RapidEye衛星画像と航空機LiDARデータによるインドネシア・南スマトラ州におけるマングローブ林のバイオマス量推定

○今井靖晃[1]・新井邦彦[1]・棚橋雄平[2]・仲摩栄一郎[2]・森徳典[2]・阿久根直人[3]・川添香織[3]
[1] 国際航業株式会社・[2] 公益財団法人国際緑化推進センター・[3] ワイ・エルビルディング株式会社

1. 研究の背景と目的

REDD+におけるモニタリングの重要性

REDD+(レッド・プラス)とは？

- **R**educing **E**missions from **D**eforestation and Forest **D**egradation
  - Forest Conservation etc. in Developing Countries
- **途上国**において，**森林減少・劣化**等を抑制する活動，もしくは**森林保全**活動を実施することを通じて，温室効果ガスの排出を削減し，その**成果に基づいてインセンティブ**を付与する枠組み

成果を正確に把握する必要

REDD+のモニタリング

広範囲の森林のバイオマス量を高い精度で推定する必要

- **地上調査**と**リモートセンシング**を組み合わせた推定手法

森林面積 (ha) × 炭素ストック係数 (t CO_2/ha) = 炭素ストック (t CO_2)

リモートセンシング　　地上調査

マングローブ林におけるモニタリングの課題

河口汽水域の塩性湿地に成立するため，地上調査が困難

- 地上調査に頼らずにバイオマス量が求められないか？
- 合成開口レーダ(SAR)の後方散乱係数　：200t/haが限界？
- 航空機レーザスキャナ(LiDAR)

研究目的：
光学衛星画像とLiDARを併用したマングローブ林のバイオマス量推定

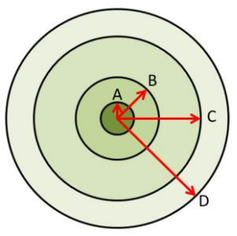
2. 対象地域と使用データ

対象地域

- **インドネシア南スマトラ州**
  バタン川河口付近(約2,100ha)
  ※研究対象地域を含む沿岸域(約66,500ha)では，ワイ・エルビルディング株式会社が，REDD+実現可能性調査を実施中

使用データ

- **LiDAR**
  - 2013年2月1日計測
  - Optech社製ALTM3100(固定翼)
  - 約1.0点/m^2
  - 17コース
- **RapidEye衛星画像**
  - 2012年8月4日，2012年9月14日観測
  - 2時期の画像から雲の影響の少ない画像を作成
- **地上調査(測樹調査)**
  - 2012年10月～2013年2月にかけて実施
  - 178箇所の同心円形プロット
  - ディファレンシャル測位を行い，2m以内の誤差でプロット位置を計測



	A	B	C	D
円半径	1.2m	3m	14m	20m
測定木周囲長	全て	6cm以上	30cm以上	150cm以上

【地上調査(測樹調査)手法】

3. 解析方法

①RapidEye衛星画像に基づく植生タイプ分類
- **オブジェクト分類**により，植生タイプを分類
- 分類項目：10項目

↓

②地上調査結果に基づく地上バイオマス量算出
- **既知のアロメトリー式**を適用し，178プロットの地上バイオマス量を算出

↓

③空間体積と地上バイオマス量の相関分析
- LiDARデータのDSMとDEMから空間体積を算出
- 植生タイプ毎に**空間体積と地上バイオマス量の相関**分析
- 分析対象とする植生タイプ以外の土地被覆が卓越するプロット，均質性が保たれないプロットは分析対象から除外（178プロット⇒110プロット）

↓

④対象地域全域のバイオマス量推定
- ③の相関式を用い，空間体積から対象地域全域の地上バイオマス量を推定
- 既知の式を用いて推定した**地下バイオマス量**を加え，**総バイオマス量**を推定

【対象地域の主な植生タイプ】

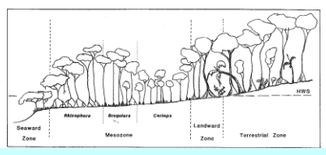
リゾフォラ（*Rhizophora* sp.）
●ヒルギ科ヤエヤマヒルギ属

ブルギエラ（*Bruguiera* sp.）
●ヒルギ科オヒルギ属

アビセニア（*Avicennia* sp.）
●キツネノマゴ科ヒルギダマシ属

メラルーカ（*Melaleuca* sp.）
●フトモモ科メラルーカ属

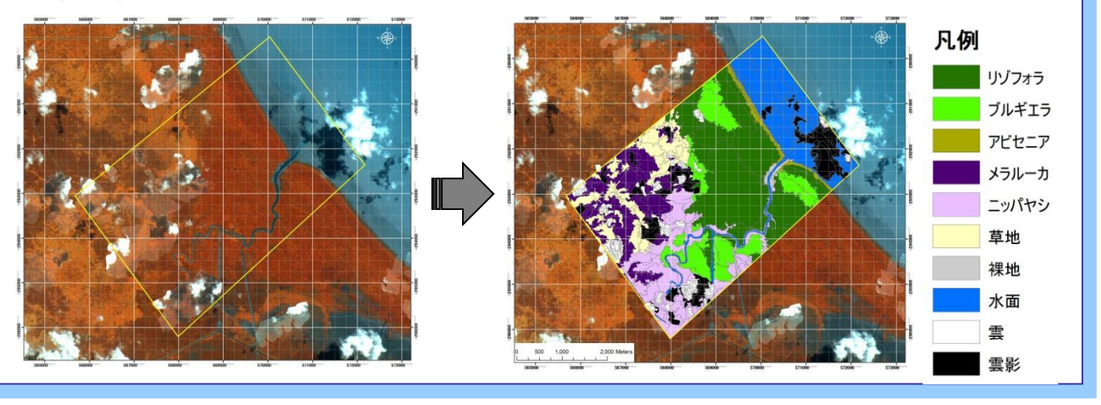
ニッパヤシ（*Nypa* sp.）
●ヤシ科ニッパヤシ属



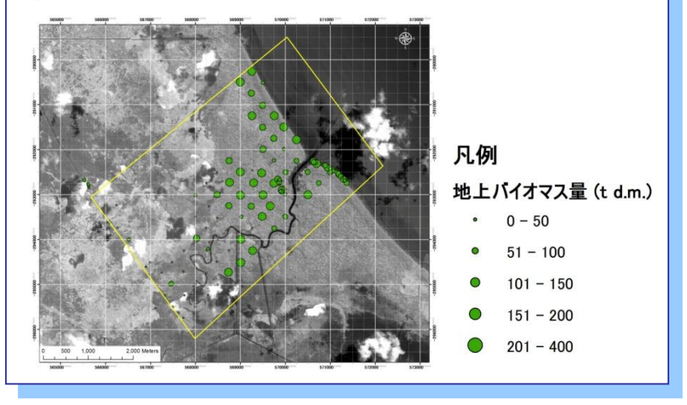
マングローブ林の模式的な側面図

4. 結果および考察

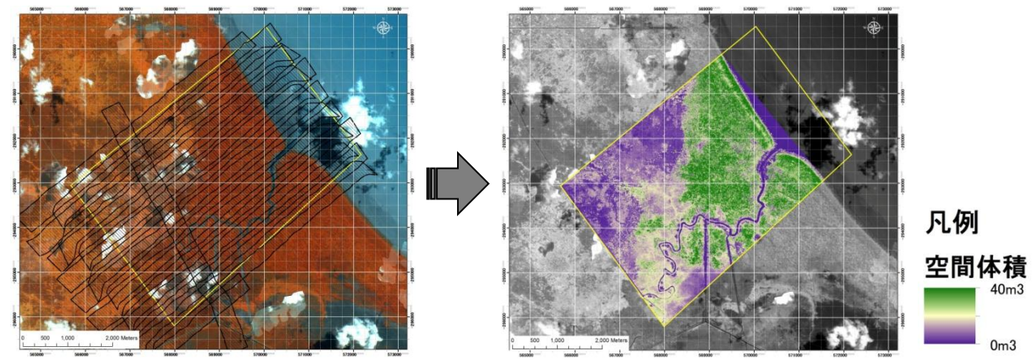
①RapidEye衛星画像に基づく植生タイプ分類

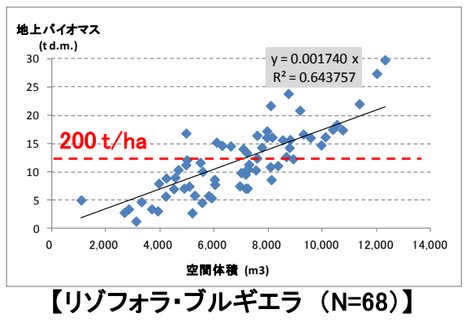


②地上調査結果に基づく地上バイオマス量算出

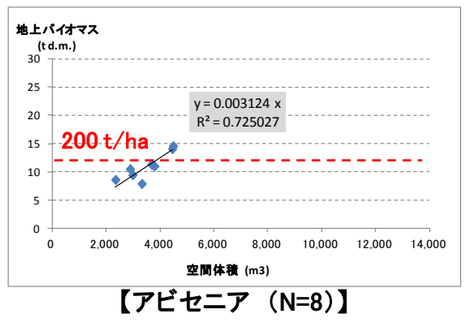


③空間体積と地上バイオマス量の相関分析

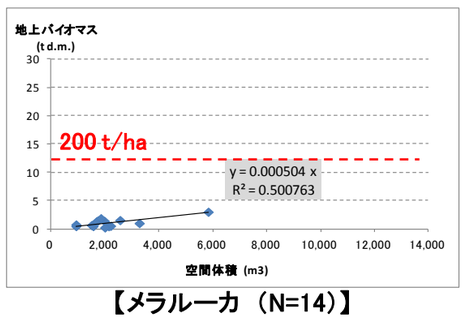




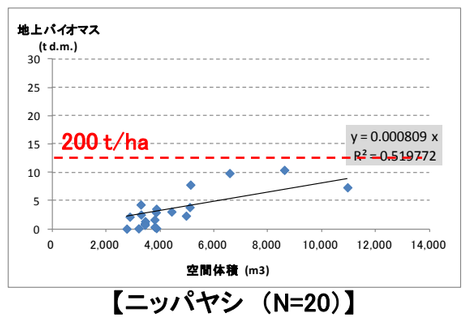
【リゾフォラ・ブルギエラ （N=68)】



【アビセニア （N=8)】



【メラルーカ （N=14)】



【ニッパヤシ （N=20)】

植生タイプ	変換式	決定係数	相関係数
リゾフォラ ブルギエラ	AGB＝0.001740×SV	0.644	0.802
アビセニア	AGB＝0.003124×SV	0.725	0.851
メラルーカ	AGB＝0.000504×SV	0.501	0.708
ニッパヤシ	AGB＝0.000809×SV	0.520	0.721

AGB：地上バイオマス量（t d.m.)　SV：空間体積（m^3)

- 植生タイプ別の空間体積と地上バイオマス量の間に**高い相関**
- SARの上限とされる200t/haを超えるプロットでも高い相関
  ⇒ **バイオマス量が多い場所でも適用可能**
- 回帰式の**傾き**は植生タイプによって大きく異なる
  ⇒ **植生タイプ分類を適切に行うことが重要**

④対象地域全域のバイオマス量推定

植生タイプ	面積 (ha)	空間体積 (m^3)	地上バイオマス量 (t d.m.)	地下バイオマス量 (t d.m.)	総バイオマス量 (t d.m.)
リゾフォラ ブルギエラ	814.1	95,872,977	166,819	23,041	189,860
アビセニア	31.5	2,713,684	8,478	1,461	9,939
メラルーカ	235.7	9,870,280	4,975	892	5,867
ニッパヤシ	254.5	15,412,565	12,469	2,089	14,558
草地	180.5	4,381,216	0	0	0
裸地	11.5	246,719	0	0	0
水域	315.1	650,426	0	0	0
雲	87.9	4,028,183	0	0	0
雲影	174.8	5,125,551	0	0	0
合計	2,105.5	138,301,600	192,740	27,483	220,223

CO_2換算 約40万トン

5. まとめ

- 植生タイプ別の**空間体積と地上バイオマス量の間に高い相関**
- 光学衛星画像による**植生タイプ分類と組み合わせ**ることで，バイオマス量を高精度に推定することが可能
- 地上調査**プロット数の縮減**にも寄与
- REDD+活動の効果的なモニタリング手法になりうる

課題

- 植生タイプ分類の**精度評価**　⇒ 森林/非森林区分：80%，森林タイプ分類：70%　出典：REDDプラス実施ガイドライン(森林総合研究所)
- 広域のREDD+活動の場合，LiDARデータ取得に膨大なコストが発生　⇒ **費用対効果**の高いバイオマス量推定手法の検討
  ⇒ **ステレオ衛星画像**，**衛星LiDAR**などの適用性

本調査研究は，経済産業省平成24年度非エネルギー起源温暖化対策海外貢献事業（非エネルギー起源温室効果ガス関連地球温暖化対策技術普及等推進事業）の一環として実施しました。