タッチパネル上にのせる触知認知可能なコントロールインタフェースの提案とプロトタイプ「つかみどころ」の制作

岩島　伊織[†]　　赤羽　亨[†]　　小林　茂[‡]　　鈴木　宣也[†]

本研究は，iPad などのタブレット端末のタッチパネルディスプレイの上にのせることで機能するコントロールインタフェースの提案をするものである．ボリュームつまみのようなかたちをした操作部の先にタッチペンと同じ素材でできた接触部があり，これをタッチパネルの上にのせ、まわすことで実際のつまみをまわすようにタブレット端末のコントロールができるプロトタイプ「つかみどころ」を制作した．

Proposals of a Tangible Control Interface on the Touch Panels And Prototype [Tsukami-Dokoro]

IORI IWASHIMA[†]　　KYO AKABANE[†]　　SHIGERU KOBAYASHI[‡]　　SUZUKI NOBUYA[†]

In this study , we propose a control interface which is used on the touch panel display. The prototype, named "Tsukami-Dokoro", looks like a volume control knob, which has a contact point that is made from the same material as a stylus pen. A tablet computer will control via "Tsukami-Dokoro" by turning on high/low.

1.　はじめに

タッチパネルディスプレイを搭載したタブレット端末やスマートフォンが普及してきている．これらを使用するシーンはビジネス，プライベートを問わず，老若男女も問わない．今後も様々な状況で様々な人が活用していくことが予想される．

タッチパネルディスプレイのデメリットとして，操作したときの身体的なフィードバックが得られない点，手元を見ていないと操作がしにくいという点が上げられる．

昨今，導電性の糸が編み込まれ，装着していてもタッチパネルを操作できる手袋や，静電容量方式のタッチパネルにも対応したタッチペンなど，手で直接触れなくともタッチパネルへの入力ができる素材の開発も進んできている．これらの素材を利用することにより，タブレット端末の上にのせたオブジェクトが，手の代わりに入力端末となりインタフェースを形作ることも実現できると考える．

タッチパネルディスプレイの上にのせるコントロールインタフェースを開発することで，身体的なフィードバックの得られるタッチパネルの操作が実現するのではないかと考えた．

† 情報科学芸術大学院大学
Institute of Advanced Media Arts and Sciences
‡ 岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー
International Academy of Media Arts and Sciences

今回，プロトタイプとして，タッチペン等に用いられている素材を使い，iPad2 の上にのせて操作することで，タッチパネルに入力を伝えることができるコントローラーを制作した．また，このプロトタイプは「つかみどころ」というタイトルで展示発表を行った．来場者に実際にプロトタイプを触ってもらいながら，ヒアリングを通じたユーザースタディを行った．

2.　関連研究

コンピュータが普及してきた頃から、触れることのできない情報に対するインタフェースの研究は数多く行われてきた．タッチパネルに対しても，そのままでは物理的なフィードバックを得られないため，キーボードなど従来のような使用感を目指し様々に研究が行われ，実際に販売されている例もある．

森，池田らは，モーショングラフィックスの操作をテーマに，機器の上面をディスプレイで覆い，その上に透明な操作部（ダイヤル、スライダ）を配置した「Synthsizer」[1)] を開発した．ダイアルやスライダはモーショングラフィックスを形成するパラメーターに対応している．それらは透明な操作部越しにＧＵＩを表示する．

Malte Weiss らは，タッチスクリーン上に置くことで物理的に操作できるようになるインタフェース「SLAP」(Silicon iLuminated Active Peripherals)[2)] を開発した．これはシリコンゴムとアクリルで作られた透明なデバイスがボタン，ノブ，スライダ，キーボード

の四種類あり，それぞれタッチスクリーン上に置くことで，そのデバイスによった操作ができるというものである．操作に応じてスクリーンの様子も動的に変化させることができ，置き場所も自由に変えることができる．

小林らは，シンプルなアプローチによる再構成可能なユーザーインタフェース「Spinner」[3)]を開発した．画面上の仮想コントローラーの上に，物理的なコントローラーを置いて関連づけることで，仮想コントローラーを物理的に操作可能にしている．物理的なコントローラーの位置を変えることで仮想コントローラーとの関連付けを動的に変更することができる．

いずれも専用の読み取り装置を用いた研究であり，アプリケーションも専用のものとなっている．本研究では，既に流通しているタブレット端末で使えるインタフェースを開発する．アプリケーションも汎用性のあるものを目指している．社会の中で実際に使えることを想定し開発することで，このようなインタフェースがどんなインタラクションの変化をもたらすかについて明らかにしていきたい．

さらに，タッチパネルは手元を見ていないと操作しにくいという問題に対して，今回，画面外にあるライトをコントロールするという機能を実装している．このような操作体験によって，いままでになかったシーンでのタッチパネルの利用も提案していきたい．

3. プロトタイプの実装

3.1 ハードウェアの構成

プロトタイプ「つかみどころ」の外観の様子を図１に，システムの構成を図２に示す．本研究は実際に流通しているタブレット端末のタッチパネルディスプレイに付加するインタフェースを目指しており，「つかみどころ」では対象として Apple 社の iPad2 を使用した．iPad は現在数多く開発されているタブレット端末の形状や機能の方向性を決定づけた１機であり認知度も高く，開発のために参照できる情報も十分あることが選択の理由である．

コントロールする対象として LED のライトを制作し，iPad からの通信によって明るさをコントロールしている．ライトのコントロールには AVR マイコン，入出力ポートを備えたオープンソースハードウェア「Arduio」☆を使用した．ハードウェアのバージョンは「Arduino Duemilanove」を使用している．iPad２と Arduino 間の通信方法としては，デジタル信号を音声信号に変換する FSK(Frequency Shit Keying 周波数偏移変調)を利用したソフトウェア・モデムのライブラリ「softmodem」☆☆を利用した．つまみ型デバイスから入力された値は ipad2 側で決まられたプロトコルにしたがい数値を変換し Arduino に送信する．Arduino 側で受け取った値によってライトを調光する．iPad とマイコン間の通信方法として，Wi-Fi や Bluetooth といった無線通信を使うことも考えられたが，それらを使うにはマイコン側に無線モジュールが必要になり、コストがかかる．また，ネットワークを使用することで，環境によるトラブル発生，無線通信することで動作に遅延がおこるといった問題が考えられるため，比較的安価で確実な方法として，音声による有線通信を選択した．

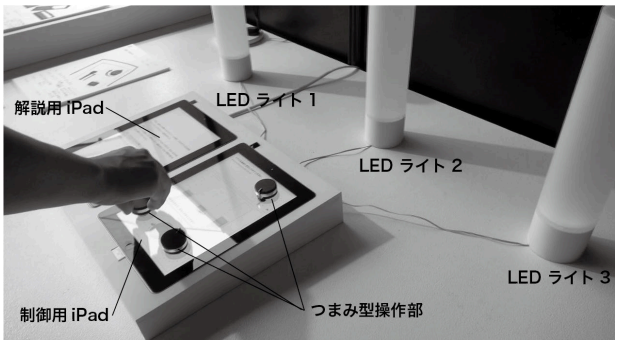

図1 「つかみどころ」外観および展示の様子

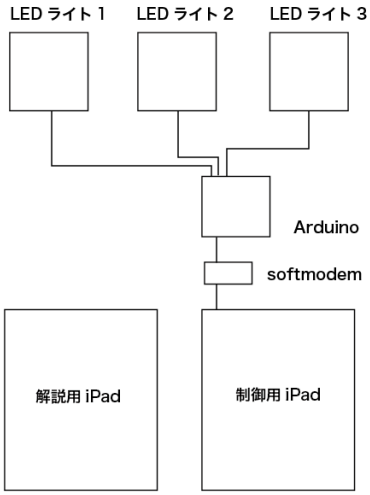

図2 システムの構成

展示に際して，通信のためのコードやマイコン、iPad の電源アダプタなどが体験者の邪魔にならないよう、それらを隠す筐体を制作した．筐体には iPad2 が２つ並べてはまるようになっており，片方を操作のための

☆ Arduino : http://www.arduino.cc/

☆☆ Softmodem : http://code.google.com/p/arms22/

本体として使用し，もう片方が解説用として操作説明のスライドを表示している．

3.2　アプリケーション

プロトタイプのために ipad 上で動く専用のアプリケーションを作成した。画面の様子を図３に示す。画面右上と下部にある丸印がつまみ型デバイスをあわせる位置である．画面中央のバーがインジケータになっている．インジケータの値は，LED ライトの明るさと対応している．下部の丸印はそれぞれ真上にあるインジケータと対応しており，それぞれの位置にあわせてデバイスを操作すると，インジケータの値が変化する．右上の丸印にあわせて操作するとすべてのインジケータに対して一度に操作することが出来る．

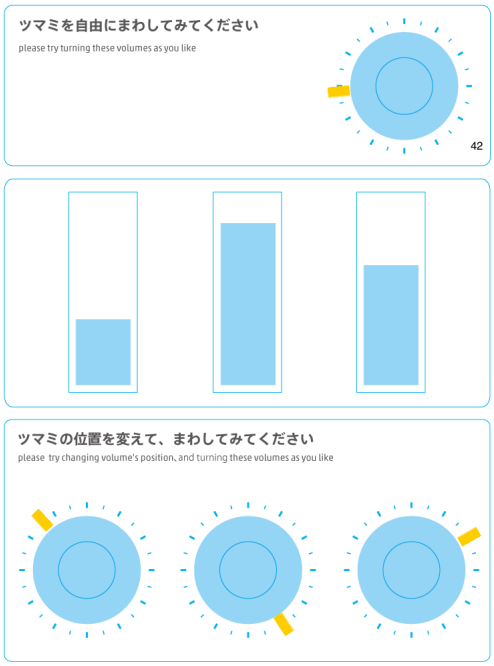

図3　制作したアプリケーションの画面の様子

3.3　つまみ型操作部

作成したつまみ型操作部の外観を図４に、構造を図５に示す。本体側面に貼られたアルミテープは本体下部の導電スポンジ製の突起に繋がっている。本体をタッチパネル上に置くと導電スポンジはタッチパネルに接触する。操作をするために本体をつかむと、本体側面のアルミテープに触れることになり、導電スポンジを通じてタッチパネルの静電容量を変化させる．本体は直径が 30mm，高さが 12mm の円筒形をしている．導電スポンジと繋がる接触部の側面には，触れるとそこが接触部だとわかるように突起が設けられている．本体は軸となる土台部分を中心に回転する。

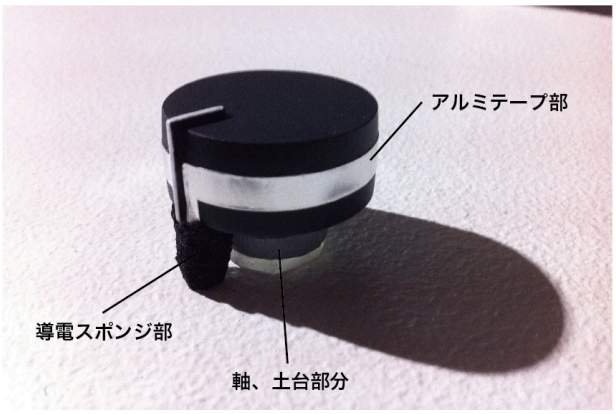

図4　つまみ型操作部 外観

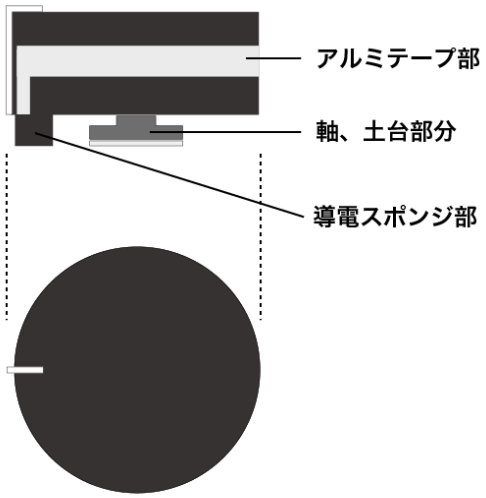

図5　つまみ型操作部 構成

今回，この土台部分を２種類作成している．２種類の構造の違いを図６に示す．１つ目は軸となる土台部分を画面に接着し，固定するタイプ．こちらは画面右上のすべてのインジケータ、ライトに対して一度に操作できる丸印に使われている．２つ目が底にシリコンゴムを貼り，接着はせずにある程度すべらないように固定できるタイプ．こちらは、接着せずに貼ってはがせるため，下部の丸印に対して，体験者が操作したい印に合わせて，このつまみ型操作部を移動させることができる．吸盤や粘着テープによる固定も考えられたが，位置を変えることで操作対象を変えるというインタラクションをスムーズに行ってほしいため，デバイスの位置を簡単に移動できるように，このような固定方法を採用した．

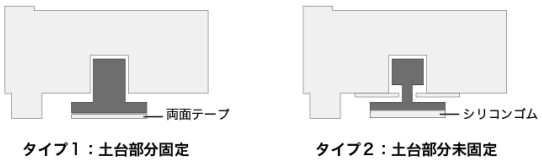

図6 制作した 2 種類のタイプの構成の違い

導電スポンジはやわらかく、iPad2 の画面を傷つける心配がないため使用している．直径５mm 程度の円形に切り出し，土台部分の高さにあわせ，タッチパネルに接触するように調節している．導電スポンジだけでは強度が足りず，制作途中でとれてしまったため，中に芯材として直径３mm の丸プラ棒を通している．

4. 意見と議論

今回制作したプロトタイプは，東京デザイナーズウィーク 2011(2011/11/2-6 東京)，NODE.WORKSHOP SHOW CASE(2011/11/12-13 名古屋)，MAKE TOKYO MEETING 07(2011/12/3-4 東京)にて展示を行った．一般の来場者に実際に体験してもらい，その場でのヒアリングを通じて得られた意見をもとに考察する．

タッチパネルのインタフェースに対して触覚的なフィードバックが得られないという問題意識に対して，特に DJ や音楽に携わる人からの反響があった(十数名)．音楽の演奏や操作においてタッチパネルのインタフェースは細かい微調整が効きにくい等の問題があった．複数のパラメーターを同時に操作するのにも，手ともを確認しなければいけないのはプレイの妨げになる．また，既存の midi コントローラーや機材はコストがかかるため，本研究の成果を安価に提供できれば、音楽プレーヤーの幅を拡げることに繋がるのではないかと考える．

手元を見ない操作について，車のインテリアデザイナーの方より車のインタフェースに使えるのではないかという意見があった．車のエアコンや音楽プレーヤーなどにタッチパネルディスプレイを使用するのはインテリアをシンプルにするために有効だと考えるが，運転中，そちらの操作に注視してしまう可能性があり，安全性に問題がある．通常はタッチパネルだが，必要に応じて触知認知可能なインタフェースを追加することができれば，このような場面でも有効になるのではないかと考える．また，操作部の取り付け位置を変えることでインタフェースのレイアウトの変更ができれば，自分好みにカスタマイズでき，個人個人に合ったインタフェースを提供できるのではないかと考える．

固定方法について，制作段階ではシリコンゴムだけでも十分に固定ができたが，展示で長時間使用していると，表面に埃が付き，次第に固定することが困難になった．今回は簡単に位置を変えることができることを優先しこのような実装になったが，実際の使用に耐えるものを作るには固定方法の検証が必要である．

来場者の中にはおそるおそるつまみに触れるため，側面中央に貼られた導電テープに指が届かず，動作しないということがあった．貼り付け位置を変える，もっと広い範囲に貼る等改良の必要がある．

体験者の中には，つまみを触っているときも画面内のインジケータしか見ておらず，照明が調光されていることに気付かない人もいた．会場が明るかったため照明の明るさの変化が見にくかったこともあるが，手元を見ないで操作してもらうように誘導する必要があった．

つまみ型操作部は実際のボリュームつまみに似せて手作りしたものなので，持った質感が軽い，まわしたときの抵抗のかかり具合が本物とは違い，操作に違和感があるという意見があった．ネガティブな意見ではあるが，このプロトタイプを体験した結果として，身体的なフィードバックを得ていると言える．デバイスの作りをより精度の高いものにしていくことで，ここで得られる体験が，従来のタッチパネルだけでは得られないものになるようにしたい．

5. まとめ

5.1 おわりに

タッチパネルディスプレイを搭載したタブレット端末の普及をうけ，今後さらに使用する場面が増えていくと予想される中で，タッチパネルの操作では身体的なフィードバックを得にくい，手元を見ていないと操作しにくいという問題点をあげ，それの解決として，タッチパネルディスプレイの上にのせるコントロールインタフェースの提案をしてきた．関連研究にあげているようにこれまでも様々に研究されてきているが，タブレット端末やスマートフォンが普及し始めたいまだからこそ，このような問題が具体的に意識され，ここからインタフェースを考えることが，使用するシーンの幅を広げることになるのではないかと考える．

今回は最初のプロトタイプとして，アプリケーションはシンプルなものにとどまっているが，実際にインタフェースを iPad2 の上にのせ，それがコントローラーになるところまで実装した．展示を通して，様々な

人に触ってもらい，改善点や使用シーンを想定することができた．しかし，定量的な調査，ユーザーテストを行った結果ではないので，これからの課題としたい．

5.2　今後の展望

今回のプロトタイプはまわすタイプのつまみ型のみ制作したが，手の静電を伝える仕組みはできたので，他の種類のインタフェースも作ることを考えている．例えばスライダやボタンが考えられる．また，これら複数のインタフェースを組み合わせて使えるアプリケーションを提案したい．

また，今回は丸の位置に操作部を合わせてもらわないと動作しない．どこに置いても置いた位置に入力を読み取る領域が生成され，自由にレイアウトを変えられる機能を実装していきたい．

今回は制作したインタフェースに電子的な仕掛けはない．今後必要に応じて，インタフェース側にもコンピュータを組み込みデバイス化することで，種類に応じた反応の変化や個体識別など，より高度なやりとりができると考えている．

制作したアプリケーションは照明を操作するだけのシンプルなもので，目的にあげている実社会で使っていけるような提案にはなっていない．今後，どのような場面で本研究の提案が有効かを検証しつつ，制作を進めたい．

参　考　文　献

1) 森栄二郎，池田卓郎 SONY Creative Center: Synthsizer，(2005), http://www.sony.co.jp/Fun/design/activity/concept/interaction/project03/index.html
2) Malte Weiss, James D. Hollan, and Jan Borchers: Augmenting Interactive Tabletops with Translucent Tangible Controls. In Tabletops - Horizontal Interactive Displays, Human Computer Interaction Series, chapter 7，pp.157-180. (2010).
3) 小林茂:Spinner: 再構成可能なユーザーインタフェースへのシンプルなアプローチ．情報処理学会研究報告.[音楽情報科学]，129，pp.1-6，(2005).