



# REDD+

Reducing Emission from Deforestation  
and Forest Degradation-plus

平成24年度 応用講習②

## 第2章

# REDDプラスにおける リモートセンシングの利用と留意点

岐阜大学 流域圏科学研究センター  
栗屋善雄



# REDDプラスにおけるリモートセンシングの 利用と留意点



岐阜大学 流域圏科学研究センター  
栗屋善雄  
awaya@green.gifu-u.ac.jp



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 話の内容

1. REDD-plusでのリモートセンシングの役割
2. 森林解析に用いるリモートセンシングデータの種類  
光学センサ、LiDAR、SAR
3. 光学データの特徴
  - ・判読とカラー合成、地上分解能
  - ・大気の影響、地形の影響、観測角の影響
  - ・植生の季節変化と分類精度
4. LiDARデータの特徴
  - ・樹冠の閉鎖とDTM
  - ・樹冠高と蓄積推定
5. SARデータの特徴
  - ・地形の影響、電磁波の反射・散乱
  - ・土地被覆の判読とバイオマス推定
6. まとめ



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## REDD-plusとは

REDDとは「森林減少と森林劣化に由来する排出削減」(Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation)の略称。積極的に炭素蓄積を増加させること(plus)も目指す。

- 発展途上国における森林からの炭素の排出を削減するため、
- 1)基準となるベースライン(リファレンスレベル)を定めること、
  - 2)森林減少や森林劣化をモニタリングすること、
  - 3)モニタリング結果から炭素の排出量を推定すること、
  - 4)森林減少や森林劣化を防止する手だてを定めること
  - 5)積極的に炭素蓄積を増やす手立てを構築すること
- MRV(測定・報告・検証)の仕組みが必須。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 森林減少回避でのリモセンの役割は？

リモートセンシングに期待される役割：

- 1) 土地被覆、とくに森林の分布とその変化を把握する。
- 2) 森林のバイオマスをマッピングする。
- 3) 土地被覆変化によって生じる炭素排出量・吸収量を把握する。

リモートセンシング活用のポイント：

- 1) 発展途上国の多くが熱帯に位置するため、雲の影響を避ける。
  - ・光学データの精選 (FRA2010はTMデータ)
  - ・SARデータの活用 …… 光学センサとの互換性が問題
  - ・目視判読の活用 …… 統一的な判読精度の確保が課題
- 2) 季節変化の影響を軽減する工夫が必要。
  - ・モニタリングにはなるべく同じ季節のデータを使う。
  - ・乾季の終わりや雨季のはじめなどの季節変化が大きい季節をさける。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 森林解析に利用するセンサの種類

### 光学センサ(受動型)

データ解析: 間接推定

- ・地表で反射される光や地表から放射される熱を記録する。
- ・雲や大気の影響を受ける。
- ・60cmから1km程度までの様々な解像度のセンサがある。

### 合成開口レーダ(能動型)

データ解析: 間接推定

- ・マイクロ波を地表に発して、地表で散乱・反射されてきたマイクロ波を記録する。
- ・雲の影響をほとんど受けない。
- ・地形の影響を除去することが重要な課題である。
- ・1m~100m程度の解像度のセンサがある。

### LIDAR(能動型)

データ: 高さの直接測定

- ・レーザ光線を地表に発して、戻ってきた光の経過時間に基づいて地表の高さを計測する。
- ・衛星搭載型は雪氷観測用のICESATのみ。他は航空機搭載型。
- ・20cm~1m程度の間隔で地表を観測する。

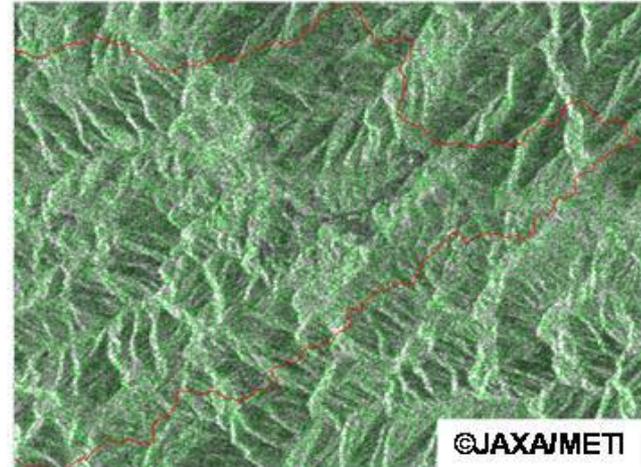


Gifu Univ.  
Y. Awaya

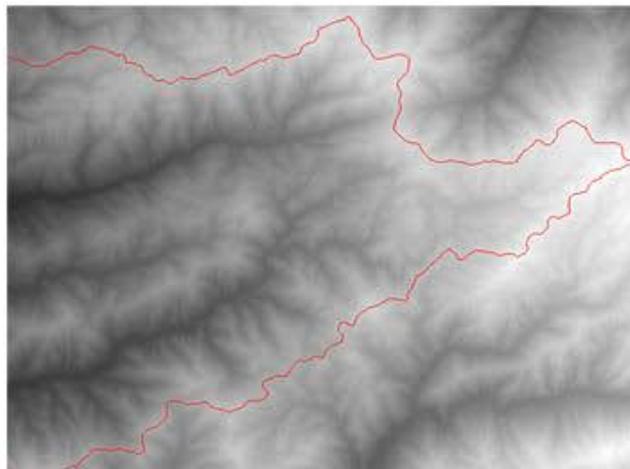
## 各センサのデータの例



光学センサ (SPOT/HRG 2000/06/05)



合成開口レーダー (ALOS/PALSAR 2009/08/09)



LIDAR (2002年 ©岐阜県)

### 各センサの特徴

**光学センサ:** 物体の色(明るさ)を解析。  
**間接推定。**

**SAR:** 物体による電磁波の散乱の  
大きさを解析。**間接推定。**

**IDAR:** 光を利用して樹冠表面の標高  
(DSM)を計測。**直接測定。**



## 緑色植物の明るさ(色)の特徴

1. クロロフィルなどの葉の色素が可視光を吸収するので、可視域は他の波長より反射が弱い(暗い)。
2. クロロフィルは緑の波長の光をほとんど吸収しないので、緑は青や赤よりも反射が強い(明るい)。(葉が緑色に見える理由。)
3. 葉は近赤外光を強く反射・透過する(明るい)。(近赤外では細胞は透明、細胞壁が反射する。)
4. 葉の水分は短波長赤外の光を吸収するため、水分量が多いほど暗くなる。



# カラー合成 トゥルーカラー

Viewer #5 test\comp02.img (Layer\_3X,Layer\_2X,Layer\_1) File Utility View AGI Baster Help

Viewer #6 test\ R:TM3 赤

Viewer #7 test\ G:TM2 緑

Viewer #8 test\ B:TM1 青

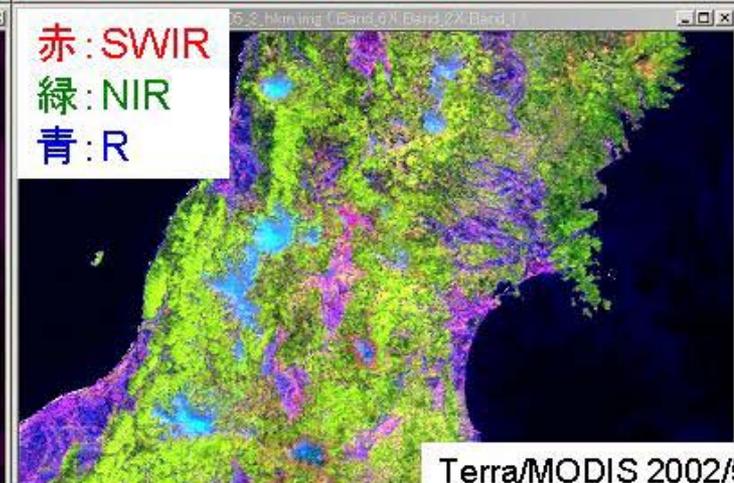
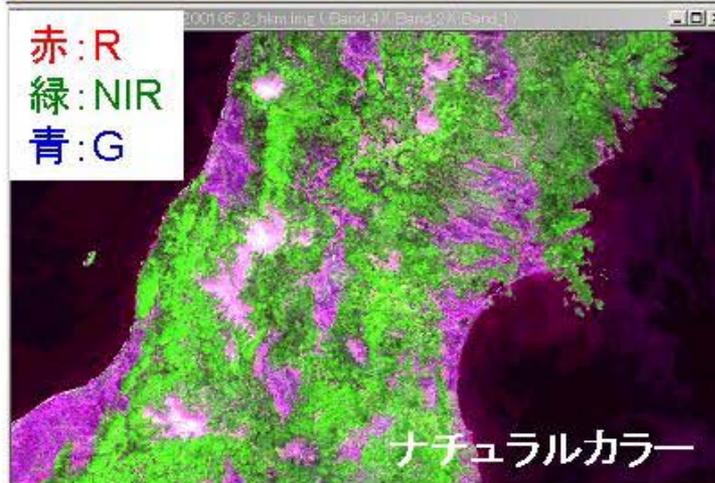
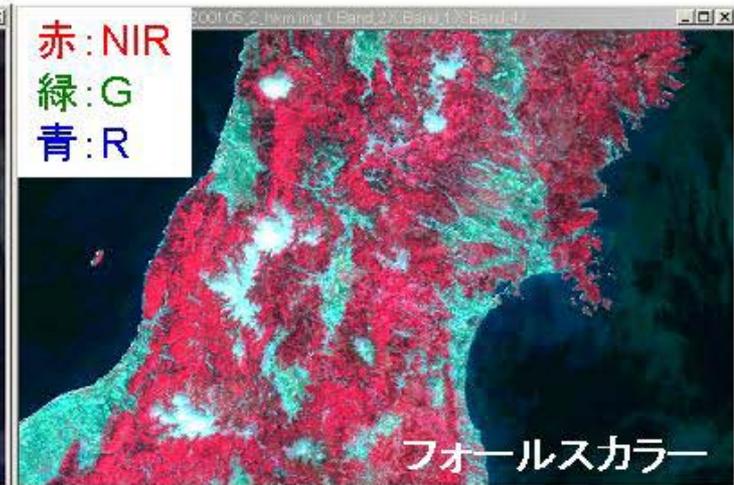
恵庭市ー恵庭国有林ー苫小牧市 合成結果 色づけ



Gifu Univ.  
Y. Awaya

# カラー合成を比較してみよう

組み合わせを変えると様々なカラー合成ができます。人の目はどれでしょうか？





Gifu Univ.  
Y. Awaya

# 光学センサの4つの分解能

## 1. スペクトル分解能 (spectral resolution)

光学センサで測定できる電磁波の波長域(帯域、観測波長域)などのこと。一般に、帯域が狭くチャンネルの数が多いほど、物体の識別能力が高い。

## 2. ラジオメトリック分解能 (radiometric resolution)

連続するエネルギーを離散的な数値に変換することを量子化と呼び、量子化された数値のレンジ(量子化ビット数)などの特徴を示す。量子化後のデータは整数値となる。

## 3. ジオメトリック分解能 (geometric resolution)

光学センサの幾何学的特徴を規定する。視野角や瞬時視野角、あるいは地上分解能などで示される。チャンネル間の画素の重なりも問題にされる。

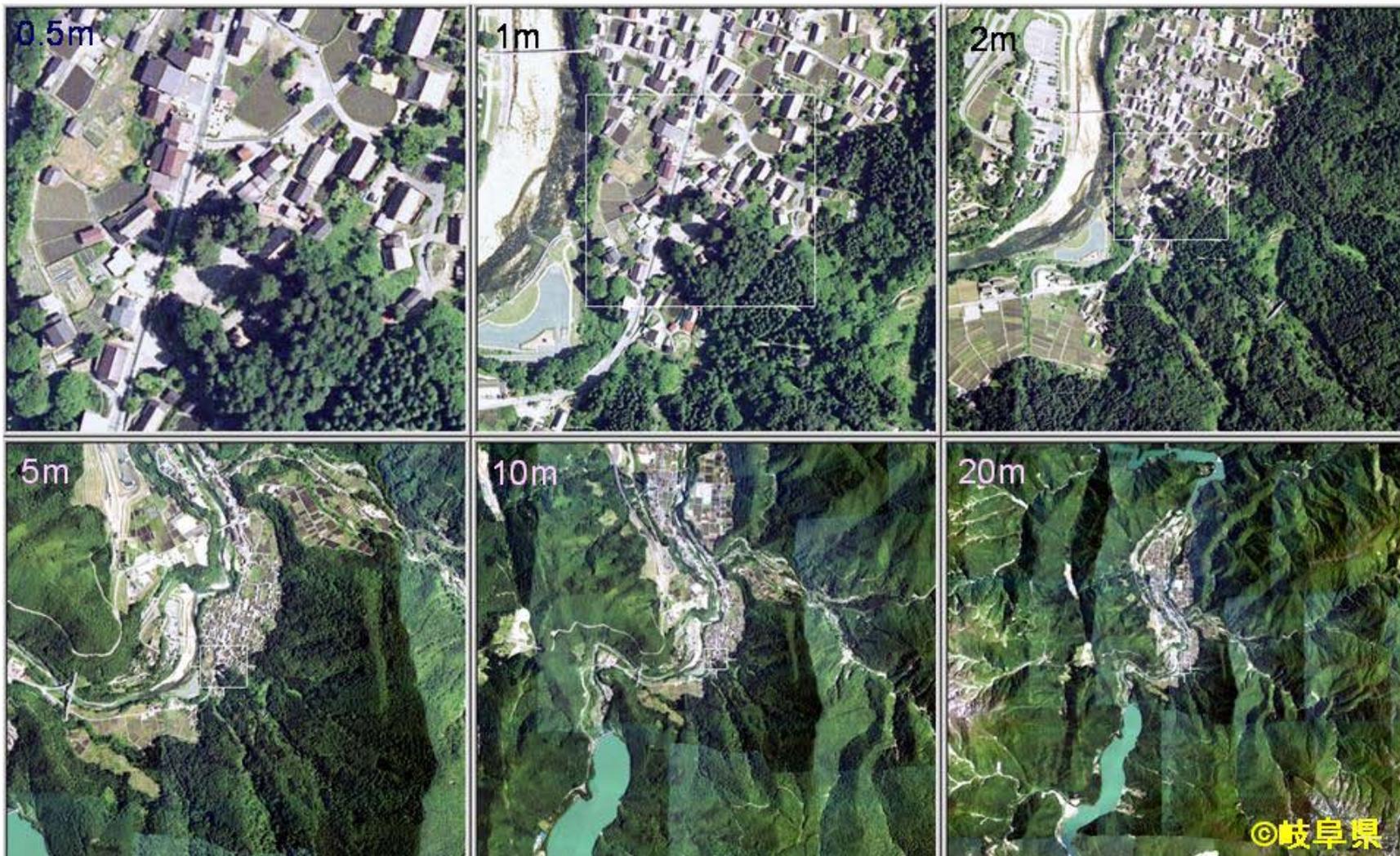
## 4. 時間分解能 (temporal resolution)

同一地点を観測する頻度。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

# 地上分解能が変わると何が変わるか？





Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 光学センサで何が見えるのか

センサの性能については、一般に地上分解能を重要視します。

地上分解能が50cmと細かいと、木々を識別できます。しかし、樹冠直径が30mを越えるような大木は多数の画素で構成され、分類した場合、複数の樹種クラスに分類されることがあります。

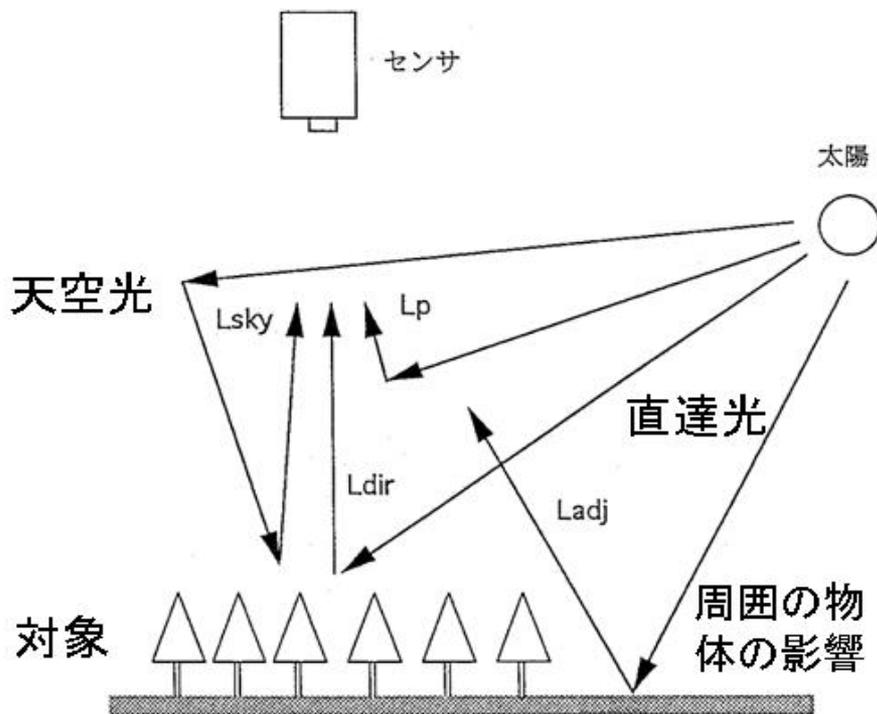
利用するデータの地上分解能で、どのサイズの土地被覆とその変化を解析できるのかを意識することが必要です。モニタリングする場合、地上分解能の4倍程度を越えるサイズの被覆物が対象になると考えて良いでしょう。

センサが明るさの濃淡を識別する能力は、量子化ビット数で表されます。LANDSAT/TMは8ビット(256段階)ですが、森林タイプを分類する場合は、濃淡快調はやや不足しています。

ササや草本の群落と若い二次林はスペクトルが似ているため、TMでは誤分類が生じます。これらの植生のスペクトルが重なる場合も多く、多チャンネルセンサのほうが分類には有利です。

Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 大気補正とは何か？



左の図は太陽の光がセンサに到達するまでの光の経路を模式的に示しています。

解析者が必要なのはLdirと記した、対象の森林に直接当たってそのままセンサに到達する光の情報です。

その他の経路の光は森林以外の情報が多く含まれるため、不要です。

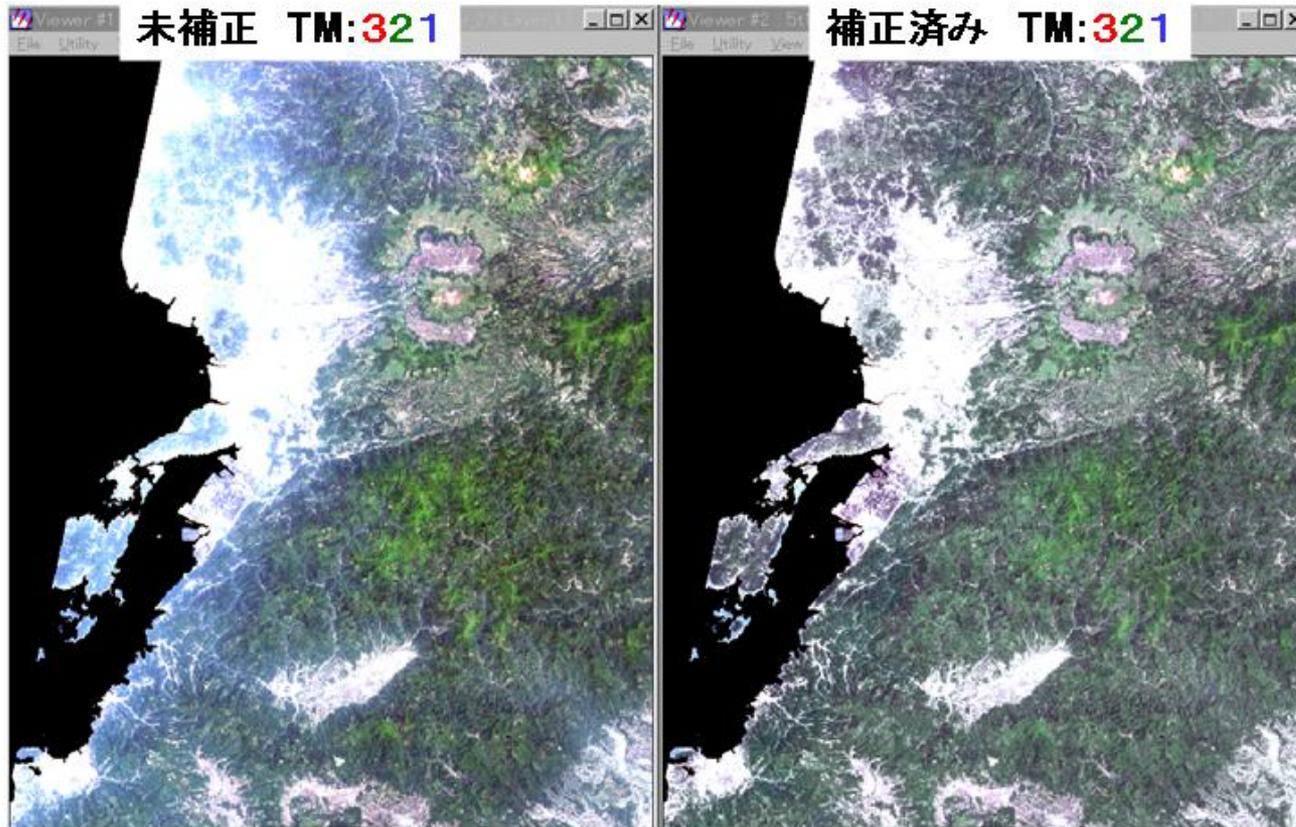
このように大気に影響されて生じる不必要な情報を除去する処理を大気補正と呼びます。

シーン中に雲がある場合、大気の状態が不安定で正確な大気補正は難しくなります。積雲に比べて層雲のほうが解析への影響が大きいように思われます。



## 大気補正モジュールの利用ー可視域

Erdas ImagineのATCOR-2という大気補正ソフトを利用して以下の条件で大気補正を施しました。大気の影響が軽減されています。



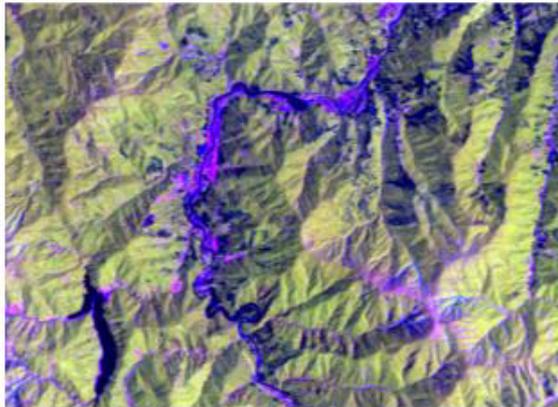
条件: 大気モデル・中緯度夏, エアロゾル・農村, 太陽天頂角・ $29.4^\circ$ , 視程・18.3km



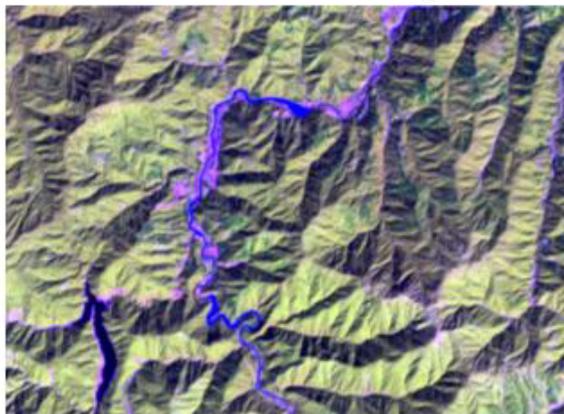
Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 地形補正とは何でしょうか？

ETM+ 2001/06/18 AZ:115, ELV:66



ETM+ 2000/10/05 AZ:150, ELV:45



富山県五箇山付近

地形が急だと、北側の斜面にはカゲが生じます。カゲだけではなく、斜面の向きと傾斜によって、単位面積当たりの日射量に差が生じて、画素値に影響します。これを地形効果と呼びます。

この**地形効果を補正することを地形補正と呼ぶ**ことが多いのです。

左の2つのETM+のデータは同じ場所を違う季節に観測しています。太陽高度の違いで、カゲの濃淡に差が生じ、太陽高度が低い10月のデータでカゲが濃いことが分かります。

このような濃淡の違いを補正しないと、被覆物を正しく分類(解析)できません。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

# 地形補正の方法

様々な地形補正の方法が提案されていますが、決定的な方法はありません。被覆物によって地形の影響の現れ方が違うのですが、その違いを補正するためには、地表の様子が正確に分かっている必要があるからです。

## 1. 標高データが不要な方法

### a. バンド和による方法

各チャンネルの画素値を画素の全チャンネルの総和で除します。パースペクティブ補正してから利用したほうが良いでしょう。画素値が壊れるため、用途が限られます。

## 2. 標高データが必要な方法

### a. コサイン法

被覆物が拡散面と仮定して、太陽と斜面の成す角の余弦 $\cos(i)$ を算出し、これに基づいて補正します。 $\cos(i)$ が小さい場合は過補正になります。

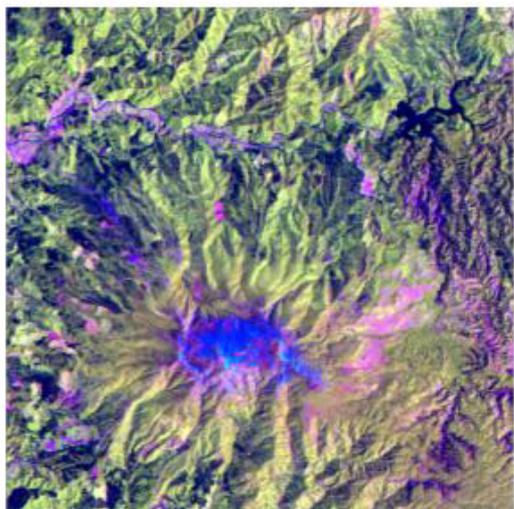
### b. ミンナート法

Minnert関数という関数を利用して日射量の違いを補正します。補正係数を回帰分析によって求めるので、補正係数が一意に定まるわけではありません。関数の物理的な根拠が弱いことを指摘する研究者が多いです。

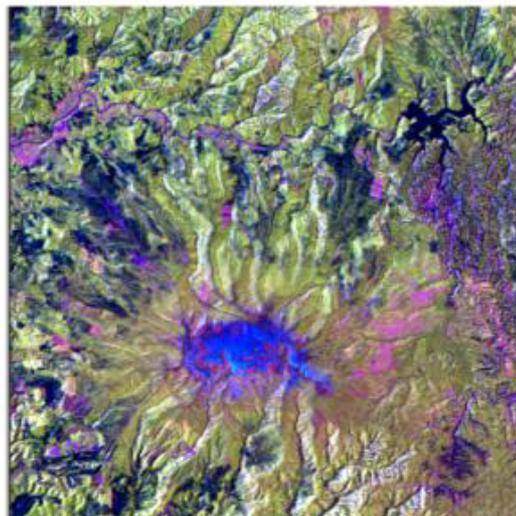


Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 地形補正 結果の比較

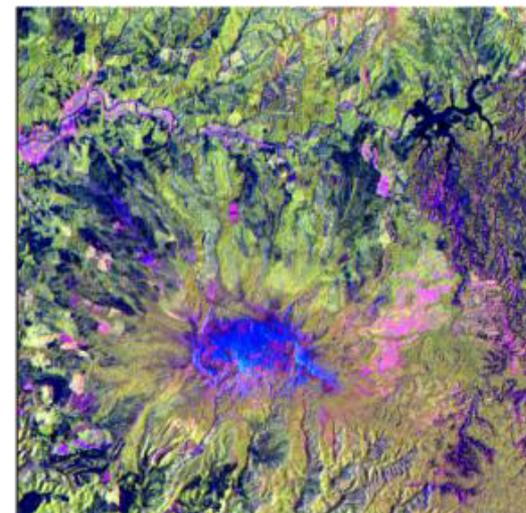


オリジナルデータ  
秋田県森吉山  
Landsat/TM 1994/6/16



コサイン法の結果  
拡散面を仮定した補正

明るく白く現れている部分は、過度に補正した箇所です。このような補正結果では解析に利用できません。



ミンナート法の結果  
拡散面を仮定しない補正

コサイン補正で生じたような過補正はありません。ただ、正確に補正できたか否かは画像を見ただけでは分かりません。

**山岳地のデータ解析には地形補正が必要な場合が多い。**



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 森林の反射スペクトルの季節変化

衛星データを比較すると分かりますが、森林の反射スペクトル（色）は季節によって差があります。これは地表の植生の状況を反映しているためですが、樹種分類などでは季節変化は解析の障害にもなります。

本節では反射スペクトルの季節変化の特徴を例示しますので、森林についてどの様なことが分かるのか考えてみましょう。以下の点に注意して下さい。

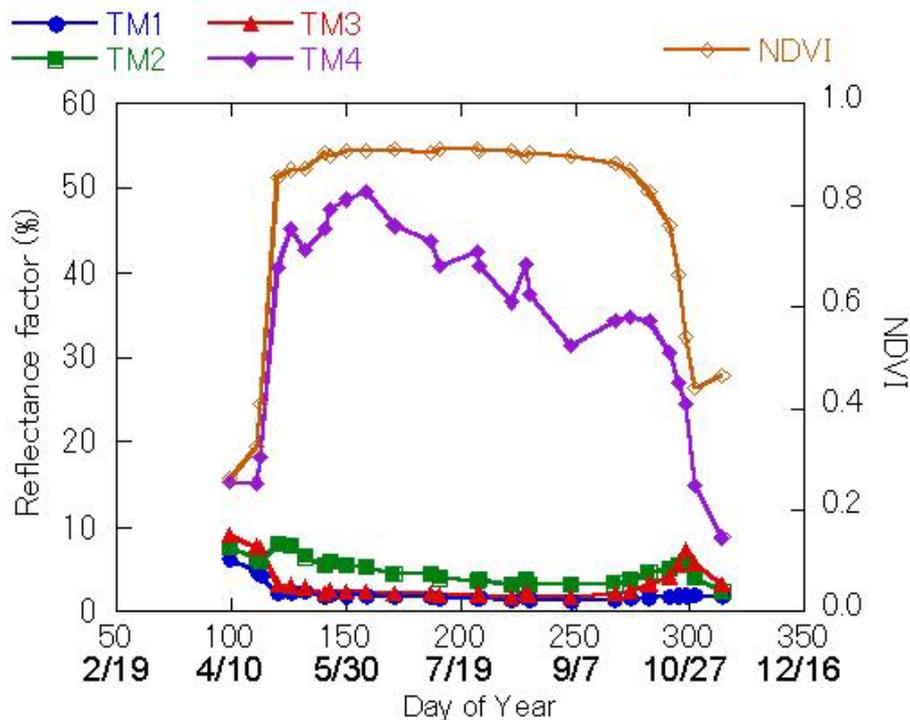
1. 葉色の季節変化は地上での観測だけではなく、衛星データでも把握できることを知る。
2. 波長（可視光や近赤外・短波長赤外）によって季節変化のパターンが違うことと、その概要を知る。
3. 季節変化が分類にどのように影響するかを考える。

Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 反射係数とNDVIの季節変化 - ブナ

近赤外では開葉とともに急激に反射が大きくなり、6月8日をピークとして小さくなっていきました。緑では5月上旬以降、反射係数が徐々に下がります。落葉期の変化もかなり急です。

正規化植生指数(NDVI)は、展葉(5月上旬)終了以降、落葉が始まるまでは、葉量が変わらないため変わりません。





# Landsat/TMデータに現れた季節変化

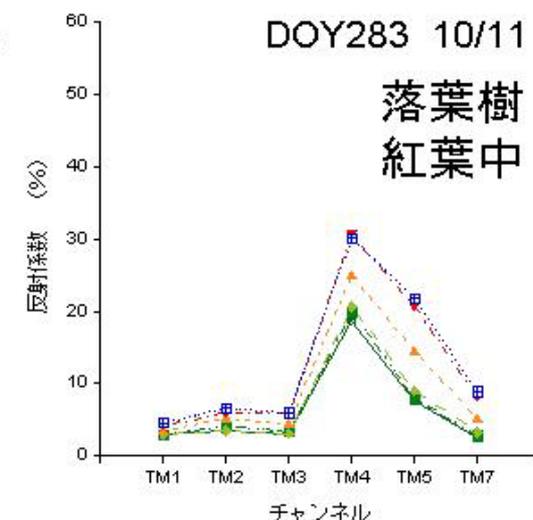
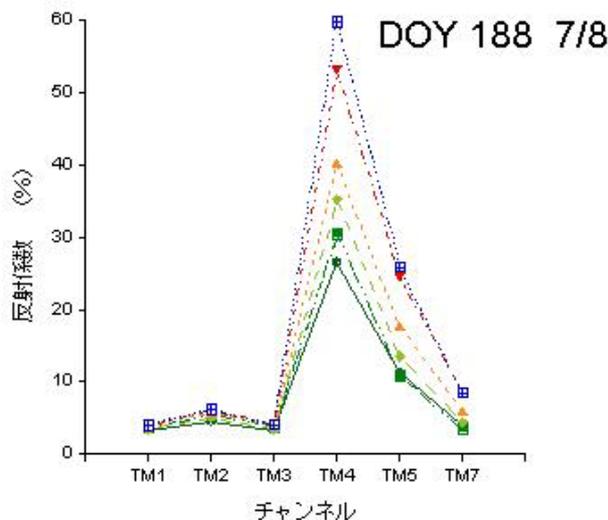
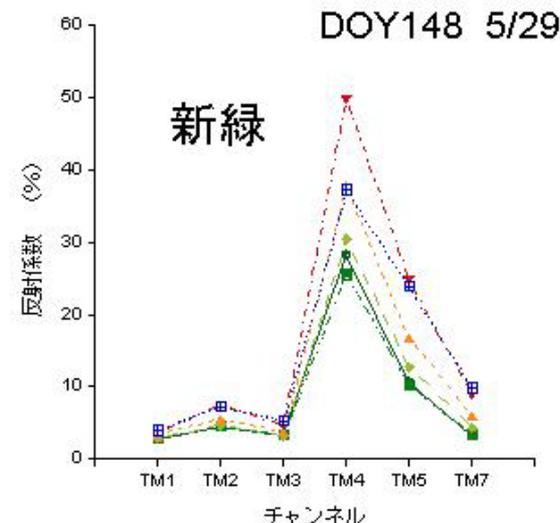
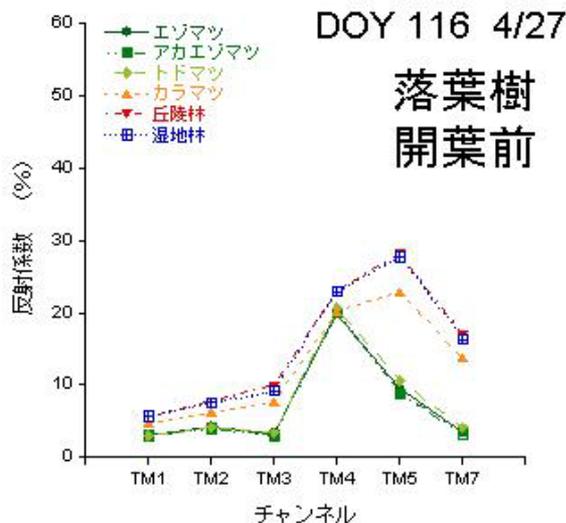




# 森林の反射スペクトルの季節変化

人工衛星データでも反射係数を求めて、季節変化を把握できます。

近赤外の変化が大きく、落葉期には落葉樹林と常緑樹林の反射係数の差が小さいことに注意して下さい。





Gifu Univ.  
Y. Awaya

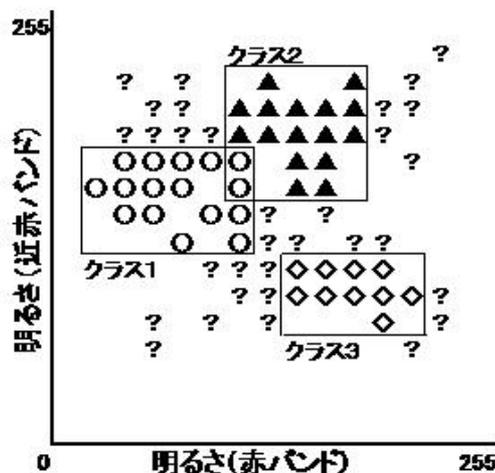
# 分類とは？

衛星データ satellite image



Landsat/TM 1990/05/29

分類 classification

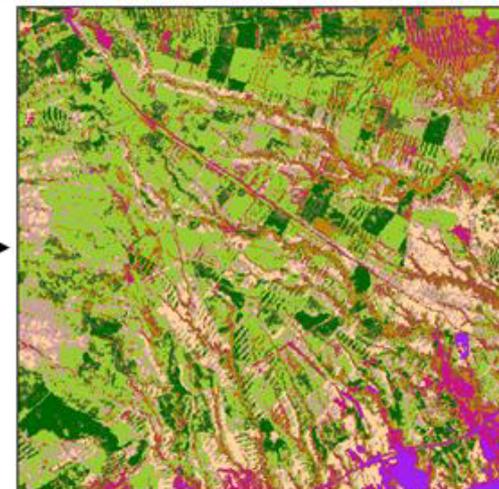


似た明るさの画素(土地被覆)に数字を割り当てる

Allocating class codes to pixels (land cover) with similar brightness.

class 1に数字の1  
class 2に数字の2を割り当てる  
class 3に数字の3

結果の表示 displaying result



各クラスを色で表示する

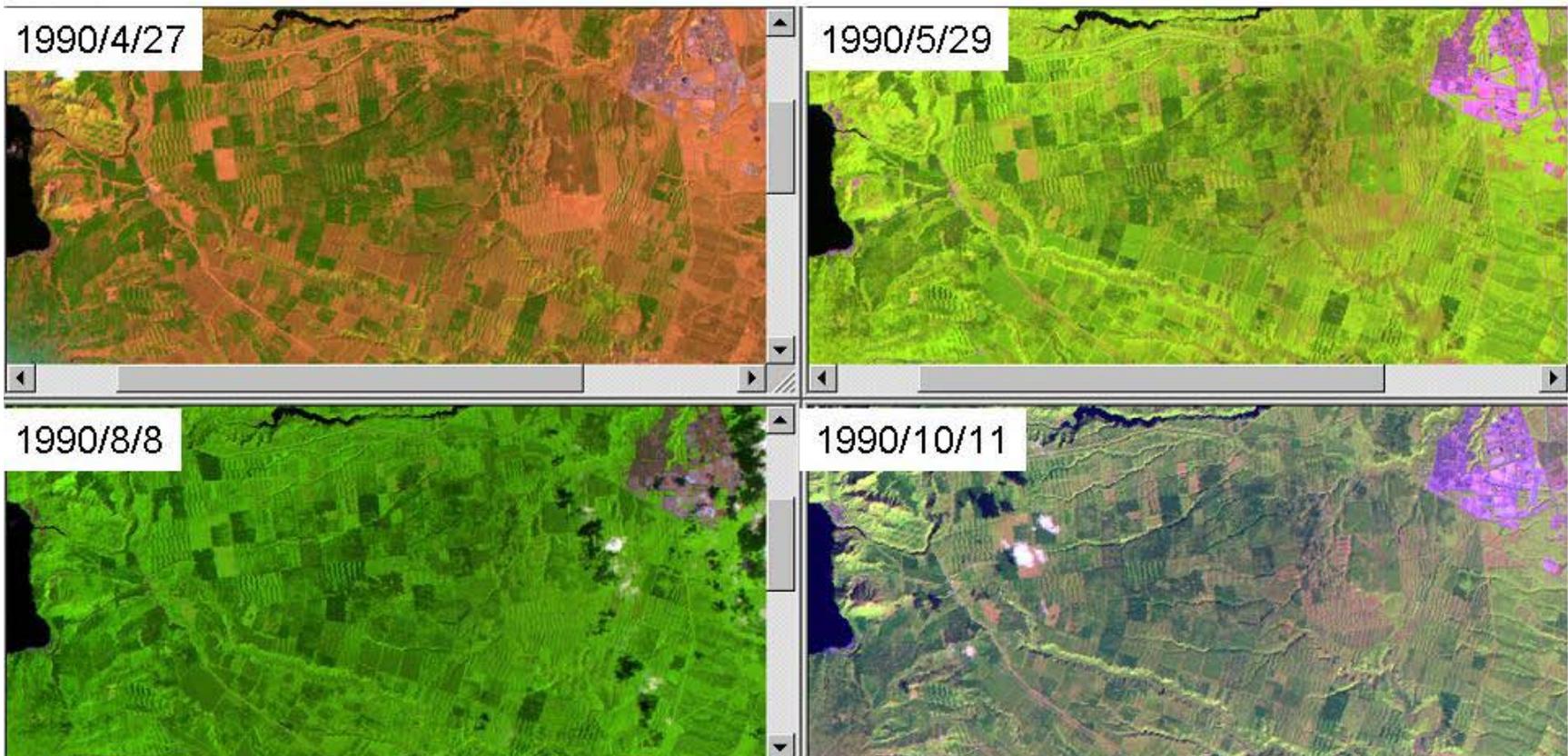
Showing each class code by pseudo color.

- 1 常緑針葉樹 conifer
- 2 幼令林 juvenile
- 3 造林地 afforested
- 4 カラマツ larch



## 分類への季節変化の影響を確かめましょう

季節の違う4シーンのTMデータを利用して、分類への季節変化の影響を確認します。苫小牧は平坦なので地形の影響はありません。

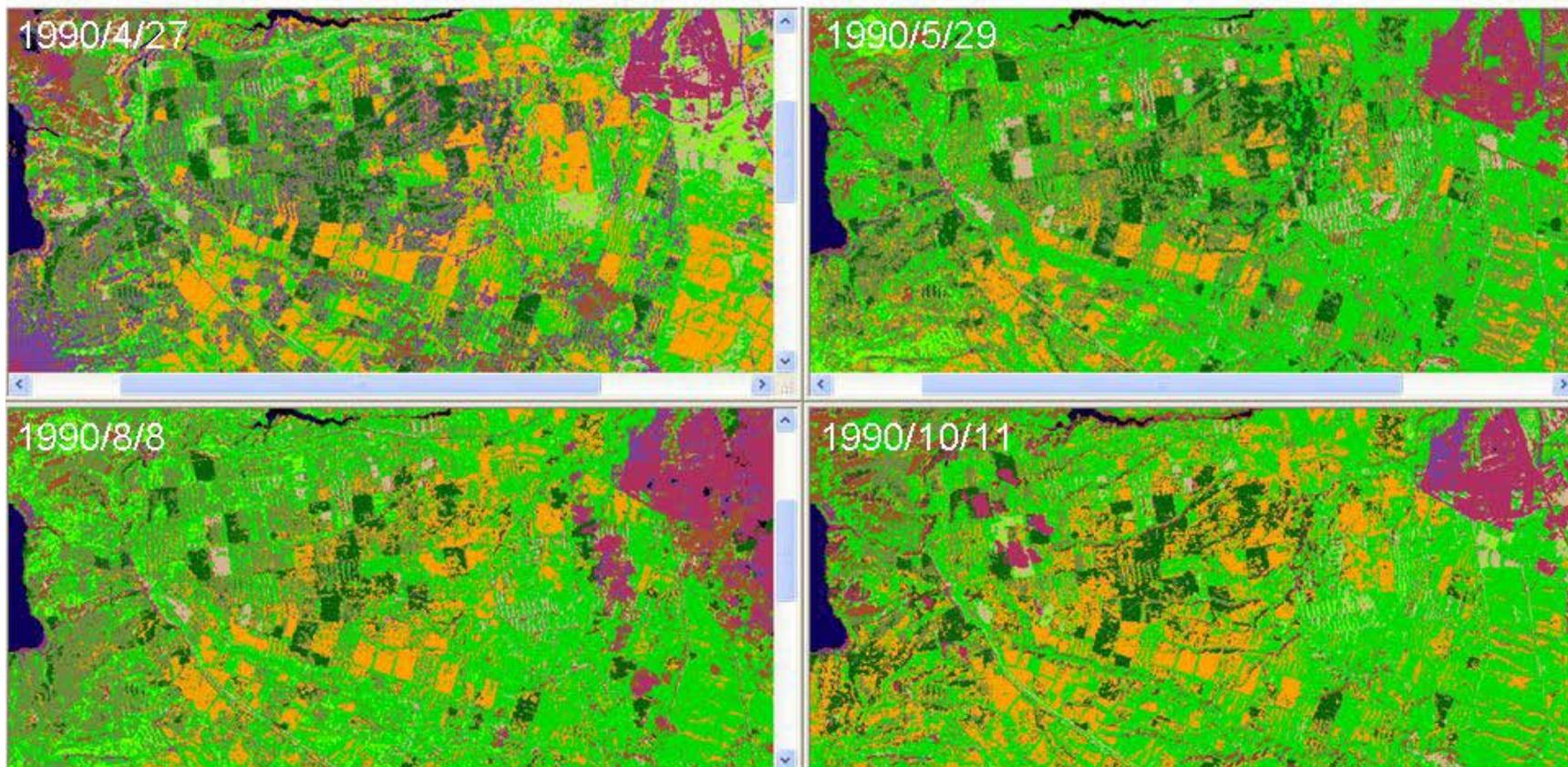




Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 分類への季節変化の影響

同じ場所にトレーニングエリアを設定し、最尤法で分類しました。かなり違いますね。



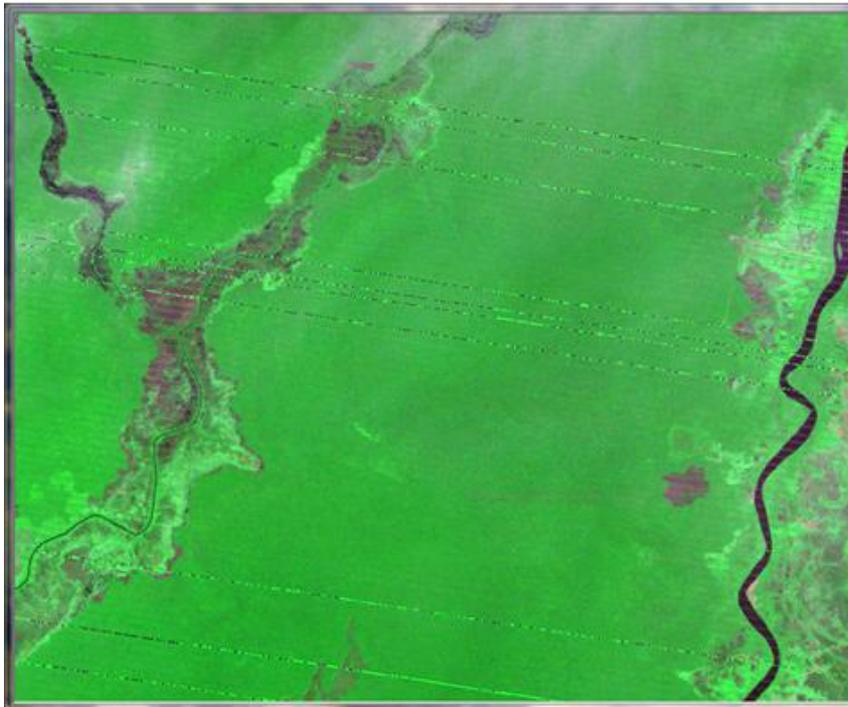


Gifu Univ.

Y. Awaya

## どちらの分類精度が高いでしょう？

以下の2つの図は熱帯雨林を観測した衛星データです。  
これらのデータを利用して土地被覆を階層的に分類しましょう。第1段階で森林と非森林に分けます。MSSとETM+ではどちらの分類精度が高いでしょう？



Landsat/ETM+ 1973/10/09  
地上分解能80m 4チャンネル 7ビット



Landsat/ETM+ 2000/7/16  
地上分解能30m 6チャンネル 8ビット



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 植生指数とは？

植生のスペクトルは赤から近赤外の波長にかけて、反射係数が著しく大きくなることが特徴です。

初期のリモートセンシングでは植生の存在を強調するためにチャンネル間の演算が試されました。赤と近赤外の比がもっともシンプルで植生を強調するのに成功した植生指数です。

その後、植被率やバイオマスに関心移って、これらの物理量を推定するために、様々なチャンネル間の演算、つまり植生指数が提案されるようになりました。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## 正規化植生指数

現在、もっとも広く使われている植生指数が正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) です。

特徴:

1. 比演算により、斜面方位ごとの日射量の違いが軽減される。
2. 正規化しているため、大気の影響を軽減できると期待される。
3. 正規化しているため、数値が発散しない。
4. 赤と近赤外の2波長しか利用しないので、ほとんどのセンサのデータで計算できる。
5. 赤と近赤外では大気の影響が似ているため、大気の影響を受けにくい。

植生の背景にある地面のスペクトルの影響を受けたり、低バイオマスで飽和するなどの問題があつて、それを克服するために様々な植生指数が提案されています。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

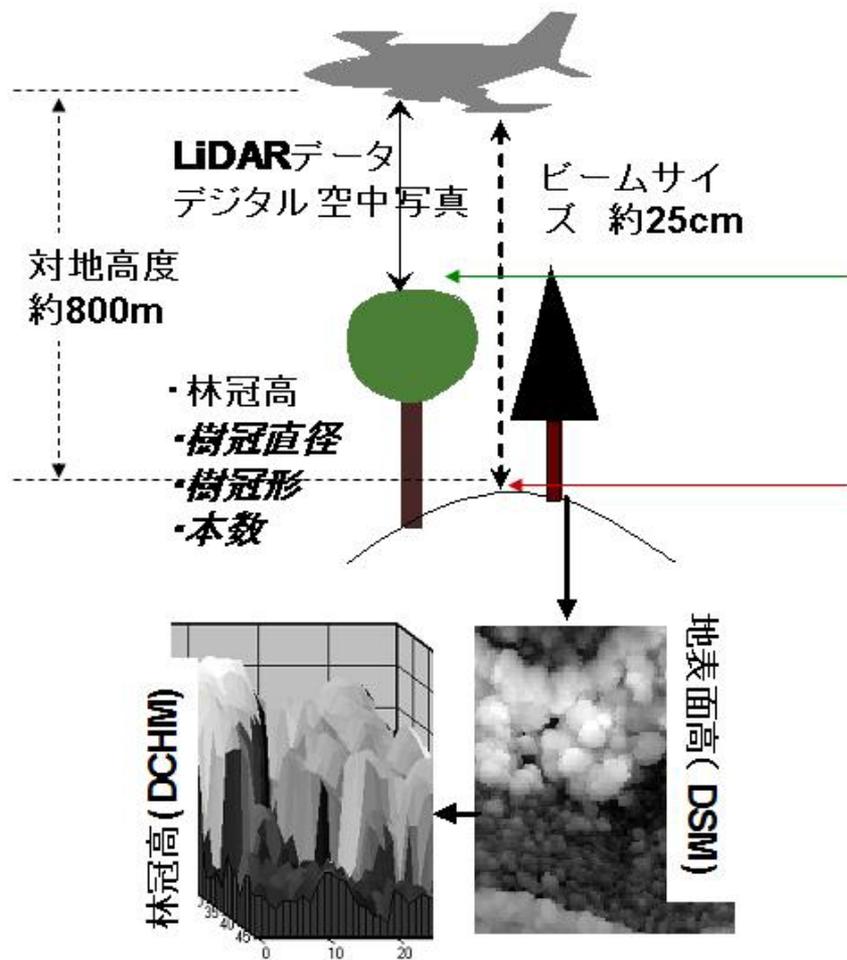
## 光学センサの特徴 まとめ

1. 物体の色（明るさ、スペクトル）の情報を解析します。
2. 大気や地形の影響を補正することが必要なことが多いです。
3. 大気や地形の影響のために解析ができない場合も多いです。
4. 植物の色は季節によって変化し、落葉植生で変化が大きいです。  
このため、季節変化の特徴を理解しておくことが重要です。
5. 森林タイプ分類は季節によって精度が変わります。
6. 新緑期と落葉期に反射スペクトルが急激に変化します。とくに新緑期での変化が劇的です。
7. この季節のデータを解析すると、場所によって精度のバラツキが大きくなります。
8. 安定した分類結果を得るには、季節変化の小さい季節を選んだほうが良いが、分類できる項目数が少ない。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

# LiDARは何を測っているのだろうか？



レーザ測距の技術を利用。  
GPS－飛行機の位置確定  
IMU(慣性計測装置)  
－航空機の姿勢計測

## ファーストリターン

最初に反射して戻ってくる光  
森林では樹冠面からの反射

## ラストリターン

最後に反射して戻ってくる光  
(地面からの反射:ごく一部)

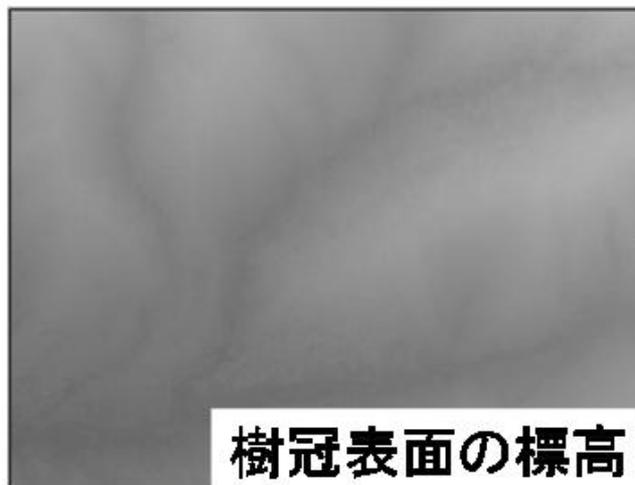
ファーストリターンで樹冠面の標高(DSM)を計測し、ラストリターンで地面の標高(DTM)を推定します。林冠高(DCHM)は以下の式で求めます。

$$DCHM = DSM - DEM$$

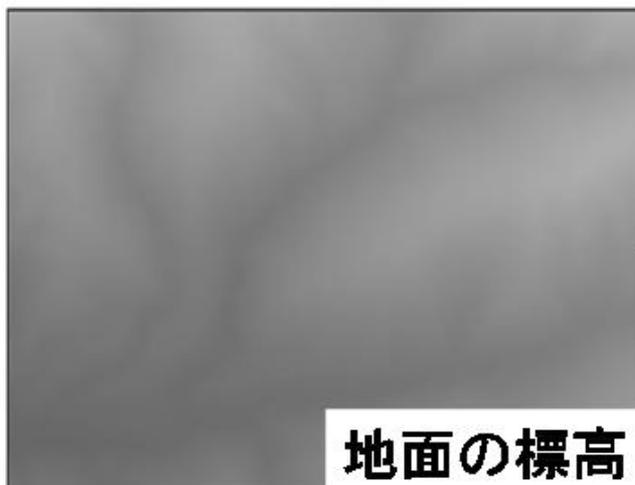


Gifu Univ.  
Y. Awaya

# LiDARのデータ

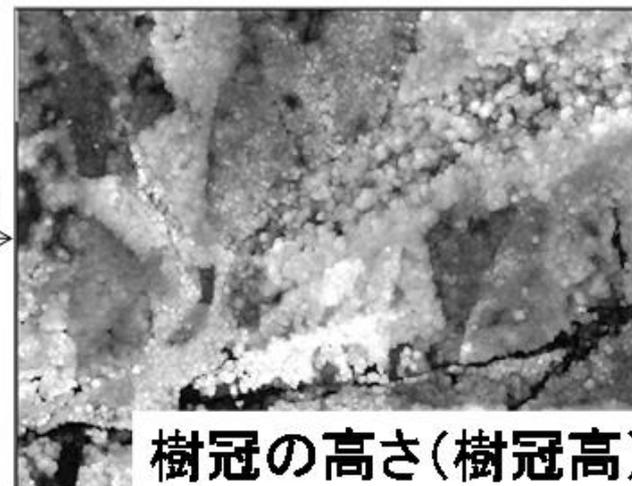


樹冠表面の標高



地面の標高

両者の差  
をとる



樹冠の高さ(樹冠高)

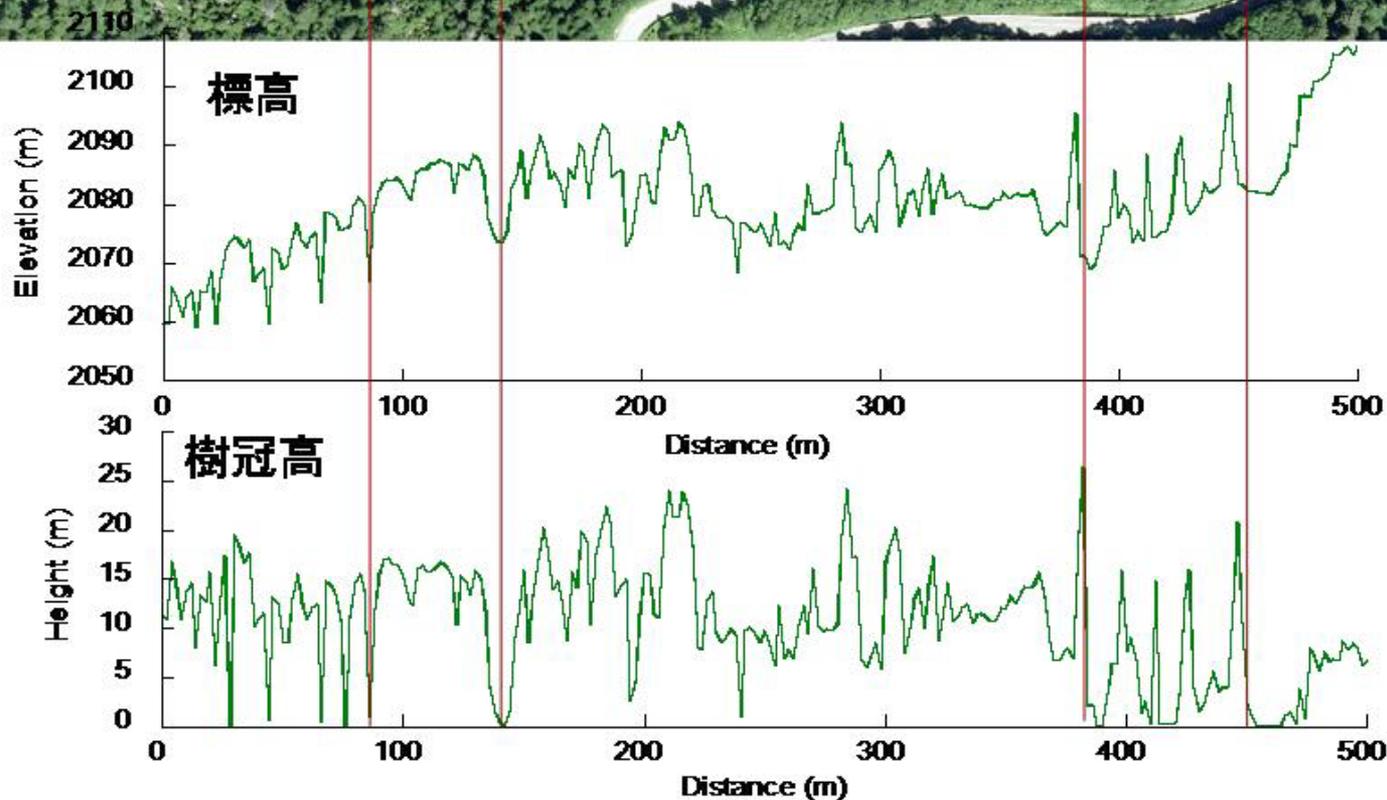
LiDAR (Light Detection and Ranging, レーザスキャナ) は標高を記録します。樹冠表面の標高データでは、用途は考えにくいでしょう。

樹冠高が分かれば、どのような用途があるのでしょうか？



Gifu Univ.  
Y. Awaya

# 樹冠断面が分かる



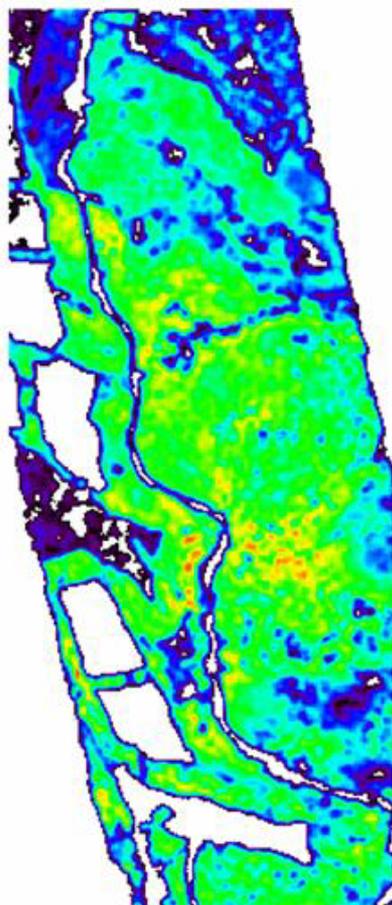
©PASCO 2010

LIDARデータ中に任意のラインを描いて、高さの変化を表すプロファイルを描きました。

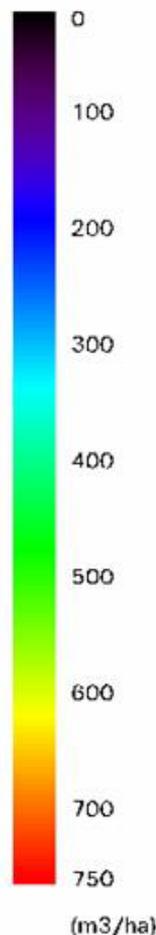


Gifu Univ.  
Y. Awaya

## LiDARデータを利用した蓄積のマッピング



ブナ林の蓄積分布図



LiDARデータから推定した平均樹冠高と蓄積の関係を表す回帰モデルによって蓄積を推定しました。

プロットデータで結果を検証したところ、概ね、適切でした。しかし、過少推定になっている高蓄積林分がありました。この林分は他に比べて疎だったことが原因だと思われます。

回帰モデルを作る場合は、様々なサイズの林分を利用します。バイオマスの小さい幼令林分も重要なサンプルです。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## LiDARの特徴 まとめ

1. 航空機に搭載したスキャナで計測した標高(DSM)を解析します。直接測定した、高精度の高さ情報です。
2. 計測した標高から地面の観測値を選択して、地面の標高データ(DTM)を作成します。
3. **密林ではレーザ光線が地面に届かないため、DTMの精度が低く、地形変化の多い急斜面でもDTMの精度は低くなります。**
4. DSMとDTMの差をとって樹冠高(DCHM)を推定します。
5. 樹冠表面と地面の間の空間体積に係数をかけると、林分の材積が求まることが知られています。
6. 材積推定のための係数は、樹種・樹冠の形状や疎密度に影響されます。
7. **LiDARデータを解析して得られる森林情報は、現在のリモートセンシングでは一番精度が高いです。**
8. **LiDAR観測のコストが高いのが弱点です。**



## 合成開口レーダ (SAR) による観測

SARは電波を斜め側方に発射して、地表面で反射・散乱された電波を観測します。幾つかの観測データを合成して、解像度の高いデータを作ることができます。

PALSARは縦波(V)か横波(H)の電波を発して、縦波か横波の電波を観測します。この結果、発信と受信の組み合わせは、HH, HV, VH, VVの4通りになります。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

# PALSARに何を期待するのか

## 期待

1. 雲を透過して観測できる  
光学センサよりも高頻度で、同じ季節(フェノロジー)のデータを取得できる
2. バイオマスとの相関が高い  
バイオマスに準じて、森林-非森林を分類できるかもしれない
3. 高さの情報が得られる  
樹冠面や地盤面の高さ(標高)の変化が分かるかもしれない

## 危惧

1. 山岳地での利用が難しい。地形によってデータが歪む。
2. バイオマス・樹高の推定について過度の期待がある
3. データが人の知覚と異なるため、受け入れられにくい

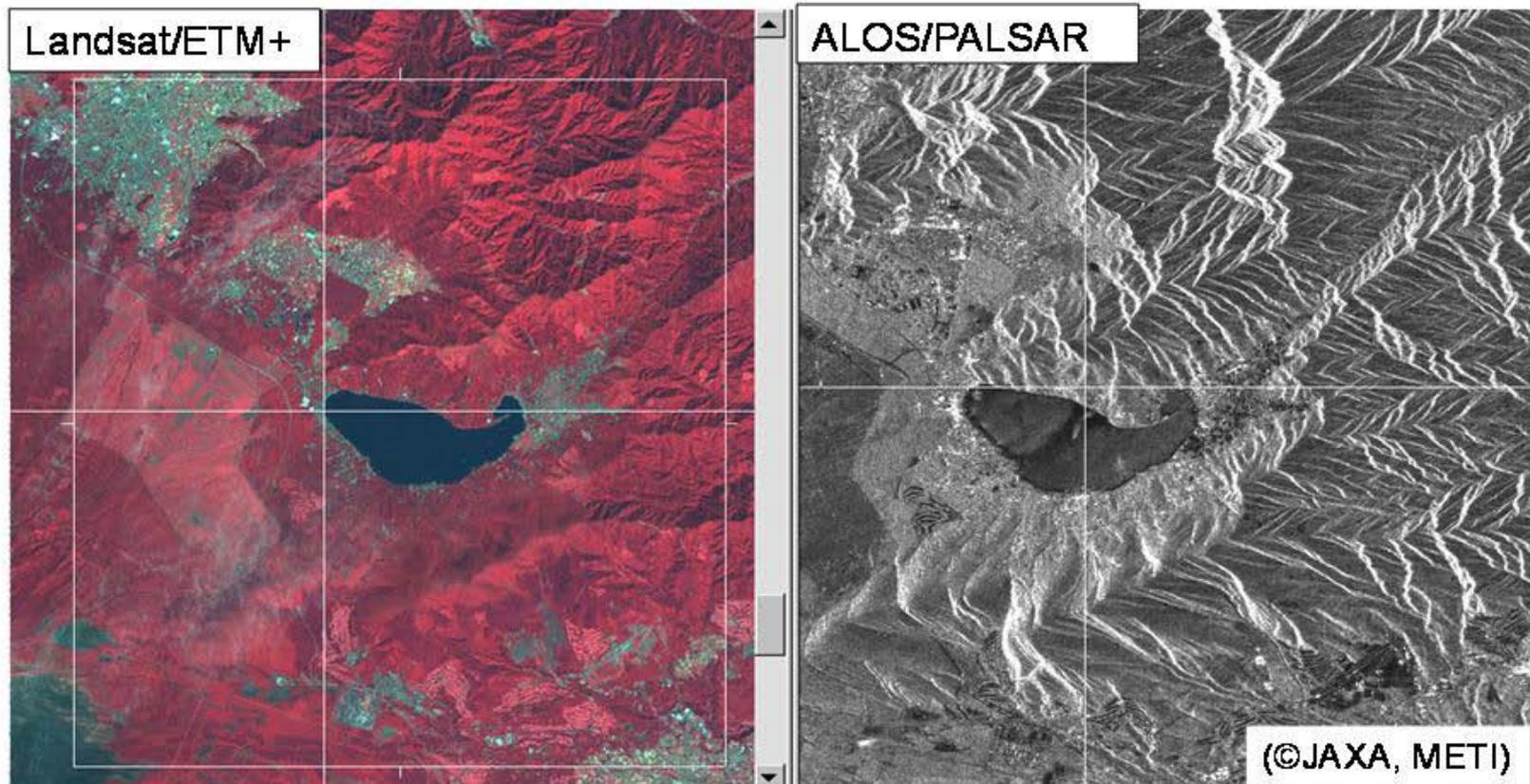
## 背景 光学センサの弱点

1. 熱帯雨林、熱帯季節林では雲に影響されて光学センサのデータがなかなか撮れない。
2. 季節林では雨期末期-乾期-雨期初期の季節が有望だが、フェノロジーのステージがバラバラのデータを利用するリスクがある。



# SARデータは地形の影響を強く受けます

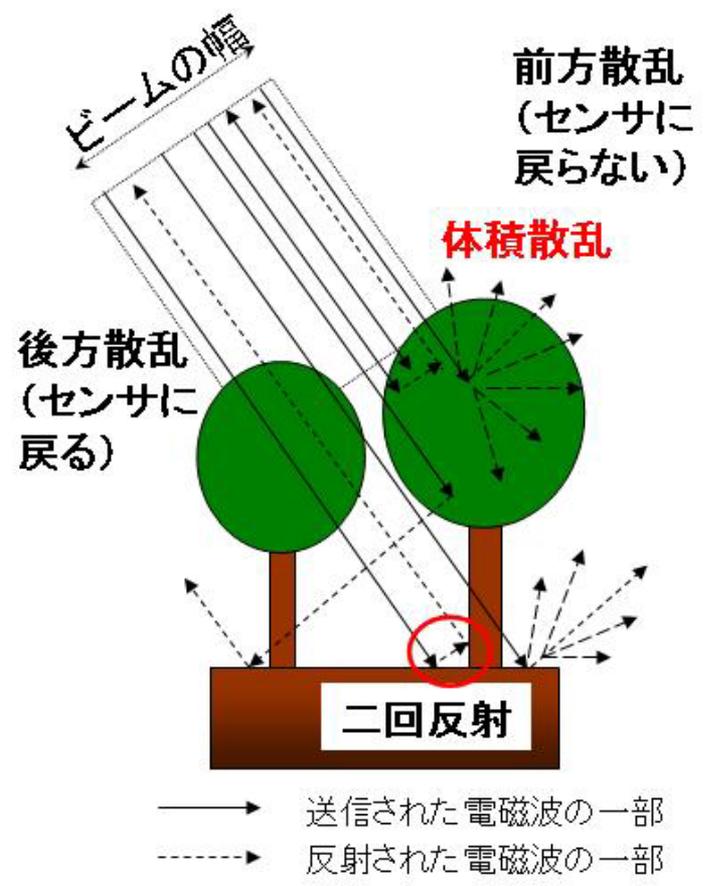
Beam direction ←



斜めに観測しているため、尾根が倒れ込んで写っています。PALSARデータは地理座標に関連づけられていますが、斜め観測と標高によって歪んでいます。



# SARの電磁波はどのように反射するのか？



SARから発せられた電磁波(縦波V、横波H)は、地表物に当たって反射します。

波長の長い電磁波は樹冠内部まで達し、枝葉や幹に当たって様々な方向に反射します。(体積散乱)

体積散乱では散乱の過程で電磁波の位相が変化するため、クロス偏波(HV,VH)の反射が強くなります。

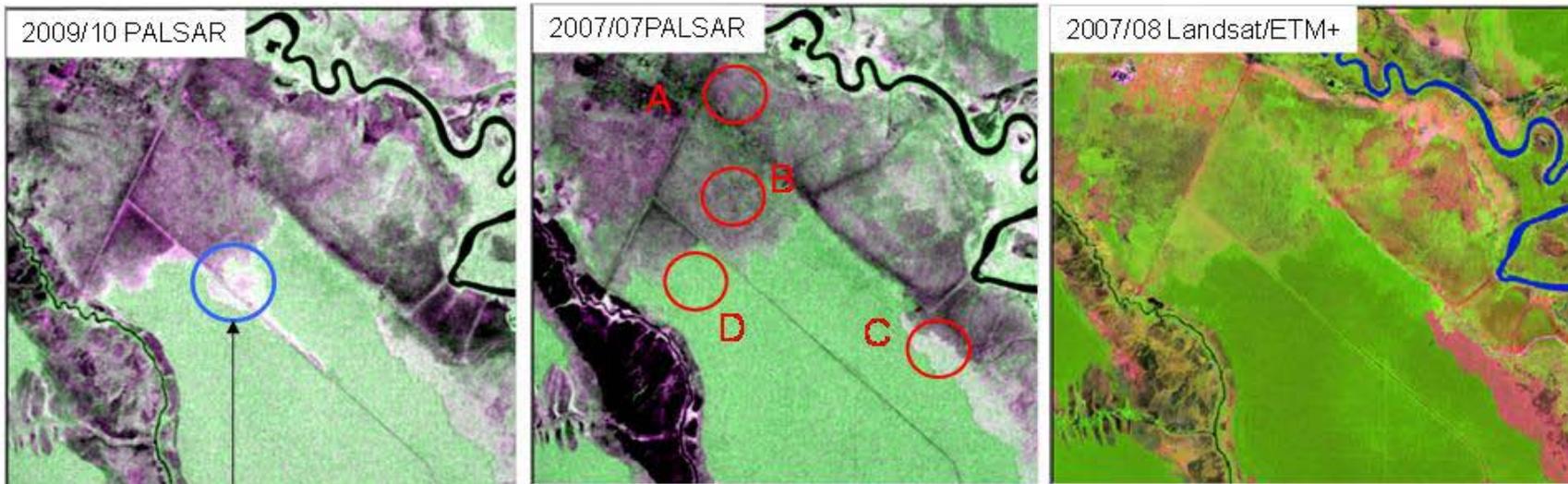
電磁波の一部は樹冠のギャップを通過して地面で反射し、さらに幹で反射してセンサに戻ります。(二回反射)

二回反射は滑らかな地面(水面)の上の疎林で顕著です。位相の変化が生じないため、ライク偏波(HH,VV)の反射が強くなります。





# 攪乱を受けた生態系の様子は？



火災直後

地上部バイオマス  $300\text{Mg ha}^{-1}$

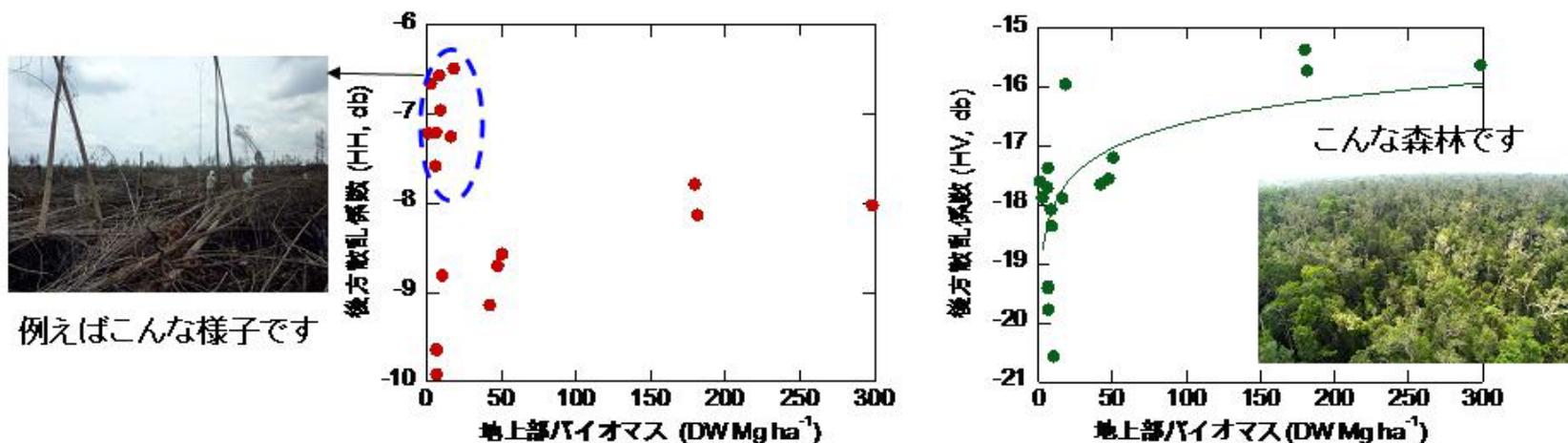




Gifu Univ.  
Y. Awaya

## バイオマスを推定できるのか？

SARは波長が長い方がバイオマスの推定に有利です。衛星搭載SARの中で一番長い波長を観測しているPALSARのデータとバイオマスの関係を調べてみました。

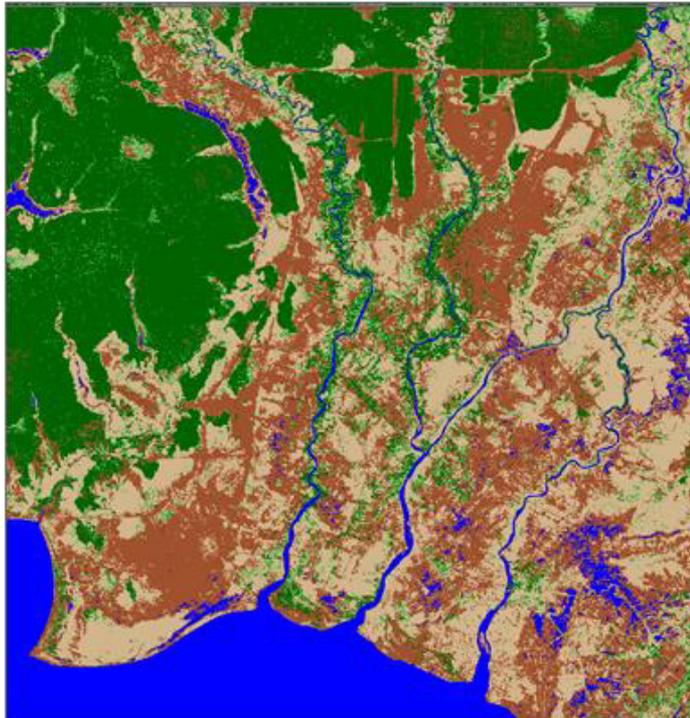


後方散乱係数は地表物が反射する電磁波の強度ですが、バイオマスが大きくなると飽和します。**PALSARデータでバイオマスが分かるのは、100～150ton/ha位までです。**

HHとHVを比べると、HHは地表の状況(二回反射)に影響されやすく、やや低いバイオマスで飽和するのでバイオマス推定には向いていません。



# 森林分布のマッピングーPALSARとETM+



PALSAR July 2007 レベルスライス・ISO-DATA



ETM+ Aug. 2007 ISO-DATA

森林・非森林の2分類だとETM+とPALSARの分類は似ています。しかし、河畔林などの不斉林や、強度の攪乱が入った林で違いが大きそうです。



Gifu Univ.

Y. Awaya

## SARの特徴 まとめ

1. 雲を透過して観測できるので、光学センサよりも高頻度、かつ同じ季節（フェノロジー）でデータを取得できます。  
但し、SARも季節変化（植生・環境）の影響を受けます。
2. 地形によってデータが歪むため、山岳地での利用が難しいです。  
地形補正の方法は提案されていますが、高精度のDEMが必要などの理由で、まだ一般的ではありません。
3. データが人の知覚と異なるため、受け入れられにくいようです。
4. 森林分布に限れば、TMデータと同等の判読が可能です。疎林や市街地でエラーが生じます。  
電磁波の散乱メカニズムを理解する必要があります。
5. 森林のタイプ（色）よりもバイオマスに準じた判読が適しています。
6. バイオマス推定に有効とされますが、低バイオマス（100～150ton/ha）で後方散乱係数が飽和します。
7. 湿地の疎林や伐採跡地、倒木地では二回反射のために解析エラーが生じます。
8. 森林では電磁波が干渉しにくいいため、インターフェロメトリによる樹冠高の解析が非常に困難です。



# 森林リモートセンシング まとめ

## 光学センサ:

1. 被覆物の色を記録していて、森林タイプの分類や蓄積推定などに利用されますが、観測角や地形や季節変化の影響を受けます。
2. 季節の違うデータを解析すると、再現性の高い結果を得にくくなります。
3. 開葉と落葉の時期は変化が大きいいため、シーン中で解析精度にバラツキが生じます。

## LiDAR:

4. 高さの測定精度が高いですが、急斜面や密な森林では地盤高の精度が低いいため、樹冠高の推定精度が低くなります。
5. 樹冠体積に基づいて蓄積を推定できます。
6. リモートセンシングの中では最も高精度の森林情報が得られます。

## SAR:

7. 雲を透過して観測できるメリットがありますが、地形によってデータが歪むため、山岳地での利用が困難です。
8. 森林分布に限れば、TMデータと同等の判読が可能です。疎林や市街地でエラーが生じます。電磁波の散乱メカニズムを理解しておく必要があります。
9. 森林のタイプ(色)よりもバイオマスに準じた判読が適しています。



Gifu Univ.  
Y. Awaya

## REDDでの森林解析に向けて

熱帯雨林や熱帯季節林は雲の出現頻度が高い地域に成立しているため、雲に邪魔されて光学センサのデータでは森林モニタリングが困難なことがあります。

このため、光学センサのデータが観測できない部分については、SARデータや空中写真を利用することが必要かもしれません。ただし、光学センサの観測が困難なエリアは山岳地なので、どのセンサを利用しても、解析は難しいでしょう。

分類については、季節変化が影響しないように配慮することが必要です。また、**段階目標を設定した方が良いでしょう。**例えば、

第1段階 森林－非森林の分類 分類精度 90%

第2段階 土地被覆の分類 5～10クラス 分類精度 70%

森林(土地被覆)が断片化すると、分類精度は下がります。**断片化の状況に応じて分類の目標精度を設定する必要があるでしょう。**

バイオマスについては、SARやLiDARで推定するよりも、森林タイプの分類結果に原単位を割り振るほうが容易です。どのような原単位を設定するのかで、バイオマスの推定精度が変わります。

**分類でもバイオマス推定でも、地上データなどでしっかりと解析結果の精度を検証することが、もっとも重要です。**