

視覚の環境適応性とアピランス認識に基づく表示再生技術の研究 (031403008)

Appearance-based reproduction by using the adaptive vision characteristic

三宅 洋一 千葉大学フロンティアメディカル工学研究センター

Yoichi Miyake, Research Center for Frontier Medical Engineering, Chiba University

津村 徳道[†] 中口 俊哉[†] 見持 圭一^{††} 塘中 哲也^{††} 山本 昇志^{††}Norimichi Tsumura[†] Toshiya Nakaguchi[†]Keiich Kenmotsu^{††} Tetsuya Tomonaka^{††} Shoji Yamamoto^{††}[†]千葉大学 工学部 情報画像工学科 ^{††}三菱重工業(株) 技術本部 先進技術センター[†]Graduate School of Science and Technology, Chiba University^{††}Advanced Technology R&D center, Mitsubishi Heavy industries, LTD

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

高速ネットワーク環境の整備、PC の普及、多様なデジタル画像デバイスの開発により、ネットワークショッピング、電子美術館、遠隔医療、デジタルアーカイブなど様々な新しいビジネスが構想され具体化されつつある。そこで、デバイスに独立した色再現、いわゆるカラーマネージメントに関する多くの研究が行われ、標準化の試みもなされている。しかしながら、上述のような高精細カラー画像記録再現が必要な分野では、特に質感やテクスチャなどの高度な画像再現が要求されている。本研究では、視覚の特性を考慮し、従来とは異なる投影系画像システム（以下 プロジェクタ）を用いた高精細画像再現システムの構築を行うことを目的とした。すなわち、プロジェクタを用いることにより、いわゆる見えのモードを実物体と同様に表示することで質感など、より高度な画像再現を行うことが可能になり、精度の高い印刷物色管理システムやデジタルモックアップによるデザイン支援システムが実現できる。また、内視鏡画像の腹部への投影による新しい腹腔鏡手術システムへも本研究の成果が応用可能である。本研究を通して質感画像再現手法に基づく次世代情報表示技術の基礎が確立できた。

Abstract

PC, high speed network and various kinds of digital imaging systems have been developed and widely used in the fields of network shopping, electronic museum, telemedicine and digital archives. However, more accurate image reproduction under the consideration of appearance, texture, gloss of the objects is required in the construction of information system in the next generation. In our research project for these purposes, we have developed high accurate image reproduction system by using a projection image based on the human visual characteristics, particularly human visual mode and eye movement, instead of conventional color management systems. Developed system was significantly applied to the color correction of printing, design support of digital mock-up and new medical surgery used electronic endoscopes.

1. まえがき

我々の質感再現は“ラピッドプロトタイプング”思想に基づき、もの作り産業で時間や感性を必要とする印刷、デザイン、最終仕上げ産業での製造シミュレーションを狙いとする。具体的には印刷産業でのデジタルカラープルーフ（2次元）や、デザインや試作に関わるデジタルモックアップ（3次元）への展開を行う。いずれも熟練技術者が最終的に商品の良し悪しを判断する、品質に厳しい産業での利用である。具現化のために、我々は図1に示すように、コンピュータとプロジェクタを用いる簡易な構成で質感再現のプロセスを設計した。質感再現は高速通信を用いることで遠隔地間の情報伝達として最も効果を発揮できるが、本研究では質感再現精度を証明するために、実物体の隣に設置された模擬物体上に、実物体と同様の質感再現を行う。

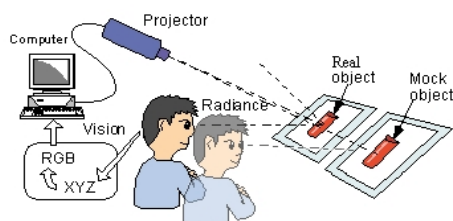


Fig.1 Schematic illustration of the appearance-based display system

2. 研究内容及び成果

投影型ディスプレイを用いた質感再現として、テクスチャや光沢情報の正確な再現技術、実物体との複合現実感を考慮した輝度制御、及び視線追従のリアルタイム光沢感生成技術に取り組んだ。最終的に正確な質感を観察者の視線位置に合わせてインタラクティブに再現させることで、有効性を実証している。

2.1 テクスチャ色情報の正確な再現技術

視覚情報として重要な色・テクスチャ情報を正確に再現できるプロジェクタの輝度制御手法を開発した。更に、実物体の色・テクスチャをカメラで撮影し、重ねあわせ後の色を推定して制御できる手法を確立した。推定・制御は非線形補間、フレア補正、マルチスペクトラル計算で正確且つ簡易に実現でき、印刷の調色支援としても有効である。

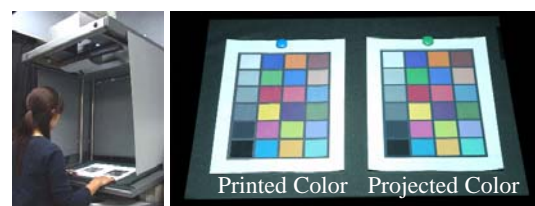


Fig.2 Color matching techniques

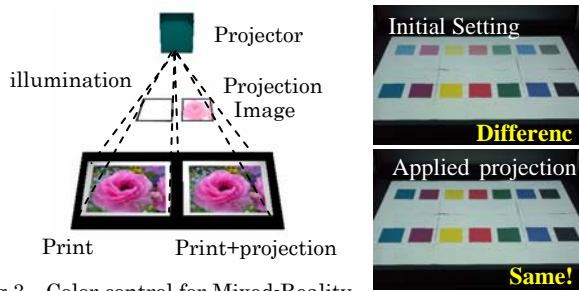


Fig.3 Color control for Mixed-Reality

2.2 光沢再現技術

物体反射モデルにより質感表現として重要な光沢感を正確に再現した。更に観察者の視線位置で変化する光沢感をRay-Tracing手法で推定し、逆光線追跡を行うことにより、実物体で生じる光沢感を別の素材である模擬物体上に再現可能とした。また、より複雑な光沢反射を示す物体にはBTF (Bi-directional Texture Function) 手法を適用し、粒状光沢や凹凸形状を持つ複雑な物体にも対応できる再現手法を確立した。

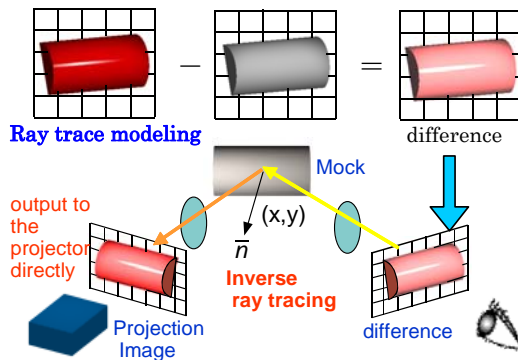


Fig.4 Reproducing method with ray-tracing techniques

2.3 インターアクションが可能な次世代ディスプレイ

上記再現手法を用いて、人間とのインターアクションが可能な質感再現ディスプレイを実現した。実物体に発生するテクスチャや光沢情報を正確に模擬物体上に再現する。更に人間の視線移動に対して再現画像をリアルタイムに変化させ、質感の変化をインタラクティブに制御した。視線移動位置は観察者頭部に設置された磁気センサで取得され、質感画像を生成するコンピュータに転送される。コンピュータでは質感再現のためのテクスチャレンダリングとRay Tracing光沢計算が実行される。リアルタイム性を重視するために、計算はGPU (Graphic Processing Unit) でパイプライン高速処理され、プロジェクタの画像を1/30フレームで生成可能とした。

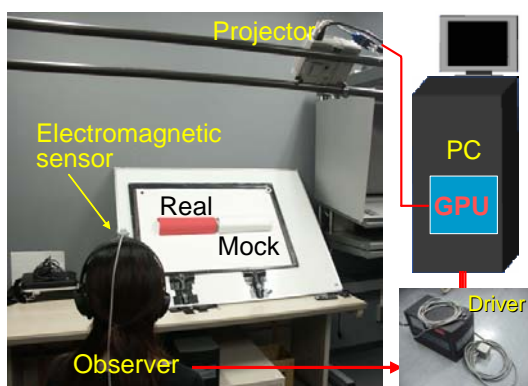


Fig.5 Experimental system using 3D tracking system

本システムは物体の品質を決定する質感を正確に再現できるだけでなく、人間の動きや指示に従い、自由に制御可能である。また、遠隔地間でネットワーク接続された本システムを利用することで双方向制御も可能であり、デジタルモックアップを用いた製造支援ディスプレイシステムとしても適用が期待できる。

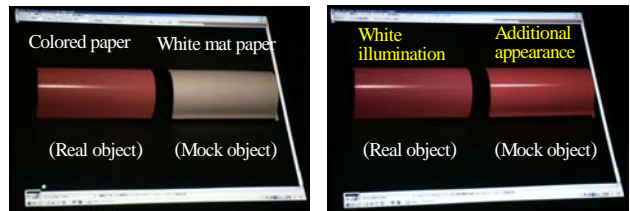


Fig.6 Experimental results of the appearance display system with head tracing

3. むすび

我々は物体の質感を高精度で再現するために、投影型プロジェクタを用いた質感再現システムを構築した。反射光強度の一致については拡散反射成分である色テクスチャと、正反射成分である光沢や粒状感についてそれぞれ検討した。拡散反射成分の質感再現ではプロジェクタ輝度の制御を、PCA-Spline手法などを用いて行い、マルチスペクトル計測を応用した簡易な制御手法を開発した。実物体の色テクスチャ情報を取得して、仮想的に制御できる複合現実感への展開が期待できる。一方、正反射成分については光線追跡を用いた再現アルゴリズムを構築し、更に視点追従の光沢画像生成を実現した。光沢画像再現を観察者の視点移動に合わせてリアルタイムに質感再現が可能になり、インタラクティブな次世代のヒューマンインターフェイスとして有効活用可能である。

【誌上发表リスト】

- [1] 山本昇志、鶴瀬麻依子、植田久美子、津村徳道、中口俊哉、三宅洋一、"DLP プロジェクタ照明下における物体の質感表現"、日本写真学会誌、68 巻 6 号、pp.510-517、(2005.12) .
- [2] S.Yamamoto, M.Tsuruse, K.Takase, N. Tsumura, T.Nakaguchi and Y.Miyake, "Real-Time Control of Appearance on the Object by using High Luminance PC Projector and Graphics Hardware," The 13th Color Imaging Conference, (CIC13), Scottsdale, USA, Nov, 2005.
- [3] 山本、鶴瀬、植田、中口、津村、三宅："投影型高輝度プロジェクタによる質感表現技術"、光学 4 学会共催カラーフォーラム Japan2004、pp28-29、(東京：日本) (2004.11.18)

【申請特許リスト】

- [1] 山本、塘中、見持、中口、津村、三宅、(名称)：質感再現方法およびその装置、(日本、2004年11月)
- [2] 山本、塘中、(名称)：投影指示しによる座標取得方法 (日本、2005年2月)

【受賞リスト】

- [1] 山本、鶴瀬、植田、中口、津村、三宅、カラーフォーラムベストプレゼンテーション賞、“投影型高輝度プロジェクタによる質感表現技術”、2004.11.18
- [2] 山本、鶴瀬、植田、中口、津村、三宅、日本写真学会論文賞、“DLP プロジェクタ照明下における物体の質感制御”、2006.06.2

【ホームページによる情報提供】

http://www.mi.tj.chiba-u.jp/~yamamoto/VCP_j.htm