

## 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

常盤拓司<sup>1</sup>, 楠房子<sup>2</sup>, 西村拓一<sup>3</sup>, 岩竹徹<sup>4</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科, <sup>2</sup>多摩美術大学情報デザイン学科,  
<sup>3</sup>産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター, <sup>4</sup>慶應義塾大学環境情報学部

**概要:** 本稿では, 小型無電源情報端末 CoBIT を用いて RFID 技術を用いたセンサーボード上に音の空間を構築するシステムを提案する. このシステムを用いることで, ユーザは視覚的にはボードを俯瞰し, 聴覚はコマを介してボードの上に作り出される音の空間を体験することができるようになる. 今回, このシステムを用いて, ユーザにオルゴールの中にいるような感覚を与えるインタラクティブコンテンツ “sound table” を制作した. そして, 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」において展示を行った.

## Information presentation technique based on position and direction using “CoBIT” and “RFID Sensor Board”

Takuji Tokiwa<sup>1</sup>, Fusako Kusunoki<sup>2</sup>, Takuichi Nishimura<sup>3</sup>, Toru Iwatake<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Keio University Graduate school of Media and Governance, <sup>2</sup>Department of Information Design, Tama Art University, <sup>3</sup>Cyber Assist Research Center, AIST, <sup>4</sup>Keio University Faculty of Environmental Information

**Abstract:** In this paper, we propose the system using CoBIT and RFID Sensor Board for designing sound space. This system provides experiences for users, who could overlook Board and listen the sound space on the Board, through pieces works as CoBIT. We produced "sound table". This is a interactive work which gives it the sense that users are just in the music box. Then, this content is exhibited in “Archive and Representation” held in the NTT Inter Communication Center.

## 1. はじめに

本稿では、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システム“ミニチュアサウンドスケープ”について提案する。

我々はユーザの状況に基づき適切な情報支援を目指し、無電源で位置および向いている方向に応じた情報をインタラクティブに提供する小型情報端末 CoBIT を提案している。[1][2]

小型情報端末 CoBIT は、環境やユーザのエネルギーのみで、インタラクティブ情報支援を実現するシステムである。環境側の装置から音の波形に従って強度変調した光を照射し、CoBIT 内の太陽電池に直結したイヤホンにより無電源音声ダウンロードを実現する。

一方、本稿で用いる RFID 技術を用いたセンサーボードは、協調学習支援を目的に開発されたシステムで、RFID (Radio Frequency Identification) 技術を応用することによって、独自に開発された同時多入力装置である。ボードの表面は基盤の目状になっており、それぞれのます目の内部には RFID アンテナが埋め込まれている。RFID タグを埋め込んだコマをボードの任意のます目に配置すると、そのコマの種類と位置を瞬時に認識することができる。

従来のセンサーボードを用いたコンテンツでは、ユーザの入力に対するインタラクションは映像によるものが中心となっている。映像は、ボードとは別のところに設置されたディスプレイ、またはプロジェクタでボード上に提示される。音が伴う場合、音声ガイドや効果音などの映像によるインタラクションを補助する役割が与えられ、スピーカやヘッドフォンで提示される。プロジェクタで映像を提示する場合、コマの位置に映像を提示することができるのに対して、音の場合、ステレオやサラウンドなどの方法で、音源の方向や距離が仮想的に作り出されるに留まっている。つまり、従来のセンサーボードは、ボードを客観的に上から操作するものであったといえる。

本稿で提案するミニチュアサウンドスケープは、この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を実現させる。これは CoBIT の位置と向きに基づくインタラクティブな情報提示を実現する技術を用いることで実現される新しい空

間である。

今回、このミニチュアサウンドスケープのシステムのプロトタイプを構築し、インタラクティブコンテンツ“sound table”の制作を行った。そして、NTT インターコミュニケーションセンター (ICC) で開催された展覧会「記録と表現—アーカイヴを作る、使う」において展示を行った。

本稿では、以下、第 2 節において背景として、CoBIT とセンサーボードについて触れ、第 3 節でミニチュアサウンドスケープを提案する。第 4 節で今回構築したミニチュアサウンドスケープのシステムと、それを用いたコンテンツ“sound table”について述べる。そして第 5 節、第 6 節でまとめと今後の展望について述べる。

## 2. 本研究の背景

本節では、本稿で提案するミニチュアサウンドスケープのプロトタイプの構成、及び、従来の RFID センサーボードの利用方法について述べる。

### 2.1. 小型情報端末 CoBIT

小型無電源情報端末 CoBIT は、ユーザの状況に基づいた適切な情報支援を目指し無電源で位置および向いている方向に応じた情報をインタラクティブに提供するシステムである。

CoBIT は、環境やユーザのエネルギーのみで動作するシステムである。環境側の CoBIT 光源と呼ばれる装置から音の波形に従って強度変調した光を照射し、CoBIT 内の太陽電池に直結したイヤホンにより無電源音声ダウンロードを実現する。また、CoBIT 上の反射シートの位置を環境側の赤外投光カメラで検出することにより、無電源で位置や向き、合図のアップロードを行う。これにより、ユーザの位置や向き、合図を基に適切な情報を直感的かつ容易な操作でインタラクティブに提供できる。(図 1)

従来、CoBIT は、博物館などの多くのコンテンツを有する空間での情報支援支援を目的としたシステムとして利用されてきた。博物館のシステムでは、ユーザは CoBIT を持って空間内を動き回り、展示物の前などで CoBIT 光源から提示される ID 非依存の情報をインタラクティブに入手することができる。展示物にはそれが観賞される向きによって複数のコンテンツが存在する場合もあるが、ユーザは CoBIT を通じ

て位置だけでなく向きに応じて異なる情報を干渉することなく入手することができる。

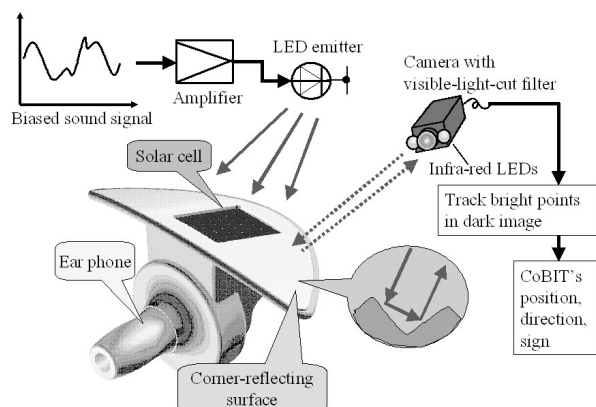


図 1 CoBIT 基本システム

## 2.2. RFID センサーボード

センサーボードは、表面にます目が切れ、それぞれに RFID 読み取りアンテナが埋め込まれたシステムである。RFID の読み取りは、アンテナ毎に行われるため、同時に複数の位置に置かれた RFID タグの情報を読み取ることができる。

最近の同様のシステムとしては、EnhancedDesk や、Senseboard, Sensetable, Audiopad などがある。EnhancedDesk の場合、RFID タグではなく、2次元バーコードが用いられ、読み取りには、ビデオカメラが用いられている。また、Senseboard の場合、タグとして磁気タグが利用されており、ボード型のインターフェースを縦に置くことができるようになっている。Sensetable や Audiopad の場合、センサーボードと同様に、RFID タグが用いられている。Sensetable の場合、ボード上に置く物体に複数の RFID タグを組み込むことで、置かれた物体の向きも取得することができる。また、Audiopad の場合、RFID を組み込んだ複数の物体をボード上で組み合わせて用いることで様々な機能を実現させている。

センサーボードは、これまで学習支援のためのコンテンツで用いられてきた。これまでのコンテンツでは、映像はボード上にプロジェクタで投影するかボードの側に設置されたディスプレイに表示されている。また、音はスピーカやヘッドフォンでユーザーに提示される。

## 3. ミニチュアサウンドスケープ

従来のセンサーボードを用いたコンテンツで、特にプロジェクタが用いられる場合、検出された RFID タグの位置、すなわちボード上の物体の位置に映像が投影される。対して音の場合、スピーカやヘッドフォンでユーザーに提示されるのは、ユーザーから見た音源の向きや距離である。これは、物体に対して投影される映像のように位置要素を音に与えることが難しいためである。

音源の位置を作り出す従来法としては、(1)複数のスピーカやヘッドフォンを用いて仮想的な音源の位置や向きを作り出す方法と、(2)実際に音源をその位置に置く方法がある。

(1)の場合、いわゆるステレオやサラウンドなどの呼び方で呼ばれ、ユーザーの前方や周囲に設置された、2台以上のスピーカから音が提示される。各スピーカから提示される音の音量や位相などを制御することで、仮想的な音源の位置を作り出すことができる。

複数のスピーカを用いた音の提示の特徴として、作り出そうとする音源の位置を正確にするほど、ユーザーの頭の位置や向きなどの、効果に対して及ぼす影響が大きくなることが挙げられる。この影響は頭部伝達関数などを考慮した位相の制御が用いられている場合、特に顕著である。この影響を解決する方法として、ヘッドフォンを用いるという方法がある。ヘッドフォンを用いると頭の位置や向きの影響を軽減することができる。ヘッドフォンを前提とする音源の位置をユーザーに提示する方法として、バイノーラル録音技術がある。バイノーラルはダミーヘッドマイクロフォンを用い、録音ソースに両耳聴差の要素を物理的にあたえた状態で録音する方法である。

これらの方法は、映画を鑑賞する際、ディスプレイとユーザーの位置関係がある程度固定されている場合は有効である。これは、音の方向を決定するためには、何らかの形で正面が定義されていることが必要となるためである。だが、センサーボードの特徴として、多方向からのユーザーのアクセスがある。このため、ユーザーとインターフェースの位置の関係は多方向的になり、正面を設定することが困難である。そのため、特にヘッドフォンを用いて提示する場合、何らかの形でユーザーの頭の位置や向きを検出し、それに基づいて仮想の音源の位置を作り出す処理を行わなければならない。

(2)の場合、実際に音源を置く方法として、2つの方法が考えられる。一つは(2-a)スピーカユニットをグリッド状に配置し、提示したい位置に基づいて発音するスピーカを切り替える方法である。これは音場のシミュレーションを行う際などに用いられる方法の一つである。この方法を用いると、センサーボード上のます目とスピーカを対応付けることで、音源を物理的に作り出すことができる。しかし、この方法は制御しなければならないスピーカの数がすぐに膨大な数になってしまうという問題がある。

もう一つは(2-b)提示したい音源の位置にスピーカを置くという方法である。この方法の場合、スピーカ数は、発音するコマの数となる。また、コマ自体が発音するため、音源の位置は、(2-a)に比べ、より自由になる。しかしコマを発音する仕組みを組み込まなければならないため、コマが大きくなってしまいう可能性がある。また何らかの方法で、コマに信号を送り込まなければならない。

従来の方法の範囲でコマに信号を送り込む場合、有線と無線の2つの方法が考えられる。有線の場合、単にコマにスピーカを組み込むだけで実現できる。しかし、ボードにコマを置く際、ケーブルが絡まるなどの問題が想定される。対して、無線の場合、信号を受信するための仕組みやスピーカなどを駆動させるための電子回路とその電源（電池）などをコマに組み込まなければならない。そのため、コマの大きさに制約が発生する。

しかし、これらの仕組みをうまく小型化することができるならば、音の位置を作り出す方法としては理想的な方法である。

そこで、本稿では、センサーボード上に置かれたコマを発音させる方法として、コマに小型無電源情報端末 CoBIT を用いることを提案する。ボード上に置くコマを CoBIT にすることで、電子回路や電池などの問題は解決され、ボード上に、コマの位置に基づいて音の位置を容易に作り出すことができる。本稿ではこのシステムを“ミニチュアサウンドスケープ”と呼ぶ。

ミニチュアサウンドスケープは、センサーボードの外周に CoBIT 光源をボードの内側、水平方向に赤外線を照射するように設置される。この CoBIT 光源の位置は、ボード上に映像を提示

するプロジェクタから発生する赤外線のノイズを考慮した結果である。プロジェクタによっては可視光のみではなく赤外線も出力するものがある。この赤外線は CoBIT による音声通信にとってノイズとなる場合がある。信号の受信に用いる太陽電池は入射光の軸が垂直に近い方がより高い電流を発生させることから、ミニチュアサウンドスケープでは、CoBIT 光源が、プロジェクタからの光に対して直交するように赤外線を照射するよう設置している。また、ボード上に置くコマには、分離タイプの CoBIT を2つ組み込んでいる。2つの太陽電池は、ボード外周の CoBIT 光源が照射する赤外線に対して垂直に、また、光源の方向が知覚されやすくなるように、取り付け位置と角度が工夫されている。(次節図3, 4 参照)

これらによって、ミニチュアサウンドスケープは、ユーザに、視覚的にはボードを客観的に眺め、聴覚は空間の内部に入り込むという体験の提示を実現している。

ミニチュアサウンドスケープの応用として、インタラクティブメディアコンテンツや学習支援システム、ゲームなどが考えられる。本稿ではインタラクティブメディアコンテンツとして、次節で詳述する“sound table”を提案する。

## 4. “sound table”

### 4.1. コンテンツの概要

“sound table”は、ミニチュアサウンドスケープによるインタラクティブなコンテンツである。このコンテンツは、ユーザが入り込むことのできるオルゴールをコンセプトとしている。また、ICC において開催された展覧会「記録と表現—アーカイブを作る、使う」において展示を行った。

このコンテンツでは、ユーザは RFID の埋め込まれた複数のコマ(RFID コマ)をボード上に置き、オルゴールのメロディをデザインすることができる。ユーザが作ったメロディは、ボード上に CoBIT 光源から提示される。ユーザは CoBIT として機能するコマ (CoBIT コマ) をボード上に置き、向きを操作することで聞くことができる。

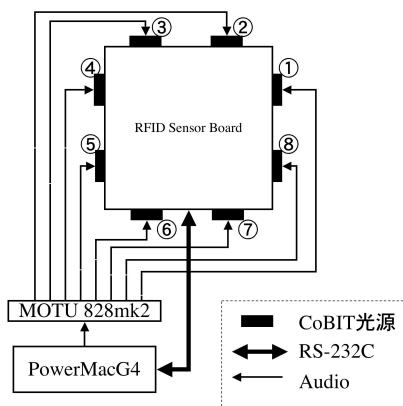


図 2 “sound table” のシステム (音に関する部分のみ)

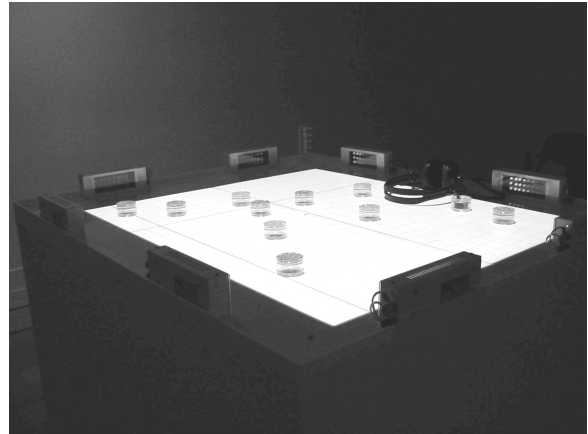


図 4 “sound table” の外観

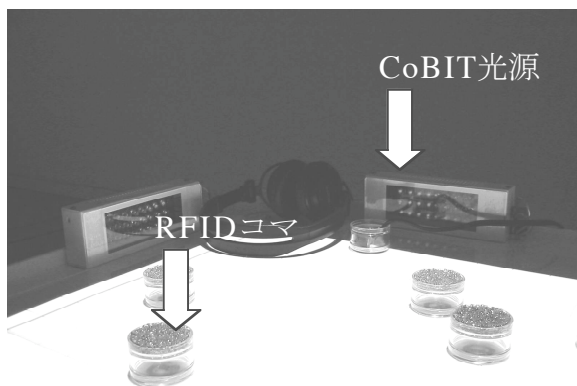


図 3 設置された CoBIT 光源 RFID コマ



図 5 CoBIT コマ

#### 4.2. システム構成

“sound table” のシステムでは、1 台のセンサーボードと 8 台の CoBIT 光源を用いてミニチュアサウンドスケープを構成している。センサーボードはコンピュータとシリアルケーブルで接続されており、各光源はマルチチャンネルオーディオインターフェースの出力に接続されている。

この他に、映像を投影するためのプロジェクタと、ボード上に置く RFID コマ、CoBIT コマが用いられている。なお、映像と音の生成には、Max/MSP, Jitter を用いている。(図 2, 3 参照)

#### 4.3. “sound table” のインタラクション

RFID コマがボードに正しく認識されると、コマの置かれた位置を中心に波紋が広がる。波紋の広がる大きさは、音の高さを表すようになっている。(図 6 参照)

ボードの X 軸と Y 軸は、それぞれ異なった速

度で平行してメロディを再生する。それぞれの軸のメロディの再生位置は、線でボード上に提示される。X 軸と Y 軸それぞれの他方が音の高さとなっている。この結果、一つの RFID コマで 2 つのオルゴールのメロディを構成する音の高さと時間軸上の位置を定義することになる。このコンテンツでは、音の高さに、ド、レ、ミ、ソ、ラの 5 音からなる音階を用いている。これは、音が重なりあった際に、不協和音があまり発生しないようにするである。そして、X 軸と Y 軸のメロディは、別々の光源のセットから、異なった音色で提示される。X 軸のメロディは光源①、④、⑤、⑧からマリンバの音で再生され、Y 軸のメロディは光源②、③、⑥、⑦から、ピアノの音で提示される。ユーザはボード上に置いた CoBIT コマの向きを変えることで 2 つのメロディを別々に、あるいは同時に聞くことができる。

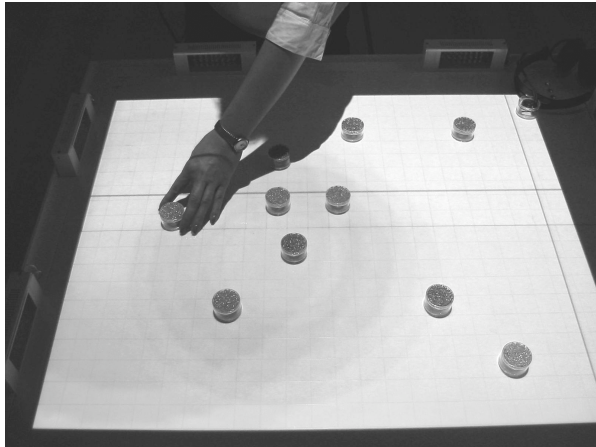


図 6 RFID コマを置いた際のインタラクション



図 7 来場者の様子

## 5. まとめ

本稿では、小型情報端末 CoBIT とセンサーボードを用いて、ユーザに視覚的にはボードを客観的に眺め、聴覚は空間の内部に入り込む感覚を提示するシステム、ミニチュアサウンドスケープを提案した。このシステムは、センサーボードの RFID タグが組み込まれたコマの位置を取得する仕組みと、CoBIT による指向性のある音の提示によって実現されている。

また、このシステムを用いたコンテンツ“sound table”を制作し、ICC に置いて開催された「記録と表現—アーカイヴを作る、使う」において展示した。このコンテンツでは、8 台の CoBIT 光源を用いてミニチュアサウンドスケープを構築し、ユーザにオルゴールの中に入り込んだような感覚を与える仕組みを実現した。

## 6. 今後の展望

今回の提案したミニチュアサウンドスケープでは、CoBIT 光源をセンサーボードの外側に設置した。これは本当の意味での音源の位置を作り出しているわけではない。そのため、今後の課題として、まずボード上のオブジェクト自体を音源にする方法について検討する必要がある。現在考えられる方法としては、(1)コマに CoBIT 光源を内蔵する、(2)コマに CoBIT 光源からの光を反射させる、(3)CoBIT 光源は外側に設置しコマにスピーカを取り付けるなどがある。

また、センサーボードを用いたインタラクションについても検討する必要がある。今回は単純にボード上にコマを置くと、その位置に応じて音が鳴ると言うものであった。しかし、AI 技術などを用いて、コマの位置の履歴やインタラクションの履歴、ユーザの個人特性などを考慮

した音声配信、映像制御なども行うことができるだろう。また実空間上の情報とボード上の情報を連動させることで、全く新しい情報支援システムや学習支援システムが構築できる可能性もある。

## 7. 謝辞

今回のコンテンツの制作では、特に CG によるインタラクションの部分について、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科メディアデザインプログラム稲蔭正彦研究室

## 参考文献

- [1] 西村拓一，伊藤日出男，山本吉伸，中島秀之：無電源小型通信端末を用いた位置に基づく情報支援システム，情報処理学会知的都市基盤研究グループ研究報告，2002-ICII-2，pp.1-6(2002)
- [2] 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, Nov 2003
- [3] 楠房子，杉本雅則，橋爪宏達：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)
- [4] 楠房子，杉本雅則，稲垣成哲，高時邦宣：

知識の物理世界での実践を通して他者との議論を促進するグループ学習支援システム, 科学教育研究, Vol.26, no.1, pp. 34-41 (2002)

- [5] 小池英樹, 小林貴訓, 佐藤洋一: 机型実世界指向システムにおける紙と電子情報の統合および手指による実時間インタラクションの実現, 情報処理学会論文誌, Vol.42 no.3, pp577-585 (2001)
- [6] R. J. K. Jacob, H. Ishii, G. Pangaro, J. Patten: A Tangible Interface for Organizing Information Using a Grid, CHI 2002, Conference on Human Factors in Computing Systems (2002)
- [7] J. Patten, H. Ishii, G. Pangaro: Sensetable: Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces, CHI 2001, Conference on Human Factors in Computing Systems (2001)
- [8] J. Patten, B. Recht, H. Ishii: Audiopad: A Tag-based Interface for Musical Performance, NIME02, New Interface for Musical Expression (2002)
- [9] 常盤拓司: マルチチャンネルスピーカの音環境デザインへの利用, エンターテインメントコンピューティング 2003 (2003)
- [10] 常盤拓司, 西村拓一, 中島秀之, 岩竹徹: 無電源小型情報端末のためのマルチチャンネル音提示システムの実装と利用方法に関する検討, 第3回「ウェアラブル/アウトドア VR」研究会, 日本バーチャルリアリティ学会 (2003)