

傾きによる機器操作

先日、ユビキタス・コンピューティングに関する国際学会 UbiComp 2004¹と、モバイル・コンピューティングに関する国際学会 MobileHCI 04²が相次いで英国で開催され、私も参加/発表してきました。たくさんの発表やデモがおこなわれたなかで、携帯端末の“傾き”を利用したインターフェイス・システムがいくつか発表されていたのが目を惹きました。

携帯端末のインターフェイスに傾きセンサーを利用する方法は、1996年にソニーコンピュータサイエンス研究所の暦本純一氏が発表しています [1]³。しかし、当時は傾きセンサーがあまり一般的ではなく、アイデア自体も突飛なもののみられていたようです。実装に使われていた3次元位置センサーが、バーチャル・リアリティの研究によく利用されていた高価なものだったこともあり、あまり現実味が感じられなかったのかかもしれません。端末を傾けてメニューを操作したり、ズームする方法は学会発表でウケはしたものの、実用になると思った人は少なかったのではないのでしょうか。

最近では、半導体の傾きセンサーが安価に入手できるようになり、ペンやキーボード以外の方法で携帯端末を扱いたいというニーズも増えてきたためか、傾きによって端末を操作する試みが増えてきたのではないかと思います。

今回は、このような機器の傾きを利用して端末を操作するシステムを紹介します。

1 <http://ubicomp.org/ubicomp2004/>
2 <http://www.cis.strath.ac.uk/~mdd/mobilehci04/>
3 <http://www.csl.sony.co.jp/person/rekimoto/tilt/>

傾きセンサー

傾きを検出するデバイスは“傾きセンサー (tilt sensor)”または“加速度センサー (accelerometer)”と呼ばれ、重力や運動加速度による歪みを検出できるようになっています。

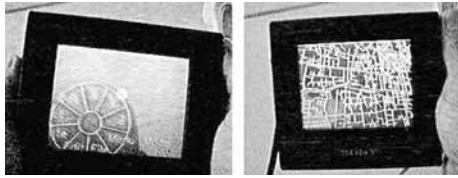
このところ、もっともひろく利用されている傾きセンサーは Analog Devices の「ADXL202」⁴でしょう。ADXL202は、マイクロマシン加工されたポリシリコンのパネで支えられた移動電極と固定電極をシリコンウエハー上に実装し、この2つの電極間の静電容量の変化を検出して傾きや加速度を得る構造になっています。半導体だけで構成されているため安価で(たとえば、秋葉原の秋月電子通商⁵では約2,000円で販売されています)しかも使いやすのが特徴です。ADXL202の実物や解説は、日本科学未来館でも展示されています。

ADXL202は、その構造からいって、縦横2つの軸を中心とした回転(ロール (roll) とピッチ (pitch))しか検出できませんが、もう1つ使えばヨー (yaw : Z軸を中心とした回転)も検出できます。

この製品以外にも、オムロン⁶や航空電子⁷、Crossbow Technology⁸などからも各種の傾き/加速度センサーが販売されています。

4 <http://products.analog.com/products/info.asp?product=ADXL202>
5 <http://akizukidenshi.com/>
6 <http://www.e-sensor.omron.com/jp/>
7 <http://www.jae.co.jp/>
8 <http://www.xbow.com/>

図 1 傾きによる操作



インターフェイスへの応用

装置を傾ける操作をさまざまなインターフェイス手法に利用したシステムを紹介します。傾きの自由度は 3 (X、Y、Z) ですが、すべてを有効活用するのは困難ですし、ADXL202 のように 2 つしか検出できない装置もあります。そこで、実際には 1 自由度または 2 自由度だけ利用するものが多いようです。

メニュー、ズームングへの利用

さきほども紹介した暦本氏のシステムでは、携帯端末の裏に貼り付けた 3 次元位置センサーで端末の位置と向きを取得し、傾き成分を取り出しています。

図 1 左は、傾きによってカーソルを移動させ、`パイメニュー`を操作しているところです。

図 1 右では、傾きとボタン操作によってズームングとスクロールを同時におこなっています。ボタンを押しながら端末を傾けるとズームアウトしながら地図がスクロールし、適当なところでボタンを離すと注目点にズームインしてもとの縮尺に戻るようになっていきます。通常は別々に操作をおこなう必要があるズームングとスクロールを、傾け操作だけで実行できるところに特徴があります。

FieldMouse

1999 年 7 月号で紹介した「FieldMouse」は、バーコード・リーダーを内蔵した Symbol の Palm 互換マシン SPT1500(図)の内部に ADXL202 を組み込み、`実世界 GUI`を実現する装置です。

まず、バーコード・リーダーでバーコードを読み取り、FieldMouse が何を指しているかを認識します。そして、FieldMouse の回転を傾きセンサーで認識することでパラメータを指定し、メニューやスライダなどの GUI 部品を操作する仕組みになっています。

たとえば、図 3 のようなバーコードを FieldMouse で

図 2 SPT1500



図 3 FieldMouse で操作するボリューム・アイコン



認識してから FieldMouse を回転させれば、ボリューム・アイコンのほうを向けて FieldMouse を左右に回転させたことが認識できます。これによって音量を制御すれば、このアイコンを本物のボリュームつまみのように使えるわけです。

かつて、Palm は Motorola の Dragonball という 68000 互換の CPU を載せていましたが、入力に利用するピンが使われずに空いていました。FieldMouse では、ここに ADXL202 を直結して信号を読み取り、傾きを検出しています。

この方法を考案した Till Harbaum 氏は、Palm のシリアル端子に ADXL202 を接続して使うための回路図も公開しています(図 4)

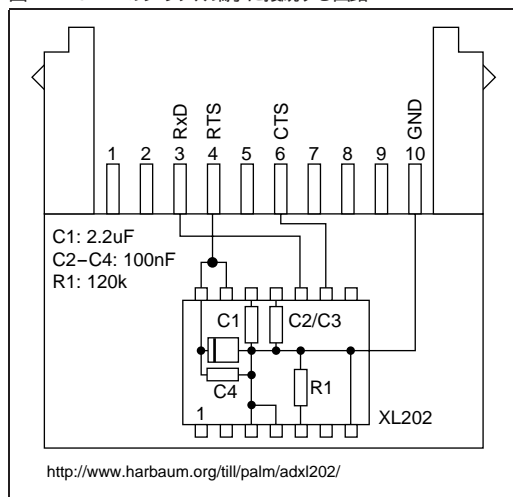
ノート PC のプライバシー制御

4 月号でも紹介しましたが、慶應義塾大学の塚田浩二氏は、ノート PC のフタ(液晶画面)の角度でプライバシーを守るシステムを提案しています(図 5) たとえば、ノート PC の液晶画面を閉じ気味にしているときは、他人に覗かれては困るファイルを編集したり、秘密の Web ページを閲覧することができます。一方、液晶画面をいっぱい

ボリューム・アイコンを中心(軸)として?

図 1 の解像度が粗いのですが.....

図4 Palm のシリアル端子に接続する回路



<http://www.harbaum.org/til/palm/adxl202/>

図5 フタの傾きでプライバシーを制御するシステム



開いた場合は、隠す必要のないファイルがデスクトップなどに表示され、秘密の Web ページは見られなくなります。

他人の目に触れては困るファイルを編集したり、秘密の Web ページを閲覧しているときも、他人が近づいてきたらフタを開けることで秘密が守れます。ノート PC のフタを開け閉める操作は、秘密を守るという行為と感覚的に結びついているといえるでしょう。

塚田氏のシステムでは、航空電子製の傾きセンサーを液晶画面の上部に取り付けていますが、ヒンジの部分にストレンゲージなどを内蔵させることができれば、もっと小型に実装できるかもしれません。たいていのノート PC では、フタの開閉状態を識別してスリープ処理などをおこなっていますから、ディスプレイの傾きをもうすこし細かく検出するデバイスが使えれば新たな可能性も出てくるでしょう。

図6 P3C



傾きによるズームとスクロールの制御

National University of Ireland の Parisa Eslambolchilar 氏は、携帯端末を傾けることによってズームレベルを自動的に制御しつつスクロール操作をおこなう手法を提案しています [2]。

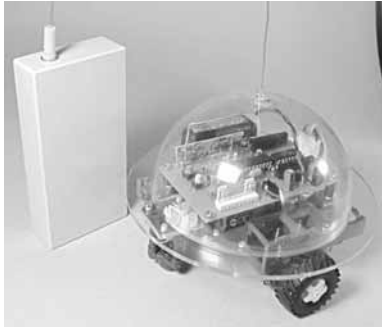
小さな画面で大きな文書や図を眺めている場合に注目点を大きく移動させようとする、一般にはいったんズームアウトして全体の縮小画面を表示させ、その後に目的の位置を選んでズームインするという操作が必要になります。地図ソフトなどではこういう操作をおこなう機会が多くなりますが、遠くに移動したいときには自動的にズームアウトしたり、もとに戻ったりできるようにすれば、手間が減らせそうです。

東京大学の五十嵐健夫氏は、スクロールの速度によってズームレベルを自動的に調整するシステム [3]⁹を提案しています。Eslambolchilar 氏のシステムでは傾きをスクロール操作に利用していますが、五十嵐氏のシステムではズームアウト処理に応用しています。

このシステムでは、傾き検出に Xsense Technology の「P3C」という装置を使っています(図6)。P3C は Pocket PC のシリアル端子に接続し、傾き情報をシリアル信号として出力する装置です。その意味では、さきほど紹介した Harbaum 氏のデバイスに似ています。Pocket PC にバーコード・リーダーと P3C を付ければ、簡単に FieldMouse を実現することもできるでしょう。

⁹ <http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/papers/uiist2000.pdf>

図7 傾きセンサーでラジコン制御



ラジコンへの応用

電子工作の情報サイト picfun.com¹⁰を運営する後閑哲也氏は、ADXL202でラジコンを操作する回路を公開しています¹¹。装置を水平にするとラジコン車は停止した状態になり、前後方向に傾けると車が前後に進みます(図7)。また、左右に傾かせることで旋回方向の制御も可能です。

玉ころがし

ディスプレイの傾きの検出をゲームに応用する場合、最初に思い浮かぶのは「玉ころがし」ではないでしょうか。あちこちに穴のある迷路の上で玉を動かしながらゴールを目指す玉ころがしゲームはよくみかけますが、傾きセンサーを利用すれば、このゲームも計算機の画面上で実現できます。

1999年に大垣で開催されたメディアアート展覧会「インタラクティブ'99」では、大きな板の上を人間が移動して板を傾けることによって玉ころがしゲームをする作品¹²が展示されていました。この作品では、人間の位置から傾きの値を計算しており、傾きセンサーを使っていたわけではありませんが、動き回って傾きを制御するというおもしろい感覚が表現されていました。

任天堂が2000年8月に発売したゲームボーイ用の「コロコロカービィ」¹³は、ADXL202を内蔵したカートリッジを使い、カービィをジャンプさせたり移動させたりするゲームです(図8)。キャラクターをジャンプさせるゲームはたくさんありますが、コロコロカービィではゲーム端末

10 <http://picfun.com/>

11 <http://www.picfun.com/pic18/app18x01.html>

12 <http://www.iamas.ac.jp/interaction/i99/artist/Ronald-William-j.html>

13 <http://www.nintendo.co.jp/n02/dmg/kkkj/>

図8 コロコロカービィのゲーム画面

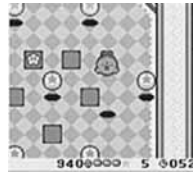


図9 IRIS



を振り上げるとキャラクターがジャンプするところにおもしろさがあります。

IRIS

フィンランドのF-Originが開発したIRIS¹⁴は、傾きセンサーを使って小さな画面に大きなドキュメントを表示するシステムです。図9は、端末を傾けて覗きこむような操作をすることで、小さな画面で大きな画像全体を眺めているところです。

キーボード

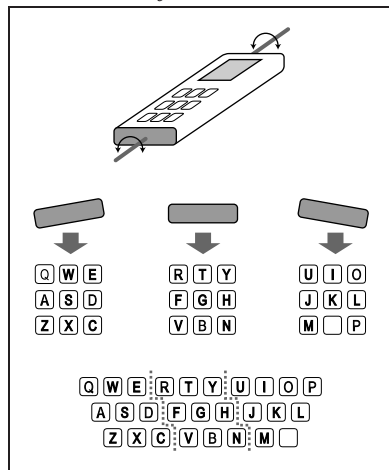
smallNetworkが開発した「HoriKeys」¹⁵は、テンキーと傾きセンサーを組み合わせ、テンキーをASCIIキーボードのように使うシステムです。

テンキーを左に傾けるとテンキーがQWERTYキーボードの左側部分に対応し、[Q][W][E]などのキーが入力可能になり、右に傾けるとキーボードの右側部分に対応する[U][I][O]などのキーが入力可能になります(図10)。たとえば、テンキーを左に傾けて[4]のキーを押すと“A”が入力され、右に傾けて[4]のキーを押すと“j”が入力されます。

14 <http://www.f-origin.com/technologies/iris.htm>

15 <http://www3.ocn.ne.jp/~horikeys/html/tech/permis.htm>

図 10 HoriKeys



HoriKeys では、携帯電話などで英文字を 1 文字入力するためにキーを複数回押す必要がありません。HoriKeys の Web ページで使用例のムービー¹⁶が公開されていますが、これを見るかぎり、かなりの速度で入力できるようです。

今度の課題

傾きをインターフェイスとして使う実用的なシステムはまだないようですが、このところ、端末の傾きを用いたインターフェイスの提案がかなり増えているので、PDA などで製品化されるのは時間の問題かもしれません。これは、傾きインターフェイスの、

- ペンやキーボードだけでは操作しにくい処理も直感的に実行できる可能性がある
- 傾きセンサーの価格が下がり、入手しやすくなった
- 端末を傾ける操作は片手でできる

といった特徴が注目されているためでしょう。

ただし、現状では以下のような課題も残っています。

- 任意の方向に端末を傾ける操作はあまり簡単ではない。
- 端末を傾けると画面が見えなくなることがある。
- 細かい操作が難しい。
- 傾けたときに何が実行されるかの常識(イディオム)が

¹⁶ <http://www3.ocn.ne.jp/~horikeys/html/mpeg1/HoriKeysDemo.mpg>

確立されていない。

マウスやペンタブレットと比較すると、傾きを利用したインターフェイスは歴史が浅いため、まだまだ試行錯誤を繰り返す必要がありそうです。しかし、傾きを利用しないよりはしたほうがよい場合が多いのは確かだと思われるので、傾きセンサーが当然のように PDA やノート PC に組み込まれる時代がくるかもしれません。

4月号でも紹介しましたが、普通の PDA でもノート PC でも、いろいろなセンサーが付いていけば、それだけインターフェイスの可能性がひろがります。傾きセンサーを含め、各種のセンサーがさらに普及し、新しいインターフェイス手法が発明されることを期待したいものです。

(ますい・としゆき 産業技術総合研究所)

[参考文献]

- [1] Jun Rekimoto, "Tilting Operations for Small Screen Interfaces", in *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'96)*, pp. 167-168, ACM Press, 1996
- [2] Parisa Eslambolchilar and Roderick Murray-Smith, "Tilt-Based Automatic Zooming and Scaling in Mobile Devices — a state-space implementation", in *Proceedings of the 6th International Symposium on Mobile Human-Computer Interaction (Mobile-HCI2004)*, pp. 120-131, Springer, September 2004
- [3] Takeo Igarashi and K. Hinckely, "Speed-dependent Automatic Zooming for Browsing Large Documents", in *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 2000)*, pp. 139-148, ACM Press, November 2000