

SCALE3D: 3軸スライド操作定規型デバイスの提案と実装

脇坂 彰人[†] 赤池 英夫^{††} 角田 博保^{††}

SCALE3D: 3-axis Slide Control And Liner dEvice for PC

AKITO WAKIZAKA,[†] HIDEO AKAIKE^{††} and HIROYASU KAKUDA^{††}

1. はじめに

マウスなどのポインティングデバイスは、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ため、正確な距離と位置の把握には適していない。タブレットはペンと紙のメタファではあるが、描画以外の複雑なインタラクションは直感的でなくなりやすく、アイコンや軌跡を工夫するしかない。そこで筆者らは、普段使い慣れた直定規のメタファを利用した、より実世界指向の定規型デバイス SCALE¹⁾ を提案した。このデバイスは直線や矩形を描画する定規用途だけでなく、より直感的で柔軟なインタラクションを実現する。

3次元空間では x, y, z 軸座標と $yaw, pitch, roll$ 回転角の6軸操作だけでなく、回転原点や視点も操作する必要がある。実世界では当然の様に扱える操作も、マウスでは空間操作の不一致によって難しい。本研究では、机上操作に対応した SCALE(2D) を改良し、3次元インタラクションに対応した SCALE3D を実装し評価する。

2. 提案デバイス

空中での6軸操作を行うために、位置センシングに加速度センサ、姿勢センシングに加速度・磁界センサを利用した。ただし、加速度センサから求められる位置は、大きな誤差を含み正確な操作に向かないので、直定規メタファを利用した、静電容量センサによる3

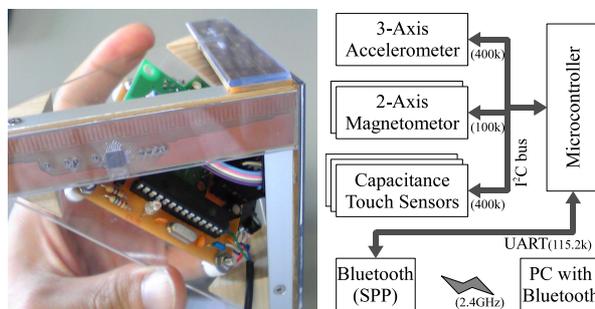


図1 SCALE3D

図2 ブロック図

軸のスライダを追加し、指でのタッチ操作と精度向上を可能にした。スライダでの位置センシングのほか、回転原点の指定といった応用(後述)も可能となる。

2.1 デバイス形状

既存のアプリケーションが x, y, z 軸や x, y 軸パンニング+ z 軸ズーム操作を基準に設計してあるため、SCALE3Dでは3軸スライダは互いに直交することとした。体積を小さくするため三角錐形状とし(図1)、錐の底面を片手で把持しスライダはもう一方の手で操作する。各軸のスライダの端まで指が届くか、把持しやすいか、実装可能かを検討した結果、スライダを搭載する辺は100mmのフレーム^{*}を用いて実装した。

2.2 加速度・磁界センサ

位置 $\mathbf{x}(t)$ は加速度 $\mathbf{a}(t)$ より時間積分で求まるが、加速度センサからは初期値 $\mathbf{x}_0, \mathbf{v}_0$ が得られないので相対移動量となる。加速度センサはバイアス・温度・参照電圧・軸間誤差・ノイズといった要因によるエラーが大きく^{**}、時間積分で累積すると無視できないので、正確性を求めない大まかな入力に用いる。

[†] 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

^{††} 電気通信大学 情報工学科

Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

^{*} スライダ安定化のために GND 接地した金属フレームを採用。

^{**} AN012, Kionix Inc. www.kionix.com/App-Notes/AN012-Accelerometer_Errors.pdf

また、傾き (*pitch, roll*) は加速度センサが検出する重力 G より、静止状態 ($|a| \cong 1G$) の値から求め、加速度が加わっている間は一定と仮定する。向き (*yaw*) は加速度・磁界各センサからの重力 G と磁界 H から方位を求め、SCALE3D を使用する PC 環境の基準方位を指定して利用する。

2.3 スライダ

3 軸のスライダは静電容量センサにディスプレイ・スライダ^{*}を接続し、得られた容量値を正規分布カーブに割り当て、マイコン側で 192 ポジションを計算する。各軸で指 (金属性のペンでも可能) の接触を同時に認識し、加速度センサと比べて高精度な移動量が得られるほか、スライダの位置を 0% から 100% に割り当てた絶対位置も得られる。

2.4 データ処理

マイコン上のソフトウェアは各センサへのフィードバック制御を行うほか、(マイコン性能及びバス速度の制約により) 加速度・磁界センサは 10 ミリ秒ごと、静電容量センサは 100 ミリ秒ごとのデータを、100 ミリ秒ごとに Bluetooth で転送する (図 2)。PC 上の SCALE3D 制御ソフトウェア (図 3) で、座標系変換や時系列平滑化などを行った後、評価アプリケーションにデータを渡す。

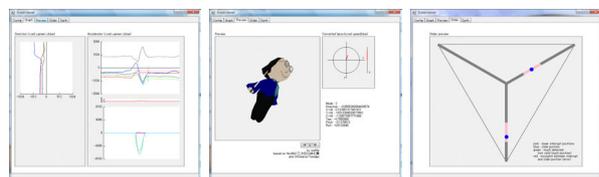


図 3 SCALE3D 制御ソフトウェア
左) 時系列平滑化, 中) 座標系変換, 右) スライダ接触検出

3. インタラクシオン手法

SCALE3D から得られるセンサデータの組み合わせ方から、インタラクシオンが不必要に複雑にならないように考慮した結果、以下の操作法を採用し、3D ナビゲーションを利用する GoogleEarth や、3D モデリングといった既存のアプリケーションにデモ実装した。

3.1 6 軸基本操作

3D アプリケーションのオブジェクトや視点・光源点などの移動では、加速度による大まかな移動、スライダによる高精度な移動、傾き・向きによる回転をシームレスに行う (図 4)。加速度での移動と、傾き・向き

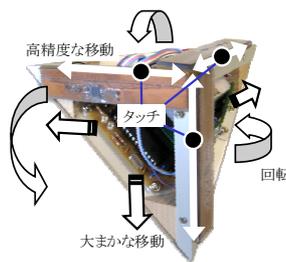


図 4 6 軸基本操作

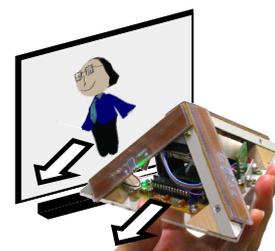


図 5 姿勢操作

での回転は同時に行えないので、移動と回転を同時に行うには、静止状態でスライダによる移動を用いる。デフォルトの回転はオブジェクトの原点中心に回転を行う (図 5)。

3.2 オブジェクトの回転

スライダを 3 軸同時にタッチして回転の中心座標をオブジェクトの相対位置で指定し、タッチしたまま傾き・向きにより回転を行う。任意の点で回転できるほか、3 軸同時にタッチしたときにモードを自動変更することで 6 軸基本操作と併用も可能になる。

3.3 長さ直接入力

スライダによる高精度な移動について、実世界でのスライダ長と仮想空間での単位長をマッピングすることで、仮想空間での長さを正確に入力できる。通常の移動量は空間における割合 (ズームなどにより可変値) だが、この方法ではディスプレイ上の表示割合に依らず、固定移動量を入力できる。このモードは切り替えが必要である。

4. おわりに

より柔軟な 3 次元インタラクシオンを実現する、実世界指向の定規型デバイス SCALE3D を実装した。

実装直後でのデバイスで基本操作を試して貰ったところ、姿勢操作は「わかりやすい」が加速度移動は「難しい」といった反応が大半だった。加速度・磁界センサの値を直接アプリケーションに渡すと、反応が過敏すぎて想定外の動作になることがあったからで、アプリケーションの調整を完了した後、既存の入力デバイスを比較対象として被験者実験を行う。実験は時間・操作量・疲労といった観点から、オブジェクトや光源の操作、1 人称視点でのナビゲーションなどのタスクを含む予定である。

参考文献

- 1) 脇坂彰人, 赤池英夫, 角田博保: SCALE: PC 用スライド操作定規型デバイス, 第 49 回プログラミングシンポジウム報告集, pp.175-178 (2008).

^{*} AN925, Analog Devices Inc. www.analog.com/static/imported-files/application_notes/AN-925.pdf