

航空機搭載型レーザースカナーの精度検証手法に関する研究

朝日航洋株式会社

空中探査部 中村 剛 松田大輔 藤原輝芳

1. はじめに

近年、航空レーザー測量はめざましい進歩をとげており、様々なレーザースカナーが登場している。

また、プラットフォームも目的によって回転翼、固定翼が使い分けられ要求精度に対応している。

測量精度はこれら搭載システムの違いに依存するところもあるが、それ以前に、データ取得に際してGPS、基線長、植生の有無、地形などに大きく影響される。

今回、実際のキャリブレーションサイトの計測飛行を実施してこれらの外部要因とDEM精度の関係を評価した。

2. 概要

(1) 研究課題

- 1) GPS基線長の違いによるDEM(数値標高モデル)精度の評価
- 2) DTM(数値地形モデル)間隔とレーザーデータの密度関係
- 3) 土地被覆によるDTM精度の評価

(2) 計測の方法

1) 実施時期

2002年2月1日

10時20分～11時33分

2) 実施場所

岐阜県大垣市市之尾(林地) 2.1 km²

岐阜県大垣市木戸町(市街地) 2.9 km²

3) 使用機材

プラットフォーム：回転翼機AS350

レーザースカナー：ALTM1225

グラウンドGPS：Ashtech Z-12

4) 計測仕様

下記条件にて決められたコース上を飛行し計測する。

表1 計測条件

対地速度	90 km/h
対地高度	600m
サイドラップ	50%
スキャン回数	25Hz
レーザー走査角度	30度
レーザービーム幅	0.2mrad
標高単点密度	0.5m

3. GPS基線長の違いによるDEM(数値標高モデル)精度の評価

(1) 評価方法

1) 電子基準点「本巢」のGPSデータで計算された航跡を基準とし、各基線長に対し計算された飛行航跡データを、1秒毎の航跡の座標で比較する。

座標のばらつきをX、Y、Z別に割り出し、そのばらつきの平均と標準偏差を算出し、相対評価を試みた。

2) 基線長毎に解析を行ってDEMを作成し、このDEMを用いて一定以上の面積をもつ構造物のX、Y、Z座標の算出を行う。

構造物の真位置については、地上設置型レーザースカナーにより取得したDEMを基準座標とする。

今回、表2に示した電子基準点の基線毎に構造物の座標を算出し座標のずれやゆがみなどを検討する。

表2 電子基準点一覧

点名	点番号	基線長
本巢	950288	21km
マキノ	950318	52km
額田	950303	91km
大阪	950336	129km

(2) 評価結果

1) 今回、市之尾地区と木戸町地区の両地区で個別に比較を行った。表3、表4は市之尾地区と木戸町地区の両地区を合算した平均値と標準偏差値をX、Y、Zと成分毎に出力したものである。

図1は市之尾地区の実際の航跡データを図化したものである。

表3 基線長別データ (差平均: m)

点名	X	Y	Z
マキノ-本巢	-0.17692	0.094521	-0.60701
額田-本巢	0.008782	-0.04352	0.261438
大阪-本巢	-1.37207	0.321918	-0.32089

表4 基線長別データ (差標準偏差: m)

点名	X	Y	Z
マキノ-本巢	0.083731	0.022408	0.275033
額田-本巢	0.133834	0.03218	0.349733
大阪-本巢	0.164639	0.038267	0.573973

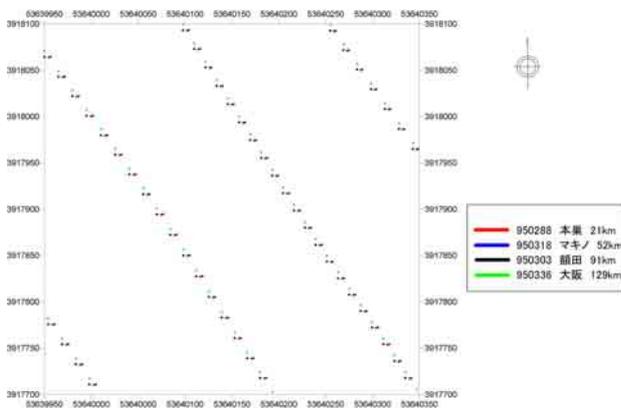


図1 基線長の違いによる航跡のずれの比較(市之尾地区)

2) 今回、地上設置型レーザによるデータ取得はある特定の構造物に対して行っているため、基線長毎の比較は地上と同じ構造物に対して行った。

サンプルは基線毎に特定の3箇所の構造物に対して合計36点のX、Y、Z座標を算出し、基準となる地上データとの差(ずれ)を比較した。

同時に標準偏差によりずれの比較をした。

表5 基線長別データ (差平均: m)

点名	X	Y	Z
本巢-地上	-0.27185	-0.05998	0.44431
マキノ-地上	-0.19345	-0.44378	-0.49223
額田-地上	0.33282	0.75361	1.37809
大阪-地上	-1.11937	0.29191	-0.56614

表6 基線長別データ (差標準偏差: m)

点名	X	Y	Z
本巢-地上	0.69297	0.75179	0.76073
マキノ-地上	0.60154	0.66025	0.89663
額田-地上	0.39826	2.02302	2.02233
大阪-地上	1.40595	2.04981	1.96411

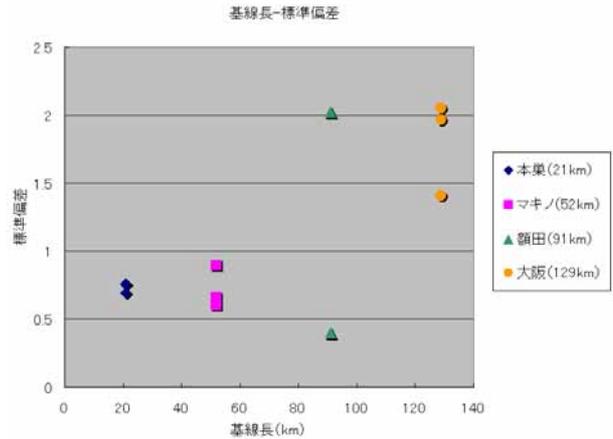


図2 基線長によるずれの比較

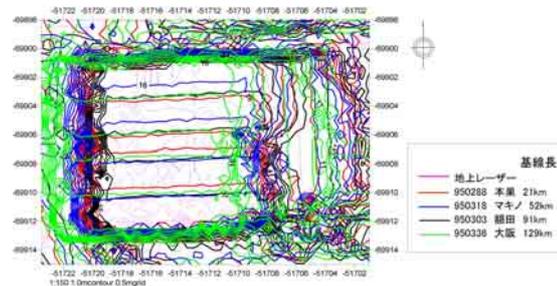


図3 DEMによるずれの比較

(3) 考察

1) 基線長による航跡のずれ

①X、Y、Z各成分の標準偏差値(ずれ)が基線長に応じて大きくなる。

②X成分において、解析に使用した電子基準点が基準となる電子基準点「本巢」より東方にある場合は東側に(額田)、逆に西方にある場合は西側にずれる傾向がある(マキノ、大阪)。これにより電子基準点の位置関係の影響が考えられる。

2) 基線長による座標のずれ

①基線長によるずれは50km付近までは少ないが、それを超えると大きくなる(図2参照)。

②基線長によるずれは、スキャン方向に垂直な方向に比較して、水平方向に相対的に大きい傾向が見える。今回、木戸町地区では南北方向に飛行したので、スキャンは東西方向であった。電子基準点の位置関係による、座標のずれの方向性も見られるものの、一様に南北方向(飛行方向)よりも東西方向(スキャン方向)に、相対的にずれが大きい傾向にある。(図3参照)。

しかし、真にスキャン方向の影響が強いのか否かを見極めるには、飛行方向が今回の方向以外のデータを検証

する必要がある。

4. DTMデータ密度による精度

(1) 評価方法

市之尾地区、木戸町地区それぞれのデータ取得地域の全 DTM データから無作為にデータを間引き 50%、25%の密度でDTMを作成した。

これらのDTMから、クリギング法により内挿した0.5m グリッドデータを作成し、上方からの濃淡図（濃淡はレーザ反射面の傾斜を表わし、淡いほど平坦、濃いほど急勾配であることを表わす）とした。データを全く間引きの無いDTMデータの図を基準として、目視で構造物、微小な地形の形の精度を評価した。

(2) 評価結果

道路、構造物などの輪郭は密度 50%程度であれば明瞭に認識できる。25%程度では輪郭に歪みがあるが形状認識はできる。

家屋の間にある幅員 2m程度の路地は25%でも認識できる。

微小な谷地形は 50%までなら明瞭に認識できる。25%程度では歪みや途切れが現れる。特に樹木が密生して繁茂している箇所では地表に到達する割合が減少し更に歪みが多くでる。

表7 標高単点密度による再現性

	100%	50%	25%
幅員の狭い道路	明瞭	明瞭	輪郭歪み
歩道	明瞭	明瞭	輪郭歪み
微小な地形	明瞭	明瞭	輪郭歪み

(3) 考察

標高単点密度は土地被覆の状態に大きく影響される。

特に夏の場合、樹木が繁茂しているためレーザが地表面に到達する割合は25%以下の場合も多いものと考えられる。今回の実験では25%であればある程度の形状認識は可能とされるがスキャン方向にも影響を受ける。認識したい箇所が谷であるならば谷に対して直行するようにスキャンして飛行することで谷の断面形状を詳細に計測することができ、微小な地形変化の認識精度は高まる。

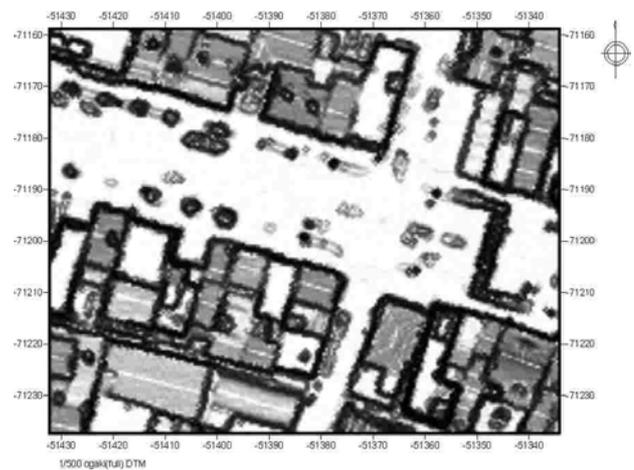


図4 木戸町地区 DTM (データ 100%)

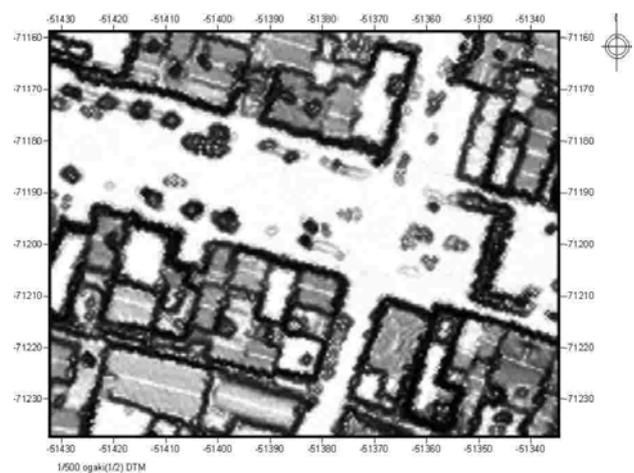


図5 木戸町地区 DTM (データ 50%)

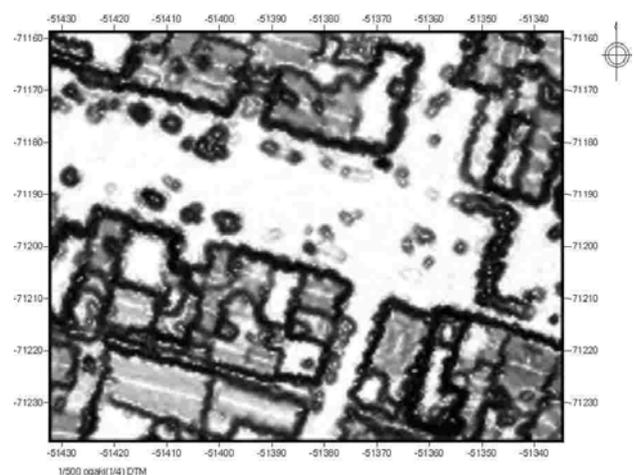


図6 木戸町地区 DTM (データ 25%)

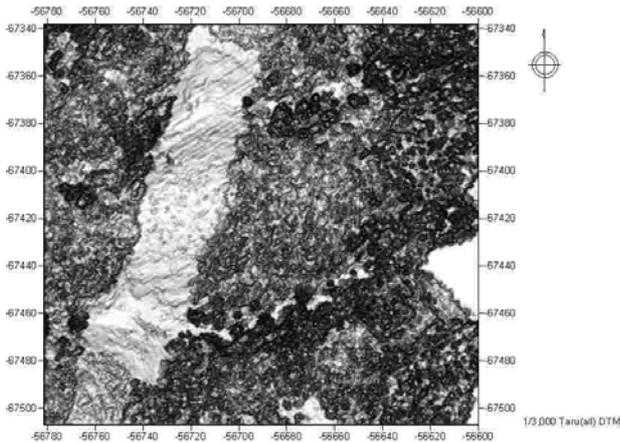


図7 市之尾地区DTM (データ 100%)

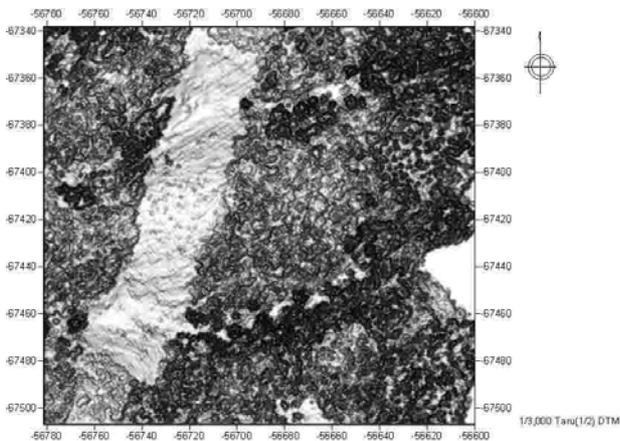


図8 市之尾地区DTM (データ 50%)

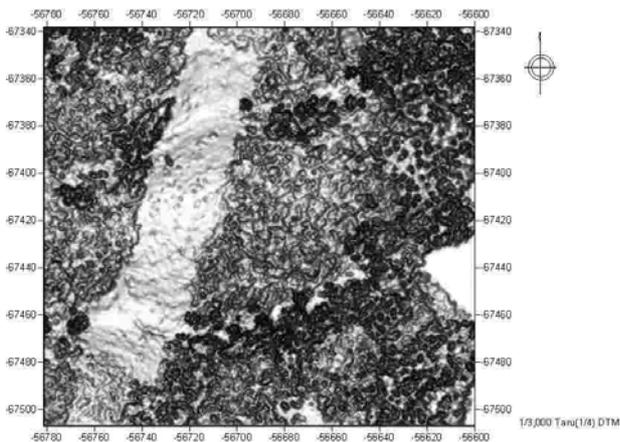


図9 市之尾地区DTM (データ 25%)

5. 土地被覆による標高単点密度および標高精度

(1) 評価方法

GPSデータに電子基準点「本巣」を用いて解析した

DTMデータを用いる。レーザ計測と同時に撮影したデジタルビデオテープの画像から、レーザ計測地域の土地被覆を分類する。

分類区分は、森林、草地、水田、畑、空き地、建物、道路と河川(水面)。分類区分毎に1アール分のDTMデータを1ヶ所ずつ切出し、1アール当りのすべてのレーザ反射点を計数することによって、密度を算出する。なおデータの切出す個所については、隣接コースのオーバーラップ幅が同じになるように考慮しており、オーバーラップするコース数が少ないことにより、相対的に密度が小さくなることを避ける工夫は行っている。

また分類区分毎に切出した範囲のZ値の平均値と標準偏差値を算出する。標高精度を見るために、道路を除く分類区分毎に切出した周辺の道路面上における10点以上のZ値の平均値を求める。

(2) 評価結果

密度としては、畑、建物、水田の順に大きい結果となった。また草地、空き地、森林の順に小さい結果となった。密度をデータの平均間隔に換算すると、最も密度が高い畑では約16cmに1点、逆に最も密度が小さい草地では、約46cmに1点と畑に比べ3倍の密度差が生じた。

土地被覆分類別のZ値標準偏差は、森林が最も大きく、ついで草地、河川(水面)の順であった。その他の土地被覆ではおおよそ0.03~0.075の値で推移している。

表8 土地被覆分類別レーザ点数及びZ値標準偏差

	点数/1アール	平均標高(m)	標準偏差	路面平均標高(m)
森林	377	148.642	5.0501	144
草地	214	8.831	0.2550	12
水田	445	108.506	0.0360	108.5
畑	615	7.017	0.0559	7.3
空地	364	8.779	0.0564	8.5
建物	504	34.617	0.0655	8
道路	344	107.342	0.0751	
河川(川面)	382	100.630	0.1137	111.3

(3) 考察

森林においては標準偏差が大きいのは地盤を構成する地形の影響が大きいと思われる。

草地においては、草の繁茂する密度にもよるが、レーザが地盤まで到達あるいは草に反射する割合により標準偏差の数値が変わるのではないかと。従って草地での植生およびそれらの丈によっては、正確な標高を生データで求めるのは困難である。

畑、水田と道路、空地とで、点数に差が出たのは、土

質に影響された可能性は否定できない。つまり土には良くレーザを反射し、アスファルトはレーザを吸収する特質が考えられる。

河川において、意外に点数が多かったのは、水深が浅くまたコンクリートの護岸に覆われた環境、すなわち河床にあたるコンクリートにレーザが反射したことが考えられる。但し、水面に発生する小波の影響も否めない。

6. 今後の課題

- (1) 電子基準点の基線長、方位など数を増やして、多角的にさらに精度を高める検証が望まれる。
- (2) 実際の計測では、気象条件により困難かもしれないが、飛行方向を2方向だけでなく、4方向以上に増やしての検証が望まれる。
- (3) 土地被覆状況別のレーザ単点密度の検証において、物性の違いによるレーザ反射強度の研究が必要である。
- (4) 今回林間部にて、単点密度の比較により微小地形の認識性を検討したが、樹冠密度が高く、地表面にレーザが未到達であった。樹冠密度の低い個所も含まれる調査エリアの設定が望まれる。

<問い合わせ先>

朝日航洋株式会社

空中探査部

〒350-1331 埼玉県狭山市新狭山 1-18-1

TEL 042-955-0975 FAX 042-953-1178

E-Mail takeshi-nakamura@aeroasahi.co.jp(中村)

daisuke-matsuda@aeroasahi.co.jp(松田)

Web <http://www.aeroasahi.co.jp/>