

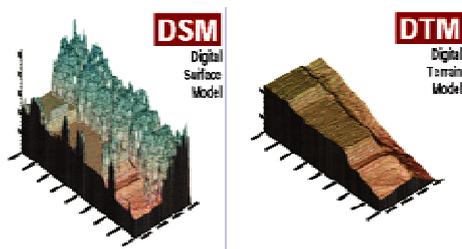
# 航空機レーザ測量法による積雪深の異常値の検出に関する研究

発表者： 水文気象研究室 長谷川 啓

指導教員： 陸 旻皎

## 1. 背景

近年の測量の手法として、レーザパルス機器を搭載した航空機により、近赤外線照射を行い、その反射の時間差から標高を得るというものがある。その用途は様々であるが、一般的に、ある目的地域の標高データを求めると同時に、標高値から画像を作成し、地形画像データを作成することなどに使われている。さらに、データの合成が可能であり、2 つ以上のデータから、新たにもう 1 つのデータを得ることが可能である。具体例としては、地形表装モデル(DSM: Digital surface model)から地形標高モデルデータ(DTM: Digital terrain model)を差し引くことで、建物や樹木の標高値を取り出すことが可能である。



## 2. 研究内容

航空機レーザによる測量は、従来の測量技術と比較して、コスト、測量範囲、精度と、あらゆる面で進化を遂げた測量法である。しかし、条件によっては必ずしも正確に計測できない地点が存在する。そこで、航空機レーザ測量法による積雪深のデータから、誤差のある地点を検出し、数値的に信頼性のあるデータ範囲を特定することを試みる。さらに、誤差の生じる地点の性質を、地形データ、植生データ、雪面データの観点から見極める。

これらの研究から、将来に航空機レーザ

測量を行うにあたっての留意点を考え、より円滑な測量が行えるようにするための項目を知る。

## 3. 使用データ

本研究では、長岡越後丘陵公園の地形データである DTM( Digital terrain model ), 雪面データである DSM ( Digital surface model ), 林高データ、そして、積雪深データである S T M (Snow terrain model)を使用した。なお、D T Mは、無積雪時の平成 15 年 11 月 5 日、D S Mは、積雪期の 3 月 19 日に測定されたものである。

## 4. 航空機レーザ測量法の概要

航空機レーザ観測システムとは、航空機から、地上に向けて近赤外線のレーザパルスを照射し、地上から反射してくるレーザとの時間差により、反射地点の距離を直接計測するシステムである。従来は、写真測量技術から標高データを得ていたが、地上測量工程が必要なく、GPS(global positioning system) と IMU(inertial measurement unit)により、地表に向けて照射された測定位置および、傾きを高精度に計算することが可能である。スキャナ付きのレーザ照射装置と受信装置を搭載した航空機、もしくはヘリコプタを用い、計算された測定コース位置上を空中から進行方向と直交するようにスキャンさせる。発射したレーザにより、緯度、軽度高度の三次元計測することが可能である。

### 4.1 航空機レーザの欠点

1. 近赤外線レーザは一定の幅を持ち、反射

時に地上の構造物や樹木に反射してレーザーが目的の地表面まで届かないことがある。

2. 測定の時期によって誤差影響が変化する。植生の分布は季節ごとに異なるので、一貫したデータを得るには、この影響を考える必要がある。

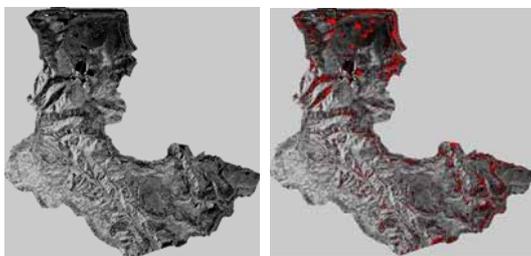
## 5. データ解析による積雪深の誤差傾向

### 5.1 積雪深データ(STM)

積雪深データは積雪時の雪面データ(DSM)から、地形データ(DTM)を差し引いたものである。以下に積雪深データの算出式を示す。

$$\text{STM} = \text{雪面 DSM} - \text{無積雪時 DTM} > 0$$

ここで留意しなければならないのは、STM データは、理論的に正の値をとるにもかかわらず、測定を行った結果、負の値が生じることがあるということである。つまり、負の値を示すエリアが異常値となって生じることになる。積雪深は最低 2 回の計測データ(DTM,DSM)を必要とし、どの局面で誤差要因が生じるかを判別することは困難である。よって、DTM,DSM、植生データのすべてを考慮に入れる必要がある。



STM 画像

誤差値(赤)

### 5.12 DTM データ

DTM データにおいて、注目した項目は、傾斜角度と方位であり、この 2 つに観点から誤差要因の性質を見極めることを試みた。

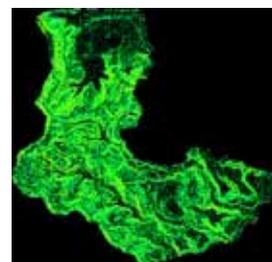
傾斜の角度が急であると、雪は谷方向に流出し貯まることもあり、雪が流出してはげた地形は積雪前と後では変化が生じることが考えられる。



DTM 画像データイメージ



方位角図



傾斜角図

### 5.13 植生データ

植生はレーザーの反射に関っており、植生の種類や密度分布はその妨げになることがある。植生が密で傾斜が急な地点では、誤差の出る傾向が強く、妥当な DTM データを得ることが困難になってくると考えられる。



林高図イメージ

データは樹木の標高データのみ得られたが、植生の種類まで判別できないので、植生の種類は現地へ赴き、確認した。



傾斜植生写真

#### 5.14 雪面 DSM データ

雪面データは積雪時において、表面が比較的になだらかで、樹木も完全落葉(常緑樹は省く)していると考えられるので、誤差要因は他の2つより小さいと予測された。しかし測定の際の局面で誤差が生じるか分からないため、雪面データも調べる必要があった。なお、雪面データは積雪深データと地形データの和であるので、両データをたして算出した。



DSM 画像イメージ

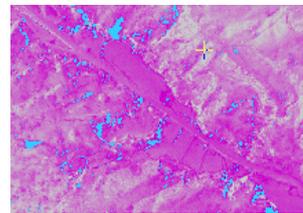
#### 5.15 地形、植生、雪面データからのアプローチの結果

・植生データから、傾斜では混林樹が多く、それらがかなりの密度で分布しており、レーザの反射の妨げになっていると考えられた。さらに、東に行くほど、常緑樹の密度が多くなり、これらは冬の間も葉を落とさないなので、密な部分では誤差が多く見られた。

・地形データから、方位が 100 ~ 180 度

(南東)の傾斜で誤差が多く見られたが、その他の方位でも誤差が見られ、ある方位を特定して誤差方位と決めることはできなかった。傾斜は急な場所ほど誤差が見られる傾向があり、60度を越す傾斜では特に誤差が多く見られた。このような場所では、雪が谷に流出したことが、誤差原因と考えられる。

・雪面データを調べた結果、雪面の標高値がクレーターを作るようにくぼんだエリアではかなり誤差が多く見られた。



DSM データの誤差の見られたエリア

### 6. 誤差値の数値による検出

数値的に積雪の誤差の分布を検出する作業をおこなった。具体的には、元の積雪深データに誤差値を強調させ、抽出するようなフィルタをかけ、データを得る。得られたデータとその他のデータをプロットすることで、データの散布状況を知り、誤差と考えられるデータの集合を検出することを試みた。

#### 6.1 使用したフィルタと仕組み

異常値強調のため、以下の 3 \* 3 のフィルタを使用した。

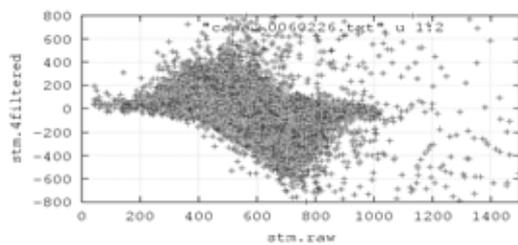
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

フィルタ図

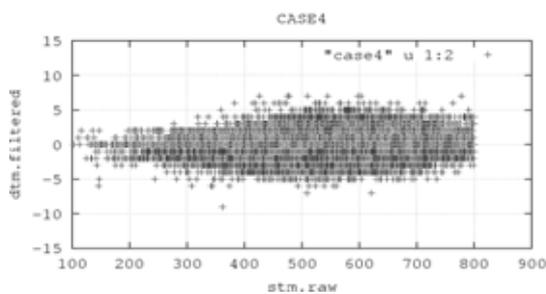
・ 計測によって得られた標高値は、画像表示により、それぞれの地点の標高値が1つのピクセル(画素)となりその集合体として1つのイメージが出来上がる。それぞれのピクセルは画素値(ここでは標高値: Elevation value)に応じた画素濃度を持っており、それらの濃度を調整して注目したいイメージの特定の部分を抽出する機能が画像フィルタである。ちなみに、濃度値の変化に応じてピクセルの画素値も当然変換される。

## 6.2 プロット結果

### 1) STM(横軸)とSTM フィルタ適応(縦軸)



### 2) STM(横軸)とDTM フィルタ適応(縦軸)



画像データは約 3000 \* 3000 のマトリックス形式で、900 万近くのデータを有することになる。プロット範囲を狭め、明らかな誤差値は削除し、データ数を減らしてプロットしたが、データ数が膨大なため、顕著な散布は確認できなかった。そのため、誤差値の散布を確認ができず、満足の良い結果が得られなかった。従って、膨大なデ

ータ数から数値的に異常値だけを取り出すことは困難であると考えられる。

## 7.結果と考察

本研究では、データの散布状況から、異常値抽出を試みたが、画像イメージのマトリックスはかなりの大きさであるので、データ数が膨大で、偏りを上手く見出せず、定量的には満足の良い結果を得ることは難しかった。しかし、定性的に STM データ、DTM データ、DSM データ、植生データは一つ一つがそれぞれのデータに関与していくことが分かった。特に、粗密な植生分布は妥当な DTM データを取得するには障害となることから、植生と地形は綿密に関与していると考えられる。さらに、傾斜付近では雪が流動的に変化するために、妥当な積雪量を獲得することも困難になってくる。随時変化する環境の条件に適応させ、計測を行うことが重要になってくるであろう。DTM データと積雪面の DSM データは、雪の流動変化に大きくかかわっていると考えられる。DSM データにおいて、山岳付近では、標高データがクレーターを作るようにくぼんだエリアが点在し、そこでは固まった誤差が確認された。このことから、地形状況によって雪の位置が流れて変動し、他の周辺に蓄積している可能性が高い。植生は地形データ摂取に影響をもたらす、地形は雪面データ摂取に影響をもたらしていると考えられる。このようなことから、環境条件に適応させて測量を行うことが、今後の課題となってくると考えられる。