

# くるくるマシュマロ ～姿勢角検出を用いた疑似体験インタフェースの提案～

吉田海<sup>†</sup> 山口康二郎<sup>†</sup> 藤森雄一郎<sup>†</sup> 木上悠輔<sup>†</sup> 伊藤瑠恵<sup>†</sup>  
天満洋紀<sup>†</sup> 鹿野雄輝<sup>†</sup> 菅野谷知佳<sup>††</sup> 松下宗一郎<sup>†</sup>

**概要**：加速度センサと角速度センサを組み合わせることで、重力に対して校正された姿勢角を安定して計測することができる。本研究では細長い棒の先に食材を取り付け、たき火のような熱源上で棒を回転させながら加熱調理する焼きマシュマロの作業をシミュレーションするインタフェースの検討を行った。本論文では直方体状の食材が受ける熱量を姿勢角ベクトルから推定し、焼きマシュマロを疑似体験できるシステムの検討結果について報告する。

## Kuru Kuru Marsh Mallow ～ Quasi Experience Interface using Attitude Angle Tracking ~

KAI YOSIDA<sup>†</sup> KOJIRO YAMAGUCHI<sup>†</sup> YUICHIRO FUJIMORI<sup>†</sup>  
YUSUKE KIGAMI<sup>†</sup> TAMAE ITO<sup>†</sup> HIROKI TEMMA<sup>†</sup> YUKI KANO<sup>†</sup>  
CHIKA SUGANOYA<sup>††</sup> SOICHIRO MATSUSHITA<sup>†</sup>

**Abstract**: We have investigated an attitude angle tracking device consisting of the acceleration and angular velocity sensors to realize quasi but intuitive experiences in cooking a grilled marshmallow, that requires precise control of attitude angles. It was found that the estimation of a cross-sectional area and a distance from a heat source with the attitude angle tracking vectors might be effective to realize the interactive grilled marshmallow simulation.

### 1. はじめに

マシュマロとは砂糖やゼラチン等を原料とし、ゼリーで固めた菓子的一种である。日本では加熱せずに直接食べることが一般的であるが、北米ではキャンプファイヤーやバーベキューの際にマシュマロを串に刺し、直火で焼き、熱いうちに食べるという習慣がある。ここで、マシュマロは熱を加えすぎると急速に融けたり、焦げてしまうといった性質を持っている。このためマシュマロを刺した串を適切に回しつつ、火との距離を調節することが重要となる。そして、調理に失敗してしまう可能性が大きいことから、食べることにそのものに加え、調理自体を楽しむエンターテイメントとしての側面を併せ持つと考えられる。

マシュマロのような小さな物体の位置と姿勢角を正確に推定する方法としては、カメラによる光学的な手法や磁場センサを用いる手法が知られているが、機材の設置コストや使用環境への制約条件から、いつでもどこでも手軽に利用できるものとはなっていない。そこで、本研究では小型軽量な加速度センサと角速度センサにより、重力に対する物体の姿勢角を正確に推定するモーショントラッキングデバイスを用いることで、マシュマロ焼きの楽しさと難しさを手軽に疑似体験できるシステムを考えた。

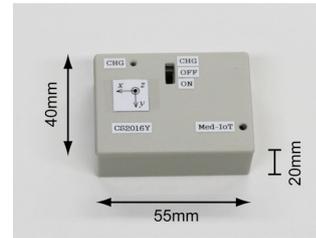


図 1 ワイヤレストラッキングデバイス  
Fig. 1 6-axis wireless motion tracking device

### 2. モーショントラッキングデバイス

図 1 に小型モーショントラッキングデバイスの外観を示す。このデバイスは 3 軸加速度センサ ( $\pm 4G$ ,  $1G = 9.8m/s^2$ )、3 軸角速度センサ ( $\pm 1000dps$ )、組込み用マイクロコントローラ、並びに 2.4GHz 帯ワイヤレス通信モジュール (IEEE802.14.5, 0dBm, 250kbps) により構成されており、充電式のバッテリーを含めた総重量は約 40 グラムである [1]。デバイスのサイズならびに重量からは、マシュマロを模した物体として大きな違和感が生じないことから、このデバイスをマシュマロ焼きの串に模した約 1m の長さのプラスチックパイプの先端に取り付けることとした。また、事前に感度ならびにゼロ点の校正を行った加速度と角速度の計測結果からは、このデバイスの重力に対する水平面を基準とした面からの傾斜角を約 0.1 度以内程度の誤差にてリアルタイム (秒速 100 回) にて推定することができる。

<sup>†</sup> 東京工科大学コンピュータサイエンス学部  
School of Computer Science, Tokyo University of Technology  
<sup>††</sup> 東京工科大学大学院コンピュータサイエンス専攻  
Graduate School of Computer Science, Tokyo University of Technology

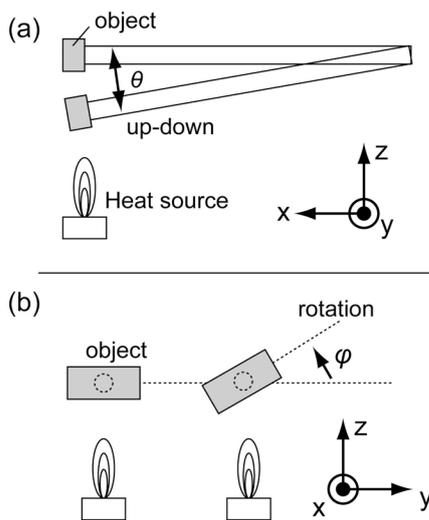


図 2 マシュマロ焼きシミュレーションの座標系定義  
Fig. 2 Coordinate system for the grilled marsh marrow

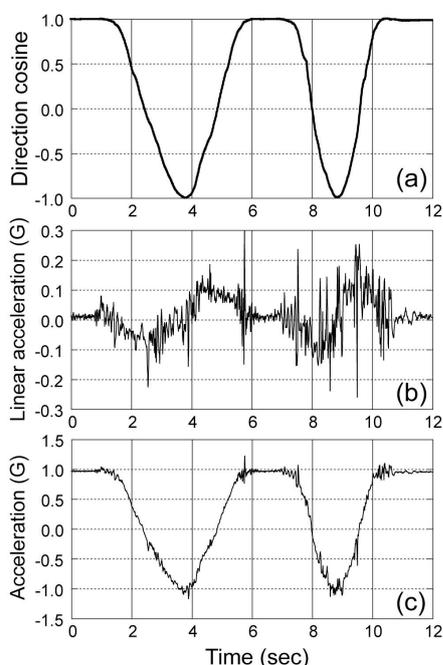


図 3 マシュマロの回転に対する計測運動波形  
Fig. 3 Motion waveforms while rotating the marsh marrow

### 3. マシュマロ焼きシミュレーション

図 2 にモーションセンサデバイスを用いたマシュマロ焼きシミュレーションにおける座標系の定義を示す。マシュマロは熱源の直上に置かれるものとし、熱源からマシュマロまでの距離は串の延長線方向 (x 軸) が水平面となす角度  $\theta$  にて近似計算する。また、串まわりでのマシュマロの回転角度を  $\phi$  とし、マシュマロ上のある面が熱源から受ける熱に対する有効断面積を方向余弦  $\cos\phi$  として見積もる。図 3 は串をほぼ地面に対して水平 ( $\theta \sim 0$ ) の状態を保ちながら、マシュマロを串まわりに回転させた際の運動波形を示したものであり、(a) はマシュマロ面の熱源に対する方向

余弦  $\cos\phi$  の変化を示している。また、(b) は回転に伴って生じたリニア加速度を、(c) は重力を含めた加速度をそれぞれ表している。この結果、操作者の手の震えや回転軸のぶれといった、加速度計測では無視できない外乱となり得る要因に対し、安定して姿勢角を推定できることが分かった。

図 4 は、モーショントラッキングによって得られた 2 つの姿勢角  $\theta$  及び  $\phi$  からマシュマロの面における受熱量を推定した様子を示したものである。ここでは、熱源の位置にマシュマロが達した際の串傾斜角  $\theta$  が  $\theta^*$  であるとき、マシュマロの面が受ける熱量  $H$  を、

$$H \propto \cos\phi / \sin^2(\theta - \theta^*)$$

として見積り、 $\theta^*$  を約 70 度として計算している。そして、マシュマロの姿勢操作に伴う受熱量を数値にて観測したところ、手の震えや回転軸のぶれといった熱量に対して本質ではないと思われる要因の影響を大きく受けることなく、マシュマロ焼きの難しさを直感的に体感することができた。

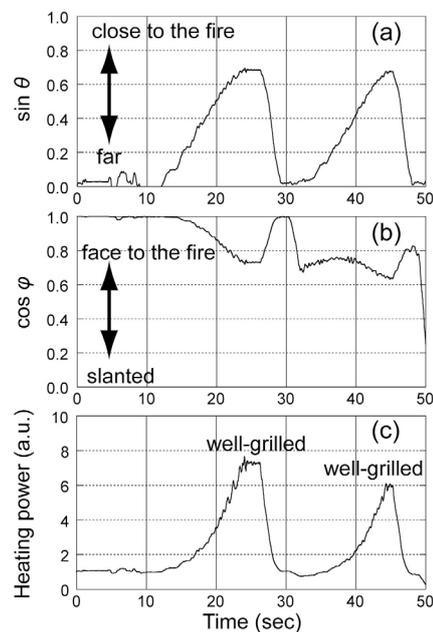


図 4 姿勢角を用いたマシュマロ面における加熱量の推定  
Fig. 4 Heating power estimation using the attitude angles

### 4. 結論および今後の展望

本研究では、姿勢角の微妙な操作の違いによって結果に大きな違いが生じる現象として焼きマシュマロの作成を取り上げ、モーショントラッキングデバイスによるシミュレーションの検討を行った。今後は正確な姿勢角情報を手軽取得できる技術により、更にエンターテインメント性の高いコンピュータインタラクションの実現を目指して行きたい。

### 参考文献

[1] 甲斐, 松下, ぴたっとキャプチャー, 情報処理学会シンポジウムシリーズ・インタラクション 2017・インタラクティブデモセッション (4pages), 2017 年 3 月(東京)