

AMUSE ONESELF

NETIS 国土交通省 新技術情報提供システム
登録番号 KK-200034-A

TDOTTM 3

DRONE LASER SYSTEM

ドローンレーザによる測量ソリューションを実現する時代が到来

水に吸収されにくいグリーンレーザを照射する TDOT 3 を使えば、地上から水面下の3次元地形をシームレスに可視化できます。

TDOT 3 は、フライトによる測量の実施から、3次元データによる成果物の作成までをワンストップで提供します。

山間部の地形だけでなく河床や沿岸域、あるいは豪雨直後の被災地の状態が把握できる測量ソリューションツールです。

FEATURE

TDOT 3 の特長

ドローンレーザ測定の原理

上空から現場を見下す鳥の目線でレーザを照射することで、樹木が生い茂っていても、木々の隙間から地表面の3次元座標を測定します。さらにレーザ光が地表面に到達するまでに照射された樹木そのものも3次元点群で可視化します。

レーザ光を照射してレーザが返ってくるまでの時間を測定し、それを距離に換算して対象物までの距離の値を取得します。さらにレーザが照射された角度を知ること、対象物の3次元座標値が計算されます。したがってレーザを照射する位置が分からないと正確な座標値を得ることができません。ところがドローンは上空を移動しながらレーザを照射するので、その位置は時々刻々と変化します。

そこでドローンの位置を知るためにGNSS受信機を搭載しますが、メートル級の精度しか得られないので、航空機を使ったレーザ測量と同様に、高速で移動する物体の位置を特定する“キネマティック測量”の手法を導入します。併せてIMU(慣性計測装置)の加速度、角加速度のデータを組み合わせた最適軌跡解析を行うことで数センチメートル級の精度で位置を把握し、さらにこのIMUによって姿勢を測りレーザ光の発射方向を正しく補正します。レーザ・GNSS・IMUの3つの情報を用いた解析により、世界座標系上で正確にレーザ光が到達した点の座標値を表現します。

写真測量とレーザ測定の違い

これまで、トータルステーションやGNSS測量機器を用いて、ポールを立てながら地道に現地の地形・地物を測定して地形図をデータ化していました。そこにドローンを用いることで、測定やデータ収集にかかる時間と費用を大幅に削減できるようになりましたが、その多くが写真測量であるために、画像に映された表層面のみのデータ(DSM:数値表層モデル)しか得ることができず、樹木が生い茂る環境では詳細な地形の測量ができませんでした。ドローンレーザ測量では、航空レーザ測量のように上空から樹木下の地表の測量が可能になります。さらに途中で反射するレーザ光の3次元座標も取得できるので、樹木の形も正確に表現することができます。また航空レーザ測量に比べて、密度の高いレーザ点群データが得られるので、フィルタリング処理により地表面データのみ取り出せば、微細な地形を表現する図面(DEM:数値標高モデル)を得ることができます。

このような容易に3次元データを取得するドローンレーザ測量は、被災地の被害査定やインフラ点検をはじめ、土木建設分野でのCIM(Construction Information Modeling)のためのデータ取得に活用でき、土木構造物の建設の効率化を図ることも可能になります。



TDOT3-GREEN

TDOT3-NIR

レーザ測量に適したビーム径

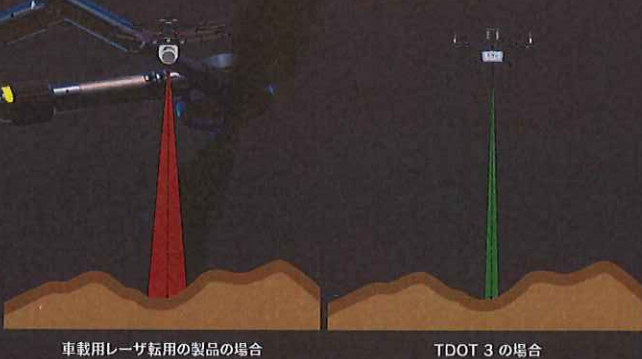
ドローン用レーザの多くは、自動運転用に注目されているLidarと言われる車載レーザスキャナモジュールを流用したものとなっています。こうしたレーザモジュールは近くの障害物や人を見つけるためのものなので、レーザのビーム径はとて広く、距離データについても精度が重視された設計になっています。またビーム径が広いのでレーザを照射している箇所が曖昧となり、データの正確性が損なわれます。

TDOT 3 のレーザスキャナはドローン測量専用開発されたモジュールです。測量用としてのモジュールは、周囲の物体を検知するのではなく、可能な限り遠くのもの高精度に測るものになっている必要があります。TDOT 3 のレーザ光は、測距の精度が車載用の数センチオーダーではなく数ミリオーダーであり、また100m先でも直径15cmにしか広がらない(1.5mrad)性能を有しており、150mの上空から微細な地形を捉えるのにも適しています。ドローン用の軽量なモジュールであっても、レーザ測量には高精度化のために必要な性能を備えたモジュールが必須であることは言うまでもありません。

ビーム径の違い



拡がり角による誤差



TDOT 3 GREEN - 1.5mrad TDOT 3 NIR - 0.5x1.7mrad

FOV 視野角

TDOT3-GREEN TDOT3-NIR

ドローンレーザ測量に適した90°の視野角

TDOT 3 の設計で最も重要視したのはFOV(視野角)です。
この視野角を90°に決定したのは次の理由からです。

精度

ドローンレーザ測量に求められるのは標高の精度です。水平位置の精度も大切ですが、データの用途を考えると標高精度はとても重要です。TDOT 3 は図1のように、ドローンの機体の直下の制限した範囲をスキャンするようになっています。標高値の測量精度は、GNSSがもつ精度にレーザの測距精度を加えたものとなりますが、スキャン角度が鉛直方向から離れるほどレーザ照射時の姿勢の測量精度が標高の精度に大きく影響します。そこでFOVと言われるレーザ光のスキャン範囲(視野角)を図のように緑のラインに制限し、姿勢の測量精度の影響が少ない標高値を得ることを重視しています。

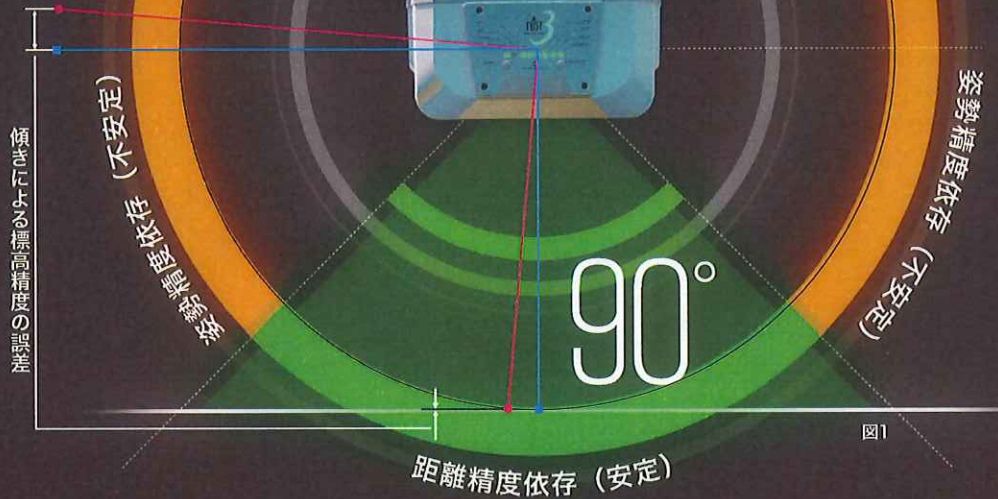


図1

GREEN LASER SYSTEM TDOT3 | 05

図2
45°
範囲が狭く
急崖斜面の取得が困難

図3
90°
範囲が広く
急崖斜面の取得ができる

図4
橋梁に沿ってフライトしたデータ
高架下が取得できる

データ取得範囲

FOVはデータ取得範囲に影響します。図2は急斜面を測量する事例で、FOVが45°の場合を、図3にはFOVが90°の場合のデータ取得範囲を表します。FOVを狭くするほど、急崖の側面を測量することが難しくなります。また図4は河川測量の事例で、FOVが90°あれば、橋梁の横を飛行することで、橋梁下のデータを取得することも可能です。このように実用面のことを考慮した設計になっているのが TDOT 3 の特徴です。

軽量化

データの精度や取得範囲を考えた測量を実施する場合、機体の周囲360°をスキャンするものを利用して、後から機体直下の範囲だけを抜き出しても対応できます。ところが、このレーザモジュールでは機構が複雑になるために重量が増加してしまいます。機体直下のレーザ点群密度は、周囲360°をスキャンするものと同じながら、できるだけ限られた範囲をスキャンする方がモジュールの重量は軽くなります。機構を簡略化することで軽量化を図っている TDOT 3 により長時間の測量が実現します。このようにドローン測量のための専用設計がFOVに反映されています。

GREEN LASER SYSTEM TDOT3 | 06

WEIGHT SAVING 軽量化

TDOT3-GREEN- / TDOT3-NIR-

フライト時間・安全性・利便性に直結する軽量化を実現

ドローンはバッテリーで複数のプロペラを駆動して飛行します。ペイロード無しでは数10分のフライトが可能ですが、搭載するものが重くなれば、ドローンは大型化すると同時にフライト時間が短くなります。短時間しか飛ばせないドローンはバッテリーの消費も早いので、それだけバッテリー切れによる墜落のリスクが増すので危険です。また現地で頻繁にバッテリーを交換する作業が発生してしまえば、ドローンの利便性を生かすことができません。

軽量でコンパクトなレーザースキャナであれば、小型のドローンに搭載することができ、長いフライト時間を確保できます。広範囲の測量でもバッテリー切れの心配が無く、より便利な個所を離着陸の地点に選ぶことができるので、フライトに伴う危険を大幅に低減できます。

当社は「誰もが使えるドローン測量」を目指し、有人の飛行機でしかできなかった航空レーザ測量を、ドローンを使ってできるようにと、2013年にドローン専用レーザシステム「TDOT」を開発して販売しました。それは近赤外線レーザを用いるもので、1.8kgという軽量のスキャナを実現させました。そのノウハウを導入することで、軽量化が困難とされたグリーンレーザスキャナシステム「TDOT GREEN」を2017年に開発し、2019年には販売を開始しています。光ファイバーによる変置技術などの工夫を取り入れ、その重量はわずか2.7kgです。高機能でありながら極限まで切り詰めた軽量化技術は、業務におけるフットワークの向上をもたらします。

TDOT3 GREEN 2.7 KG	TDOT3 NIR 1.8 KG
-----------------------	---------------------

GREEN LASER SYSTEM TDOT3 | 17



INS 慣性航法装置

TDOT3-GREEN- / TDOT3-NIR-

より高い測量パフォーマンスの実現へ ドローンの位置や姿勢計測の精度 データ出力レートを向上させた高性能INSを内蔵

レーザ測量では、レーザ光がどれだけの時間をかけて戻ってきたのかを1秒間に何万回も計算しなければなりません。その際、レーザの照射位置はGNSSで測りますが、GNSSは1秒間に数10回しか測ることができず、それだけでは対象物の位置に大きな誤差が発生します。またレーザ照射角度の測定誤差に対象物までの距離を掛けた大きさに相当する位置のズレを発生させます。つまり対象物が遠いほど、レーザ光の照射角度の小さな誤差によって、対象物の正確な座標を知ることができなくなります。そこで、加速度計でドローンの動きを捉え、ジャイロセンサーで時々刻々と変化するドローンの姿勢を検出します。これらIMU(慣性計測装置)とGNSSを組み合わせたものはINS(慣性航法システム)と言われお互いの長所を活かすことで、高精度の測量システムが完成します。TDOT 3のINSは、1秒間に何万回のレーザ照射をしながらも、数10mmのレーザ測量を実現させるためのスペックを備えています。

新IMUのスペック

位置精度	> 5mm
ヘディング	> 0.03°
ピッチ/ロール	> 0.006°
速度	> 0.01m/秒



GREEN LASER SYSTEM TDOT3 | 18

GREEN LASER

グリーンレーザ

TDOT3-GREEN- TDOT3-NIR-

かわりのきかない光、グリーンレーザ

太陽光や蛍光灯の光は、さまざまな波長が入り混ざったものですが、その中の一定の波長だけを取り出して(単色性)、一点に集中させたもの(指向性)がレーザです。このとき、取り出す光の波長によってレーザの特性が変化します。一般的なドローンレーザ測量では近赤外線(905nm)のレーザを用います。近赤外線レーザは、安価で扱いやすい半面、水に吸収されやすく、また黒い物体での反射率も低いため、水面下の地形だけでなく地面の状態によっては地表面のデータが得られないことがあります。TDOT 3 GREEN は緑色域(532nm)のレーザを照射するので、このような近赤外線の弱点を克服できます。もちろん近赤外線レーザと同じ測量も可能なため、TDOT 3 GREEN 1台で、陸上と水中の両方の地形測量が可能となりました。

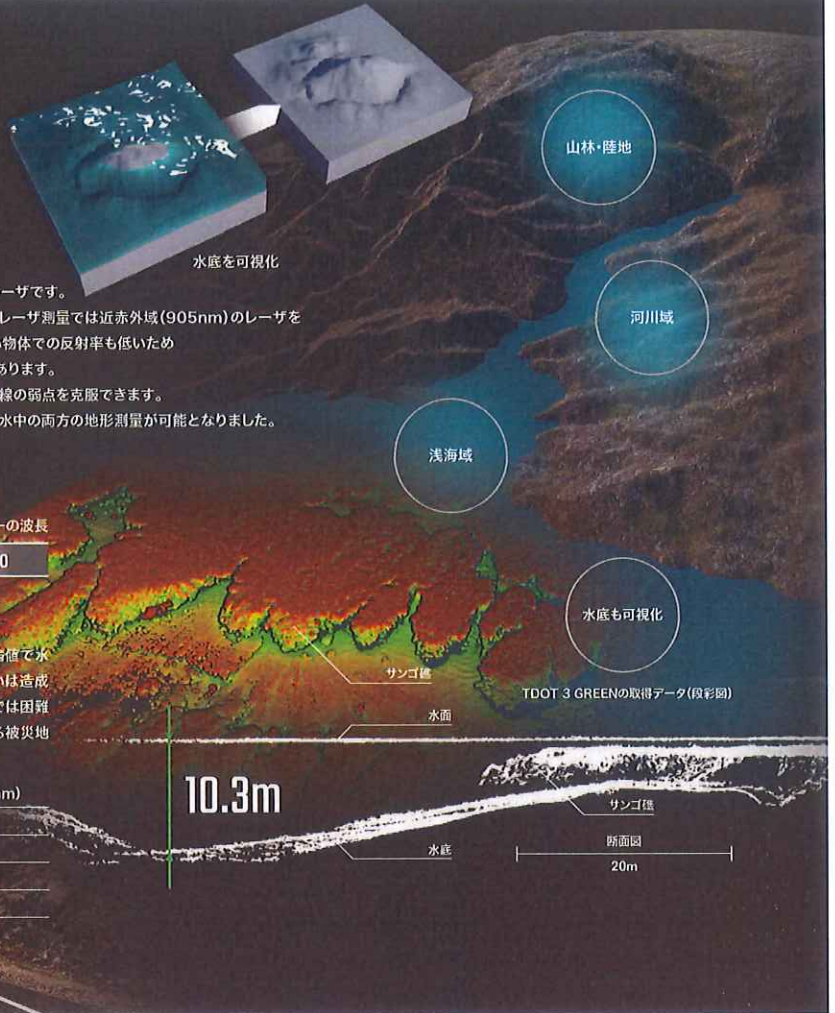
※水部の計測は、水の透明度に左右されます。
※藻、泥などで濁っている場合の水底の計測は困難です。



TDOT 3 GREEN によるグリーンレーザドローン測量は、河床や海底地形(理論値で水深13.5m)の測量だけでなく、豪雨による被災地における濡れた地面や斜面あるいは造成地やアスファルトといった黒い表面をもつ対象物など、これまでの近赤外線レーザでは困難であった測量においても威力を発揮します。特に迅速な復旧のために、緊急を要する被災地の調査と被害査定が求められる場面での活躍が期待されています。

取得範囲比較	近赤外線レーザ(905nm)	グリーンレーザ(532nm)
陸部の測量	○	○
高高度からの測量	△	○
水たまりや黒い路面	×	○
水部の測量	×	○

DRIVE LASER SYSTEM T013 | 04



EYE-SAFE

アイセーフ

TDOT3-GREEN- TDOT3-NIR-

目を守るアイセーフティ

ドローンレーザ測量の場合、オペレーターや周辺にいるひとはドローンを注視することになります。またレーザは広範囲に照射されるので、第三者への影響もあり目に対する安全には十分に気を遣う必要があります。レーザ製品には、目に対する傷害を防止するため国際的な安全規格が設けられています。TDOT 3 のグリーンレーザは「クラス3R」に該当します。瞬間的に裸眼が被ばくする際のリスクを回避するため、TDOT 3 にはアイセーフ機能が搭載されています。具体的には、対地高度40m以内では、レーザを裸眼で見ても安全なレベルである「クラス1M」になるように自動的に制御します。そして、安全が確保できる対地高度40mを超えたところで、レーザの出力を「クラス3R」に切り替えます。



JIS C 6802 レーザ製品安全基準 (*JIS C 6802は国際基準を日本工業規格が翻訳したものです。)

クラス 1	本質的に安全。
クラス 1M	裸眼で直接ビーム内視界を長時間行っても安全。光学器具で観察すると、危険になる場合がある。
クラス 2	可視光で出力(400~700nmの波長)。瞬間的に裸眼が被ばくする際は安全であるが、瞬間的にビーム内を照射すると危険。
クラス 2M	可視光で低出力(400~700nmの波長)。裸眼に対しては短時間の被ばくが安全なレーザ。光学器具で観察すると、露光による目の障害が生じる可能性がある。
クラス 3R	裸眼でビーム内視界を行うと、目に障害が生じる可能性があるが、そのリスクが比較的小さいレーザ。目に障害が生じるリスクは露光時間とともに増大。意図的な目への露光は危険。
クラス 3B	目へのビーム内露光が生じると、短時間の露光でも危険。
クラス 4	危険及び対象への露光は危険。照射範囲の拡大や危険な可能性があるレーザ。火災の危険性がある。

※クラス3Rのレーザ機器は、危険域での出力をセーブするオートパワーリダクション機構を設けることで運用可能です。
※クラス3B、クラス4のレーザ機器は人が侵入しない区域を飛行する必要があります。

DRIVE LASER SYSTEM T013 | 10

REAL TIME DATA DISPLAY

リアルタイムデータ表示



測量中のデータをリアルタイム表示

測量中のデータをリアルタイムに見ることができます。例えば、対象物の断面を表示させることで、樹木が繁茂する場所での植生下の地表面データの取得状況、水部では水底までの到達状況をフライト中にリアルタイムに確認することができます。これにより、測量が計画通りに実施できているのかをその場で確認することができ、手戻りの無い効率的な測量作業が実施できます。

※ 測量中の前面データの閲覧には、ドローンにHDMIに接続できる画像伝送装置が搭載されている必要があります。DJI社のMatrice300RTKの場合にはDJI SkyPortを通じて閲覧することが可能となります。

GREEN LASER SYSTEM TDOT3 | 11

TDOT 3 ステータスをディスプレイ表示



以上7項目の状態をリアルタイムに閲覧できるようになりました。

PLATFORM

ドローン測量のプラットフォーム

TDOT3 - GREEN- TDOT3 - NIR-

誰もが簡単に測量できるというコンセプトを実現させる統合プラットフォーム

レーザースキャンシステムは数多くの精密なデバイスから構成されており、それらの一つ一つを最適な状態に設定する作業を行うことは容易ではありません。また、専門的な知識がない場合、高精度な成果の出力に至るまでには、数多くのトライ&エラーを繰り返しながら作業手順を習得する労力が必要です。これらオペレータに要求される複雑な使い方が、ドローンレーザ測量の普及を妨げる障壁になっていると言っても過言ではありません。

TDOT 3 では、誰でもその性能を最大限に引き出せるためのプラットフォームが提供されます。このプラットフォームは、例えば飛行ルートの入力作業と同時に測量前後のアライメント飛行を実施させる機能や、簡単なドラッグ&ドロップ操作をするだけで、対応する電子基準点のデータをダウンロードして、ただちにINSデータと組み合わせることで自動的に最適軌跡解析を行う機能などを備えています。このような測量サービスのノウハウを盛り込んだ当社のプラットフォームを使うことにより、誰でも簡単に正確な3次元座標をもつレーザ測量が実施できます。

※「TDOT-SMART SOKURYO」:フライトログや現地記録を自動的に反映させ、「UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案)」に準拠した精度管理表の作成をサポートします。このソフトにより、作業の効率化や測量成果の品質担保を確実にします。



3 解析結果を紐づけ
点群データを出力

2 クラウドサービスによる
電子基準点や固定局を利用した
最適軌跡解析

点群データイメージ

1 現場でのスキミングと
取得データのプレビュー表示

GREEN LASER SYSTEM TDOT3 | 12

SPECIFICATION 製品仕様

製品名	TDOT 3 GREEN (ティードット3グリーン)	
サイズ(約)	W270 × D230 × H150mm	
重量(約)	2.7kg(本体のみ/アンテナ除く)	

レーザスキャナ仕様

最長測定距離	≥10% 158m	≥60% 300m over
測距精度	≥10% ±15mm	≥60% ±5mm
パルスレート	60,000Hz	
視野角	90° (±45°)	
エコー切り替え	1st&Last / 4echo	
スキャン速度	30走査/秒	
レーザ波長	532±1nm	
ビーム拡がり角	1.5mrad	
作動温度範囲	0 ~ 40°C (結露しないこと)	
寿命	10,000時間	

INS仕様^{※1}

位置精度	5mm
ヘディング	0.03°
ピッチ/ロール	0.006°
速度	0.01m/秒

アイセーフ機能 対地高度でレーザの出力を制限するアイセーフ機能を有します。レーザクラス1Mに準拠します。

対地高度 < 40m : クラス1M	対地高度 > 40m : クラス3R (NOHD ^{※2} : < 40m)
--------------------	---

測深能力 水面から50mの距離で

R=1.0, 吸収係数=0.25 (1/m) > 1.4 secchi ^{※3}	R=0.5, 吸収係数=0.25 (1/m) > 1.25 secchi	R=0.2, 吸収係数=0.25 (1/m) > 1 secchi
---	--------------------------------------	-----------------------------------

付属品

TDOT 3 GREEN 本体	GNSSアンテナ	TDOT GATEWAY
専用ハードケース	プレビューアプリケーション「TDOT PrePROCESSING」	取扱説明書

オプション

TDOT取付キット (DJI Matrice300RTK用/その他ドローン用)	水面下補正システム「UNDERWATER CORRECT」
プロセッシングアプリケーション「TDOT PROCESSING」	または「TDOT PROCESSING PRO」

※1. 1秒あたり、157,000回(157,000Hz)のレーザパルスを送信する。比較的低出力のレーザであるため、比較的安全に使用することができます。
 ※2. 公称測深範囲 (NOHD: Nominal Range Height Disparity) は、1秒あたり1回のレーザパルスを送信する最大測深範囲と等しくなると定義される。レーザ波長の影響、レーザの指向性、地形の傾斜によって異なる場合があります。また、地形の傾斜が急峻な場合、測深範囲は短縮される場合があります。
 ※3. 水深200mの深さで測深範囲は約1.4 secchi (約1.4m) 程度と推定されます。測深範囲は水深によって異なります。

TDOT GREEN

DRONE LASER SYSTEM

パルスレート (360° 換算で24万パルス)
60,000Hz

測量に適した無駄のない視野角
90°

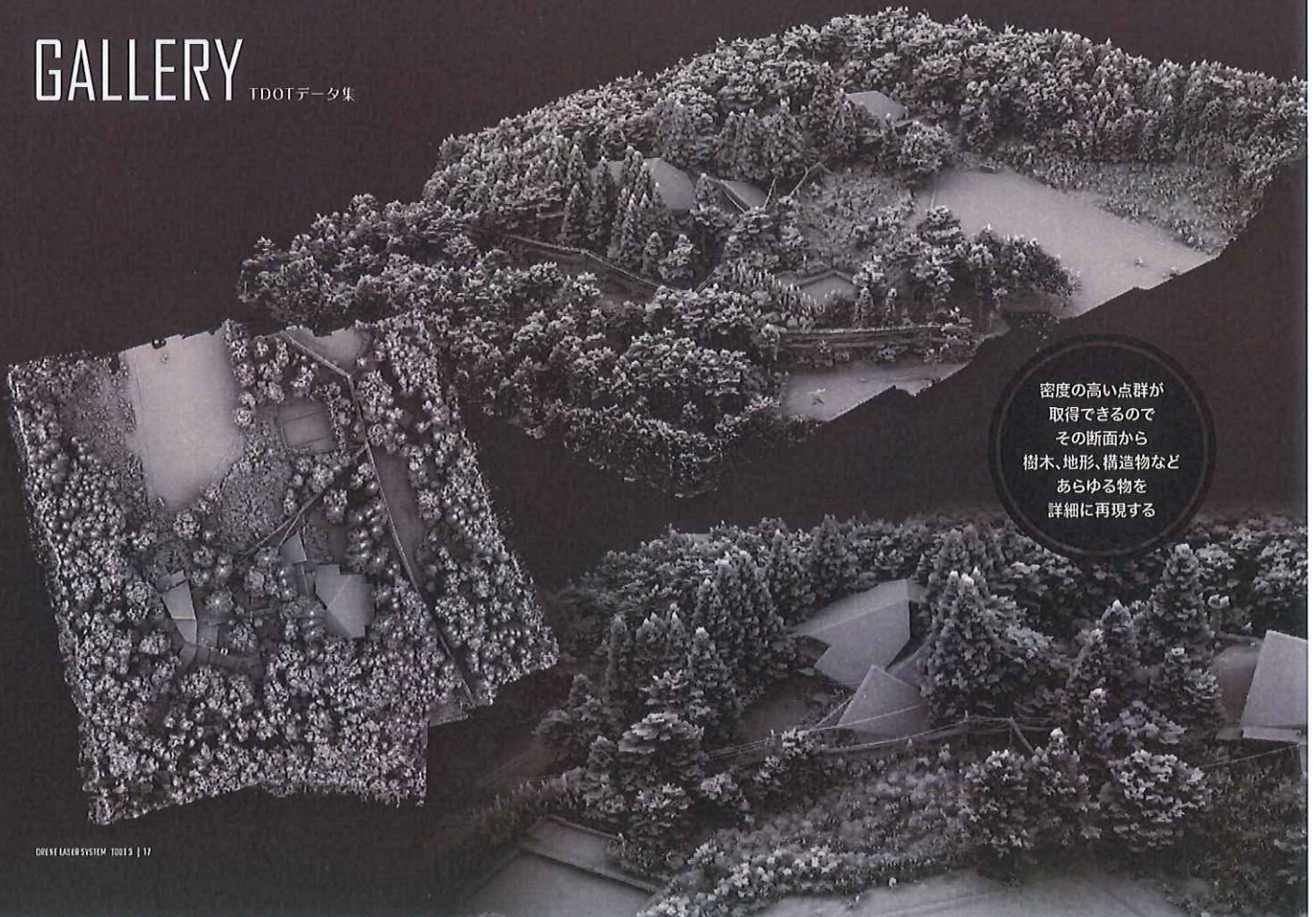
スキャンスピード
30走査/秒

測距精度
≥10% : ±15mm / ≥60% : ±5mm

本体重量(ドローンに適した軽量設計)
2.7kg

水中も測れるグリーン波長
532nm (グリーンレーザ)

GALLERY TDOTデータ集



密度の高い点群が
取得できるので
その断面から
樹木、地形、構造物など
あらゆる物を
詳細に再現する

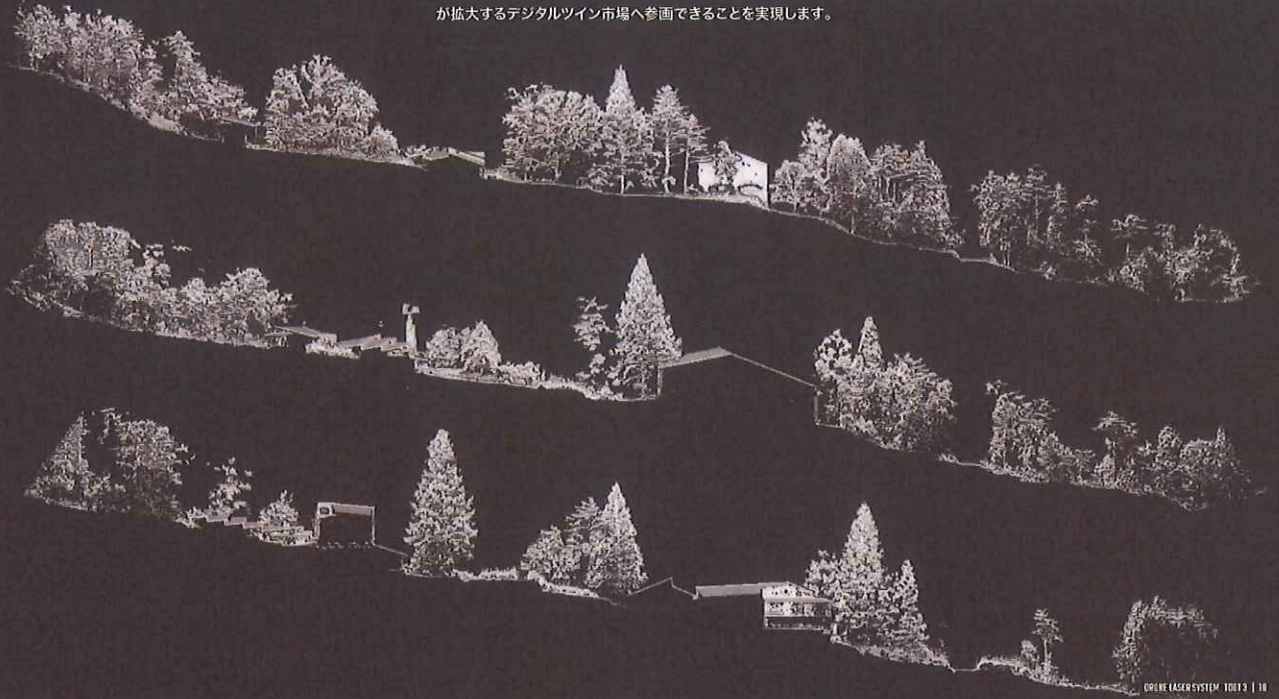
TDOT3 - GREEN - TDOT3 - NIR -

測量 国土基盤プラットフォーム作成をサポート

現実の世界にある地理空間情報を、デジタル空間上にコピーし再現する「デジタルツイン」技術が注目されています。

既に約60の都市の3次元化データが公開され(PLATEAU)、その3次元の仮想空間では、様々な地盤情報やインフラの整備状況に基づくスマートシティ構想の検討や、各種シミュレーションの結果に基づく防災・減災計画が練られています。

断面を連続的に可視化して、樹木の形状、地表面の地形そしてパワーラインを含めた構造物の詳細を再現するTDOT 3 は、誰でもが拡大するデジタルツイン市場へ参画できることを実現します。



TDOT3 - GREEN - TDOT3 - NIR -

測量 斜面防災コンサルティングをサポート

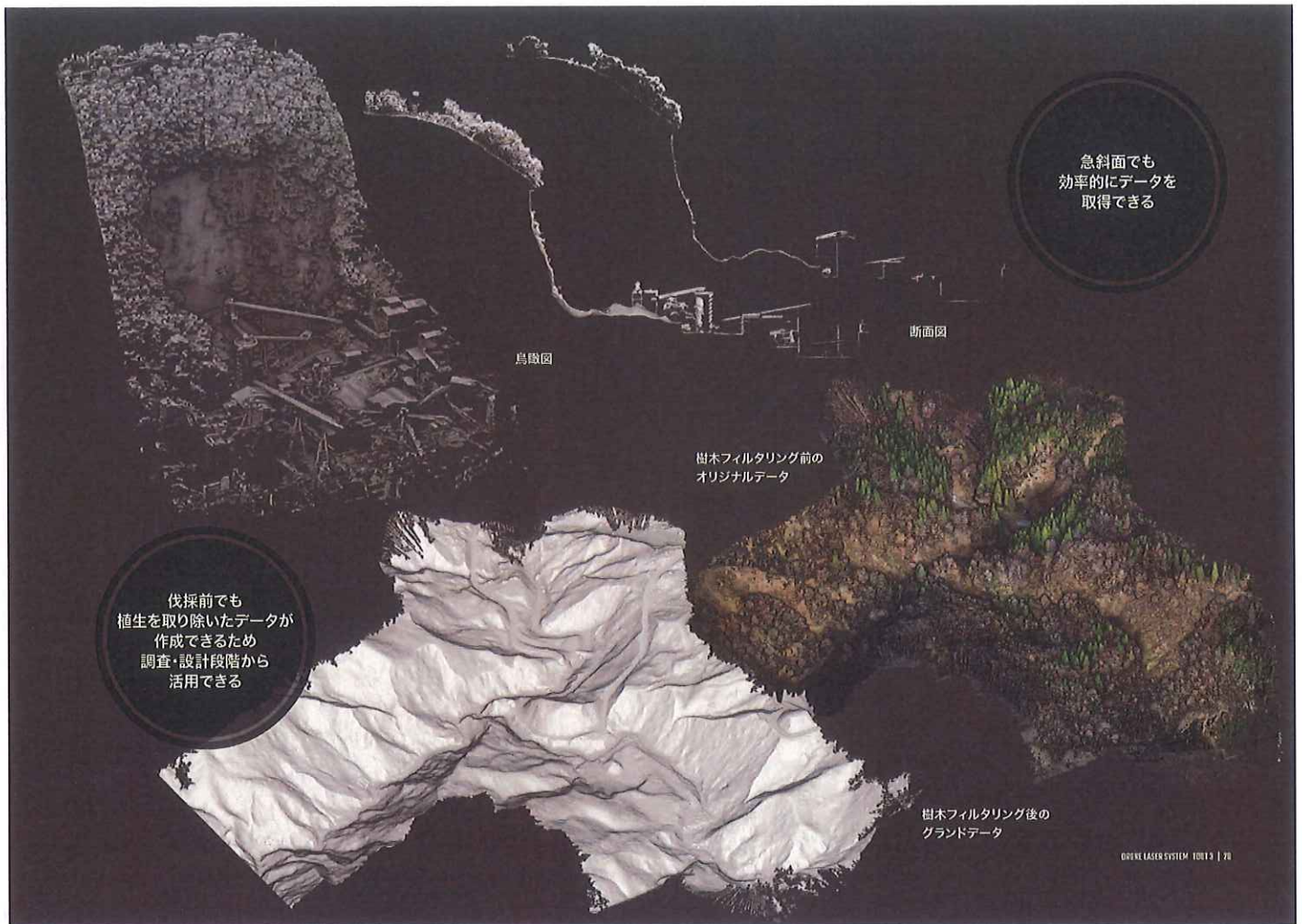
斜面の調査における現位置での作業には多大な労力が必要になります。

TDOT 3 で得られた3次元データによる事前の机上調査を導入することで、確認すべき現位置を特定できるので、作業効率が大幅に改善します。

現在、さまざまな自治体において、道路防災DXとして山間部の3次元データの活用が盛んに取り込まれています。

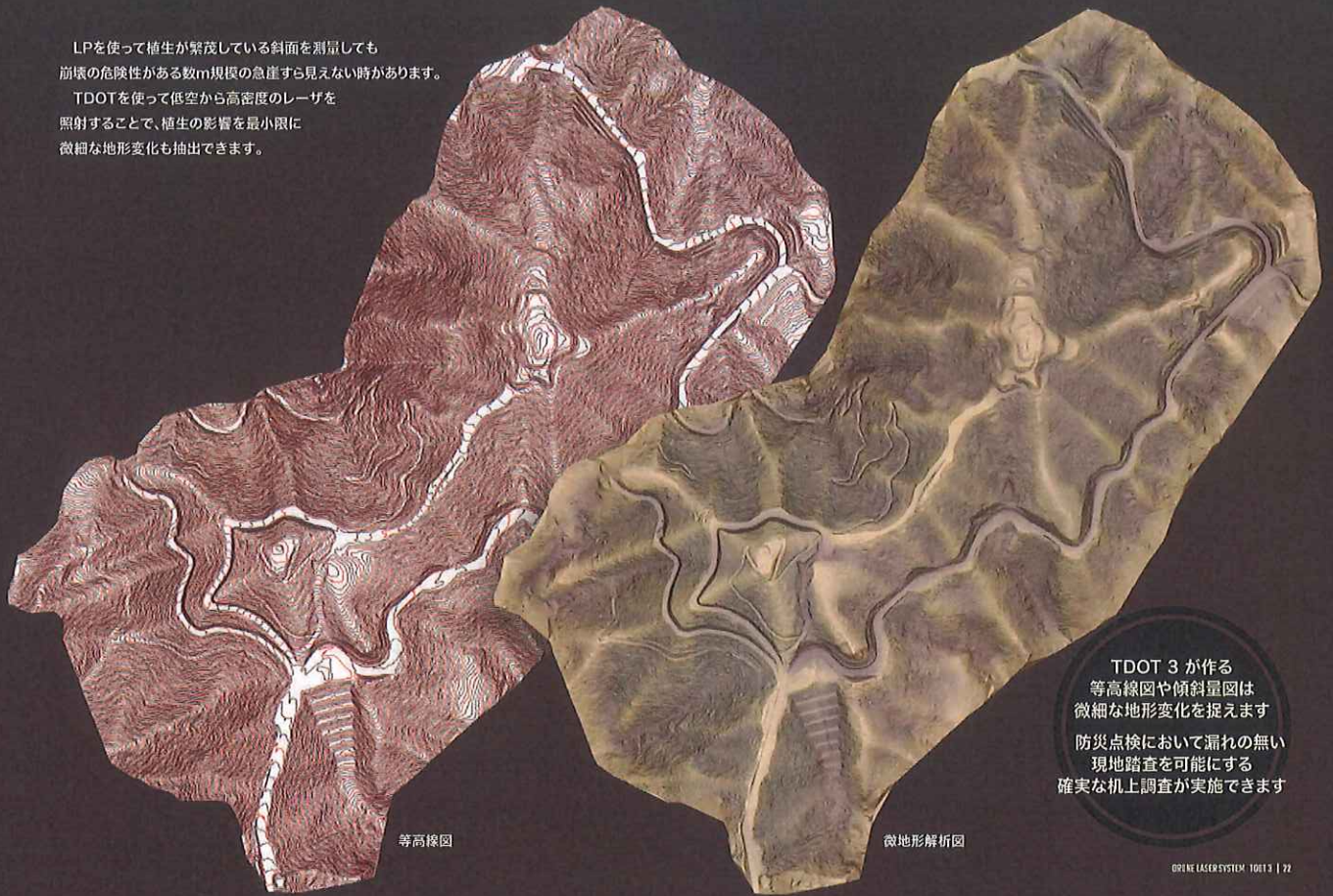
レーザーでは
樹木に覆われた山地でも
グランドデータを
取得できる





LPを使って植生が繁茂している斜面を測量しても
崩壊の危険性がある数m規模の急崖すら見えない時があります。

TDOTを使って低空から高密度のレーザを
照射することで、植生の影響を最小限に
微細な地形変化も抽出できます。



等高線図

微地形解析図

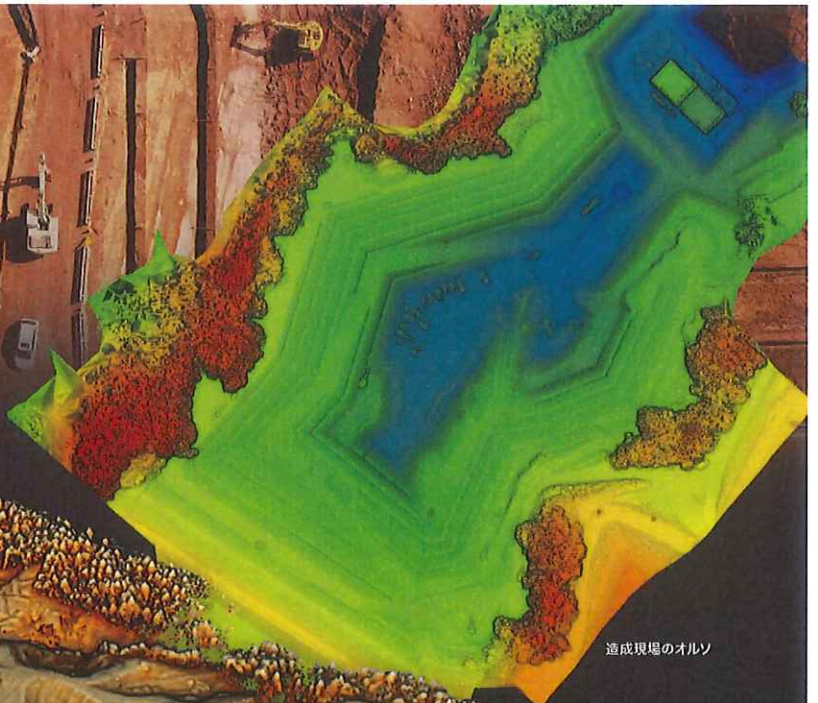
TDOT 3 が作る
等高線図や傾斜量図は
微細な地形変化を捉えます
防災点検において漏れの無い
現地踏査を可能にする
確実な机上調査が実施できます

TDOT3 - GREEN -

TDOT3 - NIR -

測量 建設DXの実現をサポート

いかにすばやく現場の状況を正確に把握できるかが、ICT施工の成否を分けます。
誰もが使えるTDOT 3があれば、自らドローンを操作した測量ができ
自動化された解析処理によって、その日の出来形がすぐに把握できるので
外注に頼らない建設DXが実現します。



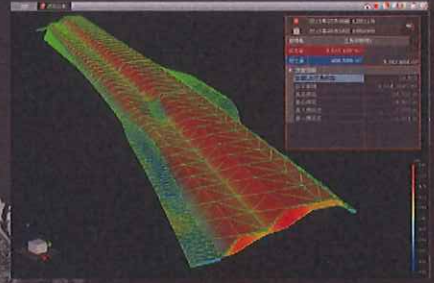
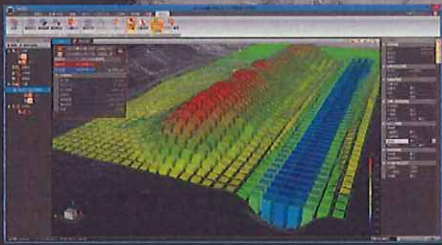
造成現場のオルソ

煩わしい標定点は最小限に
高精度な3次元測量が可能

鳥瞰図

TDOT 3 は
 ビーム径が小さく
 点密度が高いため
 電線や標識の形状も把握でき
 インフラ構造物の
 維持管理作業を
 高度化できる

出来形管理に必要な
 正確な土量と
 ヒートマップの計算を
 手軽に実施できる
 ※ 別途、アプリケーションが
 必要です。



鳥瞰図

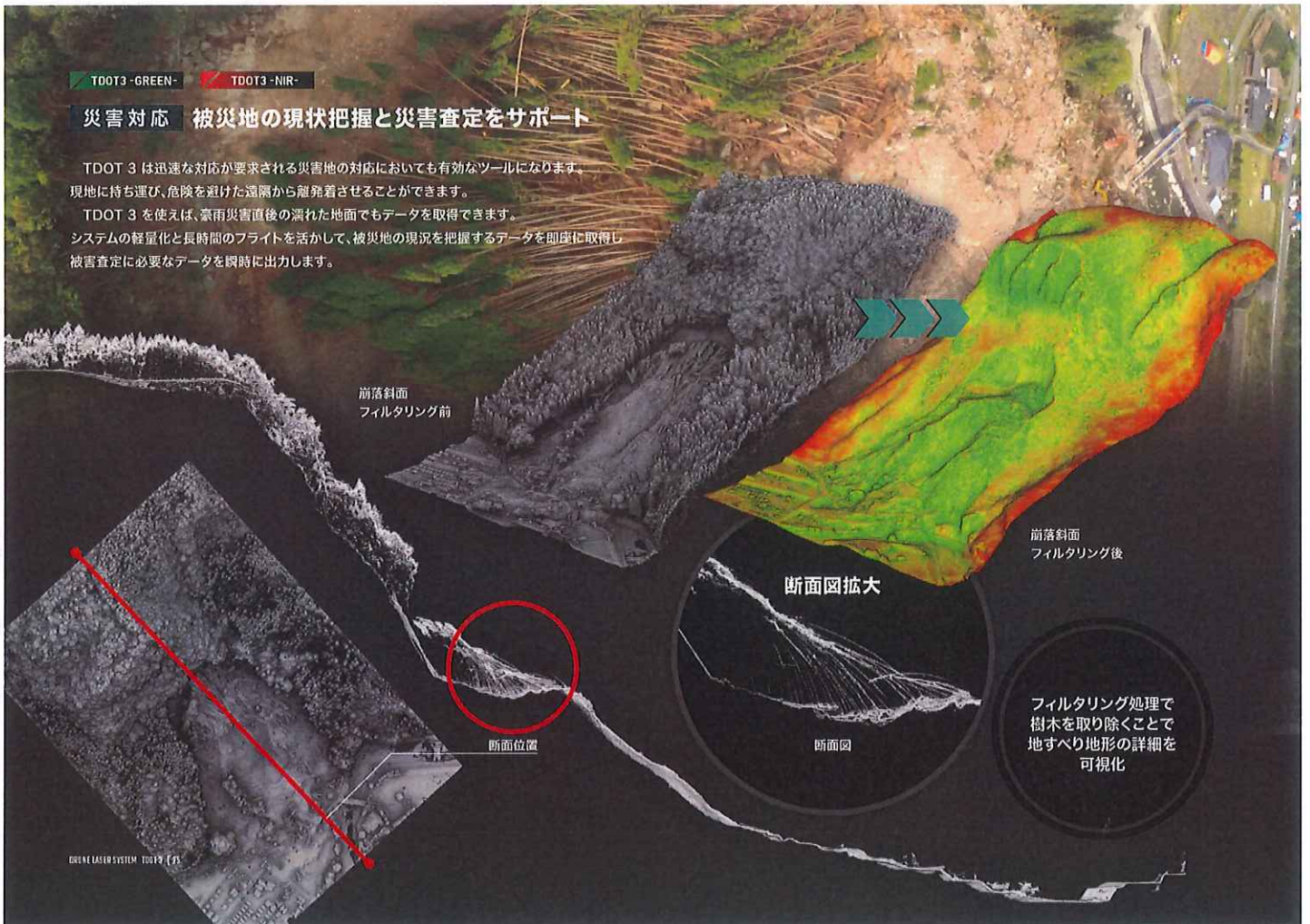
DRONE LASER SYSTEM TDOT 3 | 24

TDOT3-GREEN TDOT3-NIR

災害対応 被災地の現状把握と災害査定をサポート

TDOT 3 は迅速な対応が要求される災害地の対応においても有効なツールになります。
 現地に持ち運び、危険を避けた遠隔から観測させることができます。

TDOT 3 を使えば、豪雨災害直後の濡れた地面でもデータを取得できます。
 システムの軽量化と長時間のフライトを活かして、被災地の現況を把握するデータを即座に取得し
 被害査定に必要なデータを瞬時に出力します。



前落斜面
 フィルタリング前

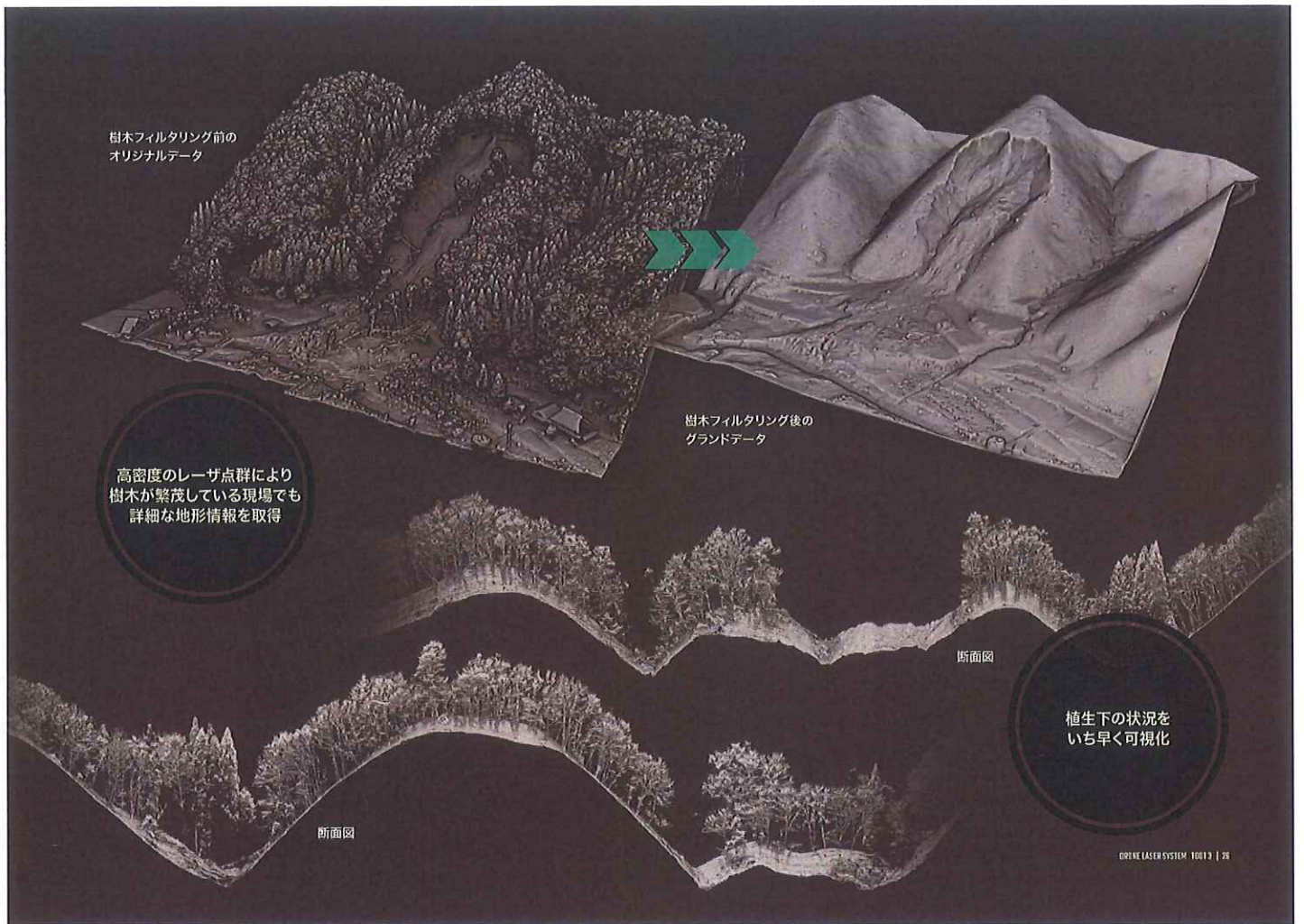
前落斜面
 フィルタリング後

断面図拡大

断面図

フィルタリング処理で
 樹木を取り除くことで
 地すべり地形の詳細を
 可視化

DRONE LASER SYSTEM TDOT 3 | 25



TDOT3-GREEN-

TDOT3-NIR-

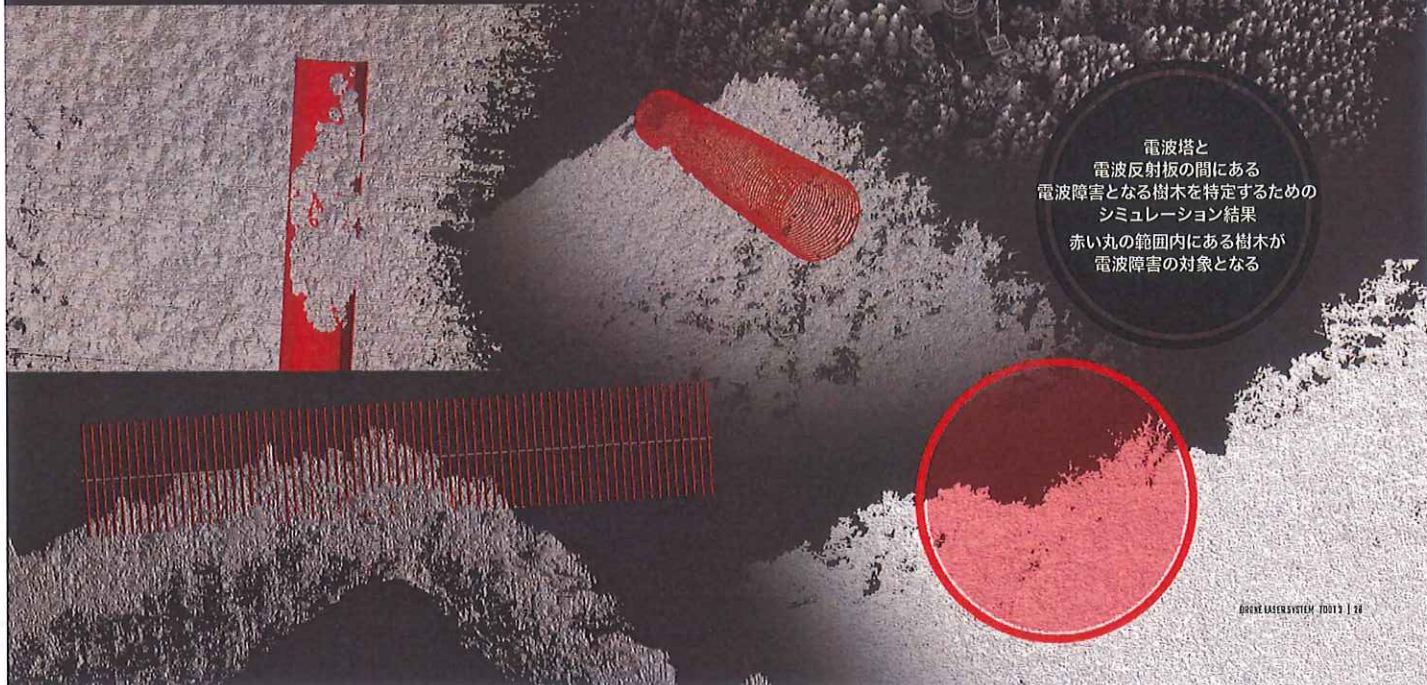
インフラ調査 山間部のインフラ調査をサポート

TDOT 3 では樹木の繁茂状況を詳細に可視化します。

これにより電線付近の樹木伐採(保安伐採業務)計画の効率化だけでなく電波塔と電波反射板の間にある電波障害となる樹木を特定することができます。

これまでは山間部の電波塔や電波反射板あるいは樹木の詳細な3次元データが取得できず環境に配慮した効果的な伐採計画の立案が困難でした。

TDOT 3 の高密度で高精度の測量は、人と地球に優しいインフラ調査を実現します。



TDOT3-GREEN-

TDOT3-NIR-

調査 ダム貯水池の堆砂量の調査をサポート

TDOT 3 GREEN は、陸上だけでなく水中の地形も測量できるのでダム貯水池の堆砂量を定量化することができます。

貯水容量を保持するための適切な維持管理計画だけでなく水を取り入れる取水口や放流口の埋没、上流の川底の上昇あるいは下流の河床低下や砂州の形成具合など、生態系を含めた流域全体の環境に影響を及ぼす堆砂問題を解決するデータの取得を可能にします。

鳥瞰図
カラー点群データ

オルソ画像

樹木フィルタリング前の
オリジナルデータ

樹木フィルタリング後の
グランドデータ

断面図
60m

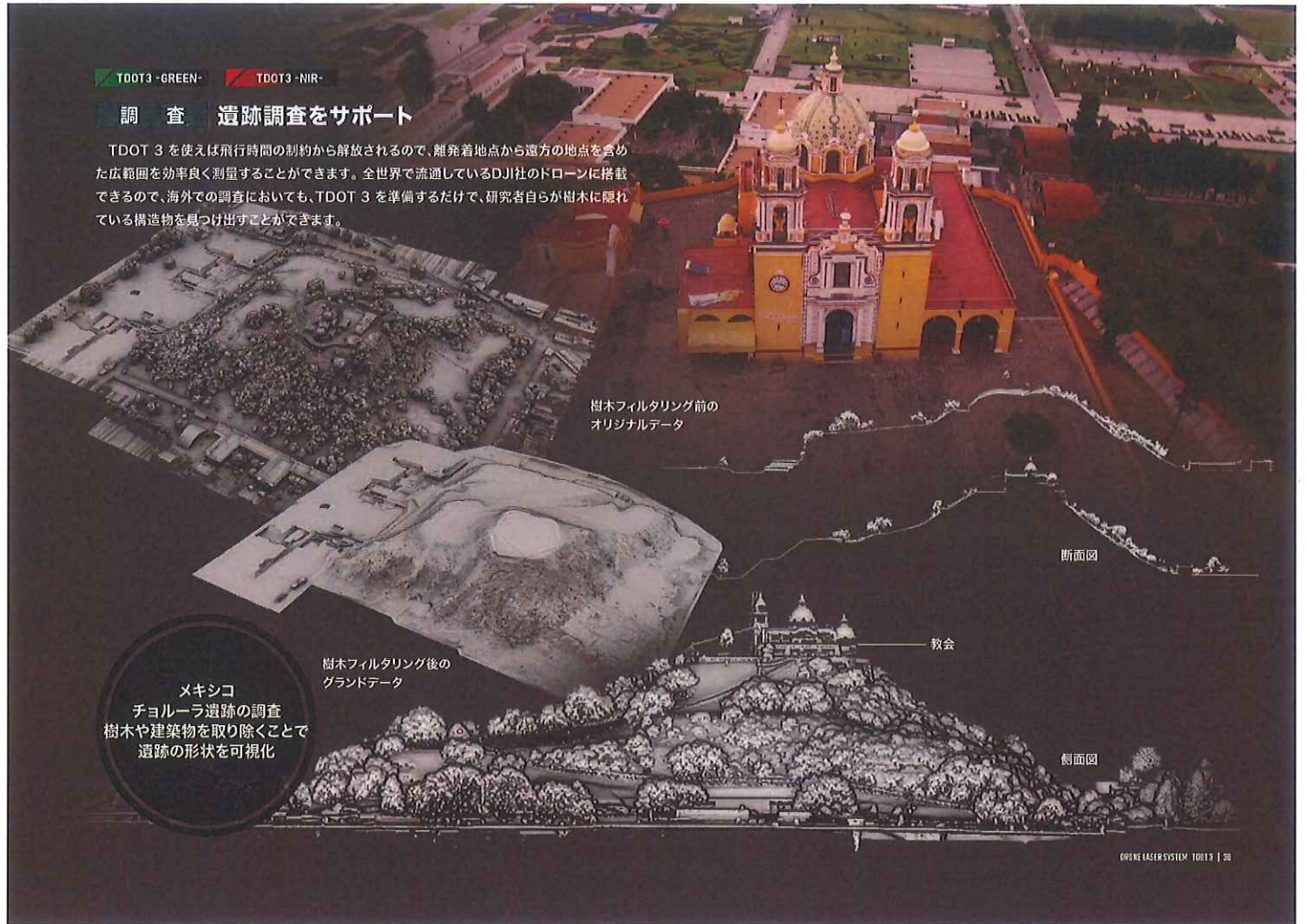
ORINE LASER SYSTEM TDOT3 | 29

TDOT3 - GREEN -

TDOT3 - NIR -

調査 遺跡調査をサポート

TDOT 3 を使えば飛行時間の制約から解放されるので、離発着地点から遠方の地点を含めた広範囲を効率的に測量することができます。全世界で流通しているDJI社のドローンに搭載できるので、海外での調査においても、TDOT 3 を準備するだけで、研究者自らが樹木に隠れている建造物を見つけ出すことができます。



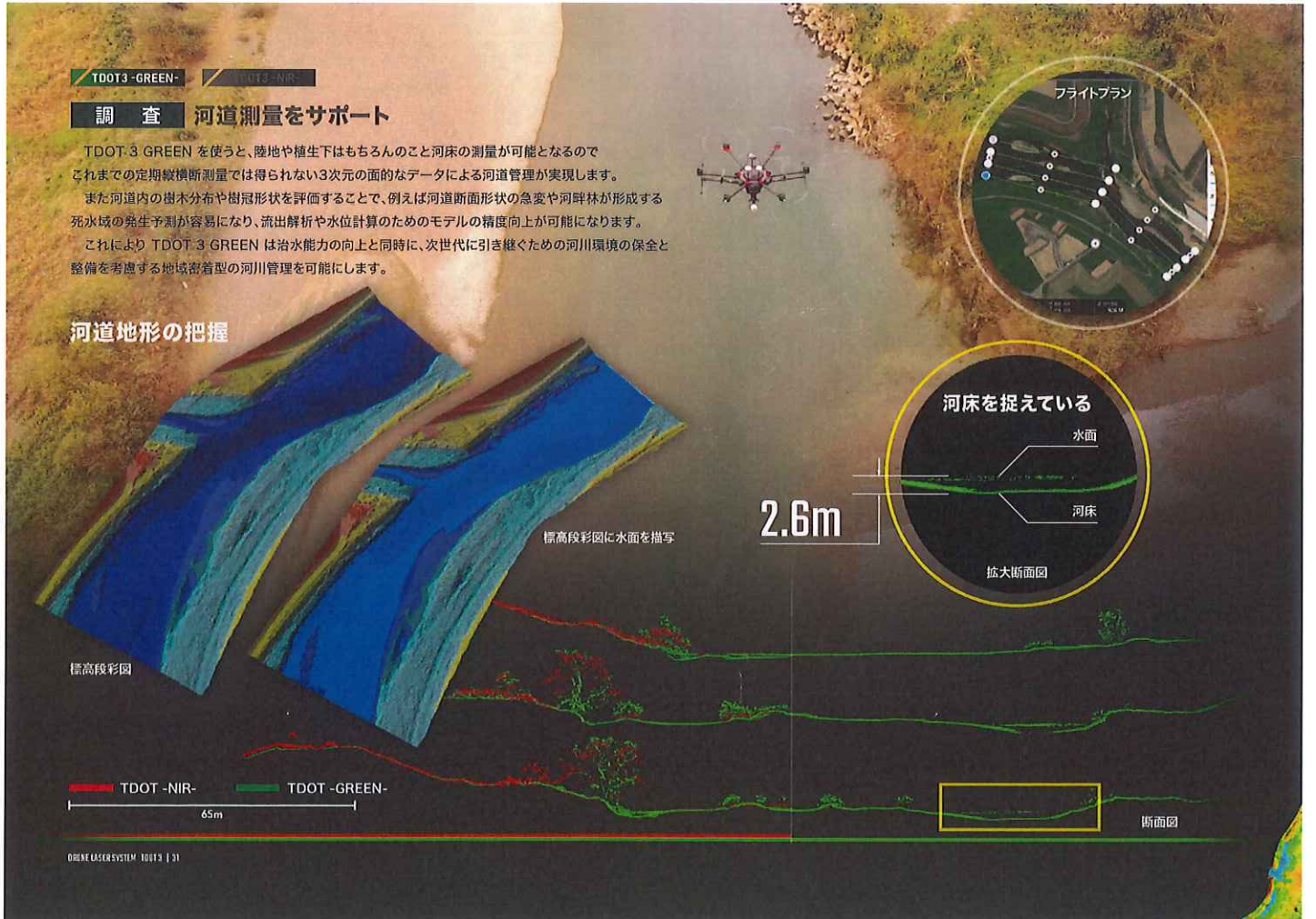
メキシコ
チョルーラ遺跡の調査
樹木や建築物を取り除くことで
遺跡の形状を可視化

TDOT3 - GREEN -

TDOT3 - NIR -

調査 河道測量をサポート

TDOT 3 GREEN を使うと、陸地や植生下はもちろんのこと河床の測量が可能となるのでこれまでの定期横断測量では得られない3次元の面的なデータによる河道管理が実現します。また河道内の樹木分布や樹冠形状を評価することで、例えば河道断面形状の急変や河畔林が形成する死水域の発生予測が容易になり、流出解析や水位計算のためのモデルの精度向上が可能になります。これにより TDOT 3 GREEN は治水能力の向上と同時に、次世代に引き継ぐための河川環境の保全と整備を考慮する地域密着型の河川管理を可能にします。



河道地形の把握

標準段彩図に水面を描写

2.6m

河床を捉えている

水面

河床

拡大断面図

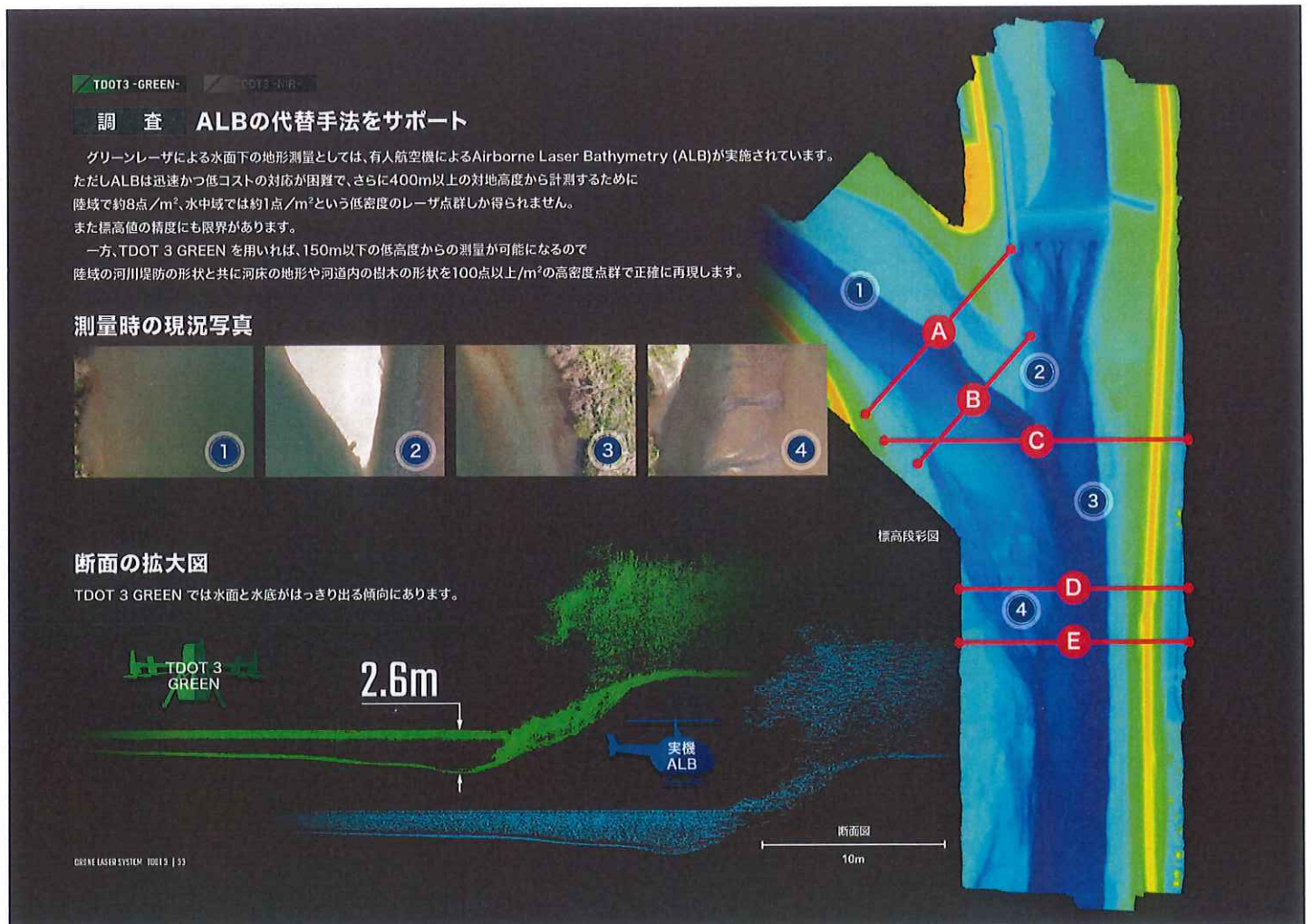
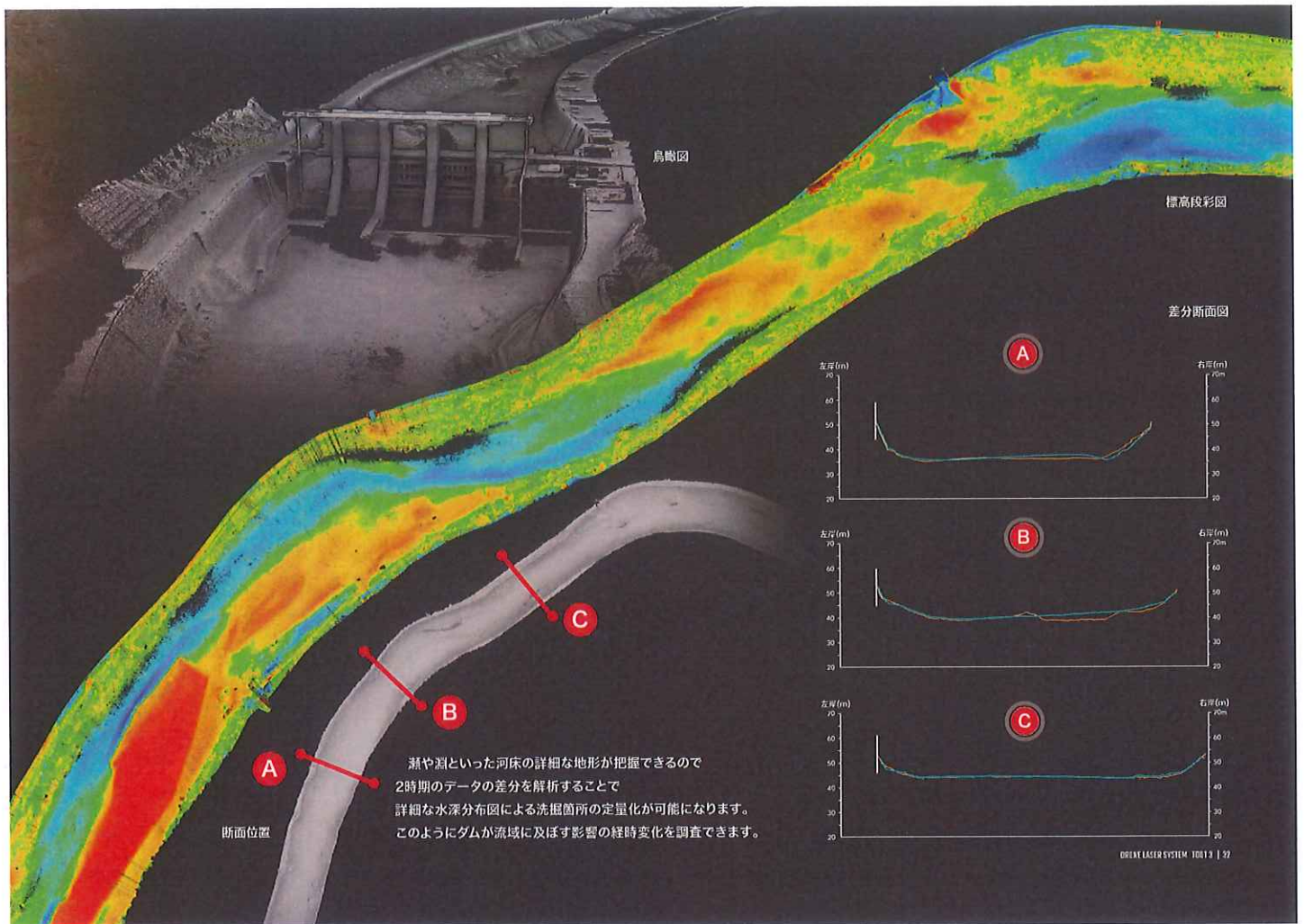
断面図

標準段彩図

TDOT - NIR -

TDOT - GREEN -

65m



鳥瞰図

延長2kmの範囲を測量した例です。

TDOT 3 GREEN

実機 ALB

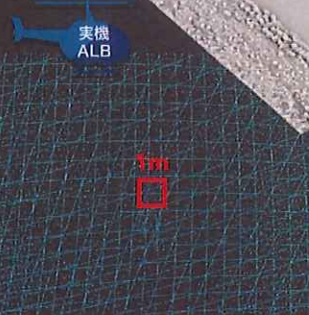
ALBとドローングリーンレーザ測量のデータではともに河床と河畔林が可視化されている
ただしドローングリーンレーザ測量では樹木の形状から樹種同定も可能なレベルで精緻に再現できる

密度

TDOT 3 GREEN はALBよりも高密度で測量することができます。



1,903点/m² (475,647点/250m²)



55点/m² (13,863点/250m²)

※ただし測量にかかった時間は異なります。

ノイズ

ノイズデータの発生状況は同等



GREEN LASER SYSTEM TDOT 3 | 34

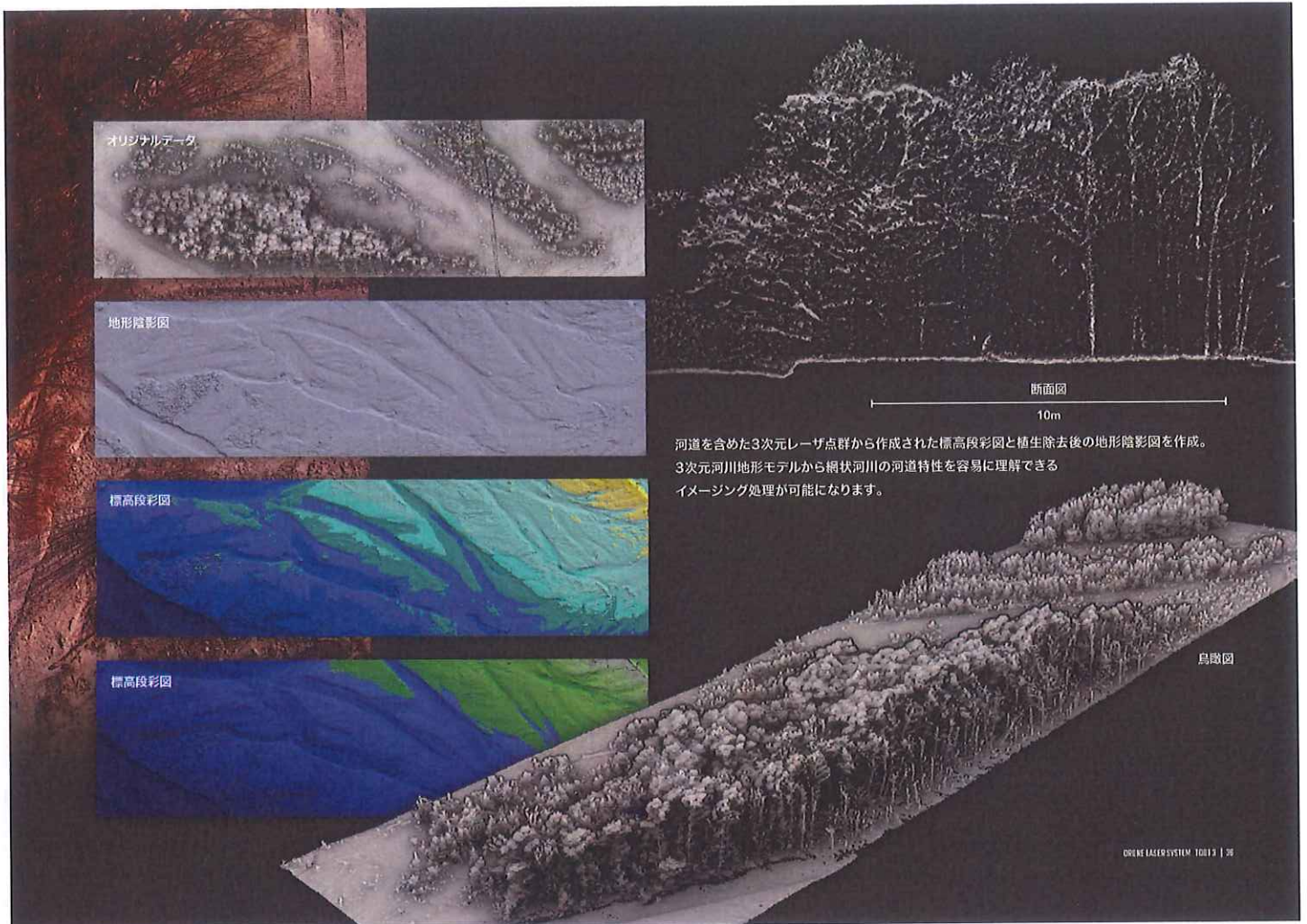
TDOT3 - GREEN -

調査 河道の環境調査をサポート

対地高度50mからの測量により、測量対象であった網状流の形状と河畔林の立体形状を同時に可視化した事例です。
この流域では、洪水による地形変化や氾濫原への土砂の流入によって氾濫原を覆う河畔林の樹種が変化することが報告されてきましたが河床を含めた地形との関係を考察することができませんでした。
ドローングリーンレーザ測量によって、土砂流量、河川流量、河床勾配および堆積物の粒径などによる河道の流路形態の変化と植生の関係が明らかになると期待されています。

1照射のレーザ光から最大4種類の反射パルスを区別します
樹木で最初に反射されるものをファーストパルス
地表面で反射されるものをラストパルス
途中で反射されるものをミドルパルス
地表面と同時に樹木の高さや形状を正確に再現できます

鳥瞰図



調査 砕波する沿岸域の測量をサポート

海域ではマルチビーム方式などの音波を使った測深が行われていますが水深が数mの浅い部分には調査船が入ることが難しいため沿岸域の微地形を迅速に把握できるドローングリーンレーザ測量の活用が望まれています。沿岸域では砕波の影響が出ますが、TDOT 3 GREEN の高密度レーザを使うことで波と波の間から海底地形のデータを取得できます。

ドローングリーンレーザ測量は海面の変化や沿岸流および風波で常に変化する沿岸域の海底地形の変化を捉えるため地域特有の沿岸域の環境保全対策に有効なデータが取得できると期待されています

TDOT3-GREEN

フライトプラン

断面図

水面も同時に取得

5.0

DL-0.0m

5.0

40m

5m

1.46m

2.0m

4.9m

6.5m

7.0m

8.6m

360m

砂丘・海崖

後浜

前浜

海浜

砕波帯

砕波点

外点

海面

浜崖

バーム

浸食

ステップ

バー

トラフ

堆積

一般的な海辺プロファイル、その区分と代表的な地形 (砂村1999)

● 水面、海底の両方のデータを取得
● 沖合400m間、最深部約9m

鳥国の我が国において、沿岸域は水産生物の生育にとって非常に重要な役割を果たしています。一方、近年の気候変動に伴う海水面あるいは海水温の変化による地形変動の影響を大きく受ける領域でもあります。TDOT 3 GREEN は、沿岸域の微地形を迅速かつ効率的に把握できるので、海岸保全事業分野での活用が期待されています。

COBALT LASER SYSTEM TDOT3 | 37

浅海域の面的スキャン

海域 水深約6m内の暗礁、サンドバーの形状を可視化。

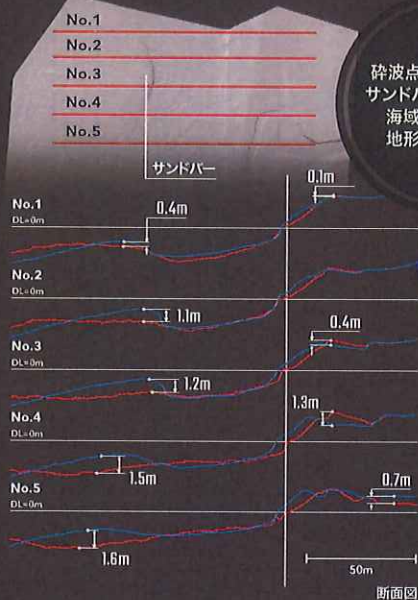
陸域 河口閉塞し蛇行する河川、河床、汀線及び汀線付近のステップ地形を可視化。

海面下では、当初見られたバーは消失し、海底が広い範囲で平坦化しています。河口位置は東に大きく移動して、ステップ位置は陸側に後退しています。

またステップの陸側では、アーチ状の汀線形状がリズミカルに連なるビーチカスが観測されています。

このビーチカスは、砂浜への波浪の影響を考慮するために重要な地形です。

TDOT 3 GREEN を用いた測量により、この地形が明確に把握できます。



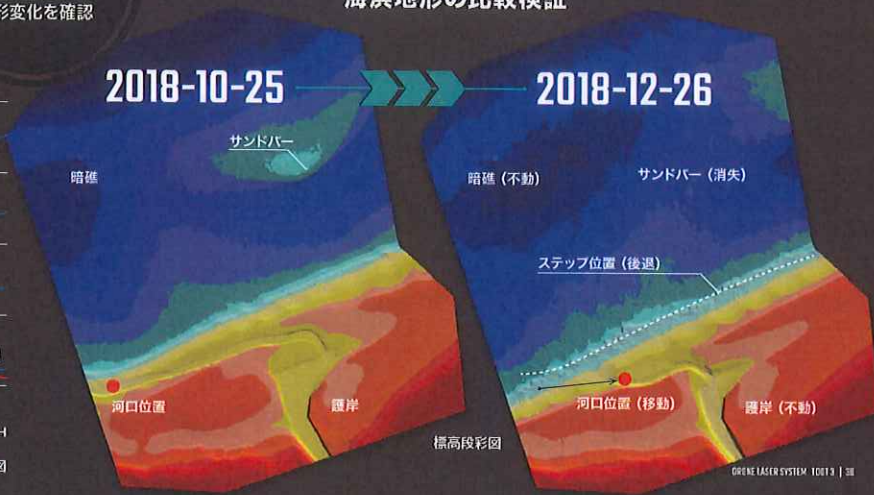
砕波点に形成される
サンドバーを可視化し
海域の流動的な
地形変化を確認



海浜地形の比較検証

2018-10-25

2018-12-26



GREEN LASER SYSTEM TDOT 3 | 38

TDOT3-GREEN

TDOT3-MR

調査 特殊な条件下の海底地形の測量をサポート

塩分濃度の高い海の海底地形を正確に測量

レーザー光は水中では空気より遅く進むので、水面で屈折します。

水面下の測量では、水面位置の指定、レーザー光の屈折の影響の計算、そして水面下の点群に対する座標値の補正計算が必要になります。

TDOT 3 GREEN 専用の UNDERWATER CORRECT を用いれば、断面図から水面位置を指定する簡単な操作だけで

これら屈折率の影響を補正する計算を自動で行うことができます。

ここに示す30%の塩分濃度をもつイスラエルの死海でも

UNDERWATER CORRECT を使って正確な海底地形が可視化されました。

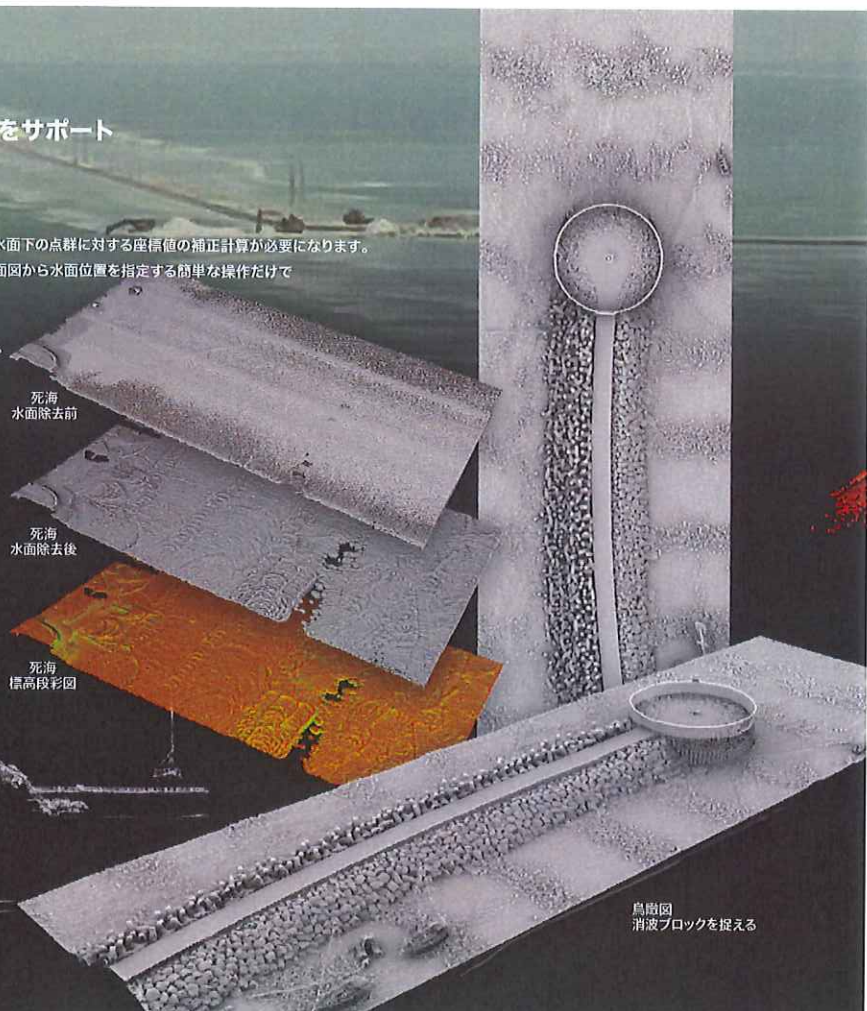


消波ブロック

水面

断面図

GREEN LASER SYSTEM TDOT 3 | 39



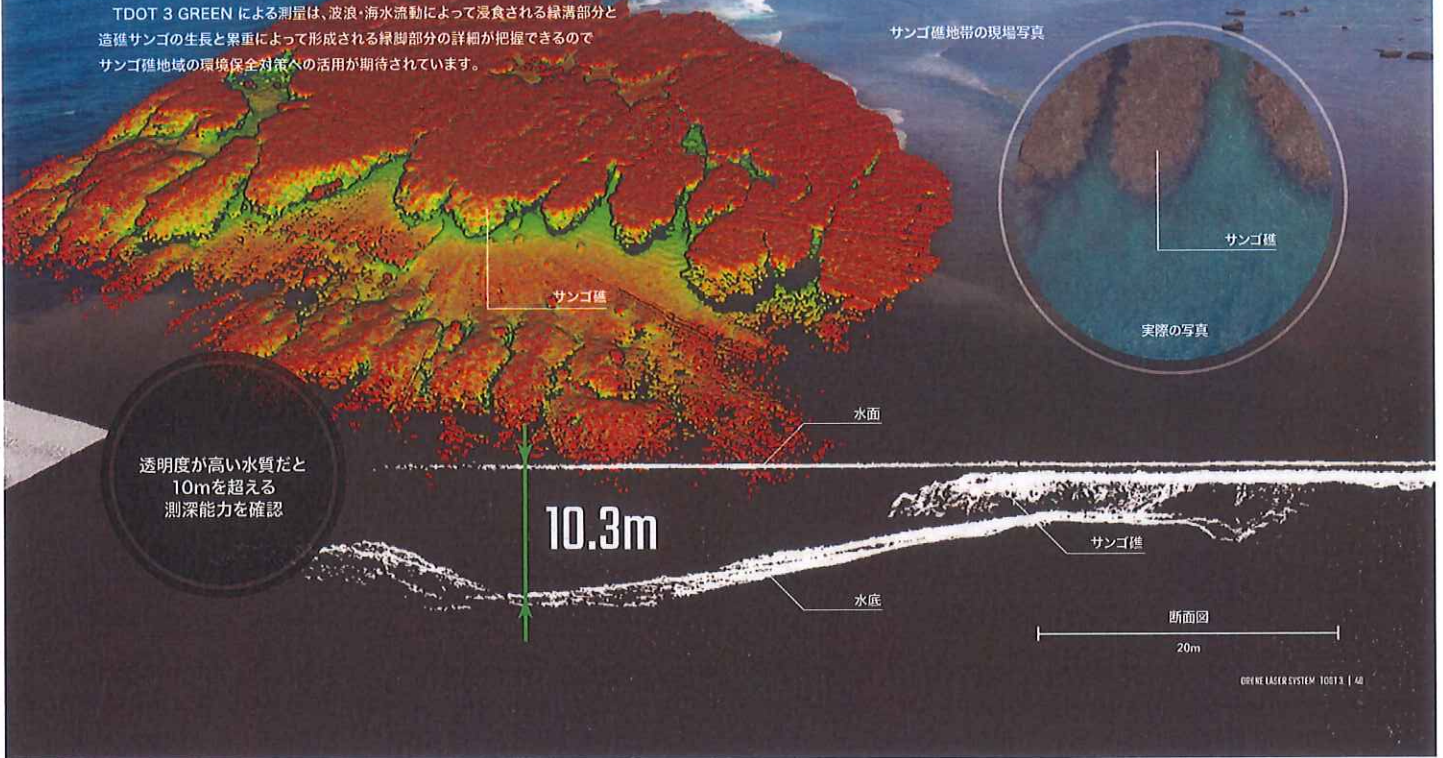
鳥瞰図
消波ブロックを捉える

調査 透明度の高い海で比較的深い海底地形を測量

● 最深部、約10m水底データの可視化に成功

地球温暖化による海面上昇が沿岸域に様々な被害を引き起こしており、海面上昇やサンゴ礁の侵食によってサンゴ礁の消滅効果小さくなり、沿岸に押し寄せる波浪が増大することが懸念されています。

TDOT 3 GREEN による測量は、波浪・海水流動によって浸食される縁溝部分と、造礁サンゴの生長と累重によって形成される縁脚部分の詳細が把握できるので、サンゴ礁地域の環境保全対策への活用が期待されています。

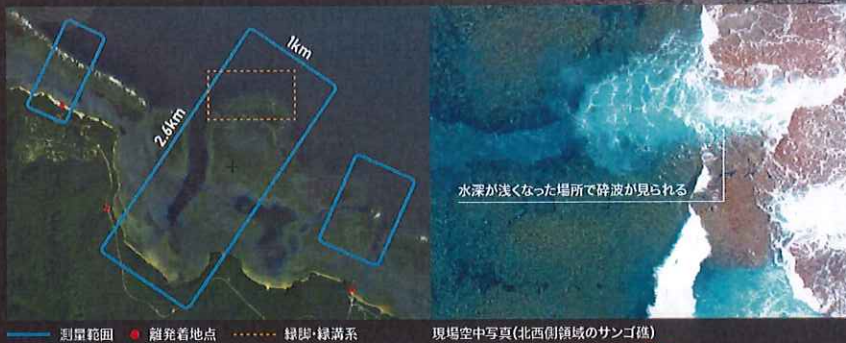


調査 浅海域での測量

ハイブリッドドローンに搭載したグリーンレーザスキャナによる長時間の海底地形測量に成功 ～効率的に高精細地形を測量可能に～ 世界初

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所と共に、新たに開発したハイブリッドドローンGLOW.HIに搭載したドローン搭載型グリーンレーザスキャナ TDOT 3 GREEN を用いることで、効率的に高精細な海底地形を測量できることを実証しました。実証実験は沖縄県竹富町西表島で行われ、陸上から水深約17m付近までの全長約2.6km、幅1kmの範囲を約4時間で測量し、陸上から浅海域の連続的な地形やサンゴ礁の複雑な地形を取得しました。

測量データ(水面と海底の両方を含む)は、平均で約12cm間隔の高密度かつ高さの平均誤差±20mmの高精度な結果となりました。



TDOT 3 GREEN によって、これまで船でのアプローチが難しく測量ができなかった碎波帯^{※1}下の地形やサンゴ礁に特徴的な地形である縁脚縁溝系^{※2}などが明らかとなり、沿岸地形に関する科学的な発展が大きく期待され、沿岸域の波浪や地形変化予測の精度向上につながることも期待されます。

※1 碎波帯: 波浪が海底の影響を受け、変形することで、乱れを伴って崩れる領域。水深が浅くなる場所で碎波は生じやすくなる。

※2 縁脚縁溝系: サンゴ礁に特徴的に見られる海岸線に直行方向に伸びる溝と縁状の地形。水深20m前後までに見られ、波浪の変形にも影響を与える。

地形断面図(マングローブ林～海岸)

地形断面図(サンゴ礁)