

植生ライダー方程式を用いた数値シミュレーション結果と ICESat/GLAS データとの比較  
 Comparison of ICESat/GLAS data with numerical simulation result of vegetation lidar equation

○大日方範昂、佐藤龍太郎、浅井和弘

東北工業大学

Noritaka Ohinata, Ryutaro Sato, Kazuhiro Asai

Tohoku Institute of Technology

abstract

GLAS (Geoscience Laser Altimeter System) on the ICESat (Ice, Cloud, and Land Elevation Satellite)/NASA launched in 2003 finished to operate global measurements of polar ice sheet elevation as the main objective and global mapping of vegetation canopy heights / land topography as one of secondary objectives. GLAS has taken enormous vegetation canopy height data which numerically estimate the spatial distribution of vegetation biomass and changes in biomass over time. In this paper, we describe on comparisons the GLAS data with results of numerical simulation by using the vegetation lidar equation we proposed obviously. Good agreements were obtained in this study.

1. はじめに

炭素固定機能を持っている植物は、地球温暖化問題において、温室効果ガス、特に二酸化炭素の濃度上昇を抑えることで、地球温暖化抑制につながると考えられている。そのためにも、植物のバイオマス情報と炭素収支のモニタリングを取得することは地球温暖化問題を考える上で重要であり、植物群の長期的かつ広域における植生情報のリモートセンシング技術は有効である。

従来、NOAA 衛星などを利用した植物の活性度や群生状況の観測を行ってきた。しかし、パッシブリモートセンシングでは樹高情報を得ることができない。一方、ライダーを用いたアクティブリモートセンシングでは、植物の高さ

を観測することができる。つまり、植物の成長度合いや群生状況を把握できることから、ライダーは森林のバイオマスを観測することに非常に有効的である。<sup>1)</sup>

本研究では植生ライダー研究の一環として、受信信号の数値シミュレーションと NASA/ICESat に搭載されたライダー (レーザ高度計)、GLAS (The Geoscience Laser Altimeter System) 観測データとの比較を行い、受信信号に含まれている植生情報を解析する。

2. 植生ライダー方程式

衛星から対象物までの距離を  $H$  とするとレーザ波長  $\lambda$  の受信信号エネルギー  $P_{r\lambda}(H)$  は次式で与えられる<sup>2)</sup>。

$$P_{r\lambda}(H) = \frac{P_{t\lambda} \cdot K_{t\lambda} \cdot K_{r\lambda} \cdot A_r \cdot T_{atm\lambda}^2(H) \left[ \frac{c\tau}{2} \beta_{atm\lambda}(H) \cdot \{1 - C_{vc}(H)\} + T_{vc\lambda}^2 \frac{\rho_{vc\lambda}(H)}{\pi} \cdot \Delta C_{vc}(H) \right]}{H^2} \quad (1)$$

ここで、 $P_{t\lambda}$  : 送信レーザエネルギー、 $K$  : 総合的な光学効率、 $A_r$  : 受信望遠鏡の有効面積、 $T_{atm\lambda}$  : 衛星から距離  $H$  までの大気透過率、 $c$  : 光速、 $\tau$  : レーザパルス幅、 $c \cdot \tau / 2 = \Delta H$  : 高さ分解能、 $\beta_{atm\lambda}(H)$  : 大気後方散乱係数、 $C_{vc}(H)$  : フットプリント面積に対する樹冠被覆率、 $T_{vc\lambda}$  : 樹冠の透過率、 $\rho_{vc\lambda}$  : 樹冠の反射率、 $\Delta C_{vc} = C_{vc}(H + c\tau/2) - C_{vc}(H)$

Fig. 1 に、レーザ照射パターンと樹冠の関係性を把握するための簡易的なイメージ図を示す。

3. ICESat/GLAS による樹冠データ

3. 1. GLAS 観測データについて

ICESat/GLAS は、2003 年に NASA によって打ち上げられた世界初のレーザ高度計搭載衛星である。GLAS は、南極の氷床を始め、地表面の高度に関する貴重なデータを取得した。

GLAS によって取得されたデータは、NSIDC で収集/管理されており、ユーザーへデータ配信や解析ツールを提供する。NSIDC は、近年、よりユーザーフレンドリーな GIS にも取り組んでいて、一部の GLAS データを色分けし、Google マップ上で閲覧できるようにもしている。色分けの判断基準は、1) 信号の有無、2) 受信信号電力の Saturation の有無、3) フットプリント内の雲の有無である。我々は、この色分けにしたがってアラスカ上空(2003 年 3 月)での 1 飛行ルート当りの有効ライダーデータ数を調べてみた。下部の Table.1 は、調査結果を示す。なお、表中の R、B、Y、

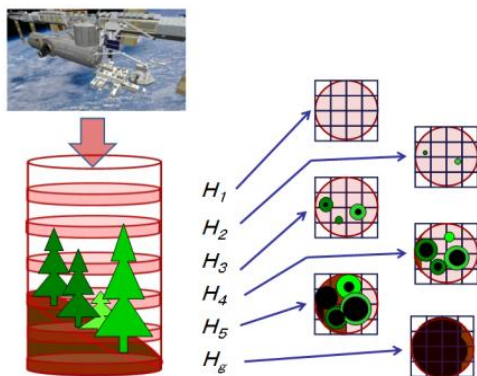


Fig.1 Concept of high resolved image

G はそれぞれ観測データの信頼度に応じてつけられる赤、青、黄、緑色に対応している。G マークのデータは、受信信号の飽和、雲がない、信用性のあるデータとして考える。表を見てわかるように、信用性のあるデータは、疎らで必ずしも連続したデータがあるとは限らない。G マークのデータが連続する地点は貴重である。

R(Saturastion○ Cloud○)	53/203
B(Saturastion× Cloud○)	52/203
Y(Saturastion○ Cloud×)	31/203
G(Saturastion× Cloud×)	67/203

Table.1 Number of GLAS date in 2003

3. 2. 日本上空での軌道について

Fig.2 は、ICESat/GLAS の日本上空での軌道を示す。今回、我々は日本の研究林、演習林上を通る軌道と地元仙台近郊を通る軌道を調査した。北海道、山梨県を中心に研究林、演習林を調査したが GLAS が通る軌道はなかった。そこで、仙台市近郊を通る軌道についてのデータを比較対象として、比較検討を行った。東北地方の軌道は、福島県いわき市から津軽海峡を通るパス#48 である。Fig.3 は、2003 年 9 月に仙台市近郊秋保のデータをグラフ化したものを示す

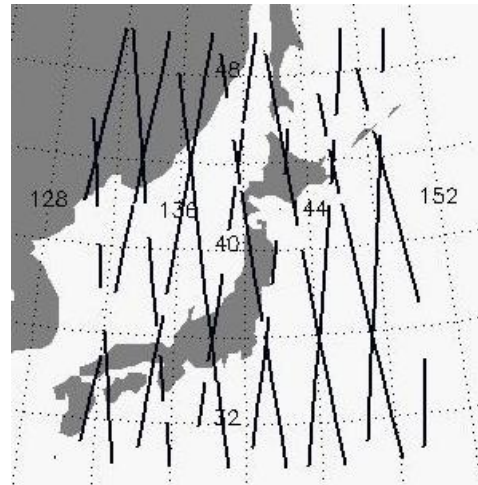


Fig.2 Orbit of ICESat/GLAS in 2003

4. GLAS データによる樹冠情報の推察とシミュレーション結果

Fig.4 は植生ライダー方程式(1)を用いて数値シミュレーションを行った結果である。縦軸は、高さ、横軸は任意目盛りの受信電力を示す。シミュレーションは、フットプリント 70m φ内に高中低あわせて、130 本の樹木を配置し、 $C_{vc} \approx 0.99$  と仮定して行った。Fig.3 と(1)式で数値シミュレーションした結果(Fig.4)により、樹冠情報に対して以下の様に推察された。

- ① 樹冠が一番高いところからの信号
- ② 高木付近の  $C_{vc}$  の数値が最も高くなる
- ③ 中木からの信号
- ④ 下草、低木からの信号
- ⑤ 地表面( $C_{vc}=0.99$  に対応)と思われる。

5. おわりに

今後、GLAS データの解析と数値シミュレーションを続けていき、受信信号に内包されている情報を解析し、植生ライダー “i-LOVE” の開発に役立てたい。

参考文献

1) 浅井和弘他、“宇宙ステーション - 日本実験モジュール 暴露部搭載・植生ライダー(i-LOVE)”, JAXA 主催「新たな宇宙からの地球観測を考えるワークショップ」、2011 年 5 月 24 日、東大弥生講堂にて  
 2) 佐藤龍太郎、浅井和弘、“レーザー樹高計測に対する森

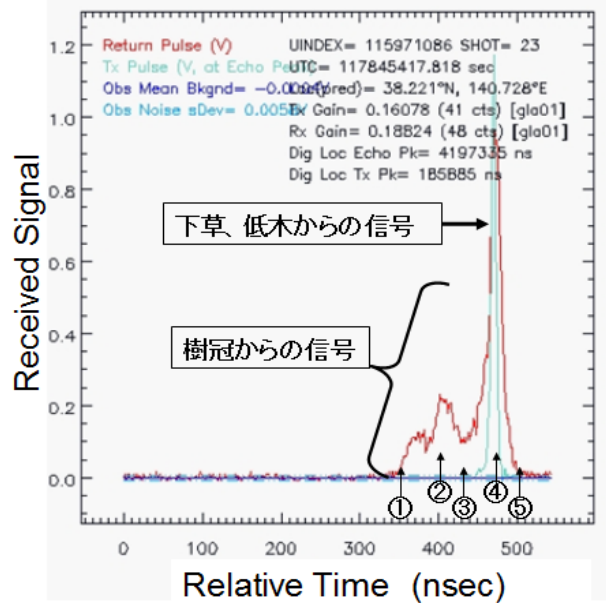


Fig.3 Waveform of served by GLAS

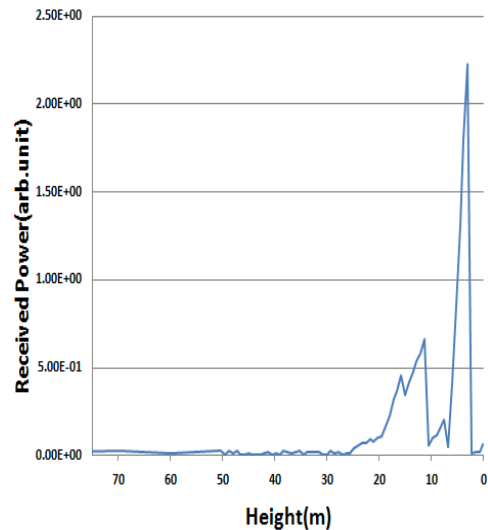


Fig.4 Simulation result