

レーザー樹高計測に対する森林被覆率の影響

Measurement of a ratio of forest coverage to footprint for canopy LIDAR

東北工業大学 佐藤龍太郎、浅井和弘

Ryutaro Satoh, Kazuhiro Asai, Tohoku institute of Technology

Abstract

As well known, canopy heights are determined by a time of pulse separations between the first pulse returned from canopies and the last pulse returned from the surface. A signal to noise ratio of each pulse directly gives to measurement accuracy. A received power of the last pulse strongly depends on how much an air-borne/ or space-borne canopy LIDAR can look at the surface within a footprint. This paper describes a new approach for the air-borne/ or space-borne canopy LIDAR by introducing a ratio of a forest coverage to a footprint.

1. はじめに

短パルス光を用いた飛行体搭載レーザー高度計 (Laser Altimeter) は、短時間に広範囲の地表面の凹凸を測定できることから、飛行機に搭載した場合には土木測量分野で、また近年では月周回衛星“かぐや”に搭載されたレーザー高度計により、月面高度を精度良く測定することに成功している。一方、“樹高”の計測に用いられるレーザー高度計は、通称“レーザー樹高計”と呼ばれ、森林、山林の“樹高分布”の計測へ応用され、これらの成長状況の把握に活躍している。1)2)3)

よく知られているように、地球を覆う植生は光合成に伴って大気中の二酸化炭素を効率よく吸収し、植生内に炭素を固定する働きがある。地球温暖化問題における森林の炭素吸収量の推定にとって、精度良く測られた“樹冠の高さ”、“樹高”データを元に算出したバイオマス量は非常に重要なパラメータの一つである。筆者らは、植生環境情報の取得を目的とした“植生ライダー (Lidar for Observation of Vegetation from Space)”を提案している 4)が、本文は植生ライダーの基礎研究の一環として“視野内での地表面に対する森林の被覆率が樹高計測に及ぼす影響”について検討を行った結果を述べる。

2. レーザー樹高計測について

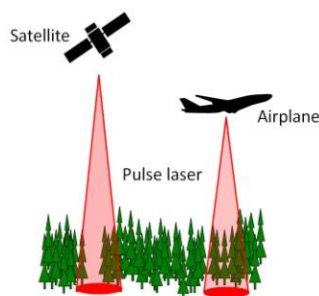


Fig.1 Concept of canopy LIDAR

Fig.1に飛行体搭載レーザー樹高計の概念図を示す。レーザー樹高計測は、対象に向けて照射したレーザーパルスが、樹木や地表面から反射されて戻ってくるパルスの時間差により対象との距離を算出

する技術である。

たとえば Fig.2 に描かれているように、木の頂上から短パルスが地面に向かって伝搬して

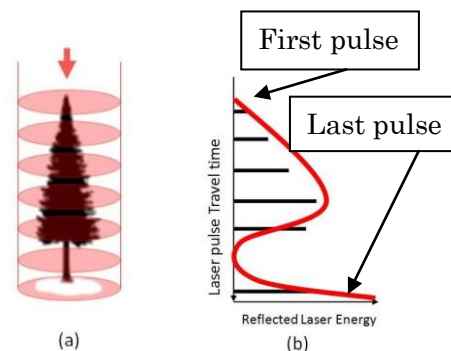


Fig.2 Reflected pulse laser Energy 6)

いる場合、反射信号対高度との関係は Fig.2 のようになる。樹冠からの反射光はファーストパルスと呼ばれていて、飛行体との距離をあらわしている。一方、地表面からの反射光はラストパルスと呼ばれ、飛行体と地面までの距離に関係している。ラストパルスの信号強度は、地表面でのフットプリント面積に占める地表の面積と反射率に大きく依存している。

これらの考えを基に基本的なライダー方程式 5) からレーザー樹高計測におけるライダー方程式は以下のように書き表せる。

$$P_r(H, \lambda_r)$$

$$= \frac{P_t(\lambda_t) \cdot K \cdot \Delta H \cdot A_r \cdot Y(H) \cdot \rho(H) \cdot T^2(H) \cdot (1 - C_f)}{H^2}$$

$P_r(H, \lambda_r)$: 受信信号電力

$P_t(\lambda_t)$: 送信レーザー電力 K : 総合光学効率

ΔH : 高さ分解能 = 光速 x パルス幅 / 2

A_r : 受信望遠鏡の有効面積 H : 光路長(高さ)

$Y(H)$: 送信ビームとの視野の重なり。=1。

$\rho(H)$: 反射パラメータ = $\rho_f(H) + \rho_s$

ρ_f : 森林の反射率、 ρ_s : 地面反射率

$T(H)$: 透過率 = $T_{atm}(H) + T_f(H)$

T_{atm} : H までの大気透過率、

T_f : 森林の透過率

C_f : 森林被覆率

方程式より、樹高を精度良く測るにはラストパルスの受信信号強度、すなわち、 $\rho(H)$ 、 $(1 - C_f)$ に

大きく関わっていることが分かる。それゆえ、本研究は画像解析を通して各種森林に対する森林被覆率 C_f の取得を試みた。

3. 森林被覆率の測定

(1)測定に際して

今回は森林の中から空を見上げてカメラで写真を撮影し、地上面に対する森林の被覆率を算出した。これは衛星からのレーザーが地表面に対してほぼ垂直に照射されるが、散乱や反射により誤差が生じるため、実際の森林のデータを地上から観測することも必要であるという観点から行ったものである。森林被覆率のデータ測定は Fig.3 の四ヶ所で行った。

(2)測定方法

測定に際しての手順はカメラにて取得した森林の写真を2値画像へと処理し、全ピクセルの割合から被覆率を求めた。下にその簡略を示す。

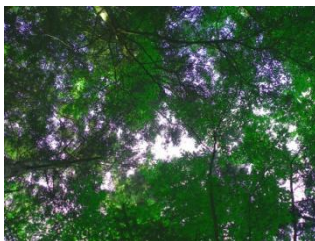


Fig.4 Color image

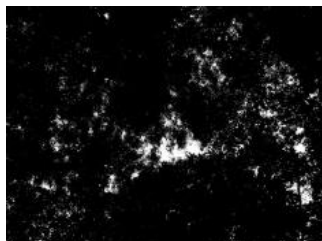


Fig.5 Duo tone image



被覆率を算出する

(3)測定結果

Measurement point	Coordinates	Coverage
①TIT Nagamachi Campus	N38.14.03.79 E140.52.28.74	91.8%
②ZUIHOUDEN	N38.15.6.16 E140.51.51.71	92.1%
③TIT GROUND	N38.14.21.94 E140.50.01.08	95%
④Tohoku University	N38.15.14.45 E140.50.46.13	95.3%

Table1. Measured forest coverage

4. おわりに

森林の被覆率は植生の濃いところでも概ね5%~10%程度の露出が存在しており、フィールドワークで散策したところ完全に被覆している場所はなかった。今後はこのデータ・方程式を参考にしながらレーザー樹高計測によって森林のバイオマスを算出する方法を検討していきたい。

5. 参考文献

1)船橋学・瀬戸島政博・赤松幸生・今井靖晃・天野正博・勝木俊雄・高橋正義・福田未来、”森林域における航空機レーザスキャナの利用に関する検証”、空間情報技術の実際、日本測量協会 編、p11-16、2002年6月
 2)“図解 航空レーザ計測”日本測量調査技術協会

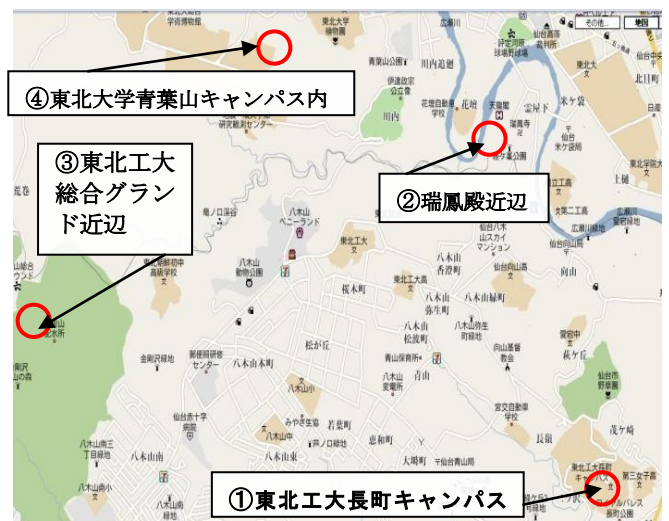


Fig.3 Map of Measurement point

編、p6~p11、2008年1月
 3)細井文樹・吉見健司・秋山幸秀・大政謙次、”航空機搭載型 Scanning Lidar システムを用いた樹高計測：計測条件の違いが樹高計測精度に与える影響についての検討”生体工学会、20(4)、p143-p149、2008年5月
 4)浅井和弘・斉藤保典・杉本伸夫、”衛星搭載・植生ライダー”LOVES”炭素水循環システムの理解を深める植生情報—樹幹高さ—雲・エアロゾル情報の同時観測—”レーザセンシングシンポジウム予稿集、27、p6-9、2009年9月
 5)レーザーハンドブック第二版：レーザー学会編、p615-p645、2005年4月
 6)NASA's GODDARD SPACE FLIGHT CENTER <http://www.nasa.gov/centers/goddard/home/index.html>