

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700146

研究課題名(和文) プロジェクタカメラ系を用いた印刷媒体での立体情報および動画表示

研究課題名(英文) A Display Technique for Three Dimensional Information and Animation on the Printed Media with Projector Camera Feedback

研究代表者

天野 敏之 (AMANO, Toshiyuki)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：60324472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：雑誌や新聞、パンフレットなどの印刷媒体は書き換えることはできないため、ディスプレイのように動画や立体情報を表示することは不可能であった。本研究では、プロジェクタとカメラから構成されるプロジェクション型拡張現実感技術により、動きや立体情報の表示を可能とする新たな印刷媒体の創造を試みた。具体的には表示コンテンツの立体情報や動き情報を符号化してカラー印刷で印刷物に埋め込む。そしてカメラで撮影された印刷物の画像から復元されたこれらの情報に基づきプロジェクタから光投影することで印刷物の見かけを操作し立体情報やアニメーションを提示する技術を実現した。

研究成果の概要(英文)：Since the contents of the printed media such as newspaper and magazine is not rewritable, the display of 3D information or animation by these printed media was impossible. This research aimed to develop a novel printed media that enables the display of three dimensional information and motion by a projection augmented reality technique that consisted of projector and camera. Specifically, the motion or the three dimensional information of the display contents is embedded by special color coding in the printed media. Then, an appearance manipulation of printed media by the projected light based on the embedded information that decoded from the captured image to display these information was realized.

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：バーチャルリアリティ 拡張現実感 プロジェクタカメラシステム

1. 研究開始当初の背景

プロジェクション型 AR は実環境への付加情報の提示のみならず、補正光投影により現実世界の見かけを操作することを可能にする拡張現実感技術であり、研究代表者はこのようなプロジェクション型 AR においてプロジェクタとカメラを用いたフィードバック系を用いることで現実の見かけを動的に操作する見かけの制御を実現した。この見かけの制御を用いれば印刷媒体の見かけを光学的に操作することができ、これによって印刷物で表示できない動き情報や立体情報なども提示可能となることが予想され本研究を実施するに至った。

2. 研究の目的

印刷物は平面であり印刷内容は変化しないということは、紙の誕生以来当然のこととして人々に認識されてきた。本研究では研究代表者が実現した動的な見かけの制御技術を応用することで印刷物の内容は変化しないという常識を覆し、形状情報や動画の表示を実現させることを研究の目的とした。

具体的には、見かけの制御を用いた印刷倍定常での立体情報の表示を実現するために、
 I-1 カラー印刷された法線マップから画像計測により法線情報を正しく読み取る方法。
 I-2 見かけの制御を用いた立体知覚のために効果的な陰影制御方法。
 また動き情報の表示を実現するために、
 II-1 カラー印刷により多重化されたシーケンスを取得画像から分離する方法。
 II-2 より多くのアニメーションフレームを色情報による符号化で多重化する方法。
 について明らかにすることを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 印刷媒体での立体情報の表示

図1に印刷媒体上での立体表示の概念図を示す。この立体表示技術の実現には以下に述べる二つの課題がある。

一つは、カラー印刷で表現された法線マップを画像計測で正しく読み取る手法の確立である。カメラで取得される画像では AGC やガンマ特性により物体表面の相対的な明るさが取得される。また、プリンタで表現される色域とカメラで取得可能な色域は異なるため、法線方向を正しく解釈することは容易ではない。この問題を解決する方法として、CG で一般的に使用されている法線マップ画像をそのまま使うのではなく、いくつかの基準値となる色を法線マップに埋め込むことで、取得画像のみから値の補償を行う仕組みを検討する。

もう一つは、利用者に現実感の高い立体知覚をもたらすためには、どのように陰影を変化させるかということである。現時点では、印刷媒体の傾き変化や回転に対して陰影を変化させる方法を想定している。このために、

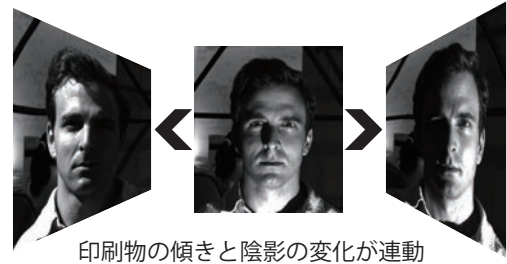
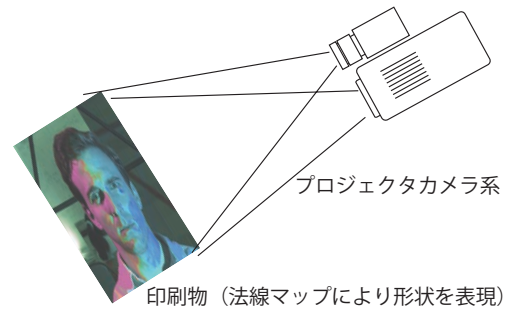


図1 印刷媒体上での立体情報表示

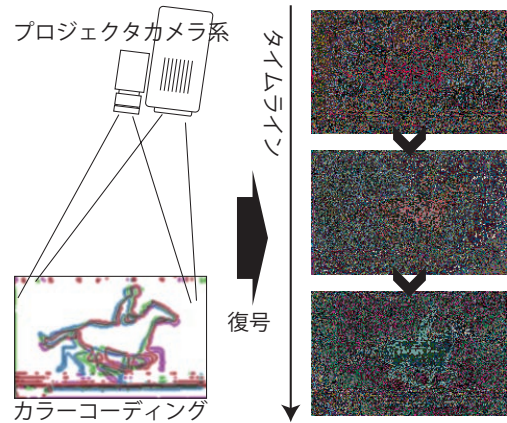


図2 印刷媒体上での動き情報表示

印刷媒体のヨー、ピッチ、ロールの姿勢角度を取得する必要がある。

姿勢を取得する方法としては、ステレオカメラを用いた形状計測を導入する。しかし、印刷媒体を傾けると、プロジェクタとカメラの画素対応が変化するため、フィードバック制御が破綻するという問題がある。この問題を解決する方法としては、形状情報を用いた画素対応の逐次修正を導入することを考えており、この際にもステレオ画像計測による形状計測を利用する。

(2) 印刷媒体での動き情報の表示

動き表示は、図2に示すようにアニメーションのフレームシーケンスを色で符号化してカラー印刷によって一枚の紙媒体のアニメーションを埋め込む。情報を埋め込んだ紙媒体はプロジェクタカメラシステムのカメラで撮影された画像より復号され、プロジェクタからの投影画像により時間とともに異なるフレームのみを強調提示する。これにより印刷媒体上で動き情報の提示を行う。この際、より長いフレーム数の表示を実現するた

めには、精度の高いアニメーションシーケンスの分離手法と効率良いコーディング方法の確立が実現の鍵となる。

アニメーションシーケンスを分離では、取得された画像から色彩により任意のフレームを抽出することを行う必要があるが、技術的に困難な点は、画像取得時には見かけを制御するためにプロジェクタから光が投影されていることである。

研究代表者がこれまでに実現した動的な見かけの制御技術では、プロジェクタからの棟影響に影響されない白色照明下での見かけの推定を実現しているが、より多くのフレームを分離するためには、より正しく色彩を再現する必要がある。そこで、本研究ではまず高階調分解能の高いカメラを導入し、さらに見かけの制御技術の高精度化を試みる。これらにより高精度な色彩推定ができれば、多重化できるフレーム数を増やすことが可能となる。

さらに、本研究ではなめらかなアニメーションの提示を実現するために効率のよい符号化法についても検討する予定であるが、まずは各画素における時間軸方向の明度変化を2階調で表現して数値化し、その数値に対して色彩を割り当てる符号化の実装を行う。

4. 研究成果

(1) 平成 23 年度の研究成果

研究目的 I-1 について法線マップ画像を HSV 色空間により表現することで、画像明度に対して不変な法線情報の伝達方法を実現した。また、研究目的 I-2 についてプリンタとカメラの色空間の相違の整合については彩度範囲を制限することで線形変換により対応する方法 (Shading Illusion) を確立した。これに付け加え、印刷媒体上での立体情報および動き情報の提示の基礎となる見かけの制御技術と、見かけの制御において撮像素子のベイヤー配列を考慮した制御範囲の改善方法について研究成果をまとめ、電子情報通信学会論文誌とバーチャルリアリティ学会論文誌に投稿し掲載された。

(2) 平成 24 年度の研究成果

研究目的 II-1 として掲げたカラー印刷で多重化されたシーケンスを分離する方法について検討した。具体的には、多くのフレームの多重化が可能な方法を考案し、デジタル画像の色空間と撮像装置の色空間を整合させて撮像画像から印刷された画像の色彩を復元する問題について取り組んだ。

前年度に実現した符号化印刷とプロジェクタカメラ系を用いた陰影アニメーションによる立体提示法 (Shading Illusion) の研究成果について国内発表のほか CVPR2012 にて共同開催された国際ワークショップ PROCAMS2012 にて発表し、Honorable mention を受賞した。さらに、Shading Illusion について被験者実験を行いその有効性を評価し、電子情報通信学会論文誌に投稿し、査読を経

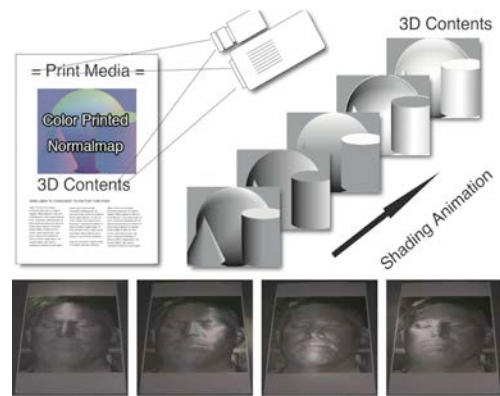


図 3 Shading Illusion



図 4 イノベーション・ジャパン

て採択が決定した。

(3) 平成 25 年度の研究成果

前年度に検討を行った研究目的 II-1 に加え、研究目的 II-2 として掲げたより多くのフレームの多重化が可能な方法について検討を行いシミュレーションにより提案手法を検証した。その結果、デジタル画像の色空間と撮像装置の色空間を整合させて撮像画像から印刷された画像の正しい色彩を復元する問題は、プリンタの色空間に強い非線形性があることから、環境照明の強度変化を考慮すると容易でないことが明らかになった。

そこで、平成 25 年度には、実機への実装を行うとともにこの問題の解決に注力し、解決方法を見出した。この成果は研究期間内に発表することはできなかったが、結果がまとまり次第学術論文誌へ投稿する予定である。この他の研究成果については国際会議や国内の学会大会での発表した。さらに研究計画で研究成果を社会・国民に広める方法として計画していたイベントや展示会での展示として、8月29日から30日にかけて開催された、JST、NEDO 主催のイノベーション・ジャパン-大学見本市への出展も行った。

展示会では、大型展示ブースでの展示 (情報通信部門 58 件中 2 件) に選ばれ、さらに JST サイエンスチャンネル (Youtube) や Diginfo.tv などから取材頂いた (図 4)。これによって研究開発に携わる専門家だけでなく、学会に所属していない方々に対しても研究成果を見ていただくことができ、研究成果を社会・国民へ広く発信することができた。

(4) 研究成果の位置づけとインパクト

本研究で実現した技術はカラー印刷で紙媒体に情報を埋め込むため、書店での販売、イベント会場や新聞折り込み広告による配布など、既存の流通インフラを利用することができる。また、新たな印刷機材も必要としないため安価である。競合する技術として携帯電子端末が考えられるが、提案技術はインターネットなどを用いたポップ型の情報受信は必要なく、高度な情報リテラシを必要としない。従って、本研究の成果は社会的に広く受け入れられることが期待でき、研究成果の社会的意義は大きいものと考えている。

今後は Shading Illusion の実用化に向けて安価な構成でのプロジェクタカメラ系の実現や使いやすさの向上を目標とした研究を行う予定である。

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 4 件)

- ① 天野 敏之, プロジェクタカメラ系による印刷媒体での新たな立体提示, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, no. 8, pp. 1865-1873, 2013. 8.
- ② 天野 敏之, プロジェクタカメラシステムへの誘い, 電子情報通信学会誌, Vol. 96, no. 6, 435-440, 2013. 6.
- ③ 天野 敏之, プロジェクタカメラフィードバックのためのアンチベイヤ投影法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 4, 653-662, 2011. 12.
- ④ 天野 敏之, 加藤博一, モデル予測制御を用いたプロジェクタカメラ系による見かけの制御, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J94-D, No. 8, 1368-1375, 2011. 8.

[学会発表] (計 10 件)

- ① 笠谷 昇平, 天野 敏之ほか, ピクセルマップ更新による動的な投影ずれ補償, 情報処理学会 CVIM 研究会, Mar. 4-5, 2014, 東京.
- ② 川口 敬宏, 天野 敏之ほか, モバイルプロジェクタカメラ系のためのオンライン光学補償, 情報処理学会 CVIM 研究会, Mar. 4-5, 2014, 東京.
- ③ 天野 敏之, プロジェクタカメラ系による実世界の見かけ操作, 日本バーチャルリアリティ学会第 18 回大会, Oct. 18-20, 2013, 大阪. (招待講演)
- ④ 天野 敏之, 光投影による物体の実時間質感操作, 日本バーチャルリアリティ学会第 18 回大会, Oct. 18-20, 2013, 大阪.
- ⑤ T. Amano, Projection Based Real-time Material Appearance Manipulation, CCD 2013 Workshop on CVPR2013, June 28, 2013, Portland, OR, USA.
- ⑥ 天野 敏之, Shading Illusion: プロジェ

クタカメラ系による陰影制御 - 印刷媒体での新しい立体表現-, 画像の認識・理解シンポジウム 2012, Aug. 6-8, 2012, 福岡.

- ⑦ T. Amano, Shading Illusion: A Novel Way for 3-D Representation on the Paper Media, Procams 2012 Workshop on CVPR2012, June 17, 2012, Providence, RI, USA.
- ⑧ 天野 敏之ほか, プロジェクタカメラフィードバックを用いた質感制御, 画像センシングシンポジウム SSI2012, June 7-8, 2012, 横浜.
- ⑨ 天野敏之ほか, プロジェクタカメラ系による照明制御を用いた物体認識, 画像の認識・理解シンポジウム 2011, Jul. 20-22, 2011, 金沢.
- ⑩ T. Amano, K. Osamura et al, Controlled Illumination for the Object Recognition with Projector Camera Feedback, IAPR Conf. MVA2011, June 13-15, 2011, Nara.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

表彰・受賞

Honorable mention, 9th IEEE International Workshop on Projector Camera Systems (PROCAMS2012), June 17, 2012.

ホームページ等

Shading Illusion: 印刷媒体での新しい 3D の表現方法
<http://sar.sys.wakayama-u.ac.jp/research/sar.html>

外部報道機関による報道

[JST サイエンスチャンネル(Youtube)]
<https://www.youtube.com/watch?v=HHB2VX58wqA>
[Diginfo.tv]
<http://jp.diginfo.tv/v/13-0066-r-jp.php>

展示会およびデモンストレーション

天野敏之, プロジェクタカメラ系を用いた現実世界の“見かけ”操作, イノベーション・ジャパン 2013 ~大学見本市&ビジネスマッチング~, JST, NEDO 主催, Aug. 29-30, 2013, 東京ビッグサイト.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 敏之 (AMANO, Toshiyuki)
和歌山大学・システム工学部・准教授
研究者番号: 60324472