



VR による餅つき体験システムの構築

森湧翔¹⁾, 渡辺久馬¹⁾, 岩田将幸¹⁾, 柳田康幸²⁾

1) 名城大学大学院 理工学研究科 (〒468-0073 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501, {183426022, 183426024, 183426002}@ccalumni.meijo-u.ac.jp)

2) 名城大学 理工学部 (〒468-0073 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501, yanagida@meijo-u.ac.jp)

概要: 我々は視覚, 聴覚, 触覚を提示することにより, 誰もが楽しみながら餅つきを体験できる餅つき体験システムを構築した. 本システムでは餅をつく際の重要な三つの要素 (餅をついた際の杵の沈み, 餅のくっつき, 杵を引き上げる際の餅の伸び) に焦点を当て, 餅をつく際の特異的な感触や, 餅をつくにつれて変化する感触を再現する. 本稿では本システムならではの餅つきの再現法を述べ, 実際の餅との物理的性質の比較を行う.

キーワード: 餅つき, 物理特性, インタラクティブ, エンタテインメント

1. はじめに

古くから行われてきた伝統文化は, 世代を超えて我々に伝承されてきた. 伝統文化は我々が生活する上で必要不可欠なものであり, 社会を活性化するための重要な役割を担っている. しかしながら, 近年伝統文化が様々な理由からの存亡の危機に瀕している事例が増加している. そのため, いかにして伝統文化を保存伝承するかが問題となっている. 近年, バーチャルリアリティ (VR) は伝統文化の保存伝承を目的として用いられることがある. 檜山らは視覚, 聴覚, 振動を組み合わせることで, 熟練者の一人称視点からの追体験を実現するシステムを構築した[1]. また, 嵯峨らは力覚提示装置を用いた書道技能伝達システムを構築した[2]. このシステムでは, 書道熟練者が筆を操作する際の位置情報と力情報を記録し, 学習者へ提示することで書道技能の向上を支援する.

日本の伝統文化の一つに餅つきがある. 餅つきは杵を持って餅をつくつき手と, 餅を返す返し手で行われる. 餅は古くからお祝いのための特別な食べ物とされてきた. 700年代には, すでに餅は縁起がいい食べ物として記述されている. また, 現代でも餅つき大会が行われ, 世代を超えた地域のコミュニケーションの場となっている. しかしながら, 2016年頃からノロウイルスが原因で餅つき大会の中止が相次いでいる. もしこのままの状態が続くようであれば, 餅つきという大切な伝統文化の一つが失われ, 忘れられてしまうかもしれない. そこで, 我々は危機を迎えた餅つきを守るため, VRを用いた餅つき体験システム (図1) を構築した.

本システムは老若男女問わず, 誰もが楽しみながら餅つ

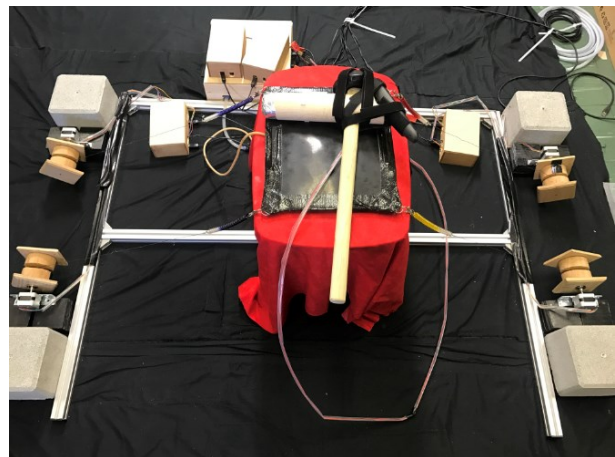


図 1 餅つき体験システム

きを体験できる力触覚エンタテインメントシステムを目指した. 餅つきを再現するために, 餅つきの要素を杵で餅をついた際の杵の沈み, 餅のくっつき, 杵を持ち上げる際の餅の伸びの三つに分けて考えた. 各要素を制御し, 体験者へ提示することで餅をつく際の特異的な感触や, もち米から餅になる過程で変化する感触を実現した.

2. 設計思想

本システムでは, 実物の物理特性を積極的に活用したハプティクスの提示を目指した.

タンジブルユーザインタフェース (TUI) はグラフィカルユーザインタフェース (GUI) のピクセル主体の世界観を一新し, 情報に物理的表現を与えることを可能とした[3]. これにより, キーボードやマウスなどのインタフェースによる制約を取り払い, 人間とコンピュータの距離をさらに短くした. TUIの代表デザインである inTouch では, ロー

Yuto MORI, and Yasuyuki YANAGIDA

ラ型デバイスを用いて遠く離れたユーザとの間で、ローラを転がすという物理的な動きを通して情報の発信と受信を同時に行うことを可能としている[4]。また Curlybot では、Curlybot を掴んだユーザの手の震えまで含めた物理的な動きを記録し、繰り返し再現することで子供たちの幾何学的な思考を助ける[5]。このように、物理的表現をインタフェースとする TUI の思想は特定のアプリケーションの向上を目的として用いられる。

汎用ハプティックインタフェースの代表である PHANTOM では、ペン状のデバイスを介してユーザが様々なバーチャルオブジェクトを指で触れることを可能とした[6]。手袋型ハプティックインタフェースである CyberGrasp[7]は各指に接続されたワイヤーの巻取り量により5本の指先すべてに反力を提示することができる。一方、これらは激力や変形物体、剥離感といった特定のアプリケーションにおいて必要とされる、特異的な感触を提示することは非常に困難である。そこで、本システムでは餅の感触などユーザの触感に直接関わる部分に、実物の物理特性を活用することでリアルさを確保する。しかし、これらの実物はインタラクティブ性を持たない。そのため、ユーザの行動によって変化するパラメータ（餅の変化）はアクチュエータを用いて制御する。本システムではアクチュエータはユーザに対して物理エネルギーを与えず、実物に対して与える。

本システムは、杵と餅が接触している間アクチュエータは全く仕事をしていない。杵と餅が離れたのち、ユーザの行動に対してアクチュエータが実物に対して仕事をを行う。つまり、体験中に電気を遮断したとしても、餅の変化はなくなるものの、杵で餅をつく感触はなくなる。この実物ベースのハプティックインタフェースというアプローチの特徴は、情報もアクチュエータも持たぬ実物が感触を提示することである。また、本システムはVR世界ですべてのシミュレーションを行い、その状態に基づきパラメータを変化させるのではなく、手応えに関わる物理的な状態は実世界での挙動に任せ、それをVR世界に反映させる。このようにリアルとバーチャルを交えたVRならではの体験を提供する。

3. システム概要

体験者は、HMD、ヘッドホンを装着し、手に持った杵デバイスで餅デバイスをつく（図2）。ついた回数に応じて、杵の沈み、餅のくっつき、餅の伸びをコンピュータにより制御する。HMD、ヘッドホンを用いての視覚提示と聴覚提示を行うことで臨場感を高める。

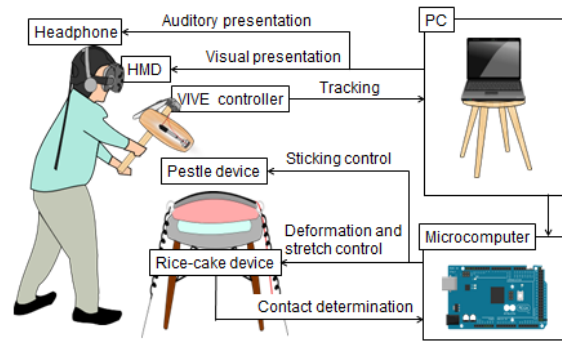


図2 システム構成

3.1 餅デバイス

餅デバイスは、空気袋、スライム袋、四隅にばねをつけた鉄粉袋、導電性ゴムで構成される（図3）。杵デバイスの先端に取り付けられたネオジウム磁石により、鉄粉袋を持ち上げることで餅のくっつき、餅の伸び再現する。餅つきを再現するため、杵デバイスで餅デバイスを構成するそれぞれの袋を強くたたくことが考えられる。そのため、袋が破損することによる内容物の漏れや飛散を防ぐため、変形可能でかつ十分な強度を有する袋を用いた。

餅をつくにつれて餅の粘性により、杵の沈み、餅の伸びは徐々に大きくなる。杵の沈みは、ポンプを用いて空気袋を膨らませることにより制御する。膨らませることで、餅を杵でついた際餅デバイスが置かれた台の硬さを感じなくなる。

餅の伸びは、ステッピングモータを用いて鉄粉袋の四隅に取り付けられたばねを巻き取ることで制御する。ばねをはるほど鉄粉袋は持ち上がらなくなり、伸びを感じにくくなる。反対に、緩めるほど鉄粉袋は持ち上がるため、伸びを感じやすくなる。よって、つくたびにばねを徐々に緩めることで、伸びの変化を制御する。スライム袋は、餅の感触を再現するために用いる。また、導電性ゴムは通電により杵デバイスとの接触を判定し、映像と同期させるために用いる。

3.2 杵デバイス

杵デバイスは、木製の杵にVIVE controller、リニアアクチュエータ、ネオジウム磁石が取り付けられている（図4）。杵の先端に取り付けられたネオジウム磁石により、餅デバイスを構成する鉄粉袋が持ち上げられる。

餅のくっつきは、杵に付着した水の量により変化する。水が少なくなると餅が杵にくっつくようになる。これをリニアアクチュエータによりネオジウム磁石を直線駆動させることで再現する。ネオジウム磁石が杵の先端に近いほど鉄粉袋が杵デバイスにくっつくようになる。反対にネオジウム磁石が先端から遠ざかるほど、鉄粉袋がくっつきなくなる。以前のプロトタイプではクランク機構を用いていたが、杵デバイスを振り下ろした際の衝撃に対して十分に耐えることができなかった。そこで、クランク機構の代わりにリニアアクチュエータを用いることで、杵デバイスの

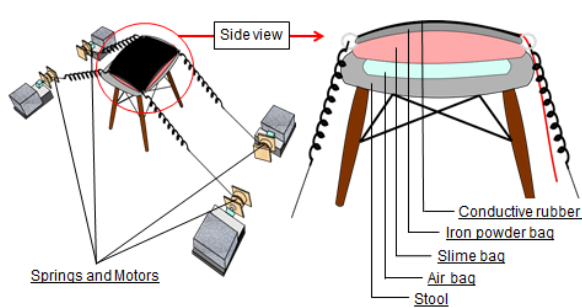


図 4 餅デバイス

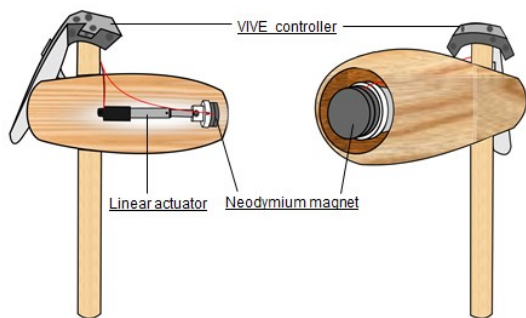


図 5 杵デバイス

耐久性を向上させた。

杵デバイスを VIVE controller でトラッキングし、餅デバイスの導電性ゴムとネオジウム磁石の接触を通電により判定することで、映像と同期させる。

4. ソフトウェア

HMD に提示する映像は、餅、水が入った器、体験者が持つ杵、返し手、一緒に餅をつくパートナーで構成される (図 5)。餅がつきあがるにつれてもち米から餅へ変化する過程を HMD の映像に描画する。また、ヘッドホンには臨場感を高めるために、祭りの賑わいに加え、杵を振り下ろす際の掛け声を流す。



図 3 HMD 上の映像

5. 伸びの計測

本システムの体験者は杵デバイスで餅デバイスをつい

て持ち上げる際の伸びを餅の伸びであると認識する。しかし、本システムにおける餅の伸びと実際の餅の伸びとの物理的性質の関係は不明瞭である。そのため、実際の餅と餅デバイスの物理的性質の計測を行う。本実験では餅の伸びに着目し、餅の伸びた距離と距離に応じて杵が餅に引っ張られる力の変化を計測する。

5.1 計測手法

餅との接触点を垂直方向に動作させる器具を作製した。フォースゲージと餅の接触点がかつきそして離れるまでを一回の試行とする。引き上げる際に餅が伸びた距離の計測にはメジャーを、杵が餅に引っ張られる力の計測にはフォースゲージ (IMADA 製, ZTA (ZTS)-DPU-50N) を用いる。実際の餅の計測には、フォースゲージの先端に杵に近い材質として丸太 (半径 35 mm, 厚さ 15 mm) を取り付ける。もち米から餅になるまでの過程を三段階に分け、各状態で複数回計測を行う。餅デバイスは鉄粉袋とその四隅に取り付けられたばね (ばね定数 7.25 N/m) によって再現されている。よって本システムの餅の計測は、フォースゲージの先端にネオジウム磁石を取り付け、ばねの張り具合を 4.00 N, 3.00 N, 2.00 N, 1.00 N の四段階に分けて計測を行う。

5.2 計測結果

図 6 に実際の餅の伸びと力の関係を、図 7 に餅デバイスの伸びと力の関係を示す。

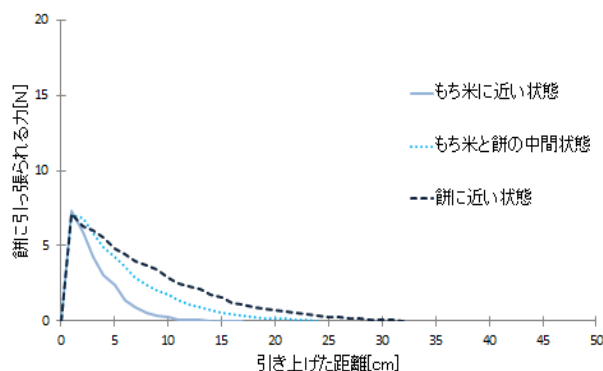


図 6 実際の餅の計測結果

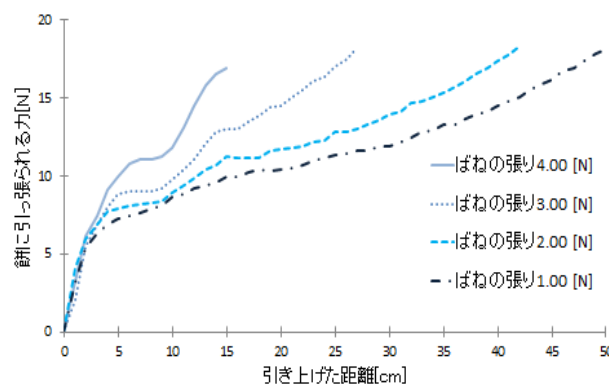


図 7 餅デバイスの計測結果

図6より実際の餅における物理的性質は、引き上げた直後は餅に引っ張られる力が急増したが、引き上げるにつれて減少した。またもち米から餅に近づくにつれて餅が伸びる距離が長くなり、伸びる距離が長くなると餅に引っ張られる力が緩やかに減少する傾向がある。図7より餅デバイスの伸びの物理的性質は、実際の餅同様引き上げた直後は餅に引っ張られる力が急増し、引き上げるにつれて緩やかに増加した。またばねの張りを緩めるにつれて引き上げる距離が長くなり、餅に引っ張られる力が緩やかに増加するようになる傾向がある。以上の結果から餅に引っ張られる力の傾向は引き上げた直後においては実際の餅と餅デバイスは同様である。また、もち米から餅への変化による餅が離れる距離の変化の傾向も同様である。しかし、引き上げるにつれて実際の餅では力が減少するが、餅デバイスでは増加する。

5.3 考察

結果より、本システムにおける餅の伸びを再現する上で重要な要素は、杵が餅に引っ張られる力の変化の過程ではなく杵にかかる力の有無に加え、餅が杵にくっついて伸びる距離の長短を再現することだと考えられる。さらに本システムの餅デバイスは伸びあがるにつれて杵にかかる力が増加する。この力の増加は視覚情報と組み合わせり、餅の伸びという印象を強調する要素であると考えられる。

6. まとめ

本稿では、VRを用いた餅つき体験システムの構築について述べた。本システムでは餅をつく際の特異的な感覚や、もち米から餅になる感触の変化を実物の物理特性とアクチュエータを交えることで再現した。また第6章の計測実験より、本システムにおいて餅の伸びを再現するための重要な要素は、杵が餅に引っ張られる力の変化の過程ではなく力の有無に加え、餅が杵にくっついて伸びる距離の長短を再現することであることが示唆された。

今後は、本システムと実際の餅との物理的性質が未だ不

明瞭な要素を解析し、その結果を踏まえて機構の改善に取り組む予定である。また、エンタテインメント性の向上のために映像内の兎に可愛らしさを含める予定である。

参考文献

- [1] 檜山敦, 土山裕介, 宮下真理子, 江渕栄貴, 関正純, 廣瀬通孝: 一人称視点からの多感覚追体験による伝統技能教示支援, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 4, pp. 643–652, 2011.
- [2] 嵯峨智, 川上直樹, 舘暉: 力覚の主体性を活用した教示手法に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 10, No. 3, pp. 363–369, 2005.
- [3] 石川裕: タンジブル・ビット: 情報と物理世界を融合する, 新しいユーザ・インタフェース・デザイン, 情報処理, Vol. 43, No. 3, 一般社団法人情報処理学会, pp. 11–16, 1997.
- [4] S. Brave, H. Ishii, and A. Dahley: Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication, in Proceedings of CSCW '98, (Seattle, Washington USA, Nov. 14–18, 1998), ACM Press, pp. 169–178, 1998.
- [5] P. Frei, V. Su, B. Mikhak, and H. Ishii: Curlybit: Designing a New Class of Computational Toys, in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '00), (The Hague, The Netherlands, Apr. 1–6, 2000), ACM Press, pp. 129–136, 2000.
- [6] T. Massie, and J. K. Salisbury: The PHANToM Haptic Interface, A Device for Probing Virtual Object, Proc. ASME Dynamic Systems and Control Div., Vol. 55–1, pp. 295–300, 1994.
- [7] CyberGrasp
<http://www.cyberglovesystems.com/cybergasp>