

動的に画面の傾斜を変化させるスマートフォン用インタフェースの開発

加藤 寛太* 高橋 伸†

概要. 本研究は、スマートフォンの触覚インタラクションの拡張を目的に、ディスプレイ全体の傾斜変化を使用したインタフェースを提案し、プロトタイプ的设计および実装を行なった。ディスプレイの傾斜変化によるフィードバックは、視覚的・触覚的に認識可能であると考えられ、ディスプレイ表示と傾斜変化を統合することにより、モバイル端末における出力モダリティの拡張が可能だと考えられる。また、飛び出した画面を押し込む入力手法は、タッチパネルにおけるタッチ操作、長押し操作の延長であり、スマートフォンの入力モダリティに幅を持たせることが期待される。プロトタイプの実装には、安価かつ低消費電力かつ小型化のために小型サーボモーターを使用し、外装は3Dプリンターにて製作した。

1 はじめに

スマートフォンやタブレットといったモバイル端末の多くは振動以外の触覚フィードバックを活用しておらず、タッチパネルを用いたグラフィカルユーザーインタフェースに重点を置いている。そこで、物理的な形状の変化を用いて触覚フィードバックを与え、モバイル端末の触覚インタラクションの拡張を目的とした研究が行われている。Dimitriadisら[1]によると、ポケット内部において、モバイル端末の厚さを変化させる手法[2]や、ディスプレイを湾曲させる手法[4]等の形状変化は振動でのフィードバックと比較して、より見逃されにくく、より早く認識されると報告されている。また、形状変化を出力だけでなく、入力モダリティとして用いる研究も行われている。Zhangら[5]は空気圧を用いて、シリコン素材でできた透明なエアバッグでディスプレイ上を覆い、それを膨らませることでフィードバックを行い、膨らんだエアバッグを押すもしくは引っ張る動作によって入力を行う手法を提案している。また、Jangら[3]は piezoelectric アクチュエータと静電容量式タッチセンサーを用いて、上下に駆動する40本のピンからなる触覚入出力インタフェースを提案している。

本研究では、スマートフォンの触覚インタラクションを拡張するために、ディスプレイ全体の傾斜に着目し、傾斜変化によるフィードバック機能および、飛び出した画面を押し込む動作による入力機能を有する新たな形状変化インタフェースを提案する。さらに、提案するインタフェースを実現するプロトタイプ的设计および実装を行なった。

2 提案手法

本研究で提案するインタフェースでは、ディスプレイを上下左右のいずれかの方向に傾斜させる、または全体が飛び出した状態に変化させることでフィードバックを行う。さらに、これらの傾斜変化を組み合わせることで連続的に動作させることも可能である。ユーザは視覚的、触覚的に傾斜を認識可能であると考えられ、ディスプレイ表示と傾斜変化を組み合わせることで、スマートフォンにおける出力モダリティの拡張が可能だと考えられる。また、飛び出した画面を押し込む動作を入力として用いる。押し込みによる入力は、タッチパネルにおけるタッチ操作、長押し操作の延長であり、容易に習得ができると考えられ、スマートフォンの入力モダリティに幅を持たせることが期待される。この押し込み入力を行なった場合には、アクチュエータの抵抗によって、飛び出した画面を押し込める場合と押し込めない場合、さらに押し返される場合という3パターンの触覚フィードバックが可能である。

傾斜変化を使用したインタフェースの活用例として以下の3つを挙げる。

タッチ・スワイプ支援

傾斜変化を用いて、ユーザがタッチしようとする箇所を飛び出させることで、ユーザの指との距離を縮め、タッチに必要な時間の短縮が可能だと考えられる。また、システム側のタッチして欲しい箇所(eコマースの購入ボタンなど)を目立たせて、入力回数を増やすといった使用例も考えられる。さらに、スワイプ中に動的に傾斜を変化させることで、スワイプのしやすさや、しづらさをユーザに与えることができると考えられる。

傾斜変化を用いた通知

多くの関連研究において、モバイル端末の形状変化インタフェースは通知手段として使用されてきた

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 筑波大学 情報理工学位プログラム

† 筑波大学 システム情報系

[1]. そのため、本提案手法においても通知としての利用が期待される。また、傾斜の度合いや連続的な動作を用いることで緊急性を区別した通知が可能だと考えられる。

エンターテインメントの拡張

スマートフォンは、エンターテインメント目的にもよく使用される。そこで、映像と連動して傾斜を変化させることで表現を豊かにし、没入感を高めるといった効果も期待される。また、ゲームにおいてもディスプレイを押し込んで入力したり、ディスプレイが傾くことによって、操作している感覚を高めることができると考えられる。

3 プロトタイプ的设计および実装

本研究で提案する傾斜変化を用いたインタフェースを実現するプロトタイプ的设计および実装を行なった。アクチュエータには、安価かつ低消費電力かつ小型化を実現するために、小型サーボモータ (SG-90) を選定し、制御には Arduino Nano を使用した。

プロトタイプは、内部の四隅に配置したサーボモータの上にスマートフォンを取り付けることで、スマートフォンケースとして設計した。外装のサイズはスマートフォン (iPhone 14) に合わせて長さ 150mm、幅 75.5mm とし、高さはスマートフォンとサーボモータのサイズから 19.3mm とした。外装は 3D プリンタにて製作し、PLA 素材を使用した。図 1 は縦方向に傾斜が発生する場合の機構のイメージである。スマートフォンとケースはバネで接続され、通常時は図 1(a) のように傾斜のない状態である。対して、図 1(b) では、上側に設置された 2 つのサーボモータの駆動によって、スマートフォン上部を押し出すことで縦方向に傾斜を発生させている。同様に下側や右側または全体を押し出すことで傾斜変化を実現する。

図 2 にプロトタイプの傾斜変化の様子を示す。(a) の基準位置では押し出された箇所はなく、画面の傾斜はない。(b) の飛び出し状態では四隅が 7mm 押し出されており、画面の傾斜はない。(c) の右凸状態では右側が、(d) の左凸状態では左側が押し出され、(c)(d) では横方向に約 6.7 度の傾斜が発生する。同様に (e) の上凸状態では上部が、(f) の下凸状態では下部が押し出され、(e)(f) では縦方向に約 4.5 度の傾斜が発生する。

図 3 は図 2(b) の飛び出し状態において右上部を押し込んだ場合の電圧値の変化の例である。各サーボモータは 5 Ω 抵抗を挟んで Arduino Nano から給電され、Arduino のアナログ入力を用いて抵抗間の電圧を測定している。通常は 5V 電圧が印加されているが、押し込み入力時には入力の負荷により電圧値が減少する。図 3 では、右上のサーボモータの電圧値が最小で約 4.4V まで減少している。このよう

なサーボモータの電圧値の変化を用いて、押し込み入力の有無を判断する。なお、サーボモータの物理的抵抗が大きいため、押し込み入力を行っても傾斜は変化しない。

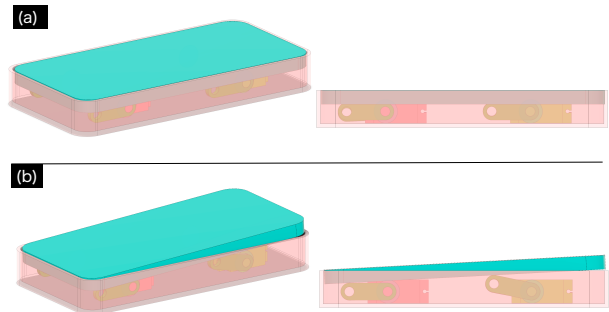


図 1. 傾斜変化の機構のイメージ

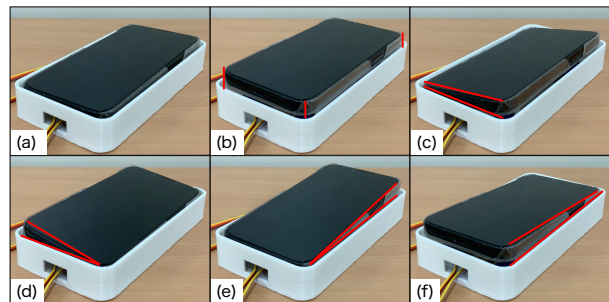


図 2. プロトタイプの傾斜変化 (注：赤線は形状変化を強調するために撮影後に書き加えたものである。)

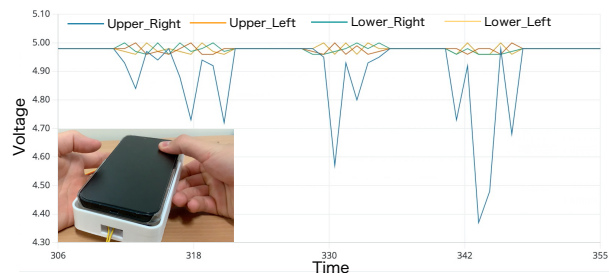


図 3. 押し込み入力による電圧変化

4 まとめと今後の課題

本研究はスマートフォンの触覚インタラクションの拡張を目的に、画面の傾斜変化を使用した形状変化インタフェースを提案し、プロトタイプ的设计および実装を行なった。提案手法を用いて、スマートフォンに新たな入出力モダリティを追加する。今後はユーザーテストを実施し、触覚のみを用いた傾斜の認識の可能性や、活用例における仮説について検討を行う予定である。

参考文献

- [1] P. Dimitriadis and J. Alexander. Evaluating the effectiveness of physical shape-change for in-pocket mobile device notifications. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 2589–2592, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [2] F. Hemmert, S. Hamann, M. Löwe, J. Zeipelt, and G. Joost. Shape-changing mobiles: tapering in two-dimensional deformational displays in mobile phones. In *CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '10, pp. 3075–3080, New York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machinery.
- [3] S. Jang, L. H. Kim, K. Tanner, H. Ishii, and S. Follmer. Haptic Edge Display for Mobile Tactile Interaction. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '16, pp. 3706–3716, New York, NY, USA, 2016. Association for Computing Machinery.
- [4] A. Roudaut, A. Karnik, M. Löchtefeld, and S. Subramanian. Morphees: toward high "shape resolution" in self-actuated flexible mobile devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 593–602, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [5] Z. Zhang, J. Alvina, F. Détienne, and E. Lecolinet. Pulling, Pressing, and Sensing with In-Flat: Transparent Touch Overlay for Smartphones. In *Proceedings of the 2022 International Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '22, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.