

ハンドヘルド円筒面タッチインタフェースの提案

田村 隼* 加藤 寛太* 高橋 伸†

概要. 一般的なデバイスで使用されている平面のタッチインタフェースに対して、非平面のタッチインタフェースを持つデバイスでは、形状の特性を活かした独自のインタラクションを設計できる。本研究ではタッチインタフェースの形状として円筒面に着目し、その特性を活かしたインタラクションを提案する。例えば、タッチ領域が環状に繋がっていることを利用して長距離ドラッグ操作を実装することができ、さらに、円周方向へ指を移動させる動作を物体を回転させる動作に見立てることで角度を調整するタスクに応用できる。このようなインタラクションやその応用例を実装するために、円筒面を指でタッチすることで操作し、特定の方向にスワイプすることでジェスチャを行う、円筒形の携帯型タッチデバイスを制作した。

1 はじめに

現在、スマートフォンやタブレットのようなタッチ操作デバイスが広く普及している。一般的なデバイスは平面のタッチインタフェースを搭載しているが、一方で、曲面や球面を持つデバイスへの関心も高まっている。このような特殊な形状のタッチインタフェースは、デバイスに対する新たなインタラクションを可能にする。例えば、北川ら [1] は、頭に被る半球面デバイスを用いて、全天球画像での直接的な視点移動手法を提案した。また、内藤ら [3] は円筒形の大型立体ディスプレイを用いて、3D オブジェクトを複数人で操作できるマルチタッチインタフェースを設計した。

本研究では、タッチインタフェースの形状として円筒面に着目する。円筒面の形状を活かすと、例えば、タッチ領域が円周方向で環状につながっていることから、その方向になぞり続けるような操作をすることができる。また、その曲線的な形状は人間の手に適合しやすいため、平面のデバイスと比べて自然に把持でき、目で見ずに操作しやすい。このような円筒面を活かしたインタラクションを調査するために、円筒形の携帯型タッチデバイスを制作した。このデバイスはジュースの缶のような形状であり、ユーザは片手または両手で把持し、側面を指でタッチすることで操作を行う。また、円筒軸方向へ指をスワイプさせる操作をスライドジェスチャ、円周方向へ指をスワイプさせる操作を回転ジェスチャとして定義した。これらを用いて、円筒面タッチインタフェース独自のインタラクションやそれを応用したアプリケーション例を実装した。

2 円筒面タッチインタフェースにおけるインタラクション例

円筒面が持つ形状の特性を活かしたインタラクション例を考案し、その応用場面となるようなアプリケーション例を実装した。アプリケーションの実装には Processing を用いた。

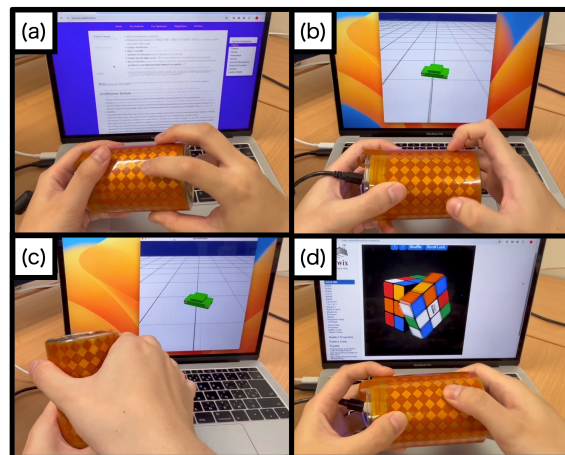


図 1. 実装したアプリケーション

(a) Web ブラウジング (b) 車の操縦 (横持ち)
(c) 車の操縦 (縦持ち) (d) ルービックキューブ

2.1 長距離ドラッグ

円筒面は円周方向が環状に繋がっているため、その方向へ指で触れたまま長距離をドラッグし続けることができる。そのため、この操作はカレンダーなどの長いコンテンツのスクロールに利用できる。ここでは回転ジェスチャを用いてページをスクロールする Web ブラウジングアプリケーションを実装した (図 1(a))。また、スライドジェスチャは閲覧するタブの切り替えなどに割り当てることができる。

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

2.2 旋回操作

円筒面上において指を円周方向になぞる動作は、物体を回転させる動作と似ており、細かい角度の調整を直接的な操作で行うことができる。これを旋回操作に見立て、回転ジェスチャによって車のハンドル操作を行うアプリケーションを実装した。このアプリケーションでは、横持ち操作と縦持ち操作を用意した。横持ち操作では、左手の回転ジェスチャでハンドル操作を行い、右手の回転ジェスチャで車の速度を変化させる（図1(b)）。縦持ち操作では、回転ジェスチャでハンドル操作を行い、スライドジェスチャで車の速度を変化させる（図1(c)）。

2.3 多層ダイヤル型インタフェース

円筒面を円筒軸方向で複数の円筒に分割すると、回転ジェスチャを用いて、まるでダイヤル錠のような多層ダイヤル型インタフェースを実装できる。これは例えば複数のパラメータを調整するようなタスクへ利用することが考えられる。これを応用して、ルービックキューブを操作するアプリケーションを実装した（図1(d)）。このアプリケーションでは円筒面を3つに分割しており、回転ジェスチャを行うと対応するブロック群が回転する。さらに横持ちしたデバイスの頂点部分や前面部分でスライドジェスチャを行うと、キューブ本体がその方向へ回転する。

3 実装

円筒面タッチインタフェースを持つデバイスのプロトタイプを実装した。

3.1 ハードウェア

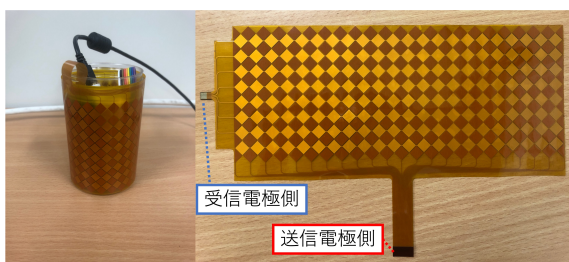


図 2. (左) デバイスの外観 (右) 円筒面に貼り付けたフレキシブル基板

デバイスの外観を図2左に示す。デバイス本体は直径約60mm、高さ100mmの円柱型プラスチック容器である。デバイス側面には、図2右に示すような、23×8のダイヤモンド状電極がプリントされたフレキシブル基板が貼り付けられている。各電極は1mm間隔で配置されている6mm×6mmの正方形を縦または横に繋げたものであり、FPCコネクタを介して2枚の回路基板へ、そこからマイコンへ

接続されている。これらの基板およびマイコンは全て、デバイスの内部に格納されている。マイコンにはArduino Nanoを使用した。

3.2 タッチ検出

タッチ検出には相互容量型静電容量方式を用いた。マイコンはマルチプレクサを介して、各送信電極へ矩形波(4MHz, デューティサイクル25%)を送信し、その電極に隣接する受信電極との間に静電容量を発生させる。各受信電極は100kΩの負荷抵抗と接続されており、これらの抵抗に印加されている電圧値を測定することで静電容量の変化を検出する。電極付近へ指を近づけている場合、その周辺で発生する静電容量が変化するため、タッチ位置が検出できる。静電容量センサを実装するために、汎用マイクロコントローラ用の静電容量タッチセンサライブラリであるMULTI-TOUCH KIT[2]のArduino用ライブラリを使用した。しかし、オリジナルのライブラリでは23本の送信電極とArduino Nanoに対応していなかったため、ライブラリの一部を修正して使用した。

プロトタイプデバイスはUSB経由でコンピュータに接続されており、測定された電圧値はシリアル通信で送信される。MULTI-TOUCH KIT[2]のProcessingライブラリを使用して補正および補間を行い、生の電圧値からタッチ位置の座標を得ることができる。より携帯性を高く、使いやすくするために、将来的にはコンピュータへ無線接続できるような実装を行う。

3.3 ジェスチャ認識

ユーザがこのデバイスを使用する際には、タッチセンサ全体のタッチ情報から、操作するためのタッチと、(操作とは無関係である) デバイスを把持するためのタッチを区別する必要がある。そのために、OpenCVライブラリを用いてタッチ情報に対しオプティカルフロー解析を行う。デバイスを把持する指はほとんど移動しないため、動いているデータのみを抽出することでタッチジェスチャを効果的に区別することができる。これにより得たタッチ情報の移動ベクトルを用いて、2種類のジェスチャ(回転およびスライド)を実装した。

4 まとめと今後の課題

本研究では、手に持って使う円筒面タッチインタフェースを提案し、プロトタイプデバイスおよびそれを用いる2種類のタッチジェスチャやアプリケーション例を実装した。円筒面が持つ形状の特性をもとに、平面のものとは違う、新たなインタラクションを実現する。今後はデバイスの改善やより複雑なジェスチャなどの設計を行い、さらに平面インタフェースに対する性能の比較や評価を行う。

参考文献

- [1] T. Kitagawa, Y. Yamato, B. Shizuki, and S. Takahashi. A Viewpoint Control Method for 360° Media Using Helmet Touch Interface. In *Symposium on Spatial User Interaction, SUI '19*, pp. 1–2, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [2] N. Pourjafarian, A. Withana, J. A. Paradiso, and J. Steimle. Multi-Touch Kit: A Do-It-Yourself Technique for Capacitive Multi-Touch Sensing Using a Commodity Microcontroller. In *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '19*, pp. 1071–1083, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [3] 内藤真樹, 志築文太郎, 田中二郎. 円筒型マルチタッチインタフェースにおける公共施設向け 3D 操作手法. インタラクション 2010 予稿集, インタラクション 2010, pp. 1–4, 東京, 日本, 2010. 情報処理学会.