

飴を材料とする食べられる再帰性反射材の提案と試作

佐藤美子¹ 船戸優希¹ 奥寛雅¹

概要：本研究では、カメラ用のマーカーなどとして利用される再帰性反射材を、飴を用いて作製することで食べられる光学デバイスを提案する。従来の食べられる再帰性反射材は寒天とグラニュー糖と水を用いて作製されていたため、乾燥に弱く短時間で再帰性反射材としての機能を失ってしまうものであったが、飴は乾燥に強い材料のため、再帰性反射材を作成することができたならば長時間の使用に耐えられることが期待できる。よって飴を用いて食べられる再帰性反射材を試作し、光学デバイスとしての性能を評価した。

1. はじめに

近年、立体物の表面にプロジェクターで映像を投影するプロジェクションマッピングという技術が注目されている。従来は静止した壁面などが投影対象として利用されてきたが、最近はプロジェクションマッピングを食品へ応用しようという試みも盛んになってきた[1][2]。実際にプロジェクションマッピングを行うためには、投影対象の距離や姿勢などの情報を知ることが必要になる。特に投影対象が食品の場合は、環境や作り手によって形状が異なるため、画像処理のみから位置を知ることは困難である。

そこで、食品の位置の情報を容易に得る方法として、食品の上や近くに食べられる再帰性反射材を置くという手法が提案されている[2][3]。再帰性反射材とは、光源から入射した光に対して光源方向に向けてまっすぐ光を反射させる光学デバイスである。これを食品の上や近くに置き、カメラの近くに設置した光源から光を照射すると、カメラの画像中で再帰性反射材が非常に明るく見えるため、その明るい領域を検出することにより、食品の位置の情報をコンピュータで認識することができる。従来の再帰性反射材は不可食なガラスやプラスチック製であったが、これを食品からのみ形成することで、料理の上においても無害で安全に利用することができるようになる。

しかし、従来の食べられる再帰性反射材は、寒天とグラニュー糖と水からなるため乾燥に弱く、条件にもよるが40分ほどの使用で再帰性反射材としての機能を失ってしまうという欠点があった[2]。

そこで本論文では、飴を材料とする食べられる再帰性反射材を提案し、その作成方法を報告する。また、試作した飴製食べられる再帰性反射材の反射特性を評価した結果を報告する。

2. 食べられる再帰性反射材

従来提案されている食べられる再帰性反射材は、透明な食材をコーナークューブプリズムアレイ形状に形成するこ

とで再帰反射を実現するものであり、ゼリー状の食材を比較した結果、寒天を利用したものが提案・報告されている。しかし、寒天は水分を高分子によって保持することでゼリーの形状を保つため、水分の蒸発とともに反射性能が劣化することがわかっており、特に日本の冬場における暖房した室内のように乾燥した環境でその劣化が著しく早まることが問題となっていた。これはおそらく乾燥により形状変化が引き起こされていることが原因ではないかと推測される。

ここであらためて食べられる再帰性反射材の素材を選定する際の必要条件を以下に示す。

- ① 食べることが可能であり、毒性などが無いこと
- ② 透過率が高く、光の減衰が少ないこと
- ③ 高屈折率で光の反射率が高いこと
- ④ 流動性を持たせることなどで型に流し込むことが可能であり、何らかの操作で凝固してコーナークューブ形状を精密に形成、維持することが可能であること

これらの条件に加え乾燥に強いことを条件に加えると、素材の候補として飴が考えられる。飴により光学素子を作成することは、従来特に光学教育の一環として提案や実践されてきた[4][5]。しかし、再帰性反射材の作成を試みた例は著者らの知る限りない。実際従来の食べられる再帰性反射材の検討時にも候補として飴が上がっていたが、高温な融点が型として利用するプラスチックと適合せずに候補から外されていた[2][3]。そこで、飴を用いて再帰性反射材を作成する手法を改めて検討した結果、その作成に成功したので以下に報告する。

3. 作製方法

3.1 使用食材

飴を作成するための食材は糖であるが、中でもはちみつなどに含まれるイソマルト糖を還元した還元イソマルト糖が光学素子の形成に適している。この糖は二糖の低カロリー甘味料として流通し、パラチニットなどの商品名で知られている。グラニュー糖などの通常の糖に比べ高

¹ 群馬大学

温に煮詰めてもキャラメル化しにくく、透明度があるという特徴がある[6]。2で挙げた再帰性反射材の必要条件への整合性が高く、より劣化しにくい食材であるとして本研究では還元イソマルツロースを用いて飴製再帰性反射材を作製する。

3.2 再帰性反射材の構造

再帰性反射材の構造としては、主にガラスビーズ型とコーナーキューブ型の2種類がある。ガラスビーズ型の再帰性反射材を作製するためには、素材が高屈折率であることが必要となるが、飴の屈折率は1.52程度と低い。そのため、本研究ではコーナーキューブ型の構造で再帰性反射材を作製する。コーナーキューブ型の再帰性反射材は、精密な3枚の平面をそれぞれ直角に組み合わせて頂点を作る形状から成り、それぞれの面で全反射が行われることで光源方向に光を反射する構造である。飴でこの構造を実現するために、市販のコーナーキューブ型再帰性反射材の型を食品用シリコンで取り、そこに飴を流し込むという手法を取る。実際に作製したシリコン型を図1に示す。

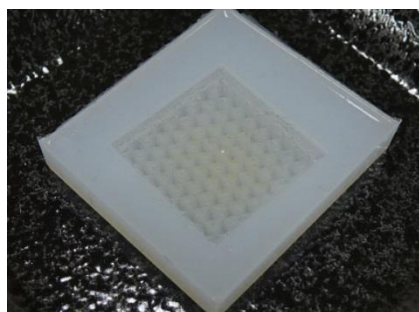


図1 コーナーキューブ型再帰性反射材のシリコン型

3.3 作製手順

飴製再帰性反射材の作製手順は図2に示すとおりであり、その詳細を以下に述べる。また、作製した再帰性反射材を図3に示す。

- (1) 食品用シリコン(エングレーピングジャパン HTV-4000)で市販のコーナーキューブ型再帰性反射材の型を取る
- (2) (1)で作製したシリコン型の上に還元イソマルツロース6g、水1.5gを置き、飴がキャラメル化しない程度に型ごと電子レンジにより加熱する
- (3) 飴を均一に冷却し、凝固したらシリコン型から飴を外す

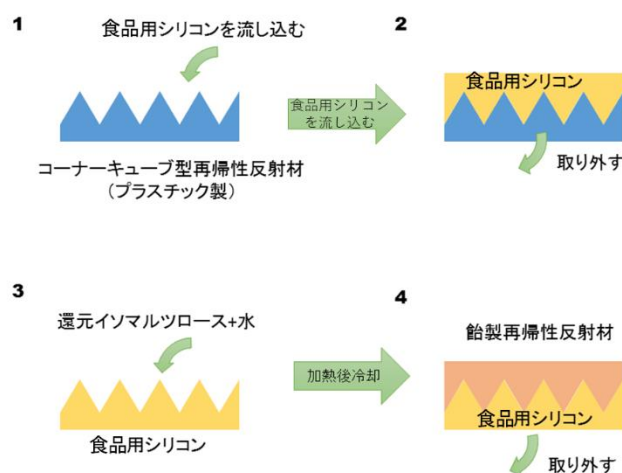


図2 作製手順

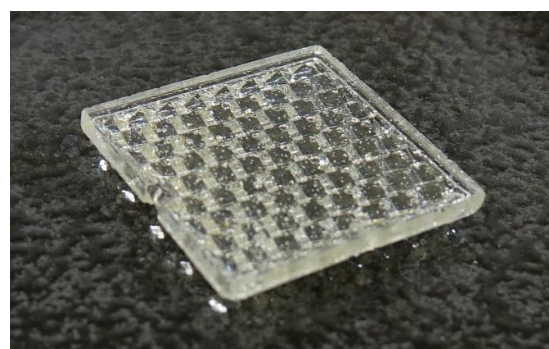


図3 飴製再帰性反射材

4. 性能評価

4.1 屈折率測定

今回試作に用いる還元イソマルツロース飴の屈折率を屈折率計(京都電子工業 RA-600)により計測した。今回用いた屈折率計は測定するガラス面に測定対象が密着する必要がある。これを実現するため、測定温度の設定を摂氏75度とし、溶融した飴が固化しないうちに測定することとした。測定結果は1.5266であった。

4.2 反射照度測定実験

作製した飴製再帰性反射材がどのような角度にどれだけ光を反射しているのか、その強度を照度計(アズワン LM-331)、光源(HOYA-SCHOTT MEGALIGHT100)、卓上暗室(アズワン ADR-D1)を用い、測定を行った。実験方法は、パラメータとして光源と飴製再帰性反射材を結ぶ直線と飴製再帰性反射材の法線との成す角を入射角、光源と飴製再帰性反射材を結ぶ直線と飴製再帰性反射材と照度計を結ぶ直線との成す角を観察角として、これらを変化させて各角度での照度を測定した。測定条件として、光源による被測定対象位置での照度を411lux、光源から飴製再帰性反射材までの距離を660mmとした。

まず、入射角を0度に固定し、観察角を±(60, 40, 20, 10, 5, 4度)と変化したときの照度を測定した。比較のため、飴製再帰性反射材を配置していないときについても測

定を行った。結果を図 4 にグラフとして示す。結果から観察角が 4 度のときに最大値 27lux をとり、光源の 7% 程度を反射していることがわかる。また、観察角の角度が大きくなるにつれ照度が低下し、正負両側とも 10 度以上のほぼ全域において飴製再帰性反射材を配置していないときと照度と変わらず反射が見られないことより、飴製再帰性反射材は再帰性反射をしていると言える。

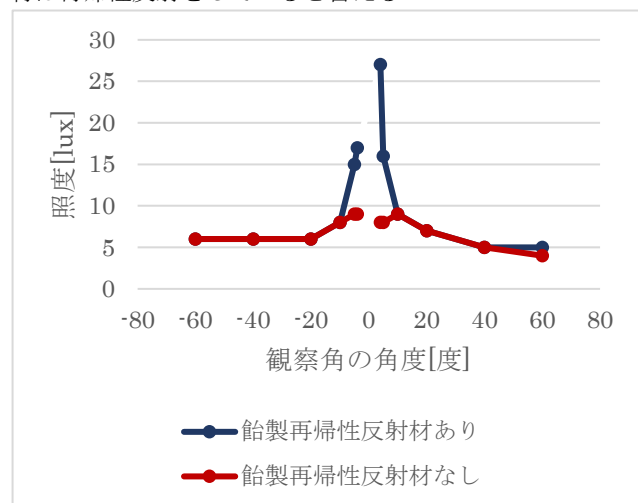


図 4 観察角を変えたときの照度

次に、観察角を 4 度に固定し、入射角を 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 度と変化させたときの照度を測定した。結果を図 5 に示す。参考に、観察角 4 度において飴製再帰性反射材を配置していない時の照度 8lux を赤線で示した。結果より、入射角 0 度のときに最大値 27lux をとることがわかる。また、入射角の角度が大きくなるにつれ照度が低下し、45 度では飴製再帰性反射材を配置していないときの照度とほとんど変わらないことがわかる。

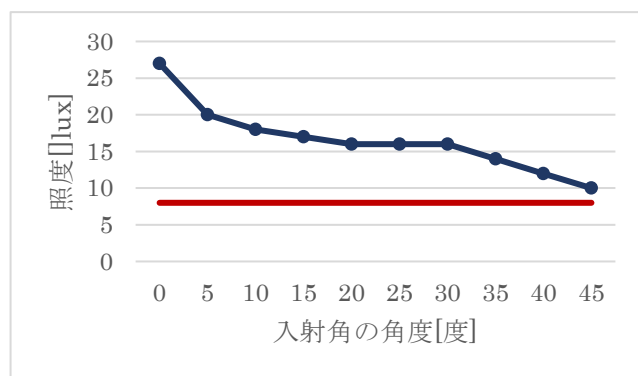


図 5 入射角を変えたときの照度

4.3 同軸落射照明下での画像計測実験

作製した飴製再帰性反射を、光源（EPSON 4950WU）とカメラ（Photoron IDP-ExpressR200）、レンズ（Fujinon TVILens HF25HA-1B）をハーフミラーを介して光学的に同軸上に設置したシステムを用いて撮影した。飴製再帰性反射材に対する入射角はおおむね 0 度であった。その結果を図 6 に示す。図の中央に配置したものが飴製再帰性反射材である。比較のため、図の左側にビーズ型再帰性反射材を、

また、右側に寒天製再帰性反射材を配置した。ここで用いたビーズ型再帰性反射材にはパターンがついているが、他の実験で用いていたものを流用したためであり、本論文には関係がない。

図 6 について、それぞれの再帰性反射材全体の領域における画素値の平均を算出した。ビーズ型再帰性反射材は、パターン以外の領域について行うこととした。結果は、飴製再帰性反射材は 127.583、ビーズ型再帰性反射材は 193.156、寒天製再帰性反射材は 124.542 であった。飴製再帰性反射材は、ビーズ型再帰性反射材には及ばないが十分な強度で光を反射していることが確認できた。これにより、飴製再帰性反射材は光学デバイスとして再帰性反射の性質を持ち、カメラ用のマーカーとしても有効である。

また、図 6 から分かる通り、現状の飴製再帰性反射材はコーナーキューブ毎に明るさにむらがある。実際に、より強く光を反射しているコーナーキューブ 1 つの領域において画素値の平均を算出したところ、254.917 であった。このため、今後素子の改善を行うことで、飴製再帰性反射材全体において反射する光の強度が強くなる可能性があると言える。



図 6 カメラで撮影した結果

4.4 入射角による反射強度の変化

4.3 と同じシステムを用い、飴製再帰性反射材に対する入射角を変化させたときに、どの程度反射材全体において反射する光の強度が変わるのか実験を行った。

結果を図 7 にグラフとして示す。横軸は光軸に対する角度、縦軸は反射材全体における画素値の平均である。結果より、入射角 0 度のときに最大値 139.766 をとることがわかった。入射角度が大きくなるにつれて画素値の平均が低下している原因としては素材の屈折率の低さが考えられるが、解析は今後の課題である。また、0 度における画素値の平均が 4.3 において同じ条件で算出した値と異なるが、これは異なる飴製再帰性反射材を用いたため、個体差によって生じた差異である。

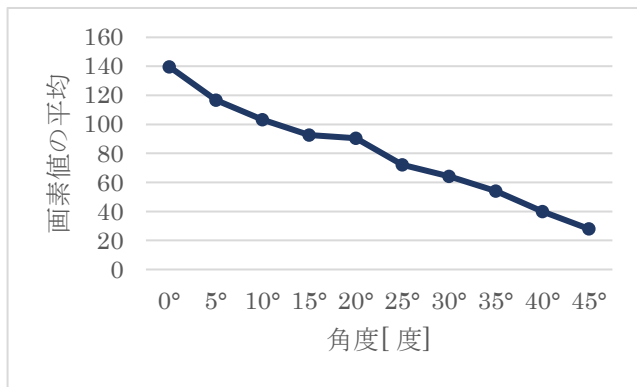


図 7 飴製再帰性反射材の角度を変化させたときの
反射材全体における画素値の平均

5. まとめ

本研究では、飴を材料として作製した食べられる再帰性反射材を提案し、実験の結果から、カメラ用のマーカーとして有効と言える程度の反射強度を持つことを確認できた。今後はより強い反射光を得られるように素子の改善を行い、応用の幅を広げて行きたい。

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] 鳴海拓志, 松尾宇人, 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, 2018 年 6 月.
- [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.
- [3] H. Oku, T. Uji, Y. Zhang, K. Shibahara : Edible fiducial marker made of edible retroreflector, Computers & Graphics, Vol.77, pp.156-165 (2018)
- [4] P. Bunton, Edible optics: Using gelatin to demonstrate properties of light, Phys. Teach. 35, 421 (1997)
- [5] Edible Optics, <http://www.edibleoptics.com/p/welcome.html> (2018 年 12 月 25 日)
- [6] サントス・アントワーズ(2012). サントス・アントワーズの美しい飴細工 基本と応用 柴田書店