

偏光 Episcan による金属物体の相互反射の除去

前田 涼汰 †‡
† 兵庫県立大学

山田 憲 ‡
‡ 奈良先端科学技術大学院大学

久保 尋之 ‡
‡ 奈良先端科学技術大学院大学

向川 康博 ‡
‡ 奈良先端科学技術大学院大学

1 はじめに

一般的なアクティブステレオ法は、光沢の強い金属を対象とする場合には相互反射の影響を強く受けるため正しく3次元形状を計測することが困難である。相互反射を取り除く手法として Episcan[1] と呼ばれる計測装置を使用する方法が知られているが、相互反射の全てを取り除くことはできない。一方、偏光の性質を利用することで相互反射の影響を低減できるが、これも全ての相互反射を取り除くことはできない。本研究では Episcan と偏光の性質を併用した偏光 Episcan を用いることで、相互反射を抑制し、金属の3次元形状測定が可能となることを示す。

2 相互反射の除去

2.1 アクティブステレオ法における相互反射の影響

多くのアクティブステレオ法では、プロジェクタから投影された光は直接照らされた点のみで観測されることを前提としている。相互反射とは、ある点に照射された光が反射して別の点を照らすことによって起こる反射のことを指し、図1のようにアクティブステレオ法で相互反射が起きると、直接投影されていない光が別の点から反射されることで、推定結果にアーティファクトが生じる。この相互反射は、金属のような強い鏡面反射を生じる物体で顕著に発生する。

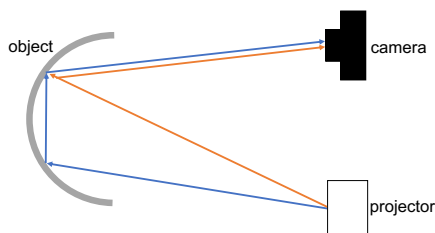


図 1: 相互反射による影響

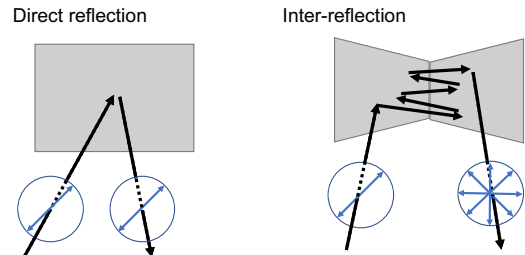


図 2: 反射による直線偏光の偏光方向の変化

2.2 Episcan による相互反射の除去

相互反射の影響を取り除く手法として Episcan[1] が挙げられる。Episcan では、レーザープロジェクタの照明タイミングとカメラのローリングシャッタの撮像タイミングとを同期させることでエピソード画像を得ることができる。エピソード画像とは多くの相互反射の影響を取り除いた画像であり、これを利用することで金属を対象にしたアクティブステレオ法でも計測結果が向上することが示されている。しかし、Episcan ではエピソード平面上で起こった相互反射は除去できないことが知られている。

2.3 偏光による相互反射の除去

一方、金属の相互反射を除去する方法として偏光の性質を用いる方法がある。金属面では入射光と反射光の偏光方向は保たれるが、図2に示すように光の偏光は直接反射と相互反射で方向が異なるため、偏光方向によって相互反射を低減することができる。しかし、反射の方向によっては直接光と同じ偏光方向になる場合もあるため、完全に取り除くことはできない。

2.4 偏光 Episcan

以上のように、Episcan も偏光も全ての相互反射を取り除くことができない。しかし、Episcan は相互反射をエピソード平面上に限定させることができる。対して、偏光は決まった場所の相互反射のみを低減させることができる。つまりこの2つを組み合わせることで、互いの欠点を補い合うことができると考えられる。本研究では、Episcan と偏光を併用したシステムのことを偏光 Episcan と呼ぶ。

Removing Inter-reflection of Metal with Polarized Episcan
†‡Ryota Maeda ‡Akira Yamada †Hiroyuki Kubo †Yasuhiro Mukaigawa
†University of Hyogo †Nara Institute of Science and Technology

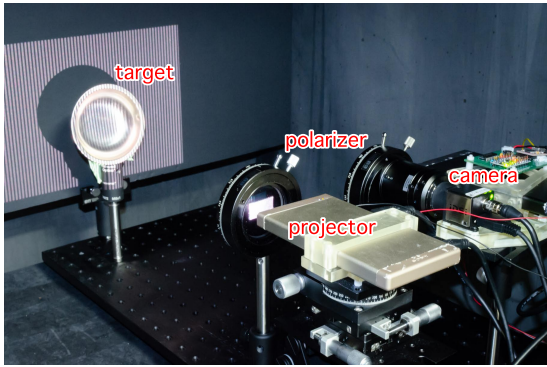


図 3: 実験の様子

3 実験

偏光 Episcan によって相互反射が除去できることを実験によって確かめる。実験では、カメラは IDS 製の UI-3240CP-C-HQ, レンズは KOWA 製の LMVZ4411 を使用し、レーザプロジェクタは SONY の MP-CL1A を用いた。偏光板は Edmond Optics 製の直線偏光板を 2 枚用い、プロジェクタとカメラのレンズの前に取り付けた。実験の様子を図 3 に示す。偏光板はシーンの直接反射の成分が最大になり、相互反射の成分が最小になるように回転させて偏光角を決定した。このとき 2 枚の偏光板は同じ偏光方向になる。撮影では、通常の撮影、偏光板を取り付けの撮影、Episcan によるエビポーラ画像での撮影、Episcan と偏光板を組み合わせた撮影の 4 通りを行った。アクティブステレオ法の計測手段には時間エンコード法を用いた。プロジェクタから投影するパターンはグレイコードによるパターン 11 枚とそれらを反転させた 11 枚の計 22 枚を 1 セットとした。撮影結果からデコード画像を生成する。デコード画像はカメラの画像中の位置とプロジェクタとの対応点を表しており、本研究では輝度で表すことにより可視化している。

4 結果

図 4 に金属の皿を測定した結果を示す。図 4(a) に示す皿の内側の凹んだ部分で相互反射が発生する。図 4(b) はカメラで撮影されたシーンの画像であり、この画像では Episcan や偏光板による相互反射の除去を行っていない。図 4(c) は皿で相互反射が発生しなかった場合に想定されるデコード結果のイメージ図である。通常の撮影 (図 4(d)) では皿の内側に発生した相互反射の影響により誤ったデコード結果になっている。偏光板のみを用いた撮影 (図 4(e)) でも同じように相互反射の影響を受けていることが確認できる。Episcan で撮影したエビポーラ画像の結果 (図 4(f)) では多くの相互反射の影響が取り除かれていることが確認できる。ただし、エビポーラ平面上で発生した相互反射の影響は取り除けていない。Episcan と偏光板を組み合わせて撮影した結果 (図 4(g)) では、Episcan では取り除けなかった相互反射が除去されて誤ったデコー

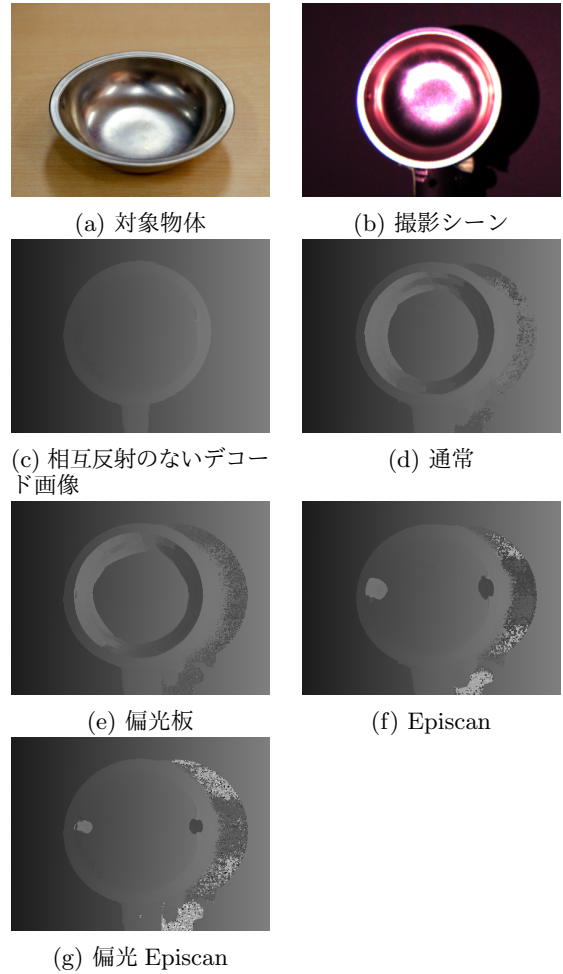


図 4: デコード画像の測定結果

ド箇所が少なくなっていることが確認できる。このことから、Episcan と偏光板を併用する手法は金属の相互反射を抑制するのに有効であることがわかる。

5 まとめ

本研究では相互反射が発生して計測が困難な金属に対して、撮影枚数を増やすことなく相互反射を抑制して撮影できる手法を提案し、実験によりその有用性を示した。Episcan では困難であったエビポーラ平面上での相互反射を偏光を用いることで、抑制することができた。しかし、本手法を用いても完全に相互反射を除去することはできなかった。この原因として部分偏光になった光による影響が考えられる。

参考文献

[1] M. O'Toole, S. Achar, S. G. Narasimhan, and K. N. Kutulakos. Homogeneous codes for energy-efficient illumination and imaging. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 34(4):35, 2015.