

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25730122

研究課題名(和文) 偏光イメージングカメラによる光沢物体の位置・姿勢推定

研究課題名(英文) Glossy object pose estimation using a polarization imaging camera

研究代表者

池田 聖 (IKEDA, SEI)

大阪大学・基礎工学研究科・助教

研究者番号：40432596

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：画素毎に偏光情報独立な偏光情報が獲得できる偏光カメラを用いることにより、光源環境と物体表面の模様依存しない偏光方向の情報が獲得できる。本研究では、従来難しいとされてきた光沢物体の位置・姿勢の推定法を開発し、実験によりその性能を明らかにした。実験では、色および形状は既知であるが、内部に不透明な部分をもつ透明かつ光沢性のある物体を対象として、提案法による位置・姿勢を従来法と比較した。本研究では物体の輪郭の位置合わせ効果を狙い、前景と背景を同時に考慮する手法についても提案したので、偏光情報のみを用いた手法とエッジを組み合わせた手法の比較により効果を確認比較した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we introduced a polarization imaging camera in pose estimation of a rigid 3D object. This camera has a different polarizer filter in front of each pixel of the image plane to obtain polarization information. We proposed a novel method for pose estimation using polarization direction which is independent of lighting environment and surface texture. We have conducted an experiment using a transparent object, which has opaque parts and glossy surface, in a dynamic lighting environment, and we have clarified the method can estimate the object pose more stably than conventional methods.

研究分野：コンピュータビジョン、複合現実感

キーワード：偏光イメージングカメラ モデルベーストラッキング

1. 研究開始当初の背景

物体の位置姿勢を6自由度で推定する技術は、ロボットビジョンや拡張現実感に応用される。特に光沢物体の位置姿勢推定は、周囲環境の映り込みが生じ、映り込みが時々刻々と変化するような環境では、一般に難しいとされてきた。従来の位置姿勢推定法の多くは、物体表面にテクスチャが存在し、テクスチャのエッジ部分のモデルとの対応が取れることが前提であった。現実の環境、特に都市部ではガラス窓で覆われた建物や、光沢性のあるボディーの自動車、オフィス環境においても光沢性のある物体は多い。そうした中で、パターン認識的なアプローチで光沢性の問題を回避する手法や、完全鏡面反射を想定した手法などが開発されてきたが、本質的な解決には至っていなかった。

2. 研究の目的

本研究は光沢性の強い物体にも適用可能なARのためのトラッキング手法の開発を目的とした。事前に取得した物体の形状モデルと光沢性の強い箇所が判明していることを前提として、偏光イメージングカメラの画像により受動的な画像計測のみで物体の6自由度の位置・姿勢を推定する手法を検討した。本研究の目的を達成するために、次の研究課題を設定した。

1) 映り込み除去の効果の確認:

空気中の霧や水中の散乱現象など視界を良くする目的の研究や応用が数多く知られているが、Model-based Trackingに実施された例は無く、その効果の大きさは不明であるため明らかにする。

2) 輝度勾配と法線方向との併用効果の確認:

従来のModel-based Trackingで用いられるエッジや特徴点などの輝度勾配を手がかりにした手法と偏光情報を併用し、エッジや特徴点のみのときの位置・姿勢推定の安定性とこれに偏光情報を加えたときの安定性を比較する。

3) 環境光変化に対する安定性の確認: 対象物体の周辺の光源環境を動的に変化させると物体に映り込むパターンが変化する状況下で、偏光情報を用いることで位置・姿勢推定の安定性が向上することを確認する。従来のエッジや特徴点、テクスチャなどのパターン解析に基づく手法が殆ど機能しないような状況下でも、偏光方向を用いることで機能するようになることを確認する

以上の課題を偏光方向および偏光度情報のみを用いて動的な光源環境下での物体の位置、姿勢推定精度を調査し、従来法に対する有効性を調査することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、鏡面反射光が反射面の法線方向に依存した方向に偏光し、一般に光沢物体



図1: 動的光源環境

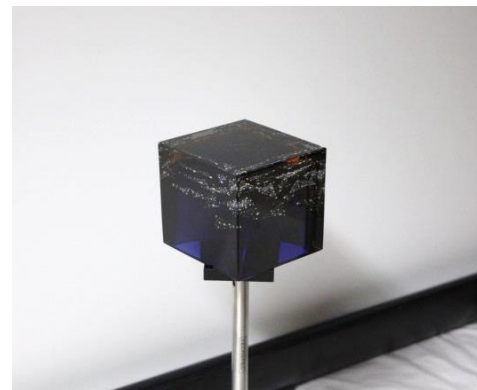


図2: 光沢物体

は偏光度が高いという性質に着目した。任意の画素の偏光情報を取得することが出来る、フォトリテック社製の偏光イメージングカメラ PI-100 を用いて光沢物体の位置姿勢を推定する手法を提案した。

偏光方向情報の利点を確認するため、図1のようにプロジェクタとスクリーンを用いて動的に変化する光源環境を構築し、対象物に反射させて動画撮影した。この動的な光源環境は、屋外で撮影した木漏れ日の画像である。光沢物体として図2に示すチェコガラスの置物を用いた。この物体は、表面には光沢性があるが、着色されたガラスであり透明性がある。しかも、内部に不透明な箇所をもつため、従来の輝度のみを用いた手法では、内部の不透明箇所や表面で反射した環境光の像を捉えてしまい、正しく動作しないことが予想された。これに対して、本研究で提案する手法では、こうした反射や内部構造に依存しないため正しく位置姿勢推定ができるかと予想した。

4. 研究成果

画素毎に偏光情報独立な偏光情報が獲得できる偏光カメラを用いることにより、光源環境と物体表面の模様依存しない偏光方向の情報が獲得できる。本研究では、従来難しいとされてきた光沢物体の位置・姿勢の推定法を開発し、実験によりその性能を明らか

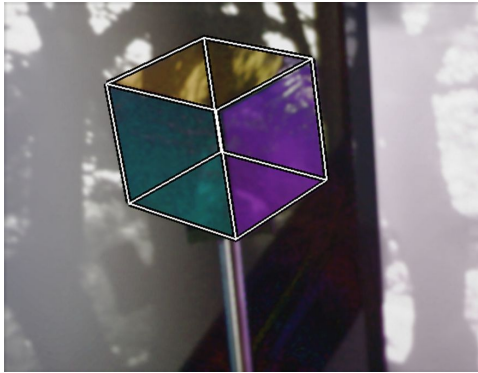


図 3 : 位置姿勢結果

にした。図 3 は、提案法による光沢物体の位置姿勢の推定結果を示す。また、図 4 は各手法の位置姿勢推定の成功率を示す。提案手法が小さな誤差で位置姿勢推定できる確率が高く、偏光方向を用いる利点が見された。本研究では物体の輪郭の位置合わせ効果を狙い、前景と背景を同時に考慮する手法についても提案したので、偏光情報のみを用いた手法とエッジを組み合わせた手法の比較により有効性を確認した。以上により研究課題 1) から 3) をすべて達成した。

5. 主な発表論文等

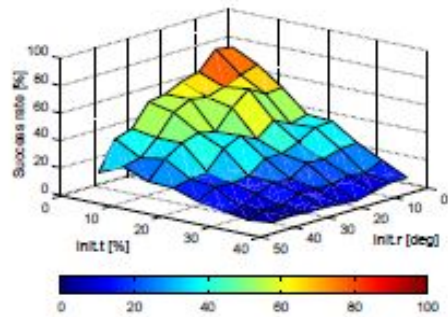
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

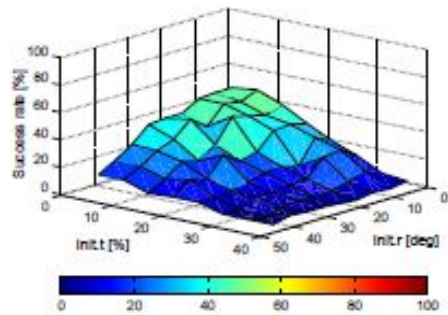
1. 佐々木貴之, 池田聖, 佐藤宏介: "単眼カメラのみを用いた SLAM における未知環境下でのスケール推定", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.2, pp. 237-245, 2014/06.

〔学会発表〕(計 11 件)

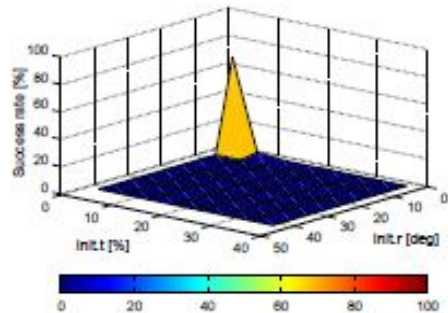
1. Karin Morita, Sei Ikeda, Kosuke Sato: "Automatic Matching on Fracture Surface of Quarried Stone Using the Features of Plug-and-Feather Holes", Software Engineering Research, Management and Applications Studies in Computational Intelligence, Volume 578, pp 163-175, 2015.
2. Makoto Tomioka, Sei Ikeda and Kosuke Sato: "Approximated User-Perspective Rendering in Tablet-Based Augmented Reality", Proc. IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 21-28, 2013/10/02.
3. 佐藤宏介, 岩井大輔, 池田聖, 武村紀子: "ProCams-Based Cybernetics - プロジェクタカメラ系による身体と環境のサイバー拡張 -", 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア(CVIM), 情報処理学会, Vol. 2014-CVIM-190, No. 49, pp. 1-8, 2014.



(a) Proposed method
(error.t < 5 % and error.r < 5 deg)



(c) Foreground method
(error.t < 5 % and error.r < 5 deg)



(e) Edge-based method
(error.t < 5 % and error.r < 5 deg)

図 4 : 位置姿勢推定成功確率

4. 富岡誠, 池田聖, 佐藤宏介: "カメラ内蔵タブレット型拡張現実感のための Homography 変換を用いた利用者視点画像生成", 第 16 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), SS4-25, July 2013.
5. 佐藤博俊, 池田聖, 佐藤宏介: "光沢物体の位置姿勢推定のための偏光カメラ画像のデモザイキング法の検討", 第 16 回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU), SS3-30, July 2013.
6. 若林悠, 池田聖, 佐藤宏介: "赤外線画像からの Texture Transfer による可視光画像合成", 第 90 回パターン計測部会研究会 資料, pp.29-36, 2013.
7. 池田聖, 佐藤宏介: "注視動作反応型 X-ray Vision", 第 19 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, pp.

- 541-544, 2014.
8. バヤルサイハン ビレゲサイハン, 池田聖, 岩井大輔, 佐藤宏介: "非同期点滅光源の識別による全光源点灯画像の合成", 第58回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'14), 316-5(2pages), 2014.
 9. 森多花梨, 池田聖, 岩井大輔, 佐藤宏介: "矢穴を手掛かりにした石材の三次元データの自動マッチング", 第58回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集(SCI'14), 115-1 (2 pages), 2014.
 10. 若林悠, 池田聖, 佐藤宏介: "テクスチャ生成による赤外線画像のカラー画像化", 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-11-36, 2013.
 11. 佐藤博俊, 池田聖, 佐藤宏介: "偏光イメージングカメラを用いた光沢物体の位置姿勢推定", 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-12-43, 2013.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 表示装置、表示方法、表示プログラム、及び、表示プログラムを記憶した情報記憶媒体
発明者: 池田聖、富岡誠、佐藤宏介
権利者: 大阪大学
種類: 特願
番号: 2013-151103
出願年月日: 2013.07.19
国内外の別: 国内

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www-sens.sys.es.osaka-u.ac.jp/users/ikeda/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 聖 (IKEDA, Sei)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教

研究者番号: 40 432596