

光源環境マップの実時間推定による光学的整合性を考慮したビジョンベース拡張現実感

Vision-based Geometric and Photometric Registration for Augmented Reality Estimating a Light Source Map

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ックス(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]。現実世界と仮想世界の幾何学的整合性の欠如は、ユーザに違和感を与える最も大きな要因であると考えられている。そのため、現実環境と仮想環境間での幾何学的整合性を解決する研究が多くなされている。代表的なものに、形状が既知のマークをカメラで撮影し、画像上でのマーク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、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を解決する試みがある。特に、照明条件の差に起因する現実物体と仮想物体の見え方のずれはユーザに大きな違和感を与える。そこで従来、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もの[3]や、その物体が現実環境に落す影を利用する研究[4]がなされている。これまでに、現実環境と仮想環境の位置合わせを行なうためのマークと、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クを利用して、拡張現実感における幾何学・光学的性合成の双方の解決を試みた手法がある[5]。しかし、この手法[5]では、単一光源を仮定して光源推定を行なっているため、一般的な環境に適用するのは困難であり、単一光源では仮想物体が現実環境に落す影を正確に表現することはできない。

本稿では、図1に示すように、現実環境と仮想環境の位置合わせを行なうための正方マークと、現実環境の照明環境を推定するための鏡面球を組み合わせたマークを利用して、拡張現実感における幾何学・光学的性合成の双方の解決を試みる。その際、鏡面の球に映り込んだ映像から光源環境マップを推定し、より現実に近い陰影表現の可能な拡張現実感の実現を試みる。

以降、2章では現実環境と仮想環境の画像合成手法について説明する。3章では、提案手法を用いたプロトタイプシステムの構築と画像合成実験について述べ、試作システムの特徴と現状での問題点について考察する。

2. 光学的整合性を考慮した拡張現実感

本章では、幾何学的整合性と光学的整合性の双方を考慮

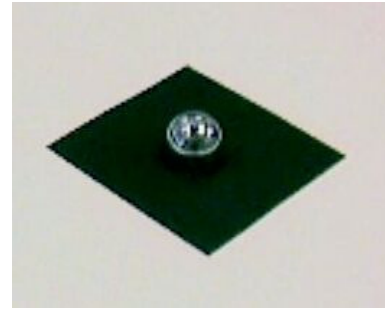


図 1: 正方マークと鏡面球を組み合わせた 3 次元マーク

した拡張現実感システムについて述べる。

2.1 システム概要

図2に、提案する拡張現実感システムの処理の概要を示す。まず現実環境に3次元マークを配置する。これは、幾何学的整合性を解決するための正方マークと現実環境の照明条件を考慮するための鏡面球体を組み合わせたものを利用する(図1参照)。このとき、正方マークと球の位置関係とそれぞれの大きさは既知であるとする。次に、カメラによって撮影された映像から正方マークの位置を抽出することで、現在のマークとカメラの位置関係を推定する。次に、既知である正方マークと球の位置関係から、画像上の球の領域を抽出する。その画像から映り込んだ照明環境を推定し、光源環境マップを作成する。最後に、推定されたマークとカメラの位置関係と光源マップを利用して、撮影された映像に仮想物体を合成する。

以下、幾何学的整合性と光学的整合性の解決手法について述べる。

2.2 幾何学的整合性の解決

既知である正方マークの形状と色を利用して、画像上における正方マークの位置を推定する[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、マークとカメラの位置関係を推定する。

2.3 光学的整合性の解決

まず、正方マークと球の位置関係が既知であるため、マーク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

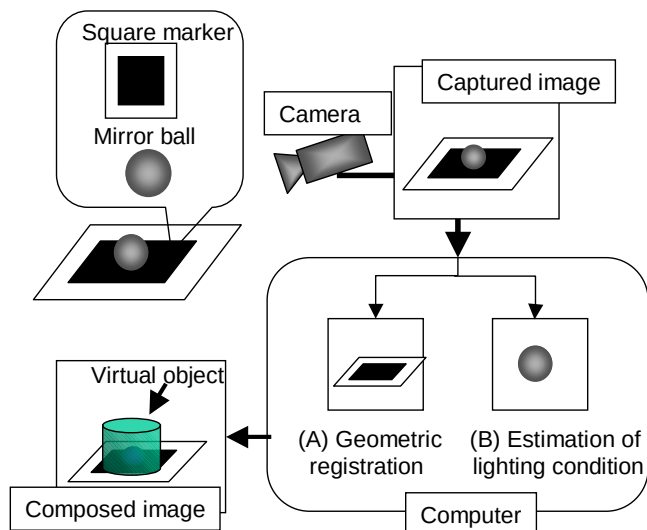


図 2: 幾何学的・光学的位置合わせの処理手順

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。

3. 実験

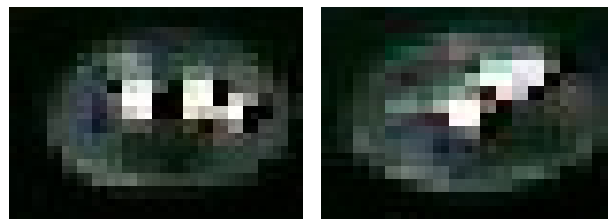
提案手法の有効性を示すため、拡張現実感システムのプロトタイプを構築し実験を行なった。3次元マーカーとして4cm×4cmの正方マーカーと直径1cmの鏡面球をその中央に組み合わせたものを利用した。カメラはIEEE1394カメラ (SONY: DFW-VL500) を、計算機にはデスクトップPC (CPU 2GHz, メモリ 256MB) を利用した。

図3に、実験結果を示す。(a)は切り出された球の領域、(b)は簡易光源マップである。図3(b)では、各方向からの光源の強さを球の大きさで表している。これらより、鏡面球に映り込んだ現実環境の光源環境を推定できていることが確認できる。

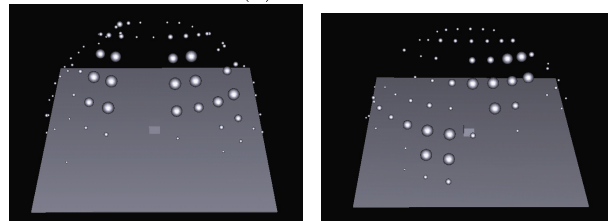
図3(c)は、机の上に置かれたコップの横に仮想物体のティーポットを合成した結果を示している。この時、現実環境に映る仮想物体の影は、推定されたすべての光源を用いて描画しているが、仮想物体のシェーディングはレンダリング処理を実時間で行なうために、最も明るい光源から8個を選択して処理を行なっている。実験より、現実環境に光源に応じた仮想物体の陰影が表現できていることが確認できる。画像更新レートは約15フレーム毎秒であった。

4. まとめ

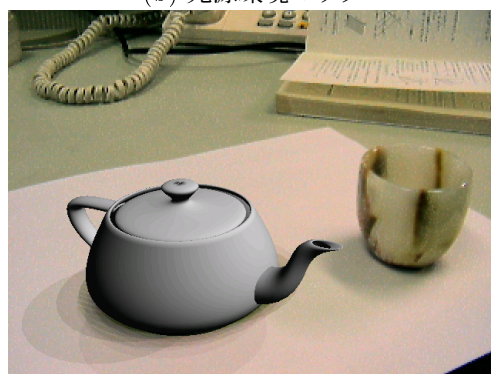
本稿では、正方マーカーと鏡面球を組み合わせた3次元マーカーを利用することで、幾何学的整合性と光学的整合性を解決した拡張現実感を提案した。幾何学的位置合わせは正方マーカーで行ない、同時に、鏡面の球から光源環境マップの簡易推定を行なった。試作システムによる実験により、光源環境マップの推定、陰影を考慮した合成画像の生成が実時間で行なえることが確認できた。今後の課題とし



(a) 鏡面領域



(b) 光源環境マップ



(c) 合成画像例

図 3: 実験結果

て、光源の色情報などを利用するなど、より正確な光源環境マップの推定が挙げられる。

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. Sympo. 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] 石川, 南, 井村, 安室, 千原: "立体マーカー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.