

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04230

研究課題名（和文）ライトフィールド投影を用いた錯視の誘発によるシミュレーテッドリアリティの実現

研究課題名（英文）Realization of simulated reality through induced illusion using light field projection

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） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：現実世界のすべてが一対一でデジタル化された鏡面世界と現実世界を結びつける技術を空間型拡張現実感と捉え、空間型拡張現実感によるシミュレーテッドリアリティの実現を試みた。具体的には、「光線場の操作によって我々の物体知覚をどこまで騙すことができるか」、「知覚メカニズムを考慮することで光学限界をどの程度超えることができるか」の2点を核心をなす学術的な問として、複数のプロジェクタとアレイ状に配置した表面鏡を用いた4自由度の光線場を生成する光線場投影装置を用い、緻密に計算された光線場投影による見かけのBRDF操作について取り組んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光線場投影によって見た目のBRDFを変化させる質感操作は、空間拡張現実感の発展に寄与するだけでなく、心理学や認知科学において質感知覚メカニズムの解明につながる学術的な意義を持つ。それだけでなく、質感操作技術は社会的にも大きな意義がある。例えば、魅力的な製品デザインツールとしての活用が期待できるのは言うまでもなく、質感情報が購買意欲に大きな影響を与えることから、商業分野でも活用できる。このように、産業や商業分野などの広い範囲で活用が期待できる社会的意義を持つ。

研究成果の概要（英文）：This research assumed spatial augmented reality (SAR) as a technology that connects a virtual world that is digitized and corresponding one by one to the real world and attempted to realize a concept of simulated reality with SAR. Specifically, we addressed the two core academic questions: 'To what extent can our object perception be deceived by manipulating the light field?' and 'To what extent can the optical limit be exceeded by taking into account the mechanism of perception?' We composed a light field projection system that generates a 4 DOF light field using multiple projectors and mirrors arranged in an array. By employing this device, we manipulated the perceptual bidirectional reflectance distribution function through precisely calculated light field projection.

研究分野：拡張現実感

キーワード：空間型拡張現実感 ライトフィールド 錯視 シミュレーテッドリアリティ

## 1. 研究開始当初の背景

WIRED 誌創刊編集長の Kevin Kelly は、インターネットの次に来る技術は、現実の世界のすべてが1対1でデジタル化された「ミラーワールド(鏡面世界)」であると予言している[1].

道路や建物、部屋など、全ての現実世界が様々な方法でスキャンされ、鏡面世界が構築される鏡面世界では、ビッグデータや深層学習と結びつくことで現実世界の検索が可能となるだけでなく、Siri や Alexa などの AI エージェントは実体を持ち、現実世界のシミュレーションも可能にする。このような鏡面世界と現実世界を結びつけるものが拡張現実感であるという。

Raskar らによって発表された Shader Lamps[2]ではプロジェクションマッピングのための映像の幾何学変形や複数の投影像の接合などを実現し、空間型拡張現実感(SAR)の概念を提唱した。それ以降、SARの研究では、投影ボケの補償、動物体や変形する物体への追従など、幾何学的整合性、光学的整合性、時間的整合性の3要件に関する研究がなされている[3]。その一方で、模様のある壁面上に所望の映像を正しい色彩で提示する光学補償[4]も研究されており、人間の知覚を考慮した手法[5]も提案されている。これらとは異なり、投影によって物体の見かけを増強、あるいは、変換する「見かけの操作」も研究されている。例えば、劣化した美術品の光学的な美観回復[6]、高ダイナミックレンジ提示[7]、マネキンの表現性の操作[8]などが研究されている。研究代表者はプロジェクタとカメラを用いて実時間で見かけを操作する技術[9]を実現している(図1)。このようなSARはヘッドマウントディスプレイなどの装着が不要であり、現実世界のリアリティを維持しながら鏡面世界への置き換えを可能にする。

しかし、非投影の状態よりも暗くすることはできないため、明るい照明環境ではSARで提示可能な色彩やコントラストは制限される。また、プロジェクタの投影光量を考えると、鏡面反射の光線分布を忠実に再現することは困難という問題もあるが、ライトフィールド投影によって物体表面上の光線分布を目標とする物体の光線分布へ置き換えることができるのであれば、現実物体は鏡面世界の物体へと姿を変えるはずである。また、目標とする物体の光線分布が再現できない場合であっても、錯視や色恒常性などの視覚メカニズムに着目することで知覚的に実現できる可能性もある。

## 2. 研究の目的

鏡面世界と現実世界を調和させる拡張現実感として、SARによるシミュレートドリアリティの実現を研究の目的とする。具体的には、ライトフィールド投影と多自由度照明を用いて、光学的もしくは知覚的に物体の質感や知覚形状を置き換える技術の確立を目指す。

表面下散乱を考慮しない場合、物体表面から放射される光線分布 $L_r$ は、天井照明などの照明環境 $L_i$ と双方向反射率分布関数(BRDF)が与えられれば、レンダリング方程式を用いた物理レンダリングで求めることができる。本研究で試みるSARによるシミュレートドリアリティは、図2に示すように $L_i$ が照射されている環境に、プロジェクタアレイによるライトフィールド投影 $L_p$ を加えることで、物体表面の光線分布を $L_r$ へ置き換える。これにより、知覚的にBRDFの置き換えを実現する。

SF映画にも登場する立体像を提示するホログラフィックディスプレイは、ディスプレイデバイス上で直接 $L_r$ を提示する技術であるが、本研究で試みるSARによるシミュレートドリアリティは、物体表面上で $L_r$ の提示を実現するライトフィールド投影を、物理ベースレンダリングの逆問題によって求めることに相当するチャレンジングな課題である。このような方法には光学的に実現が不可能な場合が考えられる。その問題の解決方法として錯視や色恒常性などの視覚特性を応用して知覚的に実現する方法も考えられるが、そのようなヒューマンファクタに着目して知覚的に正しい提示を行う方法論は、拡張現実感において「知覚的整合性」という新たな指針を与える波及効果も期待できる。



図1 実時間の見かけの操作の例:同軸光学系を用いることで投影の位置合わせやモデルを必要としない光沢感や透明感の実時間操作を実現した。

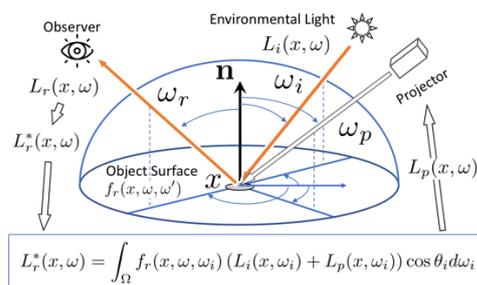


図2 SARによるシミュレートドリアリティ:目標を $L_r$ として逆問題を解き $L_p$ を得る。本研究では、この $L_p$ を光線場投影装置で投影することで知覚的にBRDFを変化させる。

### 3. 研究の方法

本研究では研究目的を達成するために、S1:ライトフィールド投影装置を用いた見かけの BRDF 操作と S2:錯視の誘発による光学限界を超えるシミュレーテッドリアリティの2項目について研究を行う。

#### S1:ライトフィールド投影装置を用いた見かけの BRDF 操作

図3に示すように、操作対象 (Objects) を取り囲むようにドーム状にカメラをとプロジェクタを配置し、また補助照明として RGB の LED 光源を多数配置した A1. ドーム型ライトフィールド投影装置を構築する。基本的なアイデアとしては、まず操作物体上の各点について、カメラ  $i$  で撮影される画像とプロジェクタ  $j$  から投影される画像の幾何学的な対応を求め、対応する画素の間で光学的な関係を反射特性  $K$  でモデル化する。この際に、本研究では A2. Ashikhmin の BRDF モデルなどを用いて  $K$  と BRDF パラメータとの対応づけを行い、質感のパラメトリック操作を実現する。

見かけの BRDF 操作では、提示目標を物理パラメータで与え、このパラメータで示される BRDF に対応する  $K$  から操作目標  $C'$  を設定する。その後、目標  $C'$  の見かけに変化させる投影  $P$  を非負条件付きの最適化で求めることで、A3. ライトフィールド投影による見かけの BRDF 操作を実現する。また、質感の操作だけではなく、見かけの BRDF 操作によって表面粗さや法線方向などの形状知覚の操作も実現する。ただし、プロジェクタを高密度に配置するのは計算量や電力の点で現実的ではない。そこで、カリフォルニア大バークレー校の Paul Debevec らが提案している LightStage のように、多色の LED 光源を高密度に配置した角度分解能の高いライトフィールド投影も併用する。

本研究では、このようなプロジェクタと LED 照明を併用した照明によって、空間解像度と角度分解能が両立した BRDF 推定と高品質な見かけの BRDF 操作を実現し、A4. 操作対象の BRDF と操作可能な質感や形状知覚の範囲の関係を明らかにする。

#### S2:錯視の誘発による光学限界を超えるシミュレーテッドリアリティ

プロジェクタからの投影と LED 照明を併用することで、画像解像度と空間解像度が両立したライトフィールド投影が可能になる。しかし、プロジェクタの投影光量には限界がある。それだけでなく、操作物体の放射輝度は環境照明下の明るさよりも暗くできないため、光学的に実現不可能な操作がある。例えば、拡散反射の物体の質感を鏡のような金属光沢を持つ物体に変化させる場合、スペキュラの輝度が再現できるだけの光量を投影することは困難である。それだけでなく、スペキュラの以外の場所ではもとよりも暗くする必要があるが、そのような操作は光学的に実現できない。また、色彩の操作では、例えば赤い物体をその補色である水色に変化させることはできない。なぜならば、赤い物体は赤い波長帯は強く反射しそれ以外の波長は吸収して反射光を返さないからである。そこで、本研究では補助照明を用いて錯視を誘発させることで光学的に実現不可能な質感および形状知覚の操作を知覚的に実現する方法を検討する。

S1 で示した、ドーム型プロジェクタカメラシステムの LED 照明は結像しない。そのため、操作点ごとに異なる強度の模様を投影することはできないが、指向性のある LED 照明を多数用いれば角度分解能の高い照明を行うことはできる。そこで、本研究では、ラジオシティ法に基づく LED 照明の制御によって、B1. 操作対象表面と周辺領域で色彩や照度を変化させる補助照明を実現する。また、このような B2. 補助照明の操作により錯視を誘発させ、光学限界を超える質感や知覚形状の操作を実現する。

例えば、操作対象の領域の補助照明を暗くしてコントラストを改善する。あるいは、グレア錯視を誘発させることでリアリティの高い金属光沢の提示を試みる。また、周辺領域に有彩色の補助照明を投影することで色恒常性を誘発し、操作対象領域の色彩操作範囲の拡張も試みる。具体的には、周辺領域に赤色の補助照明を照射して色恒常性が誘発できれば、操作対象の色彩が光学的にはグレイであっても知覚の上では水色に見えるはずである。また、ライトフィールド投影によって知覚的な法線方向を変化させることで、原理的には物体表面の形状知覚を変化させることができるはずである。しかし、法線方向を変化させても物体輪郭や大きさが変化することはない。そこで、LED 照明を用いて周辺領域にグラデーションや低周波のテクスチャ勾配を発生させることで、物体輪郭や大きさを知覚的に変化させる方法も検討する。

本研究は、上記の成果をもとに、B3. 知覚メカニズムを考慮した見かけの操作を行うことで、光学限界をどの程度超えることができるかを明らかにする。

### 4. 研究成果

#### S1. ライトフィールド投影装置を用いた見かけの BRDF 操作

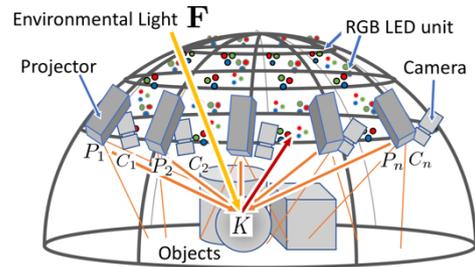


図3 ドーム型ライトフィールド投影装置: プロジェクタによる光線投影と LED 照明による錯視の誘導により光学的に困難な質感と形状知覚の操作を実現する。

## ドーム型ライトフィールド投影装置の構築(A1)

研究計画では図 3 に示したライトフィールド投影装置の構築を計画していたが、空間分解能が不足することから、図 4 に示す複数のプロジェクタとアレイ状に配置した表面鏡の反射を用いて光線場を生成する方法を採用した。

2020 年度には装置を構築し、校正方法と光線場の生成方法を確立した。これによって、装置のステージ上の各点で入射方向毎に明度や色彩が異なる配光の光線投影ができる実験環境を構築し、図 5 に示す鏡面反射物体状に BRDF で表される質感を付与する見かけの BRDF 操作を実現した。また、本研究ではこの光線場投影装置のほかに 5 対のプロジェクタカメラフィードバックを用いた全周囲の見かけの操作系も構築し、法線方向に応じてランバート面に擬似的な構造色を提示する質感操作を実現した。

当初の計画では、上記の二つの装置を組み合わせた投影装置を構築する予定であったが、プロジェクタカメラ系が光線場投影に干渉するため、これらを分けて装置を構築した。

### BRDF モデルと反射特性の対応付けと質感のパラメトリック操作(A2, A3 および A4)

質感のパラメトリック操作の研究では、反射解析と光線場投影技術を用いて異方性反射の見た目を光学的に操作する質感操作手法を提案した。具体的には、複数視点で撮影した画像から反射特性を取得し、それを Ashikhmin の BRDF モデルに当てはめる。その後、パラメータを操作して生成した視点方向ごとの目標のように操作する光線場を求め、光線場投影システムから投影することで、異方性反射の強調と減弱を実現した(図 6)。

このほかには、鏡面反射特性を持つ反射面で LaFortune モデルを用いたパラメトリック操作による擬似的な構造色提示を実現した。

反射解析に基づく視点依存の質感操作としては、ライトフィールドフィードバックを用いた光沢物体の光沢強調も実現した。光沢を持つ物体は鏡面反射を持つため、想定する光源や視点の位置に応じた光線場の投影が必要となる。この研究では、複数のプロジェクタとカメラを連携させたフィードバック系で光線場を生成する手法を確立した。他には、複数のプロジェクタを用いた立体物の視点依存の見かけの操作や、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も実現した。

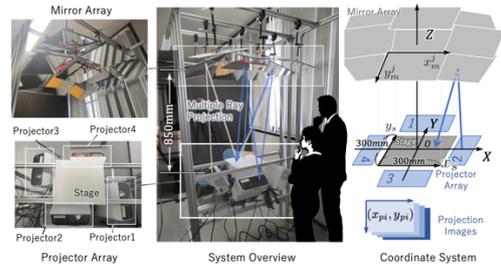


図 4 ミラーアレイを用いた光線場投影装置

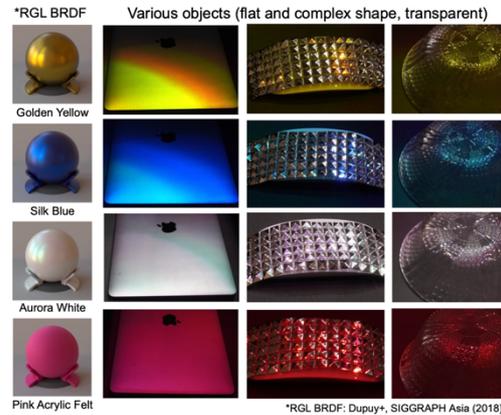


図 5 光線場投影による BRDF 提示

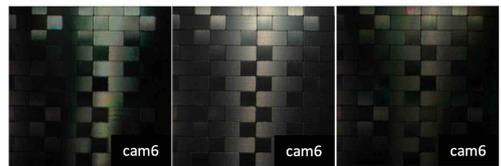


図 6 光線場投影による異方性の強調と減弱

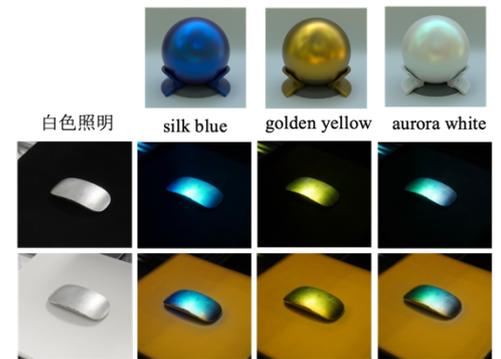


図 7 周辺との輝度差を考慮した BRDF 提示

## S2. 錯視の誘発による光学限界を超えるシミュレーテッドリアリティ

### 操作対象表面と周辺領域で色彩や照度を変化させる補助照明(B1)

図 5 に示した見かけの BRDF 提示において、提示物体のみに光線場投影を投影すると周辺領域の放射輝度との差から投影感が生じる。そこで、提示物体の周辺に環境光に相当する投影を行い、放射輝度を整合させることで投影による違和感が生じない BRDF 提示を試みた(図 7)。また、より高度な補助照明技術として、光線場投影による照明環境の再現技術も確立した(図 8)。具体的には、照明環境で生成される光線を光線場投影装置で近似的に再現することにより、点光源や平行光源などを仮想的に再現する方法論を確立した。この照明環境の再現では、照明環境の光線場が再現されるため、通常のプロジェクションマッピングのように投影画像を用意する必要はなく、物体の形状や配置に応じた陰影が生成される。

## 錯視の誘発による光学限界を超える質感や知覚形状の操作 (B2 および B3)

光学限界を超える捜査としては、クレイク・オブライエン効果を応用した投影対象の存在感を消す投影技術を検討した。クレイク・オブライエン効果は図形の輪郭付近で明暗差を提示すると、その輪郭を挟んだ領域で知覚的な明度差が生起する錯視現象である。プロジェクタを用いた重畳投影でこのような明度提示を非対称に行うと、非投影部分の知覚的な明度を無投影の状態よりも暗くすることができる可能性が確認された。また、別の研究では、表面が自発光しているように見える輝度を上昇させることで、見かけの操作の投影感を抑制する方法を提案した。これらの他に、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についても研究した。

知覚形状の操作に関しては、プロジェクタアレイを用いた立体物上での BRDF の提示を実現した。再帰性反射加工を施した立体物に、法線マップで設定した法線方向の変化を反映した投影を行うことで、知覚的な形状を操作する方法を提案した (図 9)。この手法は光線場投影を用いており、視点移動に対応するところが単純なプロジェクションマッピングとは異なる。

### アウトリーチ活動：研究成果の演出への応用

みさと天文台 (和歌山県海草郡紀美野町) より依頼を受け、研究成果を応用したプロジェクションマッピングのための装置および投影方法の開発を行なった。2022 年には天文台の敷地全体にプロジェクションマッピングを用い南半球の星空を投射する、[リアル星空との競演プラネタリウム](http://www.obs.jp/servicecontent/servicecontent.php)を公開した (<http://www.obs.jp/servicecontent/servicecontent.php>)。

2023 年には、伝統工芸士・芸術家とのコラボレーションとして、artKYOTO2023 ([https://youtu.be/\\_jZUt2xHQgY](https://youtu.be/_jZUt2xHQgY)) と、御寺・泉涌寺での展示会 (<https://www.hiroto-rakusho.com/news/2924/>) で研究成果を応用した演出を行なった。

### <引用文献>

- [1] Kevin Kelly, AR Will Spark the Next Big Tech Platform—Call It Mirrorworld, Retrieved from <https://www.wired.com/story/mirrorworld-ar-next-big-tech-platform/>
- [2] R. Raskar et al., Shader lamps: Animating real objects with image based illumination, In Eurographics Workshop on Rendering, pages 89-102 (2001).
- [3] A. Grundhofer and D. Iwai, Recent Advances in Projection Mapping Algorithms, Hardware and Applications, EUROGRAPHICS 2018, vol. 37, no. 2 (2018).
- [4] M. D. Grossberg et al., Making one object look like another: controlling appearance using a projector-camera system, Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2004), vol.1, pp. 452-459 (2004).
- [5] M. Ashdown et al., Robust Content-Dependent Photometric Projector Compensation, 2006 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop (CVPRW'06) (2006).
- [6] D. G. Aliaga et al., A virtual restoration stage for real-world objects, ACM Trans. on Graph, vol. 27, no. 5 (2008).
- [7] S. Shimazu et al., 3D high dynamic range display system, 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 235-236 (2011).
- [8] A. Bermano et al., Augmenting physical avatars using projector-based illumination, ACM Trans. on Graphics, vol. 32, no. 6, pp. 189:1-10 (2013).
- [9] 天野, 加藤, 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, pp.1368-1375 (2011).

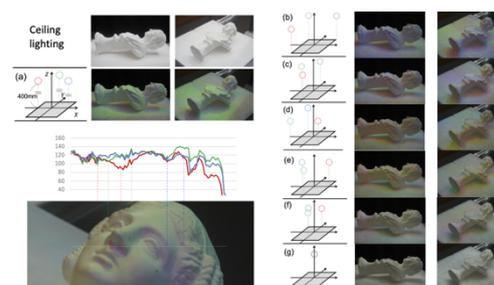


図 8 光線場投影による照明環境の再現



図 9 光線場投影による知覚形状の操作

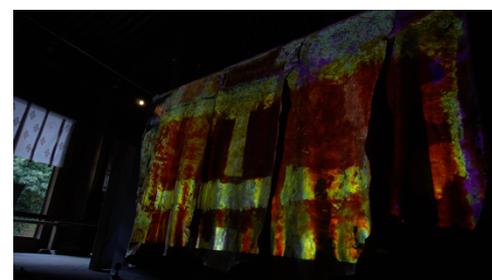


図 10 御寺泉涌寺での演出の様子

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 松本 侑大、天野 敏之	4. 巻 28
2. 論文標題 ライトフィールドフィードバックを用いた光沢物体に対する視点依存の光沢感強調	5. 発行年 2023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 255 ~ 262
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.28.3_255	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 岡本 侑汰郎、天野 敏之	4. 巻 28
2. 論文標題 照明環境の変動に対して頑強な見かけの制御	5. 発行年 2023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 271 ~ 279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.28.3_271	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 大隅 祥伍、天野 敏之	4. 巻 29
2. 論文標題 光線場投影を用いた光学モデルに基づく異方性反射の操作	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌掲	6. 最初と最後の頁 掲載決定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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	4. 巻 52(1)
2. 論文標題 プロジェクターによって拡張される実世界 プロジェクションによる適応的な見かけの操作の原理と応用	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本光学会機関紙「光学」	6. 最初と最後の頁 2-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Amano Toshiyuki, Kano Takaya	4. 巻 10
2. 論文標題 [Paper] Driver Visibility Improvement using Spatial Augmented Reality with Pixelated Headlights	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 171 ~ 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/mta.10.171	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 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 該当する

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 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 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 該当する

[学会発表] 計43件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 20件)

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Analyzing the Behavior of Projector-Camera Systems Based on Reaction-Diffusion Equations
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 2023年

1. 発表者名 Takaya Kano, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Projection Alignment Correction by Appearance Control for 2-axis movement
3. 学会等名 15th Asia-Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality ( (国際学会) )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takahiro Nagata, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Object-wise Individual Appearance Manipulation with Layer Detection
3. 学会等名 15th Asia-Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality ( (国際学会) )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小段海人, 天野敏之
2. 発表標題 周辺領域との輝度差を考慮した光線場投影による違和感のないIBRDF提示
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本奨騎, 天野敏之
2. 発表標題 五つのプロジェクタカメラ系を用いた対象物体の全周囲に対する見かけの操作
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 樊 錦元, 天野 敏之, 渡辺 義浩
2. 発表標題 輝度と色の遅延知覚の違いとその投影型見かけ操作への応用に関する検討
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第28回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永田剛大, 天野敏之
2. 発表標題 複数レイヤの同時見かけの制御
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shogo Ohsumi, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Manipulation of anisotropic reflections based on optical models using multiple projectors
3. 学会等名 14th APMAR 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoko Uesaka, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Cast-Shadow Removal for Cooperative Adaptive Appearance Manipulation
3. 学会等名 ICAT - EGVE - International Conference on Artificial Reality and Telexistence - Eurographics Symposium on Virtual Environments 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022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によるリアリティの操作
3. 学会等名 電気関係学会関西連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chisato Yamauchi, Toshiyuki Amano, Masami Okyudo
2. 発表標題 A new planetarium harmonized with natural starry sky
3. 学会等名 IDW'22 - The 28th International Display Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaro Okamoto, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Robust Appearance Manipulation against Changes in the Lighting Environment
3. 学会等名 IDW'22 - The 28th International Display Workshop (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本侑汰郎, 天野敏之
2. 発表標題 照明環境の変動に頑強な見かけの制御
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 狩野貴哉, 天野 敏之
2. 発表標題 2軸移動に対応した見かけの操作における投影のずれ補償
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東 奏太, 天野 敏之
2. 発表標題 部位依存の劣化に対応する空間拡張現実感を用いた視覚補助
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kayo Kimura, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Perceptual BRDF manipulation by 4-DoF Light Field Projection using Multiple Mirrors and Projectors
3. 学会等名 19th EuroXR International Conference - EuroXR 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano, Raichi Kubo
2. 発表標題 A Multiple Mirror based Arbitrary Lighting Environment Reproduction
3. 学会等名 19th EuroXR International Conference - EuroXR 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Advanced Reality: Real-world Appearance Manipulation with Projector Camera Systems
3. 学会等名 IMID 2022, 06. AR/VR/MR and 3D Display Optics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村佳代, 天野敏之
2. 発表標題 複数の鏡とプロジェクタを用いた光線空間の生成による質感表示
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 J. Kanaya, T. Amano
2. 発表標題 Apparent Shape Manipulation by Light-Field Projection onto a Retroreflective Surface
3. 学会等名 2022 IEEE on Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Ueno, T. Amano, C. Yamauchi
2. 発表標題 Geometric Calibration with Multi-Viewpoints for Multi-Projector Systems on Arbitrary Shapes Using Homography and Pixel Maps
3. 学会等名 2022 IEEE on Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小石原遼, 天野敏之, 渡辺義浩
2. 発表標題 高速インスタンスセグメンテーションを用いた投影による選択的色操作の提案
3. 学会等名 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM)
4. 発表年 2022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光学フィードバックによる現実世界の操作
3. 学会等名 一般社団法人レーザー学会学術講演会第42回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 光学限界を超える見かけの操作に関する考察
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6回MIETA+ワーキンググループ研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Matsumoto Yudai, Toshiyuki Amano
2. 発表標題 A Study on Shadow Removal for Viewing Direction Dependent Appearance Manipulation
3. 学会等名 18th EuroXR International Conference - EuroXR 2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano, Keigo Takemine, Junna Tsukuma
2. 発表標題 Automotive lighting technology for driver's visibility improvement using imperceptible pattern illumination
3. 学会等名 IDW'21 - The 28th International Display Workshop（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天野敏之
2. 発表標題 AR/MR 研究シーズ・ショーケース
3. 学会等名 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano, Taichi Kagawa
2. 発表標題 Projection Alignment Correction for In-Vehicle Projector-Camera System
3. 学会等名 ICAT-EGVE 2021 - International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上坂 祥子, 天野 敏之
2. 発表標題 見かけの制御の分散協調投影のための重畳部分の輝度補正
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野 敦矢, 國枝 志帆, 天野 敏之, 山内 千里
2. 発表標題 リアル星空とのハイブリッドプラネタリウムのための外構プロジェクションに関する研究
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大隅 祥伍, 天野 敏之
2. 発表標題 複数のプロジェクタを用いた視点依存の見かけの操作の立体物への適応
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本 侑大, 天野 敏之
2. 発表標題 クレイク・オブライエン効果を応用した投影対象の存在感を低減させる光学イリュージョンの提案
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金谷 慈恩, 天野 敏之
2. 発表標題 プロジェクタアレイを用いた立体物上でのBRDF の提示
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新坂祐人 , 松岡諒 , 天野敏之 , 岡部孝弘
2. 発表標題 偏光パターン投影によるシーンの成分分離
3. 学会等名 研究報告コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学 (CG)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuto Nisaka, Ryo Matsuoka, Toshiyuki Amano, Takahiro Okabe
2. 発表標題 Fast Separation of Specular, Diffuse, and Global Components via Polarized Pattern Projection
3. 学会等名 IW-FCV2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Raichi Kubo , Toshiyuki Amano
2. 発表標題 A study on imperceptible projection for seamless appearance manipulation
3. 学会等名 IDW'20 - The 27th International Display Workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shiho Kunieda , Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Compensated Appearance Manipulation for Eyesight Improvement
3. 学会等名 IDW'20 - The 27th International Display Workshop (国際学会)
4. 発表年 2020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揺らぎ生成による質感操作と可視化
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会Optics & Photonics Japan 2020 (OPJ2020) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toshiyuki Amano , Hiroki Yoshioka
2. 発表標題 Viewing-Direction Dependent Appearance Manipulation Based on Light-Field Feedback
3. 学会等名 EuroVR 2020: Virtual Reality and Augmented Reality (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taichi Kagawa , Toshiyuki Amano
2. 発表標題 Performance Design Assistance by Projector-Camera Feedback Simulation
3. 学会等名 EuroVR 2020: Virtual Reality and Augmented Reality (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤佑樹, 久野悠太, 明石行生, 天野敏之
2. 発表標題 プロジェクションマッピングを用いたコントラスト向上照明の開発
3. 学会等名 2020年度照明学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 國枝 志帆, 天野 敏之
2. 発表標題 見かけの補償制御による視覚補助の提案
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保 頼智, 天野 敏之
2. 発表標題 投影感が生じないプロジェクションマッピングの検討
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------