

# タッチスクリーン上に重ねた透明シートを利用した位置と速度制御の併用が可能なユーザインタフェース

Mengting Huang<sup>†1</sup> 藤田 和之<sup>†1</sup> 高嶋 和毅<sup>†1</sup> 真鍋 宏幸<sup>†2</sup> 北村 喜文<sup>†1</sup>

**概要:** スマートフォンのタッチスクリーン上でスライドする薄型透明シートを利用してスクロールやズーム操作を拡張するインタフェースを提案する。ゴム紐に繋がれた透明なシートをタッチスクリーン面に重ねて配置する。このシートはスマートフォンのスクリーン上でゴムの弾性力を利用してスライドさせることができ、その移動量は導電性テープを用いてスマートフォンにタッチ位置の変化として認識させる。透明シートは十分に薄いために、このシートの上からでも従来通りのタッチ入力（位置制御）は可能である。一方で、シート自体をゴムによる弾性フィードバックを得ながらスライドさせると、その移動量をカーソルやスクロールの速度に変換される制御（ジョイスティック等で用いられる速度制御）が可能になる。本発表では、これら位置制御と速度制御の異なる二つの入力を特別な装置の追加無しに同一のタッチスクリーン上で実装する方法と、それを身近なスクロールとズームインタフェースへ応用した例を紹介する。

## 1. はじめに

世界中でスマートフォンの普及は著しく、スマートフォンで扱えるコンテンツやアプリケーションも大幅に増えてきている。しかし、スマートフォンにて、Web ページ、ドキュメント、地図等の画面サイズに比べ大きなコンテンツを閲覧する際には、クラッチと呼ばれる操作の繰り返しが必要であり、ユーザに大きな物理的負荷を強いるだけではなく、自身の手による遮蔽など様々な問題を引き起こす [1]。特にズームの場合は、二本の指を使用する前提があるためにこの問題がより複雑である。スマートフォン上でなされる様々な作業を考えた時に、タッチによるドラッグのような離散的な入力だけではなく、長距離のスクロールやズーム等を簡単にするような連続的な入力のための工夫が必要であると言える。

そこで本研究では、スマートフォンにおける通常のタッチ入力に影響を与えずに、タッチスクリーン上で連続的な入力を可能とする速度制御の機構を付加した新たなインタフェースを提案する。提案インタフェースでは、透明な薄型のシートをスマートフォンのタッチスクリーン上に重ね、それをゴムによって固定してスクリーン上でのスライド量を限定する（弾性フィードバックを与える）。シートがスライドされる変位量は、シートとスマートフォンを導電性テープにより幅 10mm×高さ 5mm 程度の領域で接続することによって、スマートフォンのスクリーンにタッチ入力として認識させる。なお、透明シートは十分に薄いために、シートをスライドさせない限りは、シート上からのタッチ入力は従来通り認識される。これにより、従来のタッチ入力による位置制御と、新たに追加したシートをスライドすることによる速度制御（スティック型）の二種類の入力を同一スマートフォン上に追加のセンサ無しで実現することができる。ユーザは透明のシートをスライドさせるかどうか、すなわち指の押し込みの程度で位置制御と速度制御を切り替えることができる。最近では、フォースを検出できるスマートフォンやタッチスクリーンもあるが押し込み量



図1 提案インタフェースの概要。

(左) シートの上から通常のタッチ入力、  
(右) シートをスライドさせる速度制御入力。

の一軸の入力であり、実際には押すか押さないかの検出に留まり連続的に値を変化させるような操作は難しい。本研究での透明シートでは、スライドの移動方向は自由であり、その移動量、ジェスチャパターン等を組み合わせれば極めて大きな入力可能性が存在する。図1に、本インタフェースの利用イメージであるタッチ入力とシートをスライドさせることによる速度制御入力の例を示す。本稿では、このようなインタフェースを実現する方法と、そのアプリケーション例について述べる。

## 2. 関連研究

一般論として、連続的な入力にはジョイスティックによく見られるような速度制御(Rate Control)が優れていることが証明されており [2]、速度制御を組み合わせる研究が多くなされている。なおジョイスティックは、ポインティングスティック等とも同様に、グリップの傾きを移動速度に変換させて利用するものが多い。グリップには弾性(Elasticity)があり、傾ける際に適度な反発力が加わるために安定して力を入力することができ、かつ小さな変位量を連続的な移動に変換できることが特徴である。スマートフォンやタブレットにおいてもこのような速度制御を活用する方法が提案されており、例えば、画面上に描かれた円弧の回転角を

<sup>†1</sup> 東北大学電気通信研究所

<sup>†2</sup> (株)NTT ドコモ

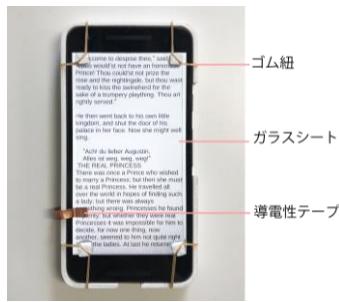


図2 プロトタイプ（前面）概観



図3 プロトタイプ（背面）概観

スクロール速度に割り当てるもの [3] や、音声入力の音量や音の高さをスクロール速度に割り当てたもの [4] 等が挙げられる。これらの研究では、速度制御による長距離スクロールの有用性が示されているが、[3] はドラッグ等の他の操作と競合する場合が考えられ、[4] は声を出す必要があるためにモバイル環境として利用できる場面は限られる。また、スマートフォンの背面カメラから得られる画像を用いてジョイスティック型の入力を実現する方法 [5] も提案されているが、デバイス背面入力としての検討が主であり、タッチスクリーンでの位置入力との連携は考慮されていない。また最近では、スマートフォンのタッチスクリーン上に置くだけで使用できるジョイスティックも販売されている。これは静電容量方式のタッチ認識を拡張したものであり、アプリ側がジョイスティックの設置領域を設ける必要があるが、連続的な速度制御の需要の大きさがここからも窺える。スマートフォン以外でも研究がなされており、ラップトップにおけるタッチパッドの周辺にゴム紐で固定されたリングを設置することで弾性フィードバックを得ながらカーソルの速度制御を可能とする研究もある。これは、カーソルの位置の制御と速度制御の連携に成功した例であるが [6]、スマートフォンでの検討ではない。以上のように、様々な検討がなされているが、スマートフォンにおいて、タッチスクリーン面の指の動きだけを用いて、タッチ入力による高精度な位置制御に影響を与えずに、連続的な速度制御を同時に実現できるインタフェースは考案されていない。

### 3. 提案インタフェース

#### 3.1 概要

本研究では、スマートフォンのタッチスクリーンを拡張し、従来のタッチによる位置制御に加えて速度制御を可能にすることを考える。基本的なアイデアは、タッチスクリーン上にある保護シート等のガラス面をジョイスティックのような小さな変位量を速度に変換する（速度制御）操作インタフェースとして用いることを考える。図2に示すように、透明薄型のシート（ガラス、又はアクリル等）がタッチスクリーン上に重ねられており、その四隅がそれぞれスマートフォンの角にゴム紐で固定されている。このゴ

ム紐により、その透明シートはタッチスクリーン面に常に接触する状態を保ち、スクリーン上でのスライドに適度な弾性フィードバックを与え、指を離すと初期位置に戻るようになる。シートは薄いため、シート上で、シートをスライドさせずに指を滑らせると従来どおりのドラッグ操作になり、指をガラスシートに押し付けるようにしてガラスシート自体を移動させる（以下では、これをプッシュ&ドラッグと呼ぶ）と速度制御操作として認識される。これを実現することにより、従来のタッチ操作と競合することなく、弾性フィードバックを伴う速度制御操作をユーザに提供できる。例えば、短距離のスクロールの際には通常のドラッグ操作、長距離のスクロールの際にはプッシュ&ドラッグ操作といった使い分けが可能である。また、ドラッグに用いる指の押し込みの強さの違いだけで2種類の操作を使い分けられるため、操作の切り替え時に指の移動が不要であることも利点である。

#### 3.2 実装

本インタフェースを実装したプロトタイプの概観を図2と図3に示す。本インタフェースは、前面の薄型透明シート部（図2）と背面のケース部（図3）からなる。本実装では、スマートフォンにLG Nexus 5Xを用い、シートには、一般的なスマートフォン用のガラスフィルム（厚さ0.4mm）を用いた。ケース部は3Dプリンタにより作製した。

透明シートは、タッチスクリーンよりやや小さくする。それをスクリーン面に重ね、その4隅をスマートフォンにゴム紐で固定することで、スクリーン上で自由にスライドさせることができる。プッシュ&ドラッグ操作によって動かされたガラスシートの変位量は、外部のセンサを用いても容易に計測可能であるが、電源やコストの問題があり望ましくない。本実装では、既存研究 [7,8] でも見られるように、静電容量方式のマルチタッチスクリーンのタッチ認識エリアを導電性テープにより拡張させることにより、外部センサの不要な計測方法を採用した。具体的には、ガラスシートの裏面に幅5mmの導電性テープを接着し、その導電性テープを背面のケース上にも張り巡らせることにより、ユーザがスマートフォンを把持した際、必ず手のどこかが導電性テープに接触し、タッチスクリーンの特定領域がタッチされた状態として認識される（図3右）。この状態

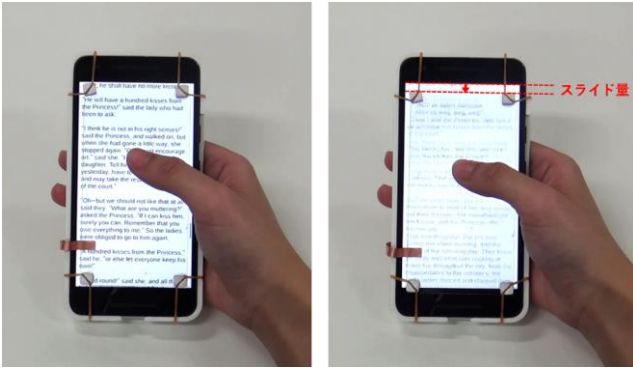


図4 スクロールインタフェースへの適用例。

(左) ドラッグでスクロール操作, (右) プッシュ&ドラッグで速度制御によるスクロール操作となる。



図5 ズームインタフェースへの適用例。

(左) ドラッグでスクロール操作, (右) 上下方向のプッシュ&ドラッグで速度制御によるズーム操作となる。

でユーザがプッシュ&ドラッグ操作を行うと、透明シートに合わせて導電性テープの位置も移動するため、この位置を検出することで透明シートの変位量が検知可能である。

## 4. アプリケーション

提案するインタフェースを、二種類の場面に応用したアプリケーションを紹介する。

### 4.1 スクロールインタフェース

ドキュメントや地図等においてスクロールは極めて頻繁になされる操作である。先にも述べたように、コンテンツの多様化により、短距離のスクロールだけではなく長距離のスクロールが必要な機会も多い。本アプリケーションでは、図4に示すように、短距離スクロール時には、位置制御（タッチ入力）によるドラッグスクロールを実施し、長距離のスクロールをする際に、プッシュ&ドラッグ操作による連続的なスクロールを利用することができる。その切り替えは滑らかであり、タッチ面で指の押し込みの強さを変えるだけである。指の接触面を利用して切り替えを可能にするインタフェースも提案されている [9] が、本インタフェースではどの方向に対しても高精度に移動することができる他、ゴムによる力のフィードバックが与えられているために細かな速度制御が簡単である。

### 4.2 ズームインタフェース

プッシュ&ドラッグを、スクロールだけではなく異なる入力に割り当てることもできる。その一例として、地図等のコンテンツにおけるズームに割り当てたものを図5に示す。ドラッグを通常のスクロール操作とし、上下方向（どの方向でもよいし、パターンを設けてもよい）のプッシュ&ドラッグを速度制御によるズーム操作に割り当てる。これにより、スマートフォンを片手で把持した状態でも、スクロールとズーム操作の切り替え時の負荷が少なく、かつ連続的なズーム操作を簡単に実現できる。

なお、シートをスライドさせる際の方向やジェスチャパ

ターンを設ければ、上記で述べたスクロールの速度制御とズームの速度制御を同時に実現することも可能である。

## 5. おわりに

本稿では、透明薄型シートをタッチスクリーンに重ね、それをゴムで固定した範囲でスライドさせることによってジョイスティックに代表される速度制御を実現する新たなスマートフォンインタフェースを提案し、その実装と応用例の一部について述べた。今後は、本インタフェースのパフォーマンスの定量評価やさらなるアプリケーションを検討する予定である。

## 参考文献

- [1] K. Takashima, N. Shinshi, and Y. Kitamura. Exploring Boundless Scroll by Extending Motor Space. *MobileHCI '15*, 557-566.
- [2] B. Shneiderman. Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. *Pearson Education India*, 2010.
- [3] G. M. Smith and m. c. Schraefel, The Radial Scroll Tool: Scrolling Support for Stylus- or Touch-based Document Navigation. *UIST '04*, 53-56.
- [4] D. Sakamoto, T. Komatsu, and T. Igarashi, Voice Augmented Manipulation: Using Paralinguistic Information to Manipulate Mobile Devices, *MobileHCI '13*, 69-78.
- [5] W. Yamada, H. Manabe, and D. Ikeda, CamTrackPoint: Camera-Based Pointing Stick Using Transmitted Light Through Finger. *UIST '18*, 313-320.
- [6] G. Casiez, D. Vogel, Q. Pan, and C. Chaillou, RubberEdge: Reducing Clutching by Combining Position and Rate Control with Elastic Feedback. *UIST '07*, 129-138.
- [7] K. Kato and M. Homei. Extension sticker: a method for transferring external touch input using a striped pattern sticker. *adjunct Proc. of UIST '14*, 2014, pp. 59-60.
- [8] K. Ikematsu and Itiro Siio. Ohmic-Touch: Extending Touch Interaction by Indirect Touch through Resistive Objects. In *Proc. of CHI '18*, 521, 8 pages.
- [9] S. Boring, D. Ledo, X. Chen, N. Marquardt, A. Tang, and S. Greenberg. The fat thumb: using the thumb's contact size for single-handed mobile interaction. *MobileHCI '12*, 39-48.