

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 9 月 3 日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330219

研究課題名(和文) 計算機のマルチタッチ入力面を利用したタッチインタフェース

研究課題名(英文) Interaction methods using multi-touch input devices

研究代表者

椎尾 一郎 (Sio, Itiro)

お茶の水女子大学・基幹研究院・教授

研究者番号：90297101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：人がタッチ面に複数指をタッチする動作に、「ものをつまむ」「カーボン紙を置く」などの実世界動作に関係付け、これを利用して直感的なユーザインタフェース手法を提案し、実装評価した。また、タッチ面の上に円筒形ミラー、3Dプリンタ形成物体、導電性インクによりパターンを印刷したフィルム、電気抵抗値が変化する電子部品などからなる物体を置き、これにタッチすることでインタラクションする手法を提案し、実装評価した。これらの成果を、国内外の学会および論文誌を通して発表するとともに、Webページを用意して研究成果の発信を行った。また、特許公開をすすめた。

研究成果の概要(英文)：New interaction methods for wide-spread multi-touch surfaces in PCs or smart phones have been proposed and developed. These methods are based on everyday human actions, such as to grab a small stone and to use a piece of carbon paper. We also have proposed new interaction methods using tangible objects on touch-surfaces. Objects including cylindrical mirrors, 3D printed objects with conductive material, thin film objects printed by conductive ink. In contrast to previous work using electric capacitive feature of material, we focused on electric resistance of materials. As a result, usual electrical resistance parts, such as fixed-value resistances, variable resistances, and sensors that convert values of pressure, temperature and light to electric resistance, can be embedded in our interaction devices. We have presented the results on academic papers, international and domestic conferences and disclosed on our web pages. We also disclosed patents based on our study.

研究分野：ヒューマン・コンピュータ・インタラクション (HCI)

キーワード：マルチタッチ入力 入力装置 トラックパッド 静電容量タッチ入力

## 1. 研究開始当初の背景

複数の指や両手を使ったテーブルトップインタフェースは1990年代中頃から盛んに研究されている。いずれも、仮想現実や拡張現実感の実験的なシステムとして実装されており、実用性に乏しかった。

一方で、現在の個人用計算機(PC)において、ディスプレイ一体型タッチパネルとタッチパッドが急速に普及した結果、デスクトップPC、ノートPC、タブレットPC、スマートフォンのすべてのPCにマルチタッチ可能な入力平面が装備され、OSで統一的にサポートされるようになった。

このような背景のもとで、マルチタッチ入力平面の特性を利用したさまざまなインタフェースが提案されつつある。

## 2. 研究の目的

個人用計算機(PC)において急速に普及した、ディスプレイ一体型タッチパネルとタッチパッドの特性を利用したさまざまなマルチタッチインタフェースを提案、設計、実装し、ユーザによる評価実験を行い有用性を検証する。

## 3. 研究の方法

人がタッチ面に複数指をタッチする動作を、実世界での動作に関係付け、これを利用して直感的なユーザインタフェース手法を提案し、実装評価する。

また、タッチ面の上に様々な特性を持つ物体を置き、これにタッチすることでインタラクションする手法を提案し、実装評価する。

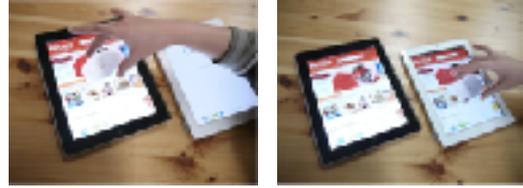
これらの成果を、国内外の学会および論文誌を通して発表するとともに、Webページを用意して研究成果の発信を行う。また、特許公開をすすめる。

## 4. 研究成果

### 4.1 記憶の石

人がタッチ面に複数指をタッチする動作に、「ものをつまむ」という実世界の動作を結びつけて、これによりマルチタッチ入力を持つ複数コンピュータ間のデータ移動のインタフェースを提案、実装、評価した。情報の塊を指でつまみあげて移動する動作が、架空の石をつまみあげる動作と同じであることから、本方式を「記憶の石」と名付けた。ユーザが移動させたい情報（ファイルアイコン、フォルダアイコン、Webページなど）を複数指でタッチすると、その場に小石が表示される。次に、複数指でこれをつまみあげるような動作をして、指の形を保ったまま、移動先コン

ピュータのマルチタッチ面に触れると、やはり架空の石が現れて、データが移動する。内蔵のプログラムでは、2台の近接コンピュータのマルチタッチ点群が合同であるかどうかを判断し、合同である場合にネットワーク越しにデータを転送する。



類似した情報移動のためのインタフェースとしてPick and Drop (1) が知られているが、本方式はIDを有したペンなどの特別なデバイスを必要としない点が特徴である。

### 4.2 カーボンコピーメタファ

人がタッチ面に複数指を置く動作に、「架空のカーボン紙を置く」実世界の動作を結びつけて、これにより絶対座標・相対座標入力を切り替える手法を提案し、実装・評価した。などの実世界動作に関係付け、これを利用して直感的なユーザインタフェース手法を提案し、実装評価した。

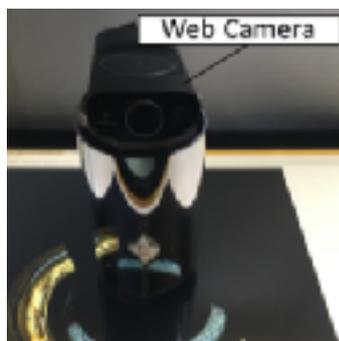


PCのマルチタッチ入力面では、マウス操作と同様の相対座標で操作を行う。一方で、絶対座標入力が可能ならば、手書き文字入力などに対応できる。本方式は、実世界において、小さなカーボン用紙の紙片を用いて広い紙面に描画する動作をメタファーとするインタフェースである。人が実際にカーボン用紙を使って描画する様子を実際に観察し、その指配置を参考にインタフェースを設計した。

### 4.3 Anamorphiconを用いたインタフェース

平面に歪んだ画像を表示し、これをその平面に置いた円筒形の鏡に反射させて見ることで、浮き上がった表示を実現するだまし絵の手法がある。これをタブレットPCなどのマルチタッチ表示装置に応用したデバイス、Anamorphiconを試作した。このデバイスの底部には、複数の導電ゴムが配置されていて、特定のタッチパターンを発生する。これにより、円筒鏡の位置と回転を検出できるので、それに合わせて画像を移動回転させることで、画面から飛び出した物体を、手に持って移動

回転させているかのようなインタラクションを可能にする。本研究では、Anamorphiconの応用例として、地図上の道路に沿ったストリートビューの閲覧システムと、遠隔会議システムを実装し、評価した。ストリートビューの閲覧では、円筒鏡全周に全周囲映像を表示し、位置関係の把握を容易にした。下図に示す遠隔会議システムでは、遠隔地のユーザそれぞれにAnamorphiconを割り当てて、これを移動回転する操作で会議スペースでの人の配置を可能にした。



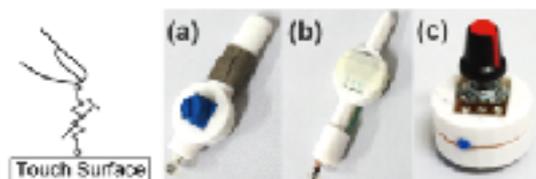
#### 4.4 Ohmic Touch

現在のマルチタッチ入力で広く採用されている静電容量式タッチ入力では、タッチ面から接地に至る静電容量のみならず直流抵抗成分も検出可能である。しかしながら、マルチタッチ面に置いた物体の静電容量変化を使用したインタラクションは多数提案・実装されているのに対して、直流抵抗変化を利用したインタラクション手法は過去に存在しなかった。静電容量式という名称から、静電容量にのみ着目された結果であろう。

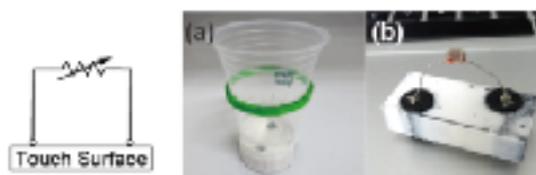
そこで本研究では、マルチタッチ入力面に置かれた物体の直流抵抗を一般的なOSのAPIにより検出できることを示し、様々なインタラクション手法を提案し、3Dプリンタなどを用いて実装した。直流抵抗を利用することで、導電性素材を使用したインクジェットプリンタによる印刷や3Dプリンタによる造形を使用して、様々なインタフェースデバイスを作成することができる。また、電気抵抗値を調整できる市販の電子部品を利用して、多彩なインタフェースを実現できる。下図は異なる値の固定抵抗部品を内蔵したタッチペンである。抵抗値の違いで識別して、描画の色を切り替えることができる。



下図は、(a)可変抵抗内蔵ペン、(b)圧力センサ(FSR)内蔵ペン、(c)可変抵抗部品によるダイアルである。



圧力だけでなく、温度、光などにより電気抵抗値が変化するセンサ部品を使用することも可能である。下図は、(a)サーミスタ部品を使用した温度センサカップ、(b) CDS(LSR)を用いた光センサである。いずれもタッチ入力面に乗せることでセンサとして機能する。



以上の成果を、国内外の学会および論文誌を通して発表するとともに、Webページを用意して研究成果の発信を行った。また、特許公開をすすめた。

#### <引用文献>

- (1) Rekimoto, J.: Pick-and-drop: a direct manipulation technique for multiple computer environments, Proceedings of UIST '97, New York, NY, USA, ACM, pp. 31-39 (1997).
- (2) Martin Schmitz, Jürgen Steimle, Jochen Huber, Niloofar Dezfuli, and Max Mühlhäuser. Flexibles: Deformation-Aware 3D-Printed Tangibles for Capacitive Touchscreens. In Proceedings of CHI 2017

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 3 件)

- (1) 池松 香, 榎尾 一郎, Ohmic-Touch: 静電容量方式タッチサーフェスにおけるオブジェクトを介した入力技法, 日本ソフトウェア科学会論文誌, 査読有, 採択済み出版予定
- (2) 池松 香, 榎尾 一郎, カーボンコピーメタファを用いたトラックパッド入力モード切替え技法, 情報処理学会論文誌, 査読有, 58(5), pp.1014-1024 (2017)
- (3) 池松 香, 榎尾 一郎, 記憶の石: マルチタッチを利用したデバイス間情報移動, 情報処理学会論文誌, 査読有, 55(4), pp.1344-1352 (2014)

〔学会発表〕 (計 16 件)

- (1) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: Ohmic-Touch:

- Extending Touch Interaction by Indirect Touch through Resistive Objects, In Proceedings of 50th ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'18). ACM, pp. 521:1-521:8. (査読有、登壇、採択率25%) 2018.4.23~26.
- (2) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: Ohmic-Touch: Extending Touch Interaction by Indirect Touch through Resistive Objects, ASIAN CHI SYMPOSIUM. CHI2018 Workshops / Symposia. (査読有、Poster) 2018.4.22.
- (3) 池松 香, 尾崎 保乃花, 椎尾 一郎, Ohmic-Extension: 筐体グラウンドへの接続を利用した静電容量方式タッチサーフェス拡張ウィジェット, 情報処理学会インタラクシオン2018, 3B34, pp. 998--1003, (査読有、デモ) 2018.3.5~7.
- (4) 池松 香, 椎尾 一郎, Ohmic-Touch: 静電容量方式タッチサーフェス上におけるオブジェクトを介したインタラクシオン手法, 第25回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2017), pp.71-76, (査読有、登壇、採択率36%) 2017.12.6~8.
- (5) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: Carbon Copy Metaphor: Combining Absolute and Relative Coordinates Inputs for Trackpad, In Proceedings of 29th Australian Conference on Human-Computer Interaction, pp.492-496. ACM OzCHI '17. (査読有、登壇) 2017.11.28~12.1
- (6) Yuko Yanagawa, Kaori Ikematsu, Chihiro Suga, Mana Sasagawa, Yasushi Matoba and Itiro Siio: Anamorphicons: an Extended Display Utilizing a Cylindrical Mirror Widget, In Proceedings of 29th Australian Conference on Human-Computer Interaction, pp.457-461. ACM OzCHI '17. (査読有、登壇) 2017.11.28~12.1
- (7) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: Direct Manipulation Technique Using Force Touch and Contact Size for One-Handed Mobile Interaction, ASIAN CHI SYMPOSIUM. CHI2017 Workshops/Symposia. (査読有、Poster) 2017.5.7.
- (8) 池松 香, 椎尾 一郎, タッチサーフェスにおける押下圧と接触面積を組み合わせた直接操作技法, 情報処理学会インタラクシオン2017, (査読有、デモ) 2017.3.2~4.
- (9) 池松 香, 笹川 真奈, 椎尾 一郎, Anamorphicons を用いたパノラマビューシステムの提案と実装, 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2016), pp.165-168, (査読有、登壇 short paper) 2016.12.14~16.
- (10) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: Carbon Copy Metaphor: Mode Switching Technique for Trackpad-based Manipulations: In Proceedings of the ISS'16. pp.439--444. ACM . (査読有、登壇) 2016.11.6-9.
- (11) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: An Input Switching Interface Using Carbon Copy Metaphor: UIST 2016 Adjunct Publication, pp.93-95 . ACM UIST 2016. (査読有、Demo) 2016.10.16~19.
- (12) Kaori Ikematsu, Mana Sasagawa and Itiro Siio: 2.5 Dimensional Sceneries Viewing Technique utilizing a Cylindrical Mirror Widget. UIST 2016 Adjunct Publication, pp.145-146. ACM UIST 2016. (査読有、Demo) 2016.10.16~19.
- (13) 池松 香, 椎尾 一郎, カーボンコピーメタファを用いたトラックパッド用対話技法, 情報処理学会インタラクシオン2016, pp.54-61, (査読有、登壇、採択率 47%) 2016.3.2~4.
- (14) 池松 香, 椎尾 一郎, カーボンコピーメタファを用いた入力モード切替インターフェース, 情報処理学会インタラクシオン2015, pp.907-912, (査読無) 2015.3.5~7.
- (15) Kaori Ikematsu and Itiro Siio: Memory Stones: An Intuitive Information Transfer Technique between Multi-touch Computers. In Proceedings of the HotMobile '15, pp. 3-8, ACM, (査読有、登壇、採択率28%), 2015.2.12~13.
- (16) 池松 香, 椎尾 一郎, カーボンコピーメタファを利用したマルチタッチ入力手法, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-HCI-160 No.23 Vol.2014-UBI-44 No.23, pp. 1--5, (査読無), 2014.10.15.
- 〔図書〕 (計 0 件)
- 〔産業財産権〕
- 出願状況 (計 1 件)
- 名称: 静電容量方式タッチサーフェスにおける電気抵抗値利用インタラクシオン手法  
 発明者: 池松 香, 椎尾 一郎  
 権利者: お茶の水女子大学  
 種類: 特許  
 番号: 特許願 2017-233082 号  
 出願年月日: 平成29年  
 国内外の別: 国内
- 〔その他〕
- ホームページ:  
<http://www.siio.jp/?Kaken26330219>  
 受賞:  
 (1) 最優秀論文賞, 日本ソフトウェア科学会シンポジウムWISS2017 (2017.12.)  
 (2) 発表賞, 日本ソフトウェア科学会シンポジウムWISS2017 (2017.12.)  
 (3) 対話発表賞, 情報処理学会シンポジウム、インタラクシオン2017 (2017.3)  
 メディア紹介:  
 Seamless, 2018年4月30日  
<https://shiropen.com/seamless/ohmic-touch>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

椎尾 一郎 (SHIO, Itiro)

お茶の水女子大学・基幹研究院自然科学  
系・教授

研究者番号：90297101

### (2) 研究分担者 なし

### (3) 連携研究者 なし

### (4) 研究協力者

池松 香 (IKEMATSU, Kaori)

笹川 真奈 (SASAGAWA, Mana)

柳川 優子 (YANAGAWA, Yuko)

的場 やすし (MATOBA, Yasushi)

尾崎 保乃花 (OZAKI, Honoka)