

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：12301

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20626

研究課題名（和文） 飴を材料とした光MEMS技術が拓く飲食サービスVRの新展開

研究課題名（英文） MOEMS made from candy and its applications in food services with VR technology

研究代表者

奥 寛雅（Oku, Hiromasa）

群馬大学・情報学部・教授

研究者番号：40401244

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,800,000円

研究成果の概要（和文）：食品、特に飴を原料とする光MEMS形成手法とそのサービスVR分野への応用を、デバイス開発と応用研究を通じて探索し、次の成果を得た。(1) 飴製光MEMS形成に適した原料ならびに形成手法を解明、(2) 飴製微細再帰性反射材の形成手法の開発、(3) 飴製二面コーナリフレクタアレイの形成手法の開発と料理演出への応用方法の探索、(4) 飴製ライトパイプの形成手法の開発と料理演出への応用方法の探索、ならびに、遠隔からの光供給手法の開発、(5) 寒天製光ファイバーの形成手法の開発とこれを利用した新規センシング手法の解明。

研究成果の学術的意義や社会的意義

飴を素材として微細な光学素子を作成することで、料理を光や映像で演出できて、食べても安全な新しい食品を開発しました。例えば、火をつけることなくろうそくのように光る食品を作成しました。これをケーキに載せれば火を使わずにケーキ上で光る演出ができます。また、食品の上に映像を出現させられて、かつ食べられる食品も開発しました。これらは料理の新たな演出を可能にし、新しいサービスの創出に貢献します。

研究成果の概要（英文）：We have explored the optical MEMS formation method using food, especially candy, as a raw material and its application to the service VR field through device development and applied research and obtained the following results. (1) Elucidation of suitable raw materials and formation method of optical MEMS made from candy, (2) Development of formation method of micro retroreflective material made from candy, (3) Development of formation method of dihedral corner reflector array made from candy and its application for food presentation, (4) Development of formation method of light pipe made from candy and its application for food presentation, (5) Development of a method for forming agar optical fibers and elucidation of a new sensing method.

研究分野：動的映像制御

キーワード：光MEMS 飴 光学素子 料理 サービスVR

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

液体界面が光学素子の形成に十分な滑らかさをもつことから、2000年頃より液体レンズなどのデバイスが登場し注目を集めてきた。一方、水に代表されるように多くの食品も液体から構成されるため、研究提案者は食品のみを材料とした食べられる光学素子を提案し、寒天製の食べられる再帰性反射材やレンチキュラーレンズなどを実証するとともに、料理への動的プロジェクションマッピング用のマーカーへの応用などから VR/MR 分野において新たな産業応用を拓くデバイスとしての可能性を示してきた。

これまで適した素材として寒天が見出されてきたが、(1)変形により光学性能が低下する、(2)水分の蒸発で形状変形や屈折率変化がおき光学特性が変化することや、腐敗しやすいことから長期保存が困難、(3)微細な形状をもつ型からの離型が難しく微細化が困難、という問題を抱えていた。

研究代表者はこれを解決する可能性として飴に着目し、基礎的な試作を試みたところ、糖の一種である還元イソマルト糖を利用すると再帰性反射材が形成できることを見出した。その過程で、飴は固く、比較的長期間の保存に耐え、微細加工も可能であることに気が付いたため、本研究課題の提案に至った。

2. 研究の目的

本研究は、食品の一種である飴を材料とした光 MEMS デバイスの製造手法を研究・開発して食べられる光 MEMS デバイスを創出し、さらに、特に飲食に関連するサービス VR 分野を想定した応用を開拓することを目的とする。

3. 研究の方法

以上の目的のために、本研究では光 MEMS の形成に適した飴の原料や形成手法を研究するとともに、飴を材料とする4種類のデバイスを具体的な研究開発対象として選定し、これらのデバイスの実現手法を開発するとともにその応用を探索して飴製光 MEMS デバイスの可能性を探索した。以下に具体的に開発した各デバイスについてその研究方法を記載する。

(1) 飴製光 MEMS 形成に適した原料ならびに形成手法

一般的に飴とは糖が水分とともに溶解してガラス化したものであり、この状態で特定形状の型に流し込むことで自由な形状を得ることができる。レンズに代表される光学素子は特にその屈折面が特定の形状をなすことにより機能を得ているため、飴も光学的な機能を果たす形状にすることができれば光 MEMS としての機能を得られる。そこで、特にコーナーキューブプリズム型の再帰性反射材の形成を特に注目して、この目的に適した飴の原料選定並びに特定形状の形成手法を研究した。

(2) 飴製微細再帰性反射材

再帰性反射材とは、光源から入射した光に対し、光源方向に光をまっすぐ反射する光学素子のことである。自転車の反射板や道路標識に使用されており、自動車等のライトが当たると強く光を返すため、ドライバーが自転車や標識を認識しやすくなっている。この性質を利用して、カメラ付近に設置した光源で再帰性反射材を照射すると、カメラで撮影した画像で再帰性反射材が非常に明るく見え、この領域を検出することにより、コンピューターで対象の位置情報を簡便に取得することができるため、対象検出用のマーカー（目印）としても用いられている。

食品を素材とした光学素子は料理上に直接載せても問題が少ないという利点があり、これまで寒天製や飴製の再帰性反射材をマーカーとした料理上へのプロジェクションマッピングなどが提案されている。しかし、従来の研究ではコーナーキューブの一辺が 3mm の市販の再帰性反射材を鋳型として作成していたため、サイズが大きく食品の上に置くと存在感があり、演出の妨げとなる場合があった。そこで、飴を素材とする再帰性反射材の小型化に取り組んだ。具体的には、三次元リソグラフィ法により形成された一辺 50 μm の三角錐アレイを鋳型として飴により再帰性反射材を作成する手法を開発した。ここで利用した三次元リソグラフィ法とは、傾斜したステージに基板を固定し、一定速度で回転させながら斜めに露光を行う手法であり、通常のリソグラフィでは形成できない複雑な三次元構造を形成できる手法である¹⁾。

(3) 飴製二面コーナーリフレクタアレイ

近年では空中投影を可能とする光学素子として2面コーナーリフレクタアレイが提案されている。この光学素子は光源を下に設置することで対称位置への等倍の像を実像として結像させる光学素子であり、立体像であっても歪みなく結像することが可能である。

そしてこの光学素子を用いて料理上に空中像を掲示する演出手法を行うための物として飴を素材とする食べられる2面コーナーリフレクタアレイを提案・試作した。

市販の2面コーナーリフレクタアレイを原型として、食品用シリコン樹脂で型をとり、この樹脂製の型の中で飴を成形することで試作を行い、評価実験を実施することで研究を進めた。

(4) 飴製ライトパイプとその応用

ライトパイプは、全反射を利用して入射口から出射口まで光を伝達するものである。ただし、凹凸な面や屈折率が違う物体と接触している面では全反射の条件が崩れ、光が反射や屈折してラ

イトパイプの外側にも進むため、意図的に一部の表面に凹凸をつけて光を外側に散乱させて光源として用いることもある。ライトパイプも食べ物で形成することで料理の新たな演出を可能にすることが見込まれたため、その形成手法を開発するとともに評価実験を実施した。

(5) 寒天製光ファイバーとセンシング応用

University of Campinas (ブラジル) の Dr. Eric Fujiwara らの研究グループと共同で、寒天製光ファイバーの開発と、そのセンシング応用について研究を実施した。本研究課題は主に飴を材料とするデバイスに注目しているが、センシング応用については寒天にも利点があることが判明しつつある。そこで寒天を内部に特定形状の空洞を有するチューブ状に加工することで光ファイバーを形成する手法や、寒天製光ファイバーを利用したセンシング手法について研究した。

4. 研究成果

(1) 飴製光 MEMS 形成に適した成形手法の確立、並びに適した糖原料の選定

飴は融点が $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ と高く、この高温に耐え得る型として、本研究ではまず金型を用いて試作を行った。コーナーキューブ型再帰性反射材の金型をコーナーキューブが上になるように設置し、上から溶かした飴を流し込み常温で固めるという手順で試作を行ったところ、飴が金型に強く張り付いてしまい、離型が非常に困難となることが判明した。そこで、飴が触れた状態で固まった際にも取り外しが容易であり、高温に耐え得る型の素材を探したところ、食品用シリコン樹脂が合致した。

飴を作成するための食材は糖である。再帰性反射材の素材として透明度が高く光の減衰が少ないものが望ましいが、糖を高温に煮詰める際に茶色く着色するキャラメル化が起きることや、その後の冷却時に結晶化して飴の表面が複雑な凹凸形状となり表面が白濁することで、透明度が損なわれる事がある。より透明度の高い飴を作製する事が可能な素材を選定するため、グラニュー糖、上白糖、還元イソマルツロースの 3 種の糖について、再帰性反射材を作成した際のキャラメル化、結晶化の度合いについて調査を行い、還元イソマルツロースを用いて作製した場合に最も作製物の再帰性反射の度合いが高く、かつキャラメル化しにくい事が分かった。以上を通じて還元イソマルツロースが光 MEMS の原料として適していることを見いだした²⁾。

(2) 飴製微細再帰性反射材の研究開発

三次元リソグラフィ法により図 1 左に示すような一辺 $50\text{ }\mu\text{m}$ の三角錐アレイによる微細な再帰性反射構造を持つ鋳型を形成した。厚膜レジスト SU-8 を用いて三角錐アレイ構造を形成し、これを型にしてシリコンゴム PDMS で 2 回転写して負の型の鋳型を形成した。形成した鋳型の上にパラチニット(還元イソマルツロース)と水を入れ、電子レンジで加熱、真空チャンバーにより気泡の除去を行った後、常温で冷まし、湿度 40% のデシケーター内に保存

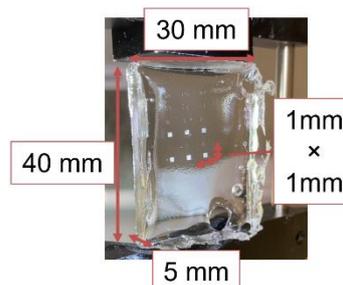
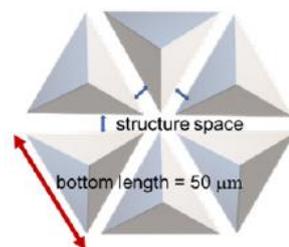


図 1 三角錐アレイ構造 (左) と試作品の写真 (右)

することで飴を成形した。成形した飴の写真を図 1 右に示す。飴表面の $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ の領域内に三角錐アレイが成形され、この部分だけ再帰性反射の機能を有することが確認できた。

(3) 飴製二面コーナーリフレクタアレイ

還元イソマルツロースを用いて飴製 2 面コーナーリフレクタアレイを作製した。元となる型としては市販のパリティミラー (パリティ・イノベーションズ) を使い、この形状を食品用シリコン樹脂で型取りして飴用の型を作成した。この型に還元イソマルツロースと水の混合物を流し込んで熱を加え熔融、冷却することで飴製 2 面コーナーリフレクタアレイを試作した。試作品の写真を図 2 に示す。

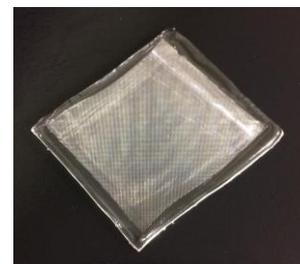


図 2 飴製 2 面コーナーリフレクタアレイ試作品

この試作品を利用して空中像投影実験を行い、空中像を投影できることを実証した。しかし、この試作品が投影する像は解像度が低く、デバイスに大きな収差があることが判明した。また、飴は空気中の水分を吸着する性質があり、試作品を空気中においておくと吸着した水分により微細なプリズムがとけて機能を失ってしまうことが判明した。

解像度の劣化の原因を調べたところ、プリズム自体の形成には問題なく、飴の表面全体に生じる歪みにあることが判明した。そこで、飴全体の歪みを防ぐ型の構造と、特に飴の裏面に対応する平面が精度よく形成できるような加工方法を新たに開発した。改善した加工法による試作品と、旧来の試作品の両方で解像力チャートを投影した結果を図3に示す。左の写真が旧来の試作品、右の写真が新たに開発した加工法によるもので、明らかに新たに開発した方が微細な縞まで結像できており、より高い解像力を実現できることが確認できた。



図3 解像度向上前（左）と後（右）の投影像

次に、空気中の水分による性能劣化の問題を解決するために、図4左に示すような飴製2面コーナリフレクタアレイと両面が平たんな飴の2枚の飴を重ねた二層構造の飴製2面コーナリフレクタアレイを提案・開発した。この構造にすることでプリズム面が水分を含む空気から遮断されて長時間の機能維持を可能にする。

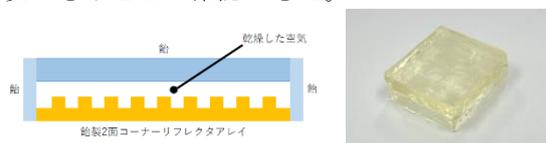


図4 二層構造の模式図（左）と二層構造試作品（右）

図4右に試作品の写真を示す。この2層構造の試作品と単層構造の試作品を空気中に設置して格子縞を投影させ、設置開始からどの程度の期間機能を保つことができるのかを測定した。2層構造の飴製2面コーナリフレクタアレイによる投影像は開始から120分後まで全て表示されている線を判別することが可能であることに対し、従来の飴製2面コーナリフレクタアレイによる投影像では10分経過した段階で線がぼやけ始め15分経過した段階で完全に線を判別することが不可能となった。このことから、2層構造は投影機能の長期間化を実現できることが確認された。

また、応用実験として、2層構造の飴製2面コーナリフレクタアレイとクッキーを組み合わせ、お菓子の家の中に映像が投影される実験を実施した。この結果を図5に示す。クッキーと飴を組み合わせたお菓子の家は透明な皿の上におかれ、その皿の下に置いたスマートフォンのディスプレイに表示されている映像が飴製コーナリフレクタアレイによって家の入口あたりに投影されて観察者から見えるようになる。クッキーの開口部にスマートフォンの映像が表示され、料理の演出に利用できることが確認できた。

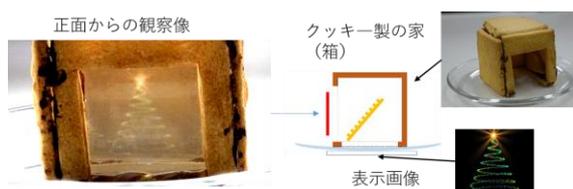


図5 料理の立体像投影による演出

(4) 飴製ライトパイプとその応用

ライトパイプも他のデバイス同様に食品用シリコンで市販のライトパイプの型をとり、その型を利用して飴を形成した。また、これとは別に、市販の実験用チューブを型として長いチューブ状のライトパイプを形成する手法も開発した。実際に試作した飴製ライトパイプと、型として用いた市販品をLED光源の上に設置して光らせた時の写真を図6に示す。図中左列が市販品、右列が飴で作成した試作品であり、元の市販品と類似した発光パターンを持つことから類似の機能を実現していることがわかる。また、チューブ状のライトパイプ試作品を用いて確かに遠方に光を伝達する能力があることも別に実験から確認した。実際に料理の演出に飴製ライトパイプを応用することを想定した応用実験として、ゼリーとケーキを光らせる演出を実施した。

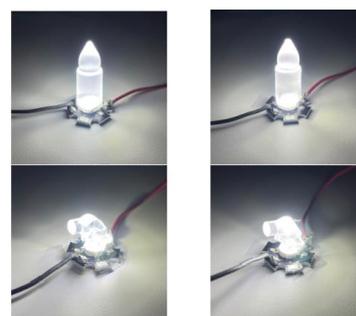


図6 市販のライトパイプ（左）と試作したライトパイプ（右）

透明感のあるゼリーと飴製ライトパイプを接触させ、飴製ライトパイプに上から光を入れることでゼリーを光らせる。光を入れた飴製ライトパイプに透明な物体であるゼリーを接触させると、接触部においてはライトパイプ外部の空間がゼリーとなるため屈折率が空気より高くなり全反射の条件を満たさなくなる。これにより、ゼリーとの接触部ではライトパイプ内部を進んでいた光が屈折してゼリーの内部の方向に進むことを利用している。実際に、皿にゼリーを盛り付け、ゼリーの中心にチューブ状の飴製ライトパイプを差し込んでゼリーと接触させ、飴製ライトパイプの上に光源であるライトガイドを接触させることでゼリーを光らせた。この様子を図7上に示す。比較のために下には情報から光を当てた場合の様子を図7下に示す。どちらも演出としての効果があると考え、ライトパイプを使うことで他の照明とは異なる効果を与えることができた。

ろうそく型のライトパイプを利用したケーキの演出実験も行った。従来よりケーキにろうそくを立てて演出することはよく実施されているが、安全管理や室内環境維持の観点から裸火の利用が難しい場合があり、このような場合は火以外の光源に代替する必要がある。このような事例を想定し、裸火を利用するろうそくの代わりに、ろうそく型のライトパイプをLEDで光らせる実験を行った。透明な皿の下に置いたスマートフォンのライトを光源として、ケーキの上に飾ったろうそく形の飴製ライトパイプまで、チューブ状と光を90°曲げる形の飴製ライトパイプで光の通る道をつくり、スマートフォンのカメラ用光源から光を入れてケーキを光らせた。この様子を図8上に示す。

食べられるライトパイプには飴で作成されているため、食品の上に配置しても安全に使用できる利点がある。しかし、食べられるライトパイプを使用するには、光を供給するためにLEDなどの光源をライトパイプの近くに配置しなければならない課題が存在する。そこで、前述の課題を解決するために、レーザーを光源として使用して離れた位置から光を供給する手法を開発した。この手法では、ライトパイプの光供給口を高速な画像処理で検出し、レーザーがそこに当たるようにガルバノミラーでその進行方向を高速に制御することで、遠隔地の光源からの光供給を実現するものである。また、光供給口の周囲に可食の再帰性反射材を配置することで、供給口の検出を容易にしている。この提案手法を利用して、ゼリー中に設置されたライトパイプに遠隔地から光共有して、ゼリーに光を導入した場合の実験結果を図8下に示す。

(5) 寒天製光ファイバーとセンシング応用

寒天製の光ファイバーの構築手法を開発し、寒天の濃度やファイバーの長さが光伝達特性に与える影響を計測した。さらに、寒天製の光ファイバーを利用した温度や湿度、外部から印加される力の計測や電流の計測が原理的に可能であることを実験から示した³⁾。

<引用文献>

- 1) 鈴木孝明, “3次元リソグラフィ技術を用いた微細加工,” 応用物理, vol. 89, no. 10, pp. 589-593, 2020, doi: 10.11470/oubutsu.89.10_589.
- 2) M. Sato, Y. Funato, and H. Oku, “Edible retroreflector made of candy,” 2019, doi: 10.1109/VR.2019.8798075.
- 3) E. Fujiwara, C. Cordeiro, H. Oku, and C. Suzuki, “Sensing with agar-based optical waveguides,” in *SPIE Future Sensing Technologies 2023*, May 2023, p. 31, doi: 10.1117/12.2666266.



図7 ゼリーにライトパイプから光を入れた場合(上)と上から照明した場合(下)

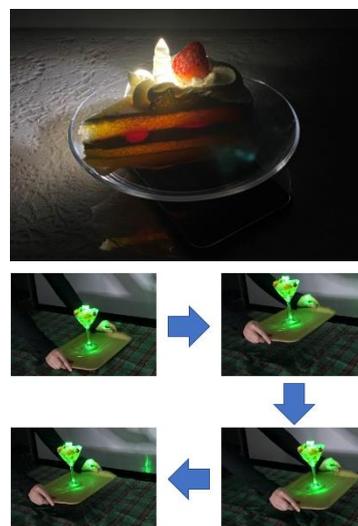


図8 ケーキをライトパイプで照明した様子(上)と遠隔から光を供給した様子(下)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 9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 Yamato Kazuki, Iuchi Masatoshi, Oku Hiromasa, School of Engineering, Utsunomiya University 7-1-4 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan, Graduate School of Science and Technology, Gunma University 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan	4. 巻 34
2. 論文標題 High-Speed and Low-Latency 3D Fluorescence Imaging for Robotic Microscope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1164 ~ 1174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p1164	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 Yamato Kazuki, Iuchi Masatoshi, Oku Hiromasa, School of Engineering, Utsunomiya University 7-1-4 Yoto, Utsunomiya, Tochigi 321-8585, Japan, Graduate School of Science and Technology, Gunma University 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan	4. 巻 34
2. 論文標題 High-Speed and Low-Latency 3D Fluorescence Imaging for Robotic Microscope	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1164 ~ 1174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p1164	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 Arai Kazuki, Oku Hiromasa	4. 巻 40
2. 論文標題 High Speed Light Sheet Microscope with Millisecond Control of Focus and Sheet Light	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 733 ~ 736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.40.733	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 Iuchi Masatoshi, Hirohashi Yuito, Oku Hiromasa	4. 巻 1
2. 論文標題 Proposal for an aerial display using dynamic projection mapping on a distant flying screen	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. the 30th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces	6. 最初と最後の頁 603 ~ 608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/VR55154.2023.00075	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 Sano Ryota、Koyama Kentaro、Fukuoka Narumi、Ueno Hidetaka、Yamamura Shohei、Suzuki Takaaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Single-Cell Microarray Chip with Inverse-Tapered Wells to Maintain High Ratio of Cell Trapping	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 492 ~ 492
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi14020492	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 Oku Hiromasa、Sato Miko、Funato Yuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Edible Retroreflector Made of Candy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 24749 ~ 24758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3155603	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 奥寛雅, 野村美友	4. 巻 50
2. 論文標題 食べられる光学素子 寒天を原料とした食べられるレンズ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 261
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 奥寛雅	4. 巻 32
2. 論文標題 光学的高速トラッキングに基づく卓球の光投影による演出手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 画像ラボ	6. 最初と最後の頁 19 ~ 24
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 Higuchi Shino, Oku Hiromasa	4. 巻 35
2. 論文標題 Wide angular range dynamic projection mapping method applied to drone-based avatar robot	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 675 ~ 684
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2021.1928550	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 柳田幸祐、飯田泰基、本間浩章、橋口 原、年吉 洋、鈴木孝明	4. 巻 141
2. 論文標題 3Dリソグラフィ法により作製した微細構造を接触界面に有するトライボ発電デバイス	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会論文誌 (E)	6. 最初と最後の頁 254 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.141.254	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 Fujiwara Eric, Cabral Thiago D., Sato Miko, Oku Hiromasa, Cordeiro Cristiano M. B.	4. 巻 10
2. 論文標題 Agarose-based structured optical fibre	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64103-3	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 奥寛雅, 佐藤美子	4. 巻 24
2. 論文標題 食材のみで構成される食べられる光学素子	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 液晶	6. 最初と最後の頁 166-172
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 -

〔学会発表〕 計42件（うち招待講演 8件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Eric Fujiwara, Cristiano Cordeiro, Hiromasa Oku, Carlos Suzuki
2. 発表標題 Sensing with agar-based optical waveguides
3. 学会等名 SPIE Future Sensing Technologies (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuki Funato, Suzuno Hayashi, Hiromasa Oku
2. 発表標題 Edible Light Pipe Made of Candy
3. 学会等名 the 30th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大竹彰悟, 奥寛雅
2. 発表標題 投影機能を長時間持続する食べられる2面コーナーリフレクタアレイとその応用
3. 学会等名 第27回一般社団法人情報処理学会シンポジウム インタラクシオン2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiromasa Oku, Masatoshi Iuchi
2. 発表標題 Aerial Displays Based on Dynamic Projection Mapping on Drones
3. 学会等名 The 29th International Display Workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥寛雅
2. 発表標題 ダイナミックイメージコントロールで描くメタパース
3. 学会等名 第29回レーザーディスプレイ技術研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiromasa Oku
2. 発表標題 Dynamic Displays based on High-Speed Optical Components
3. 学会等名 The 22nd International Meeting on Information Display（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥寛雅
2. 発表標題 ダイナミックイメージコントロールの新展開
3. 学会等名 一般社団法人光産業技術振興協会主催 2022年度OITDAセミナー「サイバー・フィジカル社会の実現に向けた光技術」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永井万都花，陳煜非，鈴木孝明，奥寛雅
2. 発表標題 三次元リソグラフィ法で製造した50um三角錐アレイ構造鋳型による餡製再帰性反射材の試作
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 船戸優希, 林鈴乃, 奥寛雅
2. 発表標題 食べられるライトパイプに対する非接触の光供給手法
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新井好明, 奥寛雅
2. 発表標題 無限運動錯視を誘起する映像が運動する状況を提示する投影系の開発
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井内将俊, 廣橋惟冬, 奥寛雅
2. 発表標題 遠方を飛翔するスクリーンへの動的プロジェクションマッピングによる空中ディスプレイの提案
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荻原 弘幸, 船戸優希, 奥 寛雅
2. 発表標題 1面投影と2面投影のストレス緩和効果における唾液 アミラーゼ活性の比較検証
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鳥羽翔, 久保佑輝也, 深野悠吾, 奥寛雅
2. 発表標題 1000volume/s高速体積型ディスプレイの双眼化
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎祥吾, 奥寛雅
2. 発表標題 ボール上への動的な2色光線投影による卓球の演出手法
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林鈴乃, 奥寛雅
2. 発表標題 飴製の食べられるライトパイプによる光る料理の提案と基礎評価
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井内将俊, 樋口詩乃, 奥寛雅
2. 発表標題 レーザーディスプレイを用いた遠方の動的対象へのプロジェクションマッピング手法の基礎検討
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深野悠吾, 鳥羽翔, 久保佑輝也, 奥寛雅
2. 発表標題 1000volume/s高速体積型ディスプレイにおける提示像と像提示位置の同時制御
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大竹彰悟, 奥寛雅
2. 発表標題 食べられる2面コーナリフレクタアレイの解像力向上にむけた形成手法
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chanrathnak Borann, Hiromasa Oku
2. 発表標題 MobileGoturns: Light-weight Deep Regression Networks for High-speed Visual Feedback System
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kota Morishita, Vivek Anand Menon, Gen Hashiguchi, Hiroshi Toshiyoshi, Takaaki Suzuki
2. 発表標題 Power generation characteristic of a metamaterial PVEH device with directional misalignment between external and device vibration
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint International Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosuke Yamada, Yuya Tanaka, Takaaki Suzuki
2. 発表標題 Development of single cell trapping method using centrifugal force for chromosome stretching analysis
3. 学会等名 2022 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint International Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野涼太, 小山健太郎, 上野秀貴, 山村昌平, 鈴木孝明
2. 発表標題 マイクロアレイと三次元微小構造ウェル内の流れ場による細胞操作
3. 学会等名 日本機械学会関東支部群馬ブロック研究・技術交流会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森下浩多, 田中有弥, 本間浩章, 橋口原, 年吉洋, 鈴木孝明
2. 発表標題 圧電ポリマー振動発電デバイスのインパルス加振に対する発電特性評価
3. 学会等名 日本機械学会関東支部群馬ブロック研究・技術交流会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田光将, 田中有弥, 鈴木孝明
2. 発表標題 遠心力を用いた細胞固定操作のためのマイクロ流体チップの設計
3. 学会等名 日本機械学会 第13回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小山健太郎, 佐野涼太, 田中有弥, 鈴木孝明
2. 発表標題 3Dリソグラフィ法を用いたマイクロアーチ構造アレイの作製
3. 学会等名 日本機械学会 第13回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森下浩多, 田中有弥, 本間浩章, 橋口原, 年吉洋, 鈴木孝明
2. 発表標題 圧電ポリマー振動発電デバイスのインパルス加振に対する発電特性
3. 学会等名 日本機械学会 第13回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口天, 上野秀貴, Vivek MENON, 田中有弥, 年吉洋, 鈴木孝明
2. 発表標題 三次元裏面露光を用いたUV-PDMS製マイクロ構造の作製
3. 学会等名 日本機械学会 第13回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐野涼太, 小山健太郎, 上野秀貴, 山村昌平, 鈴木孝明
2. 発表標題 細胞マイクロアレイの三次元構造ウェルの流れ場による細胞固定効率
3. 学会等名 日本機械学会 第13回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山博史, 山吉慧, 山田駿介, 森下浩多, 田中有弥, 橋口原, 年吉洋, 鈴木孝明
2. 発表標題 フレキシブル自己発電型摩擦帯電センサをトリガとしたイベントドリブンセンサ端末
3. 学会等名 電気学会 第39回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木孝明
2. 発表標題 3次元微細形状を有するポリマー振動発電デバイス
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会分科企画シンポジウム「マイクロ・ナノスケール微細加工の表面界面先端技術」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木孝明
2. 発表標題 3次元微細形状を有するポリマー振動発電デバイス
3. 学会等名 第16回グリーンシステム技術分科会 センシング技術応用研究会グリーンシステム技術(GST)分科会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 奥寛雅
2. 発表標題 高速光学デバイスによるダイナミックイメージコントロール
3. 学会等名 一般財団法人光産業技術振興協会 第461回光産業技術マンスリーセミナー(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 奥寛雅
2. 発表標題 光学的視線制御機構の原理と応用 - 撮像光学系を改造するには -
3. 学会等名 日本ロボット学会主催 第134回 ロボット工学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shino Higuchi, Hiromasa Oku
2. 発表標題 Wide Angular Range Dynamic Projection Mapping Method Applied to the Projection on a Flying Drone
3. 学会等名 ACM SIGGRAPH 2021 Posters (SIGGRAPH '21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chanrathnak Borann, Masaki Yamashita, Hiromasa Oku
2. 発表標題 Improving CNN-based Tracking Method for Visual Feedback System to Perform Online Tracking at 300fps
3. 学会等名 Optics & Photonics International Congress 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荻原 弘幸, 船戸 優希, 奥 寛雅
2. 発表標題 医療的ケア児の看護にむけた映像投影によるストレス軽減手法の基礎検討
3. 学会等名 26回一般社団法人情報処理学会シンポジウム インタラクシオン2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryota Sano, Kentaro Koyama, Narumi Fukuoka, Hidetaka Ueno, Shohei Yamamura, Takaaki Suzuki
2. 発表標題 Single Cell Microarray with Overhang Wells for Analyzing Calcium Response
3. 学会等名 The 25th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関口天, 市毛亮, 上野秀貴, 鈴木孝明
2. 発表標題 UV-PDMSのフォトリソグラフィによる微細加工特性の評価
3. 学会等名 日本機械学会 2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小山 健太郎, 佐野涼太, 福岡なるみ, 鈴木孝明
2. 発表標題 単一細胞マイクロアレイの初期細胞固定率を向上するウェル構造の設計
3. 学会等名 日本機械学会 第12回マイクロ・ナノ工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野涼太, 小山健太郎, 福岡なるみ, 上野秀貴, 山村昌平, 鈴木孝明
2. 発表標題 細胞脱落を抑制する微細構造ウェルからなる単一細胞マイクロアレイ
3. 学会等名 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門 (IIP部門) 講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 船戸優希, 奥寛雅
2. 発表標題 食べられる再帰性反射材の反射パターンに基づく位置姿勢基準マーカ
3. 学会等名 第25回一般社団法人情報処理学会シンポジウム インタラクシ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大竹彰悟, 奥寛雅
2. 発表標題 食べられる2面コーナリフレクタレイの提案と試作
3. 学会等名 第25回一般社団法人情報処理学会シンポジウム インタラクシ
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 鈴木孝明(分筆)(第8章、第2節)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 508
3. 書名 メタマテリアルの設計、作製と新材料、デバイス開発への応用	

1. 著者名 鈴木孝明(分筆)(第6章、第2節)	4. 発行年 2022年
2. 出版社 日本工業出版株式会社	5. 総ページ数 160
3. 書名 将来加工技術の展望	

〔産業財産権〕

〔その他〕

群馬大学奥研究室
<https://www.okulab.org/>
群馬大学マイクロナノ工学研究室
<https://mems.mst.st.gunma-u.ac.jp/>

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	鈴木 孝明 (Suzuki Takaaki) (10378797)	群馬大学・大学院理工学府・教授 (12301)	

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		
ブラジル	University of Campinas		