

インタラクティブボードとユビキタス空間の協調

Integration of Interactive Board and Ubiquitous Space

常盤拓司^{*1*2}
Takuji Tokiwa

楠房子^{*3}
Fusako Kusunoki

矢入 (江口) 郁子^{*4}
Ikuko Eguchi Yairi

西村拓一^{*1}
Takuichi Nishimura

岩竹徹^{*2}
Toru Iwatake

^{*1} 産業技術総合研究所
National Institution of Advanced Industrial
Science and Technology

^{*2} 慶應義塾大学
Keio University

^{*3} 多摩美術大学
Tama Art University

^{*4} 情報通信研究機構
National Institution of Information and
Communications Technology

In this article, there are written that, application systems and contents that realized by CoBIT (Compact Batter-less Information Terminal) system, and possibilities of integration of these. CoBIT system presents auditory information by simple mechanism, and realize various functions by combining with various sensor systems such as ID sensor, video camera, etc. In case of ubiquitous space is realized by various sensors installed with high density, and presents information for each user in the space. In case of interactive board, interactions for each user inputs are presented at once, on the board on which many sensors were built in. Both ubiquitous space and interaction board realize the idea which is location based information presentation on the different scale. And we think that the integration of interactive board and ubiquitous space has many possibilities.

1. はじめに

情報支援が浸透し必要なコンピューティングがその時その場所で容易に手に入るような社会、ユビキタス社会が実現されると、ユーザはさまざまなインターフェースを介して情報の入出力を行うだろう。その際、画一化されたインターフェースだけではなく、その場に最適化され、効果的な情報の入出力が可能となるインターフェースが求められる。このようなインターフェースは、単に情報の入出力が容易になるだけではなく、情報の入出力行為そのものを効果的に演出し、ユーザに新しい発見を提供することを可能にする。その際、重要となるのは、基本的な機能は同一でも多様なデザインを可能とする端末の仕組みと、必要に応じて機能を組み合わせることが出来るセンサシステムなどの環境側の仕組みである。ユビキタス空間はこれらが組み合わせることによって実現される。ユビキタス空間について定義を行う。本稿では、ユビキタス空間を、各種センサを介してユーザの要求を検出し、オンデマンドに情報を提供するシステムが偏在する空間とする。ユビキタス空間が実現されると、ユーザの位置や行動を、環境に設置された多種多様なセンサ群で検出し、ユーザの要求に応じて情報を提示することが出来るようになる。

現在、このようなユビキタス空間の利用方法として、情報支援が注目されている。そこで我々はこれまでに、イベントという特殊な状況における情報支援を想定し、CoBIT (Compact Batter-less Information Terminal) システム[西村 2003]や ID システム[中村 2003]やカメラを空間に効果的に配置することでユビキタス空間を構築し、その中で情報支援を行う仕組みを実現し JSAI2003 において実施した。[宮

崎 2003]

しかし、ユビキタス空間は、さまざまな機能の集合したものであって、その利用方法は情報支援にとどまるものではない。CoBIT システム単体に注目すると、端末を装着したユーザに対してのみ、ユーザの位置と方向に基づいて音を提示することが出来る。これは、情報提示のための仕組みとしてとらえることが出来る一方、新しい音環境と言うことも出来る。また、カメラによるジェスチャーの検出によって、ユーザからの情報入力を実現されるということは、ユーザの入力に基づくインタラクティブな表現が可能となる。さらに、多数のカメラで多方向から同時に検出することで、より複雑なジェスチャーに対応可能となる。ユビキタス環境を実現するための ID 受信システムは、ユーザに対して個別 ID に基づくオンデマンドな情報提示が実現できる。オンデマンドな情報提示の利用の可能性は情報支援や学習支援のような実用目的のためのコンテンツにとどまらず、芸術的なもの、エンターテインメント的な要素の強いものを含むことが出来る。

我々はこのような観点から、これまでイベント空間情報支援プロジェクトにおいて、イベント会場という広い空間に多数のセンサシステムを配置し、来場者が身につけた端末 ID と位置情報を取得し、それらに基づく情報提示を実現した。また、位置に基づき音声情報を提示したり、ユーザの ID を取得したりすることが出来る、CoBIT システムがもつ機能や特徴を応用した、新しい学習支援コンテンツやインタラクティブアート作品、サウンドアート作品などを提案してきた。

一方、我々は、対面型で作業をおこなうためのインターフェースとして、ボードゲームの持つ特徴に着目し、電子的にエンハンスされたボードであるセンサーボードシステムを開発した[楠 2000]。センサーボードシステムは、ボード上の多種かつ多数のコマを高速に認識するという要求を満足するために、RFID 技術を用い、データ通信処理技術を新たに工夫することにより実現された。センサーボード

連絡先：常盤拓司，産業技術総合研究所サイバーアシスト
研究センタ，135-0064 江東区青海 2-41-6，電話 03-
3599-8214，Fax 03-5530-2067，tokiwa@carc.aist.go.jp

システムを用いたアプリケーションとして、我々の研究グループでは、このデバイスをエンターテインメントや、グループ活動や協調学習支援一般に応用するための研究を行っている。その結果、共同で作業を行う場合の俯瞰する画面に音声を加えることは非常に重要であるという知見を得ている。すでに、視覚情報の提示では、各ユーザが見るユーザ近傍の画面領域を分けて、情報支援する研究がなされている。しかし、聴覚情報のフィードバックはスピーカを用いて全員に共通の音声を提供する研究しかなされていない。そこで、我々は、個別に各ユーザがタッチした画面に関する音声を提供するために、CoBIT システムによって、センサーボードの上面のみを音声を提示するサウンドテーブルシステム[常盤 2003]と、動画を表示できる画面の各点、各領域から異なる音声を発信する MultiAudable インターフェースを提案している[楠 2004]。本稿ではこれらを総称してインタラクティブボードと呼ぶ。

インタラクティブボード上に提示される情報は仮想空間やゲームなどさまざまなものがあり得る。その中には、イベント空間のようなユビキタス空間の情報も含まれる。ユビキタス空間のインターフェースとしてインタラクティブボードを捕らえた場合、センサによって得られた各種の情報をインタラクティブボード上に効果的に提示し、ユーザはそれを俯瞰しながら、ユビキタス空間に提示する情報の操作を行うことが可能となる。また、ユビキタス空間の中にいると分からないような情報を効果的に提示したり、CoBIT システムのような特定の場所にだけ情報を提示する仕組みを制御したりすることも出来る。

本稿では、我々の行ってきた取り組みについてまとめ、CoBIT システムやセンサ技術の応用によって実現されるユビキタス空間の新たな応用の可能性について述べる。続く第 2 章において本発表の背景について、第 3 章において CoBIT を用いた各種システムの事例を示す。そして最後に本稿のまとめとして、インタラクティブボードとユビキタス空間の協調による効果と可能性について述べる。

2. 背景

本章では、従来から我々が提案してきた CoBIT システムについて述べる。CoBIT システムは環境やユーザが提供するエネルギーのみで駆動し、ユーザと環境側の装置との間で情報の送受信を実現する小型かつ安価で、無電源で動作する通信端末である。情報支援システムの中にあつて、情報通信端末が小型かつ安価であることは、それが普及する上で極めて重要である。また、無電源化、つまりバッテリーのメンテナンスを一切必要としないことも望ましい。少なくとも数年以上無電源で稼働することが、腕時計のように多くの層に浸透する条件とも言えるからである。我々はこのような要求を満たす無電源小型通信端末 CoBIT を開発した。図 1 に CoBIT を示す。最もシンプルな CoBIT 端末

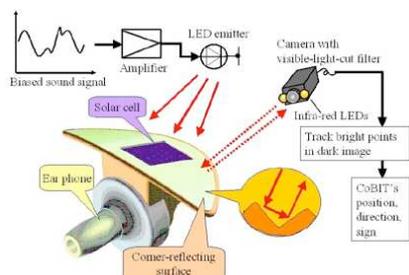


図 1 : CoBIT システム

は太陽電池パネルおよびイヤホンで構成され、必要に応じて反射シートや RFID タグなどが加わる。太陽電池パネルおよびイヤホンは、環境側からユーザへの情報のダウンロードに利用される。反射シートは、ユーザから環境側への情報のアップロードとユーザの位置・方向の推定に利用される。この反射シートにはコーナーキューブを利用しているため、乱反射が抑制されたノイズが少ない画像が得られる。RFID タグは、ユーザの識別を行う際に用いる。どの構成要素も小型かつ安価であるため、CoBIT 端末は低価格で製作することができる。

CoBIT システムの音のダウンロードの原理について述べる。CoBIT 端末への音のダウンロードにはビーム光を利用する。環境側の装置は、音の波形を小規模のバッジ回路を通して強度変調し、それを赤外光などのビーム光に載せて照射する。CoBIT 端末は、その光を太陽電池などの光電変換素子で受けて電力を取り出す。この電力は音の波形を基に変調されているため、そのままイヤホンを駆動することによって音をユーザに伝えることができる。したがって、バッテリーなどの電源は端末には不要である。また、光を利用しているため、電波の利用が制限されている病院や電波観測所、飛行機内などの施設での利用が可能である。光源に指向性の高いビーム光を用いることによって空間中の特定の位置で特定の方向を向けた端末に対してのみ情報を提供することが出来る。これにより、ユーザは CoBIT 端末のイヤホン部を直接耳にはめて利用することで位置と方向に基づいて音による情報支援を受けることが出来る。

CoBIT 端末は最もシンプルな実装の場合、小型の太陽電池とイヤホンのみで構成される。このシンプルな装置構成は、高い耐久性と同時に、汎用性や音質、アップロードなどの使用目的に応じたデザインを可能とする。また環境システムから提示される赤外線ビームは強い指向性をもつことから、設置場所や方向の調整、鏡やフィルタの利用などによって、照射範囲を容易に制御することが出来る。これらの特長を活用することで、机の上のような限定された範囲に音の空間を作り出したり、数センチ程度の範囲に音を埋め込んだりすることが可能となる。これらの特長を用いたシステムについては次章において述べる。

3. CoBIT を用いた各種システム

CoBIT の使用目的に応じたデザインの自由度と、さまざまな装置との組み合わせによる機能実現の考え方は、空間の特長に最適化された情報の入出力を実現する。そこで、本章では、我々がこれまで取り組んできた CoBIT を応用し、実現したシステムについて述べる。

(1) イベント空間情報支援プロジェクト

イベント空間とは、ある限定期間、現実世界の限定空間において高い密度でコンテンツを有し、多人数が集まる空間と定義する。また、コンテンツは、イベントの時空間に存在する物品（展覧会の展示物など）や人物（コンサートの歌手や参加者そのものなど）であり、それぞれ時間と空間に依存して変化する。イベント空間には、様々なコンテンツの提示サービスだけでなく加工・融合サービスが存在する。このような多様なサービスを統合的に提供するのがイベント空間への情報支援である。

JSAI2003 において構築したシステムでは、CoBIT 端末（図 2）を 400 個用意した。受付において貸し出す際、予め DB に登録した大会参加用の氏名、所属等と照合して、

各 CoBIT 端末のユーザを同定した。各 CoBIT 端末は会場に配置したセンサによって位置を取得し、キオスク端末及び会場のローカルネットワーク上でサービスを提供した。



図 2 : イベント空間情報支援で使用した CoBIT 端末

(2) インタラクティブボード

イベント空間情報支援における CoBIT システムの利用方法の場合、ID 発信機能とそれに基づく情報支援サービスに重きが置かれていた。その一方で、ダウンロードの機能に注目した場合、CoBIT 端末の形状の自由度の高さがもたらす効能として、従来手法では実現不可能な空間への音の提示を挙げることが出来る。

サウンドテーブル (図 3 左) は、RFID センサーボードと小型無電源情報端末 CoBIT を用いて、ボード上に置かれた物体の位置に基づいて、音をボード上に提示するコンテンツで、NTT インターコミュニケーションセンターにおいて開催された展覧会「記録と表現—アーカイヴを作る、使う」で展示された。

サウンドテーブルでは、CoBIT 端末をコマとして用いる。コマには赤外ビームを受信するための太陽電池が格納される。太陽電池にはヘッドフォンが接続される (図 3 右)。赤外ビームをボードの周囲に設置された CoBIT 光源からボード上のみ提示することで、客観的な操作と同時に、聴覚的にボード上の空間に入り込み、ボード上の空間を動き回る感覚が実現される。その結果、ボード上のコマの位置と方向に基づく情報提示が実現される。

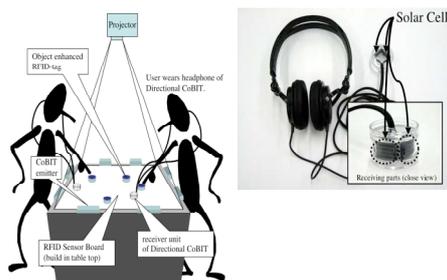


図 3 : サウンドテーブルのイメージ (左) と端



図 4 : MultiAudable のイメージ (左) と端末 (右)

一方、サウンドテーブルが、ボード上の空間全域に対して、音を提示し、ユーザが端末を動かしてその音の空間の変化を体験するシステムであったのに対して、ボード上の位置に基づいて音声を提示する方法として MultiAudable インターフェースを開発した。MultiAudable インターフェースは個別に各ユーザがタッチした画面に関する音声を提供するために、動画を表示できる画面の各点、各領域から異なる音声を発信する (図 4 左)。

MultiAudable では、ユーザは音の受信に指 CoBIT (図 4 右) を用いる。指 CoBIT は太陽電池を指先に、ヘッドフォンを耳に装着し、太陽電池とヘッドフォンを直結したものである。太陽電池付の指先を移動することでスクリーン上の位置によって異なる音を楽しむことができる。太陽電池は人差し指の指先から若干離して装着するため、指先によるタッチパネル操作が可能となる。CoBIT 光源は、MultiAudable の天板の下に 16 台設置される。収束度の高い赤外ビームを半透明のボードの裏から照射することで、天板上の特定の場所のみ音を埋め込むことが出来る。これによって、位置に基づく個別の情報提示が実現される。

(3) メディアアートコンテンツへの応用

従来の CoBIT システムの利用方法では、ID による端末の個別認識とカメラによるインタラクションで情報のアップロードが実現されてきた。しかし、CoBIT システムを情報の入出力の窓口として考える場合、アップロードとして音声による指示やダウンロードする情報として他所の音声入力を用いるということは十分考えられる。また、ユーザとシステムのインタラクションのみではなく、ユーザ間でのテレプレゼンスによるインタラクションも、情報端末の利用方法として想定される。そこで、複数の CoBIT 端末を接続し、複数のユーザ間で声によるインタラクションを実現するコンテンツ” behind a wall”を制作し、神奈川県民ホールで開催された” SIGMUS コンピュータ音楽シンポジウム 2004”において展示を行った (図 5 左)。

このコンテンツでは、2ヶ所の壁の上方に CoBIT 光源と鋭指向性のマイクロフォンを組み合わせて実現した情報端末を 4 台ずつ設置し、それぞれの壁を一望することの出来る位置にカメラを設置する。これらによって、システムはユーザの立ち位置を検出し、端末の動作開始や停止、ユーザの数や立ち位置に基づくインタラクションの切り換えなどを実現される。ユーザのもつ端末として、新たに受信部にスイッチを組み込み、受信部を壁に当てたときにだけ音声が提示される聴診器型 CoBIT (図 5 右) を開発した。CoBIT 光源は壁の上方に設置され、赤外ビームは壁にそうように照射される。ユーザは聴診器型 CoBIT を壁に押し当てている間だけ、音声を聞くことが出来る。



図 5 : 展示風景, 全体 (左) と聴診器型 CoBIT 使用図 (右)

(4) サウンドアートへの応用

これまでに述べたシステムやコンテンツの場合、ユーザと情報を提示するシステムとが 1 対 1 でオンデマンドなやり取りを行うということが想定されてきた。しかし、実社会において端末が十分に配置されるようになると、ユーザは 1 つの情報提示システムとのやり取りのみではなく、複数の情報提示システムから提示される情報を効率良く受信、選択することが必要となる。それを実現するには、ユーザが、複数の情報端末から発信される情報を同時に受信する仕組みと、それぞれの情報を提示している端末の位置や方向が分かる仕組みである。

そこで、我々はこのような仕組みを実現する方法として、サラウンド CoBIT を開発した[Tokiwa 2004]。サラウンド CoBIT を装着することで、多数の CoBIT 光源によって様々な方向から提示される情報を総合して音場として聞く。同時にそれぞれの情報の方向は音像として分かる。その結果、ユーザは効率よく情報を選択することが出来るようになる(図6左)。

サラウンド CoBIT は端末に、ステレオタイプのヘッドフォンと取り付け位置と角度を工夫した複数枚の太陽電池を用いることで、情報を発信する CoBIT 光源の方向を音像として提示する(図6右)。ユーザはサラウンド CoBIT を装着することで、多数の CoBIT 光源によって様々な方向から提示される情報を総合して音場として聞く。同時にそれぞれの情報の方向は音像として分かる。その結果、ユーザは効率よく情報を選択することが出来るようになる。また同時に、サラウンド CoBIT は従来にない全く新しい音空間の体験をユーザに提供する。このことから、我々はサラウンド CoBIT を用いて音空間コンテンツ「水の相」を制作し日本科学未来館ウォールギャラリーにおいて展示を行った。展示では、緩くカーブする通路状のギャラリーの各所に CoBIT 光源で音声を提示する場所を設定し、サラウンド CoBIT を装着し、ゆっくりギャラリー内を移動する来場者に対して、重なり合ったり、瞬間的に変化したりする音の風景を提示した。

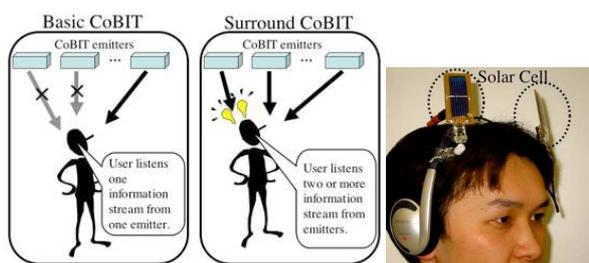


図6：サラウンド CoBIT の概念(左)と端末(右)

4. インタラクティブボードとユビキタス空間の協調効果

本稿では、CoBIT システムのもつ特長を応用して実現された、イベント空間情報支援システムやインタラクティブボードなどのシステムについて述べた。

インタラクティブボードはボード上の小さな空間にコマや指などの位置、方向などに基づいて、ボード上の空間に情報を提示することが出来る。また、ユビキタス空間の場合、多数のセンサが実空間上に配置され、ユーザの ID と位置が検出され、それに基づく情報の提示が実現される。

インタラクティブボードとユビキタス空間では、限定された空間の中での位置や ID に基づいて、その場所に情報を提示するということが共通している。空間という観点に注目するならば、ボード上の空間とユビキタス空間は、センサや情報提示の密度が異なるだけで、一種の相似形をなしている。インタラクティブボードの場合は、ユーザが入り込むことが出来ない程の高密度であるため、ユーザはボード上の空間の外側から操作を行う。一方ユビキタス空間の場合は、ユーザが空間の中で動き回ることが出来る。

将来、ユビキタス社会が実現すると、さまざまな機能を持つユビキタス空間が至る所に実現する。その際、重要となるのは、個々のユビキタス空間の機能だけではなく、さまざまなユビキタス空間がネットワークなどを介して協調する仕組みである。同様の特長をもつ空間同士が接続されることでもたらされる効果がある一方で、異なった特長をもつ空間が接続されることで、さまざまな効果が期待される。例えば、イベント空間情報支援システムとインタラクティブボードを接続、協調させることで、イベント空間の状況をリアルタイムにボード上に提示したり、ボード上から、イベント空間情報支援のシステムを制御したりすることが出来る。イベント空間などでのユーザの行動履歴を記録しておき、後でインタラクティブボード上に、記録された履歴を基に情報を提示したりするなどの利用方法も可能である。また、インタラクティブボード自体をユビキタス空間のシミュレーションシステムとして用いることで、ユビキタス空間の実験を容易に行なうことも出来る。

これらのアイデアを含めて、インタラクティブボードとユビキタス空間が協調することによる効果や可能性については、今後実証システムとその上で動作するアプリケーション、コンテンツを開発し検証を行う。

参考文献

- [西村 2003] 西村拓一, 伊藤日出男, 中村嘉志, 山本吉伸, 中島秀之: 位置に基づくインタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, 2003
- [中村 2003] 中村 嘉志, 西村 拓一, 伊藤 日出男, 中島 秀之: 無電源でユーザ属性と位置を発信する CHOBIT 端末の設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2670-2680, 2003
- [宮崎 2003] 宮崎伸夫, 中村嘉志, 坂本和彌, 本村陽一, 蔵田武志, 伊藤日出男, 西村拓一, 中島秀之, CoBIT を用いた位置に基づく情報支援システムの構築, 情報処理学会研究会報告, 2003-UBI-2, pp31--36, 2003
- [楠 2000] 楠房子, 杉本雅則, 楠爪宏達: 思考の外化を支援することによるグループ学習支援システム 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-DI. No.6, pp.580-587, 2000
- [常盤 2003] 常盤拓司, 楠房子, 西村拓一, 岩竹徹: 小型情報端末 CoBIT と RFID センサーボードを用いた音提示手法, 情報処理学会研究会報告 2003-MUS-52, 2003
- [楠 2004] 楠房子, 矢入郁子, 西村拓一: MultiAudable: 共同作業支援のための個別音声出力可能なインタラクティブテーブル, インタラクティブ 2004 論文集, 2004
- [Tokiwa 2004] T. Tokiwa, S. Tokuhisa, Y. Honna, T. Shinozaki, F. Kusunoki, T. Nishimura, T. Iwatake: Surround CoBIT: A method for presenting auditory information as a virtual acoustic field, IWSAWC2004 Poster Session, 2004