり、ハリウッドも未達成の我が国独自の先端技術である。

MR-PreVizは、映像制作業界への技術移転が進行中であるだけでなく、すでに映像制作教育や劇場公開映画での利用も図られてきた。そんな中、業界からは更に現在の3D映画ブームを起因とした立体視によるプレビズ制作への要望が寄せられた。これは、映像が3D化することによって、監督が思い描くシーンの共有がより困難になり、制作行程の見通しの悪化がするため、総製作費が肥大化するのを防ぎたいからである。また、MR-PreVizが3D映像制作に対応すれば、プリプロダクション段階において、現場に近い環境下で所望のシーンを可視化できるだけでなく、技術的に未成熟な3D映像制作においてよい練習の場となるからだ、とも言える。

その要望に応えるべく、既開発のMR-PreVizシステム[3]をベースに両眼立体視とその効果の変更を可能にする機能拡張を施した3D MR-PreVizの設計・開発を行った。具体的には、ステレオグラフィが実際に扱う撮影機材とMRシステムを統合し、Fig.2のワークフローに則って、3D効果の検証に必要な現場でのカメラ・パラメータ (輻輳角や基線

森 尚平

<mori@rm.is.ritsume.ac.jp>

立命館大学 大学院理工学研究科

〒604-8520 京都市中京区西ノ京朱雀町 1

TEL 075-813-8441, FAX 075-813-8441



Fig.1 Concept image of MR-PreViz

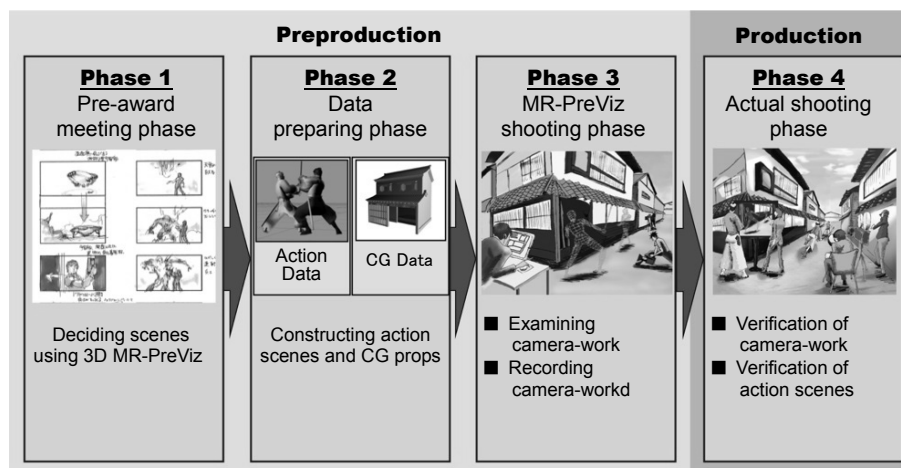


Fig.2 Workflow of 3D MR-PreViz

長)の調節をMR空間で事前検討可能にする。

本稿では、以下、3D 映画制作手法に関する概要と3D 拡張への要望の分析、システム設計と実装に関する諸問題の解決について述べる。

2. 3D 拡張への要望

2.1 トゥルー3Dとフェイク3D

現在の3D映像制作には主に2つの手法が存在する。1つは、両眼立体映像を取得するため、3Dリグと呼ばれる2台のHDカメラの輻輳角と基線長の調節を可能にする装置を利用する本来の3D撮影法で、その映像は「トゥルー3D」と呼ばれている。

一方、1台のカメラで撮影された映像から領域切取や3Dモデルの当てはめで深度情報を付加し、両眼分の映像を推定することで3D映像を得る「2D→3D変換」を施す「フェイク3D」と呼ばれる。

本質的に3D映像撮影にはトゥルー3Dであるべきところ、商業的思惑から、映画業界ではこのインチキともいべきフェイク3Dが横行している。急激なブームの到来により、3Dリグを扱える熟練のステレオグラファが育っていないのも一因である。こうした事情から、我々はトゥルー3D撮影を支援するシステムを目指した。

2.2 3D映像制作における事前検討の重要性

3D映像制作の事前準備として、スクリーン上の視差と奥行き値をピンホールモデルに基づいて計算しておく。そして、それらの移り変わりを示したDepth Chartを用意する。PreVizはこの値に基づいて所望のシーンをフルCGで可視化するが、監督やカメラマンが3D効果(飛び出し感、奥行き感)を直接操作できないため、複雑なシーンになるほどPreViz制作自体が難航する可能性がある。よって、監督やカメラマン自身によるリグを用いた試行錯誤が重要で、これは一般にプロダクション段階になるまで解消されない。

3D映像制作では、効果的な3D効果の撮影に加えて、視聴者が不快に感じない映像を制作する必要がある。不快な3D映像とは、シーン中及びシーンの移り変

わりで過度な視差を提示することで生まれ、時に視聴者に頭痛を及ぼすため、安全性の面で考慮されるべき事柄である。想定外の映像を撮影してしまわぬよう、想定する現場に近い環境での事前可視化が重要となる。

3. MR-PreVizシステムの3D拡張

3.1 現場での3D効果の設定と確認方法

本システムでは、現場での3D効果の試行錯誤を、(1)3Dリグの初期パラメータ設定、(2)3Dリグのキャリブレーション、(3)ランドマークデータベースの構築、(4)撮影、(5)3D映像の確認の流れで行う。

(1) 3Dリグの初期パラメータ設定

Depth Chartを利用したり、撮影したい被写体の位置に指標を設置して撮影したりして3Dリグの初期パラメータを設定する。

(2) 3Dリグのキャリブレーション

設定したリグのパラメータをMR空間に反映させるためにキャリブレーションを行う。現実空間での3Dリグのパラメータは撮影中に動的に変化しないものとし、事前にパラメータを取得しておく。

(3) ランドマークデータベースの構築

本システムでは、MR-PreVizのビジョンベースのカメラ位置姿勢推定手法であるリハーサル・パス法(RPM)[2]により、世界座標系における左目用カメラの位置姿勢を求める。そのために必要なランドマークデータベース(LMDB)を構築する。

(4) 撮影

MR-PreViz映像を3Dで撮影する。

(5) 3D映像の確認

撮影を行いながら実時間で3D効果の確認を行う。ここで得られた結果が好ましくない場合、(1)、(2)、(4)を繰り返す。なお、(3)は撮影現場が変更にならない限り繰り返す必要はない。

3.2 システムの設計と実装

3.1節で述べた流れを実現するためには、(1)3Dリグの製作、(2)3DリグのパラメータのMR空間への反映、

(3) 3D 映像規格の切り替え, (4) 高解像度での映像出力が必要となる。

(1) 3D リグの製作

本システムを運用するためには、輻輳角と基線長を操作可能な 3D リグが必須である。我々は、近距離から中距離を撮影するためのビームスプリッタ・リグ (Fig.3-a) と遠景を撮影するための平行リグ (Fig.3-b) を製作した。いずれも、輻輳角と基線長を手動で調節可能である。

(2) 3D リグのパラメータの MR 空間への反映

撮影された実背景と合成される CGI の 3D 効果を一致させるためには、3D リグ内の 2 つのカメラ位置姿勢を正しく推定する必要がある。

まず、RPM により世界座標系における左目用カメラの位置姿勢を求める。次に、Zhang の手法[4]を利用して、事前に推定しておいた変換行列 ($R_{L \rightarrow R}$: 回転行列, $T_{L \rightarrow R}$: 並進行列) により右目用カメラ座標系へと変換する (Fig.4)。尚、実際に[4]で得られるのはキャリブレーション用のチェッカーボードの座標系を中心とした左右のカメラの角度 (R_L, R_R) と位置 (T_L, T_R) となので、 $R_{L \rightarrow R}$ と $T_{L \rightarrow R}$ は以下の式より導出する。

$$R_{L \rightarrow R} = R_R R_L^{-1} \quad (1)$$

$$T_{L \rightarrow R} = T_R T_L^{-1} \quad (2)$$

このキャリブレーションは試行錯誤の上で何度も行われる作業であるため、撮影時間が短縮しないよう自動で素早く取り行われる必要がある。そこで、本システムでは、画面を画像中心で 4 つの象限に分け、各象限で指定枚数のチェッカーボードを自動で選別させることで、その推定精度が大きく低下することを防ぎ、作業のやり直しを可能な限り抑える。

(3) 3D 映像規格の切り替え

3D 映像規格は複数存在し、本システムの利便性を考慮した場合、その中のより多くの規格に対応することが望まれる。本システムでは、採用した 3D ディスプレイで再生可能なサイド・バイ・サイド、ライン・バイ・ライン、カラー・アナグリフの 3 種を採用する。

複数の 3D 映像規格の同時出力と MR 合成を同時に行うことは、処理時間の問題で困難である。そこで、本システムでは、左目用映像、右目用映像、先の 3 種類の 3D 映像規格の実時間での切り替えを可能にする。3D リグにより撮影された両眼分の画像は、以下の変換式に則ってそれぞれの 3D 映像規格へと変換される。尚、 idx は画像を 1 次元配列として格納した時のインデックス、 R と G と B は RGB 画像の各チャンネルのインデックスの集合、 C は idx の集合、 $Right$ と $Left$ は右目用画像と左目用画像、 $width$ は画像の幅を示すものとする。

$$SideBySide(C) = if \text{mod}\left(\frac{idx}{width/2}, 2\right)$$

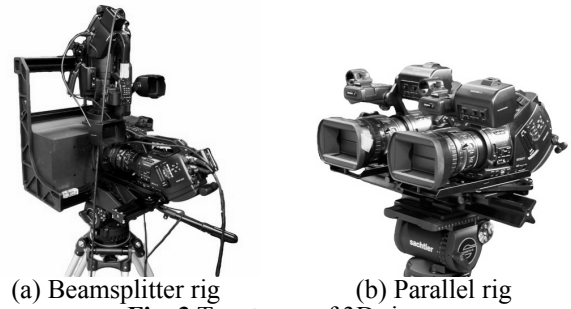


Fig. 3 Two types of 3D rigs

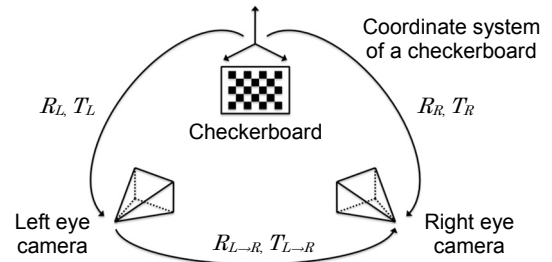


Fig. 4 Transformations

$$\text{then } Right[idx] \text{ else } Left[idx] \quad (3)$$

$$LineByLine(C) = if \text{mod}\left(\frac{idx}{width/2}, 4\right) < 2$$

$$\text{then } Left[idx] \text{ else } Right[idx] \quad (4)$$

$$ColorAnaglyph(C) = if C \in R, G$$

$$\text{then } Right[idx] \text{ else } Left[idx] \quad (5)$$

(4) 高解像度での出力

3D 映像は低解像度ではその 3D 効果を知覚し難い上、先に示した 3D 映像規格のうちサイド・バイ・サイドとライン・バイ・ラインは解像度が実質、1/4, 1/2 となるため、可能な限り高解像度での出力が望まれる。本システムでは 720/24p (1280 x 720, 24FPS) で出力する。

MR-PreViz と比較して、3D MR-PreViz では扱うフレームの解像度が高くなったこと、両眼用のフレームを扱うため各フレームの画像枚数が倍増したこと、両眼分のフレームを 3D 映像規格へ変換する必要があることから画像処理の高速化が望まれる。そこで、OpenCL を利用して GPGPU (General - purpose computing on graphics processing unit) により、上記の画像処理群を高速化する。

4. テスト運用と考察

4.1 テスト運用の手順

本システムが、撮影現場において 3D リグのセッティングを効果的に検証できるか、実際の撮影現場を想定したテスト運用を行う。運用手順は 3.1 節に示した通りである。

本システムのシステム構成と撮影環境をそれぞれ Table 1 と Table 2 に示す。

4.2 テスト運用の結果と考察

本システムにおいて、実時間 (約 24.4FPS) でインタラクティブに HD の MR-PreViz 映像を 3D で撮

Table 1 System structure of a workstation

OS	Windows 7 64bit
CPU	Xeon 5640 (2.66 GHz, 8 Cores) x 2
Memory	12GB
GPU	Quadro 4000
Cameras	Sony EX-3 x 2
Display	JVC GD-46D10

Table 2 Environment of pilot studies

Assumed environment	Indoor set
Camera setting A	Convergence: 3.0 degrees Interocular distance: 60mm
Camera setting B	Convergence: 0.0 degrees Interocular distance: 60mm



(a) Color anaglyph



(b) Side by side



(c) Line by line

Fig. 5 3D video formats**Fig. 6** A sequence shot by converged setting (camera setting A)**Fig. 7** A sequence shot by parallel setting (camera setting B)

影可能であった。また、**Fig.5** に示す通り実時間での 3D 映像規格の切り替えや、**Fig.6** と **Fig.7** に示す通り 3D リグの設定を変更しての撮影も可能であった。したがって、従来の MR-PreViz 同様のカメラワークの検討と、加えて 3D 効果の検討が可能であった。

3D リグの設定変更に必要なキャリブレーションは、チェッカーボード映像の収録、キャリブレーションを合わせて約 1 分で終了した。よって、3D 機能拡張が原因で起きる MR-PreViz の撮影に割かれる時間の減少はほぼない。

5. まとめ

本稿では複合現実感(MR)技術を利用した PreViz 撮影システムである MR-PreViz に対して、映画業界より強く求められていた 3D 立体視への拡張を実現するため、3D MR-PreViz システムの設計と開発を行った。本システムは、従来の MR-PreViz 映像を HD 画質で 3D 化することで、現場でのカメラワークと 3D 効果の検討を行うことができることがテスト運用にて示された。

今後は、MR-PreViz と同様に、実際の映像制作スタッフに利用してもらい、得られたフィードバックからの改良や、2 台のカメラのエピソード拘束による RPM の高精度化、3D リグの実時間でのキャリブレーション手法の考案と実装による作業時間の短縮と動的な 3D 効果の変更の実現が考えられる。

謝辞 本研究は、JST CREST 「映画制作を支援する複合現実型可視化技術」の支援による。

参考文献

- [1] 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 (2007.12)
- [2] 田村秀行, 一刈良介: 映画制作を支援する複合現実型可視化技術, 日本VR学会誌, Vol. 15, No. 2, pp. 32 - 36 (2010.6)
- [3] 一刈良介他: 映画制作を支援する複合現実型プレビジュアリゼーションとカメラワーク・オーサリング, 日本VR学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 343 - 354 (2007.9)
- [4] Z. Zhang: "Flexible camera calibration by viewing a plane from unknown orientations," Proc. 7th Int. Conf. on Computer Vision, pp. 666-673, 1999.