



# 食べられるレンズの試作

野村美友<sup>1)</sup>, 奥寛雅<sup>2)</sup>

1) 群馬大学 理工学部 電子情報理工学科 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1, t15304092@gunma-u.ac.jp)

2) 群馬大学 大学院理工学府 電子情報部門 (〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1, h.oku@gunma-u.ac.jp)

**概要:** 本研究では, 光学素子である単レンズを, 食品を用いて作製することにより, 食べることの出来るレンズを提案する. 光学レンズは, 光学系の形成に使用される. 光学レンズと同等の働きを持つ食べられるレンズを作製することにより, 食べられる光学系を組むことが可能になると期待される. これを実現するために, 食べられる再帰性反射材の作製で実績のある寒天を用いて食べられるレンズを試作した.

**キーワード:** 可食, レンズ, 寒天

## 1. はじめに

近年, 可食アクチュエータ[1]や食べられる再帰性反射材[2]といった, 物の可食化の研究が進んでいる. 食べられる再帰性反射材の材料として使用されている寒天は, 可視光について高い透過率を持ち, 糖の濃度によって高い屈折率を得ることができ, さらに型を利用して高い精度で形状を制御できる[2]. これらは光学素子の素材として適した性質であり, そのために実用的な再帰反射効率をもつ食べられる再帰性反射材が実現されたと考えられる.

このことは, 寒天は再帰性反射材以外の光学素子の素材としても適していることを示唆している. 光学系を構成する最も主要な光学素子はレンズである. 特に, 球面レンズは最も基本的な光学系の構成要素であり, カメラレンズ, 投影レンズ, 望遠鏡, 顕微鏡など, ほぼすべての光学系について基本的な構成要素となっている. もしも寒天を利用して球面レンズが実現できるのであれば, 多様な光学系を可食にできる可能性があり, 新たな医療機器の実現などが期待される.

そこで本研究では, 寒天を用いて基本的な光学素子である単球面レンズを作製し, その性能を評価した結果を報告する.

## 2. 食べられるレンズ

本研究では, 食べられる再帰性反射材を製作するのに利用していた手法に基づいて, 単レンズを試作することとした. 基本的には既製品の単レンズの球面を型として利用し, そこに寒天の水溶液を流し込んで冷却・凝固させている. 以下に試作方法の詳細を示す.

### 2.1 材料

食べられるレンズの材料は, 寒天, 水, グラニュー糖である. また材料の重量比は, 以下である.

寒天: 水: グラニュー糖=1: 28: 50

### 2.2 作製方法

食べられるレンズの作製手順を記述する. また, 作製したレンズを図 1 に示す.

- (1) 沸騰したお湯に寒天を加え, 攪拌しながら加熱する.
- (2) 寒天が融解したら, グラニュー糖を攪拌しながら加え, 加熱する.
- (3) 完全に融解したら, 加熱を止めて気泡の層を取り除く.
- (4) シャーレに光学レンズとガラス板を支えるものを置き, その上から溶液を流し込む.
- (5) 光学レンズを覆うようにガラス板を置き, 冷却する.
- (6) 完全に凝固したら, ガラス板, 支え, 光学レンズを取り除く.

本研究では, 食べられる平凸レンズを作製するため, 型となる光学レンズは, 曲率半径-19.62mm の平凹レンズ (Edmond Optics 47-911) を使用し, その凹面が試作する寒天レンズの凸面となるようにした.



図 1: 寒天を用いて作製した平凸レンズ

Miyu NOMURA, and Hiromasa OKU

### 3. レンズの性能

#### 3.1 屈折率

レンズの材料として利用した寒天溶液がゲル化した素材の屈折率を、屈折率計(京都電子工業 RA-600)を用いて測定した。なお測定は、レンズ作製時の溶液を使用し、測定温度は摂氏 20.0 度で行った。測定結果は、1.4831 であった。

#### 3.2 焦点距離

作製したレンズの焦点距離を、測定した屈折率より算出した。レンズの作製に使用した光学レンズより、食べられるレンズの曲率半径は 19.62mm である。よって、作製したレンズの焦点距離は 40.62mm である。

#### 3.3 解像力

作製したレンズの解像力を調べた。また比較対象として、焦点距離が 40.0mm の球面平凸レンズの解像力を調べた。解像力は解像力測定用の標準チャートを被検レンズで結像し、その像の鮮明さから測定した。

##### 3.3.1 実験環境

レンズの配置について、図 2 に示す。チャートから焦点距離の 2 倍離れた位置にレンズを配置し、像をカメラで撮影して解像力を調べた。レンズの公式より、結像位置は焦点距離の 2 倍の位置であり、この時の横倍率は-1.0 である。また、実験は卓上暗室(アズワン ADR-D1)の中で行った。なお、光源とチャートについては以下のものを使用した。

- ・光源：MEGAKIGHT100 (HOYA-SCHOOT)
- ・チャート：USAF 1951 Target (Edmond Optics)

また、カメラについては本体(XIMEA MC023CG-SY-UB)に、倍率 0.4 の C マウントマクロレンズと 5mm のスペーサーを取り付け、倍率 0.49 のカメラとして使用した。さらに、作製したレンズの端に不要部があるため、食べられるレンズでの実験は、レンズと像の間に厚紙を用いて作製した直径 25mm の絞りを置いた。3.2 の食べられるレンズの焦点距離と図 3 のレンズと像の関係より、レンズから像までの距離は 80.24mm である。光の波長を 546nm とすると、絞りの直径は 25mm であるので、レイリーの定義による解像力の限界値は、 $2.19\mu\text{m}$  である。

##### 3.3.2 測定結果

測定時に、撮影した画像を図 3 に示す。光学レンズの解像力は、20.2LP/mm であった。一方、作製したレンズの解像力は、5.04LP/mm であった。よって、作製したレ

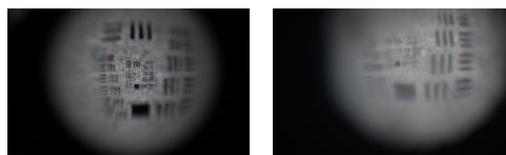


図 3:チャートを撮影した写真  
(右：光学レンズ，左：食べられるレンズ)

ンズは、ある程度の解像力を持つことがわかる。また、作製したレンズは、光学レンズに比べて解像力が低いことがわかる。光学レンズと試作したレンズともに光軸から離れた位置の縞が歪んでいるが、これは比較的焦点距離の短い単レンズで結像していることによる歪曲収差によるものと考えられる。さらに、作製したレンズは結像性能が悪いことがわかる。この原因として、食べられるレンズの作製時に、レンズ部に気泡が混入したことや、光学レンズほどの硬度を持たないため、重力によってレンズが歪んでしまったことによる表面形状の悪化が考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、寒天を材料とした食べられるレンズを試作した。実験の結果より、食品を材料としながらも、解像力を持ち、単球面レンズとして使用することが可能であることが確認できた。このことから、例えばこの食べられるレンズを用いた可食光学系の設計が期待される。今後、食べられるレンズを用いた光学系の可食化や医療分野への応用を目指して研究を進める予定である。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 JP18K19799 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] J. Shintake, H. Sonar, E. Piskarev, J. Paik, and D. Floreano, "Soft Pneumatic Gelatin Actuator for Edible Robotics", Mar. 2017.
- [2] 宇治貴大, 張依婷, 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.

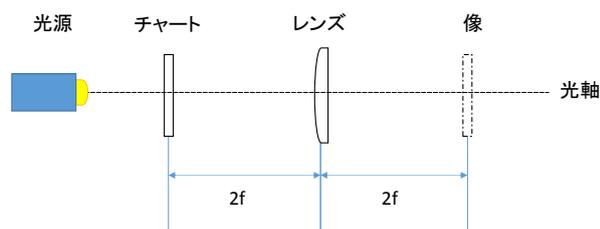


図 2: レンズと像の関係図 (f: 焦点距離)