

パワードパラグライダーによるレーザ計測

パワードパラグライダーは、砂防倉傾斜・災害地など複雑な地形や障害物が散乱する中で、上空からパイロットが目を確認しながら低空から計測ができ、UAV とセスナ・ヘリコプターの隙間を補完する「期待できるプラトホーム」です。UAV に比べ、1回の飛行時間が数時間と長く、広範囲を短時間で高精細な3D計測が可能です(1km² 当り 20分程度)。航空レーザのような大掛かりなシステムを必要とせず、コストパフォーマンスに優れ、高い計測点密度でデータを取得できます。これからのインフラ点検、長大斜面モニタリング等、予防保全型の維持管理として施設の長寿命化に寄与していくものと考えています。

パワードパラグライダー



パワードパラグライダーは、従来のパラグライダーにエンジンユニットを取り付けた有人の飛行体です。このパワードパラグライダーに、レーザセンサ・GNSS・IMU・PC からなるレーザ計測システムを搭載し、空を飛びながらレーザ計測を行います。

メリット その1

UAV に比べ、1回の飛行可能時間が4時間程度と長く、飛行速度は約4~14m/s と速いため、**広範囲を短時間で計測**することができます(1km² 当り 20分程度)。

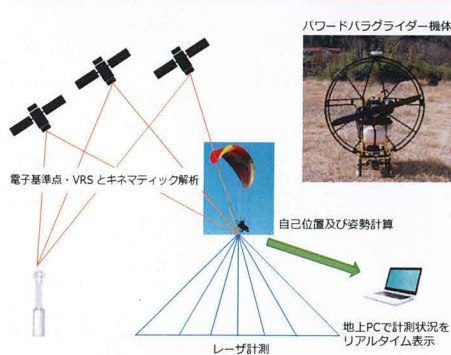
メリット その2

UAV のように、飛行承認申請を必要としない(航空法第二百九条の三の七号に該当)ので、**速やかな計測作業着手が可能**です。

メリット その3

航空レーザ測量のように、大掛かりな機器を必要としないため**コストパフォーマンスに優れます**。また、航空レーザ測量に比べ、**高い計測点密度**でデータを取得できます。

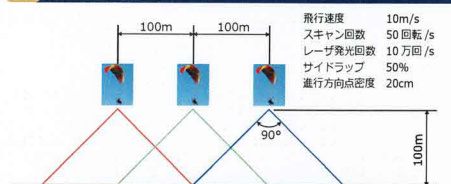
計測システムのイメージ



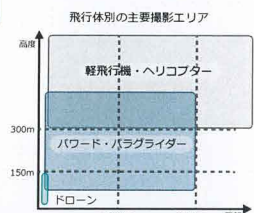
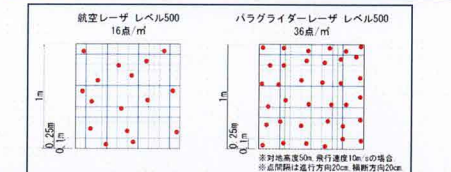
計測・解析フロー

計測計画	作業日程・計測諸元・飛行ルート・調整用基準点設置位置等を決定します。
調整用基準点の設置・測量	必要に応じて空標識を設置し、TS・GNSS等により測定します。
飛行計測	飛行計測中は、センサ類の異常の有無やデータ取得状況をリアルタイムにモニタリングすることにより、欠測を防ぎます。
最適軌跡解析	GNSS・IMU 観測データから、機体の三次元位置及び姿勢角を算出します。
オリジナルデータの作成	最適軌跡解析で得た結果にレーザ測距データを統合解析し、三次元座標を持つ計測点のデータを作成します。このとき、計測点データのコース間重複部における較差、調整用基準点における較差について点検します。
グラウンドデータの作成	オリジナルデータから、フィルタリングにより地表面を捉えた点のみ抽出します。
グリッドデータ・等高線データ等の作成	グラウンドデータから、目的に応じて各種データを作成します。

計測緒言の設定例



計測点密度



オリジナルデータ

地表面抽出

グラウンドデータ

等高線データ



計測精度

●コース間較差

計測データの精度の良否は、航空レーザ計測や UAV レーザ計測と同じく、コース間検証及び調整用基準点を用いた高さ精度検証により判断します。コース間検証では、隣接するコースの計測重複部分において、各コースから得られた三次元計測データの標高段差を点検します。コース間較差の要求精度は、航空レーザ測量においては30cm 以内、UAV レーザ計測による出来形管理においては3cm 以内とされています。

試験計測時のコース間較差の一例

点名	A コースの計測平均高さ (m)	B コースの計測平均高さ (m)	較差 (m)
C1	27.028	27.033	0.005
C2	26.867	26.839	-0.028

●調整用基準点較差

調整用基準点を用いた高さ検証では、地上測量により高さを付与した地点(調整用基準点)と、同地点の三次元計測データの高さの平均値とを比較することにより、精度を点検します。調整用基準点における較差の要求精度は、航空レーザ測量においては25cm 以内、UAV レーザ計測による出来形管理においては5cm 以内とされています。

試験計測時の調整用基準点較差の一例

調整用基準点名	調整用基準点の高さ (m)	三次元計測データの平均 (m)	較差 (m)
16k4L	16.364	16.326	-0.038
17k4R	26.601	26.594	-0.007

機器構成

パワードパラグライダー	<ul style="list-style-type: none"> エンジンユニット: X-C TOP80 1250 キャノピー: サンクライダー レイザー M
レーザ計測システム	<ul style="list-style-type: none"> Phoenix LiDAR Systems レーザセンサ: Riegl miniVUX-1UAV 計測精度: ±15mm 計測距離: 150m スキャナ視野角: 360°レーザクラス: 1 重量: 1.5kg IMU 性能: Roll 0.005°Pitch 0.005° Heading 0.009° (※後処理キネマ解析の場合) GNSS 性能: L1/L2 (GPS・GLONASS) 画像データ取得用カメラ: Basler DualRGB
ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> Phoenix LiDAR Systems Software (計測設定・制御、三次元計測データ生成等) NovAtel Inertial Explorer (最適軌跡解析) Terrasolid Terrscan/Terramatch/Terramodeler/Terraphoto (点群編集、オルソフォト作成)

《参考》水平位置精度の検証

アスファルト舗装上の路面標示白線を用いて、PPG レーザ計測の水平位置精度検証を試みました。VRS 単点観測により取得した輪郭線と、PPG レーザ計測による取得点群から推定される輪郭線を重量比較した結果、概ね6cm 程度の差を確認しました。

