



# 隠消現実感技術を用いた映画制作支援システム ～概念設計と試作システムの運用～

李 金霞<sup>1)</sup>, 斉藤 純哉<sup>1)</sup>, 森 尚平<sup>1)</sup>, 柴田 史久<sup>1)</sup>, 木村 朝子<sup>1)</sup>, 田村 秀行<sup>2)</sup>

1) 立命館大学大学院 情報理工学研究科 2) 立命館大学 総合科学技術研究機構  
(〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

**概要:**我々は、映画制作のプリプロダクション段階で用いるプレビズに、複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術を併せた MR-PreViz の研究開発を推進してきた。本研究では、これに隠消現実感 (Diminished Reality; DR) 技術を追加実装することで、これまでの実背景への CG キャラクタの実時間合成だけでなく、実背景中の不要物体の隠蔽・消去を同時達成する。本論文では、DR 手法やハードウェアの選定、ワークフローといった技術検討、オープンセットで行った実地試験について報告する。

**キーワード:** 隠消現実感, 複合現実感, 事前可視化

## 1. はじめに

隠消現実感 (Diminished Reality; DR) は、現実世界に存在する物体を視覚的に隠蔽・消去する技術である[1]。現実世界と仮想世界を融合する複合現実感 (Mixed Reality; MR) とは概念的には逆であるが、方法論的には MR の発展形であるとも言える。

我々はこれまでに映画制作過程で本番撮影前に行う事前可視化 (Pre-Visualization; プレビズ) に MR 技術を応用した MR-PreViz システムの研究開発を行ってきた[2]。これは、屋内セットや屋外の実背景をバックに、人物像や CG キャラクタを実時間合成することで、監督やスタッフが効率的な撮影計画を立てるためのものである。本論文で提案する新システムでは、この MR-PreViz システムに DR 機能の追加という技術的拡張を施した。

これにより、実背景中の望ましくない物体を除去することができ、プレビズとしての価値が増すと考えられる。一方、DR 技術にとっては、映画制作への応用という具体的課題があることにより、要素技術の整備が進むと考えられる。以上のような観点から、映画制作支援に DR 技術を利用した DR-PreViz システム (図 1) を研究開発することにし、まずその基本的技術検討と概念設計を行った。また、システムの運用に向けて試作システムを実装し、映画撮影用オープンセットにて実地試験を行った。

## 2. MR-PreViz から DR-PreViz へ

### 2.1 MR-PreViz の意義

映画制作のプリプロダクション段階でのプレビズ技術

は、通常フル CG 映像で実現し、仮想空間に撮影対象を丸ごと取り込んでいる。事前にカメラアングルやカメラワークを試行錯誤できるので、本番撮影コストの削減にも役立つ。既にハリウッド映画の大作では日常的に利用されている。ただし、この CG にはあまりコストをかけないため、映像的にはリアリティに欠け、撮影現場とのイメージの差が生じることもある。

MR-PreViz では、本番撮影での背景をそのまま借景し、リアルタイムで事前に準備した CG データを合成することで、本番撮影前に写実性の高いプレビズ映像を作ることができる。また、撮影現場で実際にカメラを操作して合成を行うため、本番さながらの雰囲気を感じながらカメラワークを試せるカメラリハーサル機能も有している。プレビズ映像を見て、背景が不満足な場合には、映画セットを組み直したり、ロケ地の実世界を加工したりする等のセット・シミュレーション機能も併せ持つ。



図 1 DR-PreViz のコンセプト図

Jinxia LI, Jyunya SAITO, Shohei MORI, Fumihisa SHIBATA, Asako KIMURA, and Hideyuki TAMURA

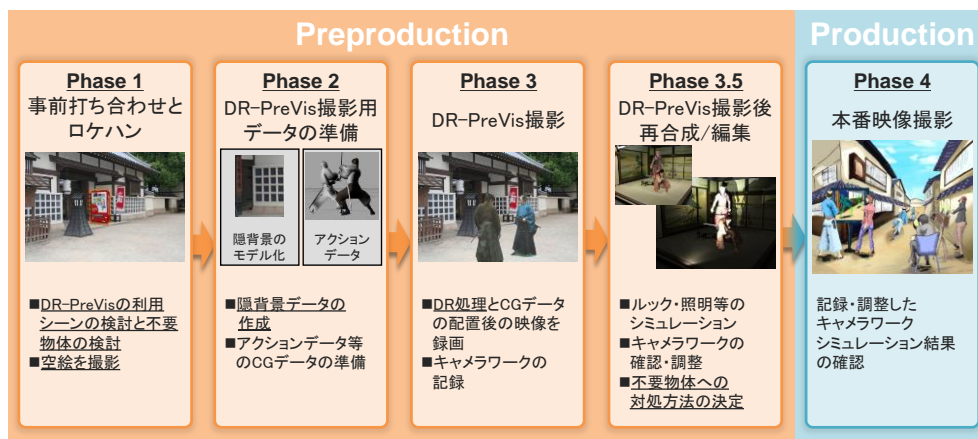


図2 DR-PreVis のワークフロー (MR-PreViz からの主な変更点に下線)

## 2.2 DR-PreVis システムへの発展

MR-PreViz では、実背景に登場人物のアクションや超常現象を描き加えることで、カメラワークに応じたプレビズ映像を実時間合成している。現実世界のリアリティを活用できるが、そこには手を加えず、CGを描き加えるだけであった。ここに現実世界の物体を隠すDR技術を導入できれば、さらに事前可視化機能は増し、映画撮影には好都合なことが多い。例えば、ロケ地で時代劇を撮影する場合、画面内に映ってしまう現代風の人工物（電柱、郵便ポスト、駐車車両、自動販売機等）を取り除いたプレビズ映像を、その場で生成できる。

現実世界の望ましくない物体を除去するために、MR-PreViz システムにDR機能を付加したものをDR-PreVisシステムと呼ぶことにした。既に具体的実装に着手しているが、以下はそれに先立つワークフロー設計の結果である。

## 3. DR-PreVis システムのワークフロー

DR-PreVis システム実現の第一歩として、既存のMR-PreViz のワークフローを、DR-PreVis 用に変更・追加する箇所を技術検討した(図2)。具体的なDR手法の説明は4章にて述べることとして、以下では、ワークフローにおける変更点に重点を置いて述べる。

### 3.1 Phase 1 : 事前打ち合わせとロケハン

DR-PreVis を用いて可視化するシーンを決定するため、ロケーションハンティング(ロケハン)を行う。ここでは、除去対象の存在しない光景(所謂、空絵)を複数枚撮影しておく。これにより、Phase 3 までの期間に設置されてしまう不要物体に対処する。また、図1の自動販売機や電柱の様に、この段階で除去対象物体が存在する場合、Phase 2 もしくはPhase 3 で対処する。

### 3.2 Phase 2 : DR-PreVis 撮影用データの準備

Phase 1 で撮影した空絵を基に隠背景データを作成する。隠背景データの形式は複数考えられ、テクスチャ付き3次元モデルやLight Fields等、後続のDR処理に依存して決定する。図1の様に、既に移動不可能な不要物体が存在する場合、画像修復技術等を用いて削除しておき、これを隠

背景データとして利用することも考えられる。また、MR-PreViz と同様に、CG キャラクターデータの作成やアクションデータの収録を行う。

### 3.3 Phase 3 : DR-PreVis 撮影

上記の準備を終え、DR-PreVis 映像を撮影する。ロケ地の光景がPhase 1 の時とは異なっている可能性があるため、この段階で必要なDR処理を選択し、不要物体を隠蔽・消去する。ことによっては、この段階で除去対象の背後に回り込むなどして空絵を撮影し、隠背景データを作成する場合もある。図3に示す通り、Phase 2 で作成した隠背景データが存在する領域とそれ以外とで、用いるDR手法を使い分ける。また、MR-PreViz と同様に、DR-PreVis 映像の録画・カメラワークの保存を行う。

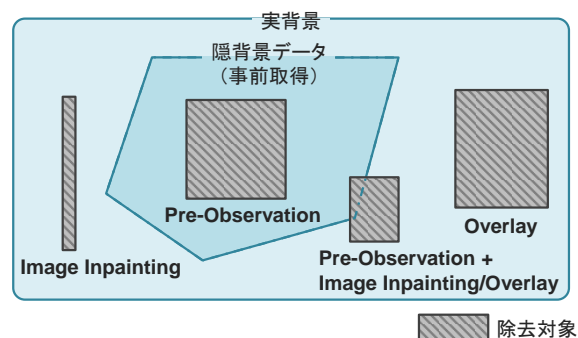


図3 DR手法選択の概念図

### 3.4 Phase 3.5 : DR-PreVis 撮影後の再合成/編集

DR-PreVis 映像を見ながら、光学的外観やカメラワークを確認した上に変更・調整を行い、監督の完成イメージに近づける。また、現実世界に存在する望ましくない物体を、本番撮影時にどう対処するかの方針を決定する。例えば、本番撮影時に小道具で不要物体を覆い隠す、ポストプロダクション段階でVFX加工するといった具合である。

## 4. DR-PreVis システムにおけるDR機能

用いることができるDR手法は、その時々条件により異なり、隠背景を捉える方法も状況によって異なる。こうしたDR手法の現状を踏まえ、DR-PreVis では、複数の

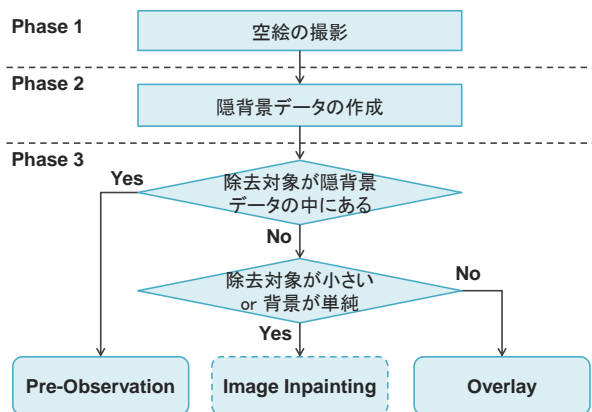


図4 DR手法選択のフロー図

DR手法の中から適切なものを選択させる方法を探る(図4)。具体的には、Pre-Observation, Image Inpainting, Overlayの3手法が利用可能である。

#### 4.1 Pre-Observation

隠背景を事前観測(Pre-Observation)した結果を基にして作成した隠背景データを用いて不要物体の除去を行う。例えば、複数の空絵からStructure from Motionを用いてテクスチャ付き3次元モデルやLight Fieldsとして隠背景データを用意する。本システムでは、実際の背景の情報を利用するこの手法が最も高精度に隠背景を再現できる、6自由度のカメラワークに利用できる、といった理由から他の2手法よりも優先度を高く設定している。

#### 4.2 Image Inpainting

隠背景を対象領域の周辺画素から推定し、除去対象領域に重畳することで、除去対象物体を隠蔽する。屋外での映画撮影では、除去したいが移動不可能な物体が写り込み、かつその隠背景を観測できない場合も多々ある。例えば、図1の自動販売機の場合、移動も隠背景観測もできないが、裏の壁面は周りと同じだと考えられるため、比較的簡単な画像修復(Image Inpainting)処理ができ、処理後の画像を隠背景データとして扱うことができる。

#### 4.3 Overlay

代替として用意した仮想物体によって除去対象を覆い隠す。隠背景データが作成不可能な上、背景が複雑すぎて画像修復がうまく機能しない場合、Pre-ObservationとImage Inpaintingのいずれの手法も妥当ではない場合がある。この場合、除去対象より1回り大きく、シーンに合うようなCGや画像をPhase2で用意しておくことで、不要物体を覆い隠す方法が考えられる。

### 5. 試作システムの実装と運用

映画撮影中のカメラワークは、カメラによる自由な動きもあり得るが、プレビズ目的では、事前に設定したカメラパスの上にパン・チルトを使う移動に限定して差し支えない場合が多い。そこで我々は、システム開発の第一段階として、カメラの動きはパン・チルトの2自由度に制限した試作システムを実装した。また、オープンセットにてこの運用を行った。



図5 DR-PreVis撮影風景

#### 5.1 機器構成

本システムは映画撮影現場での利用を想定しており、それに見合ったシステム構成が求められる。MR-PreVizシステムの開発経験[2]から、第1次試作は以下に示す構成とした。カメラにはSONY社製PMW-EX3を採用し、プログラムの実行にはHP社製Z840ワークステーション(表1)を用いている。両者はHD-SDIで接続し、HD画質の画像を実時間で送受信可能である。

表1 DR-PreVis用ワークステーションの構成

CPU	Intel Xeon E5-2637v3 3.5GHz
メモリ	32GB
GPU	NVIDIA Quadro K4200 4GB
ビデオキャプチャ	BlackMagic DeckLink 4K Extreme

DR-PreVis撮影は屋外での利用も想定されるため、可搬性に配慮し、ディスプレイ付き制震ラックにワークステーションを搭載する。また、カメラマンがプレビズ映像を確認しながら撮影できるように、撮影用カメラにHDMI接続のモニタリング用モニタを備え付ける。

#### 5.2 オープンセットでの実施

オープンセットにて、Pre-ObservationとImage Inpaintingの2つの手法を用いた実地試験を行った(図5)。撮影は、オープンセットである東映京都撮影所にてDR研究に従事する6名の学生で実施した。撮影シーンは時代劇を想定し、その設定にそぐわない現代風の人工物を除去することを目的とした。

Phase1を想定し、DR-PreVis撮影を行う一週間前に3名の学生でロケハンを行い、撮影場所と撮影シーンを決定した。その際、隠背景データ用の空絵を複数枚撮影した。実際にDR-PreVis撮影を行うPhase3では計4シーン18シーケンスを撮影した(表2)。撮影には、シーン間の移動時間10分、撮影機材やワークステーションの組み立て時間30分、撮影時間90分を含めて約130分かかった。本論文では、こうしたDR-PreVis撮影結果の内、代表的な1シーン(図6)での結果について説明する。

表2 DR-PreVis撮影シーンとシーケンス

Pre-Observation用	4シーン9シーケンス
Image Inpainting用	4シーン9シーケンス

**Pre-Observationの実施例:**オープンセット内のセットは、撮影要求に応じてその都度、組み換えや工事が行われる。シーン1の場合、ロケハン時にはなかった工事用の柵が、



図6 Pre-Observationの実施例(上段)とImage Inpaintingの実施例(下段)  
左から、現画像、MR-PreVizの結果、DR処理結果、DR-PreVizの結果



図7 Phase 3.5における光学的不整合へ対処  
(左から、現画像、隠背景データ、Phase 3でのDR処理結果、Phase 3.5でのDR処理結果)

DR-PreVis 撮影前に設置されていた。よって、この柵を除去対象とした。除去対象がロケハン時に撮影した空絵(隠背景データ)の範囲内にあったため、このシーンにはPre-Observationが適切だと判断し、DR処理を行った。

本試作システムでのカメラワークはパン・チルトに限定しているため、空絵と現画像との特徴点マッチングによるホモグラフィ推定を行い、空絵を現画像へ合成した。除去対象領域の指定は、現画像上でマウスを使って除去対象物体の周りをドラッグすることで指定し、そこに空絵を実時間合成した。こうして得られたDR処理結果に、アニメーションを付与したCGキャラクタを合成する。これらの結果を図6に示す。

**Image Inpaintingの実施例:** シーン2では、消火設備とマンホールを除去した。この場合、隠背景が観測できるほどの空間はないが、背景が単純であるためImage Inpaintingを利用した。Image Inpainting処理はKomodakisらの手法[3]に基づいて実装した(図6)。パン・チルト量の推定と除去対象領域の決定方法はPre-Observationの実施例と同様である。

### 5.3 考察

提案システムにより、望ましくない実物体を視覚的に除去・隠蔽することで、MR-PreVizの事前可視化機能を増加し、監督のイメージにより近いプレビズ映像が作成できることを確認した。

最も大きな問題として、ロケハン時とDR-PreVis撮影時の時間差や天候変化によって生じた照明の違いから光学的不整合が発生したことが挙げられる。図7の隠背景データは午後14時頃、晴れの状態で撮った空絵で、DR-PreVis撮影は午前11時頃、曇りの状態で行ったため、光学的不整合が目立っている。プレビズ映像では最終完成

映像ほどの完成度は求められないものの、プレビズ映像の品質向上を目指し、除去対象領域の周辺画素におけるRGB値を、隠背景データと現画像と比較することで除去対象領域内の色調補正処理を追加実装し、フェーズ3.5でこの光学的不整合に対処した(図7)。

## 6. むすび

隠消現実感技術を映画制作のプレビズに活用するDR-PreVisシステムを研究開発するに当たり、その意義、有用性を検討し、システムの概念設計を行った。そして、システムの実用化に向けて、試作システムを実装し、オープンセットで実地試験を行い、実験結果について考察を行った。今後は、カメラワークの自由度の向上、新たなDR手法の導入、利便性の向上等、問題を1つずつ解決して、徐々にシステムを拡張していく。

**謝辞** 本研究の一部は、科研費・基盤研究(S)「複合現実型情報空間の表現力基盤強化と体系化」と学振・特別研究員奨励費(課題番号25・9193)「複合現実空間の表現力向上のための2つのアプローチ」による。

### 参考文献

- [1] 森, 一刈, 柴田, 木村, 田村: “隠消現実感の技術的枠組みと諸問題”, 日本VR学会論文誌, Vol. 16, No. 2, pp. 239 - 250, 2011.
- [2] 田村, 一刈: “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.
- [3] N. Komodakis and G. Tziritas: “Image completion using efficient belief propagation via priority scheduling and dynamic pruning,” *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 16, No. 11, pp. 2649 - 2661, 2007