

# 秘映プロジェクト：不可視情報による実環境の拡張

HIEI Projector: Augmenting a real environment with invisible information

白井 良成    松下 光範    大黒 毅\*

## Summary.

Projectors and handheld devices are often used as devices for presenting information in order to enhance the real environment. However, these devices have different characteristics in terms of information presentation; that is, a projector is suitable for presenting abstract information in public. In contrast, handheld devices are suitable for presenting detailed information for individuals. To achieve efficient information presentation, it is important both to choose a suitable device according to its characteristics and to take into account the situation of users and the environment. In this paper we introduce a system that enables users to acquire information through seamless coordination of a handheld device and a projector. Pointer for information are projected by visible light, while annotations and markers are projected by infrared light, using one specially adapted projector. While being aware of the presence of information presented with visible light, a user can obtain information projected by infrared light by holding a handheld device toward the visible-light pointer. We describe the system in detail through its application to an enhanced bulletin board system.

## 1 はじめに

現在、我々は多くの物に囲まれながら日々の生活を送っている。これらの物は、時としてその物に対する情報要求を引き出すトリガーになる。珍しい草花や変わったガジェットについて、それらの特徴や使い方を知りたくなる、というのがその一例である。

このような欲求に対し、実環境の場所や物を媒介として情報を提示する研究が進められている [2, 11]。これらの研究ではあらかじめ用意された情報を実環境の場所や物に重ね合わせて提示することで、ユーザの情報欲求に答える。近年、これらの研究に対する必要性はますます高まっており、今後位置や物等に対して関連付けられた情報は増大すると考えられる。

しかし、実環境に関連付けられた情報が増加していくと、ユーザに対する情報の提示方法が大きな問題となる。看板が多い都会の繁華街では必要な情報が見つげにくいように、人は多くの情報を一度に提示されると、認知負荷が増大し自分にとって必要な情報を選別することができなくなってしまう [5]。このような問題を解決するためには、情報を無秩序に提示するのではなく人間が行なう自然な情報取得行動を考慮した情報提示方法が必要である。

そこで、本稿では人間が行なっている情報取得行動を分類し、それぞれに適した情報提示方法を整理する。また、それぞれの情報提示方法の移行をシームレスに実現する技術として“秘映プロジェクト”

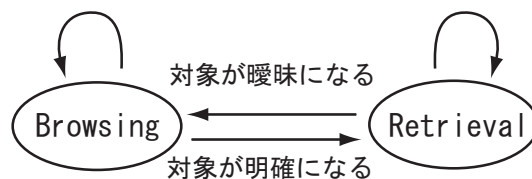


図 1. 情報取得行動の遷移

を提案する。それぞれの情報提示方法のシームレスな移行を実現することで、ユーザは効率的に情報を得ることができる。

## 2 人に優しい情報環境のデザイン

### 2.1 実環境における人と情報の係わり合い

情報検索の分野では、人の情報取得行動は Browsing と Retrieval の二種類に分類される [3]。Browsing は欲しい情報が明確でない状態の時に「行なう」行為であり、Retrieval は欲しい情報が明確になった時に「行なう」行為である。人はこれらを状況に応じて切り替えることで、情報を効率的に取得している (図 1)。

実環境で行なわれる我々の活動に当てはめると、意識が散漫な状態にいるときは、環境内の配置されたさまざまな情報を Browse している状態であり、ある物に興味を持ちその詳細を知ろうとする行為は、特定の情報を Retrieve している状態であると言える。我々は状況に応じてこの 2 種類の情報取得行動

\* Yoshinari Shirai, Mitsunori Matsushita and Takeshi Ohguro, 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

表 1. 両モードにおける人の特徴

	Browsing	Retrieval
欲しい情報	不特定	特定
情報への接し方	受動的	能動的

表 2. 両モードで求められる情報の特徴

	Browsing	Retrieval
情報の種類	概略	詳細
情報の受取人	一般	特定

から適切な行為を選択していると云えよう。例えば、道を歩きながら無意識に環境内の情報を見ている状態 (Browsing) で珍しい草花や面白そうなガジェットを見つけると、人は見つけた対象物に意識を向け、いろいろな角度から眺めたり触ったりしながら観察をする (Retrieval)。即ち、散見によって欲しい情報が明確になると Browsing から Retrieval へのモードの遷移が起こり、一方、目的とする情報を一通り得たり、対象に対する興味が薄れると Retrieval から Browsing 状態への移行が起こる。

このように我々は実環境においても Browsing と Retrieval を使い分け、且つ状況に応じてすばやく切り替えながら情報を取得しているため、実環境に人工的に情報を関連付けて提示する際には、このような人間の情報取得行動に適した方法で情報を提示し、効率的な情報取得を支援すべきである。

## 2.2 人の情報取得行動に適した情報提示方法

現在実環境に関連付けて情報を提示するデバイスには、プロジェクタに代表される環境に直接投影する種類のデバイスと、携帯電話や PDA など人が所有する携帯端末に大別できる。なお HMD (Head Mounted Display) も人が所有するタイプのデバイスであり実環境に関連付けて情報を提示可能だが、PDA や携帯電話とは異なる性質を持っているため後述することとする。本項では、まず、これらのデバイスの Browsing モード及び Retrieval モードに対する適切性を考察する。

Browsing モードと Retrieval モードにおける人の特徴を表 1 に示す。Browsing モードでは、人は特定の情報を明確に志向しているわけではないため、環境内の不特定な全ての情報を無意識に欲しながらそれらの情報と受動的に接している状態である。一方、Retrieval モードでは、人は明確な志向に合致した特定の情報のみを欲しており、その情報を得るために能動的に行動している。

プロジェクタは人が特殊なデバイス使う必要が無く、また、情報を実環境に偏在させることで意識が散漫な状態でも情報が見えている状態を作り出すことができるため、Browsing のための情報提示に適したデバイスである。逆に誰にでも閲覧可能な状態で情報を提示するため、個人の志向でさまざまな角度から情報を閲覧するような Retrieval モードで行なわれる行動にはあまり向いていない。一方、携帯端末は情報を個人の視点でじっくりと閲覧する

ことができるため、Retrieval のための情報提示に適しているが、人が意識的に使う必要があるため、Browsing には不適なデバイスであると言える。つまり、Browsing モードにはプロジェクタが適しており、Retrieval モードには携帯端末が適していると言える。

次に情報の提示方法について考察する。Browsing モードと Retrieval モードで求められる情報の特徴を表 2 に示す。Browsing モードでは、人は環境内の全ての情報を無意識に欲している状態であり、提示される情報は人に対して情報への気づきを与えることが求められる。そのため、個々の情報は概略を直感的に伝えるような表現が適しており、提示される環境を利用する全ての人とその情報に平等に気づける状態であることが望まれる。一方、Retrieval モードで提示される情報は、人の明確な志向に答えられるだけの詳細さが求められる。しかし、このような詳細な情報は、多くの場合他の人には必要が無いので、明確に志向した人に対してのみ提示されていれば良い。逆に不要な情報を他の人に対して提示することは、その人の認知負荷を不必要に高めてしまうことになる。つまり、Browsing モードでプロジェクタを用いて直接実環境に投射する情報は直感的に概略を伝えるような表現が適しており、Retrieval モードでは、情報を必要としているユーザの携帯端末上に詳細な情報を提示するのが適している。

透過型の HMD は、人が所有するタイプの情報提示デバイスであるが、注視を前提とした情報提示デバイスではなく、人の有効視野内に実環境と関連付けられた情報を偏在させることができる。また、Wearable Computing の研究領域では、日常的に装着するデバイスとしての議論が行なわれており、Retrieval モードだけでなく Browsing モードにも適した情報提示が可能なデバイスとしての可能性を秘めている。現時点では透過型の HMD を日常的に装着している人はほとんどいないため今回の議論からは除外したが、今回行なった情報の提示方法に関する議論は HMD に情報を提示する際にも有効であると考えられる。

## 2.3 モード間のシームレスな移行の実現

情報提示に 2 種類の異なるデバイスを用いた場合、デバイスの切り替えに手間が生じるので、ユーザのモード切り替えに支障を来す可能性がある。つまり、プロジェクタで投影された概略情報に興味を持つ

たときに、その詳細情報にアクセスする方法が煩雑であると、ユーザは情報取得行動そのものをやめてしまうかもしれない。珍しい物に気づき、視線を向けて観察するというように簡単かつ直感的な動作でモードを切り替えができる必要がある。

そこで本研究では、プロジェクタで投影された概略情報に対して携帯端末を翳すことで、詳細情報にアクセスする方法を採用する。携帯端末を翳すことで詳細情報を得るという方法は、虫眼鏡で実世界を細かく見る行為と似ており、直感的なインタラクション方法と言えるだろう（このようなインタラクションメタファは「虫眼鏡メタファ」と呼ばれる[11]）。また、翳すという行為をトリガーとすることで、懐から携帯端末を取り出し翳すという単純な動作で Retrieval モードに移行することができる。

次章では、携帯端末を翳すことで詳細情報へのアクセスを可能とする技術として秘映プロジェクタを提案する。

### 3 秘映プロジェクタ：赤外光による情報の投光が可能なプロジェクタ

我々は、プロジェクタと携帯端末とのシームレスな連携を可能とするため、可視光と非可視光（赤外光）を同時に投光可能なプロジェクタ：秘映プロジェクタ（HIEI Projector: Harmonious Invisible Extended Information Projector）を提案する。プロジェクタでこれまで活用されていなかった赤外の波長を利用することで、非可視波長を利用したアノテーションや、携帯端末との連携を可能とする不可視マーカの投影などが可能となる。赤外光で投影された映像は、赤外線カメラ等を通して見ることができる。プロジェクタから発せられる可視光と赤外光の波長の切り分けを正確に行なうことで、可視光で投影した映像に対して、赤外光で異なる映像を重ねて投影しても赤外線カメラを用いて読み取ることができる。

#### 3.1 携帯端末への情報提示方法

秘映プロジェクタと携帯端末の連携方法を図2に示す。秘映プロジェクタは、2種類の方法（IRアノテーション方式、IRマーカ方式）で携帯端末に対して情報を提示することができる。両者の一般的な特徴を述べる。

赤外光を用いて実環境に直接情報を重ね合わせて投影し、赤外線カメラを通して見る方法をIRアノテーション方式と呼ぶ。携帯端末等で実環境に重ね合わされた情報を閲覧する際には、携帯端末の動きに合わせてリアルタイムに実環境と情報（仮想オブジェクト）の位置あわせを行なう必要があるが、本方式では実環境に直接非可視光で情報を投影することができるため、手ぶれ等による位置あわせの再計算

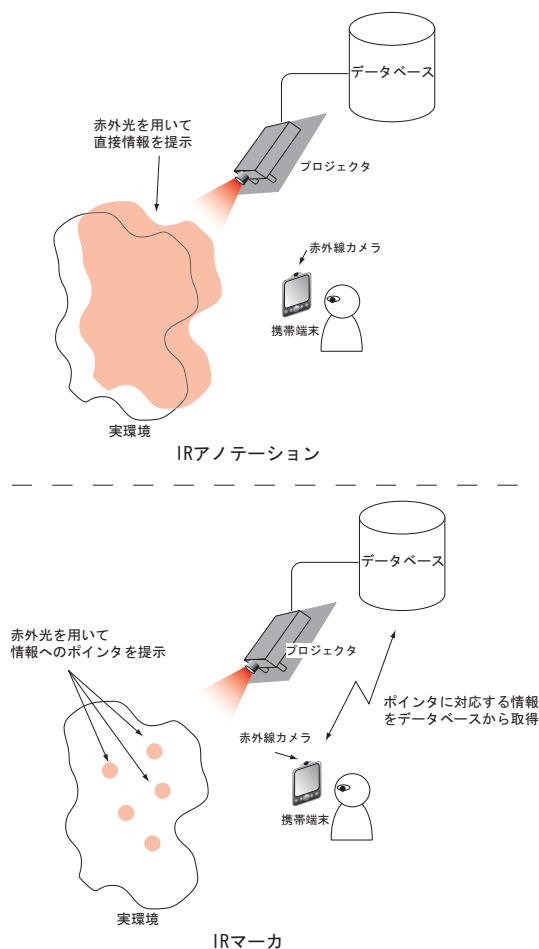


図 2. 携帯端末に対する情報提示方法

が必要ない。また、直接非可視光で投影された情報を読む方式のため、環境側のデータベース等とネットワーク接続を行い、新たに情報をダウンロードする必要がない。

一方、赤外光を用いて実環境にマーカを投影し、赤外線カメラでマーカを読み取り、マーカに対応する情報を携帯端末上に提示する方法をIRマーカ方式と呼ぶ。IRマーカ方式では、マーカに重ねて情報を特定の場所にオーバーレイする場合には、マーカのカメラに対する相対的な位置計算を行う必要があるが、マーカを利用することで個人に特化した情報を提示することが可能である。つまり、マーカが指定した情報をデータベースから取得する際にユーザ情報も合わせて送ることで、ユーザに応じた情報を携帯端末に提示することができる。

#### 3.2 ユーザのモードに対応した情報提示の実現

秘映プロジェクタを利用することで、携帯端末をプロジェクションされた情報に翳すことで詳細な情報を閲覧することができる。秘映プロジェクタは前述のように2種類の方法で詳細情報をユーザに提示で

きるが、この時ユーザは情報源にアクセスするための設定等に煩わされる必要が無い。IR アノテーションの場合は、情報はすでにその場に提示されているため、そもそもネットワークの設定等は必要無く、また、IR マーカもネットワーク上の情報源にアクセスするための情報（例えば、URL や IP アドレス）をマーカに埋め込むことができるため、ユーザは詳細情報を得るためのネットワークの設定を意識する必要が無い。

そのため、秘映プロジェクトを用いた方式ではカメラ付きの携帯端末を取り出して翳すという一連の動作を行なうだけで情報にアクセスすることが可能であり、Browsing から Retrieval への移行をシームレスに行なうことができる。

#### 4 試作システム

我々は、現在秘映プロジェクトを試作し、掲示板を拡張するシステムを実現している。本項では利用シーンを述べた後、試作した秘映プロジェクトについて報告する。

##### 4.1 Bulletin Board with HIEI

Bulletin Board with HIEI は、過去の掲示物や掲示物に関連する詳細情報を伝える秘映プロジェクトによって拡張された掲示板である。

社内や学校の掲示板はそのコミュニティでの活動に必要な情報が提示されているが、掲示板の大きさは有限なため、新たな情報を貼る際に古い情報は貼り替えられてしまい、時として必要な情報を見逃してしまうことがある。また、同様に個々の掲示物も有限な掲示板のスペースを広く占有することができないため、例えば会議や展示会の告知ポスターの場合、展示会の場所や日程などの概要と、ホームページアドレスや問合せ先などの詳細な情報へのポイントのみが提示される場合が多い。しかし、興味が多少ある程度の情報の場合、その場で手軽に詳細情報へアクセスする手段がないと、そのまま忘れ去られてしまう可能性が高い。つまり、掲示板は物理的制約から、情報提示スペースとして

1. 過去の掲示物を貼り替えることで Browsing に必要な情報を減じている
2. 詳細情報へのアクセスが難しく、Retrieval モードへの移行を阻害している

という問題を抱えている。このような既存の掲示板に対して秘映プロジェクトを導入することで、以下のような方法で情報を閲覧できる。

1. 最近掲示物が貼り替えられた場所に対して、可視光で光の痕跡を残し赤外光で過去の掲示物に対するポイントを残す。掲示板上の時間経過の概要を痕跡により伝えることで、例えば、長期間居なかった人は、居なかった期間の掲示

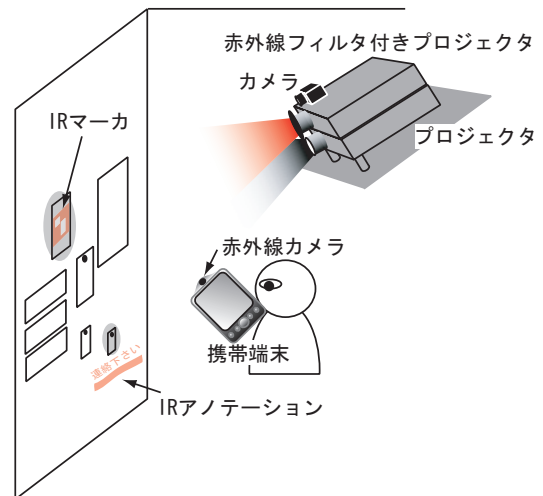


図 3. システム構成

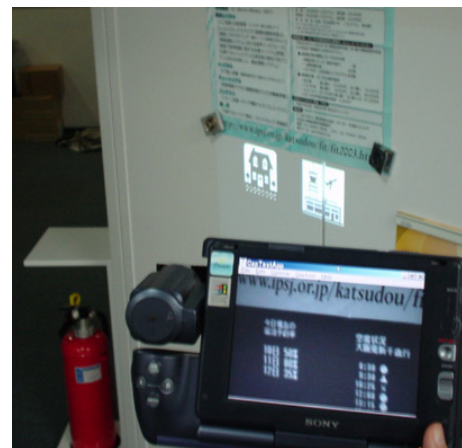


図 4. 携帯端末を翳すことで詳細情報を閲覧

物を見たいと感じるかもしれない（取得対象の明確化）。過去の掲示物を見たいユーザは、携帯端末を痕跡に翳すことで、過去の掲示物を見ることができる。

2. 掲示物に載せることができない詳細情報や動的に変化する情報を赤外光で投影し、それらの情報の存在と種類を示したアイコンを可視光で提示する。これにより、アイコンを見て詳細情報を見たいと思った人は、携帯端末を通して情報を閲覧することができる。

##### 4.2 試作システム概要

試作システムは、可視光投光用の液晶プロジェクタと赤外光投光用の DLP プロジェクタとカメラ及び計算機から構成される（図 3）。赤外光投光用のプロジェクタは、プロジェクタのレンズに赤外線フィルタ（760nm の波長域付近を通す特性を持ったバンドパスフィルタ）を貼り付けることで代用した。カメラ



図 5. IR アノテーション例 (下は赤外線フィルタを通して撮影した画像)

は可視光と赤外光の投光位置を合わせるためのキャリブレーションや掲示物の貼り変えの検出等に用いた。また、赤外光を読み取る携帯端末としては、カメラ付きの小型のノートパソコンを利用した。携帯端末のカメラにもプロジェクタに貼りつけた物と同じ特性を持つ赤外線フィルタを貼り付けることで、赤外光を読み取り可能にした。

#### 4.2.1 IR アノテーション

本試作システムを用いた、IR アノテーションの例を図 5 に示す。上の画像は通常の状態では撮影した画像、下の画像は同じ場所を赤外線フィルタを通して撮影した画像である。可視光で投影した情報(アイコン)に重ねて赤外光で別の情報を提示しても、読み取りに影響が無いことがわかる。

#### 4.2.2 IR マーカ

IR マーカ方式を実現するために、試作システムでは QR コードを利用した。QR コードは 2 次元コードに一種であり、ISO(ISO/IEC18004) または JIS(JIS-X-0510) にて規格制定されている<sup>1</sup>。従来のバーコードの数十倍から数百倍の情報量を扱うことが可能であり、また、デコード用のソフトウェアを導入すれば、市販のカメラで読み取り可能である。最近では、一部のカメラ付き携帯電話でも読み取ることができる。

<sup>1</sup> QR コードドットコム <http://www.qrcode.com/>

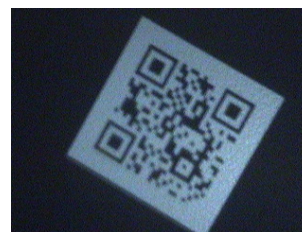


図 6. IR マーカ例 (上: 作成した QR コード, 下: 赤外線カメラを通して撮影した画像)

QR コードのサンプルと、その QR コードを赤外光で投影し、携帯端末のカメラで撮影した画像を図 6 に示す。QR コードのデコードには、QR Code Decode Library<sup>2</sup>を用いた。

#### 4.3 基本動作

Bulletin Board with HIEI では、可視光で過去に貼られていた掲示物の痕跡や、会議の参加登録状況や展示会の宿泊予約状況などといった動的に変化する情報、また、個々の講演などの詳細情報などの情報の存在を示すアイコンが提示される。過去に貼られていた掲示物の痕跡は時間が経つにつれて徐々に色が薄くなっていき、一定時間が経つと消滅する。痕跡にはその場に貼られていた過去の掲示物の ID がエンコードされた IR マーカが赤外光で投影されている。携帯端末を痕跡に翳すことで、過去のポスターの画像が環境側のデータベースから携帯端末にダウンロードされ、携帯端末上に表示される。詳細情報を表すアイコンにも Web ページの URL がエンコードされた IR マーカが重ねて投影されており、携帯端末を翳すことで Web ブラウザが起動し携帯端末に会議等のトップページが表示されるため、ユーザは提示されたページを起点に自分の見たい情報を能動的に閲覧することができる(図 7)。図 5 は、会議の宿泊及び飛行機の予約状況をアイコンに重ねて直接赤外光で重ねて投影している様子を写した写真である。

#### 4.4 提示情報の動的変更

Bulletin Board with HIEI では情報をプロジェクタで投影している利点を生かし、提示する情報を動

<sup>2</sup> Psytec <http://www.psytec.co.jp/>

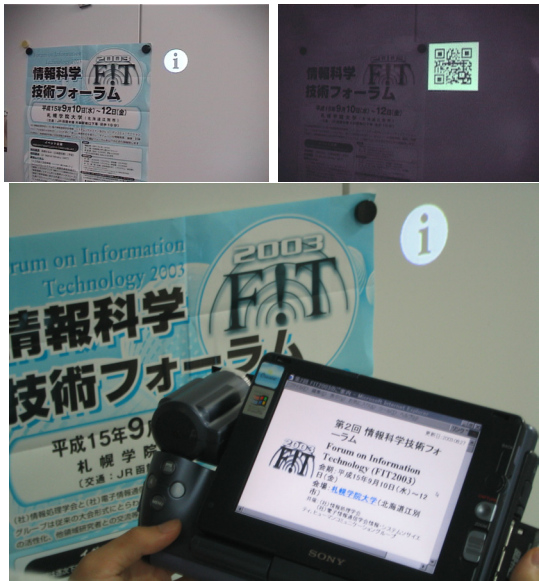


図 7. マーカに対応した Web ページの提示 (左上: 可視画像, 右上: 赤外画像, 下: 携帯端末を翳してホームページを閲覧している様子)

的に変化させることができる。例えば、過去に貼られていた掲示物の痕跡は時間が経つと自動的に消滅すると述べたが、可視光で投影されている痕跡が消えると同時に赤外光で投影している IR マーカも消去される。図 5 で提示している宿泊等の予約状況は会議日程が過ぎると不要になるが、情報の提示期間を設定することで、期間を過ぎたら自動的に情報を消去したり、異なる情報に変える (会議期日を過ぎたら会議の参加報告に変える等) ことが可能である。また、提示時間だけでなく提示場所を変えることもできる。例えば交通情報と提示情報をリンクさせることで、会社周辺の路線図が描かれている貼り紙上に、渋滞場所の情報を重ねて投影することができる。

さらに、掲示情報を閲覧者の行動に応じてインタラクティブに変化させることも可能である。例えば携帯端末を翳すことでホームページ (詳細情報) にアクセスした人の数を集計し、人数に応じて詳細情報を示すアイコンに推薦マークを加えることもできる。

## 5 議論

### 5.1 活用方法

#### (1) その他の適用例

今回の試作システムでは、既存の掲示板を秘映プロジェクトで拡張したが、提案手法はさまざまな場所への適用が考えられる。例えば、図 8 は社内の共用のコーヒーメーカーに関連付けて情報を提示した写真である。携帯端末を翳すと美味しいコーヒーの入れ方等の情報を見ることができる。また、分か



図 8. コーヒーメーカーに対する可視/不可視アノテーション (アイコンに携帯端末を翳すとコーヒーの美味しい入れ方を閲覧できる)

れ道等に道先に何があるのかを提示するような適用例も考えられる (例えば、道先にある施設の種類をアイコンで提示し、携帯端末を翳すと施設の利用時間や品揃え等が表示される)。

#### (2) 複数の非可視波長の重ね合わせ

我々が試作した秘映プロジェクトは単一の非可視波長を利用したが、複数の非可視波長を重ね合わせて利用する方法も考えられる。例えば、様々な言語圏の人が集まるような場所 (空港等) では、ユーザが非可視光で提示された言葉を読めない可能性がある。このような問題は、複数の非可視波長を用い、それぞれの波長に一言語を割り当てて重ねて投影することで解消できる。ユーザは、自国の言語が投影されている波長のみを通すバンドパスフィルタを携帯端末のレンズに付けることで、情報を自国の言葉で見ることができる。

#### (3) 提示する情報の登録方法

本論文では、情報を閲覧するユーザの立場から議論を行ったが、実環境に情報を登録する際の簡易的な方法も望まれる。IR マーカを用いることで携帯端末の位置を知ることができるため、ユーザが携帯端末上で編集した情報を提示したい場所に投影することができる。方法を以下に述べる。

まず、携帯端末上で投影したい情報を編集し、投影方式 (可視光投影, IR アノテーション方式, IR マーカ方式) を選択する。次に携帯端末を閲覧する時と同様に、情報を投影したい場所に翳し、登録ボタンを押す。すると、情報及び投影方式が秘映プロジェクトが接続されている計算機に送信され、計算機は IR マーカを投影面全体に敷き詰めた画像を環境に投影する。例えば、図 9 のように投影面を  $32 \times 24$  に分割し、 $0 \sim 767$  までの ID を埋め込んだマーカを作成し、投影面の左上から順に投影していく。ユーザの携帯端末は自分が翳している場所の IR マーカを取得しデコードする。例えばデコードされた ID が 226

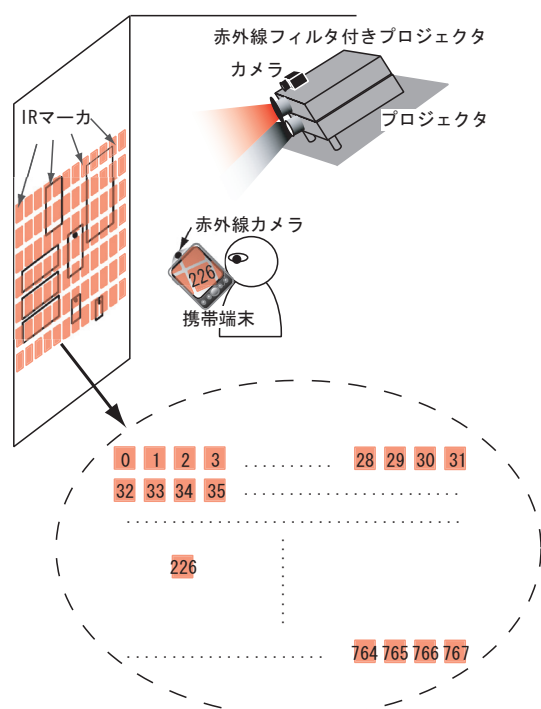


図 9. 携帯端末の位置入力

であれば、投影面の7行2列目 ( $7 \times 32 + 2 = 226$ ) の場所に携帯端末があることになる(最上段を0行, 左端の行は0列とした場合)。このIDを計算機に送ることで、どの場所に情報を投影すればよいかを指定することができる。このような方式を用いることでユーザは情報の取得と共に実環境に対する情報発信も同じ携帯端末を利用して行うことができる。

## 5.2 秘映プロジェクタの有効性について

### (1) IR マーカを投影する背景の影響

秘映プロジェクタでは赤外光を用いて直接情報を投影しているため、実環境の投影面の色やテクスチャの影響を受ける。我々が行った実験によれば、黒を除く背景色は十分な反射光が得られた反面、黒などの赤外線吸収する色が背景色の場合にはIRマーカの認識が困難であった[16]。また、色によって赤外線の反射率が異なるため、十分な光量が得られない場合は、認識が難しい可能性がある。

しかし、黒系統の背景色も、実際には若干の反射が検出されたため、投光量を増やすことで認識は可能だと考えられる。また、提示するIRマーカを一定時間ごとに点滅又は反転させて、それぞれの画像の差分を求めることで、背景の影響をある程度除去することができる。実際にIRマーカの投影前と投影後の画像の差分画像を用い手動で閾値を調整したところ、黒色の投影面に投影したIRマーカも読み取ることができた。一定時間ごとにIRマーカを変化させるという方法はマーカに乗せるビット数を増や

すという方法にも利用可能である[6]。ただし、携帯端末を用いた場合、この手法は手ぶれの影響を受けるため、複数枚の画像の差分を求める際には、それぞれの画像のどの部分が重なっているかについての画像間の対応付けに関する処理が必要となる。

### (2) 他の光源の影響

太陽光線は赤外光を多く含んでいるため、本システムの利用は屋内や夜間など太陽光線の影響を受けない状況に限定される。試作システムは現在室内の蛍光灯等が敷設されている場所に設置しているが、プロジェクタの光量が十分得られれば、カメラでこれらの光源を直接覗かない限り影響は無かった。

### (3) オクルージョン

プロジェクタを利用した場合、オクルージョンの問題が発生する。可視光による投影では、投影された映像が何によって遮蔽されたかは容易に判断可能であるが、赤外光の場合には非可視のため困難となる。提案手法では、可視光で投影したアイコン等の位置に赤外光でIRマーカ等を重ねて提示したが、重ねて投影することで、可視光の遮蔽状態から赤外光の遮蔽を推測できるため、ユーザにオクルージョンの発生の有無に気づかせる意味でも有効である。

### (4) IR マーカの大きさ

今回試作したシステムではIRマーカとしてQRコードを利用したが、CyberCode[13]などの一部の2次元マトリックスコードは、エンコードされたコードと共に、キャプチャしたカメラとIRマーカの位置・方向関係がわかるという特徴がある。しかし、プロジェクタでマーカを投影した場合、プロジェクタと投影面との距離に応じてマーカの大きさが変わるため、カメラとマーカの位置関係は知ることはできない。一方マーカの大きさを自由に変えることができるという特徴を利用して、例えば遠くからでもマーカを認識させたいような場合には、マーカを大きめに投影して認識を助けるといった使い方ができる。計算機用にデザインされたビジュアルマーカの情報表現はユーザには意味の無いものであり、可視のマーカを大きくすることはユーザの視覚的負荷の増大に繋がったが、IRマーカは非可視でありその心配が無い。

## 6 関連研究

本研究では、プロジェクタと携帯端末の連携のために赤外光を用いたが、連携を可能とする技術としては、各種位置センサが考えられる[4]。ActiveBat[1]、Cricket[9]等をプロジェクタと携帯端末の連携を実現した場合、基本的にはプロジェクタ投影面とセンサとの位置あわせを行なわなければならない。これに対し、マーカを直接プロジェクタで投影する方式

は、位置あわせが必要ない<sup>3</sup>。また上記のセンサは、位置認識のために特殊なデバイスを必要とするが、ビジュアルマーカ方式では、近年多くの携帯機器に据え付けられているカメラを利用することができる。加えて、ビジュアルマーカはIPアドレスやURLなどを埋め込むことができるため、プロジェクタが接続されている環境側のサーバと携帯端末を連携前に予めネットワークで接続しておかなくても良いという利点がある。また、Navigeta[14]のように、床や天井にRFID等のセンサを埋め込んで位置を取得する方法もあるが、これらのシステムはプロジェクタの投影面側に大掛かりな敷設作業が必要である。

実世界での状況認識にビジュアルマーカの研究としては、CyberCode[13]やVCC[6]を挙げることができるが、これらのマーカは可視でありユーザにコードの存在を意識させてしまう。牧野らは赤外線透過率の高い顔料を用いた非可視バーコード[7]を提案しているが、我々はプロジェクタで不可視バーコードを投影することで、動的な位置やコードの変更を可能としている。

プロジェクタを用いて実世界に情報を投影する研究としては、ED projector[8]、iLamps[10]、I/O Bulb[17]、Optical Stain[15]等を挙げることができるが、これらの研究は、プロジェクタに閉じた情報の提示方法を提案しておりユーザの情報取得行動に応じた携帯端末との連携については言及していない。Augmented Surfaces[12]は、プロジェクタと携帯端末を連動させるという点で本研究と似ているが、携帯端末に取り付けられた付けられたビジュアルマーカを環境側のカメラで認識しており、実現手法が異なるといえる。

## 7 おわりに

本稿では、実環境に関連付けられた情報を効率的に閲覧する方法としてプロジェクタと携帯端末を使い分けることを提案し、両デバイス間をシームレスに移行するための技術として秘映プロジェクタを提案した。また、実際に試作したシステムを紹介し、提案手法の可能性を示した。現在のところ試作システムは既成のプロジェクタを利用しているため、赤外光の光量が十分とは言えない。今後、装置の改良を試みると共に、秘映プロジェクタの有効性に関する評価実験を進めていく予定である。

## 参考文献

<sup>3</sup> 試作システムでは、2台のプロジェクタを用いているため、投影面の位置あわせを行なっているが、例えば単板式DLPプロジェクタの回転フィルタに赤外線フィルタを追加する等の方法で一台で実現すれば、位置あわせは必要ない。

- [1] M. Addlesee, R. Curwen, S. Hodges, J. Newman, P. Stegges, A. Ward, A. Hopper: Implementing Sentient Computing System, IEEE Computer Magazine, Vol.34, No.8, pp. 50-56, 2001.
- [2] R. T. Azuma: A Survey of Augmented Reality, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 6, No. 4, pp. 355 - 385, 1997.
- [3] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto: Modern Information Retrieval, ADDISON-WESLEY, 1999.
- [4] J. Hightower and G. Borriello: Location Systems for Ubiquitous Computing, Computer, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, IEEE Computer Society Press, 2001.
- [5] S. S. Intille: Change Blind Information Display for Ubiquitous Computing Environment, Ubicomp2002, 2002.
- [6] 岸野泰恵, 塚本昌彦, 坂根裕, 西尾章治郎: コンピュータディスプレイ上の自律移動型の半透明ビジュアルマーカ, インタラクシオン 2002, pp.14-21, 2002.
- [7] 牧野秀夫, 森下文仁, 阿部好夫, 山宮士郎, 長谷川勝, 石井郁夫, 中静真: 非可視型バーコードを用いた視覚障害者用物体案内方式の研究, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-D-II, No. 11, pp.3094-3100, 1997.
- [8] C. Pinhanez: The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces, UbiComp2001, pp. 315-331, 2001.
- [9] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan: The Cricket Location-Support System, MOBICOM, 2000.
- [10] R. Raskar, J. Baar, P. Beardsley, T. Willwacher, S. Rao, C. Forlines: iLamps: Geometrically Aware and Self-Configuring Projectors, ACM Transactions on Graphics, 2003.
- [11] 暦本純一: 簡易性とスケーラビリティを考慮した拡張現実感システムの提案, WISS'95, pp. 49-56, 1995.
- [12] J. Rekimoto and M. Saitoh: Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Workspace for Hybrid Computing Environments, CHI'99, pp. 378-385, 1999.
- [13] J. Rekimoto and Y. Ayatsuka: CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags, DARE 2000, 2000.
- [14] 椎尾一郎, 山本吉伸: コミュニケーションツールのための簡易型ARシステム, WISS2000, pp. 117-124, 2000.
- [15] 白井良成, 大和田龍夫, 亀井剛次, 桑原和宏: 実環境指向のウェアネス情報とその提示手法, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp. 3653-3663, 2002.
- [16] 白井良成, 松下光範: IRプロジェクタを用いた実環境への情報提示手法の提案, 情報処理技術レターズ (FIT2003), pp.287-289, 2003.
- [17] J. Underkoffler, B. Ullmer, and H. Ishii: Emancipated Pixels: Real-World Graphics In The Luminous Room, in Proceedings of SIGGRAPH '99, pp. 385-392, 1999.