

航空機を使った環境モニタリング技術 ～航空レーザ計測および複数センサの融合～

世古口 竜一・民野 孝臣・中内 隆幸

航空機に搭載した各種センサによるリモートセンシング技術には、航空写真撮影やハイビジョンカメラによる動画撮影、ガンマ線を利用した温泉探査等々、ニーズに応じた多種多様な技術がある。今回はその中でも航空レーザ計測システムについて採り上げ、その原理とシステム構成を紹介する。また、航空レーザデータを使った環境調査技術について、ラストパルスの利用（地形データ）、ラストパルスとファーストパルスの利用（樹高データ）、複数センサの利用の3つのステップに分けて紹介する。

キーワード：環境調査、モニタリング、航空レーザ、GPS、IMU、地形、樹高、ハイパースペクトル

1. はじめに

航空測量分野におけるモニタリング技術や計測技術には、主に航空レーザ計測や航空写真撮影があり、その他、航空機に搭載した各種センサによるリモートセンシングがある。

今回はその中で航空レーザ計測について、そのシステムと活用事例を紹介する。

2. 航空レーザ計測システムの概念

(1) 航空レーザ計測システムの概念 (図-1)

航空レーザ計測は、航空機に搭載したレーザ測距装置から地上等をスキャンし、照射したレーザの反射波の到達時間を距離に変換して、対象点の位置座標を取得する手法である。これを測量として適用する場合、航空レーザ

測量とも呼ばれる。また、このときのセンサの位置情報はGPSから、また姿勢情報はIMUから得て統合解析しており、これら全体を指して航空レーザ計測システムと呼ぶ。

航空レーザ計測システムを用いて得られるレーザ点群データは、1点1点が座標値を持つため、高密度でレーザ点群データを取得することにより精度の高い三次元数値データを得ることが出来る。

(2) 航空レーザ計測システムの構成

朝日航洋の航空レーザ計測システム「ALMAPS - AG4」(図-2)は、回転翼機(ヘリ)および固定翼機をプラットフォームとする。例えば、危険斜面の計測

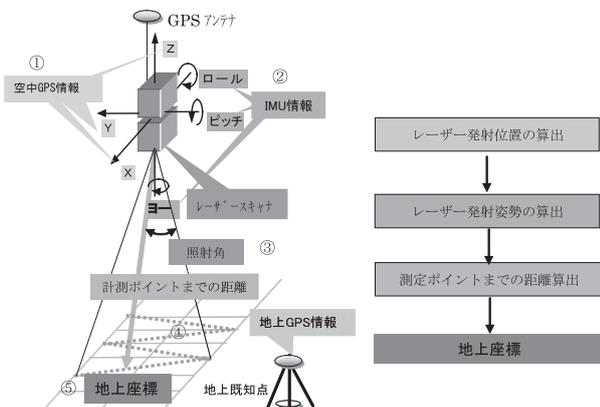


図-1 航空レーザ計測システム概念図

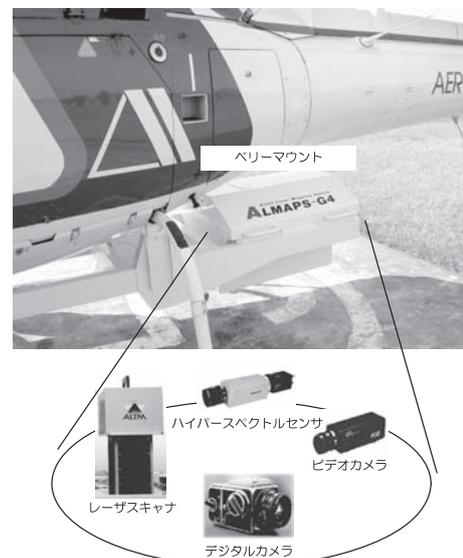


図-2 ALMAPS - AG4 と搭載センサ

などある特定のポイントを高密度に計測する場合はヘリ、広域を経済的に計測する場合は固定翼といったように計測面積、密度、地形などの諸条件に合わせて最適なプラットフォームを選択することができる。

プラットフォームがヘリの場合、機体腹部に装備したベリマウント(図-2)にレーザ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、ハイパースペクトルセンサの4センサを搭載する。

各センサの仕様は以下のとおりである。

【レーザスキャナ】

ショット数	100 kHz
スキャン周波数	0 ~ 70 Hz
スキャン角	0 ~ 60°
水平精度	± 0.4 m (高度 1,200 m)
高さ精度	± 0.15 m (高度 1,200 m)

【デジタルカメラ】

有効画素数	5,440 × 4,080
CCD サイズ	48.9 × 36.7 mm
画素サイズ	9 × 9 μm
階調	48 bit (各色 16 bit)
フィルタ	可視カラー・近赤カラー

【ビデオカメラ】

サイズ	640 × 480
階調	24 bit (各色 8 bit)
レート	29.97 Hz

【ハイパースペクトルセンサ】

波長帯域	400 ~ 1,000 nm
波長分解能	6 nm
空間分解能	480 画素

キャビン内部は、図-3のようになっており、後部座席右側に制御装置およびタッチパネル式モニターが、またナビゲータ席にはナビゲーションモニターが設置されている。通常は、パイロット、ナビゲータ、オペレータの3名で運航が行われる。



図-3 キャビン内部

3. 航空レーザを活用した環境調査

(1) 高精細な地形データの活用

航空レーザは、樹木の影響を取り除いた高密度の地盤高データが得られるため、微地形を捉えることが可能である。航空レーザ測量により作成された地形図は、従来の航空写真測量による地形図と比べ、詳細な地形が読み取れる(図-4)²⁾。

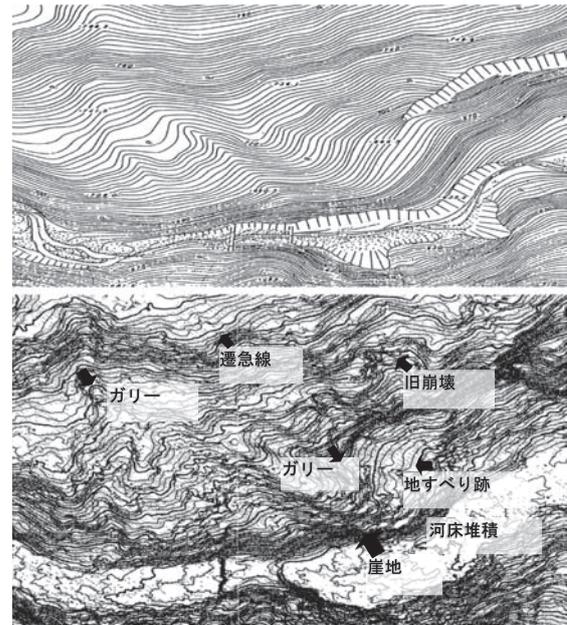


図-4 航空写真測量(上)と航空レーザ測量(下)の比較

生物の生息には、地形や気象、水といった環境条件が大きく影響している。環境アセスメントや環境保全計画などで動植物の分布を調査する場合、十分な生息情報が得られないことがあり、これを補完するために航空レーザ測量による詳細な地形データが役に立つことがある。

図-5は高山帯に生息している特別天然記念物ライチョウの生息適地を、植生、ライチョウの生息位置、そして航空レーザデータから作成された微地形や斜面方



図-5 ライチョウの生息適地図(地形陰影図上に抽出した領域を重ねたもの)

位, 湿潤度, 日射量等を用いて推定したものである³⁾。

このような地図を作成することで, 事業予定地内の貴重種等に対する影響の回避, 最小化, 代償などがより確実に実施されることが期待される。

(2) 樹高データの活用

航空レーザの特徴として, 樹木の高さが計測できることがあげられる。これは, 樹木がある場合, レーザパルスは最初に樹木上部で反射し (ファーストパルス), 最後に地表部で反射する (ラストパルス)。この性質を利用して, 樹木の高さを測ることができる。

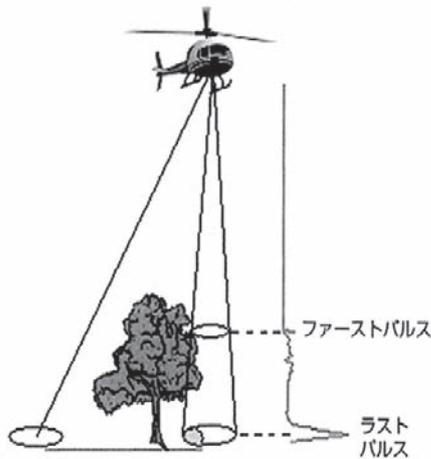


図-6 航空レーザの特徴

樹高の計測は, 従来地上からの測量が主流であり, 地形の変化が大ききところや大規模な森林などでは多大な労力を要する。このため, 航空レーザによる樹高測定は, 樹高計測作業を大幅に軽減することが可能である。

また, 森林を写真判読することで樹種が特定されれば, 材積量や CO₂ の固定量が概算で推定可能となる。

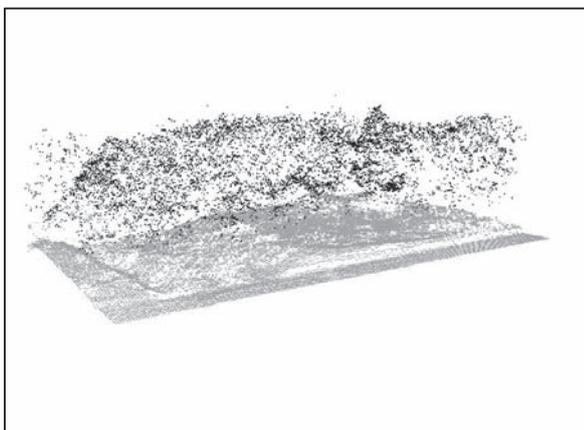


図-7 森林の樹冠と地盤のデータ

(3) 複数センサデータのフュージョン

航空レーザデータは, 点群情報として位置情報のみ取得するため地物の分類はできない。このため, 地物の特定は, 同時計測しているデジタルカメラで撮影された空中写真を人の目で判読している。

ハイパースペクトルセンサは, 人の目に相当する部分を担うことで, レーザデータと併せることで地物分類の可能性が期待されている。ハイパースペクトルセンサは, 波長分解能が高く, 人の目やデジタルカメラが可視光線を RGB の 3 バンドの組み合わせで物質の色を識別するのに対して, 可視光から近赤外線までの光を 100 バンド以上に分解して識別することが可能である。図-8 は, ハイパースペクトルデータのイメージである。一つの点 (x, y) に対して波長域 400 ~ 1,000 nm を 100 バンドに分解 (λ) したデータが得られる。

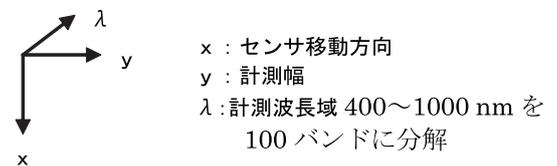
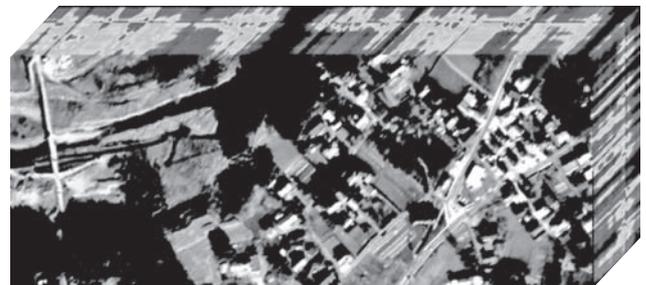


図-8 ハイパースペクトルデータイメージ

植物は, 近赤外域で強い反射を示すため, ハイパースペクトルセンサなどの近赤外域の計測ができる機器を用いることで, 高い分類精度で植物の抽出が可能である。植物分布域とレーザで得られた植生高を融合することで, ハイパースペクトルセンサ単体では識別できなかった樹木と草本の分類を行うことが可能となる。図-9 左図はハイパースペクトルセンサのみによる土地被覆分類結果を, 右図はハイパースペクトルセンサと航空レーザを融合した分類結果を示す⁴⁾。

また, ハイパースペクトルセンサの高い波長分解能は, 植物種の分類や植物の水ストレスなどの健全度を分析することができるため, レーザデータと融合することで, 生物の生息適地選定や樹木の健全度診断などへの利用が期待される。

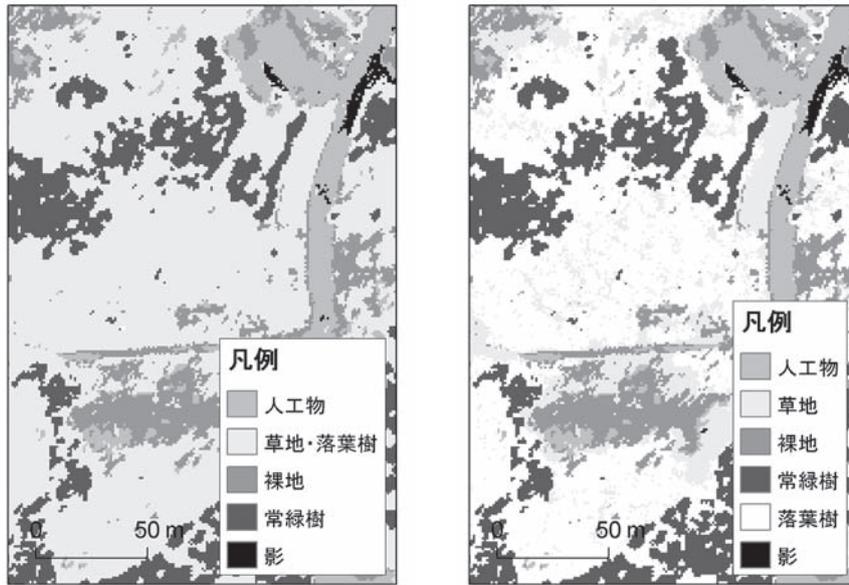


図-9 分類図 (左:ハイパー,右:ハイパー+レーザ)

《参考文献》

- 1) 財団法人測量調査技術協会：先端測量技術 89・90 合併号, 2006.1
- 2) 大塚政幸, 大伴信吾：航空レーザ計測による地表環境モニタリング技術の現状と課題, 精密工学会 2007 年秋季シンポジウム, 2007 年 9 月
- 3) Tadashi Masuzawa, Ryuichi Sekoguchi, Ken-ichi Matsubayashi and Hajime Ise: Predicting suitable habitat of the ptarmigan (Lagopus mutus) using airborne LiDAR, silvilaser2006,2006.11
- 4) 中野一也, 世古口竜一, 鈴木英夫, 民野孝臣：ハイバースペクトルデータとレーザデータを用いたデータフュージョンによる地物分類の基礎的研究について, 応用測量論文集, 投稿中

[筆者紹介]



世古口 竜一 (せこぐち りゅういち)
朝日航洋㈱
QMS 推進室



民野 孝臣 (たみの たかおみ)
朝日航洋㈱
地図・コンサルタント事業部 開発グループ



中内 隆幸 (なかうち たかゆき)
朝日航洋㈱
地図・コンサルタント事業部 計測グループ