

## 山地におけるレーザスキャナによる数値標高モデル作成時の留意点

名古屋大学 : 山本一清, 高橋與明, 宮地洋輔  
株式会社 パスコ : 森田真一, 中尾元彦, ○柴山卓史

## 1. 背景

近年、航空機レーザスキャナによる計測が普及してきており、平成16年には「河川分野における航空レーザ測量による三次元電子地図作成指針(案)〈仮称〉(平成16年9月 国土交通省河川局)が呈示され、今後、レーザスキャナによる数値地形モデル作成が促進されると予想される。

レーザスキャナで計測したデータから生成される数値地形モデルは、大きく次の2種類に分類できる。すなわち、地物を含んだ地表面データである数値表層モデル(DSM: digital surface model)と地物を除去した地形データである数値標高モデル(DEM: digital elevation model)である。

レーザスキャナで計測を行う際、レーザが照射されて初めに障害物に当たったときに反射強度が強くなり、ファーストパルスが計測される。以降、2番目、3番目に反射強度が強くなる(パルスが計測される)とき、それぞれをセカンドパルス、サードパルスと呼び、最後に計測されるパルスはラストパルスと呼ぶ。

市街地を計測する際には、建物の屋上等ではそれよりレーザが下方に到達できないため、DSMは主にファーストパルスから構成される。このため、DEMを作成するには、建物や車両等の移動体を取り除くためのフィルタリング手法が用いられる。

一方、森林等では、レーザはその表層である樹冠だけでなく、一部は透過し樹幹、枝葉および地表面などもで反射されるため、複数のパルスが計測される。一般的には、ファーストパルスは地上の「表層」で反射されたレーザに対応するためDSMとなり、DEMは、遮蔽物が存在しない場合(裸地等)を除き、主にラストパルスによって構成されると考えられる。しかしながら、林分によって、レーザの到達率(全照射パルスに対する地上に到達したパルスの割合)が異なることが知られており(高橋ら, 2005)、樹種・樹齢および立木密度・樹幹密度等が影響していると考えられる。

これらのことから、地被状況に応じて、DEMの作成方法(フィルタリング)を使い分ける必要性が示唆されるが、植生の違いによるレーザの透過率を検討した事例は少ない。

本報告では、信州大学演習林の林層区分図と同演習林を対象としたレーザ計測データを用い、植生によるレーザパルスの透過率への影響を把握するとともに、DEM作成時の課題について整理する。

## 2. 対象地域

対象地域は信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター手良沢山ステーションの主としてカラマツ及びヒノキ人工林から構成される約1km<sup>2</sup>の区域とした。同地域は現地調査により、約1km<sup>2</sup>の範囲に複数の林相が存在することが確認されており、植生(樹種)によるレーザの透過率を比較する目的に適していると考えた(図1)。

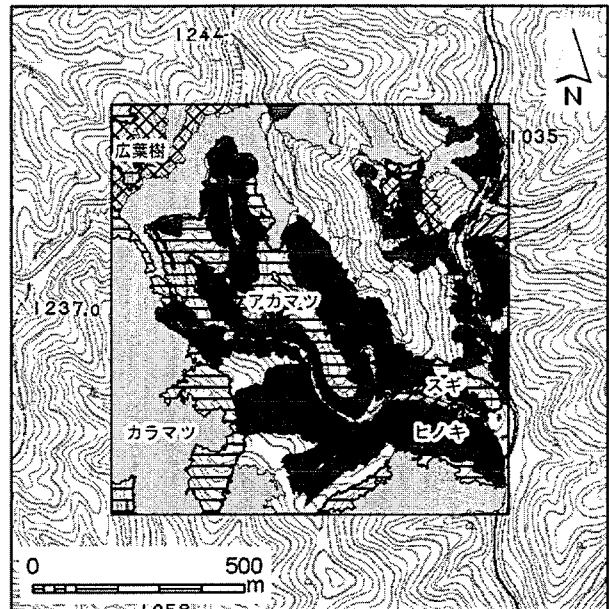


図1 林相区分図

## 3. 方法

## 3.1 レーザスキャナの諸元

レーザ計測は以下の計測条件により平成16年4月12日に行った。

項目	計測条件
高度	約1,067 m
データ収集幅	約380 m
視野角	20度(±10°)
スキャン回数	57.59 Hz
レーザパルス数	80,600 Hz
反射取り込み数	4個
反射強度	3反射信号までの反射信号振幅
進行直角方向測定間隔	0.881
進行方向測定間隔	0.976
平面(X, Y)位置精度	±0.30 m
高さ(Z)位置精度	±0.15 m
フットプリント	0.379 m
パルス密度	10.0 pts/m <sup>2</sup>

尚、以下の解析作業では、基本的に計測されたランダムポイントデータを用いることとした。

## 3.2 林相区分図の作成

対象地域の林相(樹種)および樹齢を現地調査により把握し、オルソフォト判読を併用して作成した。

調査結果をGISで利用可能なようにデジタル化し、各林

相を1つのポリゴンとして表現した。

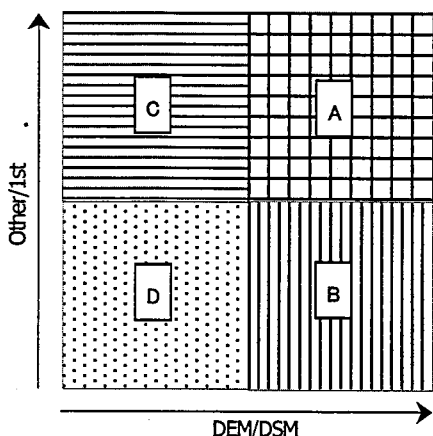
### 3.3 林相別、パルス別の点密度算出

林相ポリゴンごとにパルス点数を計測し、当該ポリゴンの面積で除することにより、林相別、パルス別の点密度を求めた。また、フィルタリング処理を行い、DSM および DEM を求め、これらを構成する点の点密度を算出した。

### 3.4 透過率評価の指標検討

透過率の指標として、以下の2種類を定義し、これらの組合せにより、林分のレーザ透過特性を検討した。

- 指標Ⅰ：Other/1st  
(アザーパルスと1stパルスの点密度の比)
- 指標Ⅱ：DEM/DSM (DEMとDSMの点密度の比)



- A: 指標Ⅰ、指標Ⅱともに大きい領域  
→非常に疎な植生(森林)の場合
- B: 指標Ⅰが小さく、指標Ⅱが大きい領域  
→地表を遮る物が存在しない場合
- C: 指標Ⅰが大きく、指標Ⅱが小さい領域  
→樹冠は通過するが、地表までは到達しにくい場合
- D: 指標Ⅰ、指標Ⅱともに小さい領域  
→レーザが樹冠を通過できない場合

### 4. 結果および考察

各林相の指標Ⅰ、指標Ⅱの分布を図2に示す。  
この図より、以下のことが分かる。

- ▶ 樹木の存在する範囲では指標Ⅱは概ね0.5以下の値を示すのに対し、植生の無いところ(幼木等を含む)では指標Ⅱは0.5以上となる。
- 地上を覆う物が存在しないとDEMとDSMの区別がなくなるためと考えられる。
- ▶ 林相別にみると、カラマツ>アカマツ>スギ>ヒノキの順に指標Ⅰの値は小さくなる。また、広葉樹もカラマツと同程度に指標Ⅰの値が大きい。
- カラマツ、広葉樹は、計測時期に落葉していたことから、レーザが樹冠を通過しやすかったと考えられる。また、スギ、ヒノキの値が小さくなることから、指標Ⅰは樹冠の密閉度を表す指標となる可能性がある。

この他、

- ▶ 林齢が大きくなると指標Ⅱが小さくなる。
- ▶ 構成樹種により、指標Ⅰ、Ⅱが変化する。

等の傾向がみられた。

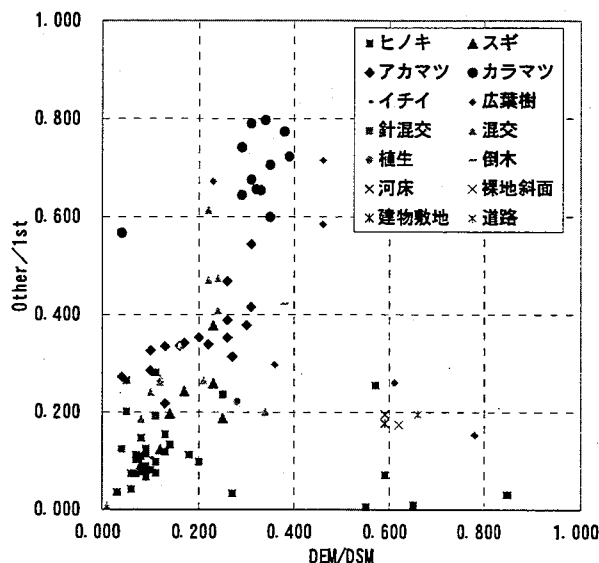


図2 林相による透過率の差違

### 5. 結論

以上のように、林相(樹種・樹齢)により、レーザの透過率に違いがあることが示された。また、対象地域で見られたヒノキのように樹冠が鬱閉した林分ではレーザの透過率が低く、要求される精度によっては、DEMの作成が困難となる可能性のあることが示唆された。

### 6. 今後の課題

今回の解析により、林相により、レーザの透過率に違いの見えることが明らかとなった。今回は精密な林相区分図が存在したため、計測データとの照合を行うことで、透過率の低い箇所の特定が可能であった。今後、レーザ計測によりDEMを作成する場合には、レーザ透過率の低い箇所を特定するために、別途、林相(樹種・樹齢)を識別できる資料が必要となる。そのような資料としては、空中写真、ハイパースペクトルセンサーを利用した植生分類図などが考えられる。

また、レーザの透過率の低い箇所において、DEMの精度を向上させるための手法についても検討が必要である。これについては、現地で計測した平均樹高をDSMから引き下げてDEMを推定するなどの試み(山本ら、2005)があり、今後の進展が期待される。

これらの課題を解決することが出来れば、航空機レーザ測量によるDEMの精度、すなわち地形変動量計測の精度が向上すると考えられる。

#### 【参考文献】

- 国土交通省河川局(2004):河川分野における航空レーザ測量による三次元電子地図作成指針(案)(仮称)
- 航空レーザ測量WG・(株)コクサイクリエイティブセンター(2004):図解 航空レーザ測量ハンドブック,(財)日本測量調査技術協会
- 高橋ら(2005):航空機LiDARのレーザーパルスの樹冠透過性,第116回日本森林学会大会講演要旨集
- 山本ら(2005):航空機LiDARのレーザーパルス地上到達特性,第116回日本森林学会大会講演要旨集