

タブレット操作用物理オブジェクトの導電部設計

Designing Physical Objects with Conductive Points to Interact with a Tablet Device

青木 良輔[†], 宮下 広夢[†], 井原 雅行[†], 千明 裕[†], 小林 稔[†], 鏡 慎吾[‡]

Ryosuke Aoki Hiromu Miyashita Masayuki Ihgara Hiroshi Chigira Minoru Kobayashi Shingo Kagami

1. はじめに

近年、指でタッチ操作が可能なタブレットデバイスが普及している。筆者らは、物理オブジェクトに導電部を配置することで、モノによりタブレット操作を可能とするタンジブルインタフェース (TUI[1]) を提案している。このインタフェースでは、物理オブジェクトに導電部を複数配置し、その配置パターンを工夫することで、タブレット上のさまざまな操作が可能となる。本稿では、導電部の素材、サイズ、間隔が導電部検出精度に与える影響を調査した結果を報告する。

2. 物理オブジェクトによるタブレット基本操作

物理オブジェクトを用いてタブレット上の情報を操作するためには、物理オブジェクトをタブレットに接触させる必要がある。この条件下でユーザが物理オブジェクトに対して行う 4 つの操作がある。(1) タブレットに物理オブジェクトを接触させるもしくはタブレットから物理オブジェクトを離す。(2) タブレットに接触した状態で並進及び回転させる。(3) タブレットに接触させる物理オブジェクトの面を変える。(4) 物理オブジェクトを取り替える。1, 2 は 1 つの物理オブジェクトの接地面に対応するタブレットの操作内容を実行する操作で、位置及び方向の検出が必要となる。3, 4 はタブレットの操作内容を切り替えるための操作で、物理オブジェクトの識別が必要となる。次章では、この 4 つの操作を実現するタブレット向けインタフェースの設計について述べる。

3. 提案する TUI の設計

2 節でのべた操作を可能とする TUI のシステム構成 (図 1) は下記の通りである。

- 静電容量方式のマルチタッチスクリーンが取り付けられたタブレット
- 複数の導電部が配置された物理オブジェクト

カメラや IR センサなどの電子機器の代わりに、物理オブジェクトに配置された導電部とマルチタッチスクリーンの組み合わせで物理オブジェクトを識別し、かつ物理オブジェクトの位置・方向を求める。電子機器を使わないことで、タブレットの電力消費を抑えられる。加えて、身の回りにある材料を用いて物理オブジェクトを製作でき、[2]で使われるような枠型物理オブジェクトも利用できる。物理オブジェクトの識別及び物理オブジェクトの位置と方向を検出するのに、導電部は複数必要となる。

物理オブジェクトの方向を検出するために、少なくとも



図 1: システム構成と物理オブジェクトの例

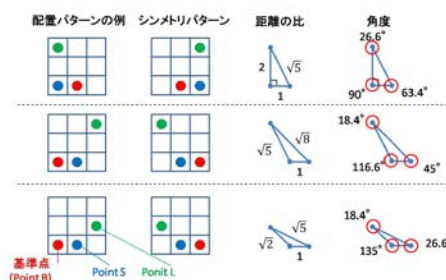


図 2: 3つの導電部の配置パターンの識別方法

も 2 点の導電部が必要となる。指によるタッチ操作で情報の回転及び拡大・縮小するときには 2 本の指が使われているのと同様である。2 点以上の導電部が配置されたら、導電部の中から代表となる 2 点を抽出し、常にその 2 点のタブレット上の角度を物理オブジェクトの方向とする。方向が検出されれば、タブレットに接触した状態での回転操作も検出できる。

次に物理オブジェクトの識別方法について述べる。導電部を用いた識別方法はいくつか存在する。例えば、導電部の数に応じて操作内容を変更する技術である[2]。しかし、市場にあるタブレットのマルチタッチの検出数は制限されているため、識別可能な物理オブジェクトの数が少ない。この問題を解決するために、マルチタッチの検出数が制限されていても物理オブジェクトの識別数を増やせるデバイスが提案されている[3]。しかし、このデバイスは電子機器で作られた複雑なシステムになっているため製作するのが容易ではない。そこで、導電部の数だけでなく各導電部の位置関係 (配置パターン) を工夫することで様々な操作を実現する。

配置パターンによる識別方法を述べる。導電部が 2 点でも導電部間の距離を用いることで配置パターンを識別できるが、識別可能な物理オブジェクトの数は少ない。そこで、導電部が 3 点の場合に着目する (図 2)。各導電部の位置座標を検出するが検出した位置座標が物理オブジェクトのどの導電部に対応しているかはわからない。そこで得られた 3 点の位置座標で形成される三角形の最も短い辺と最も長い辺に属する位置座標を基準点 B とする。そして、最も短い辺の基準点 B と異なる点を点 S、最も長

[†]日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所, NTT Cyber Solutions Laboratories, NTT Corporation

[‡]東北大学, Tohoku University

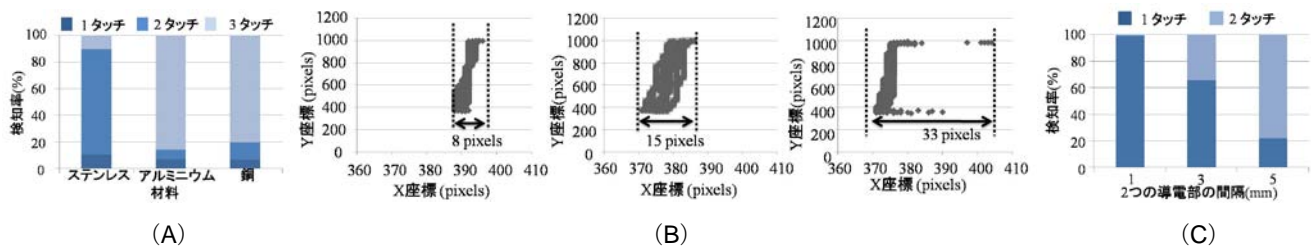


図3:実験結果. (A) 材料の影響 (B) サイズの影響 (C) 導電部の間隔の影響

い辺の基準点 **B** と異なる点を点 **L** とすることで、得られた各位置座標と物理オブジェクトの各導電部の対応ができる。このとき、三角形の各辺の比もしくは形成された三角形の基準点 **B** の角度と接触面を対応づけることによって、物理オブジェクト接触時に接触面の識別が可能となる。ただし、文献[4]のような辺の長さが同じ場合には利用できないが、複数の異なる物理オブジェクトの識別の可能性はある。導電部の数を4点以上のどれかに統一する場合でも上記のアルゴリズムは利用できる。例えば基準点に対する各点との長さの比もしくは角度によって識別すればよい。

4. 導電部設計が操作性に与える影響

本提案方式の操作内容は導電部の数及び配置パターンによって決定されるため、誤操作を防ぐために正確な導電部の位置検出が求められる。正確な位置検出に、複数の導電部が同時に接触できる物理オブジェクトの製作、ユーザの物理オブジェクトの緻密な操作及び導電部が接地されたときのマルチタッチスクリーンの検出精度が求められる。導電部の数が大きいほど、同時に導電部を接地しにくい物理オブジェクトになり、また、導電部の数が少なくともユーザが物理オブジェクトを接地させるときに導電部を同時に接触させることは困難である。したがって導電部の数を用いて識別するよりも導電部の配置パターンによる識別方法を用いるほうがよいと考える。次に、マルチタッチスクリーンが導電部を検出する精度であるが、導電部の素材、サイズ及び間隔の影響を受けると考える。次節において、これらの要素による導電部の検出精度の調査結果について述べる。

5. 導電部の位置検出精度の実験評価

iPad を用いて導電部の素材、サイズ及び間隔による導電部の位置検出精度を検証するための実験を行った。

導電部の素材の影響を検証するためにステンレス、銅そしてアルミニウムの素材を用意した。各物理オブジェクトに配置された導電部の数は3つ、導電部の間隔は23mm以上、サイズは5mm×5mmであり、素材以外同じであった。各オブジェクトはiPadに置かれ、それから30秒間、接地した状態のまま、並進運動及び回転運動させた。実験結果を図3(A)に示す。iPadは導電部の位置の変化に応じてイベントを発生し、検出した導電部の位置座標を取得する。このとき、操作中に起きたこの検出イベントの数に対して、各イベントで検出された導電部の数の割合を検知率とした。結果が示すように、銅やアルミニウムのように導電率が高い材料の方がステンレスのように導電率が低い材料よりも複数の導電部を同時に検知しやすかった。故に、導電率が高い材料を使うほうが

好ましい。また、操作中に検出している導電部の数は導電率が高くても変化したので、導電部の数で物理オブジェクトを識別するのは適切ではない。

導電部のサイズの影響を検証するために、2×2、3×3、4×4、10×10 (mm×mm)の4種類のサイズをもつ銅のフィルムで作成された導電部をもつ物理オブジェクトを用意した。各物理オブジェクトをiPad上で定規に沿って真っ直ぐに120mmほど動かした。実験ではこの試行を10回繰り返した。図3(B)は各サイズ10試行行ったときの検出された位置座標をプロットしたものである。ただし、2mm×2mmは検出できなかった。静電容量方式のタッチスクリーンは導電部の座標を点として認識するので、直線に導電部を動かしても、導電部のサイズの誤差が生じることが確認された。また、サイズが小さいと検出しにくくなることが確認された。

導電部の間隔の影響を検証するために、2つの導電部の間隔が1mm、3mmそして5mmとなる物理オブジェクトを用意した。各導電部のサイズは5mm×5mmにし、銅のフィルムが使われた。導電部のサイズの実験と同様に、各物理オブジェクトをiPad上で定規に沿って真っ直ぐに120mmほど動かし、この試行を10回繰り返した。このときの実験結果を図3(C)に示す。検知率は図3(A)と同様である。実験結果は間隔を5mm以上離れたほうがよいことを示した。間隔が小さいと動いているときに2つの導電部を一つとして認識してしまったことが原因の一つと推測される。

4. まとめ

以上述べてきたように、利用するマルチタッチスクリーンによって影響の程度は異なるが、導電部の材料、サイズ及び導電部の間隔が位置検出精度に影響を与えることが確認できた。今後は複数の物理オブジェクトを用いた操作にむけたインタフェースの設計について検討する。

参考文献

- [1] Hiroshi Ishii, Brygg Ullmer. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. CHI'97, Atlanta, Georgia, USA, pp. 234-241.
- [2] 青木ら.: くるみる: 複数導電部をもつ枠型物理オブジェクトを用いたタブレット操作方式, 第144回HCI研究会, 2011
- [3] DinoStudio, iPad Physical Object Interface, <http://dinostudios.com/2010/04/ipad-physical-object-interface/>, 3rd, April, 2010 (Accessed 5th, June, 2011)
- [4] 落合陽一, “静電容量式投影型タッチパネル上でのデバイスによる入力方式”, 第15回日本VR大会論文集, 2010
- [5] Hacker's Café Blog, <http://blog.hackers-cafe.net/2010/05/muroto-tangible-figure-as-controller.html>