

SCALE: PC用スライド操作定規型デバイス

脇坂彰人^{†1} 赤池英夫^{†2} 角田博保^{†2}

SCALE: Slide Control And Liner dEvice for PC

AKITO WAKIZAKA,^{†1} AKAIKE HIDEO^{†2} and HIROYASU KAKUDA^{†2}

1. はじめに

PC用の操作デバイスとして、既存のポインティングデバイスに代わるスライド操作定規型デバイスSCALE(Slide Control And Liner dEvice)を試作しそれを用いたインタラクション手法を提案する。マウス、タッチパッド、トラックボールなどのポインティングデバイスは、2次元平面のデスクトップを相対座標の点で操作する事になるが正確な距離と位置の把握には適していない。同様に、タブレットも点でのインタラクションとなるが、絶対座標での操作ができる点で紙とペンのメタファとして優れている。よって作図用途だけでなく操作デバイスとしてのインタラクション手法¹⁾が幾つも提案されているが、それら点によるインタラクションは直感的ではないので、アイコンや軌跡を工夫して対処している。

そこで、筆記用具として筆箱に入っている直定規を利用し、実世界指向のコントロールデバイスを提案し試作する。作図での直線描画や長さ入力といった定規本来の用途で用いるだけでなく、デスクトップ環境のウィンドウ操作におけるインタラクション手法の提案も併せて行う。SCALEは、光学センサーから移動と回転データ、スタイラスペンで定規目盛りの部分に触れた位置の接点データを取得し、任意の方向に線形のインタラクションを可能にする。試作したSCALEはPCとUSBで接続する直定規であり、目盛りのある

1辺にスタイラスペンで触れて操作する。

2. 関連研究

PCのデスクトップ環境はポインティングによる操作を前提に設計されており、ポインタを移動させる最も簡潔なハードウェアとしてマウスが、省スペースなデバイスとしてタッチパッドが広く採用されている。現在でもマウスは、レーザー光を使用したポインタ移動精度の向上、チルトホイールやトラックボールの搭載による水平スクロールへの対応、タッチセンサーや圧力ボタンの採用^{*1}によるクリックの多機能化といったハードウェアの改良が続けられている。また、当初は1度に1点の押下位置しか検出できず、操作としてポインティングとタップしかなかったタッチパッドも、圧力や多点の検出、ボタンを必要としないスクロールやドラッグ、パッド端の操作による特殊アクションの実行^{*2}といった改良がハード・ソフトの両面から加えられている。

自由な三次元曲線が入力できるShapeTape^{*3}と呼ばれるセンサーデバイスも製品化されているが、用途として三次元形状の入力や三次元物体の制御に主眼があり²⁾、デスクトップ環境への応用を目指すSCALEとは異なっている。定規の位置データを利用するものに、製図機(ドラフター)に付随するドラフタースケールのXY座標データを取り込んでCADに利用する特許³⁾がある。

^{†1} 電気通信大学大学院 情報工学専攻

Department of Computer Science, Graduate school of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

^{†2} 電気通信大学 情報工学 科

Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

^{*1} Mighty Mouse, Apple Inc. www.apple.com/mightymouse/

^{*2} EdgeMotion, Synaptics Inc. www.synaptics.com/

^{*3} Measurand Inc. www.measurand.com/products/ShapeTape.html

3. 提案手法

定規型デバイス SCALE を用いたインタラクションは、画面上に表示されたヴァーチャル定規 (図1) を操作し、実世界の長さ入力、幅の入力、 360° スクロール、ジェスチャといった機能を使用する。本質的に定規の形状は長方形でも三角形でも良く、ヴァーチャル定規の形状と接点の長さを正確に設定すればよい。SCALE を移動や回転すると、呼応してヴァーチャル定規も動作する。デスクトップで利用するためのポインタは、ヴァーチャル定規の目盛りに設定する。



図1 ヴァーチャル定規 (50mm) とポインタ

SCALE の目盛り部分に接点検出ができるセンサー部品を付加してスライダとし、スタイラスペン^{*1}で接触する操作をタッチ、なぞる (接触したまま移動する) 操作をスライドとする。スタイラスペンが接触した位置を元にポインタが移動し、デフォルト^{*2}動作はタッチするとクリック、スライドするとドラッグする。スライダがマウスの左右ボタンなどの機能を全てカバーするわけではなく、タッチパッドの様に左右ボタンは別途付加することでマウス機能をカバーする。

3.1 長さ入力

マウスをはじめとしたポインティングデバイスによる長さ入力では、画面上に表示された座標値やスケール目盛りを基準に、デスクトップ空間の座標系を考慮しながらドラッグなどを行わなければならない。デスクトップ空間は Macintosh の 72dpi や Windows の 96dpi といった標準解像度でデザインされているが、ディスプレイが必ずしも同じ解像度とは限らない。仮想空間では拡大縮小が自由な反面、直感的に実際の長さを把握することが難しく、出力結果を見てから判断する必要がある。SCALE では定規の長さをそのままデスクトップ空間に入力できることで、より直感的な作図や操作を可能にする。

3.2 幅による入力

ハードウェア的に1接点だけ検出可能な SCALE を用いたとき、幅^{*3}の入力はスライド操作によるドラッグを行えばよい。しかし、2接点以上を検出可能な

*1 正確性を犠牲にすれば指でも良い

*2 360° スクロールに変更可能

*3 平面領域の入力を用いるときスライドによる指定を幅とする

きには、接点間で幅の入力が行える。幅の入力を利用すると、図2の様に SCALE の移動軌跡に対して幅を変化させつつ連続的に入力して、投げ縄ツールの様な任意の領域を入力することができる。

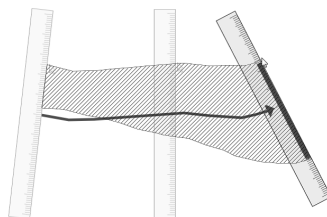


図2 例：中心の移動軌跡 (矢印) と入力した領域 (斜線)

3.3 360° スクロール

先述の MightyMouse はマウスのホイール機能を拡張し 360° 全方向にスクロール可能となっているが、SCALE においてもヴァーチャル定規の角度とスライダを併用することで同様の操作が行える。またスライドして相対位相によるスクロールだけでなく、スライダにタッチしたときに絶対位置によるスクロールも可能でシームレスに移動が行える。Google Maps の様なスクロールバーが無いアプリケーションでは、ソフトウェアの対応によって SCALE のスクロール操作をドラッグに割り当てることになる。

3.4 SCALE ジェスチャ

ジェスチャを用いると、基本操作の種類を増やすことなく入力デバイスを多機能化することができる。SCALE においてジェスチャを活用すると、単純に上下左右移動を組み合わせただけでなく、回転操作を用いて定規を左右に倒すといったジェスチャを組込むことが可能になる。例えば、黒板消しの様な動作をすることで画面上のウインドウを消去するといった直感的なジェスチャが可能である。

4. 試 作

直定規で1辺のみスライドが可能な SCALE を試作し、PC と USB で接続するデバイスドライバと、デスクトップ上にヴァーチャル定規を描画するインタラクションソフトウェアを制作した。SCALE に搭載した PIC18F マイコンは、A/D コンバータでカーボン抵抗基板からの抵抗値を読み取り、位相センサーからの2チャンネル直交波形をカウントして、内蔵の USB I/F で PC と接続する。またソフトウェアは、Windows XP/Vista において Visual C# + Win32 API で作成した。

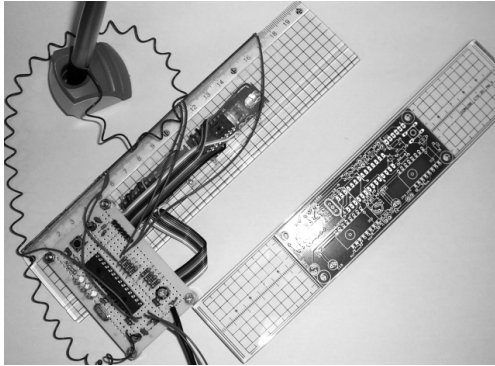


図 3 試作 SCALE

最初の試作 SCALE が図 3 左のもので、ユニバーサル基板やマウス基板などを元に加工した。本稿には間に合わなかったが、図 3 右のプリント基板による試作で発表する予定である。

4.1 センサー位置と回転

SCALE を移動したときに位相センサーから得られるデータは、センサー IC 上に固定された x-y 座標系における差分なので、このタイプのセンサー 1 個だけでは回転を検出することができない。試作では、光学マウスに用いられている赤色 LED タイプの位相センサー*1 を 2 個搭載して、センサー位置と差分値を元に回転と方位を算出する。この手法では SCALE の方位が相対的な回転の累積によって得られるため、ヴァーチャル定規と SCALE の方位がずれることがある。ハードウェア的には次回の版で解決するが、今回はソフトウェアで位置をリセットする簡易ツール（図 4）を用いた。

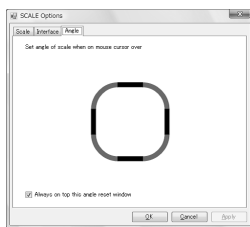


図 4 方位再設定ツール

4.2 長さのマッピング

長さを正確に入力するためにも長さの正確なマッピングが必要である。実際のスライダ長を設定しておいて、デスクトップの解像度を元に長さを決定する。作

画ソフトウェアはキャンバスの拡大縮小に対応しているため、同様に SCALE も任意の倍率で操作できる事が求められる。よってオプション設定でヴァーチャル定規を拡大縮小する事と、スライダ長を任意のピクセル長に割り当てる事を可能にした。

4.3 カーボン抵抗基板

スライダには連続性が必要なので、リニアに抵抗値が変化するカーボン抵抗基板を切り出したものを利用した。1 個の基板につき図 5 の回路でタッチ位置を検出する。カーボン基板の全抵抗値が $50k \pm 10k$ 程度の幅を持っているため、接点で分割した 2 つの抵抗とみなして両方の抵抗値を元に計算する。今回使用したマイコンの A/D コンバータは 10bit の分解能を持つが、カーボン抵抗は 20% の誤差があるので、A/D 変換して得られた値をそのままでは十分な精度が得られない。そこで A/D コンバータから得られる 2 つの電圧を比からおおよその値を 8bit 精度で算出し、実際にスタイラスペンでタッチして得られた値と目盛りのマッピングテーブルを使って補間する。位置検出のために 8 本 4 組の A/D 端子を割り当てたので、SCALE の形状と大きさの変化にある程度対応できるようになっている。

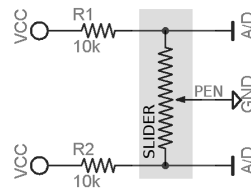


図 5 スライダ用測定回路

使用したカーボン抵抗基板は長さ約 55mm 前後であるため、3 本使用して約 170mm の長さとした。基板の間に約 3mm の不連続点が出来てしまい、この部分はタッチが不可能となった。そこで、スライド操作を行ったときに不連続点に到達すると不連続点の動作を等速シミュレートするようにした。また、カーボン基板であるため磨耗は避けられず、スタイラスペンを強く押し付けると本来の耐用スライド回数 5000 回に対して著しく劣化することがある。

スタイラスペンは小さいボールの方が接触位置を認識しやすいが、小さすぎるとカーボンを傷つけてしまうので、適切にカーボン抵抗に接触するにはボール直

*1 CMOS, 400 counts/inch, 16 inches/second, 16-pin DIP

径が 2.0mm 以上*1は必要だった。

4.4 インタラクショナルソフトウェア

ヴァーチャル定規のスタイルはユーザの好みに応じてデザインできるように図 6 の設定オプションがある。SCALE の初回使用時には定規の寸法やスライダとセンサーの位置を初期設定する必要はあるが、設定次第で直定規の 2 辺にスライダがあるものや三角定規にも対応できる。また、目盛りの長さ、色、塗りつぶし、透過率といったデザインは任意に設定できる。

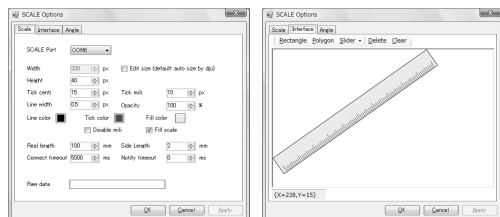


図 6 オプション設定

長さの入力は本質的にポインタの移動であり、あらゆるアプリケーションに対応している。長さ入力ではタッチでクリック、スライドでドラッグとして動作する。スライドによる相対スクロールは Windows のスクロールメッセージに反応するアプリケーションで動作する。しかし、タッチによる絶対スクロールはスライドバーの長さが取得可能なアプリケーションに限定される。スライドとスクロールの機能のシームレスな使い分けにはアプリケーション側の機能の割り当てが必要で、アクション開始時点でポインタがキャンバス領域に有る場合はドロー、それ以外ではスクロールなどと設定することになる。

SCALE ジェスチャはソフトウェアをジェスチャ実証モードに切り替えることで対応した。実証モードで、例えばアプリケーション終了ジェスチャを認識すると、終了メッセージを受け取ったソフトウェアが終了処理に移る。画像の回転にジェスチャを利用するといった機能はアプリケーション側の対応が必要なため、実証アプリケーションを別途用いている。

5. 課題

試作した SCALE は、接点検出のためにスタイラスペンが必要なものになっている。これはカーボン抵抗基板を抵抗線などに変えたとしても同じ問題が起きる。タッチパッドの様にただ指でタッチするだけで良いデ

バイスと比較すると操作が煩雑なので、スタイラスペンが無くても動作する様に変更すべきと考える。タッチパッドの様に接点を密集させて高精細加工が可能であれば、圧力スイッチまたは静電容量を利用することができる。これらは多点を検知する方法としても有効であり、次の版で対処したい。

SCALE は定規部分とスタイラスペンを両手で操作する必要があり、片手で操作できるマウスよりは煩雑である。しかし、基本的に文章を入力する場合は両手でキーボードを操作するので、片手が塞がっている場合はマウスでも SCALE でも大差はない。一般に PC の操作中には入力モードの切り替えが生じるものであり、いったんモードが切り替わった後にしばらくそのモードでの作業が続くような状況であれば、異なるモダリティを持つデバイスを手新たに導入しても問題にならないと思われる。それでも、可能なら片手で操作ができた方が、空いている手の有効活用が可能なので、上記の指でもタッチとスライドが可能なる方式にすることは確かに必要と考えている。

また SCALE は回転を利用したインタラクショナルを特色とするため、USB の有線ケーブルが邪魔になった。これは、電池を搭載する必要から若干サイズや重量が増すトレードオフもあるが、Bluetooth などの無線化技術を使って解決できる。

6. おわりに

定規型デバイス SCALE の提案と試作を行った。SCALE によって既存のポインティングデバイスでは実現できない、実世界オブジェクトによるインタラクショナル手法を提案した。今回試作した SCALE には、いくつか課題もあるが解決可能であることを述べた。

参考文献

- 1) Hinckley, K., Baudisch, P., Ramos, G. and Guimbretiere, F.: Design and analysis of delimiters for selection-action pen gesture phrases in scriboli, *CHI 2005*, ACM, pp.451-460 (2005).
- 2) Grossman, T., Balakrishnan, R. and Singh, K.: An interface for creating and manipulating curves using a high degree-of-freedom curve input device, *CHI 2003*, ACM, pp. 185-192 (2003).
- 3) 西島綾雄：製図システム，特開平 11-259221 (1999)。(特願平 10-082630)。

*1 デモでは 3.0mm または 3.5mm のものを使用する