

# 3D ラテアートのミルクフォームの時間経過による変化の計測とデザイン支援

石田 こなつ<sup>†</sup>  
お茶の水女子大学<sup>†</sup>

五十嵐 悠紀<sup>‡</sup>  
お茶の水女子大学<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

3D ラテアートは、牛乳を泡立てたミルクフォームをドリンク上に立体的に盛ることで形状を作り、そこにチョコレートなどで模様を描くラテアートである。3D ラテアートの製作には時間がかかるが、ミルクフォームは重み等により時間経過で形状変化する。そのため、3D ラテアートのデザインは、製作時間に応じたミルクフォームの形状変化を考慮する必要があるが、初心者には難しい。

Kamathらは、低温加熱スキムミルクに1.4%以上のオリーブ油等を添加すると、泡の安定性が向上することを報告している[2]が、我々はミルクフォームのみを使用しラテアートを製作するために、時間の経過で崩れることを考慮した形状デザインを目指す。Oetjenらは、異なる温度におけるミルクフォームの高さや泡の構造をガラスカラムを用いて調査した[1]。本稿では、3D ラテアートの形状製作のためにミルクフォームを使用するため、ミルクフォームの垂直方向と水平方向の形状変化を計測した。本稿では、ミルクフォームが時間経過により形状変化する様子を深度カメラとWebカメラで撮影し、動画像処理を行うことで、ミルクフォームの垂直、水平方向の大きさの変化を計測した。また、コンピュータ上で3D ラテアートの形状をデザインし、計測データから製作手順を考慮した時間経過時のシミュレーションを行うことで、デザイン支援を行う。

## 2 ミルクフォームの計測

半楕円体の形に盛ったミルクフォームの垂直方向の高さ、底面の水平方向の長さの時間経過による変化を計測した。計測するミルクフォームの形を半楕円体としたのは、3D ラテアートのデザインにおいて汎用性が高いからである。

### 2.1 計測に使用した機器

**ミルクカップフォーマー**：ミルクフォーム作成のため、UCC社製ミルクカップフォーマー

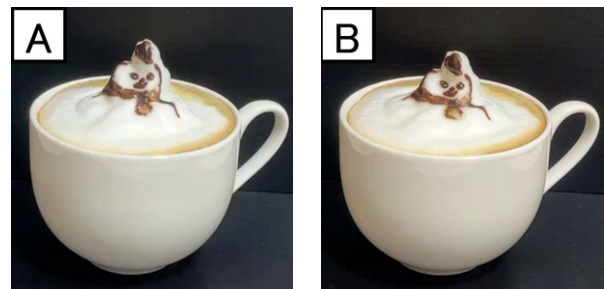


図1 3D ラテアートの形状変化。(A) 製作直後の3D ラテアート、(B) 製作5分後の3D ラテアート。

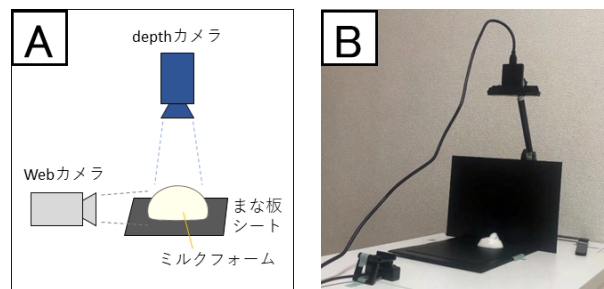


図2 ミルクフォームの計測に使用した機器。(A) 模式図、(B) 外観図。

MCF30を使用した。

**Webカメラ**：ELECOM社製UCAM-C759FBBKを、ミルクフォームを側面から撮影できる位置に設置した。計測するミルクフォームの概形の表示(図3(A))及びミルクフォームの測定に使用した。

**深度カメラ**：インテル社製RealSense<sup>TM</sup>SR300を、ミルクフォームの上部から撮影できる位置に設置した。計測するミルクフォームの概形の表示(図3(C))及びミルクフォームの測定に使用した。

**まな板シート**：ミルクフォームを乗せるため、黒いまな板シートを使用した。

**半球型スプーン**：直径6cm、直径3cmの半球の体積を計れるスプーンを3Dプリンタで作成し、計測するミルクフォームの体積を一定にするために使用した。デザインシステムでは、直径6cmの半球分の体積のミルクフォームで3Dラテアートのデザインの土台の製作を、直径3cmの半球分の体積のミルクフォームで細かな

Measurement of Changes in Milkfoam over time and Design Support for 3D Latte Art

<sup>†</sup> Konatsu Ishida, Ochanomizu University

<sup>‡</sup> Yuki Igarashi, Ochanomizu University

パーツの製作を想定している。

無脂乳固形分 8.3% 以上, 乳脂肪分: 3.5% 以上, 生乳 100% の牛乳を用いてミルクフォームを作成し, 作成 3 分後のものを計測に用いた。

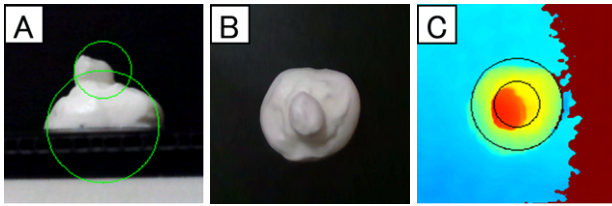


図3 計測時の画像。(A) 側面からの計測, (B) 画像上部からの計測画像, (C) (B) に対応する深度画像。

## 2.2 計測結果

ミルクフォームのデザインの土台部分として, 直径 6cm の半球状, 縦 4cm, 横 2cm, 高さ 3.375cm の半楕円体状に設置したミルクフォームを計測した。ミルクフォームの中心の垂直方向の大きさは深度カメラで計測し, 底面の水平方向の大きさは Web カメラで撮影し, 動画画像の二値化を行うことで求めた。また, ミルクフォームの上にミルクフォームを設置した場合 (図 4 (A)) として, 直径 6cm の半球状の上に, 直径 3cm の半球状にミルクフォームを設置したもの, 縦 3cm, 横 2cm, 高さ 2.25cm の半楕円体状にミルクフォームを設置したものの計測も行った。ミルクフォームの中心の垂直方向の大きさ, 底面の水平方向の大きさの計測には Web カメラで撮影した動画画像を用いている。動画画像の二値化及び凸法を用いたくびれ部分の算出を行い, 上部, 下部を決定した上で大きさを求めた。ミルクフォームは各 5 回計測し, 平均を求めた。

図 4 (B) は直径 6cm の半球状の上に直径 3cm の半球状にミルクフォームをおいた場合の垂直方向の大きさの変化, 図 4 (C) は底面の水平方向の大きさの変化である。

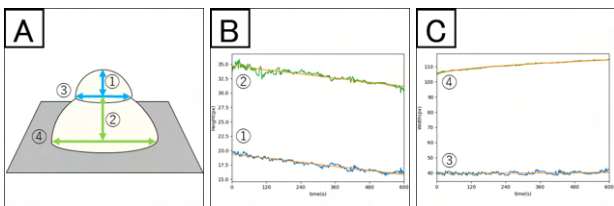


図4 直径 6cm の半球状の上に, 直径 3cm の半球状のミルクフォームを設置した際の計測結果。(A) ミルクフォームの計測箇所, (B) (A) の①, ②の大きさの変化, (C) (A) の③, ④の大きさの変化。

## 3 ミルクフォームのデザインシステム

一定の体積の半楕円体を組み合わせて 3D ラテアートのミルクフォームのデザインを製作し, 2.2 の計測結果を用いて時間経過による形状変化のシミュレーションを行えるデザインシ

ステムを Processing で作成した。

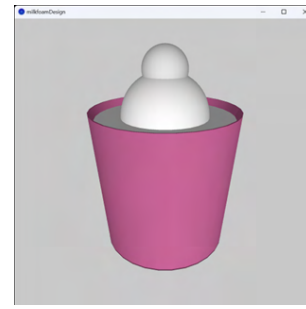


図5 ミルクフォームデザインシステム。

### 3.1 デザインシステム

本デザインシステム (図 5) では, まずカップの上部, 下部の大きさを設定する。次にカップに合わせてミルクフォームの  $x, y, z$  方向の大きさ,  $x, z$  座標の 5 つのパラメータを調整する。ミルクフォームの  $y$  座標は, 半楕円体の底面の中心がドリンクやミルクフォームの表面と接地するように自動で調整される。

### 3.2 デザインのシミュレーション

作成したミルクフォームのデザインは, 2.2 の計測結果及びモーフィングにより, 時間経過による形状変化を見ることが出来る (図 6)。ユーザがデザインシステムで半楕円体を設置した順番に沿って, 1 分ごとに 1 パーツ設置するとし, 0 分後から 10 分後までのデザインの変化を見ることが出来る。

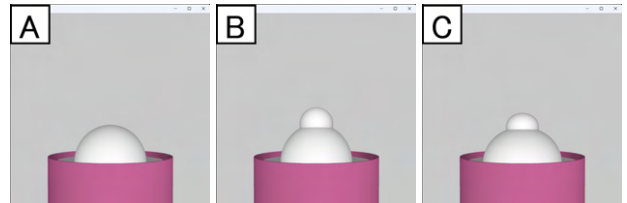


図6 図5の設計過程とシミュレーション。(A) 0分後, (B) 1分後, (C) 10分後。

## 4 今後の展望

本稿では, ミルクフォームの形状変化の計測, 及びデザインしたミルクフォームの時間経過による形状変化をシミュレーションした。今後は時間経過後にデザインした形になるようなシミュレーションを行う予定である。また, 3D ラテアートの実際の製作時にリアルタイムでシミュレーションを行うことで, 製作状況に合わせたデザインの変更の提案を予定している。

## 参考文献

- [1] Temperature effect on foamability, foam stability, and foam structure of milk. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*.
- [2] Effect of added oil on the foaming properties of skim milk. *Milchwissenschaft*, 66(4), 2011.