

White Paper : 3D-TOF センサー用拡散光学素子

1. Introduction

3D センシング技術は、2D 画像のみでなく、深度（距離情報）を画像データとして取得する技術です。近年、カメラに映る物体の距離をセンシングする技術は、従来の工業計測用途だけでなく、図1に示すように、自動運転、スマホに搭載される拡張現実 AR や仮想現実 VR のゲーム機器、ロボット家電など消費者向けの用途に広く使われようとしています。

3D センシング技術の中でも照射した光が対象物に反射して返ってくるまでの時間から、カメラと対象物間の距離を算出する測定手法を、Time of Flight (TOF) センシングといいます。この技術には、システムの小型化、データ取得時の CPU 負荷が少ない、暗所での利用が可能などの利点があります。

ここで取り上げる TOF センシング向けの拡散光学素子は、光源から出て同素子を透過した光が受光カメラの視野内に所望の強度分布に照射されるように配光分布を制御する光学素子です。以下にその特徴的な光学性能と応用について説明します。

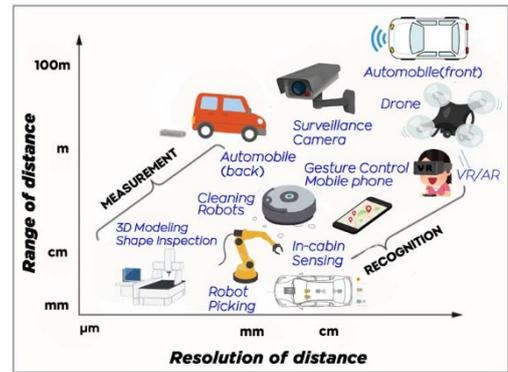


図1 3Dセンシングの測定距離、分解能と応用分野

2. Diffuser for TOF System

TOF システムと拡散光学素子の関係を図2に示します。TOF システムは光源部と受光部によって構成されます。光源部では面発光レーザー (VCSEL) から発光したパルス光が回折光学素子 (DOE) またはマイクロレンズアレイ (MLA) からなる拡散光学素子を透過して、測定したい領域に拡散光が照射されます。受光部では被写体から反射した光を受光カメラで検知し、反射光の遅れから被写体の距離を算出します。

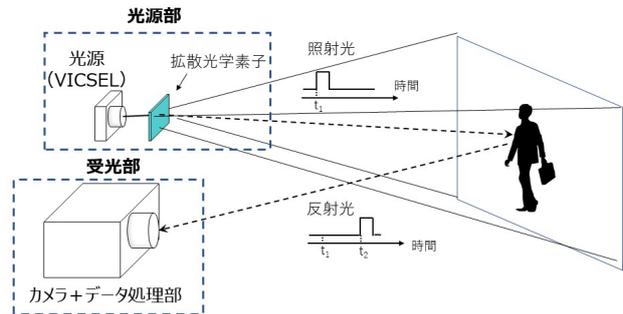


図2 TOF (Time of Flight)による3Dセンシングシステム

拡散光学素子は、図3に示すように照射する光の配光強度分布を制御します。距離を精度よく測るためには、(a)にあるように光源から出て対象物に当たって反射し、カメラの受光センサーに戻ってきた光の強度が入射方向に対し均一に近いことが望まれます。しかし図3(a)のような平板表面で光が拡散反射（ランバート反射）をすると考えると、カメラの視野角度 $\theta$ が大きいほどカメラに到達する反射光は弱くなります。これを補填するため、拡散光学素子によって、補正を行います。センシングに理想的である受光センサーに角度 $\theta$ にたいして均一に光が入射される条件は、遠方界における強度分布  $P(\theta) \propto \cos^{-7}$  である

とされることから、拡散光学素子はこれを透過した光がその条件に近づくように設計されます。ただし非常に広い視野角まで広がる照射を行う時は完全に  $(\cos \theta)^{-7}$  に比例させるのは難しく、 $(\cos \theta)^{-n}$  に比例する分布 ( $1 < n < 7$ ) にしてカメラの感度を調整します。(b)は、このように設計された拡散光学素子を透過した光の配光強度分布を等高図と断面強度分布で示した例です。

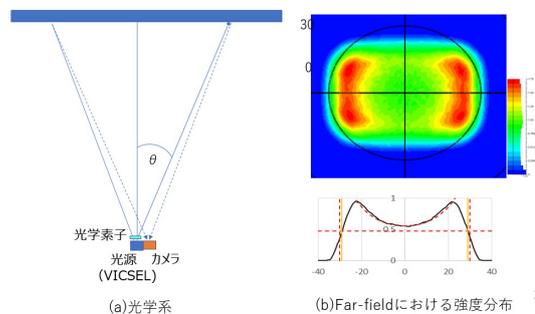


図3 拡散光学素子を透過した光の配光強度分布

3. Thesis Questions

従来から拡散光学素子として使用されている MLA と DOE はそれぞれ使用する上での課題があることが知られています。

素子のパターンにより光源から出た光の位相分布を制御する DOE は、設計自由度が高く、出射光の配向分布を容易に制御できるという利点がある一方、局所的に急峻な位相変化が起きる位置でエバネッ

セント光の染み出しなどにより設計通りにならないことが原因で、完全に光路を制御できない光が一定程度発生してしまいます。このことにより光源から回折を起こさず直進する0次光と照射領域の外にランダムに散乱してバックグラウンドとなる迷光と言われる光が発生し、測定の精度を落したり光の利用効率を下げたりします。

一方、光の屈折を利用する MLA は、0次光や迷光が発生せず、非常に高い光の利用効率を得られます。しかしレンズと光源の位置関係によっては、干渉などの現象により均一な照射を妨げる場合があります。また出射光の配光分布の自由度は DOE に劣り高角度の照射に限界があります。

### 3. Solutions

SCIVAX では回折光学系 DOE と屈折光学系の MLA のそれぞれの課題を解決するため回折系と屈折系のハイブリッドの光学系を考案し、独自の拡散光学素子「Platanus®」を開発しました。

図4に従来の MLA と DOE と当社の Platanus® の特性の比較を示します。Platanus® は、光の回折と屈折の双方の性質を有効に活用することで MLA と同等以上の高い光の利用効率と DOE と同等のムラがなく自由度の高い配光強度分布を実現することができます。

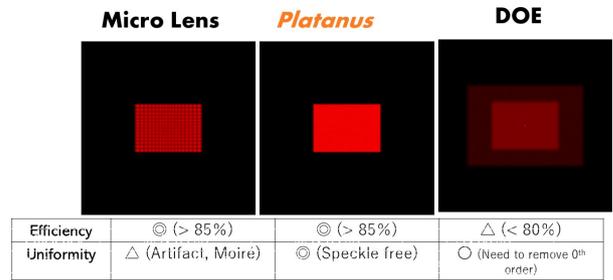


図4 当社拡散光学素子Platanusの特長

### 4. Products Info

図5に SCIVAX のカタログ品の拡散光学素子のいくつかの例を示します。配光分布強度について自由度の高い構造を有する Platanus® の特長を生かし、狭角から業界一の超広角まで豊富な種類の Field Of Illumination(FOI)をカバーし、工業計測、モバイル、ロボット家電、自動運転等のお客様の用途に最適な 3 D-TOF 用の拡散光学素子をご提供します。以上のカタログ品の他に、カスタム品としてのご要望に応じて設計製造をいたしますのでお気軽にご相談ください。

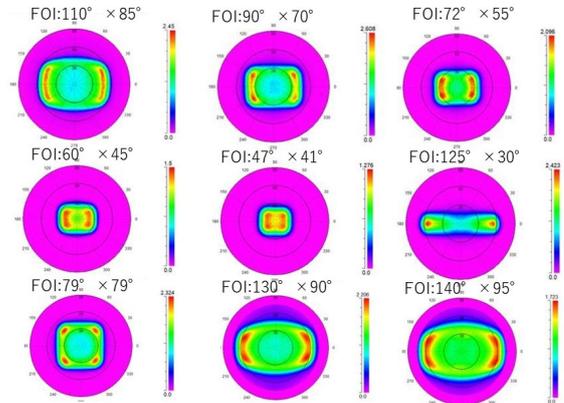


図5 当社拡散光学素子Platanusのカタログ品の配光強度分布  
FOI: FWHM of I<sub>max</sub>

### 5. Conclusion

以上のように、独自の光学設計思想と Nanoimprint 技術で製造した 3 D-TOF 用拡散光学素子は、広範な製品に採用され始めており、SCIVAX では、用途に合わせて最適な特性にカスタマイズされた拡散光学素子の提供事業を展開しております。