

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01781

研究課題名(和文) プロジェクタカメラ系の非安定平衡状態を活用した工芸品の演出に関する研究

研究課題名(英文) A study of the production on the art works using the projector camera system under non-equilibrium conditions.

研究代表者

天野 敏之 (Amano, Toshiyuki)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：60324472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,400,000円

研究成果の概要(和文)：ピクセルフィードバックアニメーション(PFA)の仕組みを解明するために、本研究で構築した顕微鏡実装プロジェクタカメラ系で光輸送行列を取得し、演出対象表面での光の伝搬の可視化を実現した。また、プロジェクタカメラ系のモデル化を行い、PFAのシミュレーションを実現した。これによって、挙動の解析およびPFA数理モデルの構築を試みた。また、演出パラメータの設定補助を目的として、パラメータ空間におけるPFAの演出分布の可視化を実現した。さらに、研究成果の評価を目的として、展示会での実演および実証実験を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によってプロジェクタカメラ系による革新的な演出技術が確立し、学術分野ではプロジェクタとカメラを含む光学系や計算機科学の理解が深まることが予想される。この一方、工業分野では、本研究により自発的パターン形成の方法論が確立され、工業デザインやCG技術としての応用が可能となる。また、商業分野においては、商品ディスプレイのための新たな照明技術や空間演出として応用されることが期待できるなど、社会的な意義がある。

研究成果の概要(英文)：To explain the mechanism of pixel feedback animation (PFA), we achieved visualization of light propagation on the surface of the projection target with a Light Transport Matrix measured by our constructed microscope-mounted projector-camera system. In addition to this, we modeled the projector-camera system, and we made a PFA simulation system. Then, we attempted to build a PFA mathematical model with its behavior analysis. Furthermore, we realized the PFA effect types distribution visualization in the parameter space for an authorization environment of effect parameters. In addition, we conducted demonstrations and demonstration experiments at the exhibition to evaluate our research achievements.

研究分野：拡張現実感

キーワード：バーチャルリアリティ 感性情報学 空間拡張現実感 プロジェクションマッピング

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、プロジェクションマッピング (以降、PM) は高い演出性とインパクトによって、レジャー・サービス産業の新規技術として注目を浴びているが、PM を実現する空間拡張現実感の研究の歴史は古く、2001年に発表された Raskar らの研究[1]によってその主要技術は確立されている。

それ以降、超解像度、ボケ補償、高ダイナミックレンジ投影、高速投影などの革新的な投影技術が提案されている。変幻灯[2]のように脚光を浴びている技術もあるが、PM ではコンテンツばかりが注目され、これらの技術の多くは活用されていない。

研究代表者はこの研究分野において、プロジェクタとカメラを用いた光学フィードバックにより現実世界の見かけを操る「見かけの制御」を提案している (Diginfo による紹介[3])。



図1 裕人礪翔個展での演出

(2) 見かけの制御は、投影画像と撮像画像より白色照明での見かけを推定し、これに所望の画像処理を適用して生成した目標画像に基づくフィードバックを行うことで、光投影による連続的な色彩やコントラストの操作を実現する。それまでのプロジェクタカメラ系の研究は、壁面やカーテンなどの模様を隠蔽して映像を正しく表示する光学補償や幾何学補償を学術的な興味としたのに対し、見かけの制御は物体本来の見かけの強調や置換を実現する点が大きく異なる。

(3) 見かけの制御は実時間で処理ができるため、応用は多岐にわたる。これまでに研究代表者は二色性色覚や近視、白内障などのための視覚補助、印刷による情報埋め込みと光投影を組合せた3D表示などを提案している。さらに、質感知覚や美の表現、意図の伝達のような認識の操作についても研究している。この一方で、2015年12月には見かけの制御のアウトリーチの一つとして、伝統工芸士の裕人礪翔氏 (箔工芸) との協働によって引箔を施した西陣織帯地で作られたタペストリ「月光」の演出を実施している (図1)。この演出では、見かけの制御で緻密に投影を制御することにより、通常の照明では現れない色彩やコントラストに変化させる演出に加え、意図的にプロジェクタカメラ系を発振もしくは発散させることで、明滅や模様などを発生させるピクセルフィードバックアニメーションを考案した。

2. 研究の目的

(1) ピクセルフィードバックアニメーションでは、反対色や明暗の反転、過度なコントラストなど、光学的に実現不可能な画像処理を適用して目標画像を設定する。その結果、制御系は正帰還状態になり、演出対象の模様に応じた明滅や光のにじみ、あるいは模様が生成される。この投影は観客を魅了する演出を実現するだけでなく、演出対象の新たな見せ方を提供することもできる。しかし、制御系が不安定な非平衡状態にあるため、目標画像設定と投影結果の関係は明らかでなく、所望の演出を得るためには多くの試行錯誤が必要となる。そこで、本研究課題では様々な学問分野における正帰還系との関係から S1.ピクセルフィードバックアニメーションの仕組みの解明を試みる。その後、S2. 所望の演出を実現する画像処理アルゴリズムの算出方法を明らかにする。また、本研究では演出装置を構築し、伝統工芸品などを対象にして演出を行うことで、S3. ピクセルフィードバックアニメーションの演出効果を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 研究目的の S1 で示したピクセルフィードバックアニメーションの仕組みの解明とモデル化に取り組む。ピクセルフィードバックアニメーションによる演出は、プロジェクタカメラ系の正帰還により実現される。従って、投影対象の模様や光沢が反映された演出が実現できるが、その挙動は演出対象表面の反射および拡散特性と密接に関係する。そのため、A1. 演出対象の反射特性の調査とモデル化に取り組む。具体的には、高周波パターン照明が同軸落射により照射可能な実体顕微鏡を構築し、演出対象の微細構造による光の拡散と反射を調査する。

(2) プロジェクタカメラ系の応答特性を考慮し、演出対象の局所領域における A2. プロジェクタカメラ系の光輸送モデルの構築を行う。この成果を通じて、ピクセルフィードバックアニメーションの仕組みを解明する。ピクセルフィードバックアニメーションの数理モデルの構築では、セル・オートマトン[4]や蝶の半纏や魚の縞模様を説明するチューリングの反応拡散方程式[5]を参考にする。ピクセルフィードバックアニメーションは、不安定な非平衡状態を利用する演出であるため、バタフライ効果と同様に、僅かなモデリング誤差が演出結果に大きく影響を及ぼすこ

とは想像に難くない。そのため、A3. 基礎実験のためのプロジェクタカメラ系を構築し、想定外の現象や特性を明らかにしてモデルに反映させる。

(3) A1 と A2 で構築したモデルを改良しつつ、S2 に示した所望の演出を実現する画像処理アルゴリズムを算出する方法の確立を試みる。具体的には、B1. 解析的に画像処理アルゴリズムを割り出す方法の確立と B2. 厳密なモデルを用いた数値解析による画像処理アルゴリズム発見方法の確立よりピクセルフィールドバックアニメーションに設定する画像処理を求める方法を明らかにする。また、演出効果とパラメータの関係を可視化するマップの生成を実現し、所望の演出を実現するための画像処理パラメータを定める方法を確立する。また、B3. 演出分布をインタラクティブに生成表示するブラウジング方法も検討する。

(4) S3 に示した演出効果の解明を行うために、C1. 評価のための演出装置の構築を行い、C2. 引箔西陣織などの工芸品などを対象として演出結果の評価を行う。また、C3. 展示会などでの実演や実証実験を行い、アンケート調査によって提案手法の評価をする。

4. 研究成果

(1) 【顕微鏡実装プロジェクタカメラ系と反射解析】

本研究では反射面の微細構造により生じる光の伝搬の挙動を明らかにするために、様々な反射特性を包含する工芸品として、図 2 に示す西陣織の帯地を題材として研究を行った。この帯地は染糸や金糸などの糸の種類と織り方により、部位ごとに異なる反射特性を有している。

本研究では、この反射特性を計測するために図 3 に示す光学顕微鏡を用いたプロジェクタカメラ系を製作した。光学顕微鏡には実体顕微鏡を採用し、対物レンズの横からプレートビームスプリッタを用いて小型プロジェクタでパターン投影を行う。また、この様子を光学顕微鏡のカメラポートに取付けたカメラで観測をする。これらのプロジェクタとカメラは計算機に接続されており、この装置を用いて光学特性の計測や解析、光の伝搬の可視化を行った。



図 2 研究の題材として用いた帯地

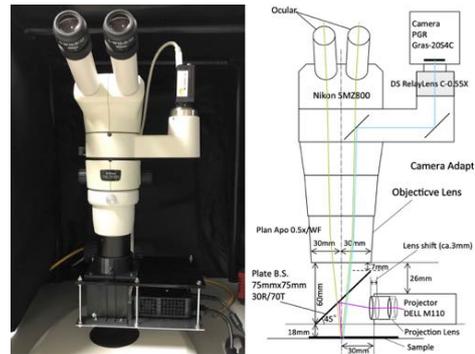


図 3 顕微鏡実装プロジェクタカメラ系

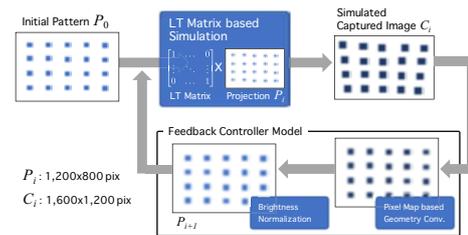
(2) 【光輸送行列計測による光学特性の取得】

糸の種類や織り構造によって変化する帯地の光の伝搬を可視化するために、前述の顕微鏡実装プロジェクタカメラ系を用いて、Push-Broom 型の投影による光輸送行列計測を行った。具体的には、プロジェクタより縦もしくは横の直線の投影による走査を行い、この際にカメラで撮影された画像に対して理論演算を行うことで光輸送行列を取得した。

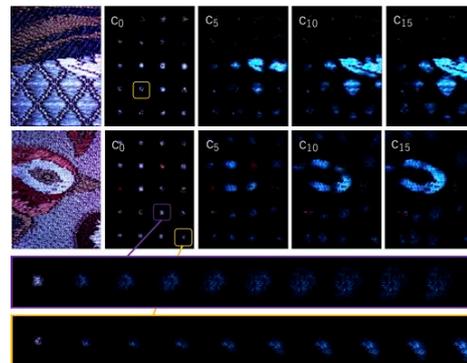
(3) 【光の伝搬の可視化】

光輸送行列を用いたシミュレーションによって、光の伝搬を可視化する手法を考案した。具体的には、図 4(a) に示すように、初期状態としてドットグリッド状の投影パターン P_0 を生成し、このときの伝搬 C_0 を光輸送行列 (LT Matrix) より算出する。その後、 C_0 の正規化を行い、次の投影 P_1 を得る。この処理を繰り返すことで光の伝搬の可視化を実現した。

可視化の結果、図 4(b) に示す銀糸や反射率が高い染糸が使われている部位の光の伝搬が再現された (上段)。特に、この可視化では、実際の演出と同様に、光の伝搬が同一の織り構造の領域を超えて広がらない挙動が再現された。また、同じ糸種であっても織り方によって光のにじみ方が変化することが確認された (下段)。計測された光輸送行列の解析から、織り構造によって照射光が隣接領域へ及ぼす影響が異なり、これによって光の伝搬の違いが引き起こされていることが明らかになった。



(a) シミュレーションによる可視化



(b) 可視化結果

図 4 光の伝搬の可視化

(4) 【プロジェクタカメラ系のモデル化】

ピクセルフィールドバックアニメーションの仕組みの解明の手がかりを得るために、カメラおよびプロジェクタの光学モデルを考案し、図5に示すように、物理カメラと物理プロジェクタを置き換えたシミュレーション環境を構築した。

カメラの光学モデルでは、プロジェクタのRGBのチャンネルごとに取得した光輸送行列を用い、投影画像 I_p と環境構成成分 $K \cdot I_0$ より撮影画像 C' を推測する。この際、光の空間方向の伝搬だけでなく、カメラやプロジェクタの明度応答やフレームバッファによる遅延などの動特性も考慮した。

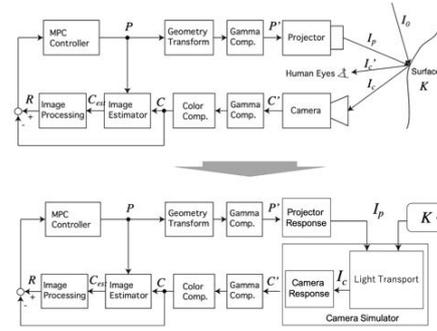


図5 実機とシミュレータのブロック線図

(5) 【挙動の解析および数理モデルの構築】

実際のプロジェクタカメラ系で、目標画像生成にモノクロ化処理を実装(図6左)すると、サブピクセル以下の投影ずれにより模様輪郭部に疑似色が発生する(中央). 構築したシミュレーション環境では RGB の成分ごとに光輸送行列による光の伝搬が計算されるため、この疑似色の発生が再現されている(右).

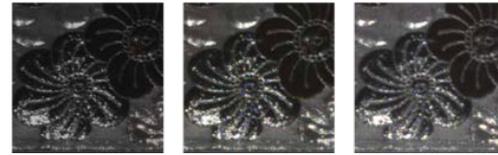


図6 モノクロ化による演出の比較

構築したシミュレーション環境には、物理輝度と画素値が線形に対応しないカメラやプロジェクタの明度応答や、フレームバッファによる遅延など、実機の動的な特性をモデル化して実装している。そのため、図6に示した静的な色彩操作だけでなく、図7に示すピクセルフィールドバックアニメーション(bubble エフェクト)の再現も成功した。

bubble エフェクトでは、目標画像生成に輪郭強調を実装し、意図的に過度な制御パラメータを設定することで、気泡のような模様が物体像に沿って広がるアニメーションが生成される(図7 橙枠). データ圧縮のために光輸送行列にしきい値処理を施したため、暗部などで模様が発生していないなどの相違は見られるが、構築したシミュレーション環境でも同様の挙動(図7 緑枠)が再現された。

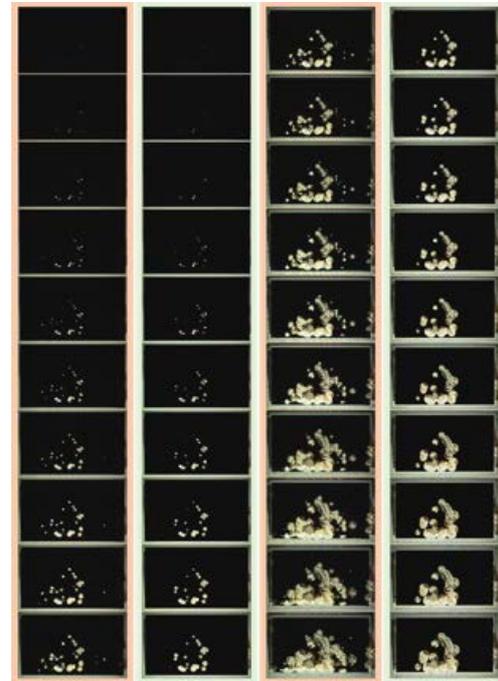


図7 bubble エフェクトの再現結果

本研究では、これらの挙動の解析手法を用いて反応拡散方程式との関連性を調査し、ピクセルフィールドバックアニメーションの数理モデルの構築を試みた。

(6) 【パラメータ空間における演出分布】

所望の演出を実現する画像処理パラメータを試行錯誤せずに定める方法を実現するために、パラメータ空間における演出分布をインタラクティブに生成し、表示する手法の研究をした。この研究では、予め収集したピクセルフィールドバックアニメーションの演出シーンよりタイル状に切り出した各領域の挙動を、無投影、安定、発振、飽和の4状態に分類した。これをサンプルとして、畳み込みネットワーク(CNN)で学習し、演出結果のシーン全体の状態を自動判定する手法を確立した。また、この方法によってパラメータごとに生成された演出結果を判定することで、パラメータ空間での演出分布の可視化を実現した。

図8は横軸をフィードバックゲイン、縦軸を画像処理強度としたパラメータ空間での発振状態の分布を示している。これにより所望の状態を得るパラメータを事前に知ることが可能になった。

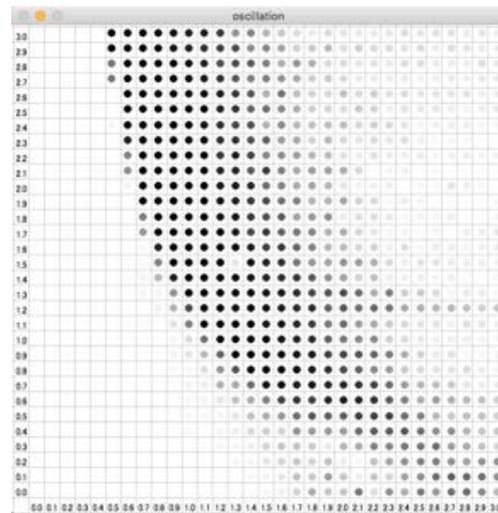


図8 パラメータ空間における演出分布

(7) 【展示会での実演および実証実験】

演出効果の評価及び解析を行うために、いくつかの演出装置を構築し、展示会での実演や実証実験を行った。

NTT インターコミュニケーション・センター (NTT-ICC) の 20 周年企画の一つとして企画された、質感の再編集 Trans-materiality では、NTT-ICC で過去に行われた展覧会のポスターの展示企画において、ピクセルフィールドバックアニメーションを用いた演出を実施した (図 9)。この演出では、投影している感覚を与えない質感の置き換えが課題であった。そこで、スポットライト照明を用いた明るい照明環境にポスターを展示し、エフェクトの切り替えを緩やかに行うことで投影が知覚されにくい演出を行った。この際に、研究成果を応用して素材の粗さ感を変化させるピクセルフィールドバックアニメーションの演出パラメータを定めた。

この他には、実証実験として、富士通 SSL との共同で日比谷花壇 (日比谷公園店) において花と木の演出 (図 10) を行った。この実証実験では、事前準備を必要としない即興演出の可能性について検証した。また、株式会社 Augment Ocean との共同によって、PAPABUBBLE (中野店) の店頭においてグミキャンディの演出 (図 11) を行った。この演出では、透明物体に対して透過光を用いて演出する方法を確立し、その効果を検証した。これらの実証実験の演出では、研究成果を応用してピクセルフィールドバックアニメーションのパラメータを定めた。

本研究では、これらの展示会での実演や実証実験では、それぞれ提案手法の評価を行った。また、演出効果や研究成果に関する考察を行った。



図 9 質感の再編集でのポスターの演出



図 10 花と木の演出



図 11 グミキャンディの演出

<引用文献>

- [1] R. Raskar et al., "Shader Lamps: Animating Real Objects with Image-Based Illumination," Proc. of the 12th Eurographics Workshop on Rendering Techniques, pp. 89-102, 2001.
- [2] T. Kawabe et al., "Deformation Lamps: A Projection Technique to Make Static Objects Perceptually Dynamic," ACM Trans. Appl. Percept., vol. 13, no. 2, p. 10:1-10:17, 2016.
- [3] T. Amano, "Appearance manipulation system changes the look of printed materials and objects," <https://www.youtube.com/watch?v=SBKdWGvtn7Y>, 2013.
- [4] S. Wolfram, "Statistical Mechanics of Cellular Automata," Reviews of Modern Physics 55 (3): 601-644, 1983.
- [5] 松下貢編, "非線形・非平衡現象の数理 2 -生物にみられるパターンとその起源," 東京大学出版, 2005.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 吉岡 浩輝、天野 敏之	4. 巻 26
2. 論文標題 複数のプロジェクタカメラシステムを用いた反射特性に基づく光学フィードバックによる視点依存の見た目の色彩操作	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 96 ~ 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.26.1_96	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Akiyama Ryo, Yamamoto Goshiro, Amano Toshiyuki, Taketomi Takafumi, Plopski Alexander, Sandor Christian, Kato Hirokazu	4. 巻 27
2. 論文標題 Robust Reflectance Estimation for Projection-Based Appearance Control in a Dynamic Light Environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 2041 ~ 2055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2019.2940453	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 長田 慎司、松本 侑大、天野 敏之	4. 巻 25
2. 論文標題 グレア錯視を用いたプロジェクタの投影性能を超える輝き強調	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 422 ~ 431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.25.4_422	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Akiyama Ryo, Yamamoto Goshiro, Amano Toshiyuki, Taketomi Takafumi, Plopski Alexander, Fujimoto Yuichiro, Kanbara Masayuki, Sandor Christian, Kato Hirokazu	4. 巻 91
2. 論文標題 Illusory light: Perceptual appearance control using a projection-induced illusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computers & Graphics	6. 最初と最後の頁 129 ~ 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cag.2020.07.008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 天野 敏之、村上 巧輝	4. 巻 25
2. 論文標題 反射解析に基づくライトフィールド投影による質感操作	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 117 ~ 126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.25.2_117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Itoh Yuta, Langlotz Tobias, Iwai Daisuke, Kiyokawa Kiyoshi, Amano Toshiyuki	4. 巻 25
2. 論文標題 Light Attenuation Display: Subtractive See-Through Near-Eye Display via Spatial Color Filtering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1951 ~ 1960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2019.2899229	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 天野敏之	4. 巻 57 (2)
2. 論文標題 プロジェクションマッピングを用いた質感の提示と編集	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 214-224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11370/isj.57.214	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 天野敏之	4. 巻 Vol.72 No.3
2. 論文標題 モデリングを必要としない即興的なプロジェクションマッピング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 326-331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/itej.72.326	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島名功, 天野敏之	4. 巻 Vol.22, No.3
2. 論文標題 プロジェクトカメラ系を用いた蛍光分離と見かけの操作	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 421-429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.22.3_421	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計25件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Manipulation of Material Perception with Light-Field Projection
3. 学会等名 The 12th Asia Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Manipulation of Material Perception with Light-Field Projection
3. 学会等名 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) - Tutorial (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Toward Perceptual BRDF Manipulation with Light Field Projection
3. 学会等名 ACM ISS CARD Tutorial (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano Kouki Murakami Yusuke Miyabayashi
2. 発表標題 Appearance Manipulation Using Light-Field Projection
3. 学会等名 IDW '18 - The 25th International Display Workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kouki Murakami Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Materiality Manipulation by Light-Field Projection from Reflectance Analysis
3. 学会等名 ICAT - EGVE - International Conference on Artificial Reality and Telexistence - Eurographics Symposium on Virtual Environments (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 「日本橋三越本店天女像 音と光のインスタレーション」ー 光学フィードバックを用いた質感操作とインスタレーションアート
3. 学会等名 最先端表現技術利用推進協会 映像奨励賞 受賞記念講演 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Adaptive Appearance Manipulation
3. 学会等名 IDW '18 - The 25th International Display Workshops 特別展示 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Akiyama Goshiro Yamamoto Toshiyuki Amano Takafumi Taketomi Alexander Plopski Hirokazu Kato
2. 発表標題 Perceptual Object Color Control by Light Projection-Induced Illusion
3. 学会等名 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) - Demo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 プロジェクタとカメラを用いた質感操作と演出
3. 学会等名 日本光学会情報フォトンクス研究グループ3DWSワーキンググループ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 プロジェクタカメラ系を用いた光学イリュージョンと演出
3. 学会等名 日本光学会情報フォトンクス研究グループ第4回MIETAワーキンググループ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 プロジェクタとカメラを用いた閉ループ制御による実時間質感操作とその応用
3. 学会等名 H30年度 第2回フォトンクス技術フォーラム研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長田慎司 天野敏之
2. 発表標題 グレア錯視を用いたプロジェクタの投影性能を超える光沢感強調
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会 複合現実感研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村上巧輝 天野敏之
2. 発表標題 複数のプロジェクタとカメラ系を用いた反射解析と重畳投影による視点依存の質感編集
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長田慎司 天野敏之
2. 発表標題 線画の色彩符号化を用いたプロジェクタカメラ系による頭像の表情操作
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋山諒 山本豪志朗 天野敏之 武富貴史 プロブスキアレクサンダー サンドアクリスチャン 加藤博一
2. 発表標題 色恒常性を利用したプロジェクタの表現色域の知覚的拡張
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三好康仁 大原知樹 牛田俊 北浦大暉 長倉元基 天野敏之
2. 発表標題 色覚多様性に対する見かけの制御を用いた色覚補助システムの提案
3. 学会等名 平成30年度 計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 天野敏之 秋山諒 長田慎司 林龍記
2. 発表標題 ヒューマンセントリック質感編集
3. 学会等名 第7回多元質感知領域班会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 天野敏之 村上巧輝 宮林佑輔
2. 発表標題 複雑形状に対応した見かけのBRDF操作による工芸品の質感編集
3. 学会等名 第6回多元質感知領域班会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Adaptive Appearance Manipulation for the Installation Art
3. 学会等名 JSAP-OSA Joint Symposia 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮林佑輔, 天野敏之
2. 発表標題 ビクセルマップの多段階参照による幾何学校正
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Itoh, Toshiyuki Amano, Daisuke Iwai, and Gudrun Klinker
2. 発表標題 Gaussian Light Field: Estimation of Viewpoint-Dependent Blur for Optical See-Through Head-Mounted Displays
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 光学フィードバックを用いた質感操作とインスタレーションアート
3. 学会等名 第3回 質感のつどい公開フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano, Shun Ushida, Yusuke Miyabayashi
2. 発表標題 Viewpoint-Dependent Appearance-Manipulation with Multiple Projector-Camera Systems
3. 学会等名 ICAT - EGVE - International Conference on Artificial Reality and Telexistence - Eurographics Symposium on Virtual Environments 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 秋山諒, 山本豪志朗, 天野敏之, 武富貴史, プロプスキアレクサンダー, サンドアクリスチャン, 加藤博一
2. 発表標題 知覚量に基づく光投影による色制御実現に向けた色知覚モデルの検討
3. 学会等名 複合現実感研究会 MR2017-16, SIG-MR
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Akiyama, Goshiro Yamamoto, Toshiyuki Amano, Takafumi Taketomi, Alexander Plopski, Christian Sandor, Hirokazu Kato
2. 発表標題 Light Projection-Induced Illusion for Controlling Object Color
3. 学会等名 Virtual Reality (VR), 2018 IEEE (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 天野敏之, 他57名	4. 発行年 2018年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 552
3. 書名 VR / AR技術の開発動向と最新応用事例 - 感覚提示技術、クロスモーダル、HMD、空中・立体ディスプレイ -	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岡部 孝弘 (Okabe Takahiro) (00396904)	九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授 (17104)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------