

森林炭素モニタリング技術開発の現状

独立行政法人
森林総合研究所
平田 泰雅

REDDで求められるモニタリングシステム

- COP15において、発展途上国での森林モニタリングシステム構築の重要性が強調
- リモートセンシングと地上調査との組み合わせが有効であることを確認
- REDDプラスは排出削減努力に対するインセンティブを前提
- インセンティブを受ける以上、その方法論は透明かつ検証可能であることが必要
- REDDプラスに参加する国には、計測可能、報告可能、検証可能な(MRV: Measurable, Reportable and Verifiable)方法論が必要

森林総合研究所におけるREDDプラスに向けたモニタリング手法の開発

- 国レベルでの実証に向けた取り組み

- Landsat TM, ETM+/SPOT-4,5/ALOS AVNIR-2データと地上調査によるリファレンス・レベル設定（REDD研究開発センター）

- 将来に向けた技術開発

- 高精度リモートセンシングによるアジア地域熱帯林計測技術の高度化（農林水産技術会議プロ）
- 熱帯林のREDDにおける生物多様性保護コベネフィットの最大化に関する研究（環境省プロ）

Landsat TM, ETM+/SPOT-4,5/ALOS AVNIR-2データと 地上調査によるリファレンス・レベル設定

REDD研究開発センター

リモートセンシング

各クラスにおける
プロットレス・
サンプリング

画像分類

検証

森林タイプ別・劣化度合い別
面積(国レベル)の推定

分類クラスの設定

Disturbance		No / light	Midium	Heavy
Forest type				
Cambodia	Malaysia			
Evergreen	Lowland			
Semi-evergreen	Hill			
Deciduous	Mountane			
Others	Mangrove / peat swamp			

現地調査

各クラスにおける
プロット調査

アロメトリー式

炭素蓄積算定

森林タイプ別・劣化度合い別
平均炭素蓄積量の推定

$$\text{炭素蓄積量} = \sum_{\text{森林区分}=i} (\text{面積}_i \times \text{面積当たり炭素蓄積量}_i)$$

衛星画像の収集

画像解析

地上調査による
土地被覆の確認・検証

過去の
土地被覆
変化の把握

ベースマップ作成

森林面積変化のモニタリング
参照レベルの設定手法の開発

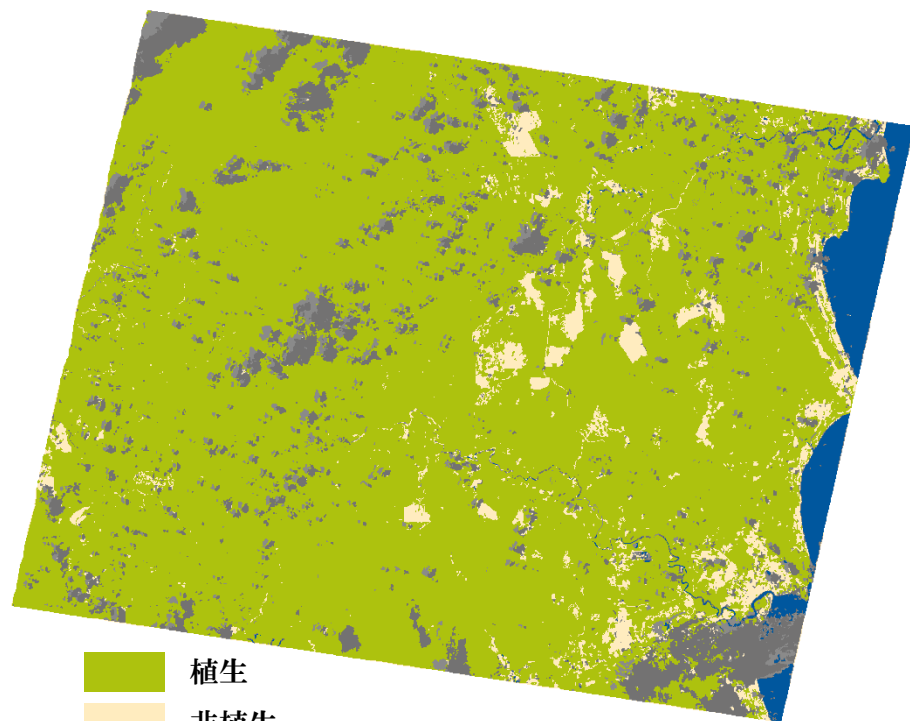
2004
2002
2000
...
1992
1990

2006

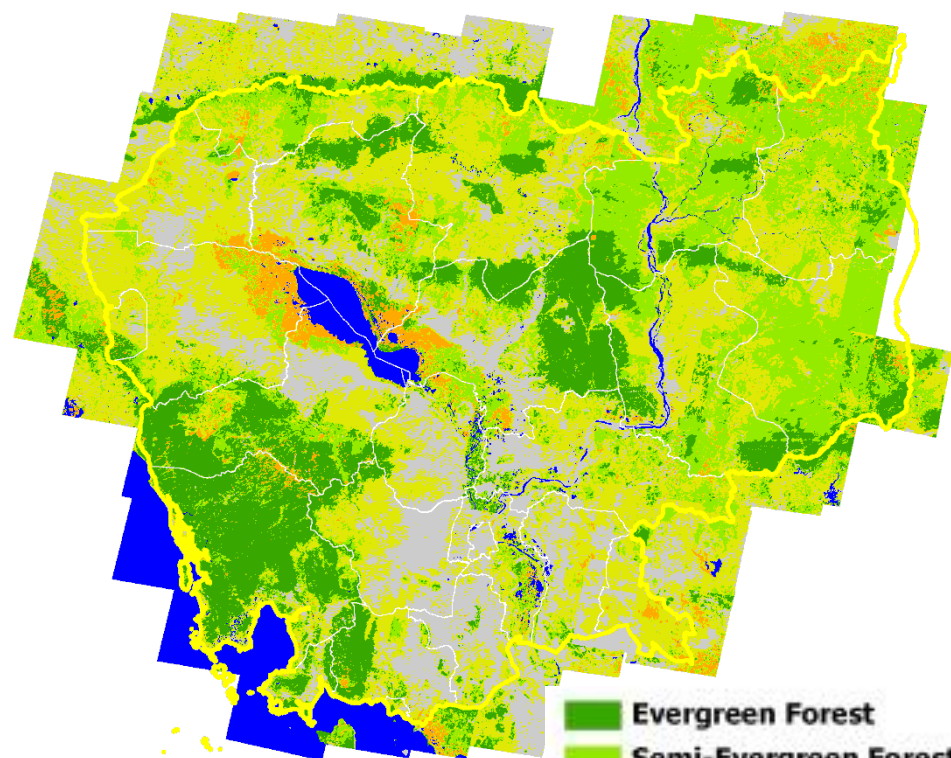
2008

2008

リモートセンシングによるモニタリング手法の開発 における問題点



雲とその影による未分類
モザイクによる未分類の除去が必要



衛星データ接合部における分類の不連続性
落葉林の誤分類が原因

リモートセンシングによるモニタリング手法の開発 取り組むべき課題

- 熱帯雨林（半島マレーシア）
 - 雲の影響を避けるためのモザイク・分類手法の開発
- 熱帯季節林（カンボジア）
 - 乾季の進行状況を加味した落葉林の分類精度の向上
- 東南アジアと異なる森林タイプ（疎林）と土地利用パターン（パラグアイ）
 - 疎林地帯での分類手法の検討

季節性の問題

April

NDVI
high

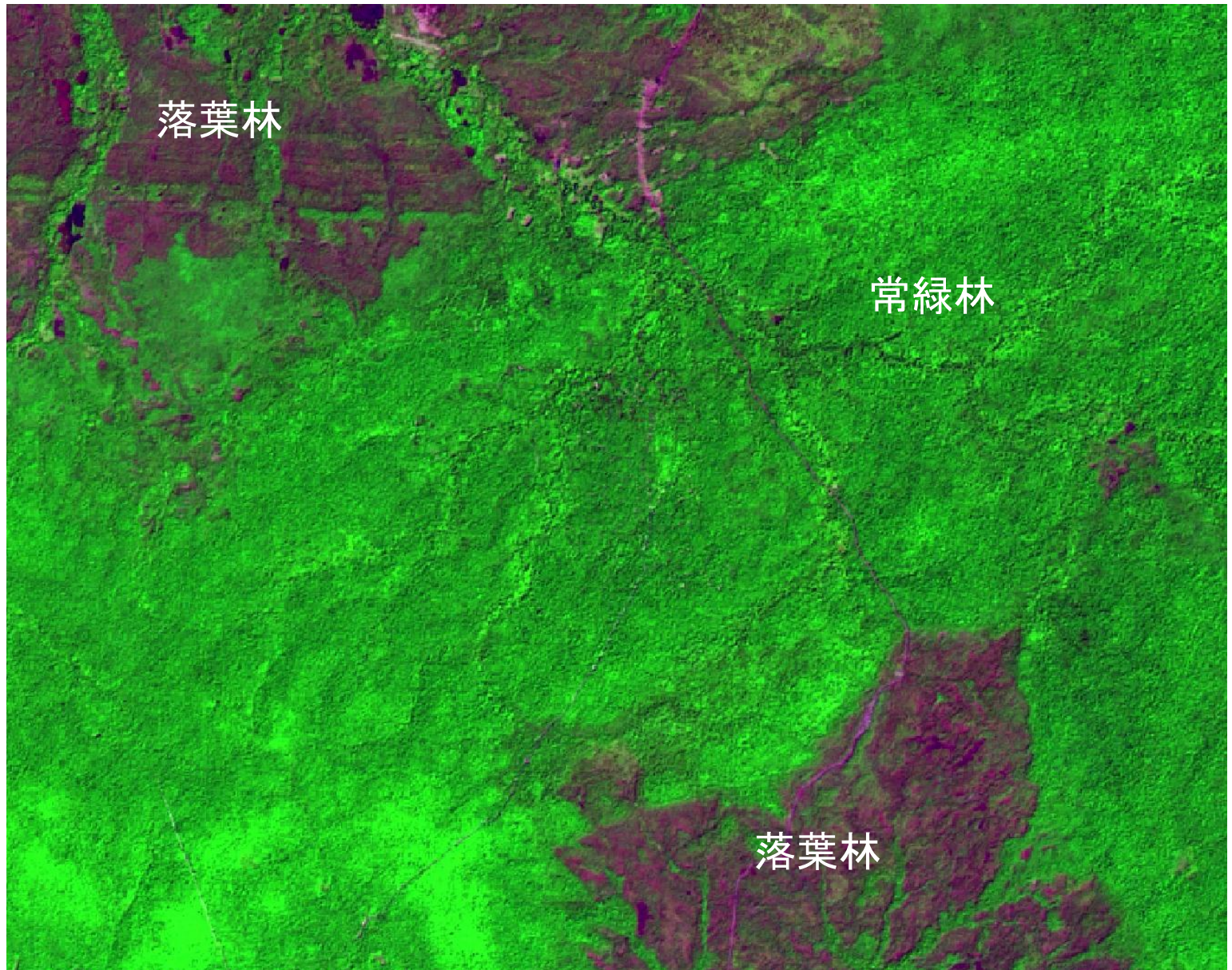
low



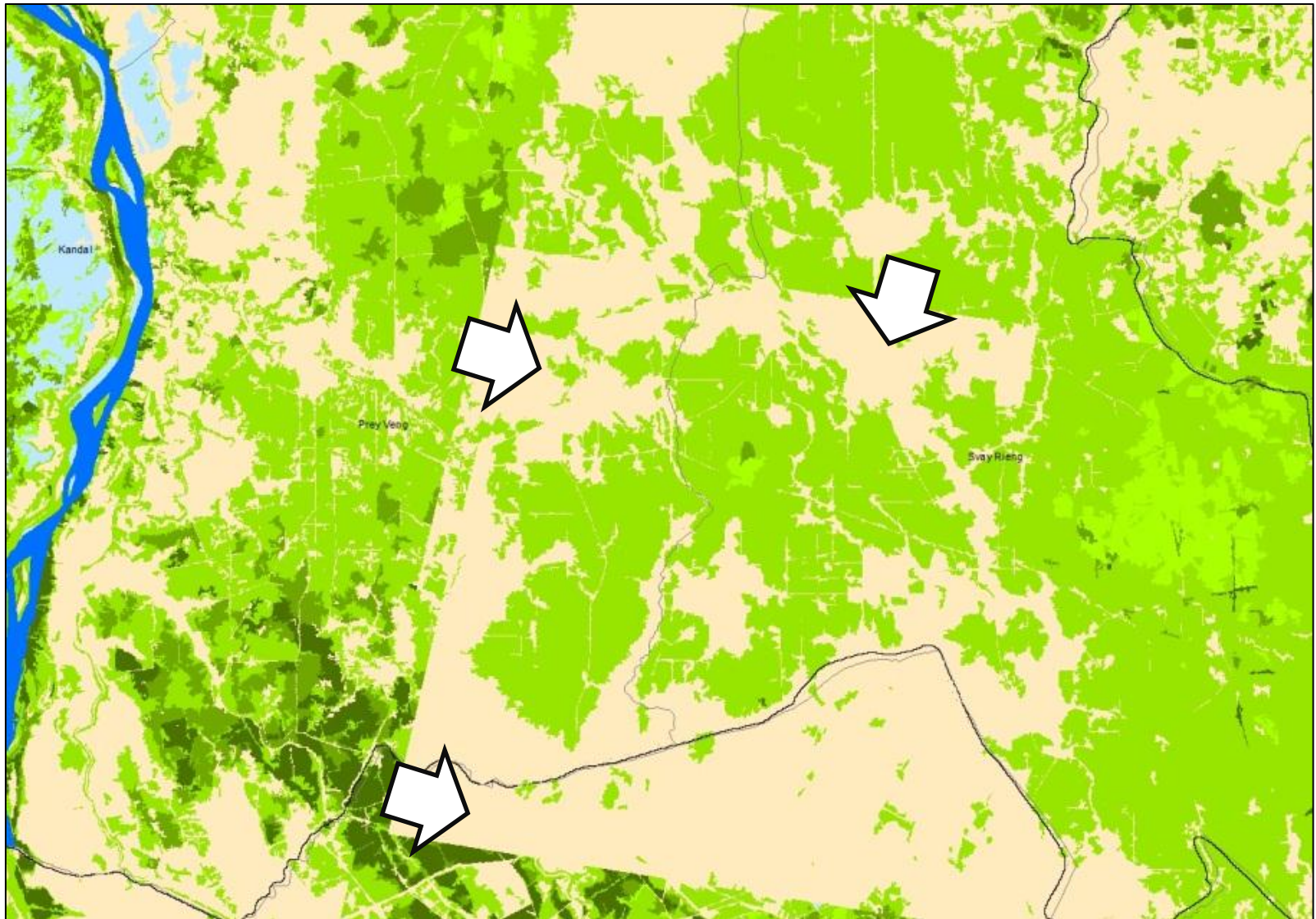
乾期中旬

Landsat
band 5,4,3

(MidIR, NIR, red)



自動分類における季節性の影響



季節性の問題の解決に向けた手法の開発

目的: 季節の影響の除去

すべての衛星画像の標準化

→ 衛星画像の自動分類

→ REDD モニタリングの一貫性

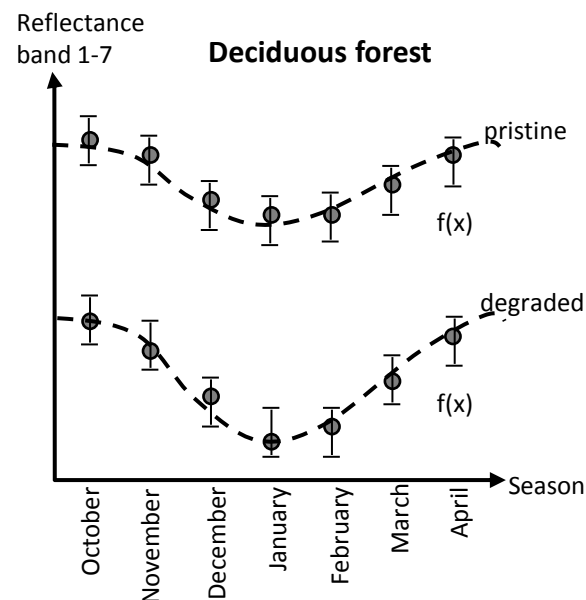
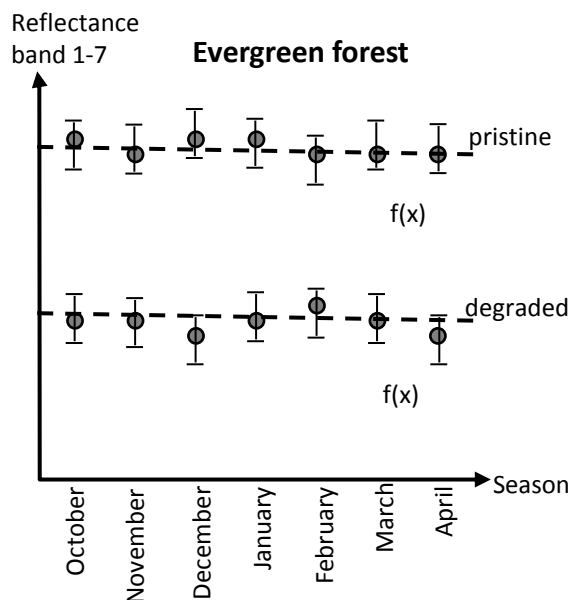
手法: 2段階アプローチ

1. MODISデータによる季節性の分析
 - 土地被覆タイプごとの反射特性の時間的変動
 - MODIS バンドごとの標準化係数の開発
2. 衛星画像への標準化係数の適用
 - MODIS とSPOT 4/5 のバンドの回帰分析

Step 1: MODISによる季節変動の評価

土地被覆クラスごとの各バンドのDNの変動の解析

- 各バンドの平均値
- 各バンドの標準偏差



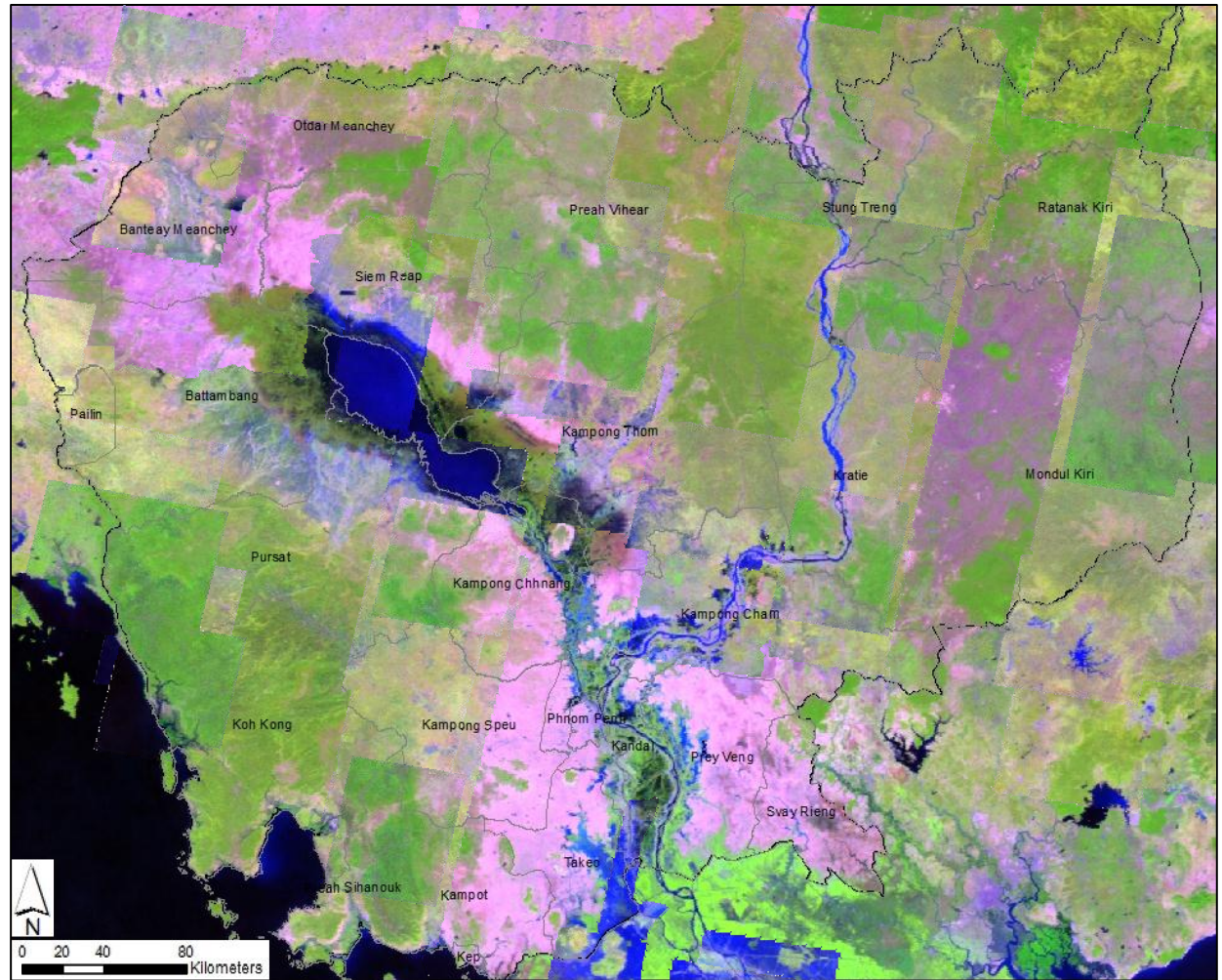
→ 導き出された関数の分析

- 土地被覆タイプごと
- 森林劣化の段階ごと

Step 2: 衛星画像の標準化

土地被覆タイプごとの反射DN値に対する関数の適用

- 光学センサによる衛星画像からの自動分類を可能にする
- 結果の評価
(分類正誤判定表、全体精度)



高精度リモートセンシングによる アジア地域熱帯林計測技術の高度化

農林水産技術会議プロジェクト



九州大学

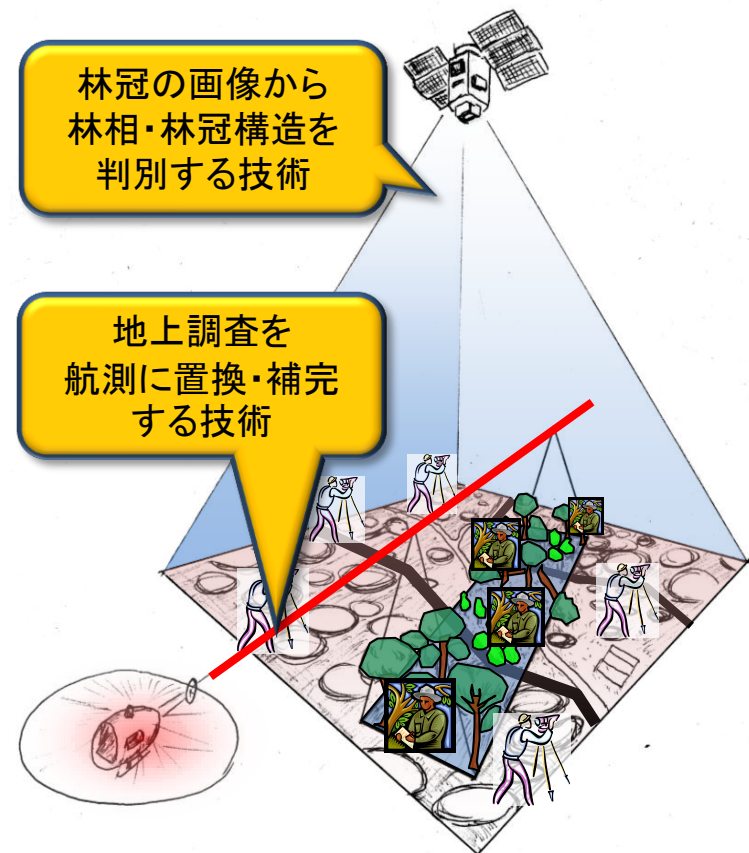


東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



- REDD+を促進する新たな計測技術として、衛星画像、航空機観測、そして地上観測を組み合わせた熱帯林の森林蓄積量推定技術を開発する

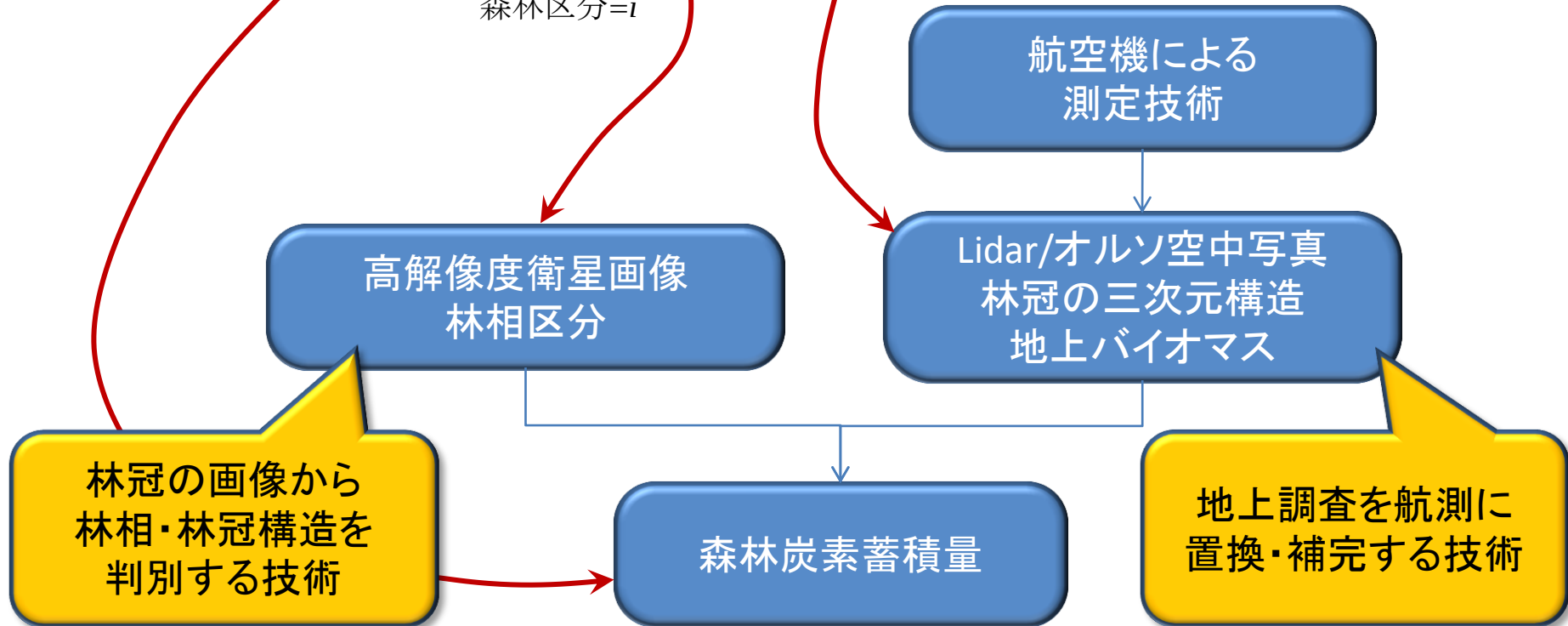
1. 高分解能衛星画像による林相区分
2. 航空機計測による三次元森林構造・バイオマスの推定
3. 三次元森林構造の航空機計測技術
4. 林相区分と森林構造を組み合わせた森林炭素蓄積量推定



国際的に認められた炭素推定法と 本課題のアプローチ

- IPCC GL-AFOLU (2006)に準拠

$$\text{炭素蓄積量} = \sum_{\text{森林区分}=i} (\text{面積}_i \times \text{面積当たり炭素蓄積量}_i)$$



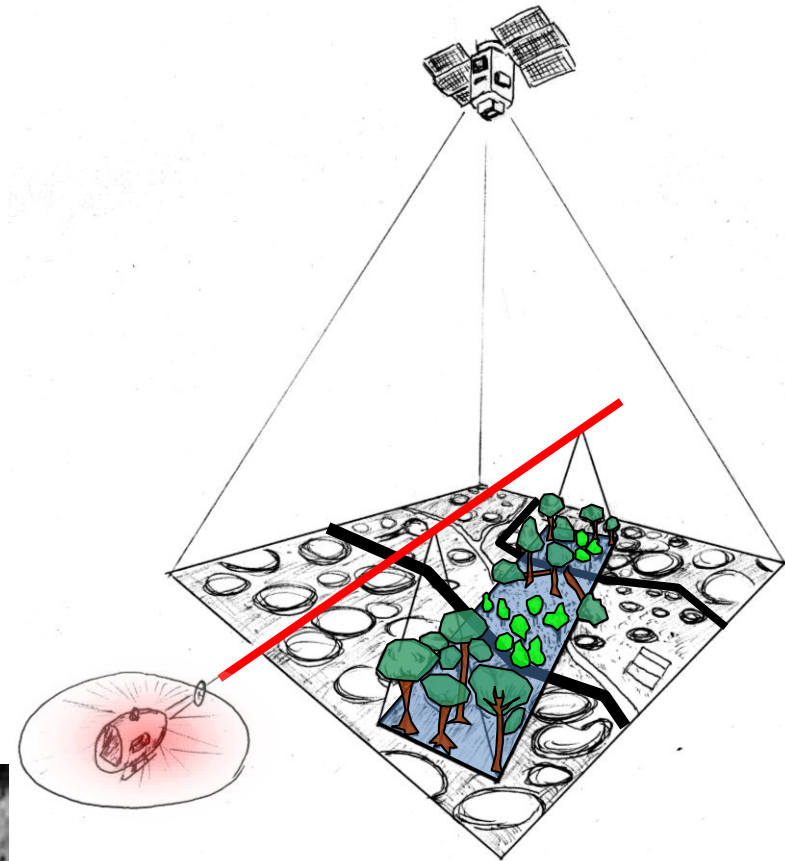
林冠の画像から林相・林冠構造を判別する技術

- オブジェクト指向型区分による林冠画像の林相区分
 - 樹冠サイズのばらつきと密度で領域を区分
 - 画素分類では判らない樹冠のサイズを考慮できる
 - 森林ゾーニングの自動化へ
 - 高精度化、省力化
 - 森林劣化の抽出
 - オブジェクトの再区分



地上調査を航測に置換・補完する技術

- 航空機で林冠の立体構造
- 組み合わせと精度
 - Lidarのみ／写真のみ
 - Lidar＋写真
- 森林劣化の抽出



研究対象地周辺 の森林



熱帯林のREDDにおける生物多様性保護コベネ フィットの最大化に関する研究

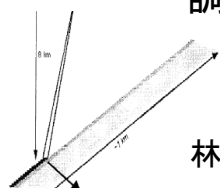
環境省プロジェクト

リモートセンシングによる森林の3次元構造とその変化の把握手法の開発

ICESat/GLAS



観測点のGPS
調査による同定



林冠最大
樹高

Height (m)
40
30
20
10
0
0

Vertical
Structure

地盤高

70m

Drake et al. (2002)を改変

衛星観測点に
おける現地調査

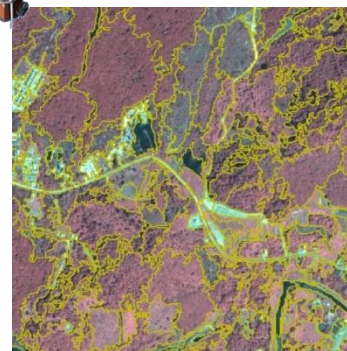


衛星観測
データの波
形と林分構
造との比較

林分の3次元構造
を評価

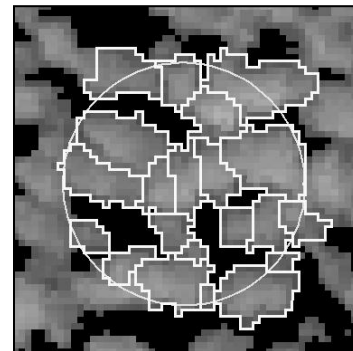
衛星LiDARを用いた森林の3次元構造の
把握手法の開発

高分解能衛星



オブジェクト指向型分類
による群落の類型化

樹冠抽出 (Watershed法)

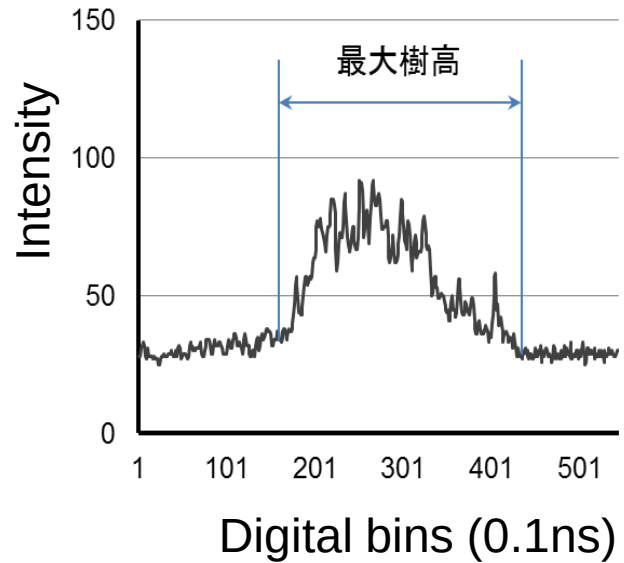
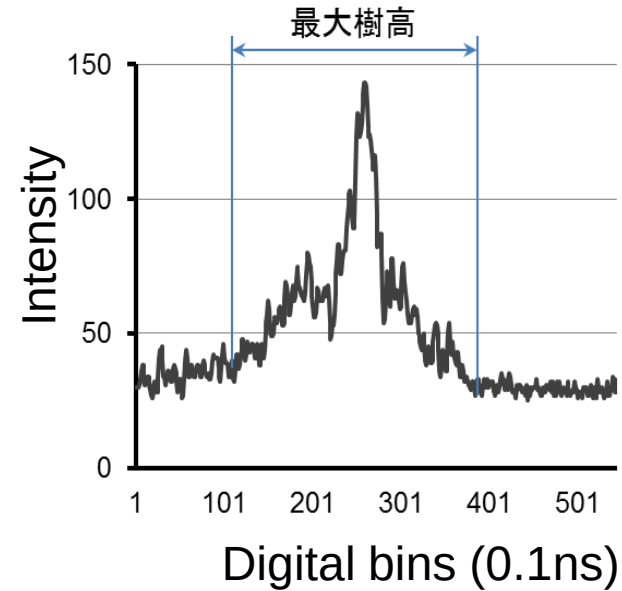
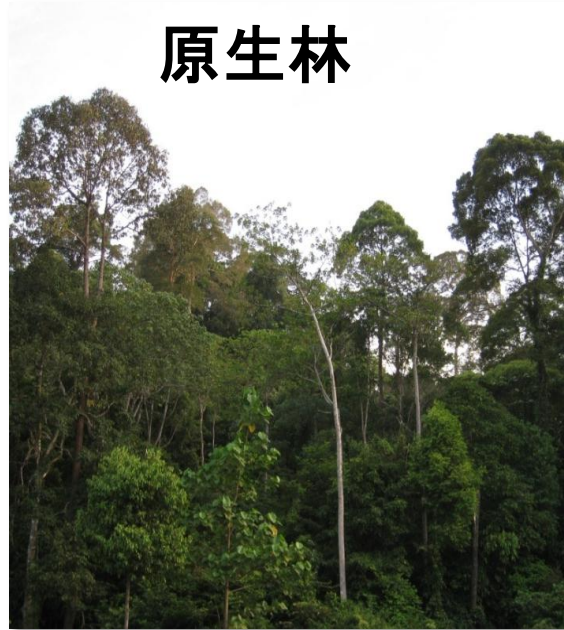


林分構造とバイオマス
推定手法の開発

衛星LiDARと高分解能衛星データの複合
利用による森林バイオマス推定の高度化

時系列での比較によるバイオマス
の変化量の推定

衛星LiDARによる森林劣化の観測



リモートセンシング活用のポイント

- REDDモニタリングでは森林の面積変化ではなく森林の炭素蓄積変化が求められる
- 手法の一貫性、信頼性が第3者レビューの鍵となる
- 炭素蓄積およびその変化の推定には、地上調査との組み合わせが不可欠である
- 森林劣化のモニタリングはその原因、度合いによって検知の可能性が異なる
- それぞれの国の森林の状況、利用可能なデータ・情報によって可能なモニタリング手法が異なることに留意する必要がある