

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：34416
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2020～2023
課題番号：20K04476
研究課題名（和文）データ埋め込みと画像識別による広範な利用が可能な画像を用いたデータ取得法の開発

研究課題名（英文）Development of a Data Retrieval Method with Wide Availability Based on Images by Data Embedding and Image Identification

研究代表者
棟安 実治（Mitsuji, Muneyasu）
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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、画像へのデータ埋め込み技術を広範な状況で利用可能とするために、主として2つの目的に注力した。一つ目は曲面上に貼付された画像からのデータ取得であり、これに対しては、曲面から平面に補正するためのマーカを、データを埋め込んだ画像に付与することで、ほぼ平面の場合と画質、検出率が同等となるデータの取得を可能とした。二つ目は、実環境シミュレータの開発であり、印刷・撮影の劣化をニューラルネットワークを用いて模擬し、それにレンズ歪みや幾何学的な画像歪みを加える手法を開発した。このシミュレータは、実環境の劣化程度と比較してほぼ同等の劣化を再現できており、広範な状況での手法検証に役立てることができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の研究成果の意義は、実空間上の印刷画像に埋め込んだデータを仮想空間上の情報に連携させることで、仮想現実やトレーサビリティに応用可能な柔軟性と自由度をもった手法を提供できる点にある。ここでは、特に曲面に貼付ないしは投影された画像に対して、データを取得可能な手法を提案することによって、曲面を有する様々な物体に利用可能となる。また、印刷・撮影という処理における劣化を再現するために開発したシミュレータは、提案技術の検証だけでなく、印刷というプロセスを含む様々なアルゴリズムの評価に応用可能となり、これらに共通する非常に手間のかかる検証プロセスを簡略化できるという意味で大きな意義を持っている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on two main objectives to make data embedding into images usable in various situations. The first is data acquisition from an image attached to a curved surface. By adding a marker surrounding the embedded image to correct the image from a curved surface to a flat surface, it is possible to acquire data whose image quality and detection rate are almost the same as those of a flat surface. The second is the development of a real-world environment simulator that uses a neural network to simulate the degradation caused by printing and capturing and adds lens distortion and geometrical distortion to it. This simulator can reproduce almost the same degree of degradation as that obtained from the real environment and can be used to verify the method in various situations.

研究分野：画像処理工学

キーワード：曲面 データ埋め込み 深層学習 GAN 携帯端末 ARマーカ Pix2PixHD 画像特徴量

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

実空間の事物と仮想空間上の情報を有機的に連携させる技術が大きな関心を集めている。例えば、2次元コードのひとつであるQRコード(「QRコード」は株式会社デンソーウェーブの登録商標である)がその役割を担っており、その応用事例がいろいろと注目を集めている。このような技術の応用例としては、仮想現実(AR)やトレーサビリティの実現などがあげられる。ARでは、実空間の位置や事物をなんらかの手段で認識し、仮想空間上のマップと対応付けることで、あたかも実空間上に仮想的な事物が存在しているかのように見せている。また、トレーサビリティでは、例えば宅急便の管理のように、実空間の事物を例えばクラウドなどで管理し、さらにユーザーに有用な情報を提供(例えば、荷物の追跡など)するために、事物とクラウド上の情報とを関連付けることが不可欠である。

しかし、QRコードを代表とする手段についてはいくつかの問題があった。例えば、曲面を持つ物体(例えば、ボトルのようなもの)に対して考慮された手法は実験的な提案にとどまっている。通常のコードは平面を仮定しており、ある程度の補正を行うことができるが、専用の対応がなされているわけではなく、どのような事物に対しても用いることができるわけでもなかった。また、2次元コードを実空間中に配置したとき、それが白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となる。そのため、デザイン性を大きく損なう。加えて、サイネージやスマートフォンで利用可能な動画像の利用に必ずしも十分対応できるとはいえない。

我々は、人間の知覚に感知されないようなデータを埋め込む、いわゆる電子透かしと呼ばれる手法を応用して、印刷物にデータを埋め込み、これを取り出す技術に取り組んでおり、画像を直接用いることでデザイン面の要求に答え、デジタルサイネージやプロジェクタと組み合わせることで内容の変更を容易にする手法を提案し成功してきた。つまり、我々のこれまでの研究成果を平面以外の形状の面にも対応可能とし、それを支える撮影シミュレーション技術を開発することで、構想を実現可能とする準備は整いつつあったといえる。

2. 研究の目的

右図に例示するような、実空間上のどのような場所においても利用可能で、情報を連携させるために十分な情報が付与でき、状況に応じて情報の連携を自在に変更できる手段の開発は重要である。そのためには、画像特徴量の併用や曲面への対応、動画像の利用といった柔軟性に関する側面と実用化のフェーズに欠かすことができない実環境を模擬するシミュレーション技術を用いたアルゴリズムの評価手法が要求される。これが実現できれば、様々な事物上の画像とクラウド上の情報を自由に紐付け出来る。一方、学術的には非常に過酷な環境から、正確にデータを検出可能かつロバストなデータ埋め込みの手法が開発される。



具体的には、

- (1) 平面以外の形状(例えば曲面)の面の画像からもデータが取得可能とする
- (2) 画像特徴量と画像認識技術を併用することにより、より自由度を持ったマーカを開発する
- (3) 実用を意識した評価を行うことができる、撮影シミュレーション技術を開発する
- (4) プロジェクタやサイネージの利用を前提に動画像に対応可能とする
- (5) ARマーカとして幾何学的な変形も検出可能とする

を目的とする画像へのデータ埋め込み手法とその関連技術の開発を目指した。

3. 研究の方法

印刷画像を基本として、プロジェクタで投影した画像およびデジタルサイネージで表示される画像も考慮して、データを埋め込み、スマートフォンやタブレットでデータを取り出す技術の開発を行う。最重要課題として、これまでに開発されたアルゴリズムを基に、曲面に表示された画像からのデータの埋込・抽出技術の開発に取り組む。このような画像では曲面の曲率によって、データが取得できないような場合に対応するために検出側だけでなく、埋め込み側で何らかの対応を行い、さらにプロジェクタの利用を意識して強いばけに対応することを目指す。画像識別を併用するために曲面に表示された画像からの画像特徴量の検出についても並行して検討を行う。さらに、円筒状の物体のような一定の曲率を持つ物体にプロジェクタで投影した画像も考

慮に入れつつ、そのような状況でもロバストな画像特徴量の取得を目指す。

次に、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を行う。印刷・撮影を含むアルゴリズム開発を行うためには実験が欠かせないが、実験を効率的に行うために実験的・理論的両面の見地から構築したシミュレーションシステムが必要である。そのため、スマートフォンやタブレットでデータを取得する際に問題となる歪みを解析することにより、システムのアルゴリズムを構築する。その際、近年画像生成の分野で注目されている深層学習の一分野である GAN (Generative Adversarial Network) を用いたシミュレーションシステムの構築を目指したい。

その他にも、マーカの絵柄や情報内容を変更できるマーカの開発、その仮想現実システムへの応用やそれらのシステム開発を通じてアルゴリズムの改良を行う。

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) 曲面に表示された画像からのデータの埋込・抽出技術の開発

曲面に表示された画像からのデータの埋込・抽出技術の開発においては、まず基礎的な検討として、従来手法を用いて印刷画像にデータを埋め込み、様々な撮影条件においてデータの検出率を検討した。その中で従来技術でも撮影時のインタフェースを工夫することによって、ある程度の検出率を達成可能であることがわかったが、撮影画像の歪みが大きい場合は画像の位置を把握するための枠線を検出することに失敗したり、元の画像に戻すための補正が十分でなかったりするために、さらに検討する余地があることがわかった。

そこで、印刷物を容易に配置可能と考えられる円筒を対象とする曲面とし、円筒に配置したデータ埋め込み画像から情報を検出するための手法を開発した。当初は、撮影位置や角度によって撮影時の画像の歪み方が異なるため、撮影位置を画像正面に限定した検討を行った。補正手法として、いくつかの手法を開発、検討を行い、円柱の半径、埋め込み画像の印刷サイズ、撮影端末の焦点距離を既知として、撮影端末と画像の距離を推定し補正する手法について比較検討した。その他にも補正用マーカを用いる手法についても、マーカの検討、開発、実験などを行い、画像だけでなく QR コードの機能の拡張にも利用可能であることを示せた。

マーカによる補正性能が高かったため、この方法を中心として検討することとし、円柱が回転した場合に制約を緩めて検討を行った。曲面上の画像の場合、QR コードでも読めなくなる場合があるので、QR コードに補正用マーカを付けた場合についてまず検討を行い、QR コードの機能の拡張にも利用可能であることを示した。さらに、実際にこの手法を用いたスマートフォン用アプリケーションを作成することで、曲面に貼付されたデータを埋め込んだ画像に対する情報検出実験を行った。これにより、検討した補正用マーカの拡張を用いることで、円柱が回転している場合でも画像からデータを容易に検出が可能であることを確認した。以上の研究内容については、国内学会、国際会議などで発表を行った。

(2) 曲面に表示された画像から画像特徴量の検出と画像識別技術の開発

曲面に表示された画像からの画像特徴量の検出と画像識別技術の開発では、撮影画像のインタフェースを工夫することによって、これまで用いてき AKAZE と呼ばれる画像特徴量の検出がある程度可能であることがわかった。また、撮影画像の歪みが大きい場合は補正用マーカによる補正が有効であることが確認できた。そのため、データの埋め込み手法を工夫することで、埋め込み技術との併用が可能になることもわかった。この方式については、識別技術としてニューラルネットワークを用いる新たな手法を開発可能であることに気が付き、次の研究テーマとすることにした。

(3) データの埋込・抽出における実環境シミュレータの構築

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については、画像の印刷のプロセスを模擬するために、画像生成の分野で注目されている深層学習の一分野である GAN (Generative Adversarial Network) の手法の一つである Pix2Pix と呼ばれる方法を適用し、撮影時に起こる幾何学的変形の処理を切り離して実現する手法を開発した。さらに、これに改良を加え、より実環境での画像劣化を再現できるように、画像生成ネットワークの改良や新しい撮影画像データセットの作成を行った。新たな手法による擬似撮影画像からのデータ検出率をこれまでの結果及び実際の検出率と比較したところ、実際の検出率とほぼ同等の検出率を再現できた。また、これまで蓄積してきた多数の撮影画像を利用することで変形を再現できている。これらのことから、実験を代替しうるシミュレーションシステムのめどがついたと考えている。

さらに、補正用マーカを用いた画像補正のプロセスを利用して、曲面に貼付された画像を補正する際に得られるパラメータを用いることによって、平面画像から曲面画像を生成することにも成功した。QR コードを例として、曲面に貼付された場合の擬似撮影画像を生成して評価したところ、実際の検出率とほぼ同等の検出率を再現できた。シミュレータの応用としては、データ埋め込みアルゴリズムにおけるパラメータの決定法への適用を検討した。これにより、これまで実験的に決定してきたパラメータを、より網羅的な形で検討することが可能となり、性能の改善につなげることができた。

ただし、新型コロナウイルス感染症対策のため、暗所を必要とするプロジェクタの実験を行うことができなかった。そのため、動画関連の研究テーマについては成果を出すことができなかった。しかし、上記の研究成果は動画に適用であるため、今後も検討を続けていきたいと考えている。

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 1件）

1. 著者名 YASUDA Masahiro, YOSHIDA Soh, MUNAYASU Mitsuji	4. 巻 E106.A
2. 論文標題 New Performance Evaluation Method for Data Embedding Techniques for Printed Images Using Mobile Devices Based on a GAN	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 481-485
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transfun.2022SML0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 高野 晟, 棟安 実治, 吉田 壮, 浅野 晃, 内田 啓一
2. 発表標題 歯科パノラマX線写真からの石灰化領域の検出における敵対的トレーニングの適用
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 2022年

1. 発表者名 高野 晟, 棟安 実治, 吉田 壮
2. 発表標題 敵対的摂動を用いた電子透かしの一手法
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 2023年

1. 発表者名 S. Takano, M. Muneyasu, and S. Yoshida
2. 発表標題 A New Image Watermarking Method Using Adversarial Perturbations
3. 学会等名 2022 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 F. Kotegawa, M. Muneyasu, and S. Yoshida
2 . 発表標題 Method of Extracting Data from Images on a Curved Surface in Data Embedding to Printed Images Using Mobile Devices
3 . 学会等名 2021 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Yasuda, M. Muneyasu, and S. Yoshida
2 . 発表標題 Method of Generating Pseudo-Captured Images to Evaluate the Performance of Data Embedding Techniques for Printed Images Using Mobile Devices
3 . 学会等名 2021 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Murano, M. Muneyasu, S. Yoshida, K. Chamnongthai, A. Asano, and K. Uchida
2 . 発表標題 New Method of Detecting Calcification Regions in Dental Panoramic Radiographs Based on U-PraNet
3 . 学会等名 2021 20th International Symposium on Communication and Information Technologies (ISCIT) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 T. Murano, M. Muneyasu, S. Yoshida, K. Chamnongthai, A. Asano, K. Uchida, N. Dewake, Y. Ishioka, and N. Yoshinari
2 . 発表標題 Detection of Calcification Regions from Dental Panoramic Radiographs Based on Semantic Segmentation Using Deep Learning
3 . 学会等名 2021 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 安田 昌弘, 棟安 実治, 吉田 壮
2. 発表標題 携帯端末を用いた画像へのデータ埋め込み技術の評価のための疑似撮影画像生成手法
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 2021年

1. 発表者名 小手川 史晃, 棟安 実治, 吉田 壮
2. 発表標題 印刷画像に対するデータ埋め込みにおける曲面上の画像からのデータ検出の一手法
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 2021年

1. 発表者名 M. Amami, M. Muneyasu and S. Yoshida
2. 発表標題 Data Extraction from Printed Data-Embedded Image Using Projectors
3. 学会等名 2020 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村野 泰斗, 棟安 実治, 吉田 壮, 浅野 晃, 内田 啓一, 出分 菜々衣, 石岡 康明, 吉成 伸夫
2. 発表標題 セマンティックセグメンテーションに基づく歯科パノラマX線写真における石灰化領域の検出
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 2020年

1. 発表者名 天見 元紀, 棟安 実治, 吉田 壮
2. 発表標題 プロジェクト投影画像を用いたデータ埋め込み画像からの情報検出
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 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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 (Soh Yoshida) (70780584)	関西大学・システム理工学部・准教授 (34416)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------