

自由配置型物理的ユーザインタフェース設計・制作について

-赤外線走査型パネルと近距離無線通信を組み合わせたインタフェースデザインの提案-

ABOUT THE DESIGN OF THE FREE STYLE PHYSICAL USER INTERFACE

- The proposal of the interface design that utilized the characteristic of short-distance wireless communications and IR-touch-screen -

森博史

Hirofumi MORI

主査 佐藤康三 副査 岩月正見

法政大学大学院デザイン工学研究科システムデザイン専攻修士課程

In recent years, interface design becomes more important factor in the field of industrial design. Although the touch-screen extended the flexibility of interface design, it is deficient in the physical feeling when we operating it. In this research, it aims at producing the interface design that can give physical feeling using short-distance wireless communications and IR-touch-screen. One of the possibilities of future interface design is suggested through the design of hardware, and the proposal of a sample program.

Keywords: Interface design, Tangible user interface, Graphical user interface

1. 緒論

(1) 研究背景

近年、コンピュータ処理能力の大幅な向上に伴って、GUI (graphical user interface) を駆使した高度なインタフェースデザインが、パーソナルコンピュータ、タブレットデバイス、スマートフォンといったデバイスにおいて日常的に見受けられるようになった。特に現在のコンピュータ操作は、ポインティングデバイス及びキーボードによるものと共に、実際に GUI に触れるかのよう操作が可能で、タッチスクリーンを用いた操作方法も導入が進んでいる。

一般的に用いられるタッチスクリーンの方式としては、大きく分けて静電容量方式、抵抗膜方式、赤外線走査方式の3つがあり、それぞれの長所、短所を加味した上で各種デバイスへと応用されている。タッチスクリーンを用いたインタフェースデザインの特徴として、物理的インタフェースを廃して画面領域を広くとることができるという利点があるが、従来の物理的インタフェースに比べ、ユーザの触覚に働く物体の反発、摩擦といった感覚が得られず、物理的操作感に乏しいという弱点がある。

通常、手指で触れるタッチスクリーンに組み合わせる GUI では、操作におけるリアクションを持たせるべく、立体的なアイコンの浮き沈みの表現や、色彩変化といったグラフィック上の変化によってフィードバックを与えているが、物理的な操作ノブ、スイッチ、ダイヤル等に

比べてユーザの触覚に働きかける、物理的操作感が薄いという点に変わりはない。(図1)



図1 GUI タッチスクリーン化事例

(2) 研究目的

現在主流である、GUI とタッチスクリーンを組み合わせたインタフェースは、物理的操作部を擬似的に表現したものに過ぎず、ユーザはあらかじめ固定されたレイアウトで操作を行う必要がある。また、タッチスクリーンでは物理的感触を伴う操作感を生み出すことは難しい。

本研究における自由配置型物理的ユーザインタフェースデザインは、ユーザが任意の場所に置くことによって、都度状況に合わせた GUI 表示がなされる。また、情報表示領域および操作領域の位置がリアルタイムで変化し、利用者にとって物理的感触を伴うユーザインタフェースデザインを実現する。最終的に、このプロトタイプによって将来のインタフェースデザインの一つの可能性を示唆することを目的とする。

2. 制作準備

(1) 赤外線走査パネルと ZigBee®無線ユニット

本研究の制作にあたっては、赤外線走査パネル及び ZigBee 無線ユニットを用いる。

赤外線走査パネルはディスプレイベゼルに配置した赤外線発光体とその反射光を感知するカメラによって構成されている。ZigBee 無線ユニットは、センサーネットワーク構成を目的に開発された近距離無線通信規格であり、1対1の通信のみならず、1体nによるネットワークを構成することができる規格である。以下に、赤外線走査及び ZigBee の特徴をまとめる。なお Xbee は ZigBee を搭載した無線ユニット製品名である。

【赤外線走査方式タッチスクリーンベゼル】(図2)

- ・ 同時複数点検出が可能 (最大 32 点)
- ・ 大型化が容易
- ・ 三角測量による正確な位置検出
- ・ 表示機構とタッチ機構の完全分離が可能であり、既存のディスプレイへ後付けすることも可能



図2 赤外線走査方式タッチスクリーンベゼル外観

【ZigBee 近距離無線通信規格】(図3)

- ・ 低消費電力 (最低: 送信時: 14.6mA, 受信時: 17.2mA)
- ・ 複数のエンドデバイスを用いたセンサーネットワークの構築が可能 (最大 65,536 個 (0x0000~0xFFFF))
- ・ 強い電波強度 (1mW(+0 dBm) 出力 (最大 90m 屋外見通しレンジ))
- ・ 小型 (例: Xbee ((L×W): 2.438cm × 3.294cm))

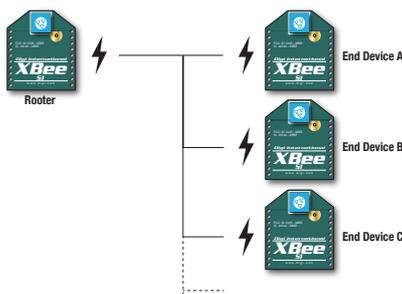


図3 ZigBee によるネットワーク構築例

(2) ActionScript3.0 による ZigBee 通信制御

ZigBee によるセンサ値の取得、そしてタッチパネルの座標検出処理が可能なることから、プログラム制作では、Adobe Flash そして ActionScript3.0 を用いる。

ActionScript3.0 の特徴として、ベクターグラフィックスを高速で表示でき、3D 表現も可能になるなどの、高い拡張性が挙げられる。また、アプリケーション上で共通する処理プログラムを「クラス」と呼ばれるファイルに格納することによって複数サンプルの制作において再利用可能である。こうした特徴により、制作するプロトタイプの基本動作はこの「クラス」ファイルによって処理を行い、各アプリケーションは最低限のプログラムによって動作させる。(図4)

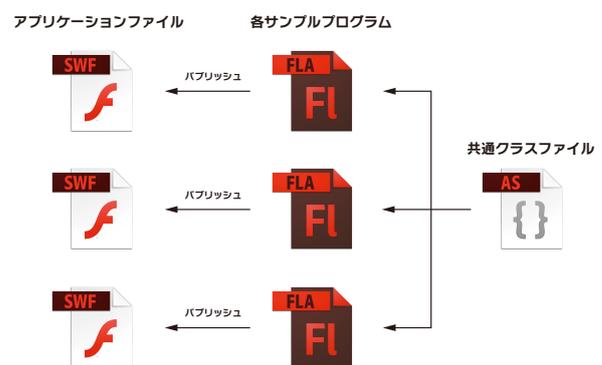


図4 .as 共通ファイルによる制御

3. 制作

(1) 制作目標

作品制作にあたって、達成すべき目標と指針を定める。

1. ロータリ式コントローラの制作
2. コントローラ動作用レシーバの制作
3. コントローラ・受信機動作に用いるプログラム制作
4. これら上記の実現に伴う機構、各部パーツ、及び画面インタフェースデザイン例の制作

(2) 制作指針

次に、本研究における制作に向けた、具体的な制作・設計指針を決める。本研究・制作はあらたな使用経験価値を生み出す設計・制作とする。

【審美性】

1. 情報機器イメージを脱却したオブジェとして美しいフォルムとする
2. ミニマルでシンプルな設計を目指す

【使用性】

1. 誰でも迷わず使用可能なものとする
2. 機器の持ち運びや保管を考慮した設計とする
3. メンテナンス等が容易に行える設計を目指す

【持続可能性】

1. 分解可能な設計を目指す
2. リサイクル可能な素材での制作を目指す

(3) 初期実装回路検証実験

入力値をコンピュータ上のインタフェースへと反映させるためのシステムを考える。入力値に対するフィルタリング処理が可能であり、アニメーション制御も可能なことから Adobe FlashCS6 / AS3 及び FUNNEL ライブラリを採用した。デバイスのワイヤレス通信には、単体でセンサ値の送受信が可能な XBeeS1 チップアンテナ型を採用した。以下に検証環境を記す。

【使用ハードウェア】

- Arduino Software - ArduinoUNO (有線検証時のみ)
- Digi International - XbeeS1 チップアンテナ型
- アルプス電子 - ボリューム抵抗 10kΩ
- DC-DC 昇圧コンバータ 1.2~3V to 3.3V
- 電解コンデンサ 100μF
- 1.2V LR6 AA ニッケル水素電池 ほか

【使用ソフトウェア】

- Adobe Flash Professional CS6

【使用言語 / プログラム】

- Action Script 3.0
- Funnel server v1.0 (r802) for Mac

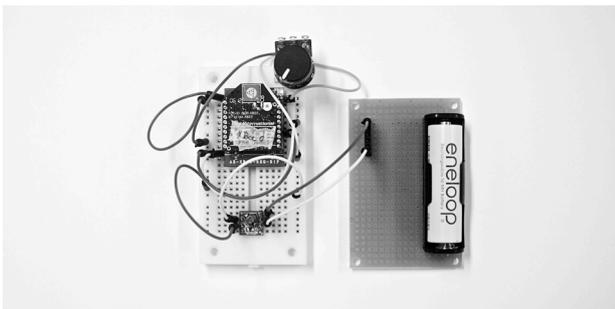


図 5 制作した初期プロトタイプ

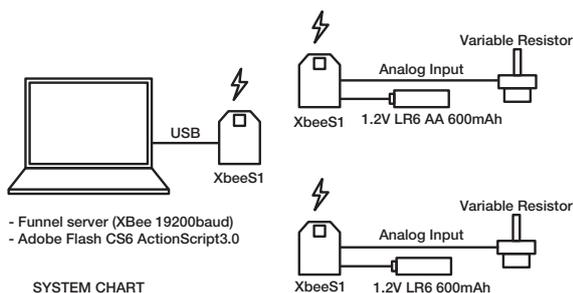


図 6 初期プロトタイプ概念図

この初期プロトタイプ (図 5) を用いて XBee の動作確認を行った。PC 側の XBee をルータとして用い、コントローラ側をエンドデバイスとして用いる。(図 6)

検証では、子機を複数用意した場合でも遅延なくセンサ値を取得できることが確認された。(図 7)

なお、センサの入力値に細かな電圧変動が見られるため、プログラム上でセンサ値をスムーズ化するフィルタを記述・適用し、数値の変動を抑える。(図 8)

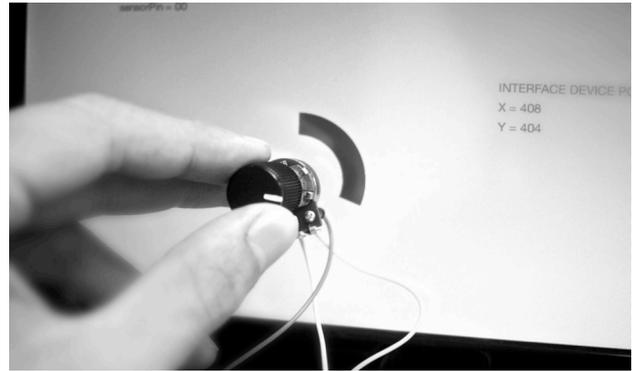


図 7 初期プロトタイプ動作検証状況

```
private function onEnterFrame(e:Event):void{
    var value:Number = sensorPin0.value;
    buffer.unshift(value);
    buffer.pop();
    var smoothedByMeanFilter:Number =
    smoothByMeanFilter();
    sensorPin0_sm = smoothedByMeanFilter;
    sensorPin0_sm = Math.round(sensorPin0_sm*10)/10;
}

private function smoothByMeanFilter():Number{
    var sum:Number = 0;
    for (var i:int = 0; i<buffer.length; i++){
        sum += buffer[i];
    }
    return (sum/buffer.length);
}
```

図 8 スムースフィルタプログラム (一部抜粋)

また、赤外線走査型タッチスクリーンの検証を行った。

【使用ハードウェア】

- Time Link - iMask 21.5inch MultiTouch
- LG - FLATRON E2251VR-BN 21.5inch

【使用ソフトウェア】

- Adobe Flash Professional CS6

【使用言語 / プログラム】

- Action Script3.0
- TUIO Library for Action Script3.0



図 9 赤外線走査方式による物体検出の検証状況

赤外線走査型タッチスクリーンの検証においては、「指」と「コントローラ」を区別して認識できるよう、TUIOライブラリにてタッチ点の幅と高さを求め、指程度（20mm x 20mm 以内）のタッチ点であれば、検出を無視するようプログラムを制作した。

また、複数のアルミパイプを置いて、それぞれの座標を区別しながらも、正確に検出できることが確認できた。（図 9）

本制作には、TUIO ライブラリを用いて、「タッチ開始」「タッチ移動」「タッチ終了」のそれぞれにイベント処理を施し、設置した個体それぞれに対し、固有の ID を振り分けて区別する方法を用いる。（図 10）

```
// 「置く」を読み取り、処理（イベント）を発生
stage.addEventListener
(TouchEvent.TOUCH_DOWN, onTouchEvent);

// 「移動」を読み取り、処理（イベント）を発生
stage.addEventListener
(TouchEvent.TOUCH_MOVE, onTouchEvent);

// 「取り上げ」を読み取り、処理（イベント）を発生
stage.addEventListener
(TouchEvent.TOUCH_UP, onTouchEvent);
```

図 10 TUIO によるイベント処理プログラム（一部抜粋）

(4) 電子回路実装検討・モデル制作に向けた準備

前項の動作検討を踏まえ、電子回路を検討する。制作モデルの小型化によって造形の自由度を出すため、必要最低限の回路を選定した。API モードに設定した XBee のピンから直接アナログ値を読み取ることによって、チップ単体だけで、センサ値取得と無線通信を実現する。また、電圧制御に小型の DCDC コンバータを導入することによって、外観アイデアに応じてバッテリーの種類やセル数を変更可能な回路となっている。また、回路全体の動作の安定性確保の目的から電解コンデンサを用いる。機器全体の動作はプッシュスイッチによる通電制御によって行われ、動作時には LED 灯を点灯させる。（図 11）

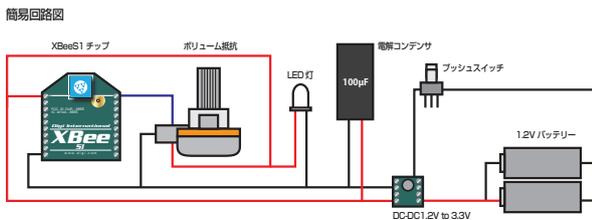


図 11 電子回路概略図

次に、制作に用いる、ボリューム抵抗と XbeeS1 といった最終モデルに必要な各電子パーツを採寸し、Rhinceros 上で必要なスペースを検討した。（図 12）

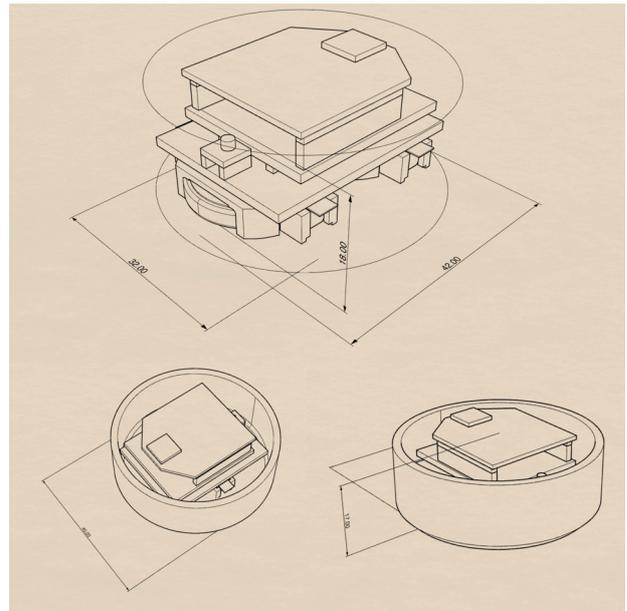


図 12 XBee とバッテリーの実装スペース検証

3次元データに起こした実装スペース検証図より、XBee チップ及びチップ用マウント部品の高さから、最小でも直径 40mm のスペースが必要だということがわかった。このスペースを基に、部材の必要肉厚（アルミニウム t=2）を加味し、設計にあたっての最低外形寸法は直径 45mm と判断した。

(5) 外観意匠検討

前項のスペース検討を基に、外観のアイデアを展開した。（図 13）設計指針として、ディスプレイ上への配置時に安定感を感じさせるため、重心を低くさせる外観を目指した。素材は軽量かつ剛性感を生み出すために外部筐体の基本素材にアルミ A5052 を使い、シャーシにはレーザーカットによって複雑形状を製作可能な点からアクリルを採用することとした。

なお、基本的な設計は、アンダーカットを含まない、一般的な樹脂材の射出成形及び金属プレス・切削加工にて制作可能な部品構成とした。

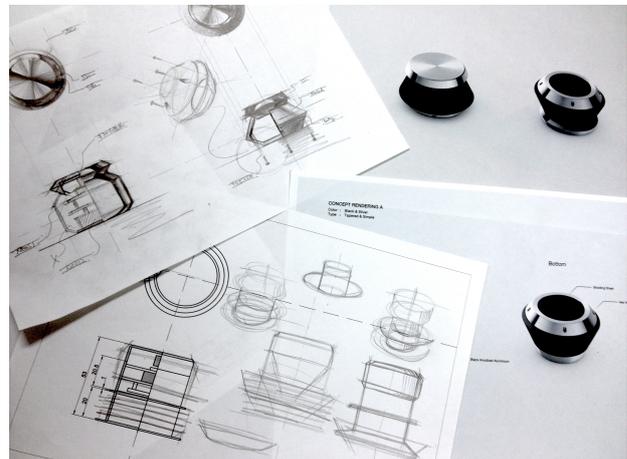


図 13 外観スケッチ検討

(6) レンダリング

外観アイデアから最も小型に設計可能なアイデアを選定。レンダリングを作成した。(図 14,15) カラーリングは本体中部を艶消しブラックとすることにより、操作部と接地面を目立たせて、メリハリがありながら安定感を感じさせる外観を採用した。



図 14 コントローラの三面レンダリング

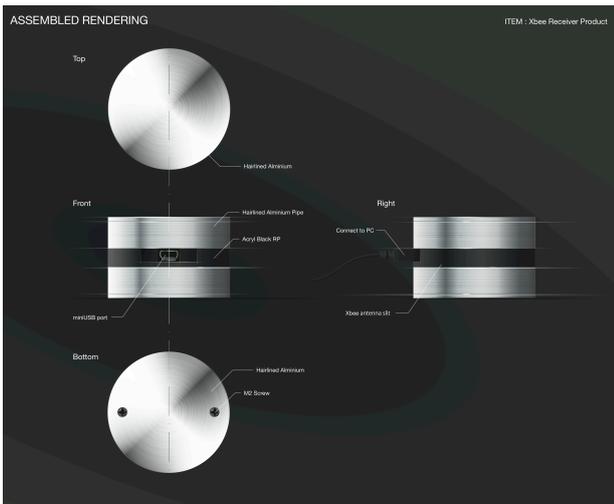


図 15 レシーバの三面レンダリング

(7) 意匠図面および設計図面

円筒部分にはアルミパイプ A5052 規格材を用い、機器底部のテーパ部やカバーはアルミ旋盤加工にて制作する。レンダリングを基にそれぞれのパーツのアッセンブルを考慮した寸法値にて図面化した。なお、メンテナンス性を考慮して、完全分解可能な設計とした。(図 16,18)

本体の構成として、上段には、ボリューム抵抗、およびプッシュスイッチを用いて機器の電源投入と回転値取得を両立する機構(図 17)をつくり、中段には電圧制御と Xbee 回路を組み込む。また、下段には電池消費時でも容易にアクセス可能なバッテリーケースをもうけた。また、Xbee による通信電波が機器内でループしないよう、上段にアクリル部材によるスリットを設けた。

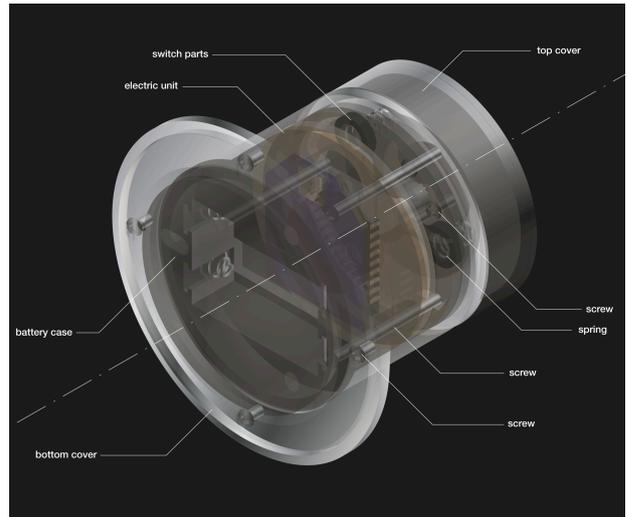


図 16 検討用テクニカルイラストレーション



図 17 上部スイッチ部エクスプロージョン図

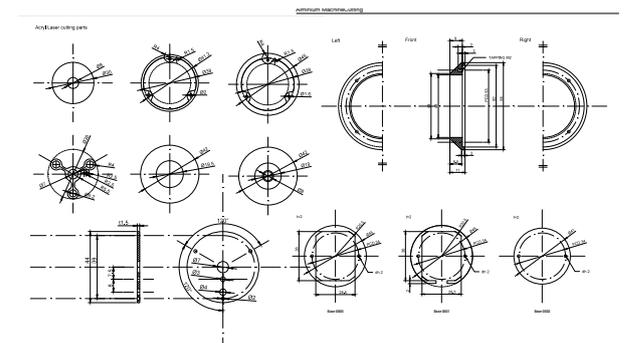


図 18 実装用部品設計図面 (一部抜粋)

(8) 部品制作

内部シャーシ等アクリルによる部材は、ボリューム抵抗上部のローレット加工へのはめ込み等、複雑な形状を含み、厳密な寸法精度が必要になる。そのため、高精度で二次元カットが可能なアクリルレーザー加工にて制作を行った。また、厚みのある部材に関しては、アクリルレーザーカット部品の積層により制作した。アルミニウムによる部材は、旋盤加工及び、規格サイズ部材の切り出しにて制作した。(図 19,20)

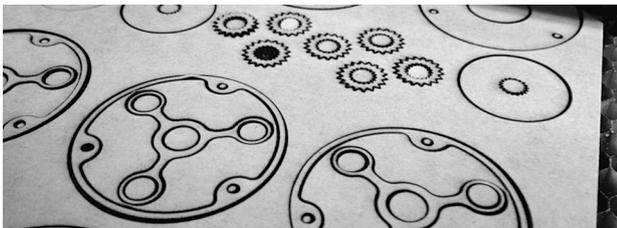


図 19 アクリル部材のレーザー切り出し



図 20 旋盤加工による底部部品

(9) 細部仕上げ

各部品の切り出しの後、表面仕上げの工程へ進む。アクリル積層部品は、積層部が目立たないように耐水ペーパーによるやすり掛けをおこなった。また、ネジによる組み立てを伴う箇所は、下穴処理後に手作業にてタップきりを行った。

本体上面およびレシーバ上面のスピンの仕上げは、ボール盤を改造した簡易旋盤にて部材を回転させながら研磨することによって制作する。簡易旋盤は、シャフトを取り付けたワーク板をボール盤のチャックにセットする。そしてワーク板のシャフト中央を原点として部品をセットし高速に回転させ、上面から研磨ペーパーを当てることによってスピン目を入れる。ここでは 800 番手にて仕上げを行った。(図 21)



図 21 手仕上げによるスピン加工工程

本体中部を覆うアルミパイプは、表面のヘアラインを維持し、艶消し黒色を表現するため、スコッチブライト工業用パッドによるヘアライン仕上げ後に脱脂を行い、スプレーブラッセンによる焼き付け塗装を行った。塗料を塗布後に 1 時間指触乾燥させた後、オープン 300℃設

定により 1 時間焼き付けを行った。(図 22)

焼き付け塗装によって塗料成分がアルミニウムに食いつき、通常利用時におこる摩擦(爪や金属との擦れ)に耐えうる強固な塗膜が形成された。(図 23)

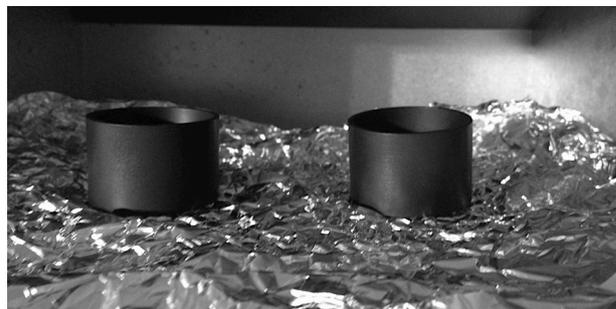


図 22 焼付塗装工程



図 23 焼付塗装仕上がり

(10) アッセンブルと動作確認

すべての部品の製作、および仕上げの後、組み付け後動作確認を行った。Flash を用いた座標とセンサ値の取得を行う動作確認アプリケーションを製作し、正常動作を確認した。(図 24)



図 24 組み立て後の動作確認

動作確認では、赤外線走査スクリーンは物体を問題なく認識し、物体中央を座標点として検出することが確認できた。また、XBee を用いた通信も、通信速度 19,200bps および 57,600bps どちらでも問題なく作動した。また完成機 2 機を同時に使い、座標のクロスや入れ替えといった検証も行ったが、どちらも固有のタッチ ID を保持したまま利用できることが確認できた。

4. 作品概要

(1) 外観



図 25 コントローラ外観

【作品諸元…本体】(図 25)

- ・外形寸法… (H)55 * (W)64 * (D)64
- ・重量…134.6g
- ・素材… A5052 アルミニウム、アクリル
- ・パーツ点数…29 点



図 26 レシーバ外観

【作品諸元…レシーバ】(図 26)

- ・外形寸法… (H)33 * (W)45 * (D)45
- ・重量…62.2g

- ・素材… A5052 アルミニウム、アクリル
- ・パーツ点数…9 点

(2) パッケージング

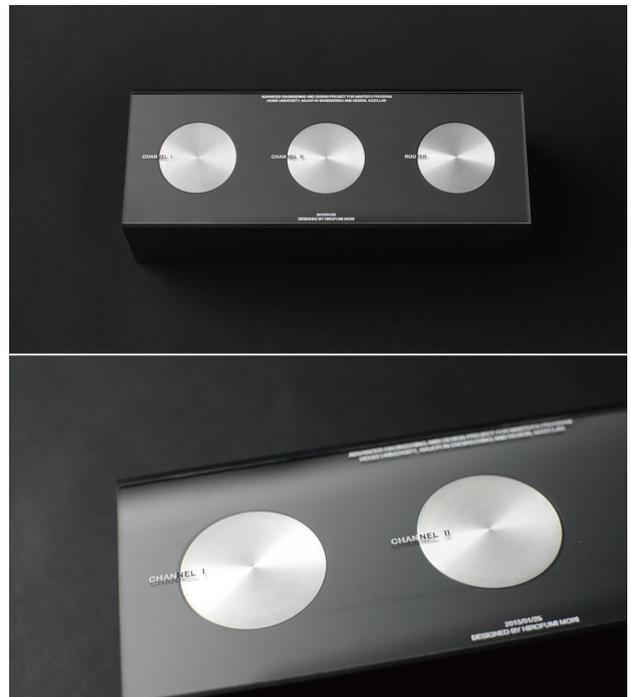


図 27 パッケージ外観

コントローラを特徴付けている上面のスピン仕上げを生かしたパッケージを制作した。収納状態でもトップのスピン仕上げをはっきり視認できるように、パッケージ上面は透明アクリルにて構成し、レーザー加工機により作品名を刻印した。レーザー刻印部にはアクリル塗料によるホワイト及びブラックによる墨入れを施した。(図 27)

(3) 試作インタフェースパターン

実際に製作したインタフェースデザインの効果を体験し、応用の可能性を探るため、インタフェースサンプルを製作する。制作にあたっては、基本的な位置検出と入力制御には共通のプログラムを用い、それぞれのインタフェースサンプルに応じて別途専用プログラムを組み合わせている。以下に制作したインタフェースサンプルの概要を示す。

【サンプル 1 - EXPLORE THE EARTH】(図 28)

コントローラの電源を投入し、画面上に配置すると、宇宙空間のようなフィールドに 3D 表示された地球が現れる。コントローラを画面上で動かすと、その方向に地球が周り、上部を回転させると画面がズームインし、直感的に地球を観察することができる。また、画面中央のカーソルには、中央地点の緯度および経度が表示される。
※ Flash CS6, ActionScript3.0, Papervision3D を使用

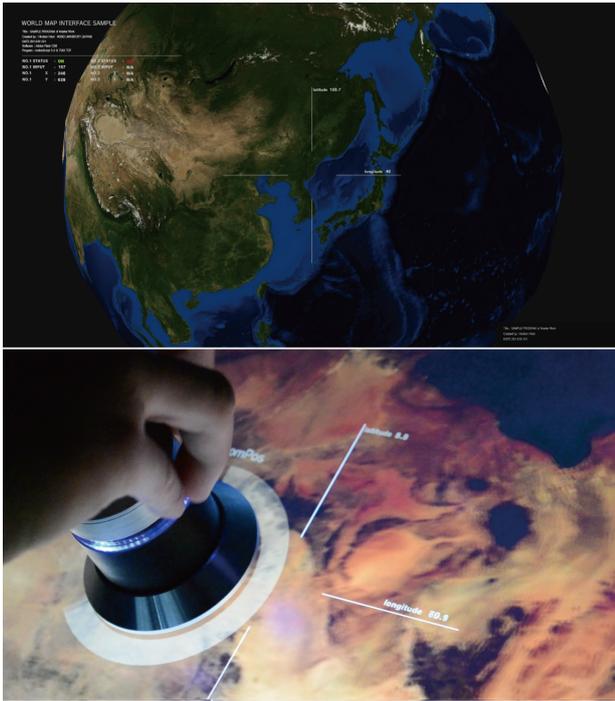


図 28 EXPLORE THE EARTH 動作状況

【サンプル 2 - THE DASHBOARD】(図 29)

コントローラの電源を投入し、画面上に配置すると、ガジェットメニューが現れて、任意のメニューを選択する。次に、二個目のコントローラを配置すると、選択した内容を任意の位置に表示することができる。メニュー選択はコントローラの画面上の位置に応じて表示が左右に切り替わり、左利き、右利きを問わない配置で操作が可能になっている。

※ Flash CS6, ActionScript3.0 を使用



図 29 THE DASHBOARD 動作状況

(4) 将来展望

本研究で用いたXBeeは、レシーバー一つに対し理論上は 65,000個のコントローラを接続可能である。この特徴を生かし、本研究で制作したダイヤル型コントローラ以外に様々な入力方式を用いるコントローラを用意し、ユーザが任意に配置するインターフェースも考えられる。グラフィカルなUI表現と、物理的感触のあるコントローラが組み合わせ、ユーザの用途に合わせた「自分だけのUI」をつくることことができる。(図30)



図 30 拡張型 UI イメージ画

5. 総括

本研究の結論として、自由配置型物理的インターフェースの効果を実証することができたといえる。以下に、本研究におけるインターフェースの効果をまとめる。

- ・ 状況に応じてコントローラを自由配置可能
- ・ 操作レベルに合わせてコントローラを増設可能
- ・ コントローラが持つ立体感と、リアリスティック UI の持つメリットを生かした UI デザインが可能

また、本研究の成果は、コントローラ裏面に接触点を設け静電容量方式タッチパネル上で稼働するインターフェースに比べ、コントローラそれぞれに固有の ID を保持させることができる点、理論上コントローラを 65,000 個まで増設可能な点、操作部メカニズムを伴った物理的的操作感を与えることができる点で優れている。以上の特徴から、将来インターフェースデザインにおける、より自由度の高いインターフェースデザイン開発に、多いに貢献できるものと考えられる。

参考文献

- 1) Robert Faludi : XBee で作るワイヤレスセンサーネットワーク, オライリージャパン, 2011
- 2) William M. Newman, Michael G.Lamming: インタラクティブシステムデザイン, ピアソン, 1999
- 3) Rob Thompson : PROTOTYPING AND LOW-VOLUME PRODUCTION, Thames & Hudson Ltd, 2011