

機関番号：11501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700137

研究課題名（和文） 拡張現実感を用いた物体の見えの制御に関する研究

研究課題名（英文） A Study on the Appearance Control using Augmented Reality

研究代表者

天野 敏之（AMANO TOSHIYUKI）

山形大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：60324472

研究成果の概要（和文）：

本研究では、プロジェクタ・カメラ同軸光学系を試作し、立体物に対する見えの制御方法を確立した。2009年にはバウハウス大学(ドイツ)に赴き、プロジェクタ・カメラシステムを用いた拡張現実感技術において世界的に有名なProf. Oliver Bimberにアドバイスを頂き、彩度やコントラストの強調のみならず任意の見かけの制御を行う方法論を確立した。さらに、提案手法の応用として、二色性色覚のためのカラーマネジメント技術と弱視のための見かけの強調技術を確立した。また、見かけの制御技術の光学顕微鏡への応用も試みた。

研究成果の概要（英文）：

In this research project, a prototype of the co-linear projector camera system has been made and an appearance control technique for the solid object was established. In 2009, I visited to Bauhaus University Weimar and established arbitrary appearance control technique with the support from Prof. Oliver Bimber. As an application of this technique, I examined capability for visual impaired, such as color management for Dichromatic vision and visual enhancement for low vision. Additionally, I tried to apply appearance control for the light microscope as well.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：拡張現実感，コンピュータビジョン，パターン認識

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：見かけの制御，画像処理，プロジェクタ・カメラシステム

### 1. 研究開始当初の背景

プロジェクタとカメラを用いた拡張現実感技術は、光学的に実世界に直接働きかけることができる新しい表現、情報提示技術として、航空宇宙、医療、ITS からエンタテインメントに至る広い分野で注目されており、プロジェクタとカメラを用いた拡張現実感技術

のみを対象とした国際会議が毎年開催されるなど、国内外において盛んに研究がなされている。

この基盤技術の一つとして、投影像の光学補正手法や幾何学補正を行う方法が多数提案されており(例えば[1 3])、これらは壁面など不均一な反射率を持つスクリーンへの

映像投影における色ずれや明度誤差の補償，非平面のスクリーンへの投影による映像歪みを補正することを目標としている。つまり，いかに投影対象の物体の見えを消すかということの問題としている。また，近年ではこの処理を動的に行うことも一つの課題になっている。しかし，これと反対に投影対象物体の見えを動的に強調することも有用であり，人間の視覚機能を補助する技術として様々な分野で革新的な技術となることが予想される。

例えば，産業応用分野としては，塗装物の色斑検査や製品の傷検査での視覚補助，医療福祉分野では，色弱のためのカラーマネジメント，白内障や緑内障のための輪郭強調への応用が考えられる。また，アパレル業界では実体ベースのデザイン検討ツール，出版業界では見本印刷の色校正ツール，さらには，舞台照明，室内照明，自動車のヘッドライトにいたるまで，人間の視覚に関わる様々な分野での応用が考えられる。

関連研究としては，申請者らは退色した絵画に対して実世界で色彩を復元する方法として，マーカ追跡を用いた補正画像投影方法を提案している[4]。また，Bimberらは写真やレントゲンプリントアウトや電子ペーパーなどにプロジェクタから補正画像を投影しコントラストや解像度を増強する方法を提案している[5]。

これらの手法を応用すれば物体の見えを強調することは可能であるが，投影すべき補正光をあらかじめ計算しておく必要がある。また，補正光計算のための画像取得とプロジェクタによる補正光投影は原理的に同時に行うことができない。画像取得と投影の処理を高速に繰り返せば疑似的に動的な見目の強調が可能となるが，補正光の投影は断続的になり視覚疲労が生じるため実用的でない。

そこで申請者は連続的に視覚強調を行うことができる方法として，プロジェクタとカメラによるフィードバックで視覚強調を行う手法を提案している。すなわち，プロジェクタにより投影された補正光と環境光が投影された物体像を撮影し，この画像から次に投影すべき補正光を計算して投影を行う光学的な見かけの制御を行う。この手法では目の前に存在する物体の見えの明度および彩度の制御やコントラストを動的に強調する技術を実現した。

この見目の制御によって，動きのある物体の印象や質感を動的に変化させることを実現したが，これまでの研究では投影系と撮像系の光軸を一致させていないため，見えの制御は平面物体に限られていた。また，制御は彩度とコントラストの強調に限定されていた。

## 参考文献

- [1] M. Grossberg, et al., "Making One Object Look Like Another: Controlling Appearance Using a Projector-Camera System," Proc. of CVPR, pp. 452-459, 2004.
- [2] O. Bimber, et al., "Embedded entertainment with smart projectors," Computer 38, 1, 48-55, 2005.
- [3] T. Johnson, et al., "Real-Time Projector Tracking on Complex Geometry Using Ordinary Imagery," Proc. of Procams 2007.
- [4] T. Amano, et al., "Virtual Recovery of the Deteriorated Art Object based on AR Technology," Proc. of Procams 2007.
- [5] O. Bimber, et al., "Superimposing dynamic range," Proc. of ACM SIGGRAPH 2008 new tech demos, 2008.

## 2. 研究の目的

本研究は研究代表者が2008年に提案した「プロジェクタ・カメラ系による動的な物体の見えの強調技術」を発展させ，実応用に向けて立体物に対する動的な見えの制御技術確立することを目的とする。

### (1) 研究期間内に明らかにすること

本研究では投影系と撮像系の光軸を一致させた同軸光学系を提案手法に導入し，立体物に対する見えの動的制御を実現する装置構成や手法を明らかにする。この際，立体物の全周囲において見えの強調を実現することを目標とし，上記同軸光学系を物体の周囲を取り囲むように複数台配置してオクルージョンが生じない投影方法や，投影光が重なった部位での処理手法も明らかにする。

また，表1に示した応用について提案手法の実現可能性やその応用において期待される社会的な効果を明らかにする。

### (2) 本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

先に述べたように，先行研究では劣化により退色した絵画に対して色彩を復元したり，写真やプリントアウトで実現できないコントラストや解像度を実現するための手法としてプロジェクタ・カメラシステムを用いた補正画像投影に関する研究はあるが，本研究課題のように本来の見えを強調して人間の視力の補助するという発想は革新的である。特に，立体物に対して動的な見えの制御を試みた研究は前例がなく，本研究課題は独創的である。

## 3. 研究の方法

本研究課題では，前述の研究の目的に従い，以下の項目について研究を行った。

プロカム同軸光学系の設計および試作.  
立体物に対する見えの制御手法の確立.  
全周囲に対する見えの制御手法の確立.  
様々な分野への応用可能性の評価.

## 平成 21 年度

### (1) 遂行する上での具体的な工夫

本研究ではまず Fujii らが試作した同軸光学系 [6] の応用を試みた. ビームスプリッタを用いた光学系では, ビームスプリッタ上で拡散したで投影光が撮像面に写り込むが, Fujii らの研究のようにスクリーンの見えの消去を行う場合には誤差が最小となるように投影光を調整するため, 問題とはならない. しかし, 本研究のように強調を行う場合は, 写り込みにより補正光量が発散する. この問題については透過性の高いガラスでできたビームスプリッタを用い, ホコリなどのように散乱光を発生させる原因となるものを極力抑えた. その結果, 画像処理により写り込みを除去などは必要なかった.

同軸光学系による投影撮像系を用いると, 物体の形状や位置に関係なく観測画像と一致した任意の点に補正光を当てることが可能となるが, プロジェクタから照射される光はプロジェクタとの距離の二乗に比例して減衰するため, カメラで観測される拡散光の光量もプロジェクタから離れるにつれて減衰する. 従って照射すべき補正光の強度は物体の形状や距離により変化させる必要がある. 本研究ではこの問題については光学的な関係を詳細にモデル化し, 照度差に基づく奥行き移動予測器を組み込んだコントローラにより動的に投影光量を調整する方法を検討した.

### (2) 遂行するための研究体制

同軸光学系の設計は専門的な知識を必要とするところが多く容易ではない.

研究代表者は 2009 年にドイツのワイマールに滞在し, プロジェクタ・カメラシステムを用いた拡張現実感技術において世界的に有名な Prof. Oliver Bimber (Johannes Kepler University, Linz, 当時は Bauhaus University, Weimar) と Projected Light Microscopy の研究を行った.

この際に, Prof. Oliver に立体物に対する補正光の制御手法の確立について専門知識をご提供いただいた. また, Projected Light Microscopy の研究で得られた成果は本研究で同軸光学系を実現する際に役立った.

## 平成 22 年度

### (1) 遂行する上での具体的な工夫

21 年度に確立させた立体物に対する見えの制御技術を用いた同軸プロジェクタ・カメ

ラ系を複数製作し, 物体の全周の見かけを制御する方法を構築する. 当初個々のプロジェクタ・カメラ系をソケット通信により連動させることを想定していた. しかし, 補正光が重複して投影される領域は物体の形状に依存するため動的な環境に対して投影制御を行うことは容易でなかった. そこで, 重複して投影される領域を動的に互いに検出することで複数のプロジェクタ・カメラ系を連動させる方法を考案した.

様々な分野に対する視覚強調技術の応用実現可能性の評価では, 白内障や緑内障などの視覚障害や二色性色覚に対する応用や光学顕微鏡への応用について検討を行った.

### (2) 遂行するための研究体制

複数プロジェクタによる補正光投影手法の確立については, 平成 21 年度と同様に Prof. Oliver Bimber に協力頂いた. また, Prof. Oliver の研究グループでのプロジェクトである Projected Light Microscopy では, 研究代表者が提案した手法を用い, 提案手法の応用としてその有効性を評価した.

[6] K. Fujii, et.al., A Projector-Camera System with Real-Time Photometric Adaptation for Dynamic Environments, Proc. of CVPR 2005, pp. 814-821, 2005.

## 4. 研究成果

### (1) プロカム同軸光学系の設計および試作

立体物に対する見えの制御を実現するにあたり, プロジェクタ・カメラ同軸光学系を試作した. 試作前に懸念していた投影光のハーフミラー上での写り込みについては, 余剰光をハーフミラーから距離を離れた光吸収シートにより処理することで実用上問題の無いレベルまで低減できた.

### (2) 立体物に対する見えの制御手法の確立

また, 平成 21 年度はバウハウス大学(ドイツ)に赴き, プロジェクタ・カメラシステムを用いた拡張現実感技術において世界的に有名な John Kepler University, Linz(元 Bauhaus University Weimar)の Prof. Oliver Bimber にアドバイスを頂き, 彩度やコントラストの強調のみならず任意の見かけの制御を行う方法論を確立した(図 1).

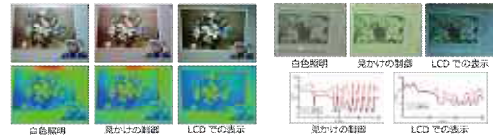
### (3) 全周囲に対する見えの制御手法の確立

プロジェクタ・カメラ同軸光学系を用いて, 立体物に対する見かけの制御手法を確立した. また, 複数のプロジェクタ・カメラ系を協調させて制御を行う方法論を確立した. その過程で見かけの制御は人間が見るための補助としてだけではなく, コンピュータビジョンの分野において, 物体認識での陰影問題

フォトタッチソフトのような自在な見かけの制御



白内障・緑内障のための見かけの強調



二色性色覚のためのカラーマネージメント

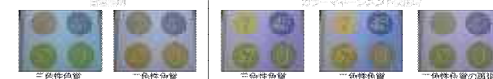


図 1 モデル予測制御と反射率推定を用いた動的な見かけ制御

を解決することが可能であることがわかった。また、計測原理からダイナミックレンジの高い画像を取得することが可能であり、白色照明を用いた画像取得方法で識別困難な物体の識別が可能となることが確認された。

(4) 様々な分野への応用可能性の評価

応用として、二色性色覚のためのカラーマネージメント技術と弱視のための見かけの強調技術を確立した。また、見かけの制御技術の光学顕微鏡への応用を試みた(図 2)。これらの成果は、国際会議 2 件、学術論文 1 件で発表した。

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 5 件)

- 1) 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, 査読あり, 2011. 掲載決定.
- 2) 天野敏之, 加藤博一, 異常を診る, 鮮やかに観る, 綺麗に魅せる- プロジェクタ・カメラを用いた見かけの制御技術, 画像ラボ, Vol.22, No.3, 2011, 29-36
- 3) 天野敏之, ワクワク留学体験記-ドイツ, Bauhaus University Weimar, 日本バーチャルリアリティ学会学会誌, 査読なし, Vol.15, No.4, 2010, pp.74-75
- 4) Oliver Bimber, Daniel Klöck, Toshiyuk Amano, Anselm Grundhöfer, Daniel Kurz, Closed-Loop Feedback Illumination for Optical Inverse Tone-Mapping in Light Microscopy, IEEE Transactions on

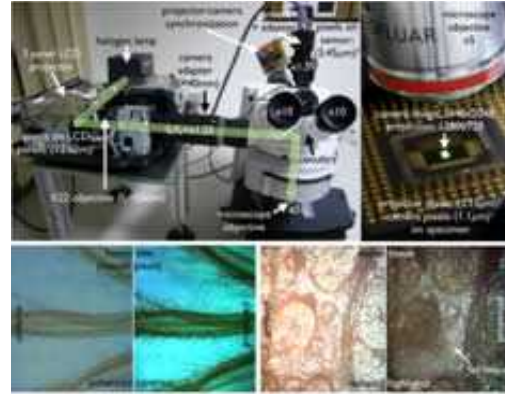


図 2 Projected Light Microscopy

Visualization and Computer Graphics, vol. 17, no. 6, 2011, pp.857-870

- 5) 天野敏之, 加藤博一, プロジェクタカメラフィードバック系によるアピアランス強調, 電子情報通信学会論文誌 D, 査読あり, J92-D, No.8, 2009, 1329-1338

〔学会発表〕(計 7 件)

- 1) T. Amano, H. Kato, Appearance Control using Projection with Model Predictive Control, 20th International Conference on the Pattern Recognition, 2010.8.26, Istanbul
- 2) 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アピアランス制御, 口頭セッション発表, 画像の認識・理解シンポジウム 2010, 2010 年 7 月 27 日, 釧路
- 3) 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アピアランス制御, デモセッション発表, 画像の認識・理解シンポジウム 2010, 2010 年 7 月 27 日, 釧路
- 4) 天野敏之, 長村一樹, 加藤博一, プロジェクタカメラ系による陰影除去を用いた物体認識, インタラクティブセッション発表, 画像の認識・理解シンポジウム 2010, 2010 年 7 月 27 日, 釧路
- 5) T. Amano, H. Kato, Appearance Control by Projector Camera Feedback for Visually Impaired, Procams 2010 Workshop on CVPR2010, 2010.6.18, San Francisco
- 6) O. Bimber, T. Amano, A. Grundhöfer, D. Kurz, D. Klöck, S. Thiele, F. Häntsch, Projected Light Microscopy, SIGGRAPH 2009, 2009.8.5, New Orleans
- 7) T. Amano, H. Kato, Shape Disparity Inspection of The Textured Object and Its Notification by Overlay Projection, HCI-2009, 2009.7.23, San Diego

## 〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

ただし、1件出願計画中

## 〔その他〕

### ・表彰・受賞

- 1) 天野敏之, 加藤博一, 画像の認識・理解シンポジウム, ベストデモ賞, 画像情報学フォーラム, 2010.7.29

### ・展示会およびデモンストレーション

- 1) 天野敏之, 科学技術フェスタ in 京都, 2010.6.5, 国立京都国際会館
- 2) 天野敏之, 異常を診る照明, 綺麗に魅せる照明 - プロジェクタ・カメラを用いた見かけの制御技術 -, CEATECH2010, 2010.10.5-7, 幕張メッセ
- 3) 天野敏之, プロジェクタ・カメラを用いた見かけの制御技術, ナント農商工ビジネスフェア, 2010.12.7, マイドーム大阪
- 4) T. Amano, O. Bimber, Demonstration in conjunction with special lecture, 2009.11.12, Technical University of Darmstadt.

### ・研究成果紹介ホームページ

<http://imd-www.naist.jp/amano/top.html>

### ・関連テレビ報道（計3件）

- 1) おはよう日本, 「特許を生かせ」産官学連携推進本部の取り組み紹介, NHK 総合, 2010.11.21 午前5:00~6:00, 他2件

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

天野 敏之 ( AMANO TOSHIYUKI )  
山形大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号：60324472

### (2) 研究分担者

なし.

### (3) 連携研究者

なし