

# UAV搭載型レーザ計測システムによる計測事例

高野 正範・鈴木 浩二・外山 康彦・久保田 竜・國枝 信吾 (中日本航空株式会社)

## はじめに

無人航空機（以下「UAV」）から撮影した空中写真を用いて三次元モデルを作成する技術が普及する中、軽量かつ高性能な UAV 用レーザスキャナ (Riegl 製 LMS VUX-1) が登場した。中日本航空(株)では、有人機による航空レーザ測量を多数手掛けており、このレーザ計測技術を UAV に適用することで、写真だけではない新たな UAV の利用価値を見出すことを目的に、計測システムの設計から組立、データ取得・解析について試行した。本報告は、平成 26 年 10 月に取得したデータの中から、道路、河川、砂防、森林分野における取得事例を紹介する。

## 1. 計測システムの概要

今回使用した UAV は、産業用無人航空機協会 (H16 設立) の安全基準により運用される「産業用無人ヘリコプター」である。UAV によるレーザ計測（以下「UAV 計測」）に用いた機材構成は表1のとおり、計測システムを搭載した外観は図1のとおりである<sup>1)</sup>。なお、本機の運用は、『産業用無人航空機安全基準 (回転翼機)』に則り、(株)コハタにより実施された。

表1 計測システム構成機材の概要

プラットフォーム	YAMAHA 製 R-Max L18	(株)コハタ所有・運用
レーザスキャナ	Riegl 製 LMS VUX-1	リーグルジャパン(株)所有
GNSS-IMU	Applanix 製 POSAV510	中日本航空(株)所有
カメラ	Ricoh-GR	直下視用
	GoPro Hero3+	操縦時の参考用
その他	制御用 PC 電源 (リチウム電池)	



図1 計測システム搭載状況

## 2. データ取得事例

### 2.1 道路周辺計測

道路分野での利用については、路面の性状調査、道路周辺施設調査等への利用が考えられるが、これらについては、既に MMS (Mobile Mapping System) による詳細なデータが取得可能である。ただし、道路を走行する車両からの計測のため、UAV 計測に比べ死角は大きい。UAV 計測を道路上空から行うことで、死角の少ないデータが取得可能となるが、供用中の道路上を飛行させることは、安全確保の面から現状では難しいと考える。今回は、道路上空を避けて飛行した計測データを紹介します。

図2は、取得したレーザデータに陰影等の見やすい処理を施し鳥瞰で表示したものであるが、路面や法面、その上側の山地部を含んだ範囲でデータが取得されていることがわかる。上図は植生等を含んだ DSM、下図は植生等を除去し地表面形状を表した DEM であり、写真では見えない植生下の法面の状況も確認可能である。一般的な航空レーザ測量と異なる点は、主に取得データの密度にある。図3は、切土面に設置されたアンカーを表現したもので一つ一

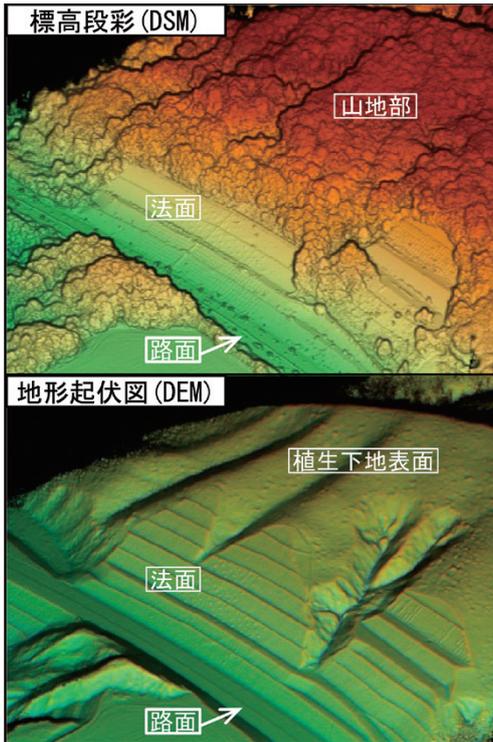


図2 道路周辺計測取得データ

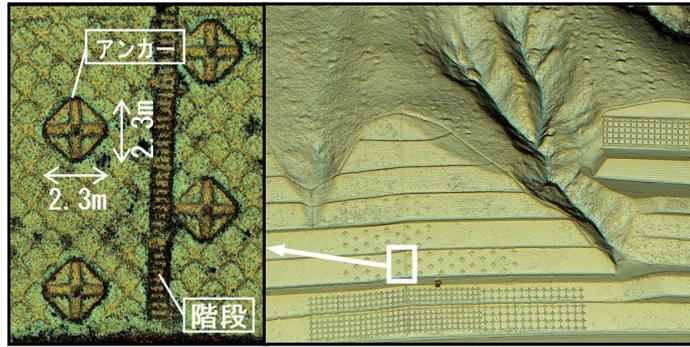


図3 法面のアンカー

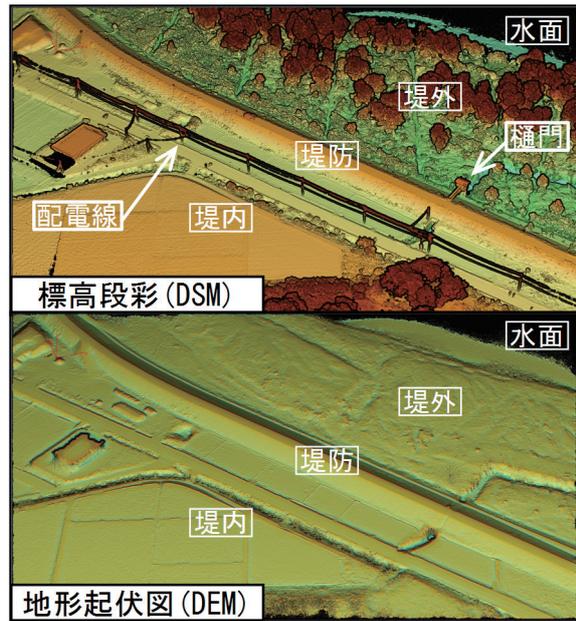


図4 堤防計測取得データ

つの形状が確認できる。また、周辺斜面では地すべりによる変状も確認された<sup>2)</sup>。

## 2.2 河川周辺計測

河川分野での利用においては、河床調査、河道域の植生把握、河川施設管理等、様々な利用が考えられる。河川管理における現況把握調査では、MMS 計測や UAV による写真測量の適用検討等が行われているが、新たに UAV 計測についても重要な検討事項になると考え

る。ここでは堤防を対象とした計測事例について、周辺取得データを交えて紹介する。

今回の堤防計測の試行は、約 300m の区間を対象に UAV 計測の有効性の確認に加え、

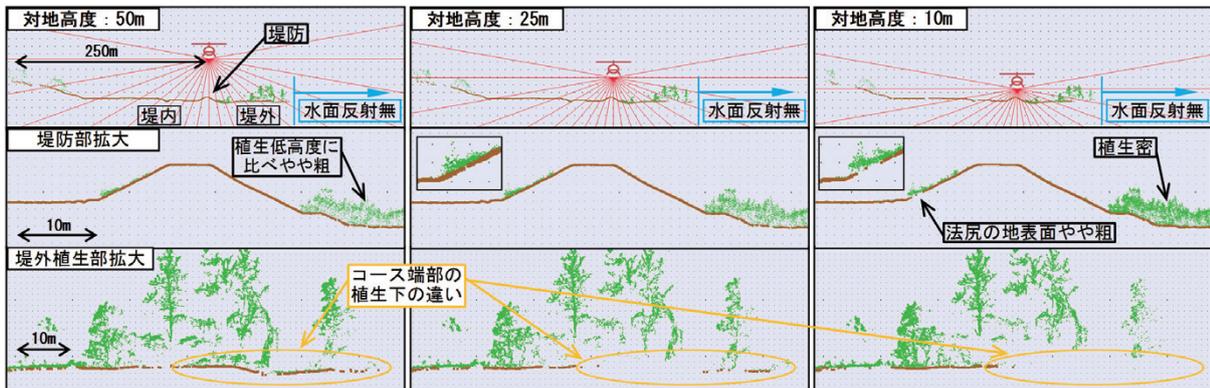


図5 対地高度別取得状況の違い(点群断面：奥行1m)

対地高度(約10m、25m、50m)を変えた計測を実施し、取得データの違いについても確認した。図4は、堤防周辺の取得データを鳥瞰表示したものであるが、堤防上の飛行のみで、堤内堤外の比較的広範囲のデータが取得できた。図5は、河川の横断方向の点群断面を対地高度別に並べたものである。データの精度に大きな違いはないが、取得点密度(低高度が高密度)と構造物等の死角(高高度が死角小)に違いが見られ、これらの結果を計測計画(高度やラップ率等)に反映する必要がある。

今回データ取得した範囲には、堤防変状等の現象はなかったが、微少な凹地(直径約30cm、深さ約10cm)を捉えていることが確認できた。河川分野では、堤防の他、河川構造物や河道内植生、生態系等への利活用も期待される。

### 2.3 砂防施設周辺計測

砂防分野においては、崩壊地調査や2時期計測による土砂移動把握等に利用できる。また、人の立入りが困難な谷間を上空から計測することで、詳細な地形や施設データも取得可能である。ここでは、砂防施設(セルダム)周辺で取

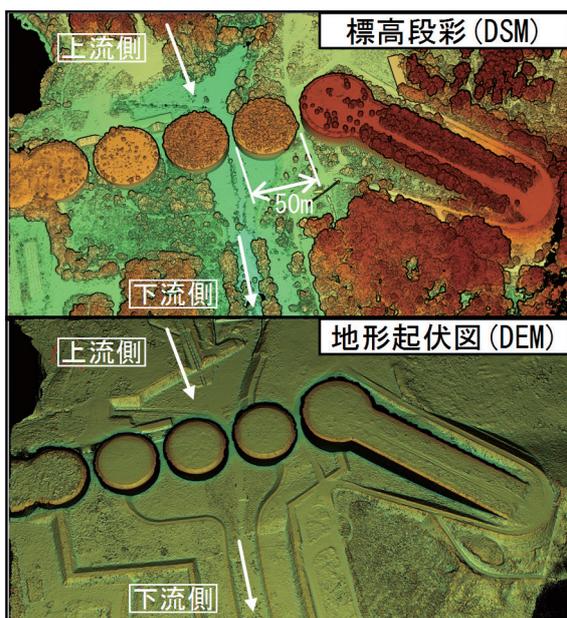


図6 セルダム周辺計測データ

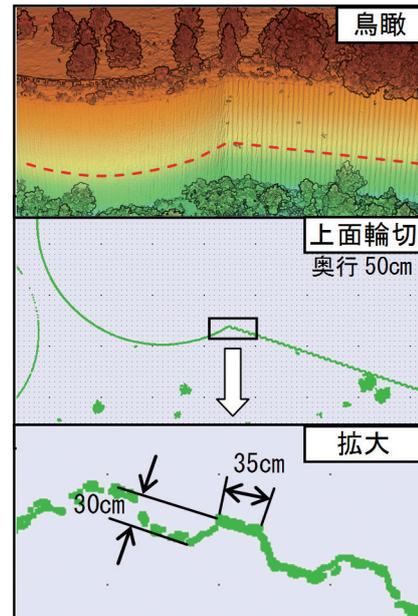


図7 セルダム壁面

得したデータから、施設を詳細に捉えたデータを紹介します。

セルダムを中心とした計測を行い、17分間のフライトで点密度100点/m<sup>2</sup>以上のデータが、10ha以上の範囲で取得できた(図6)。図7は、セルダム壁面をクローズアップしたもので、直壁部にも高密度のレーザーが照射された結果、銅矢板の凹凸も取得データから確認することができる。また、通常の航空レーザー測量と同様に、植生を捉えた点を取り除くフィルタリング処理を行うことで、植生下の微地形、堆砂状況の把握も可能となり、施設管理データとしての活用も期待される。

### 2.4 森林部(植生域)計測

森林分野においては、航空レーザーデータを利用した樹高調査や単木抽出、活力度調査等が行われている。UAV計測では、高密度な点群データが取得できることから、植生の方形区調査や毎木調査への利用が考えられる。

図8は、森林部を複数コースにより計測したデータから、1ha(100m×100m)を抜き出したものであり、およそ4,300万点のデータが取

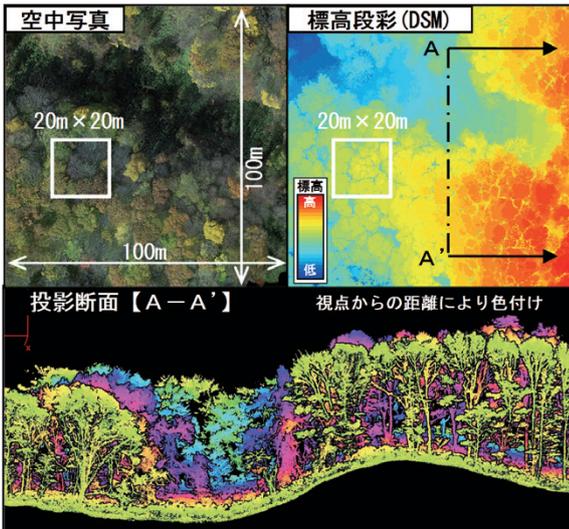


図8 森林部計測で取得したデータ

得されている。単純に平均点密度を計算すると4,300点/m<sup>2</sup>であり、森林の三次元構造も見えてとれる。立木の単木調査等には、地上型レーザが用いられることがあるが、機材直下や幹の裏側での欠測発生により、数回の機材移動が必要となり、効率のよい現地作業は難しい。UAV計測では、地上レーザの計測密度には及ばないものの、上空を移動しながら多方向へレーザを照射することが可能なため、比較的死角の少ないデータが取得でき、図9のように単

木データの抽出、胸高直径の計測等への利用も考えられる。

### 3. 課題と展望

本システムで取得した三次元データは、高密度かつ高精度であることが確認された。また、以下の課題も抽出され、効果的な実運用にあたっては、UAVの開発動向を見据えた継続的な研究・開発が必要である。

- ① 飛行範囲の拡大と安全確保⇒新たなプラットフォームや自立飛行プログラムの開発等
- ② 飛行時間確保⇒システムの更なる軽量化・構成機材の再検討
- ③ 緊急時への対応⇒データ処理時間の短縮・処理手順の検討等

今後、UAVによるレーザ計測に関して、その機動性が発揮されることで、平常時ばかりでなく緊急災害時を含めた様々な場面での利用が予想される。データの精度、運用の利便性の面から効率的で有益な測量手法の一つに発展することは容易に想像できるが、法律やガイドラインに従った機材運用での安全確保も発展に欠かせない重要な要素と考える。

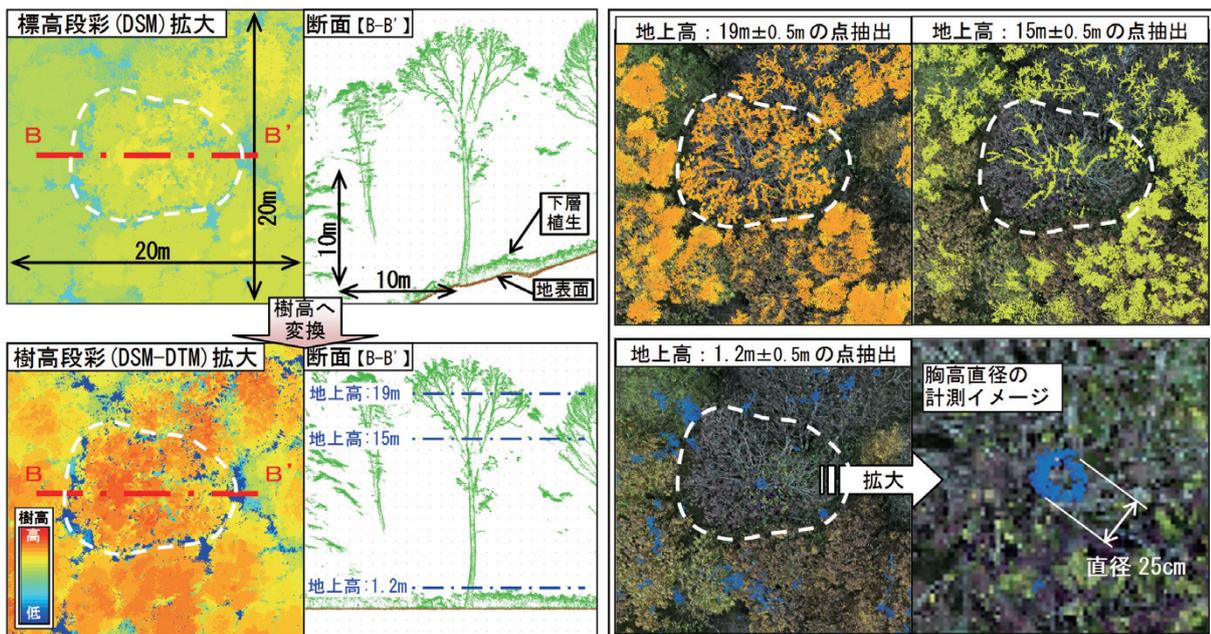


図9 単木データの抽出例

**■謝辞**

本事例は、株式会社コハタ、リーグルジャパン株式会社との共同研究の成果です。また、国土交通省北海道開発局様をはじめ多くの皆様に検証フィールドのご提供と作業へのご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

**■参考文献**

- 1) 都竹正志、瀬口栄作、長井伸正：UAVによる高精細レーザ計測の試み－Riegl LMS VUX-1の試験報告－、(一社)日本写真測量学会、平成27年度学術講演会論文集、2015
- 2) 日下田亮、沼宮内信、國枝信吾、柳谷猛：産業用無人ヘリコプター搭載型レーザスキャン装置による地形測量、(一社)全国地質調査業協会連合会、D-1 地理情報、<http://www.web-gis.jp/e-Forum/2015/index.html>、2015

**■執筆者**

**高野 正範** (たかの まさのり)  
中日本航空株式会社  
E-mail : mtakano@nnk.co.jp

**(共著者)** 所属は筆頭著者に同じ

**鈴木 浩二** (すずき こうじ)  
**外山 康彦** (とやま やすひこ)  
**久保田 竜** (くぼた りゅう)  
**國枝 信吾** (くにえだ しんご)