

---

## 携帯情報機器のための入力デバイス DigiTrack

DigiTrack: A pointing device for wearable information appliances

峰 健三 大淵 竜太郎\*

**Summary.** This paper proposes a new wearable 2D pointing device, which is small, lightweight, and not obtrusive to wear. The device, called *DigiTrack*, borrows its tracking technology from optical mice. The device is intuitive to use for it draws on the human skill to point and drawing letters using a fingertip. The device can be operated anywhere on nearly arbitrary surface, including clothes the uses wear. Compared to other wearable pointing devices, it consumes less power and costs less. The device can be used, for example, to control mouse cursor as a traditional pointing device, to measure length of an object, to input letters using online hand-written character recognition, and to issue various commands. Depending on its configuration, it can also track two or more fingers for various multi-finger operations.

### 1 はじめに

携帯情報機器や携帯電話の普及により,情報通信機器のモバイル環境での使用が一般化され,いつでもどこでも待ち歩いて使用できるようになった.これらの機器を小型化する上での障害は,入力装置,出力装置,および電源(電池)である.例えば,入力装置を無くせば機器を小型化し,貴重な機器の表面積のなかで出力に用いる部分を増やせる.このアプローチを用いてデバイスを小型化したのがザウルスや Palm™などのペン入力型の PDA である.しかし,ペン入力には一定の大きさの描画領域が必要で,その領域を携帯情報機器自体に確保するとデバイスの小型化に制限が生まれる.例えば,最大 2 インチ程度の携帯電話の液晶画面の上にペンで手書きするのはあまり実用的でない.

本論文で提案する入力デバイス DigiTrack は,文字の手書き入力も可能なトラッキング能力を提供しつつ,描画領域を携帯情報機器以外に取ることで情報通信機器の小型化を実現する 2 次元ポインティングデバイスである.DigiTrack は,ペン入力とは異なり,(1) 指で描くこと,(2) 描画領域が任意なこと,が特徴である.DigiTrack は,いわば,「どこでもトラックパッド」で,何かの表面,例えば着衣の表面で指先を動かせばその指先の相対位置が 2 次元(2 自由度)で計測される.人は日頃から,指先で位置を指示し,指文字を描く.DigiTrack は,このスキルを利用することで自然で使いやすいポインティングデバイスを実現しようとする.使い道としては従来のマウスカーソルの制御のほか,文字の手書き入力,物体の長さの計測,等がある.また,複

---

\* Kenzo Mine and Ryutarou Ohbuchi, 山梨大学工学部 コンピュータメディア工学科

数の DigiTrack を複数の指，複数の手に装着し，2次元で「摘む」操作のような新しい使い方も狙っている．DigiTrack のもう一つの利点は，装着の手軽さと低価格である．いかに高性能の入力デバイスでも，見かけが悪く日常の装着ができなかったり，価格が高かったりしたら携帯情報機器のデバイスとしては使いにくいからである．

以下，次節で DigiTrack のコンセプトを紹介し，その実現技術について検討する．ついで，第3節ではコンセプト実証のためのプロトタイプについてその実装法を述べ，幾つかのアプリケーション例を紹介する．第4節で既存研究との比較を行い，最後に第5節でまとめと今後の課題について述べる．

## 2 DigiTrack

### 2.1 コンセプト

図1に DigiTrack の理想像を示す(写真に Adobe Illustrator で作画した想像図)．理想の DigiTrack はキーボードを装備しないウェアラブルコンピュータや PDA で使用することを目的とする．PDA 等との接続は邪魔なケーブルを無くし，無線通信により行う．DigiTrack はマウスのような2次元のポインティングデバイスで，面上での指の変位を読み取るセンサとマウスのボタンに相当するタッチセンサをもつ．親指には母指対向性があり操作しやすいため，タッチセンサは図1

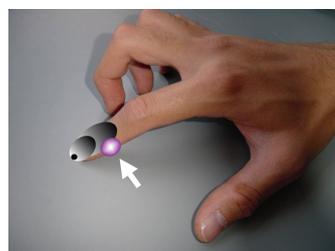


図1．DigiTrack の理想像．

の矢印の位置にある．また，DigiTrack で文字を手書きするとき等に親指が人差し指の支えとなり安定した操作が可能となる．指先での操作の利点は，タブレット用コイルを指先に装着した指先式タブレットの実験(辺見[1])で示されている．例えば，ターゲットをポイントしてクリックする時間は，ターゲットのサイズが小さいほど，通常のタブレットに比べ，指先式タブレットのほうが短くなる．

DigiTrack はクリップオンネイルに類似した感覚で爪側に装着する．爪側に装着することで装着している側の手で電車のつり革を握るなど，携帯電話の操作などの日常生活の操作が可能になると期待される．

### 2.2 実現技術

ウェアラブル情報機器は，指輪やイヤリングなどと同様に常時装着・携帯するデバイスで，その大きさ，外観，装着感が重要な性能指標である．当然，これらの機器に使用する入力デバイスも，その外観や装着感が重要な性能指標となる．もちろん，トラッキング性能(自由度，精度，分解能，スループット，遅れ)，電力消費，さらに価格なども重要な評価の指標である．

我々は，低価格，小型，低消費電力で，かつ任意の場所で使用できるトラッキング手法を実現する技術として光学式マウスのイメージセンサに注目した．光学式マウスは2次元イメージセンサ(我々の用いたチップでは $18 \times 18$ ピクセル)に結ばれる像の

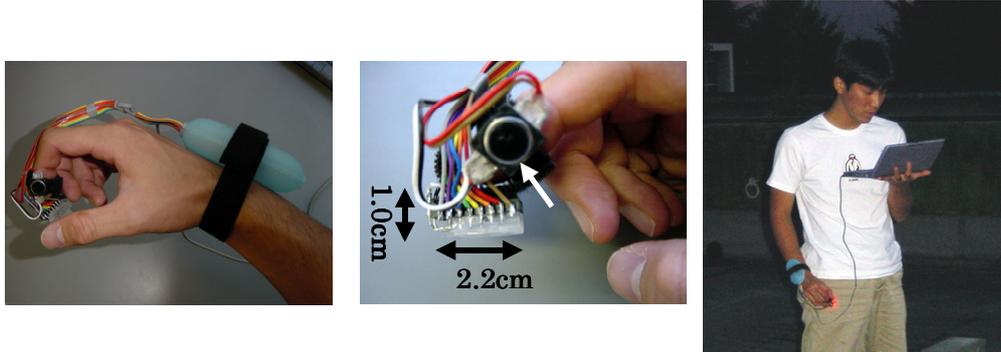


図 2 . DigiTrack のプロトタイプ . 図 3 . プロトタイプの拡大図 . 図 4 . 立位でマウスカーソルの制御 .

相関を計算して動きを検出する非接触式のセンサである . 椎尾らが FieldMouse [2] に用いる際に評価した結果では , かなりの精度が得られている .

### 3 コンセプト実証のためのプロトタイプ

#### 3.1 ハードウェア

コンセプトを実証するためのプロトタイプを図 2 に示す . 指先のセンサユニットは USB インタフェースを持つ Mitsumi 社の小型光学式マウス (ECM-S6003) を分解しその部品を使用した . 指先のセンサはイメージセンサチップ (Agilent Technologies 社 , HDNS-2000 , 実質的に全ての光学式マウスが採用) と光源 (照明用の LED , ガイド用プリズム , および結像用の凸レンズ) からなる (図 3) . イメージセンサチップの出力を USB 信号に変換し , またマウスボタンの検出をするための電子回路 (1 チップ CPU など) は手首に固定した . また , 右手用マウスの左クリックボタンに相当するスイッチは図 3 の矢印の位置 (人差し指の脇 , 親指側の側面) に取り付けた .

現在のところ , イメージセンサチップもプリズムも大きさの制約の少ないマウスのために設計されている . したがって , これらは指先に取り付けるには明らかに大きすぎ , 「理想」の DigiTrack には程遠い (イメージセンサチップ HDNS-2000 のサイズは  $2.2 \times 0.9 \times 0.3$  cm .) . しかし , 将来 , 指先に取り付けることを考慮してチップとプリズムの設計を変更すればかなりの小型化が期待できる .

#### 3.2 ソフトウェア

単体センサの DigiTrack は Microsoft Windows 98 など標準の Windows HID (Human Interface Device) として認識され , 特別なドライバの導入なしに使用できる . 複数センサを用いた協調動作 , 例えば 2 指の協調動作を実現するには複数の DigiTrack の動作を並列かつ個別に読み込む必要がある . USB 接続で複数のマウスデバイスを独立に制御するための USB ドライバは我々の知る限り存在しなかった . そこで , 単一 USB 機器の制御を行う汎用 USB ドライバのソースコードを参考に , マルチマウスドライバ

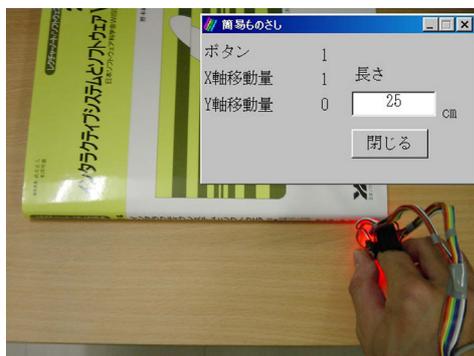


図 5. 長さの測定 .



図 6. 親指, 人差し指に 2 つの DigiTrack を装着 .

を作成した．開発環境は Windows 98 上の Microsoft Visual C++ である．このマルチマウスドライバを使用することによって ,DigiTrack を複数(例えば親指と人差し指)個使用する入力インタフェースの実現が可能となった．

### 3.3 アプリケーション例

DigiTrack のアプリケーション例をいくつか紹介する．

#### カーソル操作

DigiTrack は 2 次元のカーソル操作が可能である．図 4 はプロトタイプの DigiTrack を立位で使用した例である．ユーザは右手の人差し指に DigiTrack を装着し，左手に小型のノートパソコンを持ち，大腿部の着衣表面をマウスパッド代わりに小型ノート PC を操作した．手首を大腿部に固定すると，立ちながらでも比較的安定した操作ができる．立位でのプレゼンテーションソフトの操作等ができる．

#### 手書き文字入力

DigiTrack は，「指ペン」による手書き文字入力に使用することもできる．我々は，ノート PC 上の Microsoft IME を用いて実験を行った．上記のマウスポインタとしての場合と同様，机上や書類上での文字入力のほか，着衣の表面や壁面に指文字を書くことにより，立位のままでの文字入力も可能である．

#### 簡易ものさし

図 5 は「簡易ものさし」として使用した例である．(1)始点でボタンを押して指を動かす，(2)終点で指の動きを止めボタンを離す，ことで始点と終点の間のおよその長さが計測できる．

#### 複数の DigiTrack の協調操作

マウス 2 つを入力デバイスとするインタフェースの提案は中村らが行っており[3] ,またペン型 PDA 上で 2 指を使って入力する提案として Dual Touch [4] がある .DigiTrack においても，例えば 1 つの手の親指と人差し指の 2 指(図 6) ,あるいは両手の親指と人差し指の計 4 指にセンサをつけることより，複数の指，複数の手の協調を利用した

入力インタフェースの実現が可能である。まだ構想段階であるが、例えば親指と人差し指でアイコンなどを「摘む」ことで移動したり、指の間隔で物体の大きさや音量を指示する、等の操作を考えている。

#### 4 関連研究

手を使った入力デバイスには、大きく分けて、文字を入力することを主眼とするものと、マウスのように点の位置を指定することを主眼とするもの、また手のジェスチャ入力を主眼とするもの、の3種類がある。

商品化されたキーボード型の文字入力デバイスとして、握るタイプの和音キーボードに Twiddler [5] や 指輪に加速度センサをつけて指の動きを検出する FingerRing [6] がある。Twiddler も FingerRing も文字入力専用と言ってよく、ポインティングデバイスとしては使えない。

手や指先の位置を獲得するデバイスは、超音波か視覚(カメラ)を用いたものが中心である。3次元ポインティングデバイス WearTrack [7] は超音波を用いて3角測量により指先の位置を決定する。しかし、頭部に3個のマイクを装着するのは煩雑である。WearTrack では指の発信機が頭部のマイクから見えなければならないので、立位の場合、例えばプレゼンテーションや混雑した電車の中などでは使いにくい。

ジェスチャを用いた入力デバイスの研究に Ubi-Finger [8] がある。親指・人差し指・中指の3本の指によるジェスチャを入力とするグローブ型のデバイスで、指の曲げ伸ばしと手首の回転角度を獲得するための複数のセンサにより構成される。Ubi-Finger は、3次元の方向指示やジェスチャ入力など機能は高い。しかし装着は比較的煩雑で、また現在3~5万円程度で売られているPDAに対して价格的にバランスが取れない。Gesture Pendant [9] は、胸に着けたペンダントに装着したカメラと赤外線投光器を用い、視覚によるジェスチャ入力を行うが、指先の3次元位置を読み取ることにはできず、また手がカメラの視野内に無ければならない問題がある。

この他、指の曲げ伸ばしを測定することで指先の位置を推定することが可能である。指の曲げを測定するには、CyberGlobe や DataGrove のような抵抗線あるいは光学式の応力センサ、あるいは機械式の指の曲げセンサが使われている。しかし前2者は精度が低く、後者は装着性、可搬性、安全性などに問題がある。

また、DigiTrack に最も似ているのが FMRID[10]である。FMRID は指先に装着するデバイスで、指の動きをパタン認識技術で認識して、文字や指示の入力を実現した。実装には、感圧センサと光学マウスのセンサの2つを提案している。我々のDigiTrackが「どこでも」使えるウェアラブルデバイスなのに対して、FMRID は文字入力に特化しており、机などの平面上での使用を仮定している点が異なる。

#### 5 まとめと今後の課題

本論文では、携帯型情報機器の為に、指に装着する新しいポインティングデバイス DigiTrack のコンセプトを提案し、プロトタイプを作成して実験を行った。DigiTrack は、指先の衣服や机などの面での変位を2自由度で計測するデバイスである。指先に光学マウスのセンサを付加し、指先をマウスポインタに変える。人は日頃から、指先

で場所を指示しあるいは指文字を描くが, DigiTrackはこのスキルを自然に利用する。また, 既存の装着型ポインティングデバイスに比べ, DigiTrackは低価格, 小型, 低消費電力で, かつ装着が楽で非侵襲的である。

プロトタイプを使用した結果, 幾つかの問題点も分かった。現在の人差し指の腹にセンサをつけた形では, 文字入力等の際, 人差し指だけではなく肘までの前腕全体を動かさなければならず, 使いにくいことが分かった。指を立てて爪先で文字を描くことができると前腕は固定して指先だけ動かせば良く, より使いやすくなるはずである。今後, 光ファイバを用いた実装により, 指先の動きだけでポインティングができるような「理想の」DigiTrackに近いプロトタイプを作成し, それを用いて各種の評価実験を行う。また, 胸, 腹, 大腿部などの上で, Fittsの法則を測定する予定である。

### 謝辞

適切な助言をしてくださった山梨大学工学部, 郷 健太郎 助手に感謝する。

### 参考文献

- [1] 辺見一男, ヒューマンインタフェースにおけるポインティング装置の特性改善に関する研究, 学位論文, 立命館大学, 1989.
- [2] 椎尾一郎, 増井俊之, 福地健太郎, FieldMouse による実世界インタラクション, インタラクティブシステムとソフトウェア VII (WISS '99), pp. 125-134, 近代科学社, 1999.
- [3] 中村聡史, 塚本晶彦, 西尾章治郎, 両手入力を用いた図形描画システムの実現について, ヒューマンインタフェース学会, pp. 15-22, 2001.
- [4] 松下伸行, 綾塚祐二, 暦本純一, Dual Touch: ペン型 PDA のための新しい操作手法, インタラクティブシステムとソフトウェア VII (WISS '99), pp. 23-32, 近代科学社, 1999.
- [5] Twiddler2 ホームページ, <http://www.handykey.com/site/twiddler2.html>
- [6] M. Fukumoto and Y. Tonomura. Body coupled FingerRing: Wireless wearable keyboard, Proceedings of the 1997 Conference on Human Factor in Computing Systems (CHI '97), 1997.
- [7] E. Foxlin, M. Harrington, WearTrack: A Self-Referenced Head and Tracker for Wearable Computers and Portable VR, Proceedings of the Fourth International Symposium on Wearable Computers (ISWC '00), 2000.
- [8] 塚田浩二, 安村通晃, Ubi-Finger: モバイル指向ジェスチャ入力デバイスの提案, ヒューマンインタフェース学会, pp. 9-14, 2001.
- [9] T. Starner, J. Auxier, D. Ashbrook and M. Gandy, The Gesture Pendant: A Self-illuminating, Wearable, Infrared Computer Vision System for Home Automation Control and Medical Monitoring, Proceedings of the Fourth International Symposium on Wearable Computers (ISWC '00), 2000.
- [10] 杉本明彦, 鈴木薫, FMRID: Finger Motion Recognition Input Device, インタラクション 2000, pp. 91-98, 2000.