

## 音源定位 CoBIT の提案と視覚 CoBIT の実装

西村拓一、中村嘉志、常盤拓司、伊藤日出男、中島秀之  
(産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センター)

小山慎哉、矢入(江口)郁子、猪木誠二(通信総合研究所ユニバーサル端末グループ)

要旨: 「いつでも、どこでも、誰でも」情報にアクセスできる遍在(ユビキタス)型情報処理社会では、莫大な情報から「いま、ここで、私が」欲しい情報を簡便なインタフェースにて提供することが重要である。そこで、我々は適切な位置で適切な方向に端末を向けるだけで赤外線のエネルギーと音声情報を取得する無電源小型情報端末(Compact Battery-less Information Terminal: CoBIT)を用いた情報支援システムを提案した。本論文では、さらに CoBIT 光源が複数ある環境において、各光源のおよその方向を感知しつつ、注目方向の光源の音量を大きく捉えることで音源位置を特定できる音源定位 CoBIT を提案する。また、無電源で視覚情報を提示する視覚 CoBIT を提案し、各種 CoBIT の比較を行う。

### The Source Detectable CoBIT and the Visual CoBIT Realized

Takuichi NISHIMURA, Yoshiyuki NAKAMURA, Takuji TOKIWA, Hideo ITOH, Hideyuki NAKASHIMA  
*Cyber Assist Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology*

Shin'ya OYAMA, Ikuko EGUCHI YAIRI, Seiji IGI  
*Human-Computer Intelligent Interaction Group, Communications Research Laboratory*

**Abstract:** One target of a ubiquitous computing environment is to aid users to get necessary information and services in a situation-dependent form. We have proposed a location- and orientation-based information support system using the Compact Battery-less Information Terminal (CoBIT). The CoBIT is a small, low cost communication terminal that works using only energy from the information carrier and the user. In this paper, we propose sound direction detectable CoBIT that helps the user to recognize the direction of sound source and also to focus on a particular sound source. We also propose visual CoBIT that shows visual information to the user without any plug-in power. Furthermore various types of CoBITs are briefly explained and compared.

**Key Words:** information support, ubiquitous, user interface, location-aware, situated interface, battery-less

## 1. まえがき

今後、現実世界を移動中に情報支援を享受するユーザはますます増加するだろう。このとき、“pervasive”、“ubiquitous”<sup>1)</sup>、“context-aware”<sup>2)</sup> コンピューティングの研究分野で、最も重要となることは「今、ここで、私に」適切な情報を提供する状況依存情報支援の実現である<sup>3)</sup>。本論文では、状況を推測する上で重要な手がかりでとなる位置に焦点を当てる。つまり、電子ブックや映画、メールなどのような「いつでも、どこでも」入手したい情報の支援ではなく、見ている展示物に関する情報や目的地への方向などユーザの位置や向いている方向に応じた場所依存の情報支援をターゲットとする。特に、乗り物を用いた高速移動時ではなくユーザが歩きながら情報支援を受ける場合に絞込み（位置に基づく歩行者情報支援）、誰でも容易に使える携帯端末および環境システムの実現を目指す。

携帯端末と環境システムとを結ぶために使用されている一般的な伝達媒体は、周辺に均一に伝わりやすい電波と指向性の高い光とに分けられる。しかし、電波を用いて方向に基づく情報支援を実現するためには、携帯端末の方位を推定する磁気センサなどが必要となる<sup>4),5)</sup>。

一般的に、光を用いた場合は電波に比べて伝播範囲が小さいことや隠れによる切断の問題が考えられる。それにもかかわらず、携帯端末の受信領域や受信可能なセンサの向きを簡便に設定できるという光の特長は重要である。特に環境側の基地局を多数設置できる環境においては、センサを内蔵しない携帯端末でも位置と向きに応じた情報支援を実現できるという点である。

このように、基地局からの光を受信できる位置および向きの端末のみが情報を入手できる特性を利用したシステムとして、トーキングサイン<sup>6)</sup>などがすでに開発されている。しかし、これらは、ユーザの合図などを環境装置が理解し、これに基づいて音声メッセージを返答するような、ユーザとのインタラクションは想定していない。ユーザの状況の推定は容易でないため、インタラクティブ情報支援を実現することが好ましい。位置に基づきインタラクティブに情報支援を実現するものとしては、C-MAP<sup>7)</sup>、位置依存ショッピングシステム<sup>8)</sup>やCyberguide<sup>9)</sup>が知られている。これらは、PDA など小型ディスプレイを持つ高機能通信携帯端末により情報支援を実現している。

しかし、PDA や携帯電話は個人用の小型モニタを注視することになり、実世界を移動しているメリットとも言える周辺環境や人々とのインタラクションの機会を減少させてしまう。また、様々な人が気軽に使用するためには、より容易かつ直感的に操作できる携帯端末が望ましい。さらに、短時間で起動してその場所の情報をすぐに提示できることや、持ち運びに便利のように小型であることも大切であろう。長期に渡って使用されることを考

えるとバッテリーのメンテナンスを不要とした無電源端末を実現することが非常に肝要であろう。

そこで、様々なセンサや情報提示デバイスを持つ環境を前提とし、伝達媒体を光とすることで上記すべての条件（小型直感的、インタラクティブ、起動遅れ無し、充電不要）を満たす携帯端末を提案した。これは、環境やユーザが提供するエネルギーのみで、環境側の装置およびユーザとの情報の送受信を実現する小型端末(Compact Battery-less Information Terminal: CoBIT)を用いた位置に基づく情報支援システム<sup>10)</sup>である。CoBIT は、音声波形に応じて強度変調された赤外光から、イヤホンに直結した太陽電池でエネルギーと音声情報をダウンロードする。さらに、赤外光投光カメラを用いて CoBIT 上の反射シートを検出できるため、CoBIT の動きにより合図をアップロードする。小型、無電源、容易な操作という点で携帯電話や計算機などの高機能端末とは異なる役割を果たせると考えている<sup>10)-13)</sup>。

本論文では、複数の光源が設置された環境において有用な音源定位 CoBIT を新たに提案する。これは、複数の音声が入るイヤホンから擬似ステレオで聞こえてくるため、各音源のおよその方向がわかる。さらに正面方向の光源からの音声が大きく聞こえるように設計されているため、音源定位 CoBIT の方向を走査する事で容易に音源の方向を特定できるものである。このように、広範囲の情報と同時に特定の情報に注目できる点は、人間の視覚や聴覚と類似している。

一方、CoBIT の定義は、エネルギーと信号とを同時に光で配信し、かつその信号をユーザが直接感知できる無電源小型端末<sup>13)</sup>となっている。しかし、今までは聴覚のみの CoBIT しか提案していなかった。そこで、本論文では、新たに無電源で視覚情報を提示する視覚 CoBIT を提案する。また、各種 CoBIT を紹介しそれぞれの特性を比較する。

本論文では、2 節にて音源定位 CoBIT を提案し、3 節にて視覚 CoBIT を提案する。4 節では、各種 CoBIT の特性比較を行い、5 節でまとめと今後の課題を示す。

## 2. 音源定位 CoBIT の提案

### 2.1 従来の CoBIT システム

本節では、CoBIT<sup>13)</sup>における音声ダウンロード手法について図 1 を用いて説明する。環境側からは、送信したい音声にバイアスをかけて増幅し赤外 LED で変調光を所望の範囲に照射する。これにより、CoBIT の太陽電池が音声波形に従って発電し、太陽電池に直結したイヤホンから音声が発生する。次に、アップロードについて説明する。環境側には、赤外 LED をカメラ光軸近くに取付けたカメラを設置する。ただし、カメラには可視光カットフィルタを装着し、赤外光が入射しなければ真っ暗な画像を出力するようにする。CoBIT には小型コーナキュ

ープを埋め込んだ再帰型反射シートを装着する。これにより、カメラ近くのLEDから光が照射されると強力な光がカメラに戻り、CoBITのみが輝点として観測できる。カメラと反射シート間の光路上に透過率を変化させる物体を置けば、情報をアップロードできる。例えば、手で光路を遮る回数や時間パターンで合図を送ることができる。また、CoBITの動きパターンで合図を送ることも可能である。カメラを複数個用いれば、CoBITの3次元位置や向きも推定できる。

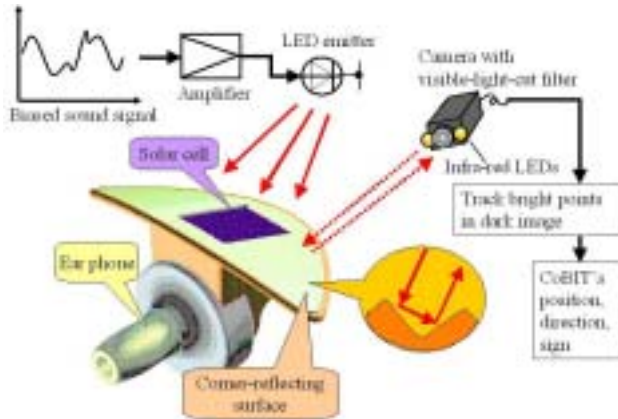


Fig. 1 Basic system of CoBIT.

CoBITの特長は、無電源、小型、安価な端末で位置と向きに応じた情報支援がインタラクティブに、かつ必要な人に対してのみ実現できるということである。CoBITには、形状や付加機能によって様々なバリエーションが考えられる。4節にて各種CoBITの特性を比較する。

### 2.2 音源定位について

人間は、主に左右の耳へ音が到達する時間差および音圧差で音源の左右方向を特定している。また、上下方向は耳殻による複雑な反射音、音源までの距離は音圧レベルとその音に関する知識や視覚などとの比較により感知しているといわれている。今回は、左右方向のみについて考える。図2は横軸が正面を0度とした音源方向、縦軸が左右の耳に到達する時間差である。5人の被験者の平均と頭を球として算出した値がほぼ一致している。CoBITのように赤外光通信を用いる場合は、このような時間差が生じない。この点において不自然になることが予想される。

図3は横軸が音源方向、縦軸が周波数ごとの音圧差を示している。5kHz以上の音では20dB、1kHz以上で10dBの音圧差が見られる。これは、高い周波数ほど回折して反対側の耳に到達することが困難となるためである。CoBITにおいては、時間差は無いため、この音圧差特性を再現した太陽電池配置とすることで音源方向が感じ取れるようにする。

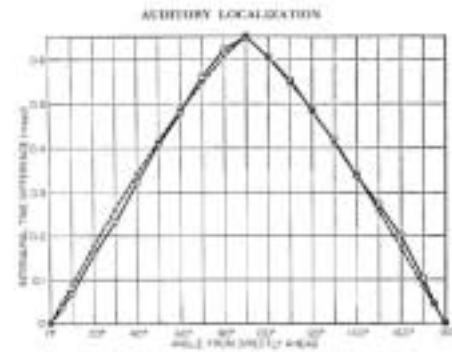


Fig. 2: Interaural time differences as a function of the direction of the source of clicks [ : measured values for five subjects; x : values computed from sphere (Woodworth, 1938)]. (Feddersen et al., 1957.)

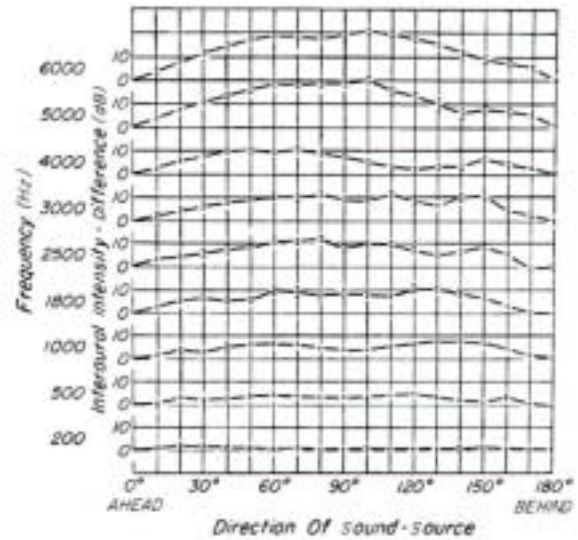


Fig. 3: Interaural intensity differences as a function of the direction of the source and the frequency of the sound. (Fedderen et al. 1957).

### 2.3 音源定位 CoBIT

音源定位 CoBITにより、複数の光源が設置された環境において、聴きたい音のおよその方向を知覚できる。さらに音源定位 CoBITの方向を光源方向に合わせれば大きな音量で目標の音を聞く事ができる。このように、広範囲の情報と同時に特定の情報に注目できる点は、人間の視覚や聴覚と類似している。

ユーザが光源のおよその方向を知覚できるようにするためには、前節に述べたように左右のイヤホンから聞こえる音圧差が人間の聴覚と同様になるように太陽電池の種類や配置、組み合わせを工夫するればよい。太陽電池としては平面タイプと球状タイプ<sup>17)</sup>が知られている。前者の指向特性は正弦的であり、後者は均一である。従って、この2種の太陽電池を適切な角度で複数個配置し、左右のイヤホンに接続することで様々な指向特性を作り出すことができる。図3のように周波数によって音圧差も変化しているため、高音用には左右の音圧差を大きく

する配置、逆に低音用には音圧差を小さくするように配置してパッシブフィルタで該当する周波数帯域を選択し加算することも考えられる。図4に一例を示した。球状の太陽電池で全方向の光を検出、これを低音用とする。平面状の太陽電池を2枚反対向きに設置すれば聴覚の高音部特性と類似した指向特性となる。

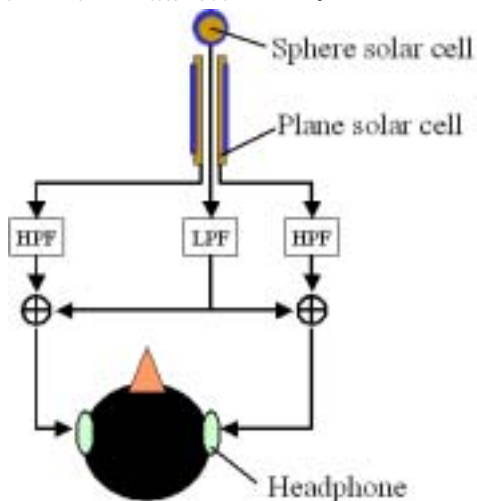


Fig.4 An example of wide range detection for light source detectable CoBIT.

一方、注目した方向の光を多く検出して大きな音量で聞くためには、太陽電池の前に集光レンズを設置するか、背面に反射鏡を設置すればよい。指向性を鋭くするだけでなく太陽電池表面に垂直なスリットを設置したり、指向性を制限するシートなどで可能であるが、音量を上げることはできない。

図5に今回試作した音源定位 CoBIT を示した。広範囲の情報は正面から左右にそれぞれ  $\pm 90$  度ずらして設置した平面太陽電池2枚で検出する。左向きの太陽電池の出力は左のヘッドホンへ、右向きの太陽電池出力は右のヘッドホンに直結している。太陽電池は、単結晶シリコンセル ( $12 \times 17.5\text{mm}$ ) を用いた。この部分の指向性を計測した結果を図6に示した。図3における  $6\text{kHz}$  の音の特性に最も近いが、0度から50度まで徐々に上昇するところを0度から20度で一気に上昇している。これは、平面タイプの太陽電池の指向性が正弦的であり、裏面の太陽電池は透過光を検出してほぼ一定であるためである。実際に装着して調べたところ、左右どちらに光源があるかは確実に知覚できた。今後は、前述の太陽電池の組み合わせや完全拡散シートによる裏面の太陽電池へ光拡散を行うことで、聴覚の特性に近づける予定である。



Fig.5 A prototype of sound source detectable CoBIT.

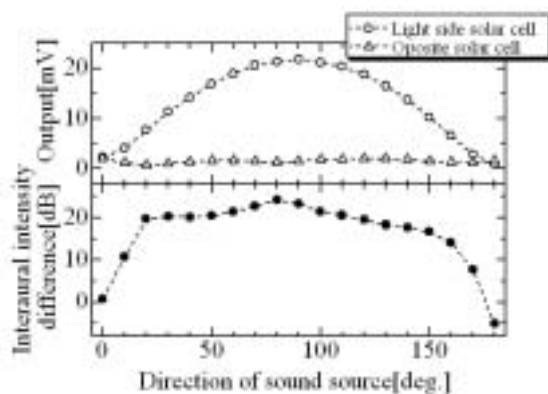


Fig.6 Direction characteristics of the sound source detectable CoBIT.

今回は、音源定位に着目したため、情報アップロード用の反射シートは設置していないが適宜取り付ける。図7に使用イメージを示した。多数の CoBIT 光源が埋め込まれた環境中で、音源定位 CoBIT の方向を走査する事で容易に音源の方向を特定できる。

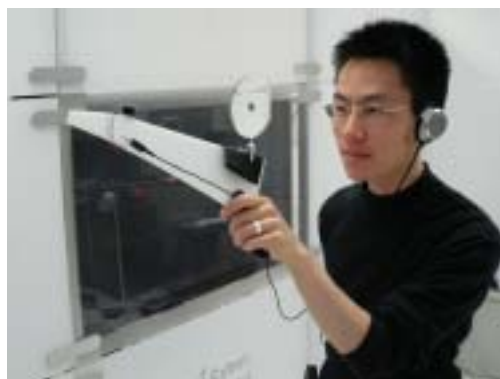


Fig.7 An example usages

### 3. 視覚 CoBIT の提案

#### 3.1 動作原理

視覚バージョンの CoBIT を実現するために、比較的低電圧で駆動でき、消費電力の小さいディスプレイが必要となる。現状使用されているディスプレイ (プラズマ、LED、エレクトロルミネセンスパネル、蛍光表示管、デ

デジタル・マイクロミラー・デバイス、フィールド・エミッション、液晶)の中では、液晶ディスプレイが上記条件を満たしかつ入手しやすい。そこで、本論文では、さらに単純化した液晶シャッターを用いて実装する。以下の説明では、絶縁状態で不透明であるが、2Vの交流(50Hz)入力で透明となるポリマーネットワーク型液晶パネル(シチズン時計製、液晶層厚6 $\mu$ m)を前提とする。

基本的な視覚 CoBIT の構成図を図 8 に示す。従来の CoBIT と同様に太陽電池からエネルギーを取得するが、環境側の CoBIT 用の光源からは送出したい視覚情報に応じて液晶シャッター駆動用の信号を付加する。つまり、CoBIT 光源にはバイアス電流と音声用の交流以外に、液晶シャッター駆動交流が重なることになる。ここで、音声の帯域をハイパスフィルタで制限することで、音声配信中に液晶シャッターが誤動作しないようにする。これによって、CoBIT 光源には図 9 のように DC 成分にエネルギー、50Hz に液晶シャッター駆動信号、それ以上の周波数に音声信号が含まれることになる。ユーザは、モジュール信号のように液晶シャッターの時間変化のパターンから複数通りのメッセージを受け取ることもできる。アップロード用の反射シートを検出するカメラについては従来の CoBIT と同様である。

さらに、図 8 を用いて視覚 CoBIT を説明する。太陽電池(1セルで最大0.6V出力)は、液晶シャッター(駆動電圧2V)を駆動できるように4セル直列以上のもを用いる。また、スピーカは、セラミックホンなどのように50Hz程度の低周波を再生できないタイプを用いるか、ハイパスフィルタ(コイルなど単純なパッシブ回路で可能)を太陽電池とスピーカ間に挿入する。これにより、液晶シャッター駆動用の信号音が耳に入らないようにする。液晶シャッターには、音声信号の高周波も入るが振幅が小さく誤って駆動することが無いように CoBIT 光源を設定する。もし、困難な場合は、太陽電池と液晶シャッターの間にローパスフィルタ(キャパシタでも十分)を挿入する。

図 8 で示した視覚 CoBIT は、4個のパーツからなっているが、利用形態に応じて様々な配置が考えられる。例えば、イヤホンタイプにする場合は、液晶シャッター部分のみを眼鏡の端に取り付ける。これにより、向きに応じた音声情報のほかに、必要に応じて視覚で情報を受け取ることができる。この場合、小型化が必要なため直径1mm程度の球状太陽電池<sup>17)</sup>を複数個直列にすることも有用である。また、カードタイプにした場合は、カード上の液晶シャッターを見ながら方向を変化させれば、どの方向から情報が来ているか確認できる。特に、聴覚障害者に対しては、距離に応じて液晶シャッターの濃さも変わるので方向だけでなく対象までの距離も判定できる。

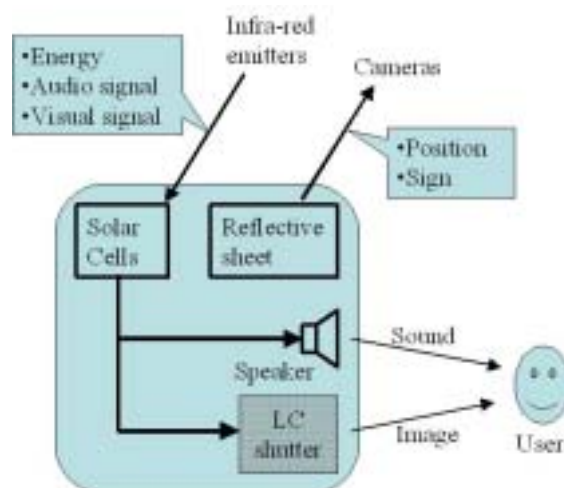


Fig.8 Basic architecture of the visual CoBIT.

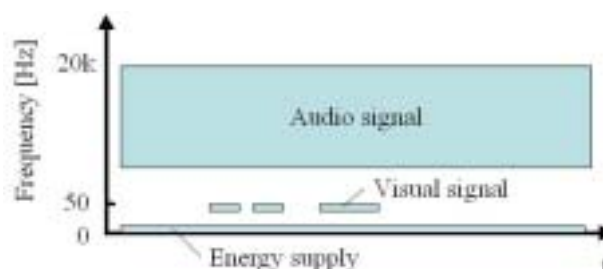


Fig.9 Light modulation frequency of audio, visual and energy for the visual CoBIT.

さらに、図 10 のように液晶シャッターを反射シートの上に置くことも考えられる。CoBIT システムでは、照射方向を制御できる複数のビーム光源と複数のカメラを用いる場合がある。これにより、個々のユーザに異なる音声情報を送ることができる。このとき、カメラで反射シートの点滅パターンを観測すれば、この CoBIT がどの光源からの光を受光しているか、判別できる。カメラと光源のキャリブレーションや(反射シートのみではなく)正常な CoBIT である確認に有効な構成である。

複数の液晶シャッターを駆動するためには、3通りの方法が考えられる。まずは、CoBIT 光源の光の波長を複数使い、各波長のみを透過する光学フィルタを設置した太陽電池を用いる方法である。それぞれの太陽電池に接続した液晶シャッターは独立に駆動できる。2 番目は、CoBIT 光源および CoBIT の太陽電池表面に偏光フィルタを用いる方法である。この方法は、ユーザが CoBIT を傾ける可能性があるため、あまり多くのチャンネルは期待できない。最後の方法は、搬送波を用いる方法である。図 7 の 20 kHz 以上の帯域に搬送波を設定、CoBIT に同調回路と検波回路をチャンネル数分付加することで多チャンネル同時受信が可能である。数 cm 程度の太陽電池は、50 kHz 程度までレスポンスがあるため数チャンネルは確保できる。さらに、液晶ディスプレイを駆動する信号を送り、直接画像を表示することも考えられる。

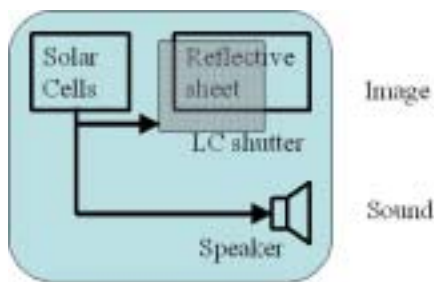


Fig. 10 A variation of visual CoBIT.

### 3.2 実装

本節では、今回実装した最も単純な視覚 CoBIT を紹介する。図 11 に試作した視覚 CoBIT を示した。本視覚 CoBIT にて用いた太陽電池は、直径 0.5~2mm の球状シリコン結晶に P N 接合を作り電極をつけた太陽電池、京セラ株式会社製球状マイクロソーラーセル<sup>17)</sup> の 9 直列を使用することで小型かつ高電圧を実現した。直流成分の電力を消化するために抵抗を並列に接続している。CoBIT 光源の光を受けることで図 12 のように透明度が変化する。ユーザは、周辺に情報が発せられていないか意図的に視覚 CoBIT を動かして探すことも考えられる(図 13 左)。また、図 13 右のように透過型ヘッドマウントディスプレイのように使用することも可能である。

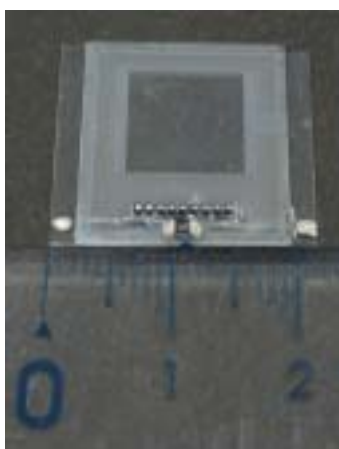


Fig. 11 A prototype visual CoBIT.

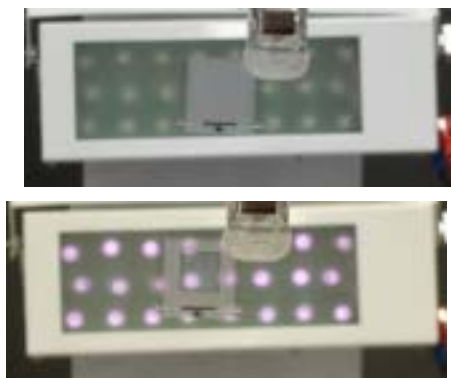


Fig. 12 The transparency increases with CoBIT light.



Fig. 13 Examples of visual CoBIT usage. (Left: Trying to find some information、 Right: Head-mount display type usage.)

## 4. 各種 CoBIT の比較

CoBIT の定義は、エネルギーと信号を同時に光で受信し、かつその信号をユーザが直接感知できる情報として提示する無電源小型端末<sup>13)</sup>である。つまり、人間の五感を刺激する様々なタイプの CoBIT が考えられるが、本論文では聴覚と視覚バージョンに関する各種 CoBIT を概説し、それぞれの比較を行う。

### 4.1 CoBIT および CardBIT

CoBIT の形状としては、図 14 のようにセラミックホンやヘッドホンを基盤としたものやシート状の小型スピーカを用い RF-ID タグを内蔵したカードタイプ CardBIT<sup>15)</sup>、太陽電池のみをブローチのように取り付けたタイプや携帯電話内蔵タイプなどを実装している。



Fig. 14 Prototype CoBITs(Left: original CoBIT、 Right: CardBIT)

### 4.2 ID-CoBIT

ID-CoBIT<sup>14)</sup>は、個人履歴や嗜好を考慮した情報支援を目指したものであり、赤外 LED により固体識別 ID を発信する。これは、高速伝送が可能な LED を短時間駆動し、それと同時に CoBIT に取り付けられた反射シート上の液晶シャッターをカメラで観測できる程度長く駆動する。これにより、環境に設置したカメラが CoBIT の位置と点滅タイミングを取得し、この点滅と同時刻に ID 受信センサで受信した ID とを対応付けることができる。カメラは常時 CoBIT の反射シートを追跡し、輝度変化時に ID 受信センサに入った ID をこの軌跡と対応付ける。このため、ID 受信を失敗しても軌跡上の前後の位置で検出した ID を用いることでロバストな個別位置追跡が可能である。反射シートを活用するため、常時 LED で ID を発信してカメラで捉える手法に比べ端末の消費電力を抑えることができる。また、CPU の駆動のために、太陽電池出力の

DC 成分をキャパシタに蓄積している。これは、LED 点灯時の消費電力が非常に大きいため、LED を使用しないときにエネルギーを蓄積しておく必要があるからである。

### 4.3 デジタル CoBIT

ID-CoBIT では、デジタルで受信しないため内部に書き換え可能なメモリを持つ意味が無かった。しかし、メモリを持ちデジタルダウンロード可能なデジタル CoBIT<sup>16)</sup>では、個人情報や環境から入手した情報を内部に蓄えることができる。また、認証処理など CPU の演算機能を活用することもできる。環境からの赤外光には、デジタル信号も付加されている。このため、CoBIT 内部では、このデジタル信号（可聴域より高い周波数帯）を取り出すためバンドパスフィルタを用いる。CPU がダウンロード情報を解析し、これに基づいて必要なアップロードを液晶シャッターによって行う。アップロードを短時間高速で実現するためには LED を用いることもできるが、カメラにより CoBIT の位置を安定に検出できていれば、液晶シャッターのみで十分なことが多い。通常のカメラによるアップロードは、フレームレートが毎秒 30 であることを考えると数 bps 程度であるが、反射シートにより位置を安定して追跡できるため、過去の情報を用いた情報支援ができる。

### 4.4 各種 CoBIT の比較

表 1 に各種 CoBIT を示した。どれも無電源小型かつ容易な操作でインタラクティブに情報支援を受けられるものである。通信は、ユーザに直に情報を提示したり、ユーザから直に情報をアップロードするユーザ通信とユーザには直接見えないところで CPU がデジタルで送受信する 2 種類に大別できる。さらに、ユーザ通信には音声ダウンロードおよび視覚情報の送受信が伴う。アップロードは、先の CoBIT で説明した合図や位置などの情報である。CPU 通信については、RF-ID を用いる CardBIT のように電波を用いることもあれば、デジタル CoBIT<sup>16)</sup>のように光を用いることもある。カードタイプの CardBIT 以外は様々な形態（耳かけ、ブローチ、帽子、携帯電話内臓、カード、分離タイプなど）が可能である。また、現状では無電源とはなっていないが、視覚障害者のための骨伝道タイプ<sup>12)</sup>の端末も実現している。

Table 1 Comparison of various types of CoBITs.

	User communication			CPU communication	
	Audio	Visual		Up	Down
	Down	Up	Down		
CoBIT					
CardBIT				RF-ID	
ID-CoBIT				LED	
AV-CoBIT					
Digital-CoBIT				LC shutter	Solar Cell

## 5. まとめ

位置・向きに基づくインタラクティブ情報支援のために、音源定位 CoBIT および視覚 CoBIT を提案し、直感的な操作で起動時間ほぼ 0 秒の充電不要という特長を持つ各種 CoBIT を比較検討した。今後は、適材適所で CoBIT と各種携帯端末との連携が可能な情報支援インフラを整え、AI 技術を用いた知的情報支援を実現したい。また、メディアインタラクティブアートや学習支援などでの活用も進めたい<sup>18)</sup>。

### 謝辞

視覚 CoBIT の試作において、京セミ株式会社 中田 仗祐 社長、中島 淳氏、藤田 大氏の多大なご協力を頂いた。

### 参考文献

- 1) M. Weiser, Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. Communications of the ACM, 36(7), pp.74-84. (1993).
- 2) Schilit, B., Adams, N., and Want, R. Context-Aware Computing Applications. IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (1994).
- 3) H. Nakashima and K. Hasida, "Location-based communication infrastructure for situated human support," In Proc. SCI 2001, pp.47-51 (2001).
- 4) Reginald G. Golledge et al.: Personal Guidance System for the Visually Impaired, Proc. First Annual International ACM/SIGCAPH Conf. on Assistive Technologies, 1994.
- 5) Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcao and Jonathan Gibbons. The Active Badge Location System. ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp 91-102, January 1992.
- 6) J. Brabyn and L. Brabyn, "Speech Intelligibility of the Talking Signs," Journal of Visual Impairment Blindness, JVIB, Vol.76, pp.77-78 (1982).
- 7) Sumi, Y., Etani, T., Fels, S., Simonet, N., Kobayashi, K. and Mase, K.: C-MAP: Building a context-aware mobile assistant for exhibition tours, The First Kyoto Meeting on Social Interaction and Community ware, June 1998.
- 8) T. Bohnenberger, A. Jameson, A. Kruger, and A. Butz, "Location-Aware Shopping Assistance: Evaluation of a Decision-Theoretic Approach," Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices (Mobile-HCI-02), ACM Press, 2002.
- 9) G.D. Anowd, C.G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper, and M. Pinkerton, "Cyberguide: A mobile context-aware tour guide," Wireless Networks, vol.3, no.5, pp.421-433,

1977.

- 10) 矢入,猪木: 高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals(3),人工知能学会論文誌 18 卷 1 号,pp.29-35 (2003).
- 11) 猪木,矢入: 高齢者・障害者の自立的移動支援に関する調査と考察,ヒューマンインタフェースシンポジウム 2000,pp.57-60 (2000).
- 12) 小山、矢入、西村、猪木: 視覚障害者の自立的移動を支援する携帯型情報通信端末の開発、ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003、pp.707-710(2003).
- 13) 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状況支援システム,情報処理学会研究会報告, 2002-ICII-2, pp.1-6 (2002).
- 14) 中村嘉志,西村拓一,伊藤日出男,中島秀之: 位置に基づく個別情報支援のための ID 出力無電源小型情報端末 ID-CoBIT,情報処理学会研究会報告, 2002-ICII-4, 発表番号 2 (2002).
- 15) 中村嘉志,西村拓一,伊藤日出男,中島秀之: カード型情報端末 CardBIT を用いた状況依存インタラクション,情報処理学会研究会報告, 2002-ICII-4, 発表番号 20 (2002).
- 16) 西村 拓一,中村 嘉志,伊藤 日出男,山本 吉伸,中島 秀之: 視覚 CoBIT とデジタル CoBIT の提案, 情報処理学会 DICOMO2003 論文集, pp.481-484, (2003).
- 17) Spherical Solar Cells Solve Issue of 3-D Sunlight Reception, pp. 45-48, AEI February 2003, Dempa Publications Inc. (2003).
- 18) 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, 情報処理学会音楽情報科学研究報告, 2003-MUS-52, pp.29-35 (2003)