

## 仮想物体のキャストシャドウが表現可能なビジョンベース拡張現実感

Representation of Virtual Cast Shadow for Vision-based Augmented Reality

神原 誠之  
Masayuki Kanbara

横矢 直和  
Naokazu Yokoya

## 1. はじめに

計算機によって管理されコンピュータグラフィクス (CG) を用いて提示される仮想物体を現実環境に合成し、HMD(head mounted display) などの表示デバイスを用いてユーザに提示する技術は拡張現実感と呼ばれる。拡張現実環境を構築するためには、現実環境と仮想環境との間におけるいくつかの整合性問題を解決する必要がある [1]。一般に、現実環境と仮想環境間での幾何学的な位置合わせである幾何学的整合性と、現実環境と仮想環境での画質や陰影のずれの問題である光学的整合性が挙げられる。従来、前者を解決する手法の代表的なものに、形状が既知のマーカをカメラで撮影し、画像上でのマーカの位置により視点位置を求め位置合わせを行なう手法がある [2]。一方、後者を解決する手法には、現実環境に形状が既知の物体を配置し、それに移り込む映像を利用する手法 [3] や、その物体が現実環境に落す影を利用する研究 [4] が挙げられる。

また図 1 に示すような、現実環境と仮想環境の位置合わせを行なうためのマーカと、現実環境の照明環境を推定するための鏡面の球体を組み合わせたマーカを利用して、拡張現実感における幾何学・光学的整合性の双方の解決を試みた手法がある [5, 6]。しかし、これらの手法では、実時間で光源環境推定を行なうが、シーンの 3 次元形状を考慮していないため、仮想物体が現実環境に落す影 (キャストシャドウ) を正確に表現することは困難であった。

そこで本稿では、ビデオスルー拡張現実感において、動的に光源位置やシーン形状が変化する環境において位置合わせと同時に正確なキャストシャドウの表現が可能な手法を提案する。現実環境と仮想環境の幾何学的位置合わせ、および光源環境の推定には従来提案した 3 次元マーカを利用する。さらに、HMD に取り付けられたカメラで撮影されたステレオ画像から 3 次元シーンの形状を簡易的に推定することで正確なキャストシャドウの表現を試みる。

## 2. 動的環境におけるキャストシャドウの表現法

## 2.1 処理の概要

本稿で提案する手法の処理手順を図 2 に示す。まず、3 次元マーカを用いた手法 [5] により、現実環境と仮想環境の幾何学的位置合わせと実環境の光源環境の推定する。次に、HMD に取り付けられたカメラで撮影されたステレオ画像から 3 次元シーンの形状を簡易的に推定する。最後に、これらの推定結果を用いて、正しい位置に仮想物体を

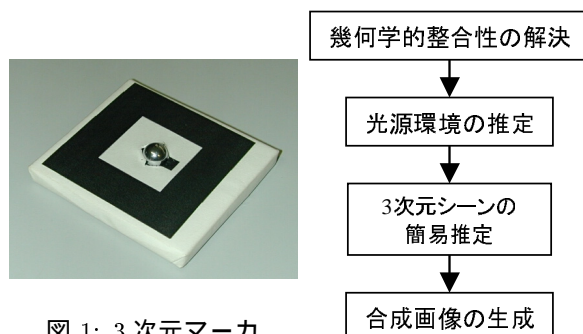


図 1: 3 次元マーカ

図 2: 処理手順

描画し、現実環境の 3 次元シーンを考慮したキャストシャドウを合成する。

## 2.2 幾何学的整合性の解決

既知である正方マーカの形状と色を利用して、画像上における正方マーカの位置を推定する [2]。具体的には、画像の 2 値化、セグメンテーション、特徴点の抽出処理を行ない、マーカとカメラの位置関係を推定する。

## 2.3 実環境における光源環境の推定

まず、正方マーカと球の位置関係が既知であるため、マーカとカメラの位置関係が推定できれば、画像上における球の撮影されている領域が抽出できる。抽出された領域内で輝度値の大きい画素に光源が映り込んでいると考えられるため、各画素の輝度値がその方向に存在する光源の強さであるとする。各画素の球面上における法線と視線方向から各画素に映り込んでる光源の方向を推定する。なお、現在のところ、光源の色は考慮しないため、画像における RGB の輝度値の平均を各光源の強さとして光源環境マップを作成する。

## 2.4 3 次元シーンの実時間推定

HMD に取り付けられたステレオカメラで撮影された、ステレオ画像からシーンの 3 次元形状を推定する。本稿では、密なシーン形状は必要ないため、入力画像を縮小した画像に対し、ステレオ法により奥行き情報を推定する。具体的には、左画像のある画素に対し、右画像のエピポーラ拘束を用いて候補とした画素に対してブロックマッチングを行なう。この際、評価尺度として SAD を用い、最もマッチングした相関値が高い点を対応点とする。その際、相関値が閾値より低い場合は、その点は信頼度が低いと考えその結果を利用しない。奥行き値が求まらない画素に関しては、画像のスキャンライン方向に線形補間する。

## 2.5 合成画像の生成

推定された現実環境と仮想環境の位置関係、光源位置情

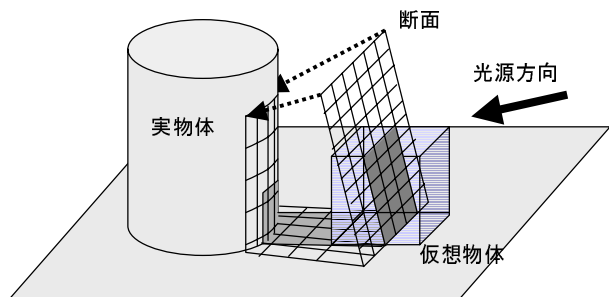


図 3: キャストシャドウの合成方法

報およびシーンの 3 次元形状を用いて、仮想物体を合成すると同時に、合成された仮想物体の正確なキャストシャドウを表現する。

まず、現実環境と仮想環境の位置関係情報を用いて仮想物体の描画する位置を決定する。次に、推定された光源位置情報を利用して、仮想物体の表面をレンダリングする。最後に仮想物体が現実環境に落ちるキャストシャドウを描画する。図 3 は、キャストシャドウの描画方法の概要を示した図である。まず、仮想物体の中心を通り光源方向と直交する面を断面と設定し、その面に仮想物体の形状を投影する。次に、断面を格子状に区切り、各格子点が光源方向に投影した際に、シーン中のどこに投影されるか計算する。格子点がシーン中に投影される 3 次元位置を用いて、格子内の領域をテクスチャマッピングすることで、断面に投影されているキャストシャドウの形状を描画する。

### 3. 予備実験

本稿では、ステレオビデオシースルー HMD を利用したビジョンベース拡張現実感システムのプロトタイプを構築し、予備実験を行なった。まず、ステレオビデオシースルー HMD(CANON:COASTAR) で撮影されたステレオ画像がデスクトップ PC(CPU 2GHz, メモリ 256MB) に入力される。予備実験では、仮想物体としてティーポットを合成した。また、簡単化のため光源は一点のみ、断面に投影される仮想物体の形状は円であるとした。図 4(a) に入力画像、同図 (b)(c) に、シーンの 3 次元形状を考慮しない場合と考慮した場合のキャストシャドウの合成結果をそれぞれ示す。図より、光源環境およびシーンの形状を考慮することで、より正確なキャストシャドウを表現できてい

ることが確認できる。画像更新レートは約 10 フレーム毎秒であった。

### 4. まとめ

本稿では、ステレオビデオシースルー拡張現実感において、光源と位置とシーンの 3 次元形状が動的に変化する環境において正確にキャストシャドウの表現が可能な手法を提案した。現実環境と仮想環境の幾何学的な位置合わせ、および光源環境の推定には従来提案した 3 次元マーカを利用した手法を用いた。さらに、推定した光源情報と本手法で推定した 3 次元シーンの情報を用いて、実時間で正確なキャストシャドウを表現した。

今後の課題として、本稿での実験では代表となる 1 光源を利用したが、より自然なキャストシャドウを表現するために、推定された光源すべてを用いてキャストシャドウを合成することが挙げられる。

謝辞 本研究の一部は、文部省・科研費補助金 (No. 13558035, 15700099) および科学技術振興事業団 (JST) の戦略的基礎研究推進事業 (CREST)「高度メディア社会の生活情報技術」プログラムの支援によるものである。

### 参考文献

- [1] M. Kanbara, T. Okuma, H. Takemura and N. Yokoya: "A Stereoscopic Video See-through Augmented Reality System Based on Real-time Vision-based Registration," Proc. IEEE Virtual Reality 2000, pp. 255-262, 2000.
- [2] H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto and K. Tachibana: "Virtual Object Manipulation on a Tabletop AR Environment," Proc. IEEE/ACM Int. Symp. on Augmented Reality, pp. 111-119, 2000.
- [3] P. Debevec: "Rendering Synthetic Objects into Real Scenes: Bridging Traditional and Image-based Graphics with Global Illumination and High Dynamic Range Photography," Proc. SIGGRAPH'98, pp. 189-198, 1998.
- [4] I. Sato, Y. Sato and K. Ikeuchi: "Illumination Distribution from Brightness in Shadows: Adaptive Estimation of Illumination Distribution with Unknown Reflectance Properties in Shadow Regions," Proc. ICCV'99, pp. 875-882, 1999.
- [5] M. Kanbara and N. Yokoya: "Geometric and Photometric Registration for Real-time Augmented Reality," Proc. ISMAR2002, pp. 279-280, 2002.
- [6] 石川, 南, 井村, 安室, 千原: "立体マーカを用いた実空間での調和的な仮想物体表現", 第 46 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, pp. 317-318, 2002.



(a) 入力画像

(b) 合成画像例

(c) 合成画像例

(マーカが平面上にあると仮定した場合) (シーン形状を考慮した場合)

図 4: 予備実験結果