

FoodSkin：金箔回路を用いた食品の機能的拡張

元村 愛美 (指導教員：五十嵐 悠紀)

1 はじめに

金属箔は、光沢感の美しさから、古くから表面装飾に用いられる。また、導電性を持つことから、物体の表面に金属箔を接着し電気回路を作成することも可能である。LeafCircuits [5] では、レーザプリンタで印刷したトナーを接着剤とすることで、様々な素材に対して金属箔による回路の作成を可能とした。さらに、金属箔の中でも金箔は、食用可能な素材としてすでに一般的なものであり、食品の装飾用素材として広く用いられている。金箔の持つこの特性を利用して、EdiSensor [2] では、食品の表面に接着した食用金箔を電極として活用し、ユーザの食品咀嚼を検出するセンサを作成した。しかし、金箔を任意の形状に加工することで、食品上に回路を形成する手法については検討されていない。本稿では、食品の表面に接着した金箔を電極やセンサとして活用する際、より適した形状へと加工する手法を提案し、さらにこれを用いた応用例について検討を行う。

2 金箔を接着および形状加工する方法

本稿では、食品の表面に形成された金箔回路により、ユーザが得られる食体験の幅を広げることが目的とする。そのために、金箔で作成する回路の形状については以下のような要件を満たす必要があると考えた。

- 本来の食事体験と拡張による体験を両方得られるように食品の面全体を金箔で覆わないこと
- 食品を食べ進めた際に、残っている食品の表面上の金箔が回路の一部として機能すること

これらを踏まえ、食品表面に金箔を接着する方法と、金箔の形状を加工する方法を紹介する。なお、本稿では水分含有量が少なく、それ自体が導通しない食品を対象とする。金箔の食品への接着は、接着層を用いて以下の工程で行う。接着層には、水に少量の片栗粉(濃度 2.9-3.3 wt%) を添加し、加熱して糊化させたものを用いた。(1) 食品の表面に接着層を刷毛で塗布し、その上に金箔を重ねる。(2) 接着層が完全に乾燥すると、金箔が食品表面に定着する。

本稿では任意形状に加工した金箔を食品の表面に接着する 2 種類の方法を提案する。1 つ目は、食品表面への接着前に金箔の形状を加工する方法であり、図 1 に示すように以下の工程で行う。(1) オブラートに水分を含ませる。(2) 金箔を水分を含ませたオブラートの上に重ねる。(3) オブラートを自然乾燥させる。これによりオブラートと金箔が密着し、手で触れて取り扱うことが可能となる。(4) オブラートで裏打ちした金箔を任意の形状に加工する。その後、前述した方法を用いて、オブラートの面と接着層が接触するように、食品の表面へ金箔を接着する。

2 つ目は、食品表面への接着後に金箔の形状を加工する方法である。図 2 に示すように、型紙を用いたステンシルにより以下の工程で金箔の形状を加工する。(1) カuttingプロッター (silhouette CAMEO4) を用

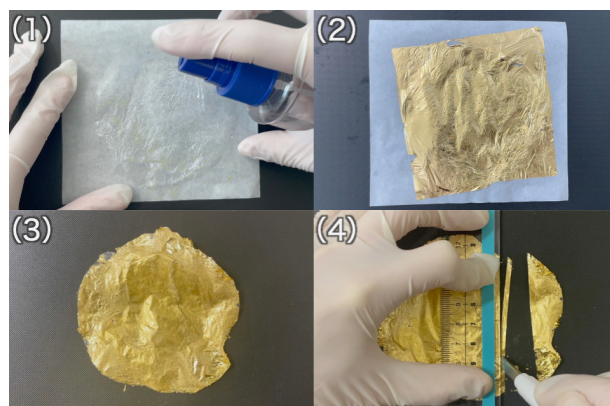


図 1: 金箔とオブラートを接着する手法。(1) 霧吹きを用いてオブラートに水分を噴霧、(2) 水分を含んだ状態のオブラートに金箔を接着、(3) 自然乾燥後オブラートと金箔が密着し金箔の耐久性が向上、(4) 金箔を任意形状に加工。

いてオープンシートに穴を開けて型紙を作成する。(2) 食品表面に接着層を塗布した後、型紙を重ねる。(3) 型紙の上に金箔を重ねる。さらに、上から軽度の圧力を加えて食品に押しつけることで、金箔・型紙・食品を密着させる。(4) 接着層が完全に乾燥したら型紙を食品から剥がす。この際に、型紙の切り抜きに応じた形状の金箔が食品表面に接着される。

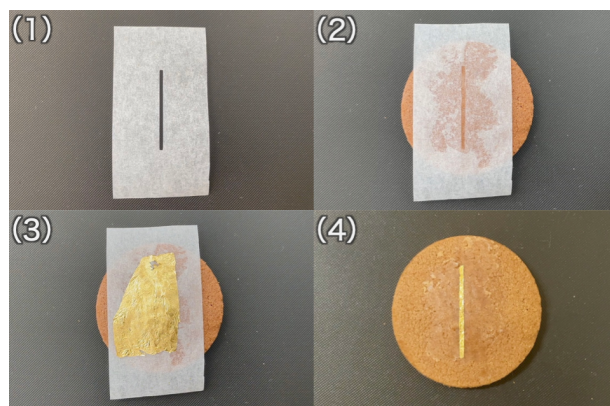


図 2: ステンシル型紙を用いる手法。(1) 型紙を作成、(2) 接着層の上に型紙を接着、(3) 型紙の上に金箔を接着、(4) 接着層の乾燥後型紙を食品から剥離。

3 応用例

前述した手法を用いて食品表面に形成した金箔回路により、電気味覚の提示と温度変化の提示が可能である。

3.1 電気味覚の提示

金箔で作成した電極を食品の表面に接着し、ユーザがこの食品を摂取することで電気味覚を提示可能な回路を作成した。本稿では両極型と一極型の 2 種類の電

気味覚提示手法を実現した。本研究では中村らの両極型および一極型の電気味覚提示デバイス [4] と、鍛治らの手袋型デバイス [3] を参考に指サック型のデバイス (図 3 上) を実装し、電源装置を接続した。両極型では、ユーザは図 3 左のように、親指と人差し指に装着したデバイスを通じて独立した 2 つの電極それぞれに触れながら食品を摂取する。一極型では、ユーザは図 3 右のように、親指に装着したデバイスを通じて電極に触れながら食品を摂取する。この際、金箔の一端が指サック、他端が舌に触れることで、口内に電気刺激が提示される。

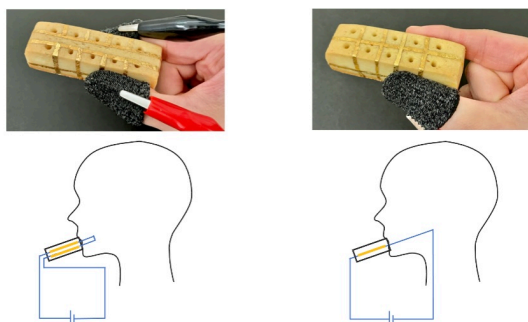


図 3: 両極型 (左) および一極型 (右) により電気味覚を提示する電極を接着した食品と回路図。

3.2 温度変化の提示

金箔を用いて食品表面に電熱線を作成し、図 4 に示すように、約 1.5 mm 幅の細い直線を 2.0 mm 間隔で配置した形状とした。電熱線の全長は 43 mm であり、抵抗値は 2.6 Ω であった。試作した回路に約 8V の電圧を印加した結果、導線部分および、導線付近の食品の温度上昇が確認された。これにより、食品を摂取する直前まで保温することや、食品摂取中の動的な温度変化が可能となる。この他、チョコレートの表面や内部に電熱線を形成することで、チョコレートを部分的に溶かし、食感を変化させるなどの食体験の拡張が可能となる。

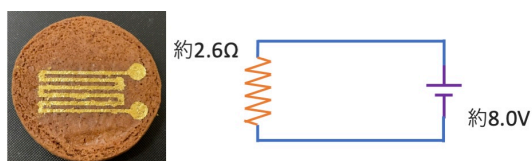


図 4: 電熱線として機能させる導線を接着した食品と回路図。

3.3 聴覚インタラクション

金箔による電極が表面に接着された食品を、デバイスを用いてユーザが摂取すると音が発せられ、ユーザの食行動に応じた聴覚フィードバックを与える手法を実現した。デバイスは、EaTheremin [1] の回路をベースに指サック型のデバイス (図 5) を実装した。食品には両極型による電気味覚の提示の例と同様の回路を作成した。金箔の一端が指サック、他端が舌に触れると、スピーカーからさまざまな音が発せられる。さらに、口内との接触変化によりマイコンが感知する微小

電流が変化するとスピーカーから発せられる音も変化する。これによりユーザは、食事中に動的に変化する音のインタラクションを楽しむことや自身の食行動を確認することができる。



図 5: 聴覚フィードバックを提示する食品およびデバイスと回路図

4 まとめと今後の課題

本稿では、食品表面に定着させた金箔を電気回路の一部とすることで、人に対し能動的に働きかける機能性を食品に付与する手法を提案した。本手法により、食品表面に電極を形成することで水分含有量の少ない食品での電気味覚の提示、細い導線を形成し電熱線として機能させることで、食品の保温や温度変化の提示、ユーザの食行動に応じた音を発する聴覚インタラクションを実現した。

今後はユーザによる食体験の評価実験を行うことで、提案手法の有効性や問題点の確認を行う。また、本提案手法により食体験を拡張できる新たな応用例についても検討する。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 20K19842 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Kadomura, A., Tsukada, K. and Siio, I.: EducaTableware: Computer-Augmented Tableware to Enhance the Eating Experiences, in *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '13, p. 3071–3074, New York, NY, USA (2013), Association for Computing Machinery.
- [2] Punpongsanon, P. and Ishizuka, H.: EdiSensor: Facilitating Food Electricity for Eating Habits Analysis, in *2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)*, pp. 104–105 (2021).
- [3] 鍛治慶亘, 宮下芳明: あらゆる金属製食器を電気味覚提示に用いる手袋型デバイスの試作, 第 1 回神経刺激インタフェース研究会 (2019).
- [4] 中村裕美, 宮下芳明: 電気味覚の応用による食メディア開発, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 111, No. 479, pp. 49–54 (2012).
- [5] 加藤邦拓, 真鍋宏幸, 川原圭博, 瀬川典久: Leaf Circuits: 金属箔とレーザープリンタを用いた回路作成の応用と評価, *インタラクション 2020 論文集*, pp. 96–105 (2020).