

## LiDAR評価システム

### ーバンドパスフィルタの透過率測定ー

R. Fuji

キーワード：LiDAR、レーザー波長、透過率、光学特性

#### ■要旨

紫外可視近赤外分光光度計を用いることで、LiDARに関わる材料の幅広い光学特性評価が可能です。LiDARに使用されるレーザー波長を考慮して測定波長を選択でき、また可変角絶対反射測定装置を用いることにより、入射光の角度を変えた角度依存性評価等も簡便に行えます。

LiDARは、Light Detection and Rangingの略で、光センサー技術の一つです。測定対象物にレーザー光を照射し、散乱光や反射光を測定することで、遠距離にある測定対象物までの距離や角度、あるいはその性質を分析することができます。以前より、LiDARは航空機や人工衛星に搭載され、地質学、地震学等の研究に測量技術として活かされてきました。また、最近では自動車の自動運転に用いられる技術として注目されています。

自動運転では、LiDARが人間に代わり、信号、道幅、対向車、歩行者等を検知して適切な操作を行わなければなりません。運転中に障害となりうる物を捉える技術としてLiDARは非常に重要であり、自動運転を実現するためのキーテクノロジーです。

LiDARから出射されるレーザー光は、センサーカバーを透過し、遠距離にある測定対象物に照射されます。したがって、LiDARに使用されるレーザー光がセンサーカバーをどの程度透過するか等、使用される材料の光学特性を把握する必要があります。また、LiDARの視野角も重要な性能の一つです。例えば、車体前面にLiDARが搭載される場合、前方の広域を見渡せるよう、できるだけ広い視野角が必要とされます。

現在、LiDARの多くは905 nmの近赤外波長で発光する半導体ダイオードレーザーを用いています。しかし、米国やその他の国のレーザー安全規則では、人間の眼に危険が及ぶことを防ぐためレーザーパルスの出力が制限されており、905 nmレーザーを用いる場合のLiDARの検知範囲は30~40 mに限られます。そこで、眼にとってより安全な長波長の1550 nmレーザーを用いることで出力を上げ、より遠方まで検知する技術も開発されています。

センサーカバーを透過するレーザー光の波長領域や光量は、レーザーの入射角やセンサーカバーの位置により変動します。すなわち、カバー素材の光学特性がLiDARの性能に大きく影響するため、LiDAR評価システムでは、入射光の角度を変える、あるいは波長領域を変えるなど幅広い測定が必要です。

Application News No. A612Aでは、光学材料の反射率測定および透過率測定の事例を紹介しました。ここでは、紫外可視近赤外分光光度計 SolidSpec™-3700iを用いて、905 nmと1550 nmのバンドパスフィルタの光学特性を評価しました。

#### ■LiDAR評価システムの対応機種

紫外可視分光光度計は、機種により測定可能な波長領域が異なります。LiDARに使用されるレーザー光の波長を考慮し、適した機種を選択する必要があります。また、大型試料室と可変角絶対反射測定装置を組み合わせることで、透過率（入射角0°～）、反射率（入射角5°～）等の角度依存性を評価することが可能です。表1に各機種の対応可能範囲を、図1に各機種の外観を示します。

表1 各機種の対応可能範囲

分光光度計本体	UV-2600i	UV-3600i Plus	SolidSpec-3700i
波長領域	185-900 nm	185-3300 nm	240-2600 nm
反射測定	入射角5~70°、受光角10~140°		
透過測定	受光角0~90°		
試料サイズ	25×25 mm~70×70 mm、厚さ~15 mm		

※UV-2600iおよびUV-3600i Plusでは可変角絶対反射測定装置以外に大型試料室（MPC-2600AもしくはMPC-603A）が必要です。

紫外可視分光光度計



UV-2600i

紫外可視近赤外分光光度計



UV-3600i Plus



SolidSpec™-3700i



大型試料室 / 可変角絶対反射測定装置

図1 各機種の外観

## 透過率測定

可変角絶対反射測定装置を取り付けたSolidSpec-3700iの試料室を図2に示します。可変角絶対反射測定装置を用いることで、試料に対する光の入射角を変化させた透過率/絶対反射率測定が可能です。なお、入射角が大きい場合（約15°以上）は偏光特性の影響を受けるため、本実験において20°以上の測定には大形偏光子Assyを用いました。

まずは試料を設置していない状態でベースライン補正を行い、次に任意の角度で試料を設置し測定します。試料および検出器の位置は、1°刻み（手動）で調整できます。測定条件を表2に示します。

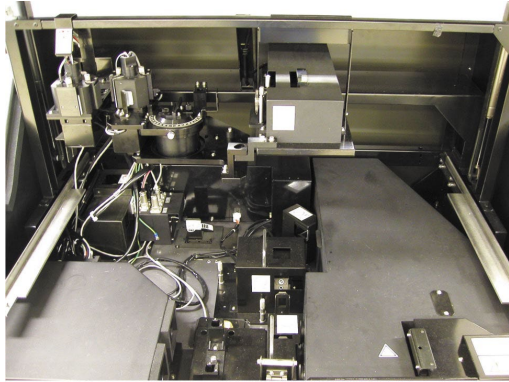


図2 可変角絶対反射測定装置を取り付けたSolidSpec-3700iの試料室

表2 測定条件

装置	: SolidSpec-3700i、可変角絶対反射測定装置 大形偏光子Assy
測定波長範囲	: 300 ~ 2000 nm
スキャン速度	: 中速
データ間隔	: 1.0 nm
スリット幅（自動切替）	: 8 nm（紫外～可視光）、20 nm（近赤外光）
光源切替波長	: 310 nm

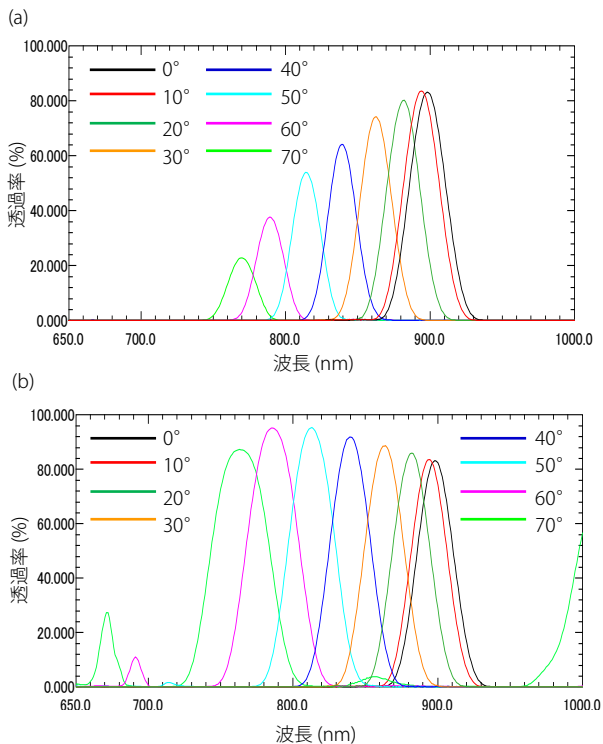


図3 905 nmバンドパスフィルタの透過率測定の結果  
(a) s偏光（偏光子0°）、(b) p偏光（偏光子90°）

905 nmバンドパスフィルタの透過率測定の結果を図3(a)(b)に、1550 nmバンドパスフィルタの結果を図4(a)(b)に示します。光の入射角は0~70°まで10°刻みです。s偏光は入射面に対して垂直な振動成分、p偏光は平行な振動成分の光を表します。

図3(a), 4(a)より、s偏光は入射角が大きくなるにつれて透過率が減少していますが、図3(b), 4(b)より、p偏光はs偏光ほど大きな透過率の減少がありませんでした。

また、このバンドパスフィルタは薄膜の干渉作用を利用した干渉フィルタであるため、入射角が変わると中心波長が変化する特徴が確認できました。

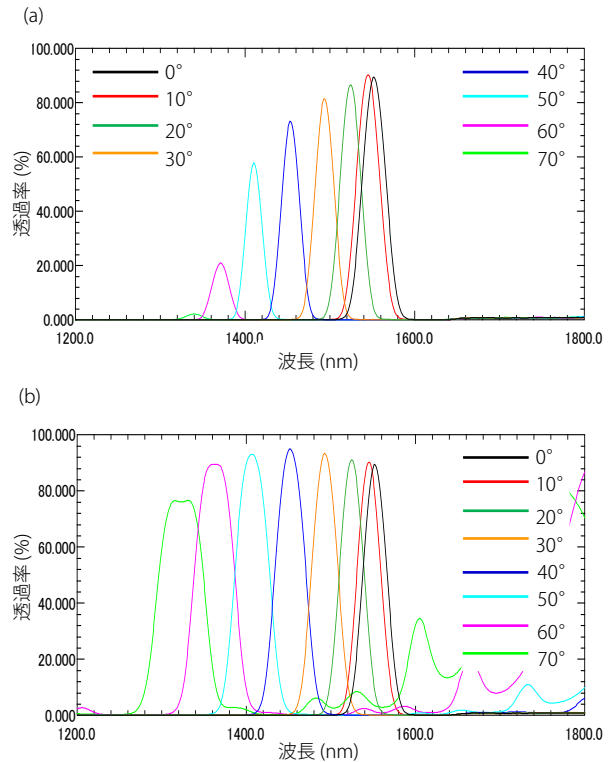


図4 1550 nmバンドパスフィルタの透過率測定の結果  
(a) s偏光（偏光子0°）、(b) p偏光（偏光子90°）

## まとめ

紫外可視近赤外分光光度計SolidSpec-3700iと、可変角絶対反射測定装置を用いて、905 nmと1550 nmのバンドパスフィルタを測定しました。入射光の角度を変えたときの透過率を測定することで、光学特性を評価することができました。

## 参考文献

- 1) Under the Hood of Luminar's Long-Reach Lidar  
<https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/under-the-hood-of-luminars-long-reach-lidar>  
(2020年2月12日参照)

SolidSpecは、株式会社島津製作所の日本およびその他の国における商標です。