

# 多重赤外光源と IR コースターによる情報識別の基礎検討

平田 五月<sup>1,a)</sup> 堤 修平<sup>2</sup> 田中 琢磨<sup>1</sup> 松下 光範<sup>2</sup>

**概要:** 本稿では、赤外波長の特性を利用して複数の情報を提示することが可能なテーブルトップオブジェクトを提案する。提案するオブジェクトは、波長の異なる赤外 LED を用いた発光オブジェクトと、特定波長以下の光を遮断するフィルタで作られた IR コースターである。ユーザはオブジェクトの下に敷く IR コースターを取り替えることでマークパタンを切り換え、提示する情報を変化させることができる。

## Basic Research on Information Discrimination by Wavelength of IR Lights with IR Coasters

SATSUKI HIRATA<sup>1,a)</sup> SYUHEI TSUTSUMI<sup>2</sup> TAKUMA TANAKA<sup>1</sup> MITSUNORI MATSUSHITA<sup>2</sup>

**Abstract:** This paper proposes a tabletop object which is used to provide multiple information selectively by focusing on characteristics of infrared wavelengths. Our proposed objects consist of two types of object: a light-emitting object which has infrared LEDs with different wavelengths, and IR coasters which doesn't penetrate lights under specific wavelengths. Obtained marker pattern can be differentiated by switching radiated IR lights from a certain wavelength to another, which are put under the light-emitting object.

### 1. はじめに

多人数で行う同一場での対面協調作業の支援手段として数多くのテーブル型のシステム (以下、テーブルトップシステムと記す) が提案されている [1]。一般的なテーブルトップシステムでは机の天板部分にディスプレイがはめ込まれており、ユーザはディスプレイに指で触れたりディスプレイ面上に実物体 (テーブルトップオブジェクト) を置き、ディスプレイ上に提示されている情報を操作するインタフェースとして用いたりすることができる。ユーザは画面に提示された情報を手や実物体で直接触れることで、「情報を操作している」という感覚をより直観的に感じられるようになる [2]。

テーブル面上に提示されている情報操作にテーブルトップオブジェクトを用いるには、そのオブジェクトの種類やテーブル上の位置を識別する必要がある。オブジェクトを

認識する例としてオブジェクトにマーカを付与し、カメラでそのマーカを読み取ることで認識する手法がある。しかし、既存のマーカの多くはオブジェクトの底面に印刷されたものが貼付されているだけであり、単一的な意味を持つものが多い。そのため、複数の情報を同時に扱おうとすると、扱う情報の分だけマーカやオブジェクトが必要になり、物体が複雑になる、机の上が煩雑になる、などの弊害を引き起こしてしまう。

この問題を解決するため、本研究では、テーブルトップシステムでの利用を前提とした提示情報が切り替え可能なオブジェクトと、それをを用いたオブジェクトの識別手法について提案する。

### 2. パッシブ型マーカとアクティブ型マーカ

テーブルトップシステムでオブジェクトを操作手段として用いる場合、映像投影面上に置かれたそのオブジェクトの位置と種類を認識する必要がある。この際の認識手法として、テーブル内部に光源を用意して机面に照射し、オブジェクトに貼付されたマーカの反射光からオブジェクトを認識する手法と、オブジェクト自体に発光機能を持たせ、

<sup>1</sup> 関西大学大学院 総合情報学研究所  
Graduate School of Informatics, Kansai University  
2-1-1 Ryozenji-cho, Takatsuki-shi, Osaka 569-1095, Japan

<sup>2</sup> 関西大学 総合情報学部  
Faculty of Informatics, Kansai University

a) k966409@kansai-u.ac.jp

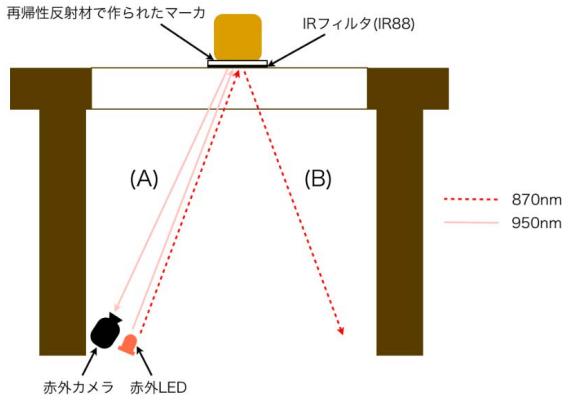


図 1 パッシブ型のマーカ  
Fig. 1 A passive marker

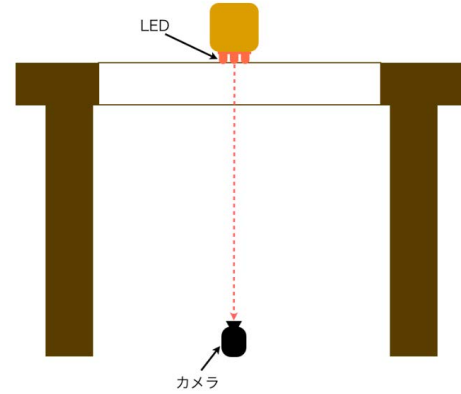


図 2 アクティブ型のマーカ  
Fig. 2 An active marker

その発光をマーカとみなすことでオブジェクトを認識する手法の二つがある。本稿では前者をパッシブ型のマーカ、後者をアクティブ型のマーカと呼ぶ。本節では各手法を、マーカパターンを切り替える方式に用いた際の特徴について述べる。

## 2.1 パッシブ型のマーカ

上述したように、パッシブ型のマーカは再帰性反射材などの素材でマーカを構成し、そのマーカに照射した赤外光の反射をカメラで撮像してその位置を認識する。そのマーカを IR フィルタ (特定の波長以上の光のみ透過するフィルタ) で覆うことで、反射する光の波長を制御することで提示する情報を変化させることが可能になる。例えば、照射する赤外光の波長が IR フィルタの透過波長より長い波長の場合、図 1-(A) のように、オブジェクトに貼付した再帰性反射材のマーカにより照射方向へと戻るため、光源の近くに配置した赤外カメラでマーカパターンを撮像することができる。一方、図 1-(B) のように照射する赤外光の波長が IR フィルタを透過する波長より短い波長の場合、赤外光はフィルタ表面で反射し、赤外カメラで光を撮影することができない。

この方式では、テーブルトップオブジェクトに電源やセンサを付与する必要がないため簡便な構成で済む反面、マーカの自由度はそれほど高くならない。

## 2.2 アクティブ型のマーカ

上述したように、アクティブ型のマーカは、テーブルトップオブジェクト自体に発光機能を持たせ、その明滅によってマーカパターンを作る。そのマーカパターンを図 2 のようにカメラで撮像することで、そのマーカの位置や種類を認識する。この方式を用いたマーカとしては、岸野らの LED マーカが挙げられる [3]。

この方式では、テーブルトップオブジェクトに電源を備

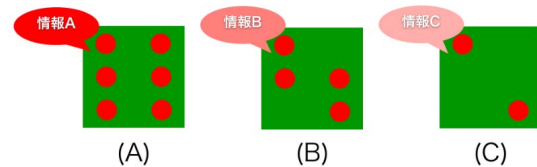


図 3 アクティブ型マーカの明滅パターン  
Fig. 3 Brinking pattern of active marker

える必要があるが、図 3 のように明滅パターンを変化させることで、複雑なマーカパターンを作ることができ、情報の付与や情報の変化の自由度を高めることが可能になる。

本稿では、このアクティブ型マーカを用いてプロトタイプシステムを実装した。以下にその詳細について述べる。

## 3. コースターによる情報識別

アクティブ型マーカにおいて、マーカパターンを切り替える手段として、テーブルトップオブジェクト自体にボタンなどを付与し、それを押すことで切り替える方式が考えられる。しかしこの方式の場合、「どのボタンを押した時にどのような情報が提示されるのか」といった対応関係を常に意識しなければならない、直感的な操作を阻害してしまう懸念が生じる。

この問題を解決するために、本研究では発光オブジェクトの下に「コースターを敷く」といった単純なインタラクションで情報を切り替える方式を提案する。これは、「コースターを取り替える」という行為を「明示的に情報を切り替えている」というユーザの意識と対応付けることで、直感的な情報操作を狙った方式である。情報の切り替えのトリガをコースターにすることで、例えば、カフェなどで利用するテーブルトップシステムを想定した場合、提案する LED マーカをコップの下につけ、そのコップの下に敷くコースターを取り替えることで異なる情報を得られるようにするというインタラクションが実現できるようになる。

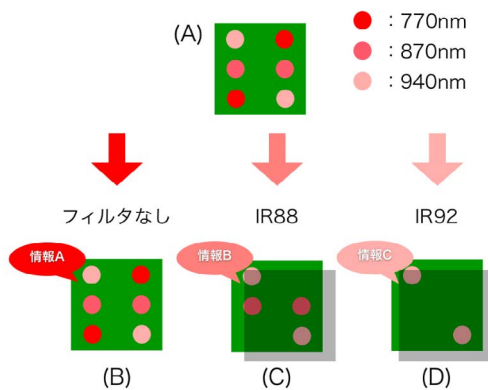


図 4 赤外波長の違いを利用したマーカパターンの変化  
Fig. 4 Pattern discrimination by using IR wavelength

## 4. 提案システム

本節では複数のマーカパターンを作ることができる発光オブジェクトと、そのオブジェクトの下に敷くことでマーカパターンを変化させることができる IR コースターについて述べる。

### 4.1 オブジェクトの構成

本システムで用いるオブジェクトは、LED を有した発光オブジェクトと IR フィルタでできた IR コースターの 2 つで構成されている。発光オブジェクトに複数の情報を持たせるために、3 種類の波長が異なる赤外 LED (ピーク波長が 770nm, 870nm, 940nm) を図 4-(A) のように 2 個ずつ並べてオブジェクトのマーカとした。赤外 LED を使用することで、マーカの光とプロジェクタの可視光の競合を防ぐことができる。LED を用いることで岸野らの提案するマーカと同様に光の明滅によるマーカパターンの変化が可能になる。また、異なる複数の波長の赤外 LED を用いることで、フィルタによるマーカパターンの変化が可能になる。マーカパターンを認識するためのカメラを図 5 のようにテーブルの下部に設置するため、LED はオブジェクトの下部に、オブジェクトをテーブルの上に置いた時にテーブル面に向けて照射できるように配置した。

また、ユーザが直感的に提示する情報を変化できるようにするために、異なる特定波長以下の光を透過しない IR フィルタを用いたコースターを複数作成した。本稿のプロトタイプシステムでは、880nm 以下の光を透過しない IR フィルタ (IR88) と、920nm 以下の光を透過しない IR フィルタ (IR92) を各々コースターとした。本稿ではこれらを IR コースターと呼ぶ。

提案システムでは、これら 2 つのオブジェクトを使い情報識別を行う。

### 4.2 オブジェクトの認識方法

本研究で使用するテーブルシステムは、オブジェクトに

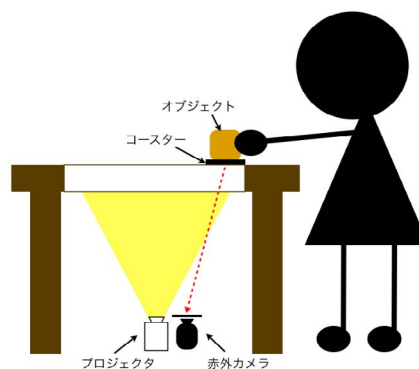


図 5 システムの概観  
Fig. 5 System outline

よるオクルージョンを避けるため図 5 のようにテーブルの下部からテーブル面に投影するバックプロジェクション方式を採用した。また、マーカを認識するための赤外カメラもテーブルの下から撮像するようにした。

マーカの認識は、赤外カメラで天板裏面から撮像した LED の発光の画像を二値化して判別している。このとき、LED の光の個数によってオブジェクトの下にどのコースターが敷かれているかを判断し、提示する情報を変化させる。また、LED の光を手がかりにオブジェクトの位置を特定する。発光オブジェクトには、770nm, 870nm, 940nm の赤外 LED を利用しているため、オブジェクトに取り付けているマーカ自体は図 4-(A) のように光っている。発光オブジェクトをテーブル上にコースターを敷かずにと、カメラ側では図 4-(B) のように LED が 6 つ全て光っているように見える。また、実際のカメラ側の画像は 6-(A) のように見える。IR88 を使った IR コースターをオブジェクトの下に敷くことで、770nm の赤外光が遮光されカメラ側では図 4-(C) のように LED が 4 つ光っていると認識される。この時、870nm の赤外 LED は波長のピークが 870nm であるため、図 6-(B) のように 870nm 赤外 LED から照射される 880nm 以上のわずかな光が IR コースターを透過しカメラ側でも確認することができる。さらに、IR92 を使ったコースターに切り替えると、770nm と 870nm の赤外光が遮られるため、カメラ側では図 4-(D) のように 940nm の光だけを確認できる。実際のカメラ側の画像は図 6-(C) のように見える。これらにより、オブジェクト自体のマーカの光り方を変えることなく、下に敷くコースターを切り替えるだけでユーザは手元で簡単に提示情報を変更できるようになる。

## 5. 関連研究

オブジェクトを認識する代表として、(1) オブジェクト自身にセンサを取り付ける方式と、(2) オブジェクトに張り付けたマーカをカメラで読みとり認識する方式が提案されている。オブジェクトにセンサを取り付ける方式では、

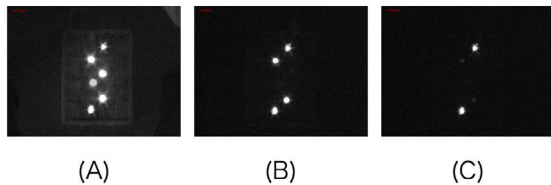


図 6 赤外カメラで取得したパタンの違い

Fig. 6 Pattern difference captured by IR camera

センサやデバイスの動力として電源が必要となるが、センサによって様々な情報を得ることができるためより複雑な操作をすることができるようになる。マーカをオブジェクトに取り付ける方式は、特別なデバイスを用意すること無く認識するマーカとカメラを用意すればできる反面、環境光などの影響を受けやすい。

マーカで位置を特定するシステムのオブジェクトとして、SLAP[4]が上げられる。これはテーブルトップシステムで利用するための透明なオブジェクトである。提案されているオブジェクトにはオブジェクトの種類や位置特定するために反射材がつけられている。赤外 LED の光をそのオブジェクトに向けて投射すると、オブジェクトについている反射材からの反射光を赤外カメラで撮影することができ、オブジェクトの種類や位置を認識する。本稿のプロトタイプシステムではこのシステムと同様にオブジェクトのマーカに赤外 LED を使用することで、プロジェクターの可視光との競合を防ぐ。

情報を変化させられるマーカとして ActiveCyberCode[5]があげられる。これは既存の 2 次元コードである CyberCode の周りに可変部分となる新たなマーカを取り付け、指などでその可変部分を隠すことでマーカのパターンを変化させ、異なった情報を提示することができる。この方法で、単一のマーカに複数の情報を持たせることは可能となるが、カメラで認識するため可変部分がカメラの撮影可能な領域からはみ出した場合や可変部分に指以外の物が触れてしまった場合など、ユーザが意図していない情報を提示してしまうこともある。また、田中らの赤外波長特性を利用したマーカ [6] は、IR フィルタを用いたマーカに照射する赤外波長を変化させる事で、単一のマーカから異なる情報を提示することができる手法である。この方法では照射する赤外 LED の波長を変えることで提示する情報を変化させることができるが、一度マーカを作ると新たにマーカパターンを作ることができないため、情報を追加することは難しい。

本稿で提案するシステムではオブジェクトに岸野らの提案したマーカと同様にマーカパターンに複数の光源を使用した。その光源の明滅パターンを変え、単一のマーカに複数の情報を持たせることが可能である。オブジェクトの発する光源に赤外 LED を使用することでディスプレイやプロジェクターの発する可視光とマーカパタンの赤外光を分ける

ことが可能になる。これにより、赤外カメラを使うとオブジェクトの認識が可能になる。さらに、特定波長以下の光を透過しない IR フィルタを使用したコースターをユーザが明示的に切り替えることによって、直感的なインタラクションが可能になり、1 つのオブジェクトから複数の情報を選択的に取得することができる。

## 6. おわりに

本稿では、複数の IR フィルタを手元で切り替える事で異なる情報を提示する事ができるオブジェクトを作成した。これによりユーザはオブジェクトの下に敷くコースターを切り替えることで 1 つのオブジェクトから複数の情報を提示させることが可能となった。

本稿では異なる波長の赤外光を一斉に照射していたが、岸野らの LED マーカのように光るパターンを変更することでより複雑に情報を扱うことができるようになると思われる。また今回のシステムでは IR フィルタ 1 種類につき 1 つのコースターを作成したが、IR フィルタを複数を組み合わせて作ったコースターを用意すると、マーカの変化を増やすことができると考えている。今後、このようなマーカの多重化方法を考えるとともに提案手法が有効に利用できるアプリケーションについても検討する。

## 7. 謝辞

本研究は、科研費 基盤研究 C (課題番号: 24500160) の助成を受けたものである。記して謝意を示す。本研究の実施にあたって御助言・御協力を賜りました関西大学大学院総合情報学研究科の白水菜々重氏に深謝します。

## 参考文献

- [1] 松下光範, 土方嘉徳, 杉原敏昭: テーブル型システムの現状, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 1, pp. 35-58 (2007).
- [2] 北原圭吾, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一: 協調学習のためのテーブルトップインタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 11, pp. 3054-3062 (2006).
- [3] 岸野泰恵, 塚本昌彦, 坂根祐, 西尾章治郎: ウェアラブル環境のための LED を用いたビジュアルマーカ, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 9, pp. 2334-2343 (2003).
- [4] Weiss, M., Wagner, J., Jansen, Y., Jennings, R., Khoshabeh, R., Hollan, J.D., and Borchers, J.: SLAP widgets: bridging the gap between virtual and physical controls on tabletops. In *Proc. CHI2009*, pp. 481-490 (2009).
- [5] Yuji Ayatsuka, Jun Rekimoto: Active CyberCode: a directly controllable 2D code, In *Proc. CHI2006 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* pp. 490-495 (2006).
- [6] 田中琢磨, 阪口紗季, 松下光範: 複数波長の赤外光源を用いた物体認識手法, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, No. 4, pp. 365-366 (2012).