

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：14401

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05925

研究課題名(和文)超多自由度照明による実物体の質感表現編集技術

研究課題名(英文)Highly flexible computational illumination for apparent material editing of physical object

研究代表者

岩井 大輔(Iwai, Daisuke)

大阪大学・基礎工学研究科・准教授

研究者番号：90504837

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 73,650,000円

研究成果の概要(和文)：プロジェクタを主とするディスプレイ技術とデジタルファブリケーション(D-Fab)技術を用い、高い表現性および自由度を有する質感表現編集を目指した。まず、D-Fab出力された実物表面にプロジェクタからの投影映像を位置合わせするための基盤技術を開発した。次に、異種のディスプレイや光学素子とプロジェクタを組み合わせるアプローチで、プロジェクタハードウェアの技術的限界を克服する質感変調の枠組みを構築した。表面質感以外の質感編集にも取り組み、動き質感等の変調技術を確立した。また、マルチマテリアル3Dプリンタを活用し、反射と透過で異なる見えを呈するような新たな人工質感の生成技術の構築にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プロジェクションマッピング技術を用いることで、実物の質感を目の前で直接書き替えることができることは、これまでも知られていた。しかしながら、実物が動いた時に映像がずれてしまったり、遮蔽により影が生じてしまうことで、質感を阻害する技術的課題が多くあった。本研究では、それらの課題を解決するため、異種のディスプレイや光学素子とプロジェクタとを組み合わせるアプローチや、対象となる実物自体の組成を3Dプリンタにより投影に適したものとするアプローチを考案し、質感提示のための学術的枠組みを構築した。これは、ものづくり産業などで、商品の質感を様々に切り替えながら検討する用途での応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：This project aimed at highly flexible apparent material editing using visual display technologies (mainly projectors) and digital fabrication (D-Fab) technology. First, we developed fundamental projection mapping technologies for registering projectors onto physical surfaces of physical objects printed out from D-Fab machines. Second, we built a new apparent material editing framework overcoming technical limitations of projector hardware by computational display approach combining heterogeneous displays and optics. Third, we worked on material editing regarding other than the appearance of a physical object such as motion. We also succeeded to develop a fabrication technique of an object which has an unnatural artificial material property, i. e., reflected and transmitted appearances are different.

研究分野：拡張現実感

キーワード：プロジェクションマッピング デジタルファブリケーション コンピュータショナルフォトグラフィ
コンピュータショナルディスプレイ 質感

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

質感認識の解明には、多様で複雑な質感を人工的に制御し表現できるディスプレイが不可欠である。物体表面で反射する光の分布は、物体に入射する光の方向や配置によって複雑に変化する。個々の物体の豊かな質感をもたらしているこの光線の入出力関係を、正確に再現したり、意図に応じて変更を加える（編集する）技術が求められていた。しかしながら、従来のディスプレイ技術では、質感呈示に十分な解像度で光線を再現することは困難であった。一方、コンピュータグラフィクス分野では、3Dプリンタや切削加工機等のデジタルファブ리케이션（D-Fab）装置の出力を最適化して、実物の反射特性を再現する研究が高い関心を集めていた。しかしながら、D-Fab装置の空間解像度や扱える素材数の制約から、呈示できる質感空間は限定的で、出力後その質感を編集できなかった。

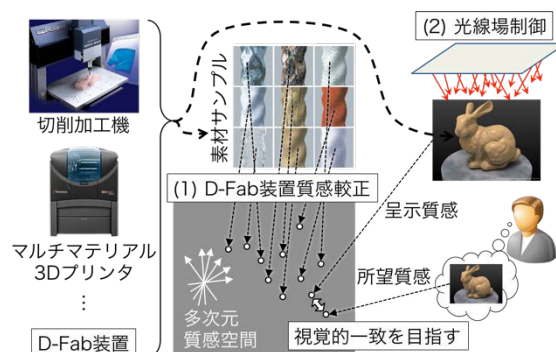


図1：多自由度照明と D-Fab 技術を組み合わせた質感編集と D-Fab 装置の質感較正

2. 研究の目的

本研究課題では、ディスプレイ技術と D-Fab 方式を融合し、それぞれ単体では実現できないレベルの高い再現性および自由度での質感表現を目指した。

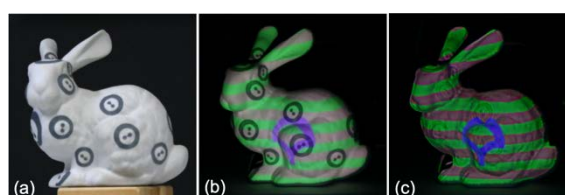


図2：フルカラー3Dプリンタによる位置合わせ用マーカー埋め込みとその投影結果 (a: マーカー埋め込み D-Fab 出力物体、b: 位置合わせ投影結果、c: マーカーキャンセル結果)

3. 研究の方法

ユーザが望みの表面質感を指定すると、それに最も近い実物をマルチマテリアル 3Dプリンタ（領域共有資産）や切削ラピッドプロトタイプングマシンを用いて出力できるように、多自由度照明とコンピュータシミュレーションフォトグラフィ技術を組み合わせた技法で較正する質感較正技術を開発した。さらに、その出力物体から反射されて観察者の眼に届く光を、プロジェクタを中心とする多自由度照明で光線場を制御することで変調し、視覚的質感を修飾する質感編集技術を開発した（図1）。

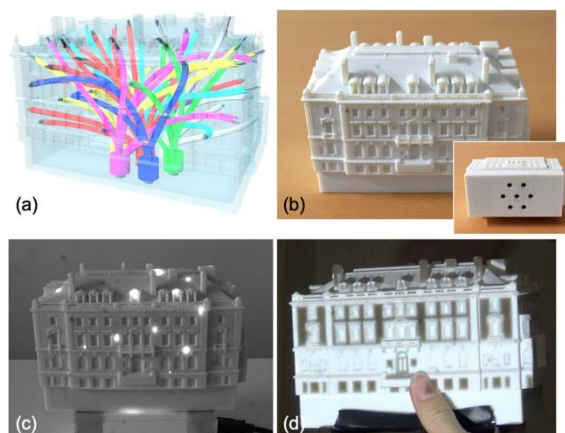


図3：マルチマテリアル 3Dプリンタによる光ファイバー型マーカーの埋め込みとその投影結果 (a: ファイバー経路最適化結果、b: 印刷物とその底面に明けた赤外線 LED 挿入穴、c: 赤外線カメラ撮影画像、d: 位置合わせ投影結果)

4. 研究成果

4.1 照射光の D-Fab 出力物体表面への位置合わせ

D-Fab 出力物体の表面の質感を、プロジェクタからの投影映像を用いて編集することを考える。このとき、プロジェクタの各画素が物体表面のどの点に照射しているかを知る必要がある。この対応は、プロジェクタと物体の3次元空間での位置姿勢関係を得ることで求めることができる。計測精度や導入コストのバランスから、カメラを用いた画像計測により物体の位置姿勢を推定する方法が従来よく用いられている。具体的には、物体に目印になるマーカーを多数貼り付けて、それを複数台のカメラで計測することで三角測量の原理で位置を推定する。このとき、マーカーの貼り付けは手作業で行う場合が多く、設置の手間と位置ずれが問題となっていた。また、映像投影された物体上にマーカーが見えてしまい、質感編集の品質が低下していた。そこで我々は、様々な色・透明度の物質を混ぜて出力す

ることのできるフルカラー3D プリンタやマルチマテリアル 3D プリンタを用いて、これらの問題を解決する手法を研究した。

まず、手動でのマーカー貼り付けを自動化して、手間と位置ずれの問題を解決した。具体的には、多色刷り可能なフルカラー3D プリンタを用いて、カメラで計測できる黒色のマーカーを白色の投影物体に埋め込んで3D 印刷する(図 2a)。これによって、物体表面に正確に位置合わせして映像投影することができるようになった(図 2b)。しかしながら、これでは黒色のマーカーが質感編集中也見えてしまうという問題は残ったままであった。そこで、物体表面の白色の領域への投影照度を低下させて、反射光の輝度が白色と黒色の領域でバランスするような技術を開発した。これによって、黒色のマーカーを視覚的にキャンセルすることができ、質感編集結果の画質劣化を抑えることに成功した(図 2c)。

先に紹介した手法では、マーカー部分の反射光の輝度に合わせるため、全体的に投影結果が暗くなってしまう。そこで、目に見えない近赤外光を発するマーカーを埋め込んだ物体を、透明な素材を 3D 印刷できるマルチマテリアル 3D プリンタを用いて出力する手法を研究した。具体的には、物体の底面と表面をつなぐ光ファイバーを物体内部に埋め込み、底面に取り付けた赤外線 LED からの光を表面に導く 3D 印刷技術を開発した(図 3ab)。近赤外線カメラでこの物体を観測するとマーカー位置に輝点が観測でき、物体の位置姿勢を推定することができる(図 3c)。一方、人の目には近赤外光は見えないため、映像投影による質感編集の画質劣化が生じない(図 3d)。このように、D-Fab 装置とプロジェクションマッピングを融合することで、映像品質を低下させることなく、実物体の質感編集を行える技術を創出した。

4. 2 プロジェクタのハードウェア限界を超える質感編集

質感編集するためのディスプレイ技術には、それぞれ長所・短所があり、単一のディスプレイ技術だけでは所望の質感を実現できない場合がある。本研究課題では主にプロジェクタを多自由度照明として用いていたが、ハードウェア特有の技術的限界がある。我々は、そのいくつかを解決して、従来実現できなかった質感編集を可能にした。

まず1つ目のハードウェア限界として、プロジェクタによる映像投影では、複数の観察者に異なる見えを提示することができない点が挙げられる。例えば、光沢の位置は視点に依存して異なるため、複数の観察者に対して光沢質感を再現するにはプロジェクタは適さない。そこで我々は、光学シースルー型の頭部搭載ディスプレイを、プロジェクションによる質感編集の観察者に装着させることで、この欠点を補い、さらに高輝度・高コントラストな質感編集を実現した(図 4)。

2つ目のハードウェア限界として、プロジェクタと物体との間に観察者の身体の一部が入り込むと、投影結果に影が生じ、質感編集を阻害してしまう。一方、日常空間では、身の回りの物体は多方向から照明されているため、ある物体表面が完全に遮蔽されて真っ暗になることはほとんどない。そこで我々は、多方向から映像投影することで影の発生を抑制する仕組みを、透過鏡の機能を持つ直交配列微小鏡面板(MMAP: Micro Mirror Array Plate)を用いて構築した。空間中の1点から放射した光は、この光学素子によってその逆側の鏡像の位置に集まる。そこで、質感編集の対象となる物体(ターゲット)に対して鏡面対称な形状の物体を3D印刷し、光学素子の鏡面位置に設置する(ダミーと呼ぶ)。ダミーに映像投影すると、ダミー上で反射した光がターゲット上に集光するため、その表面質感が編集できる。また、光学素子が十分に大きければ、人の手が光学素子とターゲットとの間に入り込んでも、真っ暗な影が発生しないことを確認した(図 5)。

3つ目のハードウェア限界として、プロジェクタからの映像投影では、鏡面反射する物体表面の質感編集を行うことができない点が挙げられる。プロジェクタから鏡面に映像投影しても、観



図4：プロジェクタと光学シースルー頭部搭載型ディスプレイの組み合わせによる質感表現 (右上：プロジェクタのみによる表示、右下：両ディスプレイ組み合わせによる光沢表示)

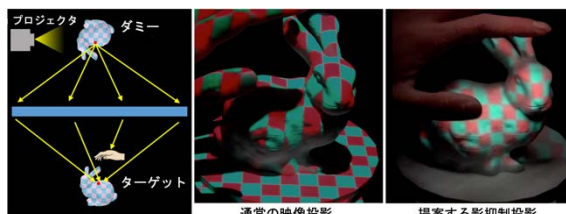


図5：多方向からの映像投影による影抑制



図6：映り込み変調による鏡面物体の質感編集

察者からは鏡に写り込んだプロジェクタが見えるだけで、投影された映像は確認できない。そこで、鏡面に映像を直接投影するのではなく、そこに写り込んでいる環境面の見えをプロジェクションによって変えることで、間接的に鏡面の見えを操作し質感編集する技術を開発した(図6)。環境に液晶ディスプレイが予め設置されており、それが対象の鏡面に写り込んでいる場合は、それを多自由度照明として用いることもできる。この技術を通常のプロジェクタ照明と組み合わせて用いることで、拡散反射面と鏡面が組み合わさったような物体表面の見えを同時に変調することが可能になった。

4. 3 表面質感以外の質感編集

本研究課題では、物体表面の模様を切り替えることによる表面質感の編集だけでなく、その動きや形状の視覚的な操作も試みた。まず、視覚的な動きを変調することで、布・織物の柔らかさを操作することを実現した。具体的には、風や物にあたって揺れる対象の布の動きをカメラで計測し、その動きの振幅を増幅もしくは減衰した画像をコンピュータグラフィクス生成して、対象の布に映像投影した(図7)。複数人の被験者に、投影された布を観察してもらい印象評価を行った結果、布の柔らかさ印象が有意に操作可能であることが確認できた。

物体表面に陰影パターンを投影重畳することで、その物体の知覚される形状を操作することができる。さらに、観察者の視点に応じて陰影パターンを適切に切り替えることで、新たな形状をよりもっともらしいと感じさせることが可能になる。我々はこの技術を、実物体の表面質感編集と組み合わせることで、形状と表面質感とを同時に操作可能なシステムを構築した。このシステムは、自動車の内装などの様々な工業製品の形状・表面質感を、物理的なモックアップ(試作品)を多数準備する必要なく、様々に検討することを可能にする(図8)。



図7：柔らかさ印象を操作する映像投影(左: 投影前、右: 投影結果)



図8：形状と表面質感を同時に操作可能な映像投影システム

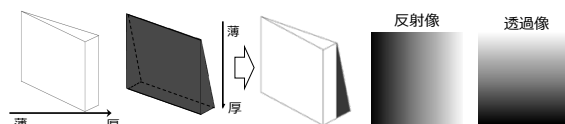


図9：物体の反射率と透過率の独立制御

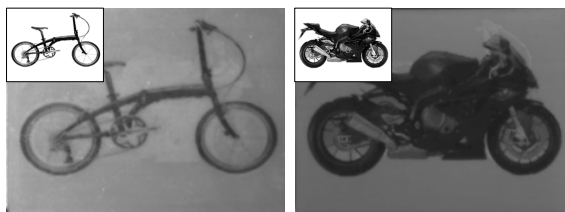


図10：透過像と反射像が独立した物体の例

4. 4 照明条件により見え方の変わる物体の生成

これまで述べてきたように、超多自由度照明により実物の見え方を様々に変化させることが出来るようになった。しかし、どんな物体でも思いのままになるかというとそうとも限らず、物体により見え方が変化しやすいものと変化しにくいものがある。例えば白い物体であれば投影光の変化により物体の見かけが変化するが、まったく光を反射しない黒い物体はどんな光を当てても黒いままである。物体側の設計を変えることにより、思いのままに見え方が変わる物体が作れると、広告や娯楽など様々な用途への展開が可能になる。そこでマルチマテリアル3Dプリンタを用いて、照明条件の変化により希望する見た目に変化する物体を設計するための質感較正技術について研究を行い、以下2種の人工質感の生成技法を構築した。

1つ目は、層の厚みにより物体の反射率と透過率を独立に変化させる手法である。図9のように、表側に乳白色の素材、裏側に黒色の素材を配置して張り合わせた物体を作成した。乳白色素材の厚みが薄いと裏側の黒色が透けることで黒っぽくなる。また裏側の黒色素材が薄いほど透けやすくなり透過率が上昇する。そのため反射率は乳白色素材の厚み、透過率は黒色素材の厚みで制御できるが、実際には乳白色素材の厚みによっても光は減衰し、黒色素材が薄いと透けても黒っぽくならない。このような相互干渉効果を計測結果から補償することで、任意の反射率と透過率を与える各層の厚みを求めることができる。図10に生成した物体の例を示す。左は反射率画像で、表から証明すると自転車の像が観察される。右は透過率画像で、裏側から照明すると透過率画像が表示される。用途として、地下街の広告が非常時には避難誘導案内に変化する、などといったものも考えられる。

もう1つは、同じ透過像でも光源の位置（光の入射角）により見え方の変わる物体の生成である。図10のように、透明な物体内に黒色の粒子を配置する。ちょうどブラインドの羽根の角度を変えることで部屋に入る光の強さが変えられるように、この黒色粒子の形状により2つの光源からの透過率をそれぞれ調整する。単純にこの原理のまま物体を生成すると、実際にはかなり使い勝手の悪い物体が生成される。1つには、光源の角度（図12の角 α ）が開きすぎていて照明を配置しづらいことが挙げられる。また一方の光源からの光の透過率を向上させるために粒子を薄くすると、粒子を光が透過しやすくなり、他方の光源からの光の透過率も上昇してしまうという問題が生じる。そこで図12のように物体を厚み方向に引き伸ばすことで、解像度を損なうことなく粒子の厚みを増加させ、かつ光源間の角度も小さくすることができる。さらに、図12右のようにホモグラフィ変換（透視変換）を施すことにより、平行光を前提として設計した構造を点光源に対応するように変形することができる。これらの処理を経て生成した画像の例を図13に示す。物体の背後に設置した光源の位置を変えることで、マリリン・モンローとアインシュタインの顔がそれぞれ表示されることを確認した。さらに「変幻灯」の手法を組み合わせ、カラー画像を印刷した紙の裏側に、表情変化をつけるための物体を配置することで、光源位置により表情の変わるカラー画像を表示することができることも確認した。

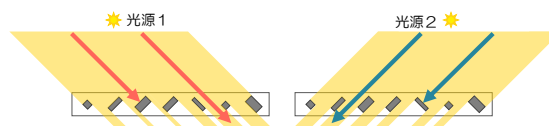


図11：光源の位置により透過率が変わる原理

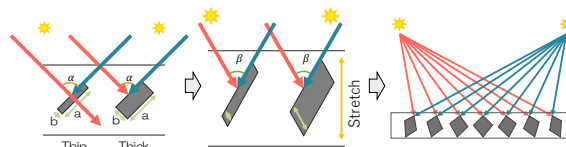


図12：形状の変形による光学的特性の改善

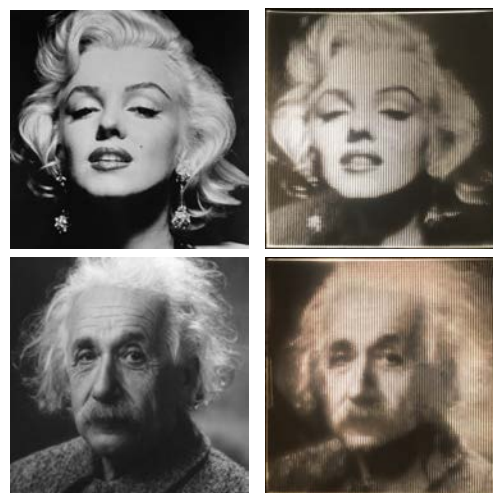


図13：表示画像例

4. 5 まとめ

上述の通り、当初目標であった、ディスプレイ技術とD-Fab方式との融合による再現性および自由度の高い質感表現編集を実現することができた。さらに、当初予定にはなかったが、ハードウェア制約によりこれまで実現できなかったプロジェクションマッピングによる質感編集も可能にした。マルチマテリアル3Dプリンタの質感校正技術を高度化することで、新たな人工質感の生成にも成功した。これらより、本研究課題は当初予定以上に進展したものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Grundhoefer A., Iwai D.	4. 巻 37
2. 論文標題 Recent Advances in Projection Mapping Algorithms, Hardware and Applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computer Graphics Forum	6. 最初と最後の頁 653 ~ 675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cgf.13387	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 Iwai Daisuke, Aoki Mei, Sato Kosuke	4. 巻 25
2. 論文標題 Non-Contact Thermo-Visual Augmentation by IR-RGB Projection	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 1707 ~ 1716
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2018.2820121	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 Kanamori Toshio, Iwai Daisuke, Sato Kosuke	4. 巻 6
2. 論文標題 Pseudo-Shape Sensation by Stereoscopic Projection Mapping	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 40649 ~ 40655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2018.2858268	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 Okutani Nagisa, Takezawa Takuro, Iwai Daisuke, Sato Kosuke	4. 巻 6
2. 論文標題 Stereoscopic Capture in Projection Mapping	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 65894 ~ 65900
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2018.2875905	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 Amit H. Bermanno, Markus Billeter, Daisuke Iwai, Anselm Grundhoefer	4. 巻 36
2. 論文標題 Makeup Lamps: Live Augmentation of Human Faces via Projection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Computer Graphics Forum	6. 最初と最後の頁 311-323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cgf.13128	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 Yuki Kitajima, Daisuke Iwai, Kosuke Sato	4. 巻 23
2. 論文標題 Simultaneous Projection and Positioning of Laser Projector Pixels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 2419-2429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2017.2734478	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 Takumi Hamasaki, Yuta Itoh, Yuichi Hiroi, Daisuke Iwai, Maki Sugimoto	4. 巻 24
2. 論文標題 HySAR: Hybrid Material Rendering by an Optical See-Through Head-Mounted Display with Spatial Augmented Reality Projection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1457-1466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2018.2793659	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 Hirotaka Asayama, Daisuke Iwai, Kosuke Sato	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Fabricating Diminishable Visual Markers for Geometric Registration in Projection Mapping	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2017.2657634	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 Jun Tsukamoto, Daisuke Iwai, Kenji Kashima	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Distributed Optimization Framework for Shadow Removal in Multi-Projection Systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Computer Graphics Forum	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cgf.13085	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 Shoichi Takeda, Daisuke Iwai, Kosuke Sato	4. 巻 22
2. 論文標題 Inter-reflection Compensation of Immersive Projection Display by Spatio-Temporal Screen Reflectance Modulation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1424-1431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2016.2518136	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 青木芽衣, 渡邊淳司, 岩井大輔, 佐藤宏介	4. 巻 71
2. 論文標題 手へのテクスチャ重畳投影による触質感変調の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 J118-J120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/itej.71.J118	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 Daisuke Miyazaki, Takuya Shigetomi, Masashi Baba, Ryo Furukawa, Shinsaku Hiura, Naoki Asada	4. 巻 56
2. 論文標題 Surface normal estimation of black specular objects from multiview polarization images	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 SPIE Optical Engineering	6. 最初と最後の頁 041303:1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.0E.56.4.041303	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 Daisuke Miyazaki, Mia Nakamura, Masashi Baba, Ryo Furukawa, Shinsaku Hiura	4. 巻 60
2. 論文標題 Optimization of Illumination for Generating Metamerism	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Imaging Science and Technology	6. 最初と最後の頁 60502:1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2352/J.ImagingSci.Technol.2016.60.6.060502	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 Takeda S, Iwai D, Sato K	4. 巻 22(4)
2. 論文標題 Inter-reflection Compensation of Immersive Projection Display by Spatio-Temporal Screen Reflectance Modulation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEEE Trans. Vis. Comput. Graphics	6. 最初と最後の頁 1424-1431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2016.2518136	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 河本悠, 日浦慎作, 宮崎大輔, 古川亮, 馬場 雅志	4. 巻 57(2)
2. 論文標題 認識対象に適した符号化開口形状の設計と評価	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 783-793
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 Daiki Tone, Daisuke Iwai, Shinsaku Hiura, Kosuke Sato	4. 巻 26
2. 論文標題 FibAR: Embedding Optical Fibers in 3D Printed Objects for Active Markers in Dynamic Projection Mapping	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 2030 ~ 2040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2020.2973444	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 -

〔学会発表〕 計54件（うち招待講演 24件 / うち国際学会 19件）

1. 発表者名 Takuro Takezawa, Daisuke Iwai, Kosuke Sato, Toshihiro Hara, Yusuke Takeda, Kenji Murase
2. 発表標題 Material Surface Reproduction and Perceptual Deformation with Projection Mapping for Car Interior Design
3. 学会等名 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (IEEE VR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平谷光佑, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 再帰透過光学系を用いた遮蔽物による影を抑制するプロジェクションマッピングシステム
3. 学会等名 電子情報通信学会2018年度電子ディスプレイ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 刀根大樹, 岩井大輔, 日浦慎作, 佐藤宏介
2. 発表標題 3Dプリンタ埋め込み光ファイバー型導光路を用いたアクティブマーカによる動的プロジェクションマッピング
3. 学会等名 Visual Computingシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 平谷光佑, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 再帰透過光学系による空中像投影を用いた影なしプロジェクションマッピングの試み
3. 学会等名 第62回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 多自由度照明としてのプロジェクションマッピングの可能性
3. 学会等名 照明学会全国大会 固体光源分科会主催「可視光レーザーを活用する情報技術」シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクション型AR/VR研究の背景と最新動向
3. 学会等名 IDW '18 チュートリアル (SID日本支部) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Iwai
2. 発表標題 Latest Research Trends on Computational Projection Mapping
3. 学会等名 International Display Workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Iwai
2. 発表標題 Computational Imaging in Projection Mapping
3. 学会等名 IAPR The Fifth Computational Color Imaging Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryutaro Mine, Daisuke Iwai, Shinsaku Hiura, Kosuke Sato
2. 発表標題 Shape Optimization of Fabricated Transparent Layer for Pixel Density Uniformization in Non-planar Rear Projection
3. 学会等名 ACM Symposium on Computational Fabrication (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazune Hagino, Daisuke Iwai, Kosuke Sato
2. 発表標題 Place Management of Electrodes for Embedding Capacitive Multi-touch Sensor on 3D Printed Surfaces
3. 学会等名 ACM Symposium on Computational Fabrication (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takumi Kawahara, Daisuke Iwai, Kosuke Sato
2. 発表標題 Dynamic Path Planning of Flying Projector Considering Collision Avoidance with Observer and Bright Projection
3. 学会等名 ACM International Conference on Intelligent User Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 萩野和音, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 3Dプリンタ出力への静電容量方式マルチタッチセンサ埋込みにおける電極配置に関する研究
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河原拓海, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 投影輝度向上および利用者との衝突回避を目指したプロジェクタドローンの動的配置
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 峯隆太郎, 岩井大輔, 日浦慎作, 佐藤宏介
2. 発表標題 非平面プロジェクションにおける画素密度均一化のための光路透明層の形状最適化
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 刀根大樹, 岩井大輔, 日浦慎作, 佐藤宏介
2. 発表標題 投影対象内の導光路を同時3D印刷するアクティブマーカによる動的プロジェクションマッピング
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤貴俊, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 複数台のバンプロジェクタを用いたハンドヘルド型投影システム
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピング研究の最新動向
3. 学会等名 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピング研究の最前線 (State-of-the-Art on Projection Mapping Research)
3. 学会等名 IEEE Sapporo Section/電子情報通信学会北海道支部共同主催講演会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 表面質感を変えるプロジェクションマッピング
3. 学会等名 日本表面科学会関西支部主催 第19回市民講座 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Iwai
2. 発表標題 Computational Projection Display for AR/VR
3. 学会等名 International Meeting on Information Display (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピングの3D表現
3. 学会等名 日本光学会 情報フォトンクス研究グループ 3D Displays and Devices WG研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピング研究の基礎と最新動向
3. 学会等名 可視光半導体レーザー応用コンソーシアム 新規アプリ専門委員会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピング研究の基盤技術と応用展開
3. 学会等名 日本色彩学会 視覚情報基礎研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピングを支える画像処理技術
3. 学会等名 JPC関西定例講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiko Inazumi, Jinhwan Kwon, Shinsaku Hiura, Maki Sakamoto
2. 発表標題 Texture Suggestion System Considering the Elderly's Preference on 3D Printing
3. 学会等名 AAAI Spring Symposium Series (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日浦慎作
2. 発表標題 演算により画像を得るコンピュータショナルイメージング技術の広がり
3. 学会等名 第6回 New Clear Imaging Conference (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shinsaku Hiura
2. 発表標題 Computational Photography : camera as an optical image processor
3. 学会等名 International Symposium on Imaging, Sensing, and Optical Memory 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sota Aoyama, Daisuke Iwai, Kosuke Sato
2. 発表標題 Altering resistive force perception by modulating velocity of dot pattern projected onto hand
3. 学会等名 ACM International Workshop on Multimodal Virtual and Augmented Reality (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuichi Hiroi, Yuta Itoh, Takumi Hamasaki, Daisuke Iwai, Maki Sugimoto
2. 発表標題 HySAR: Hybrid Material Rendering by an Optical See-Through Head-Mounted Display with Spatial Augmented Reality Projection
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun Tsukamoto, Daisuke Iwai, Kenji Kashima
2. 発表標題 Distributed Optimization for Shadow Removal in Spatial Augmented Reality
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Mixed Reality and Augmented Reality (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 竹澤拓朗, 岩井大輔, 佐藤宏介, 原利宏, 村瀬健二,
2. 発表標題 自動車内装デザイン設計支援のためのプロジェクション方式複合現実技術を用いた表面質感操作システムの構築
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 青木芽衣, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 視温覚融合投影インタフェースにおける適切な温覚刺激呈示方法の検討
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 2017年

1. 発表者名 北嶋友喜, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 光センサを用いたレーザプロジェクタの走査計測に基づく位置・姿勢推定
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 2017年

1. 発表者名 井澤英俊, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 投影対象の形状に適応したフォーカススイープ投影によるプロジェクタの被写界深度合成
3. 学会等名 電子情報通信学会電子ディスプレイ研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 奥谷凧, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 視覚的形狀操作において実物体表面質感を毀損しないステレオ投影の基礎検討
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 青山宗太, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 重畳投影パターンの手に対する相対速度変調による力覚の操作
3. 学会等名 人工知能学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 井澤英俊, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 適応的フォーカススイープ投影によるプロジェクタの被写界深度合成
3. 学会等名 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 城野亮, 岩井大輔, 佐藤宏介
2. 発表標題 瞬き・サッカード等の視覚特性を用いた非知覚画像計測手法の提案
3. 学会等名 システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daisuke Iwai
2. 発表標題 Projection Mapping Technologies for AR
3. 学会等名 International Display Workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daisuke Iwai
2. 発表標題 Computational Projection Displays
3. 学会等名 JSAP-OSA Joint Symposia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクション型拡張現実感
3. 学会等名 第26回インテリジェント・システム・シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピング高性能化と身体拡張体験
3. 学会等名 画像センシングシンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masashi Baba, Keisuke Haruta, Shinsaku Hiura
2. 発表標題 Estimating lighting environments based on shadow area in an omni-directional image
3. 学会等名 ACM SIGGRAPH(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 津田香林, 宮崎大輔, 古川亮, 日浦慎作
2. 発表標題 マルチバンドカメラを用いたワンショット照度差ステレオ法, MIRU2016 画像の認識・理解シンポジウム 2016年
3. 学会等名 MIRU2016 画像の認識・理解シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Asayama H, Iwai D, Sato K.
2. 発表標題 Diminishable Visual Markers on Fabricated Projection Object for Dynamic Spatial Augmented Reality
3. 学会等名 ACM SIGGRAPH ASIA Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 浅山弘孝, 岩井大輔, 佐藤宏介.
2. 発表標題 プロジェクションマッピングにおける位置合わせのための陰消型マーカ
3. 学会等名 電子情報通信学会電子ディスプレイ研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takumi Kaminokado, Daisuke Iwai, Kosuke Sato
2. 発表標題 Augmented Environment Mapping for Appearance Editing of Glossy Surfaces
3. 学会等名 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Iwai
2. 発表標題 Laser Projector in Augmented Reality
3. 学会等名 Laser Display and Lighting Conference (LCD2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ying-Ju Lin, Parinya Punpongsanon, Xin Wen, Daisuke Iwai, Kosuke Sato, Marianna Obrist, Stefanie Mueller
2. 発表標題 FoodFab: Creating Food Perception Tricks using Food 3D Printing
3. 学会等名 ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 高自由度照明技術としてのプロジェクションマッピング
3. 学会等名 2019年度第2回JLEDSセミナー (特定非営利活動法人LED照明推進協議会) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 融合における映像技術の課題
3. 学会等名 照明学会 公開シンポジウム「映像との融合で広がる照明の可能性」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピング研究の最新動向
3. 学会等名 電気硝子工業会第52回技術セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピングによる身体拡張
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩井大輔
2. 発表標題 プロジェクションマッピングによる映像と照明の融合
3. 学会等名 2019年度第7回JLEDSセミナー（特定非営利活動法人LED照明推進協議会）（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小松英彦, 西田眞也, 本吉勇, 澤山正貴, 渡邊淳司, 黒木忍, 藤崎和香, 大澤五住, 本田学, 日浦慎作, 佐藤いまり, 中内茂樹, 岡谷貴之, 岩井大輔, 坂本真樹, 岡本正吾	4. 発行年 2016年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 240
3. 書名 質感の科学 知覚・認知メカニズムと分析・表現の技術	

〔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	日浦 慎作 (Hiura Shiinsaku) (40314405)	兵庫県立大学・工学研究科・教授 (24506)	

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1件

国際研究集会 IEEE VR 2019 Tutorial: (AR) Hack Our Material Perception in Spatial Augmented Reality	開催年 2019年～2019年
---	--------------------

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
---------	---------