

ShiftTouch: 微細なタッチ座標制御によりタッチパネルの入力を拡張するシート状インタフェース

川上 玲* 池松 香† 加藤 邦拓* 太田 高志*

概要. 本論文では、静電容量方式のタッチパネルに貼り付けて使うシート型のパッシブなインタフェースである ShiftTouch を提案する。ShiftTouch は導電パターンを印刷したシートの上に、導電パターンを部分的に露出するための切り抜きのあるシートを重ねた構造を持つ。導電パターンは複数の細い線状の電極と各電極に接続された配線で構成されており、電極部がタッチパネルに接触するように貼り付けて用いる。導電パターンの露出する切り抜き箇所（入力部）に指で触れると、複数の隣接した電極が同時に接地されタッチ入力が発生する。本インタフェースでは、接地される電極群に応じてタッチ座標が微細に変化し、この変化から各入力部での入力を識別する。ShiftTouch は従来の円形や矩形の電極を用いたタッチパネル拡張のためのインタフェースと比較し、インタフェースによる画面遮蔽を軽減することが可能である。

1 はじめに

近年、スマートフォンやスマートウォッチ、タブレット PC などの静電容量方式のタッチパネルを搭載した機器が普及し、タッチパネルは最も一般的な指示装置の一つとなった。一方で、タッチパネル操作は触覚フィードバックに乏しく、操作領域が狭い画面上に限られるなどの課題がある。こうした課題に対し、導電性素材を用いてタッチパネルの入力を拡張するパッシブなインタフェース [1, 2, 5, 6] が提案されている。タッチパネルは本来、指でのタッチ入力を検出するために設計されているが、指以外の接地された導電体の接触も検出可能であり、[1, 2, 5, 6] では導電性インクや導電性ゴム、金属などを使用している。これらのインタフェースはタッチパネルの入力を拡張し、多様なインタラクションを提供する。しかし、指先程度の面積の導電性素材（図 1 (A)）を介して入力を伝達する必要があるため、入力部の数が増えるほど導電性素材によるタッチパネル画面の遮蔽領域が大きくなるという課題がある。

本論文では、上述の先行例の利点（電池不要・自由に着脱可能・実装が容易）を継承しつつ、画面の遮蔽面積を軽減するインタフェースである ShiftTouch を提案する。本インタフェースは導電パターンの印刷されたシート（導電層）の上に、導電層を部分的に露出させるための切り抜きのあるシート（マスキング層）を重ねた構造を持つ（図 1 (B)）。導電層には複数の線形電極と各電極に接続された配線が印刷されており、電極部をタッチパネルに接触するよ

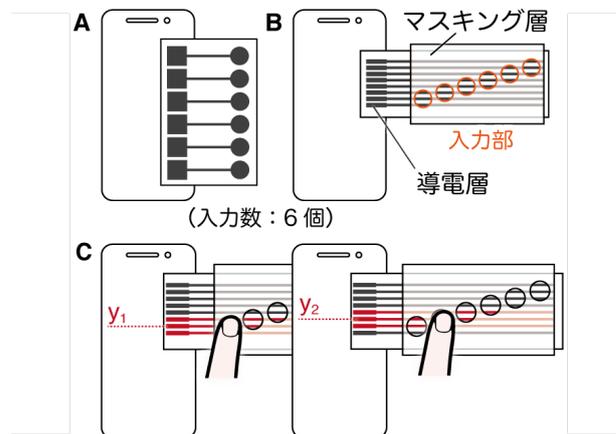


図 1. (A) 従来の電極構造, (B) ShiftTouch の電極構造, (C) 接地される電極群に応じたタッチ座標の変化から、各入力部での入力を識別。

うに貼り付けて用いる。導電パターンが露出した切り抜き箇所（入力部）に指で触れると、複数の隣接した電極が同時に接地されタッチ入力が発生する。図 1 (C) のように、接地される電極群に応じてタッチ座標が微細に変化するため、この変化から各入力部での入力を識別可能である。ShiftTouch は従来の円形や矩形の電極を用いたタッチパネル拡張のためのインタフェースと比較し、インタフェースによる画面遮蔽を軽減することが可能である。

2 インタフェース構造

ShiftTouch インタフェースは、銀ナノ粒子インク（三紙製紙, NBSIJ-MU01）で印刷された導電層の上に、導電パターンを部分的に露出する切り抜き（入力部）のあるマスキング層を重ねた構造を持つ。

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.

* 東京工科大学

† ヤフー株式会社

導電層の印刷には、銀ナノ粒子インク専用 PET 紙（三菱製紙，NB-TP-3GU100）を使用した。導電層は、先行研究である ExtensionSticker[3] の電極構造を使用した（図 2）。[3] は複数の線形電極を持ち、ユーザが導電パターン上で指を動かすことで、スクロールなどの連続的なタッチ入力を行える。電極部のサイズには、[3] のタッチ認識精度が最も高いパラメータである、高さ (h) 0.6 mm, 間隔 (i) 0.5 mm, 幅 (w) 8 mm を採用し、電極部をタッチパネルの画面端に両面テープで固定した。

一般に、タッチドライバで検出されるタッチ入力の座標は、指とタッチパネルの接触領域の中心付近として検出される。これと同様に、タッチパネル上に取り付けた電極が接地されると、タッチ入力は電極領域の中心付近で検出される。[3] の線形電極構造の場合、接地される電極群が 1-2 本変更された場合であってもタッチ座標が変化する（図 1 (C)）。本インタフェースでは、各入力部で使用する電極群を数本（1-2 本）ずつ変更し、検出されるタッチ座標から各入力部を識別する。図 2 のように接地する電極を s 本変更したとき、隣接する入力部からの入力を識別するための閾値（電極の中心座標からの許容誤差）は、 $s \cdot (i+h)/2$ mm となる。また、電極の総数を N 本とし、各入力に用いる電極の数を n 本としたとき、実現可能な入力数は、 $N > n$, $N - n \geq s$, $s > 0$ の条件で、 $\lfloor (N - n)/s + 1 \rfloor$ である。

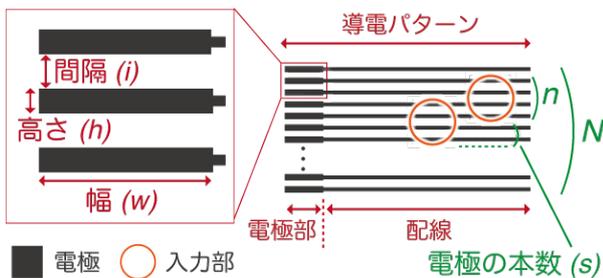


図 2. 導電層の電極パラメータ ($n = 4$, $s = 2$ の場合)。

3 アプリケーション

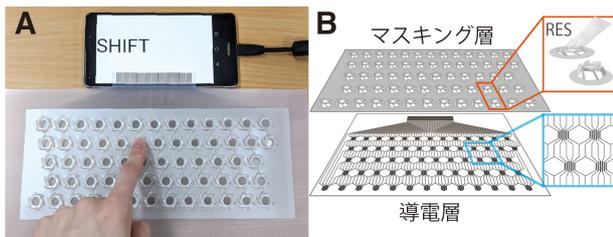


図 3. (A) 63 個の入力部を持つタイピングキーボード, (B) 導電パターンが印刷された導電層とボタン付きマスキング層の構造。

図 3 (A) は、タイピングキーボードの応用例である。導電層には、QWERTY 配列に合わせ設計した導電パターンを印刷した（図 3 (B)）。導電層の上には 63 個の入力部を持つマスキング層を取り付けた。各入力部には Rotational Erection System (RES) [4] により作成した切り紙の立体構造を使用した。この構造により、触覚フィードバックを持つモーメンタリ動作方式のボタンを実現した。本インタフェースの電極部をスマートフォンなどに貼り付けることで、63 個のキーを持つタイピングキーボードとして機能する。

先行研究である Kirigami Keyboard [1] の手法を用いて 63 個の入力部を持つタイピングキーボードを作成した場合、タッチパネルの遮蔽領域は $1,264 \text{ mm}^2$ （電極直径 8 mm, 間隔 2 mm として算出）となる。これに対し、ShiftTouch を用いた場合、遮蔽領域は 608 mm^2 ($h = 0.6 \text{ mm}$, $i = 0.5 \text{ mm}$, $w = 8 \text{ mm}$, $n = 6$, $s = 1$ として算出) となり、Kirigami Keyboard と比べて 48% の削減を実現した。

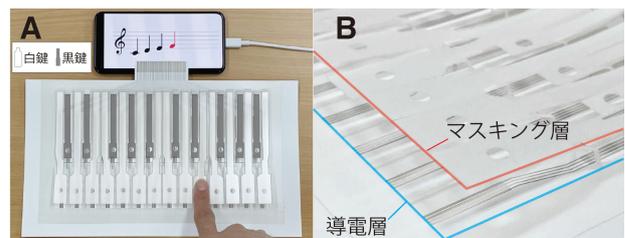


図 4. (A) 24 個の鍵盤を持つピアノ, (B) 導電層の導電パターンと鍵盤を再現したマスキング層の構造。

図 4 (A) は 24 個の鍵盤を持つピアノキーボードの応用例である。ピアノの鍵盤の配置に合わせて作製した導電層の上に、モーメンタリ動作方式のボタンを持つ鍵盤を模したマスキング層を取り付けた（図 4 (B)）。ピアノやシンセサイザなどの演奏・操作を擬似的に体験できる様々なスマートフォン用アプリケーションがあるものの、スマートフォンの画面領域は狭く限られるため、鍵盤などの操作部だけで画面領域が占められてしまうことが多い。本インタフェースを用いることで、わずかに画面領域を遮蔽するものの、画面外に多数の入力部を拡張できる。そのため、操作性を高めつつ、画面上に楽譜を表示するなど、よりインタラクティブ性の高いコンテンツを実現可能である。

参考文献

- [1] Z. Chang, H. Kim, K. Kato, K. Saito, T. D. Ta, W. Jiang, K. Narumi, Y. Miyamoto, and Y. Kawahara. Kirigami Keyboard: Inkjet Printable Paper Interface with Kirigami Structure Presenting Kinesthetic Feedback. In *Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Hu-*

- man Factors in Computing Systems*, No. Paper LBW2113 in CHI EA '19, pp. 1–5. ACM, 2019.
- [2] K. Ikematsu, M. Fukumoto, and I. Sio. Ohmic-Sticker: Force-to-Motion Type Input Device that Extends Capacitive Touch Surface. In *Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '19, pp. 1021–1030. ACM, 2019.
- [3] K. Kato and H. Miyashita. ExtensionSticker: A Proposal for a Striped Pattern Sticker to Extend Touch Interfaces and its Assessment. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 1851–1854. ACM, 2015.
- [4] Y. Miyamoto. Rotational Erection System (RES): Origami Extended with Cuts. *Origami⁶.II. Technology, Art, Education.*, pp. 537–544, 2015.
- [5] C. Xiao, K. Bayer, C. Zheng, and S. K. Nayar. BackTrack: 2D Back-of-device Interaction Through Front Touchscreen. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, No. Article 7 in CHI '21, pp. 1–8. ACM, 2021.
- [6] N.-H. Yu, S.-S. Tsai, I.-C. Hsiao, D.-J. Tsai, M.-H. Lee, M. Y. Chen, and Y.-P. Hung. Clip-on gadgets: expanding multi-touch interaction area with unpowered tactile controls. In *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '11, pp. 367–372. ACM, 2011.