

## 3D プリント 食品内部への情報埋め込み

宮武 大和<sup>†</sup>      プンポンサノン パリンヤ<sup>‡</sup>      岩井 大輔<sup>§</sup>      佐藤 宏介<sup>¶</sup>  
 大阪大学<sup>†</sup>      大阪大学<sup>‡</sup>      大阪大学<sup>§</sup>      大阪大学<sup>¶</sup>

## 1 はじめに

食品や食卓にデジタル技術を導入するフードテック技術の一つとして、QRコード等の光学式タグ（以下、タグ）を食品に埋め込む技術がある [1]。食品にタグを埋め込むことにより、外部の情報記録媒体を用いない食品の情報管理が可能となる。従来手法では食品表面にタグを印刷することにより食品への埋め込みを実現していた。しかしこの方法では、埋め込んだタグによって食品の外観を悪化させるという課題がある。

一方プラスチックを用いた 3D プリント技術では、造形物内部にタグを埋め込む手法が提案されている [2]。この手法ではオブジェクトの外観を変更せずにタグを埋め込むことが可能である。そこで本研究では、これら着想から 3D プリント食品の内部にタグを埋め込み、外観からは不可視とする手法を提案する。

## 2 提案手法

本研究では 3D プリント食品内部に透光率の異なる 2 種類の材料を使用することにより、食品内部にタグを埋め込む手法を提案する。ここでタグの白部に透光率の高い材料を、黒部に透光率の低い材料を配置する。このとき食品裏面から照明を当てると、透光率の違いから埋め込まれたタグが表面に浮かび上がる。表面に現れたタグを撮影し、適切な画像処理を施すことに

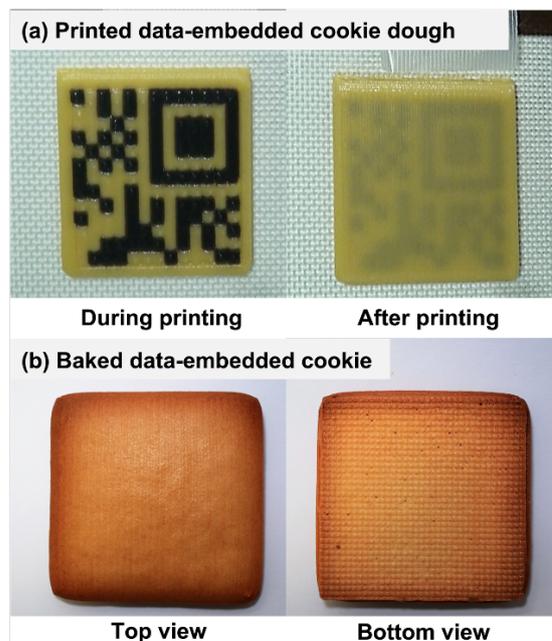


図1 クッキー内部へのマイクロ QR コードの埋め込み：(a) 焼成前のクッキー生地、(b) 焼成により完成したクッキー（約 65 mm 角、約 8 mm 厚）

よってタグの読み取りが可能となる。

## 2.1 システム実装

本システムは、タグ埋め込み部、3D 食品プリント部、タグ検出部で構成される。タグ埋め込み部では、3D 食品プリンタの印刷経路を決定する制御プログラムを作成する。本研究では、内部に埋め込むタグ画像と食品の 3D モデルを入力とし、食品の造形と同時にデータ埋め込みを行う制御プログラムを作成した。

次に 3D 食品プリンタを用いて食品を造形する。本研究では、タグを埋め込む食品をクッキーとし、通常のクッキー生地（以下、生地）よりも透光率の低い材料として無味無臭の可食炭素着色料で黒く着色した生地を使用した。生地には小麦粉、砂糖、卵液、ショートニン

Data embedding inside 3D printed food

<sup>†</sup> Yamato Miyatake, Osaka University

<sup>‡</sup> Parinya Punpongsanon, Osaka University

<sup>§</sup> Daisuke Iwai, Osaka University

<sup>¶</sup> Kosuke Sato, Osaka University

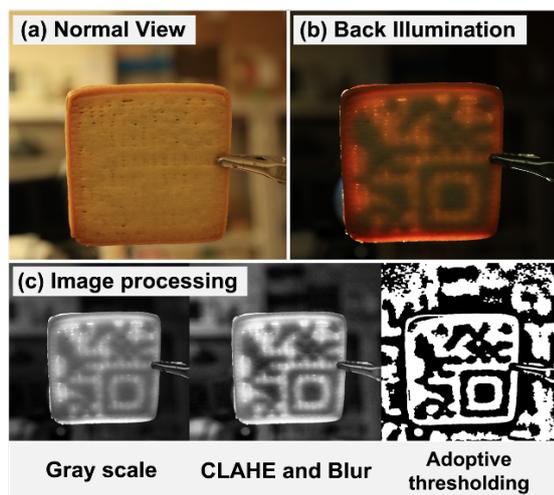


図2 タグの検出：(a) 通常照明下でのクッキー、(b) 背面から照明を当てたクッキー、(c) タグ検出のための画像処理

グの混合生地を使用した。材料の配合比は3Dプリントに適した粘度になるよう試行錯誤で決定し、小麦粉：砂糖：卵液：ショートニング＝1.0：0.4：0.5：0.1とした。生地の造形には、空気圧式3D食品プリンタ（3E, Nordson）を使用した。この3D食品プリンタはシングルマテリアル用のため、造形の途中で通常生地と着色生地を手動で入れ替えることでデータの埋め込みを行なった。本研究では、造形した生地を180℃に予熱したオーブンで約20分焼成し、クッキーを作成した。

図1に、マイクロQRコードを正方形型（焼成後約65mm角、約8mm厚）のクッキー内部に埋め込んだ様子を示す。マイクロQRコードとは、情報量を削減する代わりに、QRコードよりも小さな領域に情報を埋め込むことが可能なタグである。ここでは、セル構成が13×13のマイクロQRコード（英数字6文字）を使用した。図1(a)は焼成前の生地であり、左は造形途中、右は造形終了後の生地の様子である。基盤のクッキー生地層は約2mm厚、中間のコード層は約1.0mm厚、上部のクッキー生地層は約2mm厚であり、生地全体としては約5mm厚となる。図1(b)は焼成により完成したクッキーであり、左は前面、右は背面から見た図で

ある。焼成後は約8mm厚となり、コード層を視認することができなくなった。

タグ検出部では、タグを埋め込んだ食品に背面から照明を当て、表面に現れたタグをカメラで撮影し、画像処理を行う。図2に、タグの検出結果を示す。本研究では、背面照明にプロジェクタを使用し、表出したタグをUSBカメラで撮影した。図2(a)は室内照明下、(b)は室内照明下で背面照明を当てた際の撮影結果である（露光時間の調整により明るさが異なる）。図より、内部に埋め込んだタグが背面照明により浮かび上がっていることがわかる。本研究では撮影した画像に図2(c)に示す画像処理を施し、最終的に図2(c)右の二値画像を作成した。このときマイクロQRコードリーダー（クルクル、デンソーウェーブ）で二値画像内のタグを読み取ることにより、クッキー内に埋め込まれた情報を取得することができる。画像処理として、まず撮影画像をグレースケール変換し、次に Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) からタグ埋め込み部のコントラストを向上させ、次に Gaussian Blur でノイズを除去し、最後に Adaptive Gaussian Thresholding により図2(c)右の二値画像を得る。

### 3 おわりに

本研究では、食品外観からは不可視となるよう3Dプリント食品の内部にタグを埋め込む手法を提案した。今後は情報埋め込みに必要な領域を定量的に評価するとともに、より小さな領域にタグを埋め込む方法について検討する。

### 参考文献

- [1] Qkies: <https://qkies.de/> (2007).
- [2] Li, D., Nair, A. S., Nayar, S. K. and Zheng, C.: Aircode: Unobtrusive physical tags for digital fabrication, *Proc. the ACM symposium on user interface software and technology (UIST)*, pp. 449–460 (2017).