

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 20 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700125

研究課題名（和文）実環境と仮想物体の相互反射を考慮した拡張現実感の高階調プレゼンテーション

研究課題名（英文）High-quality Presentation of Augmented Reality with Inter-reflection between Real Environment and Virtual Objects

研究代表者

浦西 友樹 (URANISHI YUKI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：00533738

研究成果の概要（和文）：本研究では、拡張現実感環境における光学的整合性の向上、および高品質な映像を提示する投影手法の開発を目的とした。まず光学的整合性の向上については、床平面に置いた立体マーカの反射像から、床面の反射率および粗さを実時間で推定する手法を提案した。また、投影像の品質向上については、一枚の画像を要素画像に分離し、複数台のプロジェクタで重畳して投影する手法を提案した。応用例としてインテリアデザインシミュレータを試作し、本研究の有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：In this research, I proposed a method for improving a quality of presentation in Augmented Reality (AR) environment. Firstly, a method for rendering an inter-reflection between a real environment and virtual objects was proposed using a cubic marker. Secondly, a projection method was proposed using multi-projectors and elemental images corresponding to the projectors. An interior-simulator was implemented to demonstrate the effectiveness of the research.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：拡張現実感、高階調プレゼンテーション

1. 研究開始当初の背景

実環境に置かれたマーカなどを手掛かりに、環境を撮影した映像に仮想物体を実時間で重ね合わせることで、実環境に情報を付与する拡張現実感(Augmented Reality: AR)環境は、マーカなどの移動により仮想物体を簡単に動かせ、さらに配置する仮想物体を自由に変更できることから、家具の配置される様子をプレビューできるインテリアデザイ

ンシステムなどに応用されている。この AR 環境において、実環境と仮想物体を違和感なく重ね合わせるために、実環境と仮想物体の間の光学的整合性を保つことは重要である。とりわけ、インテリアデザインシステムのように、位置だけでなく色や照明などの光学的な情報も求められる用途においては、実環境と仮想物体が相互に影響することで生じる照明やその他環境の変化を、違和感なく表現

することが必要である。さらに、生成したAR環境を提示する部分においても、実環境の持つ臨場感を損なうことなく提示するために、明るい部分から暗い部分まで破綻することなく提示できるシステムが求められる。実環境と仮想物体の間に生じる影響を考慮するために、前述のインテリアデザインシステムにおける実環境の光源分布推定手法のほか、仮想物体による影の生成手法が提案されている。一方で、光沢のある床面へ物体が映り込む現象については、床面の材質や色、また表面の粗さに応じて、反射率や反射像の鮮明さが変化するため、これらを実環境から推定し、床面に映り込む仮想物体を表現する手法が必要となる。さらに、光沢のある床面にマーカを置いたときには、マーカ自体が床面に映り込む。映り込んだマーカは描画された仮想物体に重畳して見えるため、光学的不整合が生じる原因となることから、床面に映り込んだマーカを除去する必要がある。

また、従来のディスプレイ装置では、画像内の明るい部分から暗い部分まで表示するためには階調数が不足しており、これらは白飛びや黒潰れとして現れる。また、人間が一般に知覚できる最小輝度差である輝度弁別閾（Just Noticeable Difference: JND）より大きな輝度差をもつ部分においては、滑らかに階調を表現できない。ディスプレイ装置の表現能力を向上するために、バックライトにLED (Light Emitting Diode) アレイを用い、部分的にLEDの点灯および消灯を制御することで、ディスプレイ装置のコントラスト比、および表現可能な階調数を向上させる手法が提案されていた。しかしながらこの手法は、液晶パネルの大きさに応じたLEDアレイを用いる必要があり、大画面のディスプレイ装置を用いて多人数に提示する用途には適していなかった。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、大きく分けて次の三つとした。一つ目は、床面と仮想物体の相互反射を実時間で表現することである。二つ目は、多人数向けの高階調映像を提示することである。三つ目は、上の二つを統合し、高階調なAR環境を提示するシステムを実現することである。図1に本研究の概要を示す。

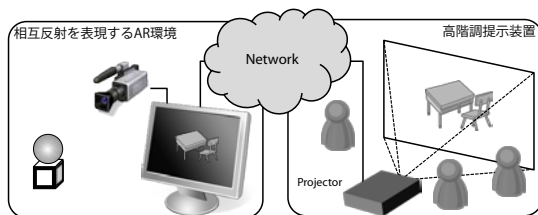


図1 本研究の概要

(2) まず、一つ目の目的を達成するために、床面の材質や色、および表面の粗さに応じて動的に反射像を変化させるために、光線の反射率や反射像のぼけ具合を実時間で推定する手法を導入した。また、床面に映り込んだマーカを除去する処理を加えることで、光学的整合性を向上させる。次に二つ目の目的を達成するために、本研究では、複数プロジェクタからそれぞれ別の要素画像を投影し、投影面において重畳することで、投影像の階調を増加させる手法を提案した。まず、提示すべきシーンを複数の要素画像に分割する手法について検討する。このとき、JNDに基づいて部分画像を生成することで、効率のよい階調数増加を目指す。さらに、提案手法を用いて高階調映像を提示するためには、複数の投影像を位置ずれなく重畳することが重要となる。この点を解決するために、投影像をカメラで撮影してフィードバックすることで、像の投影位置を校正する手法を提案した。最後に三つ目の目的を達成するために、システムの一例として、インテリアデザインのテレプレゼンテーションシステムを試作する。光学的整合性を向上させ、かつ高階調で提示するプレゼンテーションシステムの有効性について実験を行い、本研究により得られる効果を調べた。

3. 研究の方法

(1) まず、AR環境における相互反射の実時間表現において、とくに本研究では、光沢のある床面と仮想物体との相互作用に着目し、床面への仮想物体の映り込み表現手法を提案した。提案手法は大きく分けて、映り込んだマーカの除去、床面の反射率推定、および床面の粗さ推定から成る。このうちマーカ除去について、申請者はこれまでに、図2に示すような白黒のパターンで構成された立方体型マーカを用いると想定し、カメラ画像中で映り込んだマーカが存在する領域の明度を平滑化することで、映り込んだマーカを除去する手法を提案してきた。しかしながらこの手法は、対象が白黒パターンで構成されるマーカに限られる上に、床面のテクスチャが明度の変化により構成されている場合に除去結果が不自然になる問題があった。そこで本研究では、マーカが映り込んでいる周辺床面におけるテクスチャを解析し、映り込んだマーカにも類似のテクスチャが重畳していると仮定して、映り込んだマーカを除去する手法を提案した。さらに、映り込んだマーカの見え方から床面の反射率と粗さを推定する手法を導入し、床面に映り込む仮想物体の自然な表現することを目指した。

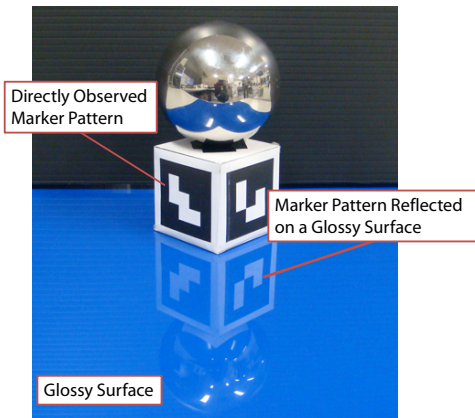


図 2 立体マーカの映り込み

(2) 次に、本研究で提案した複数投影像の重畳による高階調表示装置について述べる。本研究期間では 2 台のプロジェクタを用い、2 枚の投影像を重畳することを目指し、まずはプロジェクタに入力するための要素画像生成手法について研究を進めた。AR 環境においては、物体表面において鏡面反射によるハイライトが発生したり、また、薄暗い部屋で使用する場合もあるなど、提示像において白飛びや黒潰れの原因となる要素が多く存在する。実際に置かれた物体を直接見ているように、仮想物体をディスプレイ越しに見るためには、白飛びや黒潰れが起きることなく、かつグラデーションも滑らかに表現されることが望ましい。そこで本研究では、人間の JND に合わせて画像を量子化し、複数プロジェクタに要素画像を割り当てる手法を提案した。また、この提案手法を用いた投影について検証実験を行い、提案手法の有用性を評価した。図 3 に本研究による投影結果の一例を示す。



図 3 提案手法による投影の例

(3) 本研究では、提案手法の有効性を示す応用の一例として、光沢のある床面における実環境と仮想物体の相互反射や、光源が仮想物体に与える影響を考慮したインテリアデザインの結果をプレゼンテーションするシス

テムを試作し、実験を行った。実験では、AR 環境におけるインテリアデザインの様子を提示することで、従来のインテリアデザインシミュレータによる提示結果、および実際に家具を配置した場合と比較し、提案システムにより提示された映像がどの程度自然に見えるか、インテリアデザインにおいて有用であるか評価した。また、実環境の仮想物体への映り込みについては、GPU (Graphics Processing Unit) を用いた高速化を試み、実環境と仮想物体の時間的整合性についても向上させることを目指した。

4. 研究成果

(1) 本研究において提案した手法は、立体マーカを用いた拡張現実感環境において、床面に映り込んだマーカを観測することで、床面の反射率および粗さを実時間で推定するとともに、床面に映り込んだマーカを複数のカメラや事前に撮影した映像を用いることなく除去できる。提案手法を用いた実験より、提案手法を用いることで、床面の反射率や粗さを実時間で推定し、床面の種類に応じた描画が可能であることが示された。また、床面に映り込んだマーカを除去する処理を導入することで、半透明の仮想物体を重畳する際の光学的な不整合を解決することを試みた。また、実環境の仮想物体への映り込みに関しては、GPU を併用することで、3.64 倍の描画速度を実現し、ユーザにとって時間的にも違和感のより少ない映像を生成することが可能となった。また、高階調画像を投影する提案手法により、光学的に違和感の少なくなるように生成された拡張現実感映像を多くのユーザに同時に投影することが可能となった。図 4 に、本研究による拡張現実感の提示例を示す。



図 4 拡張現実感の提示 (その 1)

(2) 本研究については、研究期間中に得られた関連する成果について論文および学会発表を行い、反響を得た。また、本研究に関連する研究が国際会議1件に採録されることが決定している。さらに、本研究の一部をまとめた雑誌論文を1件、およびレター論文を1件投稿中であり、さらなる反響が期待される。

(3) 本研究で提案した実環境と拡張物体の映り込み表現手法は、拡張現実感環境において映り込みを実時間で表現できるという特徴をもち、拡張現実感における光学的整合性の向上に寄与するものである。とくに提案手法は、インテリアデザインシミュレータにおいて、仮想物体を用いて家具の位置を確認するのみならず、実際に家具を置いたときの光学的特徴を拡張現実感により再現できるなど、拡張現実感環境を用いたアプリケーションのさらなる利用の拡大に貢献することが期待される。また、高階調画像の投影手法を用いて拡張現実感映像を大人数に提示することにより、多くの人数でのミーティングでの高品質な拡張現実感映像の提示などが可能になると考えられる。

(4) 今後は、現状床平面に制限されている映り込みの相互反射表現について、より制限の緩和された環境において実現する手法の提案を検討している。また、高階調映像提示についても、投影機器による制約の中でより品質の高い映像を提示するため、人間の視覚特性を活かした高階調映像の提示手法や、機器設置時の手間をより低減できる校正手法に関する研究を行う事を検討している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① 井村誠孝, 浦西友樹, 池田聖, 眞鍋佳嗣, 大城理, 千原國宏, 平城京ウォークスルー-多様な環境に対応したバーチャル空間散策システム-, 芸術科学会論文誌, 10巻, 4号, 215-225, 2011, 査読有
- ② 浦西友樹, 今村昂司, 眞鍋佳嗣, 佐々木博史, 千原國宏, 重ね合わせ可能な半透明二次元カラーマーカ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 15巻, 2号, 125-134, 2010, 査読有

[学会発表] (計9件)

- ① Asahi Suzuki, Yoshitsugu Manabe, Noriko Yata and Yuki Uranishi, Overlayable and Rotation-free Transmissive Circular Color Marker for Augmented Reality, IS&T's 6th European Conference on Colour in Graphics, Imaging, Amsterdam, 2012.5,

the Netherlands, 採録確定

- ② 鈴木朝日, 眞鍋佳嗣, 矢田紀子, 浦西友樹, 拡張現実のための重ね合わせと自動回転可能な円形カラーマーカの提案, 2011年映像情報メディア学会冬季大会, 8-12, 2011.12.22, 東京
- ③ 小林正英, 眞鍋佳嗣, 矢田紀子, 浦西友樹, GPUを用いた複合現実感における映り込み表現の最適化, 2011年映像情報メディア学会冬季大会, 8-13, 2011.12.22, 東京
- ④ 三宅正夫, 眞鍋佳嗣, 浦西友樹, 池田聖, 千原國宏, 視覚障がい者支援のための衣類の色および模様提示システムの評価, 平成22年度日本色彩学会関西支部大会論文集, 20-21, 2011.2.19, 京都
- ⑤ 鈴木悠輝, 浦西友樹, 眞鍋佳嗣, 千原國宏, 透明物体に内包される不透明物体のシルエット形状補正, 電子情報通信学会技術研究報告, 267-271, 2011.1.21, 滋賀
- ⑥ 浦西友樹, 眞鍋佳嗣, 千原國宏, 実環境と仮想物体の相互反射を考慮したインテリアデザインシミュレータ, HCGシンポジウム2010論文集, 192-195, 2010.12.16, 宮崎
- ⑦ 三宅正夫, 眞鍋佳嗣, 浦西友樹, 池田聖, 千原國宏, 視覚障がい者支援のための衣類の色と模様の認識, 第4回色彩情報シンポジウム in 長野 論文集, 25-28, 2010.11.6, 長野
- ⑧ Sei Ikeda, Yuki Uranishi, Yoshitsugu Manabe and Kunihiro Chihara, FireVolleyball: Multi-player Interactive Game Providing a Sense of Touching Fire, Proceedings of the ACM Multimedia 2010.10.27, Firenze, Italy
- ⑨ 鈴木悠輝, 浦西友樹, 眞鍋佳嗣, 千原國宏, 不透明物体を内包する透明物体の形状計測のためのシルエット分離抽出, 第9回情報科学技術フォーラム 論文集, 183-184, 2010.9.8, 福岡

[その他]

ホームページアドレス

<http://imd.naist.jp/~uranishi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浦西 友樹 (URANISHI YUKI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 00533738