マングローブ林のバイオマスを測る
－人工衛星を利用した広域推定手法の開発－

温暖化対応推進拠点　平田 泰雅
東北支所　小野 賢二

要　旨

マングローブ林＊は成長が早く、落ち葉などの有機物を泥炭層に炭素として蓄積することから、高い炭素蓄積能力を有しています。このため、マングローブ林の地上バイオマス（樹体量）を数百 km^2 レベルの広域で把握することが陸域炭素蓄積量を推定する上で重要な課題です。そこで、高分解能衛星センサで観測される「樹冠サイズ」と衛星 LiDAR で観測される「林冠高」のそれぞれから地上バイオマスを推定する２つの手法を開発しました。ここで開発された高分解能衛星センサによる手法は広域での地上バイオマス推定に威力を発揮し、衛星 LiDAR による手法は地上バイオマス推定精度を向上させることができます。

いまマングローブ林は

熱帯から亜熱帯沿岸域に分布するマングローブ林は、成長が早く、落ち葉などの有機物を泥炭層に炭素として蓄積することから、高い炭素蓄積能力を有しています。しかし現在、薪炭材の利用や養殖池の造成や農地への転換のために多くのマングローブ林が伐採されつつあり、そのことが温暖化の一因ともなっています。マングローブ林を守り、適切に管理するためには、まず現状を知ることが大切です。このため、マングローブ林の地上バイオマス（樹体量）を数百 km^2 レベルの広域で把握する手法の開発が陸域炭素蓄積量を推定する上で重要な課題です。

「樹冠」からの地上バイオマスの把握

地上を覆い尽くすような根や泥炭で現地での調査が困難なマングローブ林の地上バイオマスを広域に推定するためには、人工衛星に搭載されたセンサを利用した観測が有効です。これまでの研究により、樹木の幹の直径や、幹の直径と樹高を組み合わせて地上バイオマスを推定していますが、上空からの観測で幹の直径を計測することはできません。そこで、1 本 1 本の木の枝葉の広がり（樹冠）を観測できる高分解能衛星センサを用いて樹冠面積を計測し（図 1）、地上調査により求めた樹冠と幹の直径との関係を使って、樹冠面積から 1 本 1 本の樹木の幹の直径を推定しました。さらに、得られた幹の直径からそれぞれの樹木のバイオマスを推定し、これらを足し合わせることによってマングローブ林の地上バイオマスを推定する式を求めました（図 2）。ここで得られた推定式から得られたバイオマスに 0.5 を乗じることにより炭素蓄積が算出されます。この手法を用いて広域での炭素蓄積をマッピングすることが可能になりました（図 3）。

「林冠高」からの地上バイオマスの把握

高分解能衛星センサによる観測では樹冠のサイズから森林の地上バイオマスを推定しましたが、「林冠高」という森林の高さの情報を用いることにより、より精度の高い推定が期待されます。そこで、衛星 LiDAR という森林の高さを計測可能なセンサを用いて森林の地上バイオマスを推定する手法を開発しました。衛星 LiDAR はレーザーを用いた計測技術で、衛星から照射された近赤外のレーザー光が林冠表面から地表面に到達するまでの間に反射してくるまでの時間と反射の強さを計測することにより森林の 3 次元構造を推定することができます。このレーザーがどの高さでより強く反射されるのかを調べ（図 4）、その反射の地上からの高さを用いたモデルを作成して、地上バイオマスを精度よく推定することが可能になりました（図 5）。

ここで開発された高分解能衛星センサによる手法は広域での地上バイオマス推定に威力を発揮し、衛星 LiDAR による手法は地上バイオマス推定精度を飛躍的に向上させることができます。

本研究は「予算区分：科学研究費助成事業、課題名：立地環境の異なるマングローブ林の炭素蓄積過程の解明と衛星技術によるその高精度把握」による成果です。

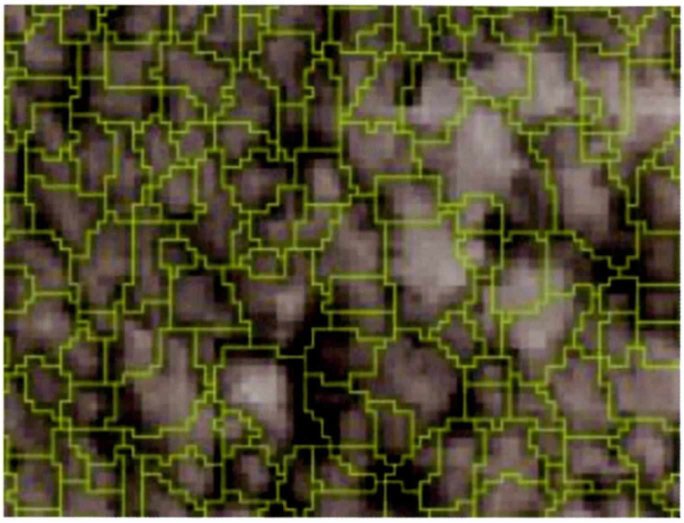


図１　高分解能衛星画像からの樹冠の抽出
高分解能衛星画像では樹冠の判別が可能です。太陽光の反射が樹冠の中心部で大きく、周辺部で小さいという特徴を利用して、自動的に樹冠を抽出することが可能です。

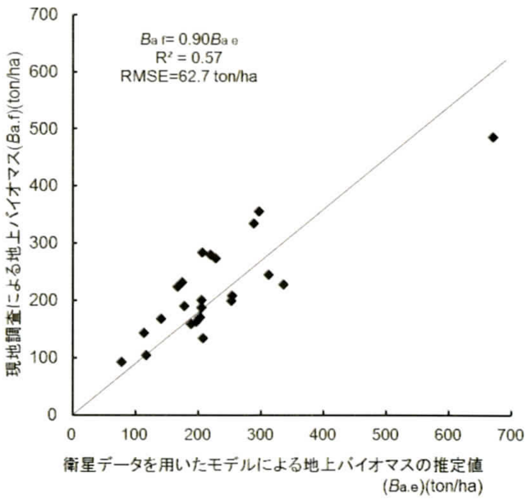


図２　高分解能衛星による地上バイオマスの推定
高分解能衛星から得られる樹冠サイズと現地調査の結果から、高分解能衛星から地上バイオマスを推定するためのモデルを作成しました。

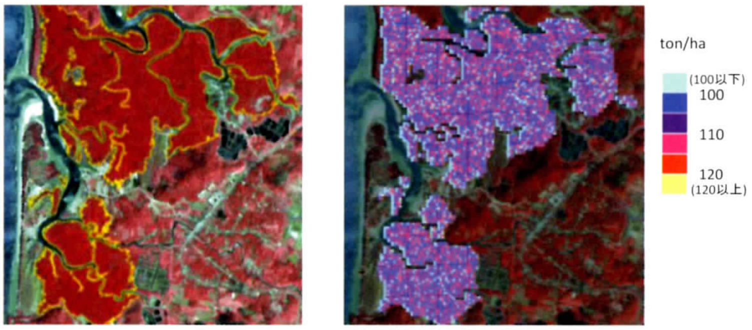
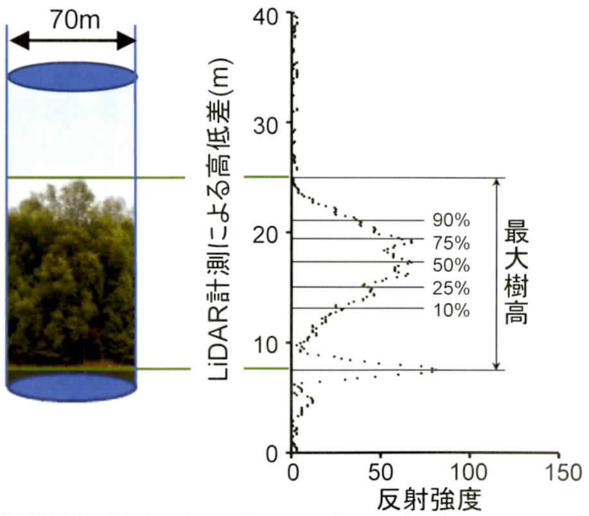


図３　高分解能衛星画像からのマングローブ林の抽出（左図、黄色の線）と
高分解能衛星画像を用いたマングローブ林の炭素蓄積マッピング（右図）



(*LiDAR: Light detection and ranging)

図４　衛星 LiDAR によるマングローブ林の林冠高の情報
衛星から地上に向けて照射されたレーザー光が林冠表面で反射することにより、林冠の高さの情報を得ることが可能です。

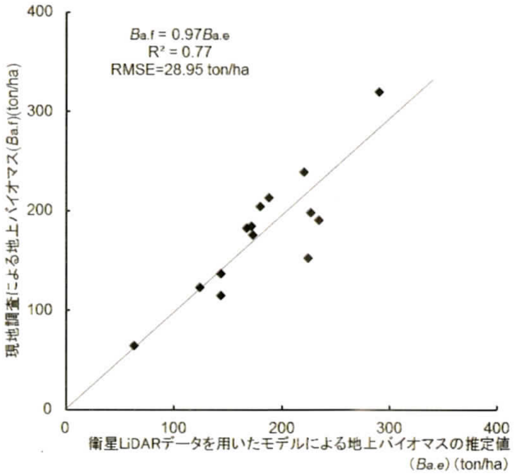


図５　衛星 LiDAR による地上バイオマスの推定
衛星 LiDAR の観測データを用いて地上部バイオマスを推定するための重回帰モデルを作成した結果、地上バイオマスを精度よく推定することが可能になりました。

＊については、巻末の用語解説をご覧ください。