

# Edible lenticular: 可食レンチキュラレンズがもたらす可能性

吉本健義†<sup>1</sup> 宮下芳明†<sup>1</sup>

レンチキュラレンズを用いると、見る角度によって絵柄を変化させたり、立体感のある絵柄に変化させたりできる。著者らは、寒天を用いてレンチキュラレンズを作ることに部分的に成功した。これにより、見る角度によって色や模様が変わる料理が創作可能となる。このほか本技術が切り拓く可能性について本稿で考察する。

## 1. はじめに

人間の五感には視覚優位性があり、視覚が人間の味覚に及ぼす影響についてこれまで多く研究されてきた。プロジェクタやHMDを用いて食品の見た目を変化させることで人間の知覚する味に大きな影響を及ぼす事がわかっている。

画像に対して見る角度によって絵柄を変化させる光学特性をもつものとして、レンチキュラレンズがある。このレンズは薄いシートの上に微細な円筒状の凸レンズが並んだ構造をしている。複数画像を分割したものを交互に合成したレンチキュラ画像の上にレンチキュラレンズを重ねて見ることで、見る角度によって画像が切り替わるレンチキュラ効果を確認できる(図1)。レンチキュラレンズは両眼視差を生み出すこともできるため、裸眼立体視を得る用途にも使われる。ディスプレイや印刷物に貼り付けることで効果を生み出すため、Looking Glass[1]のような裸眼立体視型ディスプレイやポストカードや名刺などの小規模な印刷物に利用されている。

また、レンズや再帰性反射材などの光学素子を可食化する研究が進められている。可食光学素子の実現によって、食べることでできる光学系の実現や、食環境へのプロジェクションマッピングでの新たな表現可能性を広げることが期待されている[2][3]。しかし、筆者らが調べた限り、食べることでできるレンチキュラレンズについての研究はこれまでにされてこなかった。

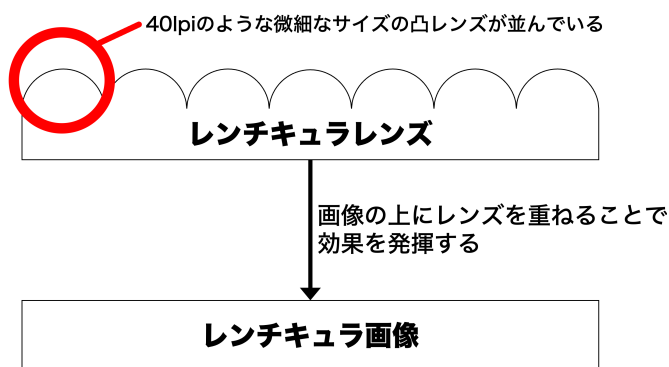


図1 レンチキュラ効果の仕組み

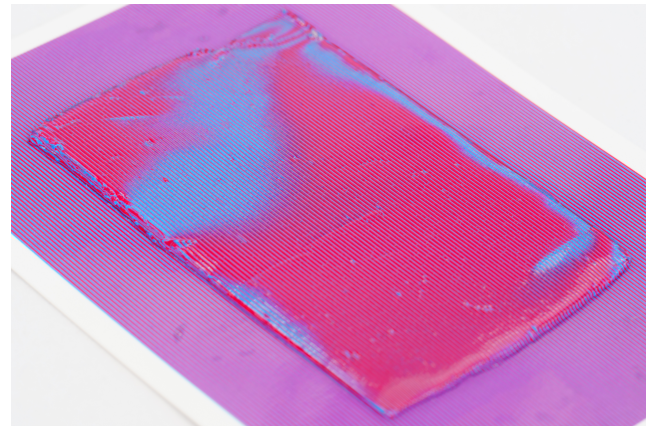


図2 可食レンチキュラレンズ  
見る角度によって、赤色と青色の画像に変化する。

前述の通り、プロジェクタやHMDを用いることで食材の見た目を変化させ、人々の知覚する味に影響を及ぼす研究は様々なものが試みられている。しかし、どれも通常の食環境では存在し難い特殊な装置を必要とする。

本研究の目的は、食べることでできるレンチキュラレンズを実現し、見る角度によって絵柄が変わったり、裸眼立体視を生み出したりする食材を実現することである。これにより、特殊な装置を使わずに見た目を変化する食材や食べることでできる立体映像、可食レンチキュラレンズを用いた姿勢検出マーカなどの実現が期待される。さらに、分子ガストロノミーのような、料理を解析することで料理に対して物理的、化学的な原理を適用させる分野への利用も期待される。

筆者らは寒天を素材とする可食レンチキュラレンズを作製することに部分的に成功した(図2)。本稿では、はじめに人間が知覚する味に対して見た目が及ぼす影響やレンチキュラレンズの光学特性、食べられる光学素子に関する研究を紹介する。その後、寒天を素材とした可食レンチキュラレンズの実装手法を説明し、その性質について述べる。最後に可食レンチキュラレンズ実現によって広がる可能性について議論する。

†1 明治大学

## 2. 関連研究

本章では、本研究の関連研究について、「見た目が味に及ぼす影響」, 「レンチキュラレンズの光学特性」, 「可食光学素子」の3点から紹介する。

### 2.1 人間が知覚する味に対して見た目が及ぼす影響

まず視覚が人間に及ぼす影響を調査した研究として鳴海らによるメタクッキーがある[4]。この研究は視覚・嗅覚・味覚の感覚間相互作用を利用し、HMDと嗅覚ディスプレイを用いて視覚情報と嗅覚情報を重畳することで、同じクッキーから感じる味を別の味に変化させるものである。実験の結果、被験者の約八割の人数がクッキーの味が変わったように感じている。

また、数野らが行ったゼリーの色が味覚の判別に与える影響を調査する研究がある[5]。これは代表的な色と香りを付与したゼリーを着色し、食前と食後の判別にどのような影響があるか調べたものである。実験の結果、視覚が及ぼす色のイメージによる先入観は味覚に影響があることが確認されている。

また、Narumiらによる、仮想的な色の重畳により化学組成を変えずに様々な味を体験できる疑似味覚ディスプレイがある[6]。その中で、オレンジジュースとりんごジュースの中間の甘さと酸味をもつ飲料を着色したものを被験者に飲ませ、味の感じ方を調べる実験が行われている。実験の結果、多くの被験者が黄色く着色された飲料に対してレモンやパイナップル、オレンジ色に着色された飲料に対してオレンジやピーチのジュースの味を感じたと答えている。この結果より、基本的な味の感じ方は変化しないが、味の解釈の仕方に影響を与えることが確認されている。

### 2.2 レンチキュラレンズの光学特性

#### 2.2.1 見る角度によって絵柄が変化する効果

レンチキュラレンズは見る角度によって絵柄が変化するという効果を持っている。この効果を利用した研究に島元らによるUVプリンタで造形可能なレンズアレイを用いた二次元レンチキュラがある[7]。これはUVプリンタで造形したレンズアレイをディスプレイや印刷物と組み合わせることで、視点に応じて二次元方向に画像が変化する情報提示を可能にしている。応用例として見る角度によって進行方向が変化したり、目線の高さによって漢字とひらがなを切り替えたりするインタラクティブな情報提示が可能な先行案内板がある。

また、田中らによるレンチキュラレンズを用いた姿勢検出のための視覚マーカがある[8]。これはレンチキュラレンズと白黒の縞模様を組み合わせることで視点方向に応じて変化する濃淡パターンを表示するマーカである。従来の平面視覚マーカは正対したときの姿勢計測精度が悪かったが、提案手法の視覚マーカを用いることで1軸周りの回転角度を安定かつ高精度に検出することができる。

#### 2.2.2 立体視を生み出す効果

レンチキュラレンズは各レンズに同じ角度で入射した光を並行に出射するという特性を持っている。この特性を利用して左右の目にそれぞれ違う画像を届けることで裸眼立体視を実現している。ディスプレイや印刷物にレンチキュラレンズを貼り付けるだけで手軽に立体視を得ることができるため、3Dディスプレイ開発にレンチキュラ方式の立体視はよく利用されている[9][10][11]。

### 2.3 可食光学素子

宇治らは、寒天を材料として再帰性反射材を作製した[12]。これはコーナーキューブ型再帰性反射材に寒天溶液を流し込む方法で作製している。実験の結果より、既存のビーズ型再帰性反射材に近い反射強度を持ち、カメラ用のマーカとして有効であることが確認されている。

その後の研究として、Okuらによる飴を材料とした再帰性反射材がある[13]。これは食品用シリコンでコーナーキューブ型再帰性反射材の型を取り、そこに飴を流し込む手法で作製している。寒天を材料とするものと比べて乾燥に強く、より長い効果時間を維持することが確認されている。

また、可食光学素子としてNomuraらは寒天を材料としたレンズを作製している[14]。これには7.13LP/mmの解像力があり、平凸レンズとして機能することが分かっている。

さらに、可食光学素子は教育の現場において光の屈折のような物理特性を安価に再現する際にも利用されている。Buntonはゼラチンを使ってレンズやプリズムや導光板を形作ることで光線の屈折を再現している[15]。これはゼラチンのシートをそれぞれの形に切り出す手法で作製している。この手法によって生徒たちは意図した形の光学素子を作製し、すぐにその結果を検証することができる。その後の研究として、Marioらはゼラチンを型に入れて成形する手法を提案している[16]。

## 3. 可食レンチキュラレンズの実装

### 3.1 素材

先行研究による食べられるレンズや再帰性反射材の作製の実例より、可食レンチキュラレンズの素材として寒天を使用した。寒天は透過率が高いことに加え、流動性を持たせることができるため、精密な型取りができる。この性質はレンチキュラレンズのような細かい構造を成形することに適しているといえる。また、寒天は日常的に使用する食材であるため、手に入りやすい。本研究では、かんてんぱぱ社の「お湯で溶ける粉末寒天」[17]を使用した。

### 3.2 作製手順

可食レンチキュラレンズの作製手順を以下に記述する。食品用シリコンでレンチキュラレンズの型をとり、シリコン型に寒天を流し込むことで作製する。

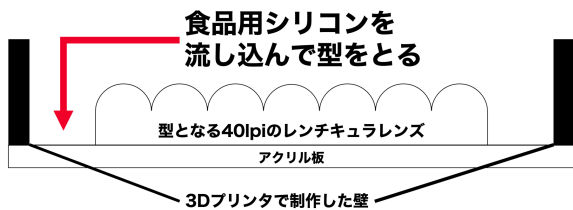


図 3 レンチキュラレンズの型取りの様子

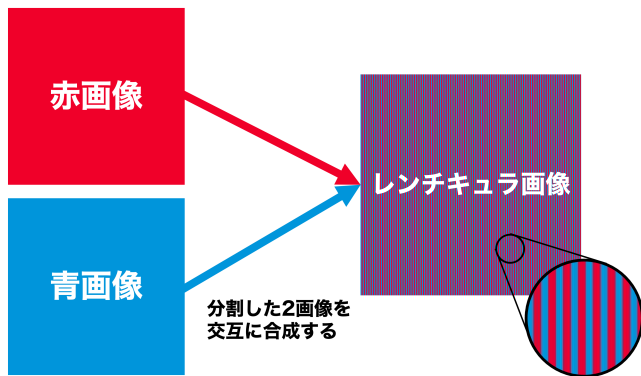


図 4 作成したレンチキュラ画像

- (1) まず、寒天を流し込むための型をつくる。本研究では、型の元となるレンチキュラレンズとして、40ppiのレンチキュラレンズを使用する[18]。アクリル板の上にレンチキュラレンズを囲むように3Dプリンタで製作した壁を置き、紙粘土で接着する。このときの壁の高さは食品用シリコンを十分に流し込めるように3.7cmにしている。その中にレンチキュラレンズを両面テープで固定する。その後、食品用シリコン[19]を流し込んで型を取る。この型取りの様子を(図3)に示す。
- (2) (1)で作製したシリコン型に、粉末寒天2gを90℃のお湯300mlで溶かした溶液を流し込み、机の上のような水平を維持できる場所に置く。
- (3) 爪楊枝のような細長いものを用いてシリコン型に入ってしまった気泡を取り除く。その後、寒天が凝固するまで放置しておく。
- (4) 寒天が凝固したらシリコン型から可食レンチキュラレンズを取り外す。

### 3.3 レンチキュラ効果の検証

印刷したレンチキュラ画像に可食レンチキュラレンズを貼り付けてレンチキュラ効果を検証した。レンチキュラ画像はサンデーフォトスタジオ[20]を用いて作成した。レンチキュラ画像は画像の切り替えがわかりやすいように、三原色の2つである赤と青を使った赤単色画像1枚と青単色画像1枚から構成されるようにした(図4)。レンチキュラ画像はエプソン製プリンタ(EW-5071FT)を用いて、エプソン製写真用光沢紙クリスピーに印刷した。この時の印刷設定はプリンタの最高画質のものにしている。

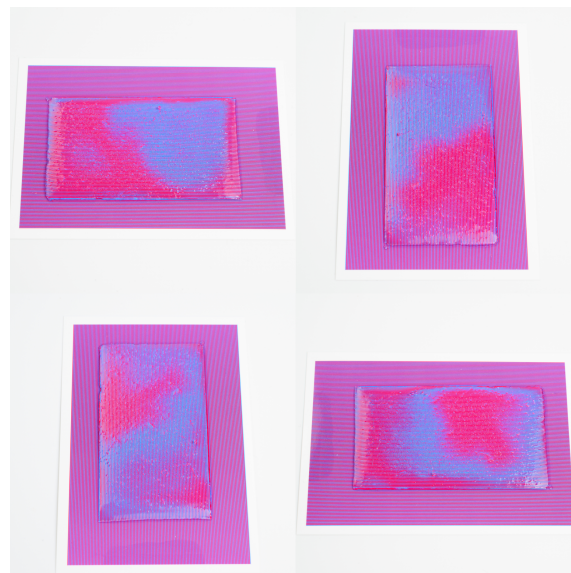


図 5 作製した可食レンチキュラレンズ同一のものを90度ずつ回転して撮影した。

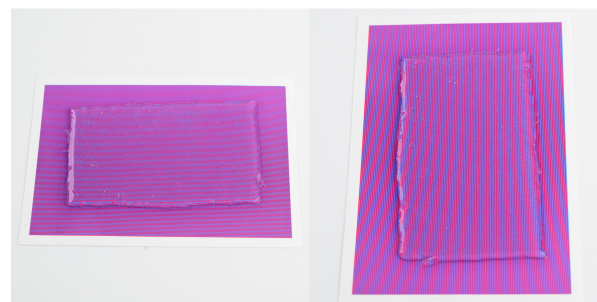


図 6 レンチキュラ構造を持たない寒天レンチキュラ画像の上に貼り付けて撮影した。

可食レンチキュラレンズを画像の上に貼り付けた結果、見る角度によって、赤と青が混ざった模様に変化する特殊な光学特性を持つことが確認できた。したがって、可食レンチキュラレンズが見る角度によって絵柄が切り替わる効果を持つことが検証された。図5に作製した可食レンチキュラレンズを90度ずつ回転して撮影したものを示す。また、図6にレンチキュラ構造をもたない厚さ2mmの寒天をレンチキュラ画像に貼り付けて撮影したものを示す。

本来のレンチキュラレンズであれば赤一色、青一色のようには画像が切り替わることが予想される。しかし、提案手法により作製された可食レンチキュラレンズでは2つの画像が混ざったような模様になっている。要因として、寒天の柔らかさによりレンズをシリコン型から外す際に寸法が歪んでしまった可能性や寒天を凝固する際に表面張力により底面が歪んでしまった可能性が考えられる。これらの課題は寒天と水の比率や寒天溶液の量を微調整することで改善されると考えられる。

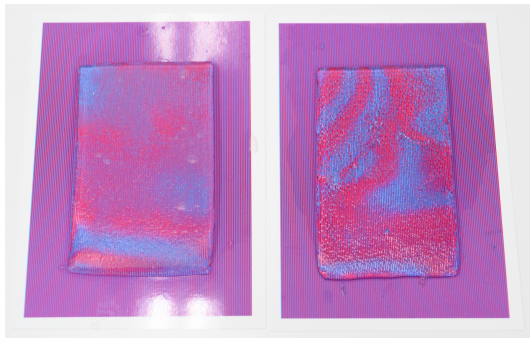


図 7 ショ糖の有無による可食レンチキュラレンズの比較  
(左：ショ糖なしのもの、右：ショ糖ありのもの)

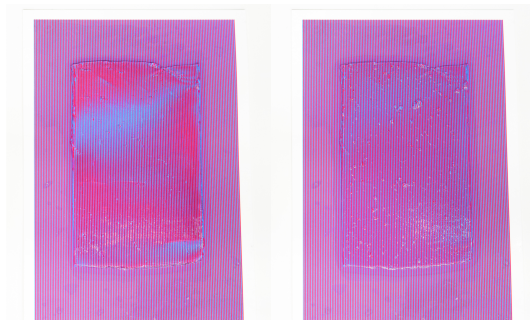


図 8 経過時間によるレンチキュラ効果の比較  
(左：作りたてのもの、右：76時間経過したもの)

## 4. レンズの性質

### 4.1 ショ糖を加えた時の変化

先行研究より、寒天にはショ糖を加えることで透過率が上がるという性質があることが分かっている[21]. そこで、先行研究で報告された比率に基づき、お湯 300ml に対してショ糖 100g、寒天 2g を加えた可食レンチキュラレンズを作製した. ショ糖を入れずに作製した可食レンチキュラレンズと比較したところ、レンズの透過率が増加し、画像の赤と青が混ざった模様が明瞭になり、画像自体のコントラストと彩度が増加したことが確認できた. この様子を図 7 に示す. 光学素子としてレンズの透過率は高いことが望ましいため、可食レンチキュラを作製する際、ショ糖を加えた方が良いという知見が得られた.

### 4.2 レンチキュラ効果の持続時間

作製した可食レンチキュラレンズについて、どのくらいの時間経過でレンチキュラ効果が失われるのかを調査した. 温度 24-27 度、湿度 65-80% に保たれた部屋の中に、4.1 節の手法でショ糖を加えた可食レンチキュラレンズを光沢紙の上に貼り付けた状態で放置した. 結果、シリコン型から可食レンチキュラレンズを外して約 76 時間後にレンズから水分が蒸発し、レンチキュラ効果が失われることが分かった. 図 8 に同一の可食レンチキュラレンズの経過時間によるレンチキュラ効果の比較を示す.

## 5. 可食レンチキュラレンズ実現による可能性

この章では、可食レンチキュラレンズを利用した具体的な応用例について議論する.

### 5.1 感覚間相互作用を利用した色の変化する食品

先行研究より、味覚に対して視覚が影響を及ぼすことが分かっている. 可食レンチキュラレンズを利用することで、プロジェクタや HMD などの機材を使わずに食品の見た目を変化させることができる. したがって、食べる向きによって色が変わる食べ物を実現することも可能である. 例えば、同じ味のクッキーでも食べる向きによってりんご味やレモン味などに、ユーザーが知覚する味が変わる食べ物を実現される可能性がある. 視覚が人間の知覚する味に影響を与える点に着目すると、赤色や黄色など、ユーザーが具体的な果物を連想しやすい色が望ましい.

### 5.2 食べられる立体画像

我々はものを食べるときに対象の食べものを見て、匂いをかぎ、口に入れて味わい、食感を楽しみ、咀嚼音を聞くといった様に五感を最大限に活用した営みをしている. ディスプレイとは実在するものが目の前に無くとも、五感のそれぞれの感覚に適した形で再現することによって、実在しているとユーザーに知覚させるものである. 味覚を再現したディスプレイとして宮下の液体噴霧混合式味ディスプレイがある[22]. これは味を提示する液体を透明なフィルム上に噴霧することにより、画面を直接舐めることで味を体験できるディスプレイを実現したものである. この味ディスプレイは舐めたときだけでなく、飲み込むまで味が継続される. また、裸眼立体視による 3D 表示は、人々にとって目の前に存在しないものでも存在しているかのように知覚させることができる. 著者らは可食レンチキュラレンズと宮下の提案手法を組み合わせることによって視覚と味覚を再現する「食べられる立体画像」を実現することができると考えている. これにより、ユーザーの目の前に存在しない食べ物でも、そこに存在するかのごとく見ることができ、味わうことが可能になる. 食品の見た目を再現したものとして、関連研究に食品 3D プリンティング分野がある[23]. 代表的なものに山形大学、世紀株式会社らによる食品 3D プリンタがあり、これは従来の 3D プリンタのフィラメントのようにペースト状の食材を用いることで、任意の形、食感の食品の造形を可能にしている[24]. しかし、味を再現することはできていない. 食べ物の視覚と味覚を同時に再現する点で「食べられる立体画像」には新たな可能性があると考えている.

### 5.3 可食レンチキュラレンズを用いた姿勢検出のためのマーカによる可能性

先行研究より、レンチキュラレンズを姿勢検出のためのマーカとして利用する事例がある[8]. 可食レンチキュラレンズを利用することで食品への応用が可能になるため、食

べ物についての位置や姿勢をより安定かつ高精度に検出可能になることが期待される。これにより、クッキーのような小さな食べ物を持ち上げた際の持ち上げた食べ物に対するプロジェクションマッピングをより高精度に行うことが可能になると考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、寒天を用いた可食レンチキュラレンズを製作し、その性能について報告した。また可食レンチキュラレンズの実現による可能性についても議論した。提案手法では視点によって絵柄が変わることは確認できたが、完全に絵柄が変わるレンチキュラ効果は確認することができなかった。しかし、寒天と水の比率や寒天溶液の微調整によって改善されると考えられる。

今後は、5章で述べた可食レンチキュラレンズの応用や、他の素材を用いた可食レンチキュラの検討、造形精度の向上などについて調査していきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) Looking Glass Factory: 裸眼で感動の3D映像。Looking Glass ホログラフディスプレイ, 入手先 ([https://www.makuake.com/project/lookingglass\\_gen2/](https://www.makuake.com/project/lookingglass_gen2/)) (参照 2022-07-03)
- 2) 鳴海拓志, 松尾守人, 櫻井翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 食卓へのプロジェクションマッピングによる食の知覚と認知の変容～天ぷらを例題として～, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.23, No.2, pp.65-74 (2018)
- 3) チームラボ: Moon Flower Sagaya Ginza, 入手先 (<https://moonflower-sagaya.com/>) (参照 2022-07-03)
- 4) 鳴海拓志, 谷川智洋, 梶波崇, 廣瀬通孝: メタクッキー: 感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討 (<特集>香り・人・システム), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15, No.4, pp.579-588 (2010)
- 5) 数野千恵子, 渡部絵里香, 藤田綾子, 増尾侑子: ゼリーの色が味覚の判別に与える影響, 実践女子大学生活科学部紀要, 43号, pp.1-7 (2006)
- 6) Takuji Narumi, Munehiko Sato, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: Evaluating cross-sensory perception of superimposing virtual color onto real drink: toward realization of pseudo-gustatory displays, In Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference (AH '10), Article 18, pp.1-6 (2010)
- 7) 島元諒, 塚田浩二: カスタマイズ可能な二次元レンチキュラを用いた多視点情報提示手法の提案, WISS2020 予稿集, pp.25-30 (2020)
- 8) 田中秀幸, 角保志, 松本吉央: レンチキュラーレンズを用いた姿勢検出のための視覚マーカ, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011)論文集, pp.504-511 (2011)
- 9) 山田千彦: レンチキュラー板三次元画像における立体感, 日本写真学会誌, 54巻, 1号, pp.65-71 (1991)
- 10) 一ノ瀬進: レンチキュラシートを用いた3次元ディスプレイ技術の開発, 光学, 第20巻, 第11号, pp.39-40 (1991)
- 11) 池田匡視, 宮崎貴大, 岡崎直直: 3Dディスプレイにおける立体視可能領域最適化に関する研究, 宮崎大学工学部紀要, 第41号, pp.205-212 (2012)
- 12) 宇治貴大, 奥寛雅: 食べられる再帰性反射材の提案と試作, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.4, pp.535-543 (2017)
- 13) Hiromasa Oku, Miko Sato, Yuki Funato: Edible Retroreflector Made of Candy, IEEE Access, Vol.10, pp.24749-24758 (2022)
- 14) Nomura Miyu, Oku Hiromasa: Edible lens made of agar, Optical Review, Vol.27, pp.9-13 (2020)
- 15) Bunton Patrick: Edible optics: Using gelatin to demonstrate properties of light, The Physics Teacher, Vol.35, pp.421 (1997)
- 16) Mario Branca, Isabella Soletta: Construction of Optical Elements with Gelatin, The Physics Teacher, Vol.41, pp.249 (2003)
- 17) かんてんばば: お湯で溶ける粉末寒天 10袋入, 入手先 (<https://shop.kantenpp.co.jp/shopdetail/000000001782/>) (参照 2022-07-03)
- 18) レンチキュラー専門店レンチ屋: 【40lpi】名刺小サイズレンチキュラーレンズ, 入手先 (<https://lentiya.com/?p=1030>) (参照 2022-07-03)
- 19) エングレービングジャパン: HTV-2000, 入手先 (<http://www.engravingjapan.com/>) (参照 2022-07-03)
- 20) サンデーフォトスタジオ: 入手先 (<http://www.kumagaya.or.jp/~mcc/sw/download.html>) (参照 2022-07-03)
- 21) 長澤千達, 水品陽子: 寒天レンズの透明度について, 福島大学教育実践研究紀要, 第12号, pp.9-14 (1987)
- 22) 宮下芳明: 液体噴霧混合式の味ディスプレイの試作, 第29回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2021)論文集, pp.121-127, 2021.
- 23) 堀内真美, 赤地利幸, 川上勝, 古川英光: 3Dフードプリンターによる介護食の造形および造形物評価, 日本食品工学会誌, Vol.22, No.1, pp.12-16 (2021)
- 24) SWEL-ソフト&ウェットマター工学研究室: 3Dフードプリンティング, 入手先 (<https://swel.yz.yamagata-u.ac.jp/wp/3d-food-printing/>) (参照 2022-07-22)