

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26880016

研究課題名(和文)実世界と情報空間を調和するフリーフォーム符号化型マーカの設計

研究課題名(英文)Design of free-formed coded marker for merging physical and cyber space

研究代表者

内山 英昭(Uchiyama, Hideaki)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・助教)

研究者番号：90735804

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文):本研究では,実世界と情報空間を調和する実世界センシング技術として,画像処理によって認識可能な2次元マーカの設計及びその周辺技術の研究を行った.一つ目は,符号化の技術として無線分野で提案されてきた符号分割多元接続技術を用いて符号化したマーカを設計した.この技術はノイズに頑健であることが特徴であるため,撮像の際に生じるノイズは幾何変換に対しても頑健に認識可能なマーカとなった.二つ目は,透明なシートにランダムなドットを設置したマーカである.透明なシートを用いた場合は背景が映り込むため,割り当て問題における最適化手法を利用することで,ロバストにドットの配置を認識する手法を提案した.

研究成果の概要(英文):In this work, we developed two types of 2-dimensional coded fiducial markers and their related technologies for merging physical and cyber spaces. The first marker is designed using code division multiple access(CDMA) that have been proposed in the field of wireless communications. Since CDMA is known as robust to noise, our proposed marker is also robust to noise caused under imaging and geometrical transformation. The second marker is randomly distributed on a transparent sheet. Since the background region of the marker is visible, we proposed a robust method for recognizing the distribution of the dots using a method for assignment problems.

研究分野: 拡張現実感

キーワード: マーカ トラッキング

1. 研究開始当初の背景

マーカとは、意図的に設定した目印や基準点のことであり、しばしば白黒の2値パターンで構成される。実世界に仮想物体を融合する技術である拡張現実感でもマーカが利用され、携帯電話などの画面付きカメラでマーカを撮影すると、画面上ではマーカ上にCGが重畳表示される。従来のマーカでは、光源環境が変化したり、変形したりする場合に認識に失敗する。例えば、日常生活の中でも、袋に印刷されたバーコードの読み取りに失敗するが多い。そこで、様々な形状の3次元物体に付与可能なマーカを提案し、様々な環境下におけるマーカの利便性を向上させることで、実世界と仮想世界を調和するインターフェースとしての新たな役目を具現化していく。

2. 研究の目的

本研究では、従来提案されてきたマーカの認識精度を向上させるために、様々な環境において復号可能な符号化・復号方式の設計することが目的である。モバイル端末などの低計算資源下かつ、多様な環境下においてマーカを利用した拡張現実感を実現するために、符号化型マーカが利用されると考えられる。そこで、任意形状に付与可能な符号化型マーカの開発を着想した。具体的には、形状認識に適したパターンの設計、任意形状下におけるマーカの検出及び復号手法を構築する。特に、拡張現実感用途のためには、リアルタイム処理を実現する必要があるため、認識精度と処理速度の両観点から検証を行う必要がある。

3. 研究の方法

従来の符号化型マーカでは、2次元マトリックスの各要素に正方形のような幾何プリミティブが敷き詰められているパターンが提案されてきた。これは、限られた矩形領域内に効率的に符号化された2値データを埋め込む方法が研究課題であった。本研究では、様々な環境下において復号可能な符号化型マーカを設計するにあたり、パターンの設計、マーカを撮影した画像からのマーカ検出、検出したマーカからのデータの復号の3つの手順の各々に対して、手法を構築する。

マーカを設計するにあたり、他分野の技術を導入することを検討する。今回取り組む認識精度の向上の課題は、他分野においても取り組まれており、マーカ設計に向けてそれらの技術を改良していくことで、高精度な認識が期待できる。また、従来備わっていなかった機能をマーカに埋め込むことも可能となる。

4. 研究成果

(1) 符号分割多元接続技術を用いたマーカの認識精度向上と機能拡張

符号分割多元接続技術(CDMA)とは、

通信分野で提案されている一技術であり、同一の周波数帯内で2つ以上の信号を多重化して同時に送信する技術である。本技術はスペクトル拡散に基づいており、通信中に生じるノイズに対して頑健であると言われていた。本研究では、CDMAは1次元の信号に対して用いられていたが、本研究ではマーカに含まれる2次元パターンの符号化に適用し、1つのマーカ上に複数のデータが多重化された2次元パターンを設計する。

図1と図2にマーカの符号化と復号の手順を示す。符号化では、初めに、複数の2次元データを準備する。次に、データ数分のコードを準備する。例えば、アダマール符号を用いる。最後に、コードをデータとXOR演算することでデータを符号化し、符号化したデータを足し合わせることで、データが多重化されたマーカを生成する。復号のプロセスでは、印刷されたマーカを撮影し、マーカ領域を抽出する。次に検出されたマーカ領域に対して、符号化に用いたコードをXOR演算する。これにより、データを復号することができる。

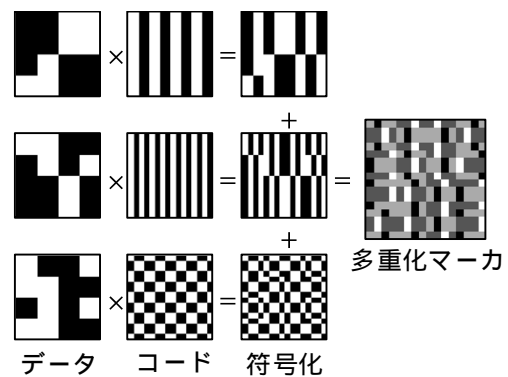


図1 符号化

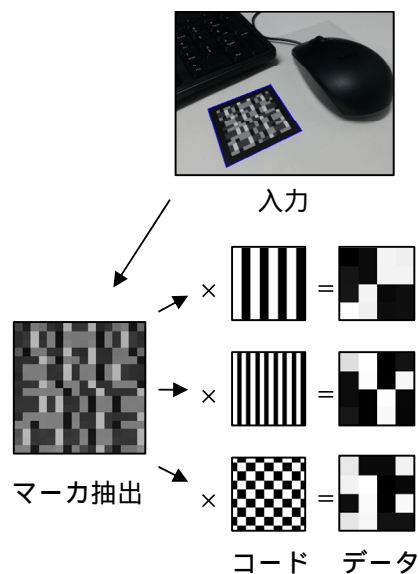


図2 復号

本マーカの特徴は、符号化に用いたコードを用いなければ、符号化されたデータを復号できない点である。つまり、データの隠蔽性が高く、コードに応じて表示するデータを切り替えるといった今までになかった機能をマーカに加えることができた。この機能は、例えば、アプリケーションをダウンロードする際に、年齢によって異なるコードを含ませる。これにより、同一のコードから年齢によって異なるデータを取り出させることができる。また、従来のマーカでは一般に白と黒の2値が用いられてきた。提案手法では、画像の輝度の空間にデータを多重化させている。これにより、生成されるマーカは多値になる。多値は2値に比べて光源変化などの影響を受けやすいと考えられている。しかし、CDMAの符号化技術は、図3のように、視点変化が起こった場合にも復号ができることが確認できた。

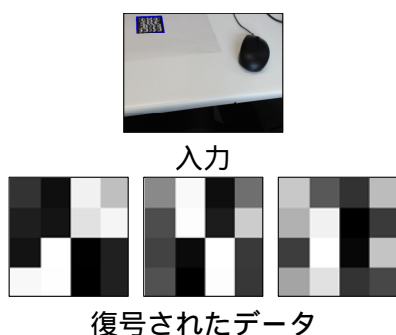


図3 視点変化に対する頑健性

(2) 透明なシートにランダムドットを印刷したマーカ

実空間に違和感なく存在させられるようなマーカとして、透明なシートにランダムなドットを印刷したマーカを提案した。ドットの領域はシートの1%程度であるため、従来の矩形マーカと比べて、見た目の遮蔽度は大きく削減されている。透明なシートを用いる場合には、背景領域が映り込むため、ドットを認識する場合に、背景にあるテクスチャがドットの認識精度を低下させることがある。そこで、本研究では、ドット認識問題をドットの割り当て問題として置き換え、割り当ての最適化手法を用いることで、認識精度を向上させた。これにより、手でマーカを持った場合にも、マーカを認識することが可能となった。このような透明なマーカは下記の2つの特性がある。

一つ目は、マーカの両面を使うことができるということである。図4に示すように、ドットの配置を認識することで表と裏を識別できる。これは360度どこから見てもマーカを認識できることに等しい。従来のマーカでも紙の両面にマーカを印刷することで同一のことができるが、提案マーカではドット

を片面に印刷するのみで、両面を認識できるようになる。

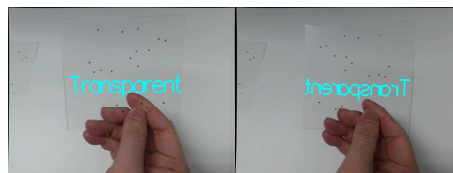


図4 両面の認識結果

二つ目は、図5のように、マーカを重ねることが可能であることである。マーカを重ねた際はドットの認識が低下することもあるが、割り当て問題の最適化技術を利用することで、ドットを精度よく認識できるようになった。これは透明なシートを用いるからこそ可能なマーカの使い方の一つである。従来のマーカでは、一般的な紙に印刷するために、紙の裏側を撮影することはできない。提案マーカではマーカの背景を見ることができ、さらにそこにマーカを置いて認識させることも可能である。例えば、マーカを重ねあわせることは、情報空間における足し算を表すインタラクションに使うことが考えられる。

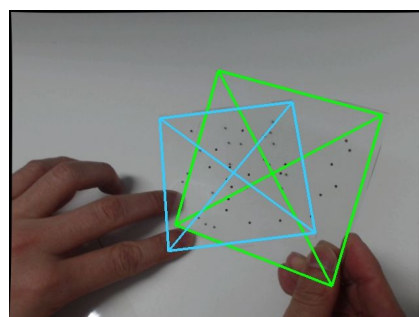


図5 重ねた際の認識結果

このようにロバストな認識技術を用いることで、従来の紙に印刷したり、透明なシートに印刷した場合に加え、プロジェクタで平面にマーカが投影された場合にも、よりロバストに認識することも可能となった。特にドットは投影面にテクスチャがある場合にもある程度認識が可能である。これは、プロジェクタカメラシステムにおける3次元計測やプロジェクションマッピングのための形状計測等にも利用できることが想定される。

5. 主な発表論文等  
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Joao Paulo Silva do Monte Lima, Francisco Paulo Magalhaes Simoes, Hideaki Uchiyama, Veronica Teichrieb and Eric Marchand, Depth-assisted rectification for real-time object detection and pose estimation, Machine Vision and Applications, 査読有, Vol. 27, pp.193-219, 2016.

Eric Marchand, Hideaki Uchiyama and Fabien Spindler, Pose estimation for augmented reality: a hands-on survey, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 査読有, pp.1-18, 2016.

[学会発表](計4件)

Naoyuki Maeda, Amandine Paulo-Guieu, Ngo Thanh Trung, Hideaki Uchiyama, Hajime Nagahara and Rin-Ichiro Taniguchi, Bundler for Fisheye Camera Models, 22th Japan-Korea Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, 査読有, pp.1-5, 2016, 高山.

Yosuke Nakagawa, Hideaki Uchiyama, Hajime Nagahara and Rin-ichiro Taniguchi, Estimating surface normals with depth image gradients for fast and accurate registration, International Conference on 3D Vision, 査読有, pp.1-8, 2015, フランス.

Hideaki Uchiyama, Takafumi Taketomi, Sei Ikeda, Joao Paulo Silva do Monte Lima, "Abecedary Tracking and Mapping: a Toolkit for Tracking Competitions," 14th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 査読有, pp.198-199, 2015, 福岡.

Hideaki Uchiyama, Shinichiro Haruyama, Atsushi Shimada, Hajime Nagahara and Rin-ichiro Taniguchi, "Spatially-Multiplexed MIMO Markers", IEEE 10th Symposium on 3D User Interfaces, 査読有, pp.191-192, 2015, フランス.

[その他]

ホームページ等

<http://limu.ait.kyushu-u.ac.jp/~uchiya/ma/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

内山 英昭 (UCHIYAMA, Hideaki)

九州大学・大学院システム情報科学研究  
院・助教

研究者番号：90735804