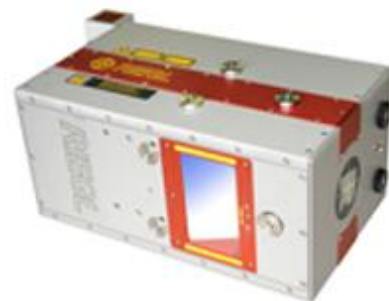


The Versatile, High Altitude
Airborne LIDAR Sensor



全波形処理方式・高高度 航空レーザースキャナー

RIEGL LMS-Q780



新しい長距離・航空測量用レーザースキャナー「RIEGL LMS-Q780」は強力なレーザ光源と、Multiple-Time-Around 処理(MTA)及び RIEGL 社独自のデジタル全波形分析処理を採用しています。この組合せによっていろいろな高度での作動が可能になり、従って複雑な地形の航空測量に最適です。

「LMS-Q780」は、データ収集中にオンラインで反射信号をデジタル化し、次のオフライン波形分析によって詳細なターゲットパラメーターを収集します。この方法は林冠調査やターゲット分類といった困難な課題を扱う時に、非常に価値があります。

「Multiple-Time-Around 処理(MTA)」は、連続する2つのレーザパルス間の「明確な」範囲外で検出されたターゲットエコー信号も使用できるようにします。後処理では RiMTA と組み合わせられた RiANALYZE を使って、「あいまい」なエコー信号の正しい位置決めができます。

スキャナーの作動パラメーターは、広範囲な用途をカバーするように設定ができます。包括的なインターフェース機能によってスキャナーを完全な航空測量データ収集システムにスムーズに組み込みます。

基本的に装置は、ナノ秒の赤外線パルスによる「タイム オブ フライト方式」と、リニアで単一方向の平行ラインスキャンを可能にする高速ビームスキャン機構を使用しています。装置は、非常に堅牢ですので航空機への設置に最適です。また小型・軽量なので双発或いは単発小型機やヘリコプター、或いは無人操縦機への設置も十分に可能です。装置は単一電源で作動でき、GPS のタイミング信号によって正確なタイムスタンプとデジタル化されたエコー信号をRIEGLデータレコーダーに記録しながら、データのオンラインモニターリングが可能です。

特長

- 標準的な使用高度 7200ft からでも地上での測定点は 266,000 測定／秒まで
- Multiple-Time-Around 処理(MTA) : 同時に空中にある10個(MTAゾーン 10)までのパルス进行处理
- 全波形分析によって無制限のターゲット数を処理
- 400 kHz までの高いレーザパルスレート
- 異なるフィールドにも適用する為のさまざまなレーザパワー設定
- 距離精度 $\pm 20\text{mm}$
- 200 ライン／秒までの速いスキャン速度
- 60° 視野の広いスキャン範囲
- 平行なスキャンライン
- 雪や氷の地形測定に最適化
- GNSS とのスムーズな時間同期
- 他の RIEGL ALS-システム、ソフトとのシームレスな組み込み及び互換性

代表的な用途例

フルレーザパワー出力

- 広範囲／高高度のマッピング
- 氷河や積雪地帯のマッピング
- 地形測定や鉱山での測定

減衰させたレーザパワー出力

- シティモデリング
- 湖岸や川岸のマッピング
- 農地や森林測量
- 路線計測

LMS-Q780 技術データ 1

レーザー製品分類

クラス3B IEC60825-1:2007



距離測定性能 パルスレートとターゲット反射率による距離性能

フルレーザーパワー出力

レーザーパワーレベル	100%			
レーザーパルスレート	100kHz	200kHz	300kHz	400kHz
最長測定距離 ¹⁾³⁾				
自然物ターゲット $\rho \geq 20\%$	4,100m	3,500m	3,000m	2,700m
自然物ターゲット $\rho \geq 60\%$	5,800m	5,100m	4,500m	4,100m
最大測定飛行高度 AGL ²⁾³⁾	3,350m	2,850m	2,450m	2,200m
	11,000ft	9,400ft	8,000ft	7,200ft
NOHD ⁴⁾	200m	160m	150m	105m
eNOHD ⁵⁾	1,500m	1,200m	960m	820m

- (1) 下記の状況を想定しています。
 ・ターゲットサイズがレーザービームのスポットサイズより大きい ・平均的な明るさ ・視界 40km ・適切な飛行計画とマルチタイムアラウンド処理によって不確実性を解消 ・直角の入射角
 (2) 反射率 $\rho \geq 20\%$ 、FOV 60°、追加的なロール角 $\pm 5^\circ$ MTA ゾーンの変わり目は考慮せず。
 (3) 明るい太陽のもとでは曇り空の場合よりも作動距離がかなり短くなり、作動飛行高度も低くなります。
 (4) IEC60825-1:2007 の単発条件に準じた MPE に基づく公称眼障害距離。
 (5) IEC60825-1:2007 の単発条件に準じた MPE に基づく拡張された公称眼障害距離 (eNOHD: 双眼鏡あるいは望遠鏡を使用時、危険にさらされる可能性のある距離の目安)

減衰させたレーザーパワー出力

レーザーパワーレベル	50%	25%	12%	6%
レーザーパルスレート	400kHz	400kHz	400kHz	400kHz
最長測定距離 ⁶⁾⁸⁾				
自然物ターゲット $\rho \geq 20\%$	2,100m	1,500m	1,120m	820m
自然物ターゲット $\rho \geq 60\%$	3,200m	2,400m	1,800m	1,350m
最大測定飛行高度 AGL ⁷⁾⁸⁾	2,600m	1,950m	1,450m	1,100m
	8,600ft	6,400ft	4,800ft	3,600ft
NOHD ⁹⁾	70m	68m	44m	25m
eNOHD ¹⁰⁾	560m	550m	360m	250m

- (6) 下記の状況を想定しています。
 ・ターゲットサイズがレーザービームのスポットサイズより大きい ・平均的な明るさ ・視界 40km ・適切な飛行計画とマルチタイムアラウンド処理によって不確実性を解消 ・直角の入射角
 (7) 反射率 $\rho \geq 20\%$ 、FOV 60°、追加的なロール角 $\pm 5^\circ$ MTA ゾーンの変わり目は考慮せず。
 (8) 明るい太陽のもとでは曇り空の場合よりも作動距離がかなり短くなり、作動飛行高度も低くなります。
 (9) IEC60825-1:2007 の viewing a single scan line に準じた MPE に基づく公称眼障害距離。
 (10) IEC60825-1:2007 の viewing a single scan line に準じた MPE に基づく拡張された公称眼障害距離 (eNOHD: 双眼鏡あるいは望遠鏡を使用時、危険にさらされる可能性のある距離の目安)

最短距離¹¹⁾

50m

精 度¹²⁾¹³⁾

20mm

確 度¹²⁾¹⁴⁾

20mm

レーザーパルス繰返しレート¹⁸⁾

400kHz まで

有効測定レート

60° スキャンの場合 266kHz

レーザー波長

近赤外

ビーム広がり角¹⁵⁾

<0.25mrad

1パルス当たりのターゲット数

デジタル化された波形に対しては無制限¹⁶⁾

モニタリングデータ出力:ファーストパルス

スキャナー性能

スキャナー機構

回転ポリゴンミラー

スキャンパターン

平行スキャンニングライン

スキャン範囲

$\pm 30^\circ = 60^\circ$ total

スキャン速度

14~200 ライン/秒¹⁷⁾@レーザーパワーレベル $\geq 50\%$

10~200 ライン/秒¹⁸⁾@レーザーパワーレベル<50%

$\Delta \theta \geq 0.012^\circ$ @レーザーパワーレベル $\geq 50\%$

$\Delta \theta \geq 0.006^\circ$ @レーザーパワーレベル<50%

0.001°

角度ステップ幅 $\Delta \theta$ ¹⁹⁾

角度測定分解能

外部のタイミング信号にスキャンラインを同期させる為のオプション

Scan Sync

- (11) RIEGL 社テスト条件下で250mの距離での標準偏差 1σ
 (12) RIEGL 社テスト条件下で250mの距離での標準偏差 1σ
 (13) 精度は測定された量の、真の値に対する整合度です。
 (14) 確度は再現性とも呼ばれ、さらなる測定が同じ結果を示す度合いです。

- (15) $1/e^2$ の点で測定。0.25mrad は 1,000mの距離で 25cmのビームサイズを意味します。
 (16) 実際にはデータレコーダーの最大データレートによってのみ制限される。
 (17) 最小スキャン速度増加はPRR400,000Hz@レーザーパワー $\geq 50\%$ で53ライン/秒までリニアに増大
 (18) 最小スキャン速度増加はPRR400,000Hz@レーザーパワー<50%で27ライン/秒までリニアに増大
 (19) 連続するレーザーショット間角度。ユーザー調節可能

受光強度情報

各レーザー測定 of 追加情報として、高分解能(16ビット)の受光強度情報があり、これをターゲットの差別や認識・分類に使用することができます。

データインターフェース

設定用
モニタリング出力用
デジタルデータ出力用
同期

イーサネット TCP/IP(10/100 Mbit) RS232(19.2kBd)
イーサネット TCP/IP(10/100 Mbit)
データレコーダ用高速シリアルデータリンク
シリアル RS232 インターフェース TTL入力 (1pps同期用パルス)
GNSS 時間情報の異なったデータフォーマットに対応

一般的技術データ

電源入力
消費電流
主 寸 法
重 量
保護クラス
最大飛行高度(作動中)
最大飛行高度(非作動中)
温度範囲

18 - 32 VDC
DC24Vで約 7A
480 x 212 x 279 mm
約 20kg
IP54
基準海面 (MSL) より 5,000m (16,500 ft)
基準海面 (MSL) より 5,500m (18,000 ft)
0°C ~ +40°C (作動)
-10°C ~ +50°C (保管)

IMUセンサーの取り付け

レーザースキャナーの上部にスチール製ネジ穴があり、内部構造にしっかりと固定されている。

Colored Point Cloud Ötscher, Austria, 2012

Acquisition Parameter:

Scanner: RIEGL LMS-Q780
Data Recorder: DR680
Field of View: 60°
PRR: 400 kHz
Scan Area: 57 km²
Scan Points: 716 Mio.
Scan Time: 0:27 h

Average Point Density:
13 points/m²

Flight Parameter:

997m - 2420 m AGL
(3000 m above MSL)
110 knots
Flight Time: 0:45 h



LMS-Q780 の反射信号

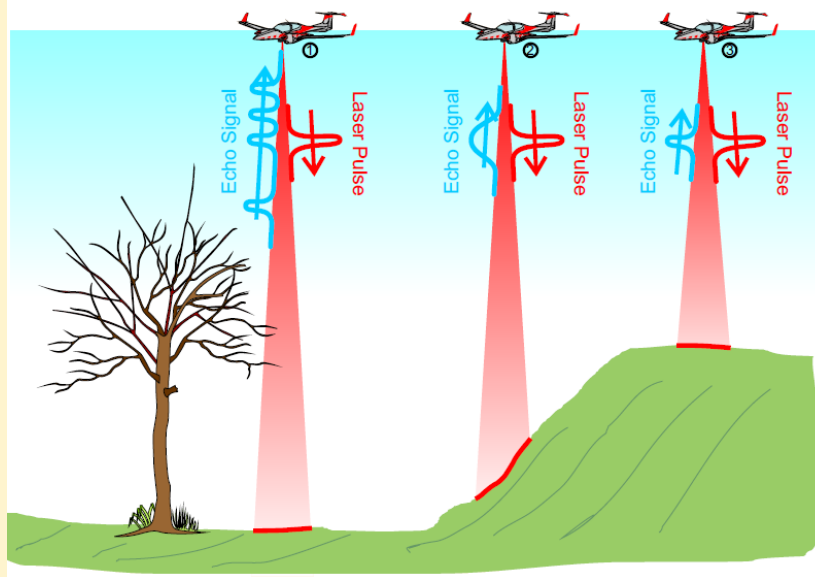


図1: 異なったタイプのターゲットからの反射信号の様子

- ①の状況では、レーザーパルスは最初に木の枝にあたり、識別可能な3個の反射パルスを作り出します。レーザーパルスの一部は地面に当たって、他の反射パルスを作り出します。
- ②の状況では、レーザーパルスは小さな入射角を持って平坦な面で反射され、その結果反射パルスの幅が広がってしまいます。
- ③の状況では、レーザーパルスは正常な入射角で平坦な面で反射されますので、出力されたレーザーパルスとほぼ同じ形の1個の反射信号パルスが返ってきます。

「LMS-Q780」のデジタル処理機能によって、ユーザーは反射信号から広範囲な情報を抽出することができます。

図1は異なったタイプのターゲットに対して、連続的に3回レーザー測定を行った状況を示しています。

赤いパルスはターゲット面に対して光の速度でレーザー光が移動することを表しています。信号が散乱反射ターゲット面に当たった時、衝突した信号のごく僅かな部分が装置側へ反射されます。

青い信号はその反射を表しています。

LMS-Q780 のエコデジタル処理

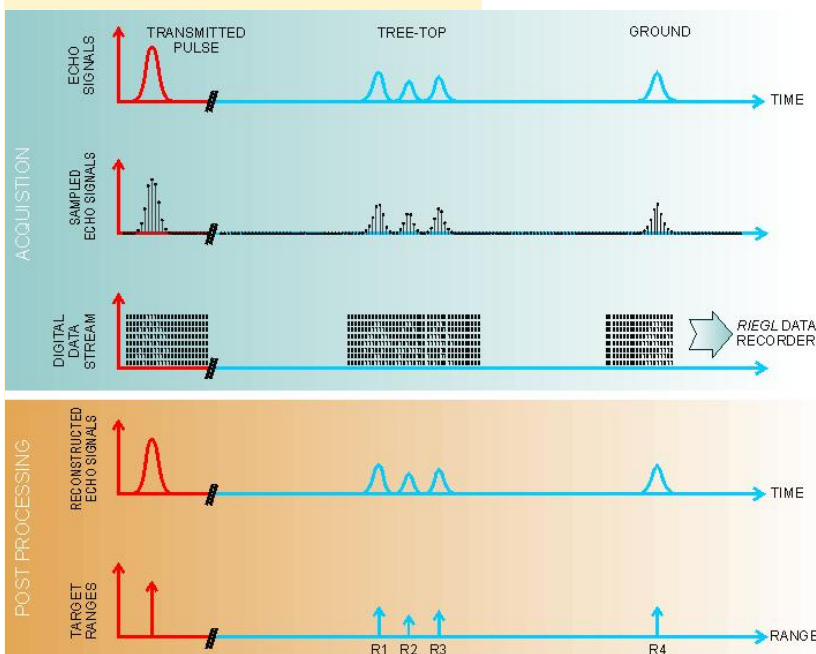


図2: データ収集および後処理

「ACQUISITION」図の一番上の線は、アナログ信号を示しています。

第1(赤色)パルスはレーザー発振パルスの一部に関連したものです。

次の(青色)パルスは、木の枝による反射に相当します。

最後のパルスは地面からの反射です。

このアナログ信号は、一定の時間間隔でサンプリングされ(中央の線)、次にアナログ-デジタル変換され、デジタルデータストリーム(下の線)になります。このデータストリームは、その後のオフライン後処理のために「データレコーダー」に保存されます。

設計・製造・マーケティング等におけるRIEGL社の長年の経験を基に、工業用途及び測量用途に挑戦するデジタル処理レーザー距離計は、アナログ-デジタル電子回路の綿密な設計によって、広範囲なダイナミックレンジをカバーして反射信号の全ての情報を保持することを可能にしました。

従って後処理では、信号は完全に再構築され、ターゲットまでの距離、ターゲットのタイプ、そしてその他のパラメーターを正確に導き出す為に、詳細に分析されます。

Multiple-time-around(MTA)によるデータ収集と処理

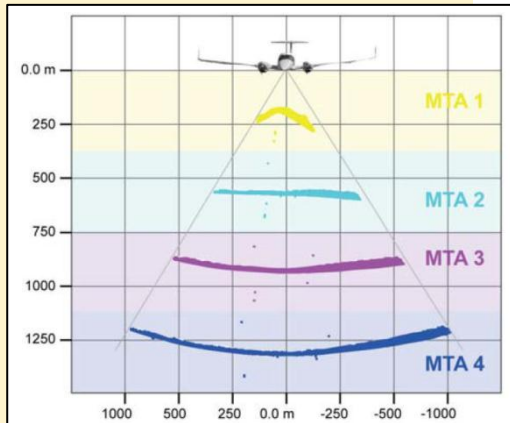


図 3: MTA ゾーン 1 から4に処理された
スキャンデータのプロファイル

「time-of-flight」原理による距離測定では、測定繰返しレートと光の速度によって定義される最長の「あいまいさ」測定距離が存在します。例えば、400kHz のパルス繰返しレートでスキャンする時、約 375m を超える測定距離は、「Multiple-time-around (MTA)」として知られている効果が原因で「あいまい」になります。

このような場合、受信したターゲットエコーはもはや、先行して送信されたレーザーパルスと関連付けられないで (MTA-zone 1)、真の測定距離を決定する為に、最後の一つ前のパルス (MTA-zone 2)、或いは最後の2つ前に送信されたパルス (MTA-zone 3) と関連付けられなければなりません。

図 3 は、スキャンラインの各シングルエコーが、最後から4つ先行して送信されたレーザーショットと関連付けられた、ALS データにイメージを示しています。各シングルエコーは MTA ゾーンの1, 2, 3 及び4でそれぞれ計算された測定距離を表しますが、4つの認識のうちの一つだけがスキャンされた地表の真の点群モデルを表します。

選ばれた例は、MTA ゾーン2に正しく位置しているスキャンデータを示しており、そこでは MTA ゾーン1, 3或いは4において不正確に計算された「あいまい」な距離の典型的な空間特性とは対照的に、地表が多少なりとも平坦になっています。

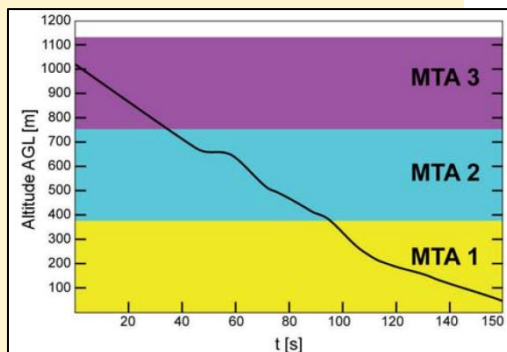


図 4: 地上高 1,000m から 240m を 150 秒
以内で降下する飛行高度

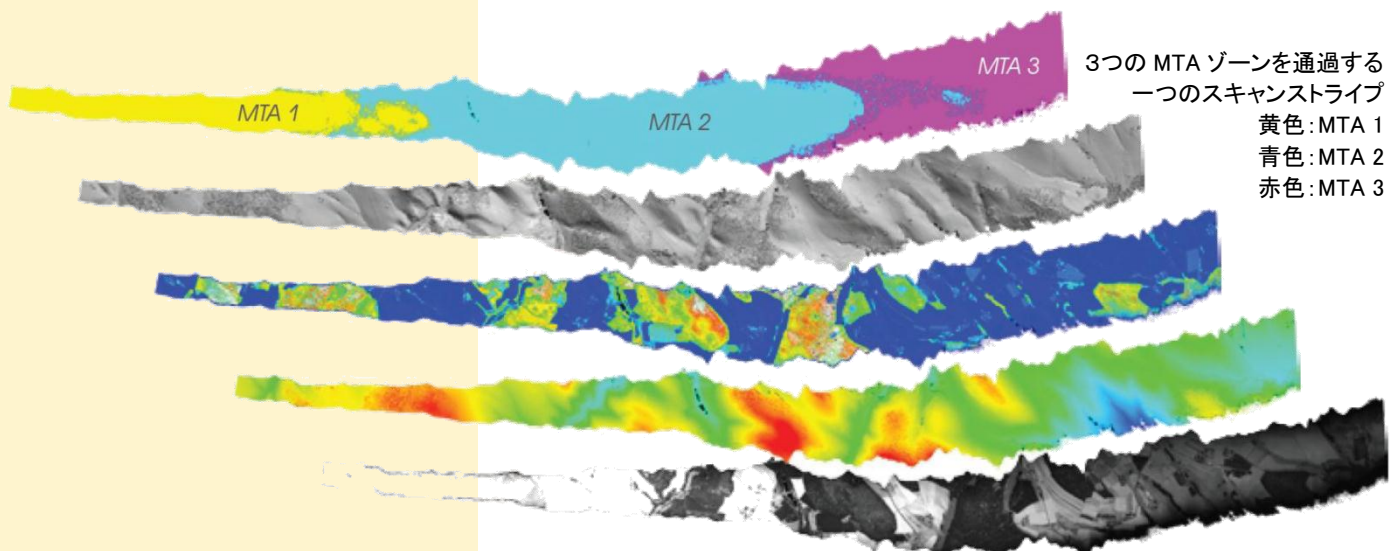
RIEGL LMS-Q780 は、1つ以上のパルス繰返し間隔以上の遅れで到着したエコー信号を収集する能力を持っており、そのように最長の「あいまい」測定距離を超えた距離の測定を可能にしています。

高速信号処理における独自の技術と、送信されたレーザーパルスの列に適用される新奇な変調方式によって、装置の持っている最長測定距離内で、どのようなギャップもなしに距離測定ができます。

送信されたレーザーパルスの列に適用される特殊な変調方式は、MTA ゾーン間の境目のデータの全体としてのロス回避し、約半分の点密度での距離測定を保持します。

「あいまい」エコー距離の正しい決定は、関連するアルゴリズムライブラリー「RiMTA」と組み合わせた「RiANALYZE」を使って完成されます。

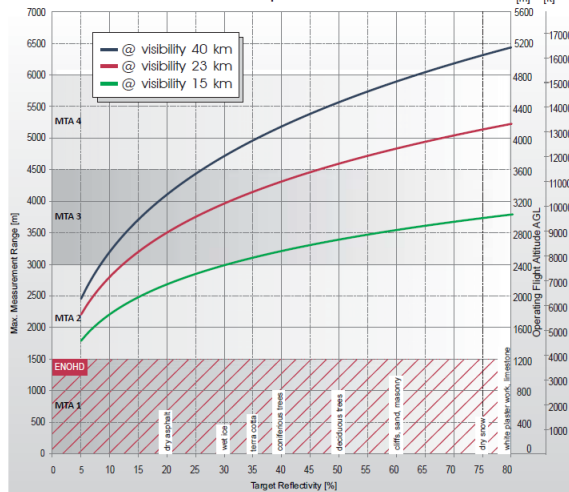
「RiMTA」はどのようなユーザーの操作も必要とせず、大量データの高速処理速度を維持します。



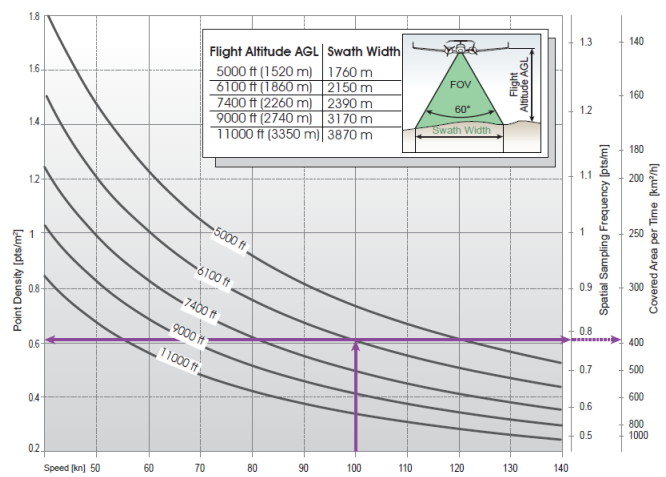
3つの MTA ゾーンを通過する
一つのスキャンストライプ
黄色: MTA 1
青色: MTA 2
赤色: MTA 3

LMS-Q780 最長測定距離および点密度

PRR = 100 kHz, laser power level 100%

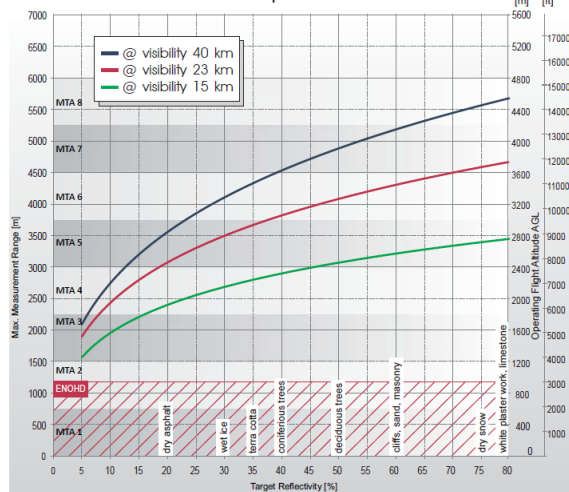


例: LMS-Q780 100,000 パルス/秒 レーザーパワー=100%
高度=3300ft AGL 速度=80 kn

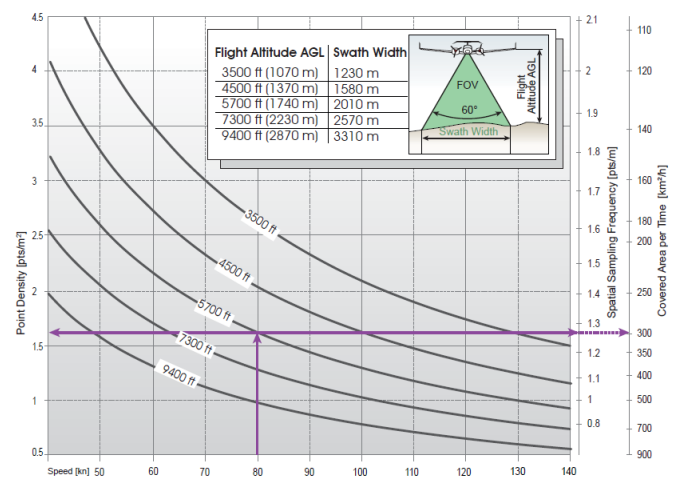


結果: 点密度 ~ 0.6 点/m² 空間サンプリングレート ~ 0.8pts/m
エリアカバー/時間 ~ 400km²/時間

PRR = 200 kHz, laser power level 100%

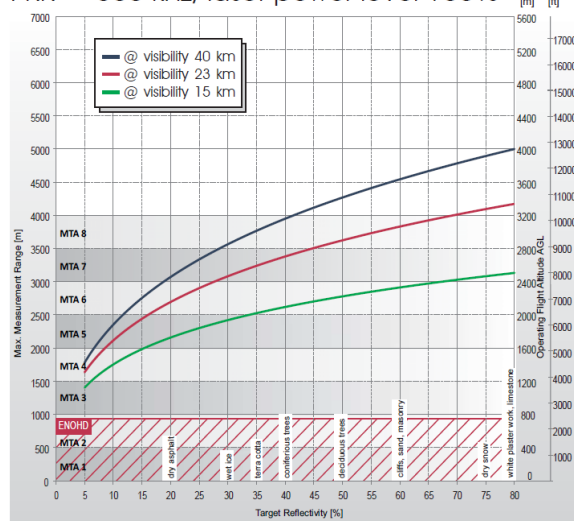


例: LMS-Q780 200,000 パルス/秒 レーザーパワー=100%
高度=5700ft AGL 速度=80 kn

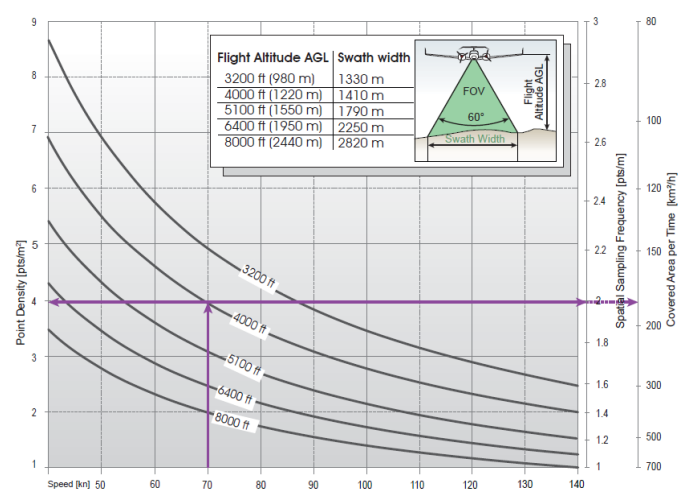


結果: 点密度 ~ 1.6 点/m² 空間サンプリングレート ~ 1.3pts/m
エリアカバー/時間 ~ 300km²/時間

PRR = 300 kHz, laser power level 100%



例: LMS-Q780 300,000 パルス/秒 レーザーパワー=100%
高度=4000ft AGL 速度=70 kn



結果: 点密度 ~ 4 点/m² 空間サンプリングレート ~ 2pts/m
エリアカバー/時間 ~ 180km²/時間

【作動飛行高度に対して次の条件を想定しています】

・あいまい性は MTA 処理及び飛行計画によって処理 ・ターゲットはレーザースポット径よりも大きい ・スキャン角: 60 度 ・ロール: ±5 度 ・平均的な周囲の明るさ温度

【時間当たりの測定面積計算の想定】

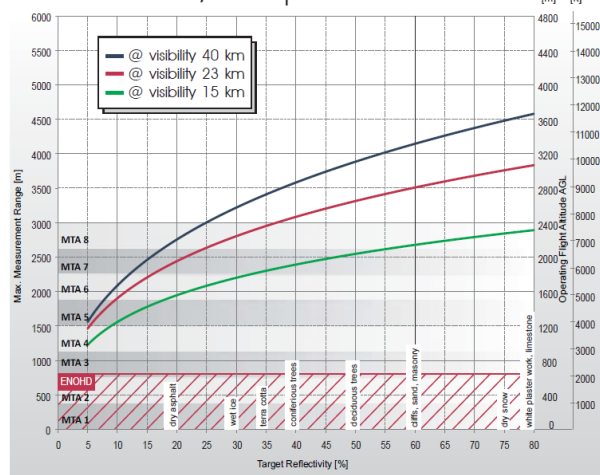
・隣接するフライトストリップとのオーバーラップ 20%。このオーバーラップは±5° のロール角、または 20% の飛行高度 AGL の減少をカバーします。

【空間サンプリング周波数の定義】

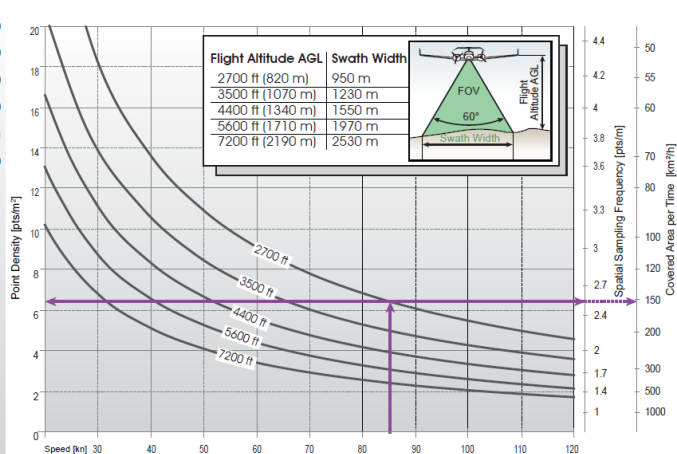
・空間サンプリング周波数とは、隣接するスキャンポイント間の最大距離の分布関数の 95 パーセンタイルの逆数です。どれか特定のスキャンポイントを考えた時、空間サンプリング周波数の逆数に最も近い隣接点を見つけ出せる確率は 95% です。

LMS-Q780 最長測定距離および点密度

PRR = 400 kHz, laser power level 100%

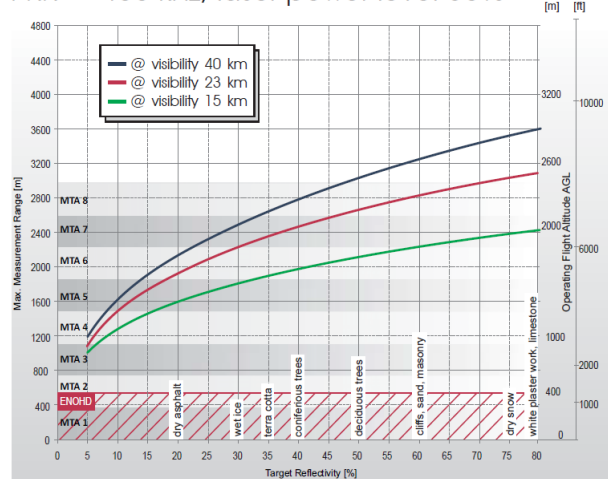


例: LMS-Q780 100,000 パルス/秒 レーザーパワー100%
高度=2700ft AGL, 速度=85 kn

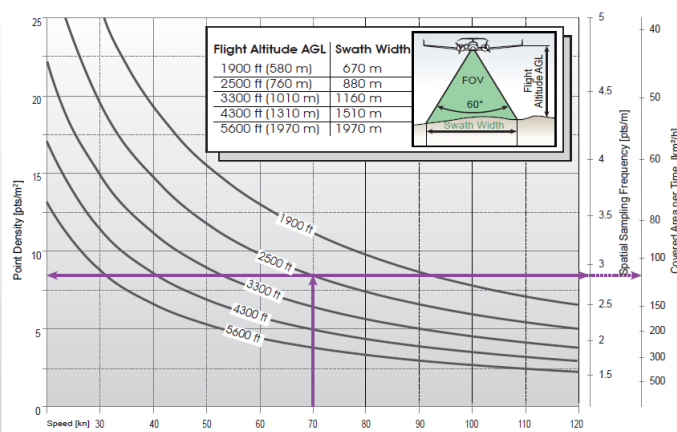


結果: 点密度 ~ 6.4 点/m² 空間サンプリングレート ~ 2.5pts/m
エリアカバー/時間 ~ 150km²/時間

PRR = 400 kHz, laser power level 50%

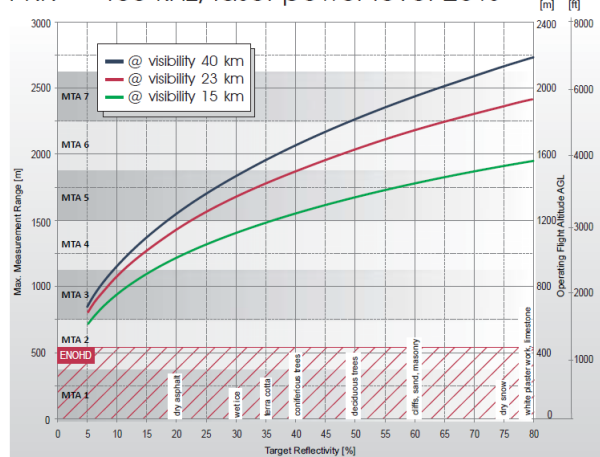


例: LMS-Q780 400,000 パルス/秒 レーザーパワー50%
高度=2500ft AGL, 速度=70 kn

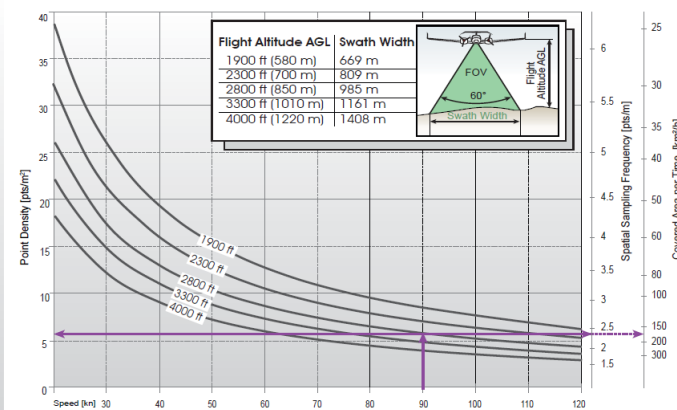


結果: 点密度 ~ 8.4 点/m² 空間サンプリングレート ~ 2.8pts/m
エリアカバー/時間 ~ 120km²/時間

PRR = 400 kHz, laser power level 25%



例: LMS-Q780 400,000 パルス/秒 レーザーパワー25%
高度=2800ft AGL, 速度=90 kn



結果: 点密度 ~ 5.8 点/m² 空間サンプリングレート ~ 2.4pts/m
エリアカバー/時間 ~ 160km²/時間

【作動飛行高度に対して次の条件を想定しています】

・あいまい性は MTA 処理及び飛行計画によって処理 ・ターゲットはレーザースポット径よりも大きい ・スキャン角: 60 度 ・ロール: ±5 度 ・平均的な周囲の明るさ温度

【時間当たりの測定面積計算の想定】

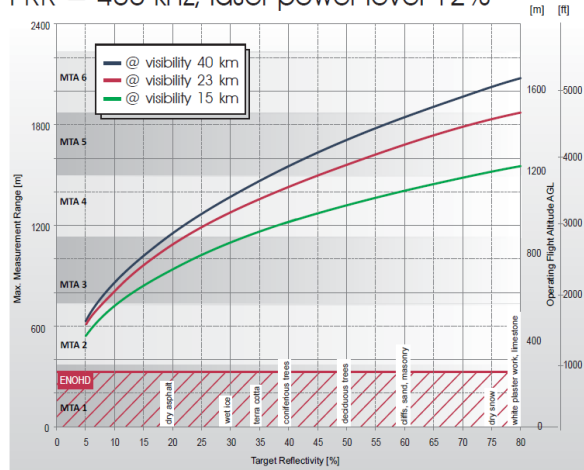
・隣接するフライトストリップとのオーバーラップ 20%。このオーバーラップは±5° のロール角、または 20% の飛行高度 AGL の減少をカバーします。

【空間サンプリング周波数の定義】

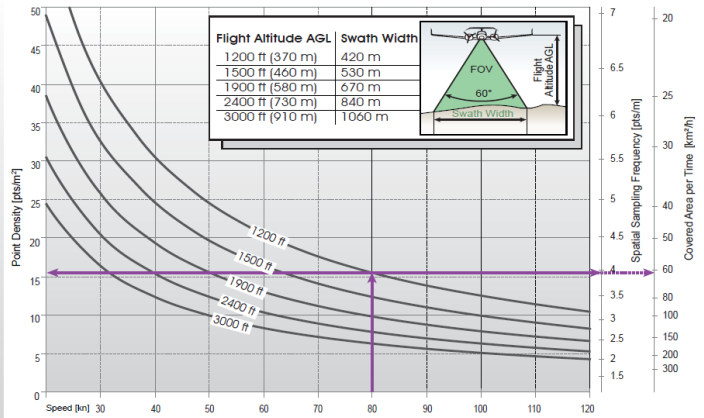
・空間サンプリング周波数とは、隣接するスキャンポイント間の最大距離の分布関数の 95 パーセンタイルの逆数です。どれか特定のスキャンポイント考えた時、空間サンプリング周波数の逆数に最も近い隣接点を見つけ出せる確率は 95%です。

LMS-Q780 最長測定距離および点密度

PRR = 400 kHz, laser power level 12%

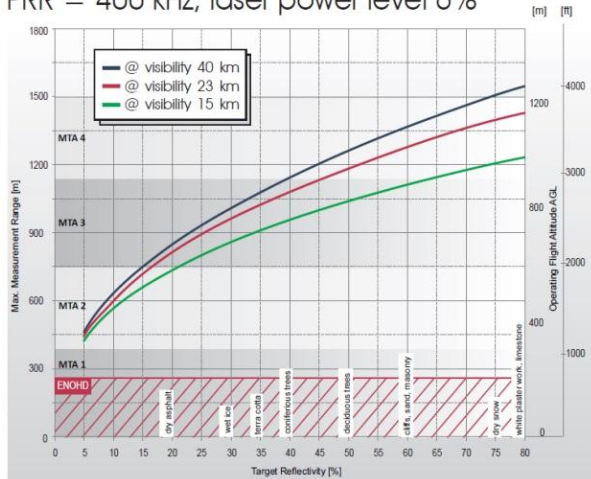


例: LMS-Q780 400,000 パルス/秒 レーザーパワー12%
高度=1200ft AGL, 速度=80 kn

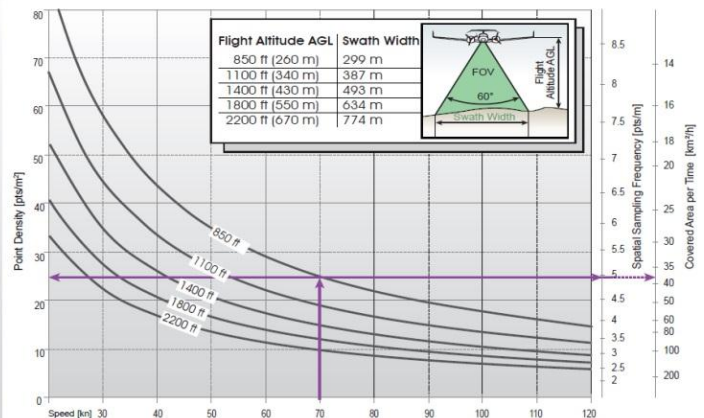


結果: 点密度 ~ 15.3 点/m² 空間サンプリングレート ~ 3.9pts/m
エリアカバー/時間 ~ 60km²/時間

PRR = 400 kHz, laser power level 6%



例: LMS-Q780 400,000 パルス/秒 レーザーパワー6%
高度=850ft AGL, 速度=70 kn



結果: 点密度 ~ 24.7 点/m² 空間サンプリングレート ~ 5pts/m
エリアカバー/時間 ~ 38km²/時間

【作動飛行高度に対して次の条件を想定しています】

・あいまい性は MTA 処理及び飛行計画によって処理 ・ターゲットはレーザースポット径よりも大きい ・スキャン角: 60 度 ・ロール: ±5 度 ・平均的な周囲の明るさ温度

【時間当たりの測定面積計算の想定】

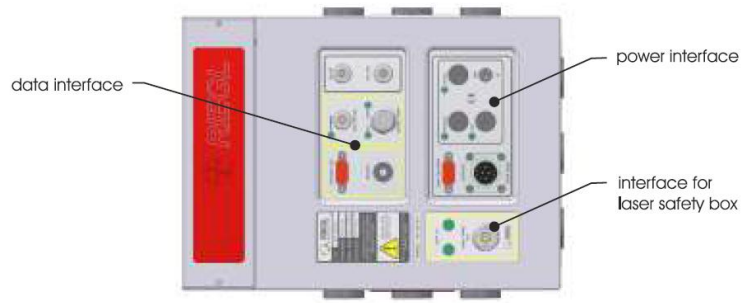
・隣接するフライトストリップとのオーバーラップ 20%。このオーバーラップは±5° のロール角、または 20%の飛行高度 AGL の減少をカバーします。

【空間サンプリング周波数の定義】

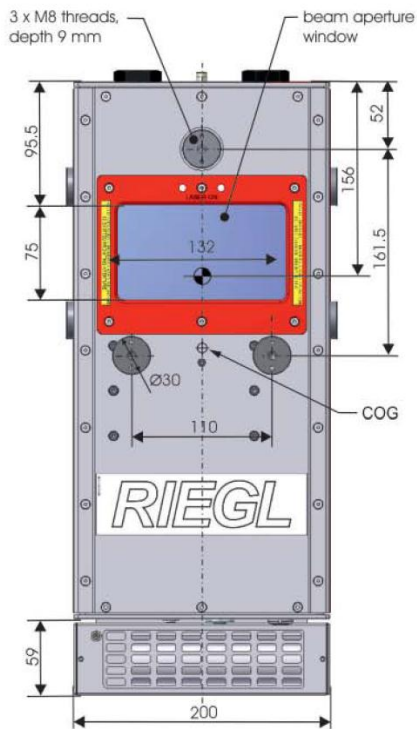
・空間サンプリング周波数とは、隣接するスキャンポイント間の最大距離の分布関数の 95 パーセンタイルの逆数です。どれか特定のスキャンポイントを考えた時、空間サンプリング周波数の逆数に最も近い隣接点を見つけ出せる確率は 95%です。

寸法図

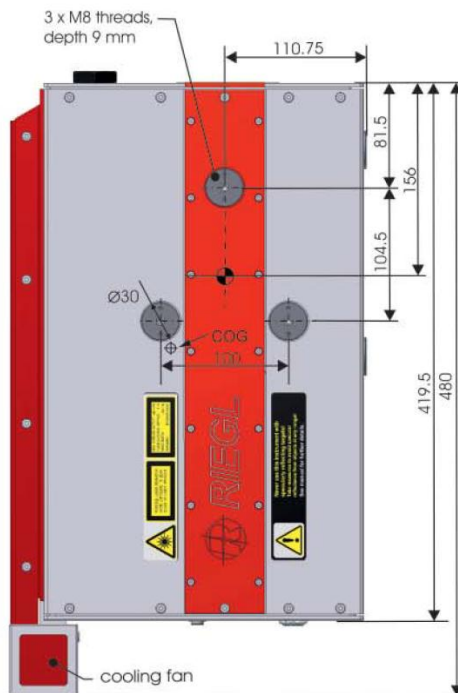
rear view



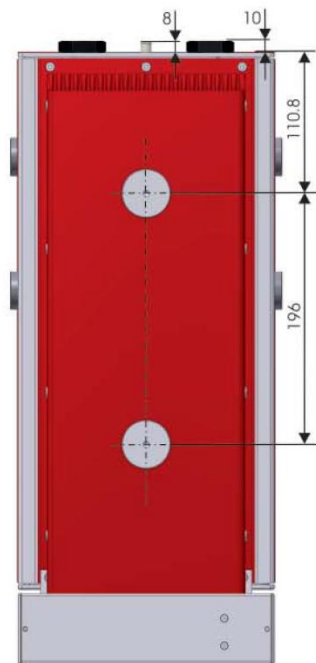
bottom view



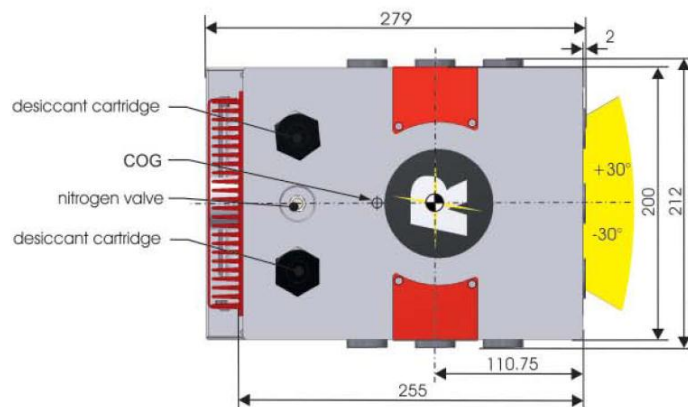
side view



top view



front view



単位: mm

⊙: スキャナー座標系の原点

⊕: 重心 COG (Center Of Gravity)

総代理店 **RIEGL JAPAN** リーグルジャパン株式会社

東京都中野区弥生町 5-11-29 フジビル 2F TEL: 03-3382-7340
Web: www.riegl-japan.co.jp お問い合わせ: info@riegl-japan.co.jp

※このカタログに記載されている仕様等は、改良のため予告なく変更される場合がありますので、ご了承ください。 2013/07

©2013 RIEGL JAPAN All rights reserved