

令和 2 年 7 月 1 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06450

研究課題名(和文) 拡張現実に適用可能なプロジェクタによる投影を用いた実環境からのデータ取得

研究課題名(英文) Data retrieval from real environment applicable to augmented reality using projected images by a projector

研究代表者

棟安 実治 (MUNEYASU, Mitsuji)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：30229942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：拡張現実用のマーカには、簡単に配置できることや実空間上にあっても違和感のないことが求められる。そのために必要であった、印刷画像、プロジェクタ投影画像、およびサイネージ表示画像などにマーカ情報を埋め込み、そのデータを検出する手段として携帯端末を用いる手法の開発に成功した。特に画像劣化の激しいプロジェクタ投影画像に対して、高いデータ検出率を達成できた。さらに、画像識別とデータ埋め込みを併用する手法を開発し、双方の欠点を克服することで柔軟性と頑健性に優れた方式を開発することに成功した。また応用としては、ロゴマークをベースとして、同種のマーカに異なる情報を持たせるシステムの開発を実現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果の学術的意義として、非常に過酷な環境から、正確にデータを検出可能なかつロバストなデータ埋め込みの手法が開発された点があげられる。また、画像特徴量を併用して取得する情報量を増やすことにより、より検出率を向上させることができたことも、新しい学術的な成果である。

社会的な意義としては、実環境においてより頑健な、よりデータ量の多い埋め込み・検出手法を開発できたことで、QRコードのような実空間に配置すると違和感があるようなものに頼ることなく、その時々に応じて実空間からクラウドなどに伝達する情報を変更することが可能なローコストな手段を提供できるようになったことがあげられる。

研究成果の概要(英文)：Augmented reality markers are required to be easily placed and to be no discomfort even in the real space. We have succeeded in developing the essential method that is necessary for that purpose, to embed the marker information in the printed image, the projector projected image, and the signage displayed image and to detect the data. In particular, we were able to achieve a high data detection rate for projected images with severe image deterioration. Furthermore, we have developed a method that uses both image identification and data embedding and succeeded in developing an approach with excellent flexibility and robustness by overcoming the drawbacks of both. Also, as an application, we were able to consider a system that uses the logo mark as a base image and gives different information to the same type of marker.

研究分野：画像処理工学

キーワード：データ埋め込み プロジェクタ 投影画像 デジタルサイネージ 動画像 ARマーカ 携帯端末 画像特徴量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

拡張現実 (Augmented Reality: AR) は、実空間と仮想空間上の情報を有機的に連携させることが可能であり、大きな注目を集めている。しかし、そのためには実空間に連携のためのマーカ (位置情報や空間属性などを表現する) を配置することが必要となる。すなわち、マーカには、簡単に配置できることや実空間上にあっても違和感のないことが求められる。現在提案されている AR マーカとして、QR コードなどの 2 次元コードを応用しようとする研究があった。特に、ソニーの“CyberCode”はよく知られており、実際の製品にも応用されてきた。しかし、これらを実空間上に配置したとき、それが白と黒の模様であるために違和感があり、専用のスペースも必要である。さらにコードの内容を必要に応じて変更することは困難で自由度も低くなる。

一方、デジタルメディアの著作権保護の一助として、人間の知覚に感知されないような電子データを埋め込む、いわゆる電子透かしと呼ばれる手法が提案され、様々な手法が研究、開発、実用化されてきた。これを、ポスターなどの印刷物にデータを埋め込み、これを取り出す技術として用いるなど、著作権保護以外の目的に応用することも検討されている。このような手法を AR マーカとして用いることが考えられるが、埋め込み容量が少ないことや雑音に弱いことが問題である。そのため、AR マーカに利用可能な技術ということは難しい。また、RFID のような近距離通信技術を用いる方法も考えられるが、法的な問題や環境的な問題など、クリアしてはいけな点が多数ある。このように現状では、AR マーカに利用可能なデータ埋め込み技術が開発されているとは言いがたい。

我々の研究グループにおいては、印刷画像の周波数領域にデータを埋め込む方法を開発し、頑健性を確保するために様々な改良を行い、タブレットへの実装と評価も行ってきた。この手法はこれまでの手法と比べて、埋め込み容量は大きいものの、印刷物を利用する点において、簡単に配置したり、自由に内容を変更したりすることは困難である。しかし近年、盛んに用いられるようになったプロジェクションマッピングの技術を用いて画像を投影することによって、このような問題点を克服できる可能性がでてきた。つまり、我々が開発したデータ埋め込み技術とプロジェクタやサイネージを組み合わせることで、画期的なマーカを開発可能な状況が整いつつあったといえる。

2. 研究の目的

簡単に配置でき、実空間上にあっても違和感のない AR マーカの開発は重要である。また AR マーカの内容を自由に変更することができれば、より望ましい。そのために、様々なデバイス、たとえば印刷画像やサイネージ用ディスプレイに表示された画像、プロジェクションマッピングなどで投影された画像などにマーカとしての役割を担わせられれば、システムを実現するための自由度が増すと考えられる。本研究では、スマートフォンなどの簡易な入力デバイスを用いて、多様なデバイスにマーカ情報を表示し、データを抽出する手段を開発し、AR システムに適用することを考える。

具体的には、

(1) デジタルサイネージやプロジェクタで表示された画像からのデータの埋込・抽出技術の開発。ここでは、これまで開発されたアルゴリズムを基に、デジタルサイネージやプロジェクタで表示された複数の画像 (動画画像を含む) からデータを取得できる技術の開発を行う。これを用いて、可変な AR マーカの開発を行う。

(2) データ抽出のためのユーザインタフェースの開発。ここでは、より正確に画像を捉えることで検出率の達成を補助するユーザインタフェースを開発する。

(3) データの埋込・抽出における実環境シミュレーションシステムの構築。ここでは、実験を効率的に行うためのシミュレーションシステムの開発を行う。

(4) 仮想現実システムへの応用。最後に、開発された技術の実システムへの応用について検討を行う。

などを目的とする。

3. 研究の方法

まず、サイネージ、プロジェクタの両方で使用可能な、主としてタブレット PC を用いた情報埋込・取得手法およびマーカの姿勢取得方法の開発およびそのためのユーザインタフェースの基礎的な検討に取り組む。情報埋込・取得手法では、これまでに開発されたデータ埋込・抽出アルゴリズムを基礎として、プロジェクタで投影された画像から画像を取得し、データを抽出するアルゴリズムの開発を行う。ユーザインタフェースの開発では、撮影画像内の画像特徴量を利用し、最適な読み取り条件を自動的に取得可能なアルゴリズムをユーザインタフェースに組み込むことによって、検出率の向上に寄与できる方式を検討する。シミュレーションシステムの構築では、具体的な歪みとして、ばけ、幾何学的変換、撮影レンズの歪み、および部分的な影、反射を仮定したシステムの構築を目指す。

続いて、アルゴリズムおよびユーザインタフェースの改良を行う。ここでは、動画画像の積極的な利用も視野に入れ、画像中のデータ埋め込み位置を適宜切り替えることで頑健性のある手法への拡張も検討する。また、開発した技術を適用可能な実験的なシステムの環境の構築を行い、AR マーカとしての可能性を追求する。

4. 研究成果

本研究課題では、下記のような研究成果を得た。

(1) デジタルサイネージやプロジェクタで表示された画像からのデータの埋込・抽出技術の開発。

まず、従来の印刷画像へのデータ埋込・検出手法を、プロジェクタ投影画像を用いたデータ取得に適用した検証を行った。具体的には従来の手法によって生成した画像をプロジェクタによって壁面に投影し、タブレット PC を用いて撮影・検出を行った。その結果として、印刷画像を撮影・検出を行った場合に比べて、かなり検出能力が落ちることを確認した。しかし、データ埋め込み時のゲインを調整することで、検出率を 70%程度に保つことが可能であることも確認した。本来、ゲインを大きくすると画像の劣化が激しいが、プロジェクタ投影画像ではあまり気にならないことも合わせて確認した。これによって、これまでの方法をベースとすることの妥当性が確認できた。また、サイネージ用のディスプレイとプロジェクタの性質の違いについても確認できた。

これらの実験を踏まえて、実験環境の見直しおよび手法の改良とその検証を行った。その検証結果から、超短焦点型のプロジェクタでは投影画像の歪みが大きくなりすぎるのがわかったので、埋め込みビット数を減らすことでこの種のプロジェクタに対応可能な方法を考案した。この手法については、当初のままでは性能が不十分であることが判明したため改良を行い、実験により有効性を確認した。また、短焦点型のプロジェクタであれば、比較的歪みが小さいことを受けて、これまでの印刷画像に適用していた手法を短焦点型のプロジェクタを用いて検証を行った。検証の結果として、短焦点型のプロジェクタであれば、投影距離を 0.31m から 0.15m まで変更しても 95%以上の検出率が得られたため、この方式が適用可能であることが示された。このため、プロジェクタによってアルゴリズムを使い分ける必要があることが明らかになった。

下記のインタフェースを併用することにより、本手法をベースとした AR マーカの開発を行った。予備的な実験を通じて、当初意図したマーカが実現可能であるという感触を得たため、さらに実現に努めたい。

(2) データ抽出のためのユーザインタフェースの開発。

ユーザインタフェースの改良のために、画像特徴量とデータ埋め込みを併用する手法について検討を行った。画像特徴量を併用することで、識別可能なデータ量を増加させることが可能となり、同一画像に異なるデータを埋め込むことで利用用途の自由度を広げられる。また、画像特徴量にとっては雑音としてはたらく埋め込みデータを特徴量の取得を妨げないように制御する方法についても提案し、方式の有用性の向上を図った。さらに画像の向き、枚数や埋め込みの有無を検知するインタフェースを開発することによって、取得すべき画像にフォーカスすることが可能なインタフェースの構築を可能とした。

このアルゴリズムに基づいて、さらにプロジェクタで投影された画像に対し、画像特徴量が利用可能かどうかの検討を行った。超短焦点型、短焦点型両方のプロジェクタを用いて検証を行った結果、画像特徴量を保持するデータベースの方式の一部を改良することにより、問題無く画像特徴量を利用できることが確認できた。

サイネージでの利用については、画面の反射などによる検出率低下を避けるために、埋め込み情報を時間的に変化させて表示する手法について検討した。サイネージについては、動画像を表示可能であることと読み取りに失敗しやすいデータを利用して、読み取りが困難な場合は自動的に読み取りを回避する方式を開発した。スマートフォンでの実験を行い、その頑健性について評価し効果があることを確認した。

(3) データの埋込・抽出における実環境シミュレーションシステムの構築。

ぼけ、幾何学変換、撮影レンズの歪みを模擬するシステムの構築を行った。これによって完全ではないが、ある程度画像の劣化をシミュレーションすることができた。それにより、実験の効率化を図ることができた。

(4) 仮想現実システムへの応用。

ロゴマークをベースとする案内システムの検討を行い、同種のマーカに対して異なる情報を持たせるシステムの実現を実現できた。

研究期間全体として、印刷画像、プロジェクタ投影画像、サイネージ表示画像など様々な画像にマーカ情報を埋め込み、そのデータを携帯端末によって検出するための基本的な手法とそれに用いるユーザインタフェースの開発に成功したと考えている。以上から実環境において不自然でなく、柔軟性に富んだ AR マーカを開発するという、当初設定した研究目的の基本的な部分については達成できたと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-----------------------------|
| 1. 著者名 M. Muneyasu, N. Jinda, Y. Moritani and S. Yoshida | 4. 巻 vol. E100-A |
| 2. 論文標題 Data Extraction Method from Printed Images with Different Formats | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals | 6. 最初と最後の頁 pp. 2355-2357 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transfun.E100.A.2355 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件／うち国際学会 5件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡 広高, 大原 翔矢, 棟安 実治, 吉田 壮, 中静 真 |
| 2. 発表標題 複数構造要素とその最適化を用いたモルフォロジカル勾配に基づく画像の正則化 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Oka, S. Oohara, M. Muneyasu, S. Yoshida, and M. Nakashizuka |
| 2. 発表標題 Image Regularization with Morphological Gradients Priors Using Optimization of Multiple Structuring Element |
| 3. 学会等名 2018 International Symposium on Multimedia and Communication Technology (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大原 翔矢, 棟安 実治, 吉田 壮, 中静 真 |
| 2. 発表標題 GAによる構造要素最適化を用いたモルフォロジカル勾配とTotal Variationに基づく画像の正則化 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 椎葉 将司, 棟安 実治, 吉田 壮 |
| 2. 発表標題 印刷画像へのデータ埋め込みにおける検出率の改善 |
| 3. 学会等名 第33回信号処理シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Oohara, M. Muneyasu, S. Yoshida, and M. Nakashizuka |
| 2. 発表標題 Image Regularization Using Total Variation and Morphological Gradient Priors with Optimization of Structuring Element |
| 3. 学会等名 2018 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 椎葉 将司, 棟安 実治, 吉田 壮 |
| 2. 発表標題 印刷画像へのデータ埋め込みにおける検出手法の改善 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Amami, M. Muneyasu, and S. Yoshida |
| 2. 発表標題 Data Extraction for Data-embedded Printed Image Arranged at Arbitrary Positions |
| 3. 学会等名 2018 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 甚田那由太, 棟安 実治, 吉田 壮 |
| 2. 発表標題 印刷画像を利用した情報埋め込み型マーカの位置・姿勢推定と情報検出 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 池下 雄大, 棟安 実治, 中静 真, 吉田 壮 |
| 2. 発表標題 構造要素の最適化を考慮したモルフォロジカル勾配に基づく画像の正則化の一手法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 天見 元紀, 棟安 実治, 吉田 壮 |
| 2. 発表標題 任意に配置されたデータ埋め込み画像の検出 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉岡真一郎, 棟安 実治, 吉田 壮 |
| 2. 発表標題 特徴点軌跡とパーティクルフィルタを用いた動作認識手法 |
| 3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Siratanita, K. Chamnongthai, and M. Muneyasu |
| 2. 発表標題 Saliency-based Football Offside Detection |
| 3. 学会等名 2017 17th International Symposium on Communications and Information Technologies (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 S. Siratanita, K. Chamnongthai, and M. Muneyasu |
| 2. 発表標題 A Method for Saliency-based Football-offside Detection Using Six Cameras |
| 3. 学会等名 2017 Global Wireless Summit (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

| | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|
| 産業財産権の名称 画像生成装置，およびユーザ端末 | 発明者 棟安実治 | 権利者 関西大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、2018-051509 | 出願年 2017年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------------------|---|-------------------------------------|----|
| 研究 分 担 者 | 吉田 壮 (YOSHIDA Soh) (70780584) | 関西大学・システム理工学部・助教 (34416) | |