

## ユーザ構築型インタフェースに関する一検討

吉田 愛<sup>\*1</sup> 伊藤 雄一<sup>\*1</sup> 小池 季<sup>\*1</sup> 岸野 文郎<sup>\*1</sup>

### A Study for Re-configurable User Interface

Ai Yoshida<sup>\*1</sup>, Yuichi Itoh<sup>\*1</sup>, Minori Koike<sup>\*1</sup> and Fumio Kishino<sup>\*1</sup>

**Abstract** - It is difficult to change hardware constitution of the conventional user interface depending on each application, because it is designed for general purpose. Therefore, in this paper, we suggest a system with which users can construct their original interface as they like. In this system, we utilize magnets to constitute user's own interface. When a user places an input or output device on the special board, the device is connected by magnet and the board starts to supply the electric power to it. Then the information managing module begins to communicate with the connected device and obtains device's ID and information. By utilizing input/output functions equipped with the connected devices, user can interact with her/his own constituted user interface very intuitively and easily.

**Keywords**: tangible, re-configurable, magnet, detect position, ubiquitous computing

#### 1. はじめに

従来のユーザインタフェースは、一般化した機能設計になっているため、アプリケーションに応じてハードウェア構成を変更することは難しい。そこで、本稿では、実物体を用いて容易にユーザが独自のインタフェースを構築するためのシステムを提案する。従来提案されてきた同様の研究として、接続面に導電性布を用いた Pin&Play<sup>[1]</sup>があるが、このインタフェースにおける大きな問題点としては、

- ・ 針による接続のため接続強度が弱い
- ・ 接続されたデバイスの位置の検出ができない

といったものが挙げられる。接続強度が弱ければ、利用できるデバイスの種類が限定され、ユーザが使いたいデバイスが制限されてしまう恐れがある。また室内の壁のような垂直面や天井のような逆さまの面では、接続強度が足りずに落下する危険があったり、電源線や通信線の接続が不安定になったりするなど、接続面にも制限が加わってしまう。さらに、接続されたデバイスの位置の検出ができなければ、PC の GUI 上でデバイスに機能を付加する際に、ユーザが自ら GUI 上にデバイスのアイコンを配置しなければならなかったり、家の中の離れた場所で使用することを考えた際に、どこで何のデバイスが使われているのかを容易に把握することができなくなった恐れがある。そこで、今回我々が提案するシステムでは、これらの問題点を解決し、拡張性の高いインタフェースを構築する。提案するシステムは、磁石を接続端子として使い、入出力デバイスを基板に乗せると即座に電源が供給され、位置・ID を検出し、それらの情報を用いてコンテンツを操作可能なものである。

#### 2. 関連研究

##### 2.1 タンジブルユーザインタフェース

コンピュータの飛躍的な進歩により、個人の所有するコンピュータでも高度なグラフィックを表示することが可能となっている。その中で、仮想空間内の物体に対し実空間内の物体を割り当て、物理的なアイコン(phicon)を操作することにより、同時に仮想空間内の物体を操作するといったタンジブルユーザインタフェース(TUI)の研究が進んでいる<sup>[2][6]</sup>。「タンジブル」とは、「実体のある」という意味を持ち、TUI は仮想空間内の情報を実空間の物体によって直接操作することで、仮想空間との直感的なインタラクションを実現したものである。この研究の中心には、MIT の石井らによって提案された「タンジブル・ビット」という考え方がある<sup>[3]</sup>。これは、デジタルで構成されたコンピュータ内のビット情報を実物体とリンクさせることにより、実空間と仮想空間との間にある境界を取り払おうとする試みであり、実空間のアフォーダンスを最大限に利用することで、人間と情報とのシームレスなインタラクションの実現を目指している。MIT メディアラボの Tangible Media Group では、タンジブル・ビットの考えに基づいて、離れた場所でも触覚を伝えることができる inTouch<sup>[5]</sup>や、キャップを外すと音楽や天気予報を聞くことができる musicBottles<sup>[6]</sup>など、デジタル化された情報を可触化、可視化するための様々な TUI が研究されている。

##### 2.2 ユーザ構築型インタフェース

2.1 節で述べたようなタンジブルインタフェースでは、操作対象が実物体であるため、GUI という仮想空間で実現可能な操作対象の汎用性や変性は損なわれてしまう。つまり、特定のアプリケーションのためにデザインされた物理オブジェクトを他の目的に転用することは難しい。そこで、ユーザが望む機能を加えることができ、望まな

\*1: 大阪大学 大学院情報科学研究科

\*1: Graduate School of Information Science and Technology,  
Osaka University

い機能は除くといった、ユーザ自身が実物体を用いてインタフェースを構築できるユーザ構築型インタフェースの研究が行われつつある<sup>[1], [7], [11]</sup>。

Laerhoven らの Pin&Play<sup>[1]</sup>では、薄い布状の導電性素材を絶縁体によって挟み込むことで、面状の通信線を構成している。この通信線に2つの端子をもつピン型のデバイスを刺し込むことで、それぞれの端子が各導電層と接続し、ネットワークと電源が供給される。ピン型のデバイスは一意な ID を持ち、また入出力装置が装備されている。ユーザは複数のデバイスを組み合わせてユーザ自身のためのインタフェースを構築する。このシステムは建物全体の壁をインタフェースの構築対象と出来、デザイン面で高い自由度を持っているが、ピン型デバイスの位置情報の検出にはカメラを使用している<sup>[7]</sup>。デバイスはスイッチやスライダといった部品部分の他に LED を備えており、LED が一定時間点灯しているところをカメラで撮影し、位置を検出している。しかし、外界の光や照明条件などの影響を受けやすいことや遮蔽物なども考慮しなければならないといった問題がある。また、Hartmann らによる d.tools<sup>[8]</sup>は、デジカメなどコンピュータを使った新しいデバイスのプロトタイプ作成を簡単化している。小型ハードウェア端末は開発がハードウェアデザイン、ソフトウェアデザインにまたがるため、開発初期段階でのデザイン検証が難しい。そこで、design, test, analysis の3つのフェーズに分けてハードウェアのプロトタイプを開発するための支援ツールを提案している。戸田らの TextileNet<sup>[9]</sup>は、衣服や壁面は平面で、表と裏の2面があることに着目し、その表裏を導電性布とすることで2面の平面電極とし、任意の位置に装着されたデバイスへの電力供給と相互通信を行っている。デバイスはピンバッジのように差し込むことで実装が完了する。このシステムでは、独自の電源・信号重畳方式を用いて通信を行っているが、位置の検出はできない。

### 3. 位置検出可能なユーザ構築型インタフェースの提案

#### 3.1 ハードウェアの基本構成

図1に、提案するインタフェースのハードウェアの概念図を示す。ハードウェアは大きく分けて、位置検出モジュールと情報管理モジュールから構成される。位置検出モジュールは、8×8の64点の接続端子を持つデバイス接続用基板を接続端子数を4×4の16点ずつに4分割した箇所それぞれに配線され、基板にデバイスが載せられるとその箇所に適した位置検出モジュールがデバイスの位置を検出し、情報管理モジュールの要求に応じてその位置データを送信する。情報管理モジュールでは、上記4つの位置検出モジュールの位置情報をI2C通信によって収集する。また、基板上のデバイスのID情報を定期的にポーリングすることで取得し、その情報を位置情報と組み合わせることで、基板上のどの部分にどのようなデバイスが載っているのかを判断する。そして、これらの情報をUSB通信によってPCへと送信する。さらに、

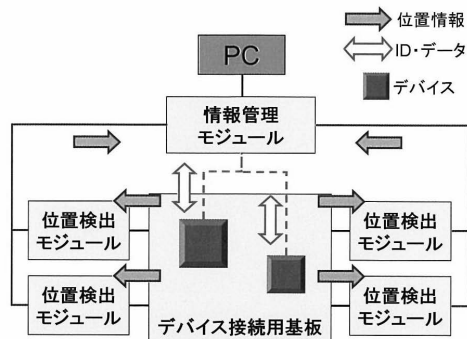


図1：ハードウェアの基本構成

Fig 1. constitution of the hardware

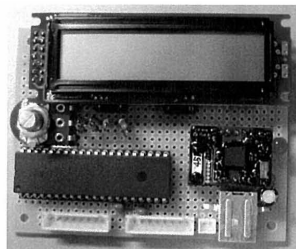


図2：情報管理モジュール

Fig 2. information management module

情報管理モジュールはPCからの要求に応じて、基板上の入力デバイスの値の取得や、出力デバイスに文字表示などを出力するための通信も行っている。

#### 3.2 位置検出モジュール

位置検出モジュールは、ユーザが使用したいデバイスを搭載するための基板と、デバイス固定用のマトリクス状に配置された磁石の土台、基板のどこにデバイスが接続されたかを検知するための回路から構成されている。今回実装した位置検出機能は、リング型の磁石をマトリクス状に配置することで実現している。8×8のマトリクス状にリング型の磁石を配置し、中心には電気を通すが非磁性体であるステンレスの棒を通す。また、基板にもマトリクス状の磁石の位置と同じ場所に8×8の穴を開け、カシメで上下が導通するようにしておく。こうすることで、デバイスが基板上に載せられると、デバイス側に取り付けられている磁石と引き合い、強度の高い接続が行える。また、磁石が引き寄せあった部分だけが導通し、デバイスに電力が供給される。つまり、磁石は電源供給を行うスイッチの役割も担っている。この方法によって、ユーザがインタフェースを構築する際に、自由に基板上を滑らせながらデバイスを配置することが出来る。

また、この基板は電力を供給するだけでなく、位置を検出するために位置検出用モジュール回路のPICに接続されており、基板にデバイスが載せられ電力が供給されると、同時にモジュール上のPICに対してVcc (H) か

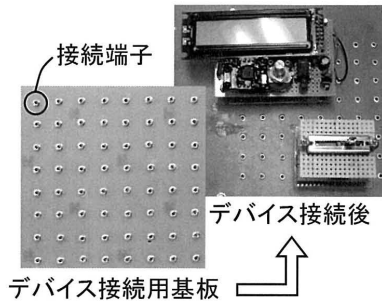


図 3：デバイス接続用基板

Fig 3. board

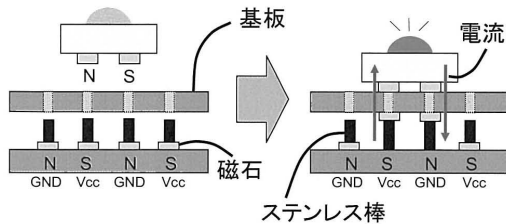


図 4：接続部の概略図

Fig 4. board and device connector

GND (L) の入力が入る。PIC は常にその入力を監視しており、デバイスが基板上のどの位置に配置されたのかが検出することができる。

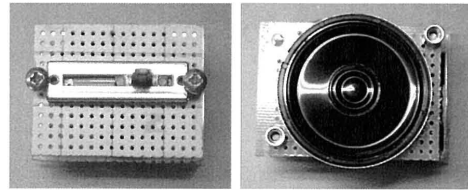
### 3.3 情報管理モジュール

情報管理モジュールの役割として、4 つの位置検出モジュールが収集した位置情報を管理すること、基板に接続されたデバイスの ID を検出すること、PC と通信してデバイスの情報と入出力デバイスへの制御命令をやり取りすることが挙げられる。

まず、情報管理モジュールは、4 つの位置検出モジュールに対して定期的にポーリングし、基板上のデバイスの位置情報を I2C 通信によって収集し、時間順に保持する。一方でこのモジュールは、基板上のデバイスと ZigBee による無線通信を行い、そのデバイスの ID を直接取得する。取得したデータは、取得した時間によってデバイスの位置情報と組み合わせ、どの位置にどのデバイスが接続されているかを判断する。さらに、情報管理モジュールはデバイスと通信するだけでなく、PC と USB によって通信し、デバイスの位置情報、ID 情報を送信する。また PC からの要求に応じて、接続されている入力デバイスの情報を取得して送信したり、PC からデータを受信して、そのデータを接続されている出力デバイスに表示するなどの機能を持っている。

### 3.4 入出力デバイス

本節では、今回実装した入出力デバイスについて述べる。今回は、アナログ値入力可能な入力デバイスとしてスライダ、出力デバイスとしてスピーカと液晶表示器を実装した。

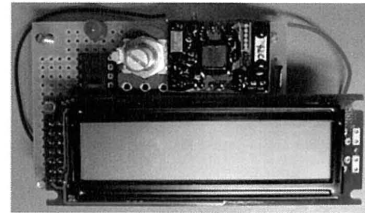


(a) スライダ

(b) スピーカ

(a) slider

(b) speaker



(c) 液晶表示器

(c) liquid crystal display

図 5：入出力デバイス

Fig 5. Input and Output devices

まず、アナログ入力デバイスであるスライダは、入力レベルをレバーによって動的に調節できるため、音楽再生時のボリューム調節や画像のスライドショーを行う際のスクロールバーなどに使用できる。スライダから読み込まれたデータは情報管理モジュールに送られ、さらにホストが PC に送られる。次に、出力デバイスとして実装した液晶表示器として、文字や記号を 16 文字×2 行表示可能なものを使用した。液晶表示器はメッセージを表示するだけでなく、演奏中の音楽のタイトルを表示したり、時刻や温度など PC が管理しているデータを表示したりするなど様々な場面で使用できる。また、もう一つの出力デバイスであるスピーカは、時報やセンサなどと連携させたブザーとして使用できる。これらの出力デバイスは PC から送られてきたデータを情報管理モジュールを介して受け取り出力する。これらを用いて、デバイス同士のインタラクションを行うことが可能である。他にも、本インタフェースにおいて様々なインタラクションを想定したデバイスとして、入力機能としてボタン、マイク、超音波や照度のセンサなど、出力機能として LED、小型ディスプレイなどを実装中である。マイクは音声の録音を行うことに使用でき、PC でデータ管理を行えるため、例えば、ホームオートメーション化した宅内の 1 階で録音された音声 が 2 階にいる他の誰かが基板にスピーカ接続すればその音声を聞くことができる。各種センサはインタフェースの周囲の状況を PC で確認することが可能になる。LED はいくつか並べておき、点灯方法を工夫し、他の場所からデータを送ることで簡単なサインを作ることができる。小型ディスプレイは様々な画像を映し出すことが可能であり、画像編集や動画編集などのマルチメディアコンテンツの操作を行うために用い

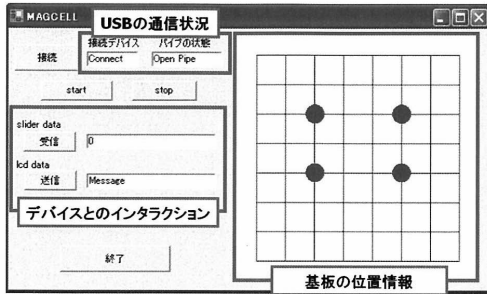


図 6：ソフトウェア  
Fig 6. Software

られることを想定している。

### 3.5 ソフトウェア

本節では、PC 側のソフトウェアについて述べる。ユーザは自分が接続した基板上のデバイスの様子を図 6 のような GUI によって確認することができる。まず、情報管理モジュールに電源を供給すると、PC から情報管理モジュールが USB デバイスとして認識される。正しく認識された後に画面左上の接続ボタンを押すと、PC と情報管理モジュール間で通信が始まる。そして、通信開始後に start ボタンを押すことで基板の位置・ID 情報を情報管理モジュールが送信し始める。基板にデバイスが接続され、その位置と ID が検出されると、その様子が画面右側の基板の位置情報表示部分に反映される。ID が認識されていないデバイスについては何かが接続されているという情報だけが赤丸で表示される。ID が認識され位置情報と組み合わせられたデバイスは、それぞれ ID に応じた色で表示される。これによって、ユーザはどこに何が接続されているかということを視覚的に確認することができる。

### 4. おわりに

本稿ではユーザが独自のインタフェースを構築するためのユーザ構築型インタフェースについて提案し、プロトタイプを実装した。

提案システムでは、ユーザが配置した入出力デバイスの位置と ID をリアルタイムに検出し、さらにデバイスと通信することで容易にデバイスに機能を付加できる。位置検出は磁石を用いてデバイスの接続と同時にスイッチが入る機構とし、その入力を PIC で検知することで実現した。また、ID の取得やデバイスとの通信は Zigbee による無線通信によって実現した。

今後の課題としては、現状では基板は 8×8 の大きさであるが、これをより拡大して机や室内の壁一面の大きさにできるように、基板の接続機能についても検討を行う。そして、より多用途なユーザの要求に応えるために、小型の液晶や音楽プレイヤーなどのマルチメディアコンテンツを扱える入出力デバイスの実装を行う予定である。また、評価実験を通してユーザビリティなどについても検討を進める。

### 参考文献

- [1] Laerhoven, K. V., Schmidt, A., Gellersen, H.: Pin&Play: Networking Objects through Pins; In *Proc. of Ubicomp 2002*, Gothenburg, pp. 219-229 (2002).
- [2] Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., Buxton, W.: Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces; In *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '95)*, pp. 442-449 (1995).
- [3] Ishii, H., Ullmer, B.: Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms; In *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*, pp. 234-241 (1997).
- [4] Ullmer, B., Ishii, H., Jacob, R. J. K.: Token+constraint systems for tangible interaction with digital information; *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 12, No. 1, pp. 81-118 (2005).
- [5] Brave, S., Ishii, H., Dahley, A.: Tangible interfaces for remote collaboration and communication; In *Proc. of Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '98)*, pp. 169-178 (1998).
- [6] Ishii, H., Mazalek, A., Lee, J.: Bottles as a minimal interface to access digital information; In *Extended Abstracts of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '01)*, pp. 187-188 (2001).
- [7] 岸野, 寺田, Villar, N., Gellersen, H-W., 西尾: 壁面を利用したピン型入出力デバイスのためのカメラを用いた位置検出手法; 情報処理学会研究報告(ユビキタスコンピューティングシステム研究会 UBI), Vol. 2005, No. 28, pp. 147-154 (2005).
- [8] Hartmann, B., Klemmer, S. R., Bernstein, M., Abdulla, L., Burr, B., Robinson-Mosher, A., Gee, J.: Reflective physical prototyping through integrated design, test, and analysis; In *Proc. of Symposium on User Interface Software and Technology (UIST' 06)*, pp. 299-308 (2006).
- [9] 戸田, 秋田, 櫻沢, 岩田: 導電性布を用いたウェアラブルネットワーク環境とその応用; ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 9, No. 48, pp. 37-42 (2007).
- [10] Lifton, J., Seetharam, D., Broxton, M., Paradiso, J.: Pushpin computing system overview: a platform for distributed, embedded, ubiquitous Sensor Networks; In *Proc. of International Conference on Pervasive Computing (Pervasive' 02)*, pp. 139-151 (2002).
- [11] 西沢, 鞍掛, 南, 森川, 青山: 磁気的手法を用いた位置・方向検出機能統合型面状通信システムの設計と実装; 情報処理学会研究報告(ユビキタスコンピューティングシステム研究会 UBI), Vol. 2005, No. 107, pp. 33-40 (2005).