

# 指先への電気刺激による触覚提示を組み合わせたタッチディスプレイ技術

## A Touch Panel Technique Providing Tactile Feedback by Electrical Stimulation

衛藤春菜 的場やすし 佐藤俊樹 福地健太郎\* 小池英樹† 梶本裕之‡

**Summary.** 我々は、操作者の指先に電気刺激を与える、新しいタッチインタフェース技術を提案する。表面が導電層から成り、圧力検知が可能なタッチインタフェースにより、操作者の指先に低周波の電気刺激を加えることで指先に振動しているかのような触覚や、一時的な衝撃を与えることができる。また、電気刺激の制御を更に細かく行うことで、より様々な触覚提示ができると考えられる。本稿では提案システムの詳細とその上で実現されるインタラクション技術について述べる。

### 1 はじめに

近年、タッチディスプレイ向けのインタラクション技術の開発が進展し、またその小型化・低価格化に伴い、スマートフォンやパッド型コンピュータなどの個人向け携帯端末から、公共交通機関の券売機やキオスク端末などに、既に広く採用されている。このタッチディスプレイの利点は、多くの情報を一つのシステムで提示でき、必要に応じて出力内容を切り替えて画面上で入力をさせられることや、「指」だけを用いて入力を行えるので、様々な応用ができるという点にある。しかし一方で、タッチパネルの表面は一様で固く、画面上に表示されているどの部分を押しても、どのような操作をしても同じ触覚を持つため、我々が日常的に触れている物と大きく性質が異なり、表現力に劣る。そのため、タッチディスプレイにさらに触覚提示の仕組みを加える試みが、進められている。そこで我々は電気刺激を指先に与えることで継続的な触覚提示を可能としたシステムを構築した。今回我々が試作したテーブルトップシステムでは、タッチディスプレイ表面に導電性布を張り、また把持型電極を手を持たせ、指先に微弱電流を通電させることで、触覚を提示する。この構成により、身体への機器の装着を極力少なくしつつ、タッチに応じた刺激を与えることを可能とした。また、前回の試作では簡単のため提示の種類は「痛み」と「弱い振動」の2種類のみだったが、今回我々は6段階の刺激を提示できるようシステムを改良し、あらかじめユーザにキャリブレーションを行わせるこ

とで、痛み以外の提示を試みた。

### 2 関連研究

タッチディスプレイへ触覚提示装置を組み込んだものとして、機械的振動を用いたものでは、福本らの Active Click [1] と Poupyrev らの Ambient Touch [2] がある。Active Click は、機械式ボタンの「クリック感」をタッチスクリーンに付与する試みで、振動モータで画面全体を振動させることによりタップを行う指先に対して触覚を提示する。Ambient Touch では、パネルに組み込める小型の圧電素子を開発した。特別な機器の装着を必要とせず、かつ機械的振動以外でディスプレイ面に触覚を提示する試みとしては、Tesla Touch [3] が挙げられる。電気振動という現象を利用し、タッチディスプレイに表面の粗さの感覚を擬似的に再現するものである。この手法では、絶縁体パネルとユーザの指先を正負交互に帯電させ、電荷が引き合う力を利用して指先に微小な機械的変形をもたらし、摩擦感の変化を再現している。ただし、この機械的変形の時間的変化は指を滑らせた際に初めて感じられる程度の微小なものであるため、指と面との間に滑り運動が生じていないときには触覚は提示できない。

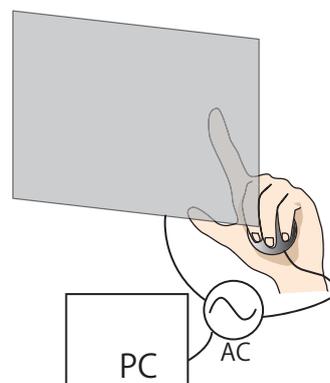


図 1. システムの概要

Copyright is held by the author(s).

\* Department of Science and Technology, Meiji University, 明治大学理工学研究科

† Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications, 電気通信大学情報システム学研究科

‡ Department of Human Communication, The University of Electro-Communications 電気通信大学人間コミュニケーション学科

ここに触れて、感想を選んでください。

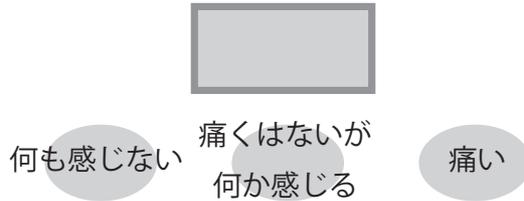


図 2. キャリブレーション画面

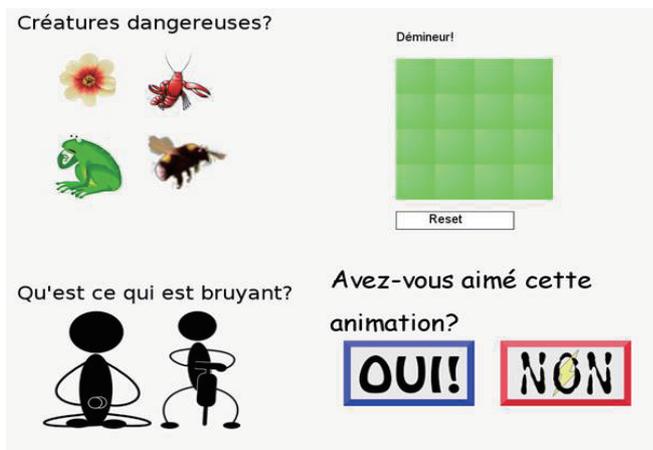


図 3. デモアプリケーション

### 3 システム構成

図 1 にシステムの電気刺激の概要を示す。提案手法は、指先に交流信号を流すことで疑似的な触感を与える。刺激用電源としては、安全と開発期間短縮のため市販の低周波治療器（オムロン社製，HV-F310）を用いた。これは高電圧パルスを瞬間的に皮膚表面から筋肉に通電させ、筋肉を収縮し刺激するためのものである。これを手の平から指にかけて通電させると、弱いレベルでは振動する感覚を、強いレベルでは痛みの感覚を得る。安定した触覚提示のためには電流を制御する方法が主流であるが、電極と皮膚の接触面積が大きく変化する場合は感覚の変動が激しい。これに対し、低周波治療器では刺激のためのパルスの電圧を制御して発信しているため、抵抗が大きければ電流は流れず、局所的な通電による痛みなどを避けられるという特徴を持つ。また、大人数に対するデモンストレーション時の安全のため、図 1 のような電極の形状を設計することで、刺激用の電流の閉回路を片手のみで完結させ、電流が心臓付近を通過することを防ぐ。

この低周波利用器具の強さのレベルは PC からマイコンを介して 6 段階に選択できるよう設計した。

## 4 アプリケーション

### 4.1 キャリブレーション

アプリケーションを操作しているときに痛みの提示をなるべく避けるために、ユーザは、タッチインタラクションを行う前に、提示刺激のキャリブレーションを行わなければならない(図 2)。研究室内で 5 人の被験者を試験し、痛みか、振動かで意見の分かれるレベルを初期提示刺激値として提示し、痛みかどうかユーザに選ばせることで、そのユーザにとっての提示刺激の最大値を決定する。

### 4.2 デモアプリケーション

図 3 左上のアイコン群はそれぞれに振動の強弱が割り当てられており、異なる触感を得る。左下の一組のキャラクタの図では、左側はじっと止まっていて、右下は上下左右に振動するアニメーションとなっている。右のキャラクタに触れると、振動する感覚を得る。

## 5 課題と展望

本研究では、電気刺激を利用し、タッチパネルに振動の触感を付与する試みを行った。また、タッチインタラクションの際、ユーザに痛みを与えないために、予めキャリブレーションを行ったが、キャリブレーションの段階で痛みをもたらしてしまうという矛盾を抱えている。これについては梶本らが即時インピーダンスを計測しながら電流を制御するフィードバック回路 [4] を提案しており、将来的にはこれを適用することができる。

## 参考文献

- [1] Fukumoto, M. and Sugimura, T.: Active click: tac-tile feedback for touch panels, In *Proceedings of CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems, CHI EA '01*, New York, NY, USA, ACM pp. 121-122 (2001).
- [2] Poupyrev, I., Maruyama, S. and Rekimoto, J.: Ambient touch: designing tactile interfaces for handheld devices. In *Proceedings of UIST '02*, New York, NY, USA, ACM pp. 51-60 (2002).
- [3] Bau, O., Poupyrev, I., Israr, A. and Harrison, C.: Tesla Touch: electrovibration for touch surfaces, In *Proceedings of UIST '10*, New York, NY, USA, ACM pp. 283-292 (2010).
- [4] 梶本裕之：皮膚インピーダンス情報のリアルタイムフィードバックを可能とする電気触覚ディスプレイ，第 10 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (2009)。