

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：21301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730125

研究課題名(和文)ポストマルチタッチインタラクション技術の開発

研究課題名(英文)Development of Post Multi-Touch Interaction Techniques

研究代表者

鈴木 優 (Suzuki, Yu)

宮城大学・事業構想学部・助教

研究者番号：70612779

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：スマートフォンをはじめとする、タッチパネルを搭載し、持ち運びが容易でネットワークに常時接続可能な情報端末(以下、タッチ型デバイス)は、今後10年の計算機の進化において中心的な役割になることが予想される。本研究は、今後も重要度を増すタッチ型デバイスの新しい対話デザインや応用方法を創造することを目的に、筐体形状を活用したインタラクション手法や、タッチパネルで最適な文字や図形入力手法、生活支援アプリケーションなどを開発した。研究成果は学術会議にて発表し、多くの研究者と成果から得られた知見を共有した。

研究成果の概要(英文)：Most mobile terminal devices like smartphones can always connect to the internet and have a touch panel. It is expected that such devices play the main role in next 10 years evolution of computers. The purpose of this research is to create novel interaction designs, techniques and applications of the touch devices. We had developed an interaction technique that utilizes the device body shape, text and graphic input techniques, and a livelihood supporting application. These research outcomes and knowledge were presented on academic conferences and shared with other researchers.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：タッチインタフェース タッチパネル

1. 研究開始当初の背景

タッチインタフェースを備えるデバイス(以下、タッチ型デバイス)の利用が多様化してきており、その操作は現状ではマルチタッチを基本としている。一方で、特にモバイルデバイスにおいては片手でデバイスを把持しながらマルチタッチ操作が行えないなどの問題点もある。

また、計算機の利用形態が個人所有型から環境埋込型へと遷移する過程において、タッチ型デバイスは中心的な役割になることが予想される。

2. 研究の目的

本研究は、タッチ型デバイスとの次世代の対話手法、ポストマルチタッチインタラクション技術を開発することを目的とし、マルチタッチ操作に代わる新たなインタラクション手法や、タッチ型デバイスの新たな応用方法の開発を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、マルチタッチ操作に代わる新たなインタラクション手法として、(1) 文字入力手法、(2) 図形入力手法、(3) 画面外操作手法の3種類を開発する。(1)は画面を注視することなく片手でひらがなの入力ができるソフトウェアキーボードの外観と操作デザインを行う。(2)はタッチパネル上で円を正確に描くことができる操作を明らかにするために、円を描く手法を5つ実装し、その比較を行う。(3)はタッチパネル領域外のタッチ操作を可能にするソフトウェアの開発を行う。

また、タッチ型デバイスの新たな応用として、(4) 食材管理システム、(5) インタラクティブアートを開発する。(4)は食品ロスを減少させるために、冷蔵庫内にある食品をタッチ型デバイスで閲覧するためのユーザインタフェースを開発する。(5)は子どもの感受性を育てるために、床面のディスプレイ化とタッチパネル化を行い、その上で動作するインタラクティブアートを開発する。

4. 研究成果

(1) 文字入力手法

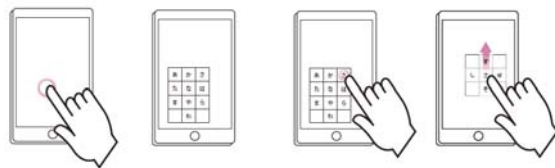
片手かつeyes-freeで日本語入力が行えるソフトウェアキーボードの開発を目指し、相対的なタッチ座標を用いたひらがな入力手法を開発した。

提案手法は、フリック方式を基本とするが、子音キーを従来のように固定するのではなく、タップした座標を基準にその場所を決定する。まず、タッチパネル上の任意の場所をタップするとそこが基準点となり、そこがテンキーの「な」キーの中心と一致するようにテンキーが表示される。次に、表示されたテンキーの子音に指を置き、そのまま指を離すか、フリック操作することで母音を決定する。従来のテンキーソフトウェアキーボードと

同様に、そのまま指を離すと/a/,フリックした方向が左なら/i/,上なら/u/,右なら/e/,下なら/o/が入力される。このような基準点を決定するタップ操作から母音を決めるフリック操作までを1つの文字を入力する操作セットとし、この操作セットを繰り返し行うことで複数の文字を入力する。フリック操作後に、その位置でタップ操作を行うことで、濁点や半濁点、促音を入力することができる。

基準点を定めるタップ操作の代わりに左方向へのフリック操作を行うと、入力した文字を一文字だけ削除する。

文字入力の例として、「す」という文字を入力する際の操作の流れを下図に示す。



まずタッチパネル上の任意の場所をタップする。すると、タップした位置に子音の「な」が位置するようにテンキーが表示される。次に、表示された子音キーの中から「さ」キーにタッチする。すると、キー表示がさ行のかな表示に変化するので、上方向にフリックを行い、「す」を入力する。

本方式では、最初にタップした基準点を基にテンキーを配置するため、テンキーの位置を容易に把握することができる。よって、タッチパネルを注視していなくても文字の入力が可能になる。また、一文字の入力に必要な操作はタップ+タップ(母音が/a/のとき)、もしくはタップ+フリック(その他の母音のとき)であり、常に2ステップとなる。よって、熟達するにつれてリズムカルに文字を入力できるようになる。

実装にはApple社製のiPhone,およびiPod touchを使用した。これらのハードウェアに搭載されているiOS7では、ソフトウェアキーボードはOS独自のものから変更することができない。そのため、提案するキーボードを搭載したメモ帳アプリを作成した。アプリはObjective-Cを用いて開発した。開発したアプリで文字入力する様子を下図に示す。



(2) 図形入力手法

指でタッチパネルを操作して円を描画する場合、どのような操作がより素早く、より適当な円を描くことができるかを明らかにするための実験を実施した。

まず、円の数学的特性を基に、次の5つの円の描画手法を考えた。

- ① 円の中心をタップし、そこから半径の長さだけドラッグする
- ② 円の直径の一端をタップし、そこから直径の長さだけドラッグする
- ③ 円に外接する正方形の任意の角1つをタップし、そこから対角までドラッグする
- ④ 円周上の任意の3点をタップする
- ⑤ フリーハンドで円を描画する

下図はそれぞれの操作を図示したものであり、左から①～⑤の順に並んでいる。



提案した5つの円描画手法の特性や優劣を分析するため、iPadを用いた実験を行った。実験は5つの操作それぞれで、次の7種の条件の円を描くというものである。

- (1) 赤い点を中心、青い線分を半径とする円（赤い点と青い線分が表示される）
- (2) 青い線分を直径とする円（青い線分が表示される）
- (3) 正方形に内接する円（正方形が表示される）
- (4) 円周が3点を通る円（3つの点が表示される）
- (5) 青い円に重なる円（青い円が表示される）
- (6) 手本と同じ円（画面左側の枠に表示される円を右側の枠に描き写す。グリッド無し）
- (7) 手本と同じ円（画面左側の枠に表示される円を右側の枠に描き写す。グリッド有り）

(1)～(5)の条件は、①～⑤の操作に対応している（例：中心と半径を指定して円を描画する①の操作には、(1)の条件が対応している）。これらは、それぞれの制約がある状況下での円の描画をシミュレートしたものである。(6)、(7)は制約の無い状態で、思った通りの位置、大きさの円を描画する場合をシミュレートしている。(6)は円を描画する場所に図や柄などが無い場合、(7)はそれらがある場合を想定したものである。

実験では、描画すべき円と実際に描画した円との差異の度合い、問題が表示されてから被験者が円を描画し始めるまでの時間、および被験者が円を描画し始めてから描画し終わるまでの時間を記録し、分析した。

その結果、円の直径の一端をタップし、そこから直径の長さだけドラッグする操作、フ

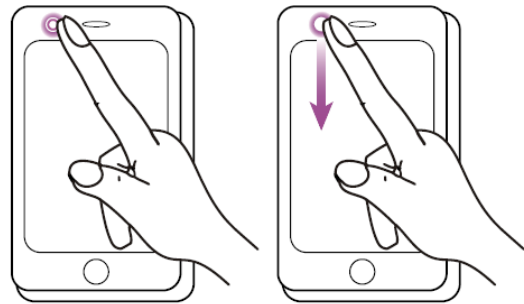
リーハンドで円を描画する操作、円の中心をタップし、そこから半径の長さだけドラッグする操作の3つが最適な手法の候補となることが明らかとなった。

(3) 画面外操作手法

画面外領域を用いて小型のタッチパネルでも操作しやすいインタラクション様式の確立を目指し、画面外で操作可能なジェスチャの検討と実装を行った。

画面外領域をタッチパネルの延長として捉え、画面外領域でのジェスチャ操作を以下とした。

- タップ：表面を指で軽く押下し、すぐに離す（下図：左）
- スワイプ：指で表面を押下したまま、一定方向へ動かす（下図：右）



タッチパネル領域と画面外領域は隣接しているため、両者間で指をシームレスに動かすことができる。既存のモバイル端末にも、タッチパネル領域の端から中央方向へのスワイプ操作が可能なもの存在するが、画面外領域でのジェスチャ操作と組み合わせるとさらに操作の種類を増やすことができる。たとえば、画面外領域を押下し、そのままタッチパネル領域内にスワイプするという操作が可能になる。このような操作のことを、本研究ではタップイン操作と呼ぶ。

画面外領域は十分な広さが存在するため、画面外領域でジェスチャ操作をする際の座標も利用することができる。たとえば、上部の画面外領域でのタップと、下部の画面外領域でのタップの区別に加えて、上部画面外領域の右側でのタップと中央でのタップ、左側でのタップの区別等が可能になる。

画面外でのジェスチャ操作を認識するために、加速度を使用した実装を行った。モバイル端末の表面でタップ操作を行うと、操作で加わった力により端末自体が小さく振動する。常に加速度センサの値をポーリングし続け、その値の変化から端末の振動を検出し、タップ操作を検知できるようにした。加速度値のポーリングと同時に、タッチパネルのセンシング情報も使用している。加速度でタップ操作を検出した際に、タッチパネル上に指の接触があればタッチパネル領域内での操作、タッチパネル上に指の接触がなければ画面外領域での操作であることが区別できる。

これを応用すると、画面外領域でのタッチした後に、タッチパネル領域内にスワイプするというような2つの領域をまたいだジェスチャ操作（タップイン操作）の認識も可能になる。

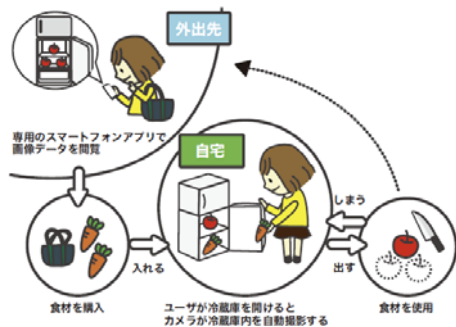
実装に使用したハードウェアはApple社製の iPod touch である。この端末にはモーションセンサが内蔵されており、ソフトウェアからその情報に簡単にアクセスできる。ソフトウェアは iOS で動作するアプリを Objective-C を使用して開発した。また、アプリケーション例として Tapin ブラウザを開発し、その操作性を検証した（下図）。



(4) 食材管理システム

冷蔵庫内の食材をより手軽に管理し、外出先からでも必要な食材の情報をすぐに確認できるようにすることを目的に、画像ベースで管理する食材管理システム econcie を開発した。

econcie は、冷蔵庫を開けた時に見える庫内の様子をそのまま画像として管理し、その画像を外出先からでも閲覧できるようにするシステムである。画像を見ることで食材の有無や残量を一目で判断できるため、テキスト情報よりも素早く必要な情報が得られる。さらに、画像の撮影は、食材の購入や使用等で冷蔵庫を開けた際に自動で行われるため、ユーザが食材情報を入力する手間を省くことができる。



冷蔵庫内にはWEBカメラが設置されており、ユーザが冷蔵庫を開けると冷蔵庫内が自動で撮影され、その画像はサーバに保存される。外出先では、専用のスマートフォンアプリで画像が閲覧できる。アプリはサーバに保存された画像をユーザに提示する。

アプリの UI デザインを下図に示す。画像は一覧表示になっており、最新を先頭に一週間前までの画像を遡って見ることができる。画像をタップすると画面上部に拡大画像が表示され、画面の下半分は画像の一覧が表示される。これにより最新の冷蔵庫内の様子を確認しつつ、食材の有無や残量、購入日等の情報を、過去の画像と比較しながら見ることが可能である。また、画面を右から左へスワイプさせると日付バーが表示される。バーをタップすることで、目的の日付までジャンプでき、画像検索をよりスムーズに行える。

開発した画像閲覧 UI は食材の残量表示だけではなく、大量の画像を閲覧するためのさまざまな用途に応用できる可能性を持つ。



(5) インタラクティブアート

従来のタッチ型デバイスとは異なるアプローチの応用方法を模索するために、床面のディスプレイ化およびタッチパネル化を試みた。本研究では、色と音を用いたインタラクティブアートの開発と、その効果検証を行った。

開発したインタラクティブアートでは、床にピアノの鍵盤のような役割を持つ十二角形の図形が投影される。「ド」から「シ」までの黒鍵を含む 12 の音にそれぞれ対応させるために十二角形にした。さらに、色と音の関係性を取り入れるために、光の波長の長い赤色を「ド」、光の波長の短い紫色を「シ」となるように、光の波長の長短と音の高低を対応付けた。また、音の出力に対応した色が床の十二角形の中央部分に投影される。床に投影された十二角形を足で踏んで音を鳴らすことができるようにし、からだを動かして遊ぶことができるようにした。さらに、足で踏んでいる時間の長さに応じて、投影される色のかたちが変わるようにした。これは、スラーとスタッカーの視覚表現として取り入れた。

床面のディスプレイ化には超短焦点プロ

ジェクタを、タッチパネル化には Kinect を使用した。インタラクティブアートの開発には openFrameworks や Pure Data を使用した。

また、仙台市内にある児童館にて試用実験を行い、開発したシステムの有用性を検証した。実験の様子を下図に示す。実験の結果、足で踏む以外にも、飛ぶ、手で床を叩く、寝そべるなど、全身を使って遊んでいたことが印象的であり、広義でのタッチインタラクションの潜在的可能性を明らかにすることができた。



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)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 蟻浪 卓, 鈴木 優, タッチパネルにおける円の描画操作に関する検討, インタラクション 2016, 2016 年 3 月 3 日, 科学技術館 (東京都千代田区).
- ② 山田 絵夢, 鈴木 優, 子どもの感受性を豊かにする色と音を用いたインタラクティブアート, インタラクション 2016, 2016 年 3 月 3 日, 科学技術館 (東京都千代田区).
- ③ 國分 茜, 鈴木 優, 食品ロスを減らすための画像を用いた食材管理システム econcie の開発, インタラクション 2015, 2015 年 3 月 6 日, 日本科学未来館 (東京都江東区).
- ④ 鈴木 優, 画面外領域を用いたタッチインタラクション手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 2014 年 9 月 11 日, 京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス (京都府京都市).
- ⑤ 鈴木 優, 相対的なタッチ座標を用いた eyes-free な片手ひらがな入力手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014, 2014 年 9 月 11 日, 京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス (京都府京都市).

[図書] (計 1 件)

- ① 小嶋 秀樹, 鈴木 優, 工学社, 「Miyagino」ではじめる電子工作, 2015 年, 207 ページ.

[その他]

ホームページ等

<http://ulab.myu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 優 (SUZUKI, Yu)

宮城大学・事業構想学部・助教

研究者番号 : 70612779