

リストバンド型デバイスを用いた 指先位置検出による入力インタフェース

中妻 啓[†] 牧野 泰才[‡] 篠田 裕之[†]

我々はスマートフォンなどの情報機器の入力インタフェースの拡張としてユーザの手の甲を用いるシステムを提案する。ユーザは手の甲を指先でなぞったりタップしたりすることで機器へのポインティング入力を行う。これによりユーザは入力動作の制御に手の甲に生じる触覚をフィードバックとして利用することが可能になる。提案システムは LED とフォトダイオードのアレイというシンプルな構成でリストバンド型ウェアラブルデバイスとして実装される。本稿では、提案手法の概要を述べ試作システムについて報告する。

A Wristband-Shaped Input Interface based on Position Detection of Fingertip

KEI NAKATSUMA[†] YASUTOSHI MAKINO[‡] HIROYUKI SHINODA[†]

We propose an interface system using a user's opisthenar to extend an input interface of a device like a smart phone. Users trail and tap on their opisthenar with their finger in such a way that we use touch pads. This enables users acquire haptic feedbacks on their opisthenar for controlling their input operation. Our system is realized by a wristband-shaped wearable device which includes an array of LEDs and photodiodes. This paper outlines the proposed system and describes a prototype and its performance.

1. 序論

本稿ではユーザの手の甲を入力面として用いるポインティング入力手法を提案する。

近年、小型携帯端末からテーブルトップシステムなど様々な情報機器の入力方法としてタッチディスプレイが採用されている。タッチディスプレイは、ボタンの配置等のインタフェースデザインをソフトウェアにより自由に設計することができる。このことはデザインの自由度だけでなく、小型機器の小さな操作面上への多様な機能の実現を可能にしている。

一方でタッチディスプレイにはキーボードなどの従来型のインタフェースのように物理的なボタンが無いため、入力操作に対し触覚に代表される身体感覚のフィードバックが無い。このためタッチディスプレイを使う際には、ブラインドタッチのような視覚補助を伴わない入力動作が困難である。この点は、歩行中や運転中などディスプレイを注視することが困難な場面での操作の利便性を損なう。

我々はこうした問題を解消する新たなインタフェー

スとして、ユーザの手の甲をタッチパッドのインタフェース面と同様に扱いポインティング入力を可能にするデバイスを提案する。ユーザの身体をインタフェースとして用いる技術は、既に Harrison らによって提案された Skinput [1]が存在する。これはユーザが自身の皮膚を指先でタップする位置を検出することで携帯機器等の入力操作として利用するものである。我々はこの概念を手の甲という比較的狭く、また安定した部位に限定して適用する。これにより高精度の指先位置トラッキングを行い、既存のタッチパッドで可能な「なぞり」と「タップ」の検出を共に可能にする。

また、小型機器等のインタフェースを機器外に拡張した例として[1]の他に、ユーザの身体動作をトラッキングして入力とする技術 ([2], [3]) や、キーボード入力を機の面上で行うことを可能とする技術 ([4]) がある。提案手法はインタフェースを手の甲へと拡張する技術である。既存のラップトップ PC などに搭載されているタッチパッドと同程度の面積を持つ手の甲を用いたポインティング入力をリストバンド型の小型ウェアラブルデバイスにより実現する。これにより、ユーザは特別なデバイスを用いずに入力に対する感覚フィードバックを得られ、視覚補助を必要としない入力が可能となる。また、手の甲に限らず機の表面など身の回りのモノの表面をタッチパッドとして利用でき

[†] 東京大学

The University of Tokyo

[‡] 慶應義塾大学

Keio University

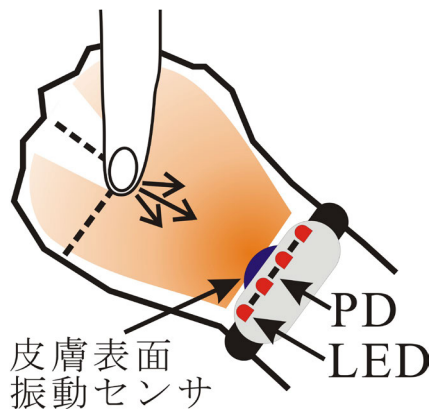


図1 提案するインタフェースの概要. リストバンド型のデバイスを手首に装着し, 手の甲をなぞる指先位置をトラッキングする. デバイスには皮膚表面振動を取得するセンサも内蔵し, なぞり動作, タップ動作の識別を行う. 指先位置の検出はデバイス上の赤外線 LED 及びフォトダイオードを用い, 照射した赤外線光の反射強度分布より推定する.

る, などの特長も有する.

本稿では, 続く 2 章で提案手法の概要を解説し, その特徴を述べる. また 3 章で提案手法の実現可能性を確認するプロトタイプの実装とその動作について報告する.

2. 提案手法の概要

2.1 システム概要

図 1 に我々が提案するインタフェースの概要を示す.

1 章で述べたように, 我々は入力動作として手の甲を指先でなぞる動作を用いる. このときの指先位置を検出することで, ポインティング入力を可能にする.

指先位置検出には手首に装着するリストバンド型デバイスを用いる. このデバイスは赤外線 LED およびフォトダイオード (PD) により構成され, LED と PD は手首の面に沿って 1 次元アレイとして配置される. LED からは赤外線光が手の光の面に沿って照射される. 指を甲に当てると赤外線光が指に反射し, その反射光を PD により検出する.

PD は LED と同様に 1 次元アレイとなっており, 各 PD が検出する光強度パターンは指先位置に依存する. PD の出力分布をもとに指先位置を計測することで, タッチパネル等と同様のポインティング入力を行う.

リストバンド型デバイスには皮膚表面の振動を検出する振動センサも取り付ける. この振動センサにより, 指先と手の甲の接触検出, なぞり動作・タップ動作の識別を行う.

2.2 提案手法の特長

提案手法の特長を以下にあげる.

まず, リストバンド型の小型デバイスを用いる点があげられる. 本センサは LED, PD, 振動センサなど容易に小型の部品が入手できるもので構成される. リストバンド型のウェアラブルデバイスとしてユーザが自然に装着できる小型化・軽量化が技術開発により可能である.

LED, PD は赤外線光にのみ感度を持つものを用い, 環境光の変動に対しロバストである. LED から照射した赤外線光の反射光を測定する能動計測であることから, 照射光に特定の変調を与えることでさらに計測の安定性を高めることもできる.

LED, PD を高密度に配置することで高精度な指先位置トラッキング, マルチタッチのサポートを実現することも期待される. なお, 我々が用いる手の甲は形状が平面に近い, 大変形しにくいといった点から, 指先による赤外線光の反射という簡易な実装により我々が目指すシステムを実現可能であると考えている.

次に手の甲というユーザの身体をインタフェースとして用いることから以下の特長があげられる.

まず, ユーザの身体である手の甲を入力面として用いることで特別なデバイスを用いることなく入力動作に対する触覚フィードバックが得られる. ユーザは指先位置の制御を手の甲に生じる触覚によるフィードバックを用いて行い, 意図する入力の実現が可能である. 例えばスマートフォンのような小型機器の入力操作に本手法を用いることで, 従来視覚補助が困難であった歩行・ジョギング中や運転中などの操作を可能にする.

3. プロトタイプ

提案手法の有効性を確認するため, 図 2 に示すプロトタイプを製作した. 本プロトタイプは波長 940 nm の赤外線光を照射する LED と同波長に感度を持つ赤外線フォトダイオード (PD) により構成される. 2 章で述べたシステム構成要素のうち, 指と手の甲の接触を判定するための皮膚表面振動センサは本プロトタイプでは実装されていない.

各 PD からの電流出力は回路により電圧値への変換と増幅がなされ, AD 変換後に PC に取り込まれる. 取得した照度分布データより PC 上で指先位置の推定処理を行い, 小型有機 EL ディスプレイ上に指先位置及びその軌跡を表示する.

各 PD は, PD 正面に指先があるときの指先までの距離と照度値の関係について校正を行う. すなわち, 照度値と指先までの距離が 1 対 1 に対応している. 我々は図 2 に示す取得した照度値分布から指先位置を

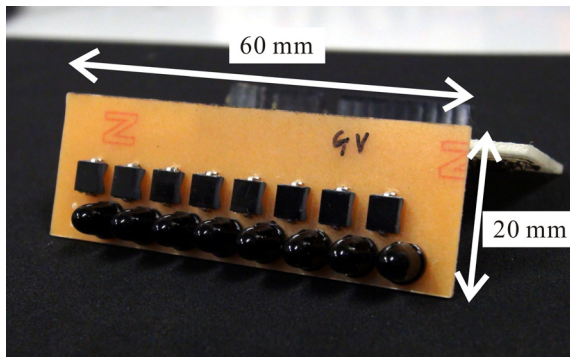


図2 試作したプロトタイプ。LEDとフォトダイオード（PD）のアレイである。上図に示されるLED・PDアレイ回路の背面にはLED駆動回路，PD出力処理（電流電圧変換，増幅）回路が含まれる。

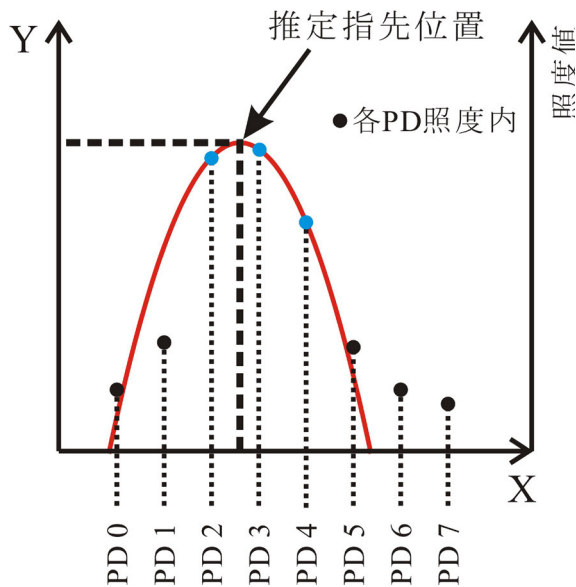


図3 プロトタイプにおける指先位置推定アルゴリズム。8個あるフォトダイオード（PD）のうち最大出力を示すPDと隣り合うPDの計3個を用いる。3点の照度値を2次関数にフィッティングし，その軸を指先位置X座標，頂点をY座標と推定する。照度値と距離との関係は各PD正面に指先が存在するときのデータをもとに校正を行っている。

推定する簡易なアルゴリズムを実装した。このアルゴリズムでは得られた照度値分布のうち最大値を示すPDとそれと隣り合うPDが取得した照度値を用いる。各照度値はPDからの距離に対応しているため，用いる3点の照度値を2次関数にフィッティングし，その2次関数の頂点が示す位置を指先位置とする。なお現在のプロトタイプは8個のPDを持つが，本手法はそのうち3つの値しか用いないなど不完全な部分が多い。このアルゴリズムは提案システムの有効性を確認するための簡易なものであることを注記しておく。

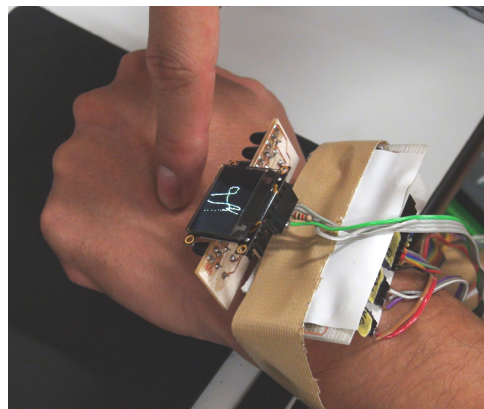
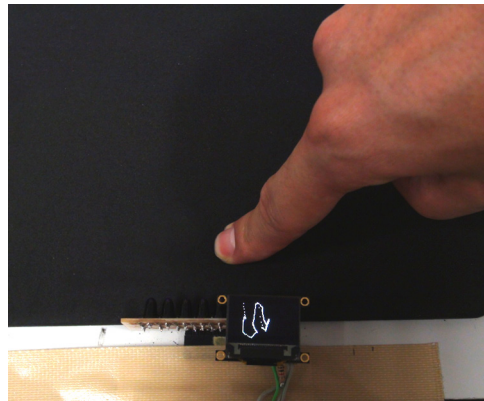


図4 プロトタイプによる指先位置推定の様子。小型有機ELディスプレイには推定された指先位置の軌跡を表示している。参考動画にも同様の動作状況を示す。

プロトタイプを用いた指先位置検出の様子を図4に示す。プロトタイプを設置した面上における指先の動作に従って，有機ELディスプレイ上にその軌跡が表示されている。使用しているLED・PDに指向性があるため，おおむね設置した面上に指先が置かれたときにセンサが反応して指先位置の推定を行っている。なお，プロトタイプの動作状況は参考動画にも示している。

プロトタイプでは，我々が提案する手の甲をインタフェース面とするポインティング入力デバイスの実現が可能であることを確認した。しかし，プロトタイプでは正確な指先の軌跡の再現が不確実である。今後はLED，PDの配置の再検討，PD出力からの指先位置推定アルゴリズムの改良を進める。また本プロトタイプで未実装の皮膚表面振動センサについてもピエゾ振動子を用いて実装し，手の甲と指先との接触判定，タップ動作となぞり動作の識別などを実現する予定である。

4. 結論

本稿では，手の甲をインタフェース面として用いるポインティング入力方式を提案した。提案手法では，

リストバンド型デバイスを用いて手の甲上における指先位置を検出しこれをスマートフォンや PC 等の端末へのポインティング入力として利用する。

提案デバイスのユーザは指先が手の甲に接触することで生じる触覚フィードバックを用いて入力動作の制御を行うことができる。ユーザの身体をインタフェースとして用いることで、入力動作に視覚補助を必要とするタッチインタフェースの問題を解消することを狙う。

本稿では簡単なプロトタイプを製作し、提案する手法の実現可能性を確認した。プロトタイプでは LED, PD のアレイにより指先位置をトラッキングできることを示した。デバイス、データ処理アルゴリズムの改善を行い実用性のあるインタフェースシステムの構築を行う。あわせて、本システムを用いたアプリケーションの開発も行い、実装したシステムを用いてユーザ評価を行い、我々が提唱する概念の有効性を検証する予定である。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会特別研究員奨励費 (21・5508) の助成を受けている。

参 考 文 献

- 1) Harrison, C., Tan, D. Morris, D., "Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface," In *Proc. of CHI 2010*, pp. 453-462, 2010.
- 2) Microsoft Kinect: <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>
- 3) Niikura T., et al. "In-air typing interface for mobile devices with vibration feedback," In *ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies*, 2010.
- 4) Roeber, H., Bacus, J. Tomasi, C., "Typing in thin air: the canesta projection keyboard - a new method of interaction with electronic devices," In *CHI 2003 Extended Abstracts*, pp. 712-713, 2003.