

ソフトクリーム製作をモチーフとした手の回旋運動を 評価するモーショントラッキングシステム

岡隼矢[†] 近藤百佳[†] 溝上大輝[†] 榎芳樹[†] 坂井達也[†]
菅野谷知佳^{††} 松下宗一郎[†]

概要: 手によって保持した物体を回転させることで何かを製作する作業は、三角錐状のコーンに柔らかなアイスクリームを積み込むソフトクリームの製作や、フライパンによる加熱調理等にて散見される。実施者の手の回旋運動が主体となるこれらの作業では見た目以上に精緻な技量が必要であり、その習得には長い時間を要することが少なくない。そこで本研究では小型軽量な6軸ワイヤレスモーショントラッキングデバイスにより製作の対象となる物体に生じる力を計測することで、手を用いた回旋運動のトレーニングを手軽に行えるシステムの検討を行った。

A Motion Tracking System that Tells How Terribly Your Soft-served Ice Cream Would Be Collapsed

SHUNYA OKA[†] MOMOKA KONDO[†] DAIKI MIZOKAMI[†]
YOSHIKI ENOKI[†] TATSUYA SAKAI[†]
CHIKA SUGANOYA^{††} SOICHIRO MATSUSHITA[†]

Abstract. We have investigated a motion tracking device to evaluate how the user is applying excessive force onto a hand-held object such as a cone for a soft-served ice cream and a cooking frying pan. A 6-axis wireless motion tracking device was used to evaluate the excessive force to spill something in the hand-held object. We have found that a summation of the peak linear acceleration and the peak tilt-induced acceleration toward the outside the object would be useful to expect the finished goods.

1. はじめに

人間が行う動きには様々な動作があるが、この中には一見簡単そうに考えられているものの、実際には高い技量が求められるものがある。例えば、サーバーに蓄積されたアイスクリームを三角錐状のコーンに注ぎ込むソフトクリーム製作の動作では、メーカーの参考写真のような仕上がりとすることは一般に困難である。また、フライパンによる炒め物の調理では、素材に適切な熱量を与えられるような技量の習熟には長い年月が必要となることが知られている。

このような困難が生じる原因としては、操作者が感じる手の感触と、実際に動いている対象物の状態に差異があることが考えられる。そこで、対象物の運動を正確に捉えるモーショントラッキングの技術を用いた研究開発が様々な応用分野において進められている。ここで、物体の運動を計測する手法としては、カメラによる光学式システムが一般に用いられているが、設置場所や設置に伴う時間的なコスト等の問題から、いつでもどこでも手軽に用いられるに至っていない。また、対象物に取り付けたデバイスのみにて運動を推定するモーションセンサによる手法では、多くの場合、加速度、角速度ならびに地磁気の3種類のセンサを用いて姿勢角度の高精度な推定を行っているが、これら

のうち地磁気センサについては周囲環境の影響が無視できず、運動の評価に必要な精度を確保することが困難となる可能性がある[1]。一方、加速度センサと角速度センサのみを用いたモーショントラッキングシステムでは、物体の水平面内での方位角を計測する必要がないのであれば、1分間以内といった短時間では空間内での姿勢角変化を正確に計測できることが報告されている[2]。

そこで、本研究ではソフトクリームの製作技量をモチーフとし、利用者が手で保持するコーンに見立てた小型軽量なワイヤレスモーショントラッキングデバイスにより、いつでもどこでも手軽かつ高い精度にて手の回旋運動のトレーニングを行うことのできるシステムの検討を行った。

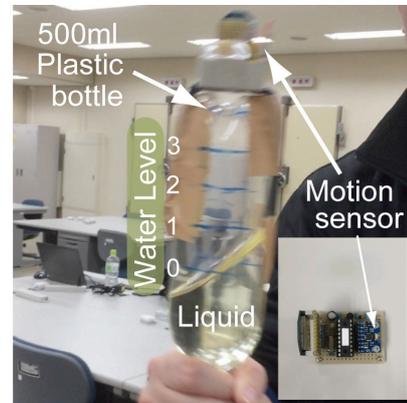


図 1 液体物を用いた外力推定実験の様子

Figure 1 External force estimation using liquid material

[†] 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

^{††} 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

2. 回旋運動によって生じた外力の推定手法

ソフトクリームや炒め物といった時間とともに動的に変形する物体に印加される力を推定することは容易ではない。そこで、操作者の手に保持した物体に生じた外力を簡易的に評価する方法として、図1に示すような飲料用ペットボトル(500ml)並びに液体物を用いることで、外力が作用している程度を制御することを考えた。ここでは、ペットボトルの側面に液体の水位を表す基準線を等間隔にて描いており、液体物が特定の基準線に接するように制御することで、同程度の外力が作用した状態を比較的容易に再現することができる。運動計測を行うデバイスは3軸加速度センサ(±4G, 1G = 9.8m/s²), 3軸角速度センサ(±1000dps), 16ビット小型マイクロコントローラ、並びに2.4GHz帯ワイヤレスデータ通信モジュールにて構成されており、デバイスの内部にて姿勢角のトラッキングに加え、加速度から重力を引き去ったリニア加速度の計算を行っている。また、ソフトクリーム製作における回旋運動中心は、水平面内にてコーンが描く円周上軌道の中心にあると仮定し、モーションセンサをペットボトルの中心軸上に設置することで遠心力の大きさを近似的に推定することを考えた。

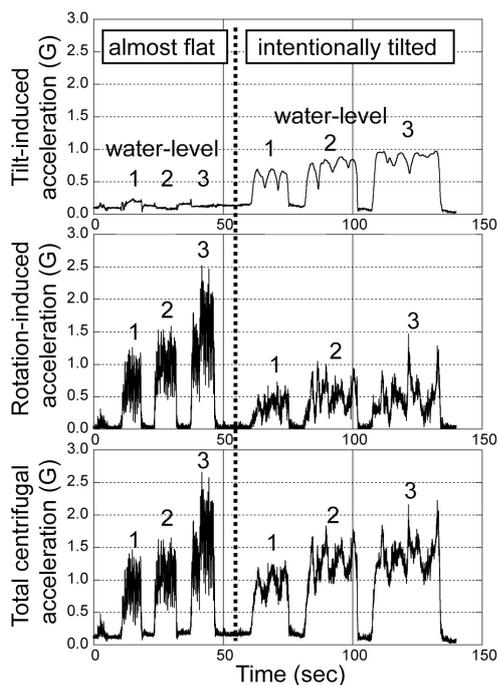


図2 液面到達位置に対する運動パラメータの挙動
Figure 2 Acceleration signals and water level of the liquid

図2はペットボトルを手にて保持した状態にて、水平面内で回転させることによる遠心力にて液面を上昇させる方法(almost flat)と、ペットボトルを地面に向かって傾けた状態にて回転させることで、重力と遠心力とを併せた外力にて液面を上昇させた時(intentionally tilted)における加速

度の計測結果を示したものである。ここで、最上段ではペットボトルを傾斜させることで生じた重力起因の外力を、中段は水平面内における合成リニア加速度の大きさを、また最下段はこれらを足し合わせた総合的な加速度の大きさを示している。この結果、総合的な加速度の大きさのピーク位置と、液体物の液面上昇量との間に再現性ならびに強い相関が認められることが分かった。そこで、3名の被験者(20歳代, 男性2名:S1, S3, 女性1名:S2)について、almost flat (FLAT), intentionally tilted (TILT)の2通りの方法にて液面上昇位置を指定された数値に制御する操作を行ってもらった。図3は液面の到達位置と総合的な加速度のピーク値との関係を示したものであり、両者の間には $R=0.862$ といった強い相関係数を示す関係が認められた。

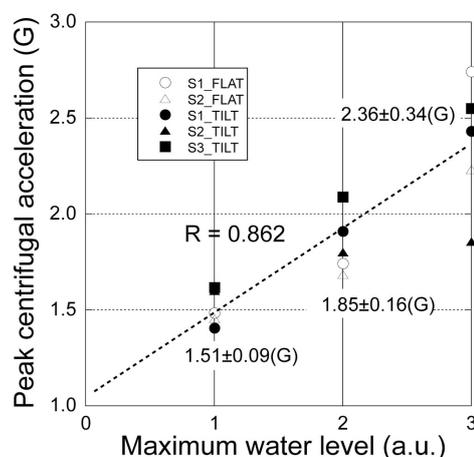


図3 液面の上昇位置と総合加速度ピーク値との関係
Figure 3 Maximum water level and peak resultant acceleration

3. 結論および今後の展望

本研究では操作者が手で保持している物体に生じる外力が、物体の傾斜角に起因する重力性の力と、遠心力等による運動起因の力の和によって推定できる可能性を示した。そこで、今後はソフトクリーム製作といった具体的な場面をモチーフとし、技量トレーニングにおける本研究による手法の有効性を検証して行きたいと考えている。また、モーショントラッキングデバイスが簡便に利用できる特性を生かし、手の運動技巧の向上を日常生活の中で楽しみながら継続的に行っていきけるシステムの実現を目指したい。

参考文献

- [1] Ren H., Kazanzides P. : Investigation of Attitude Tracking Using an Integrated Inertial and Magnetic Navigation System for Hand-Held Surgical Instruments, IEEE Trans. Mechatronics Eng., Vol. 17, No. 2, pp.210-217 (2012).
- [2] 松下, 菅野谷, 甲斐, 鹿野: 手首装着型モーショントラッキング機器による精密作業評価, 日本コンピュータ外科学会誌 Vol. 18, No. 4, pp.239-240 (2016).