

デッドバグの問題

2019年7月25日 ANGUS PACALA



出典：Advantage Autoglass 社

路上を行くライダー

自動車のフロントガラスに粒子が付着するのと同様に、ライダーの窓に雨、ほこり、雪、泥あるいはその他の粒子が付着します。こうした場合に、Ouster のセンサーはどう対応し、機能するのかという質問をよく受けます。これら環境に起因する遮蔽物は、レーザービームをブロックし、屈折させ、センサーの可視性を低下させます。

本日、Ouster は、光学開口部を解体し、遮蔽物の影響を最小化する方法をお伝えします。これには、大口径の光学開口部の採用がキーになっています。



シャワーを浴びたばかりで、ビームの屈折障害物 (aka ウォーターの水滴) が付着している OS1

Optical Aperture (光学開口) はとは？ また、なぜ重要なのか？

カメラレンズは、Ouster のライダーのレンズの簡易版に例えることができます。そのため直感的に理解するために、カメラの場合を考えましょう。カメラでは、アパーチャー（開口部）とは、レンズシステムや画像センサーに入ってくる光を制御する開口部を意味します。通常、アパーチャーはレンズのかなり奥のほうに取り付けられており、その開閉は、フロントレンズ表面の集光エリアの大きさに影響を及ぼします。これは、“フロントレンズ・アパーチャー”、あるいは、光学業界では“入射瞳”と呼ばれています。そして、本稿の目的では、アパーチャーとはフロントレンズ・アパーチャーを意味するもので、レンズの内側に埋め込まれたメカニカルなアパーチャーではありません。

アパーチャーのサイズに関しても、遮蔽物が画像センサーに付着する場合、その大きさが影響します。もし、不透明な遮蔽物（泥や虫など）が、アパーチャーよりも大きい場合は、完全にアパーチャーをブロックして、カメラを遮蔽してしまいます。一方、アパーチャーが遮蔽物よりも大きい場合は、光は部分的に弱められるだけで、画像は部分的に影響を受けるだけになります。

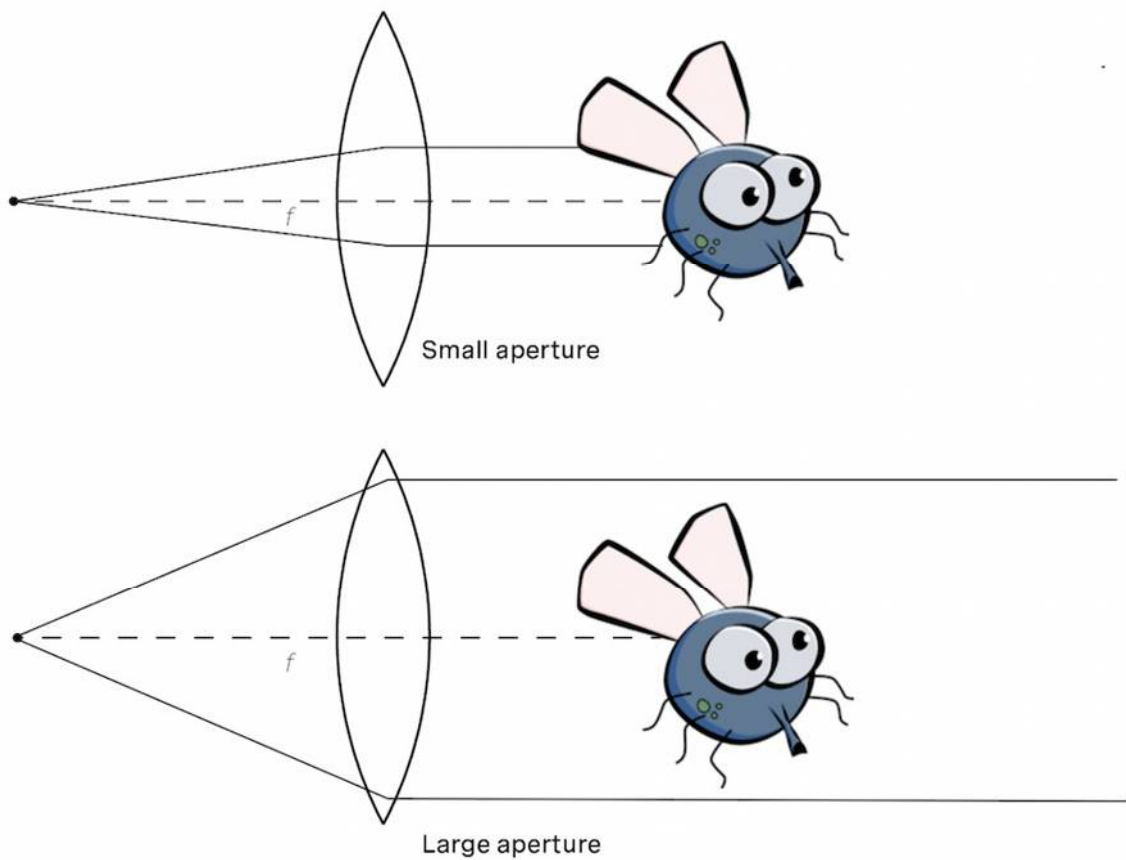


出典：Kurt Munger

部分的に遮蔽されたカメラレンズ、より大きなアパーチャーは光を透過し、画像は一部分、影響を受けるにすぎません

Ouster センサーに搭載されたレンズシステムで、VCSEL（垂直共振器面発光）レーザーを増大・偏光させます。光学アパーチャーは、レーザービームがレンズを通して出るため、レーザー径の大きさに直接的に影響されます。受光器では、光の方向は逆となります。同時に、光が検出アレイにフォーカスされる前に通過できる光学アパーチャーを採用しています。ちょうどカメラと同様です。

カメラ同様、ライダーセンサーが有する光学アパーチャーが小さいほど、遮蔽物に対する堅牢さは低下します。雨滴のような不透明で屈折性の遮蔽物は、レーザー光を屈折させ、ライダーの信号を弱め、したがって、そのピクセルの距離を低下させます。ビームアパーチャーが大きければ、信号強度は、完全にブロックされることなく、部分的に弱められるだけであり、点群は最小の影響を受けるだけで済みます。



アパーチャーが小さいほど、遮蔽物が光をすべてブロックしやすくなります。

言うべきことはこれだけです。小さな光学アパーチャーの採用は、ほこり、雨、雪、その他の遮蔽物の発生が予期される環境で、あらゆるカメラやライダーに対して問題を引き起こす可能性があります。

フィールドテスト！：デッドバグの問題

Ouster は、OS-1 の大口径アパーチャーが、大型の昆虫のように比較的大きな遮蔽物の場合でも、最小限の影響しか受けないのか実証するために、試験を実施いたしました。

このテストでの製品構成は、OS-1-64 ライダーセンサーと、反射率 10% のランバート製ターゲット板です。パフォーマンスを評価するために、最初にクリーンなセンサーウィンドウの状態では、レーザーパルスの反射強度（インテンシティ）の値を収集しました。そして、直径 5 mm の“バグ”（ステッカー）をセンサーウィンドウに貼り付け、同ターゲット板の反射強度値を測定しました。これらの 2 つの値を比較し、信号強度への影響度を調

べました。

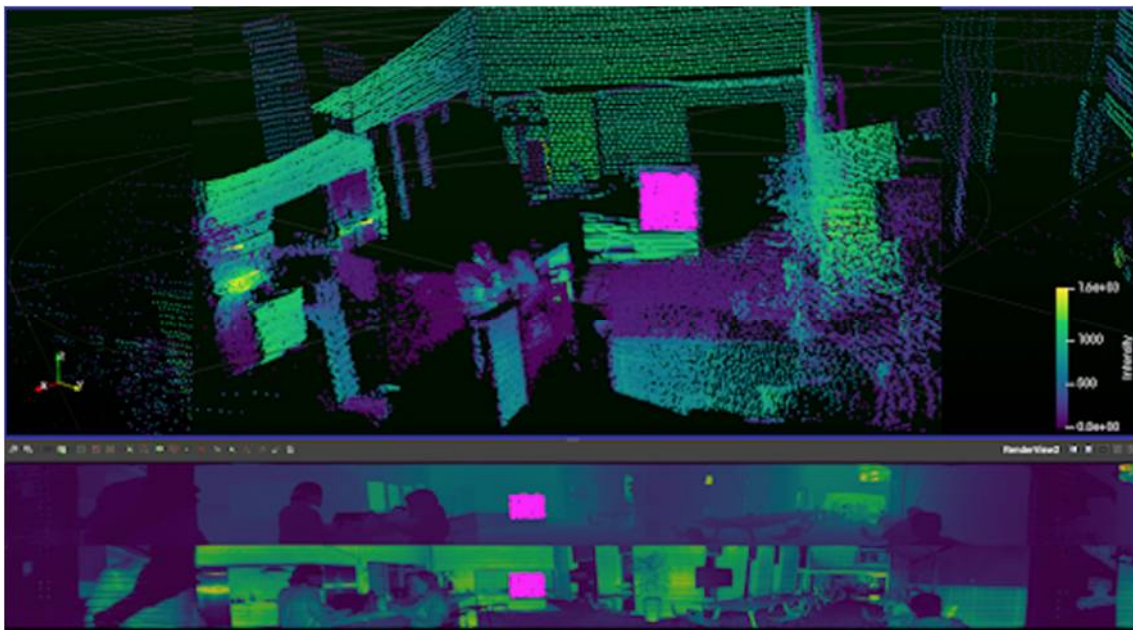
距離に沿って低下する反射強度を測定するために、ライダーセンサーをターゲットから順に移動させ測定しました。異なった距離ごとで、このテストを繰り返しました。



OS-1 ライダーセンサーと、反射率 10%に校正されたランバート製ターゲット
試験は、6m、12m、18mの各距離で実施する。

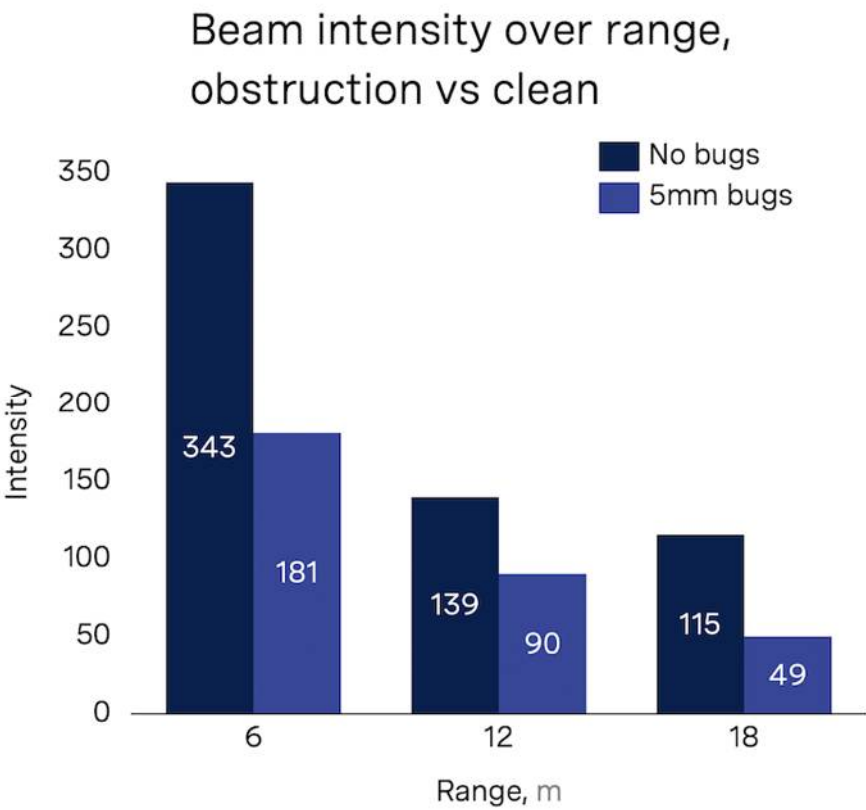


遮蔽物の大きさがどの程度、パフォーマンスへ影響するのか評価するため、ステッカーを使用しました。これで、ターゲット板へ照射するビームが一部、遮蔽されたことになります。



[OusterStudio](#) ソフトを用いて、点群から構成されたターゲット板をハイライトし反射強度の値を収集する。

フィールドテストの結果



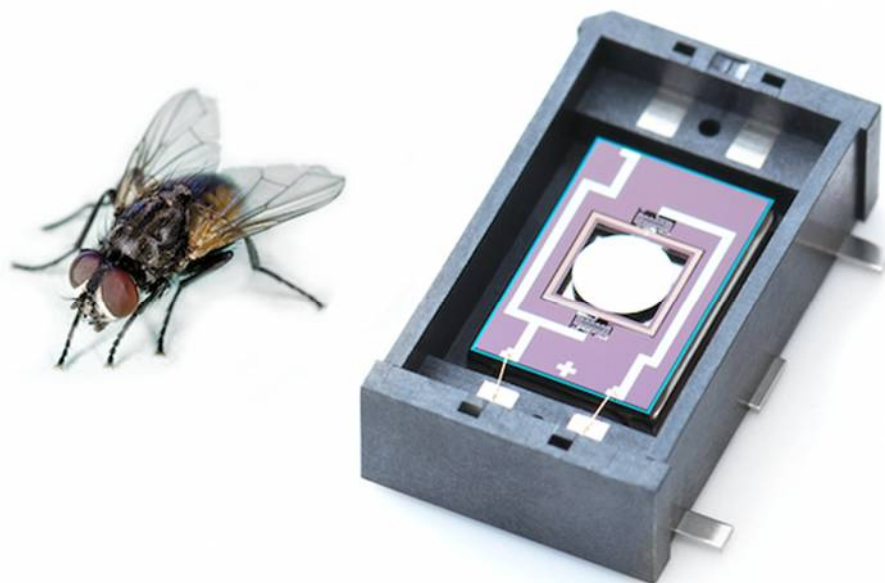
試験は、各距離においてサンプル数 n=3 で実施されました。

| | 6m | 12m | 18m |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|
| Intensity Degradation from Obscurant | 47% | 36% | 57% |
| Expected Range Degradation | 15% | 10% | 19% |

OS-1-64 に関しては、不透明な遮蔽物でも、47%の反射強度低下を伴いながらも、なお、視野を確保できています。これは、直感的には、5 mmの虫（バグ）がアパーチャーに付着しても、全体のビームの半分以下をブロックするにすぎず、光子の半減で距離を～15%程度のみ低減することを示しています。我々の大口径アパーチャーは、バグを除いた周辺を十分な量のビームが通過し、センサーが最長の距離に設置された場合でも、比較的小さいマイナスの影響で済み、ターゲット板から反射強度を得ることができます。

光子計数（反射強度）に関しては、一定の関係の範囲内で、今後の投稿にて詳述する予定です。

MEMS の問題



粒子は、容易に MEMS スキャナーの小さなアパーチャーを遮蔽してしまう。(出展: Equinox Graphics)

微小電気機械システム (MEMS ライダー) は、直径 1~4 mm 程度の小さなアパーチャーを持つ振動ミラーモジュールで、大きい不利な点があります。一方、マルチビームフラッシュライダーは、直径で×2 倍から×10 倍大きく、面積で×4 倍から×100 倍広いアパーチャーを持ち、同様に、遮蔽物に対する感度も増加させる特性を持ちます。

MEMS システムのアパーチャーのサイズは、レーザービームのスキャンで使用するミラーのサイズによって制約を受けます。直感的には、ミラーサイズが大きくなると、それに伴い一定の割合で光学アパーチャーサイズも拡大すると思われそうですが、実際には、大きな MEMS ミラーは、素早く振動させるという点で、根本的な問題を抱えており、結果として、小さな視野、遅いフレーム速度、信頼性の問題等とのトレードオフになるため、ほとんどのメーカーは製造していません。

ここからは、ひたすら向上のみ

遮蔽物に対する強靱性を評価する「評価基準」は、しばしば、距離、解像度、視野などのパフォーマンスが優先されるなか、注目されなくなっています。しかし、センサーが安全性を最重要視されるアプリケーションにおいては、強靱性の「評価基準」は重要であり、最初の合意事項になり得ます。Ouster は、センサー設計の最初の日から、これを熟慮し、OS-2 ではこの強靱性を一層高めます。OS-2 は、OS-1 の 2 倍の大きさのアパーチャーを持ち、その設計意図とされている長距離のセンシングでも、遮蔽物に対してより堅牢なデザインになっております。今年後半のリリースまで、引き続きご注目願います。