



# REDD+

Reducing Emission from Deforestation  
and Forest Degradation-plus

平成24年度 応用講習②

## 第3章

# リモートセンシングを用いた 森林面積の把握手法

一般社団法人 日本森林技術協会  
古田 朝子

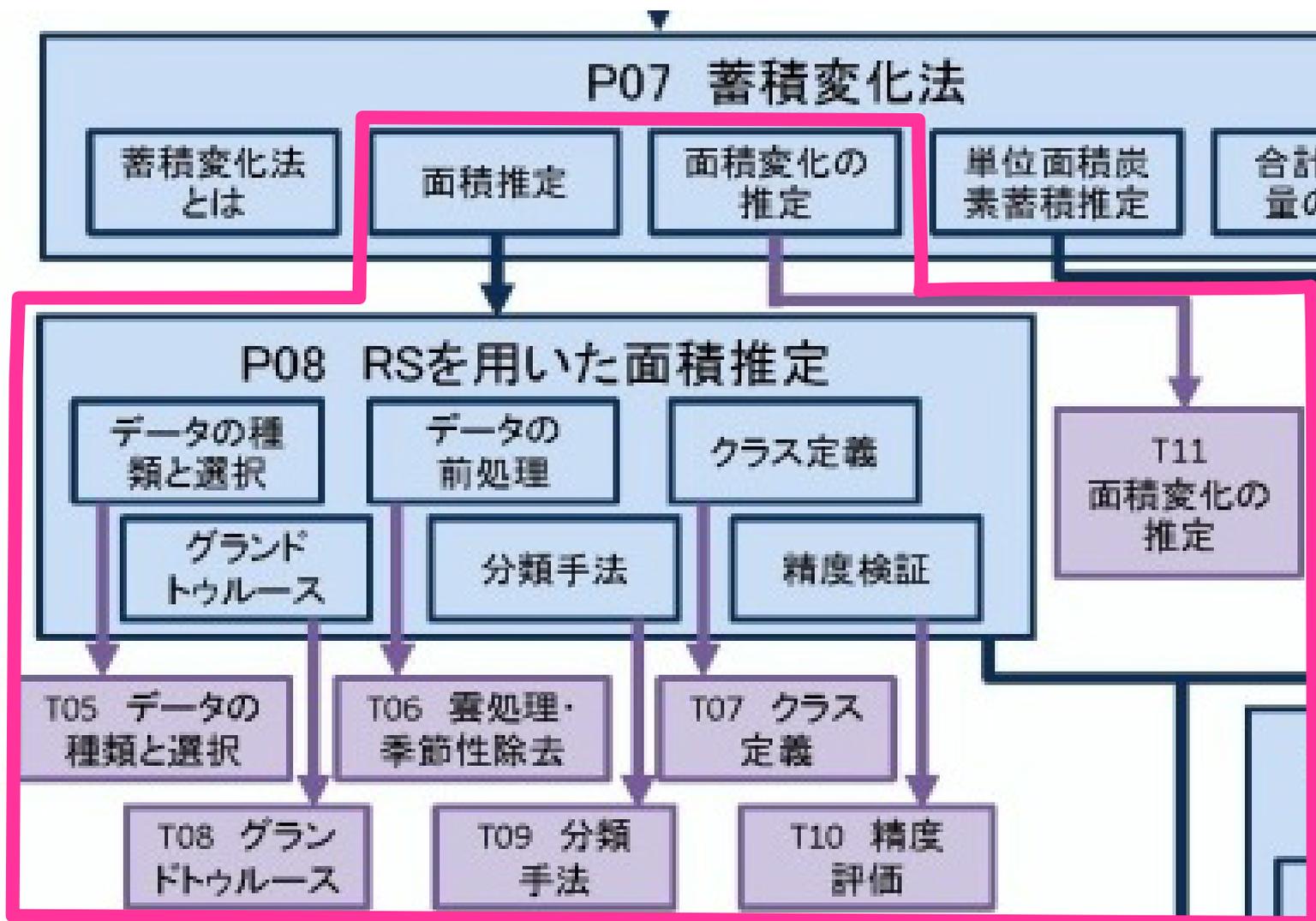


# 目次

- 基礎講習の振り返り
- 実習
  - － 基本操作
  - － 衛星画像の表示と各バンドの特徴の確認
  - － 分類
  - － 精度検証
  - － 変化抽出(GISの実習)



# Cookbookの該当レシピ



# モニタリングアプローチの選択と実施

## 2.1.2.4 Selection and implementation of a monitoring approach - deforestation

### モニタリングアプローチの選択と実施－森林減少

- Step1: Selection of the forest definition  
森林の定義
- Step2: Designation of forest area for acquiring satellite data  
衛星画像取得の対象エリア
- Step3: Selection of satellite imagery and coverage  
衛星画像と対象範囲の選択【Cookbook Recipe T05】
- Step4: Decisions for sampling versus wall to wall coverage  
サンプリングvs全域の決定
- Step5: Process and analyze the satellite data  
衛星データの処理と解析【Cookbook Recipe T06,08,09】
- Step6: Accuracy assessment  
精度検証【Cookbook Recipe T10】

## 2.1.2.5 Monitoring of increases in forest area – forestation

### 森林回復のモニタリング



# Step1: Selection of the forest definition

## 森林の定義

**Table 1.2.1.** Existing frameworks for the Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF) sector under the UNFCCC and the Kyoto Protocol.

Land Use, Land Use Change and Forestry		
UNFCCC (2003 GPG and 2006 GL-AFOLU)	Kyoto	Kyoto-Flexibility
<p><b>Six land use classes and conversion between them:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Forest land</li> <li>Cropland</li> <li>Grassland</li> <li>Wetlands</li> <li>Settlements</li> <li>Other Land</li> </ul>	<p><b>Article 3.3</b></p> <p>Afforestation, Reforestation, Deforestation</p> <p><b>Article 3.4</b></p> <p>Cropland management Grazing land management Forest management Revegetation</p>	<p><b>CDM</b></p> <p>Afforestation Reforestation</p>
<p>Deforestation= forest land converted to another land category</p>	<p>Controlled by the Rules and Modalities (including Definitions) included in COP/MOP Decisions (for a full set of, see <a href="http://www.unfccc.int">www.unfccc.int</a>)</p>	



- Step2: Designation of forest area for acquiring satellite data

## 衛星画像取得の対象エリア

- ✓ 国土のすべての森林を含むこと
- ✓ 森林域について、評価期間中の変化を全てモニタリングすること



## ● Step3: Selection of satellite imagery and coverage

### 衛星画像と適用範囲

#### ✓ Cookbook Recipe T05参照

#### ✓ プラットフォーム・センサ・空間分解能・波長分解能・時間分解能・現在/過去/未来・ソフトウェア

表 T05-1 代表的な光学衛星センサのスペックおよびデータ価格

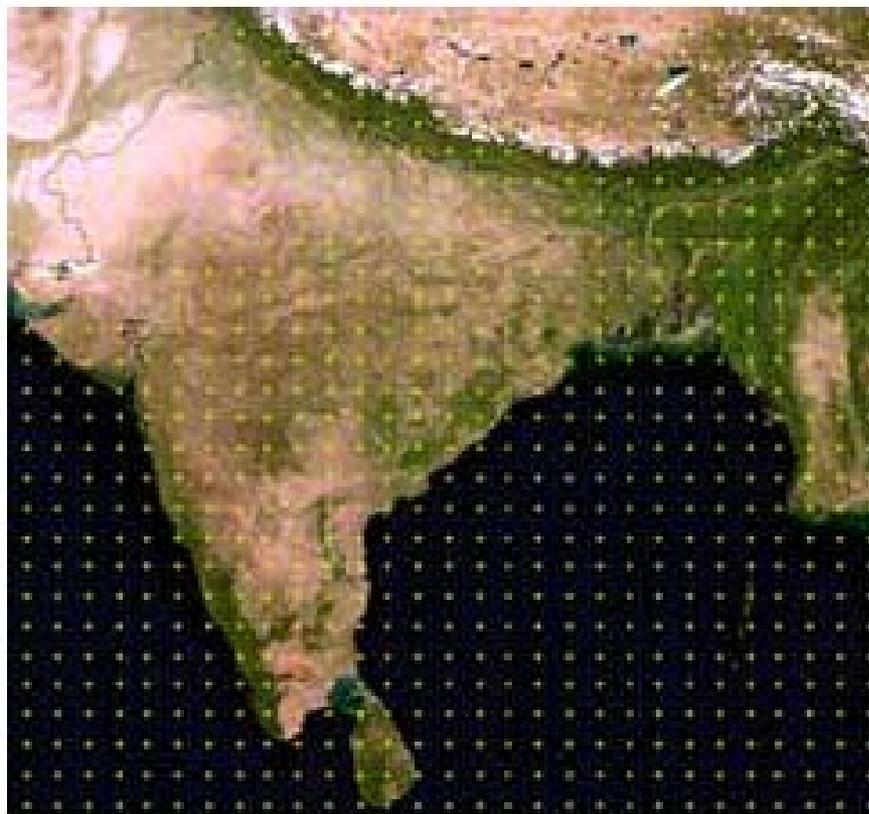
衛星	センサ	打ち上げ年	運用終了年	地上解像度	観測幅 (km)	斜め観測	観測波長帯 (括弧内はバンド数)	高度 (km)	回帰日数 (日)	再帰観測 (日)	注文撮影	フルシーン価格 (円)	単価 (円/km <sup>2</sup> )	センサ開発・運用	コメント
Landsat 1-3	MSS	1972	1983	68 × 83cm	185	×	可視 (2)、近赤外 (2)	915	18	18	×	40,740 ※	1.3	合衆国 (NASA)	※合衆国 USGS アーカイブ Landsat データは無料で公開 ( <a href="http://glovis.usgs.gov/">http://glovis.usgs.gov/</a> 、 <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a> )
Landsat 4-5	MSS	1982	1995*	68 × 83cm	185	×	可視 (2)、近赤外 (2)	705	16	16	×	40,740 ※	1.3	合衆国 (NASA)	*2012年に1部観測再開
	TM	1982	運転中*	30cm (バンド6:120cm)	185	×	可視 (3)、近赤外 (1)、中間赤外 (2)、熱赤外 (1)				×	88,200 ※	2.8		*2011年より休止中
Landsat 7	ETM+	1999	運転中*	30cm (バンド6:60cm、バンド8:15cm)	183	×	可視 (3)、近赤外 (1)、中間赤外 (2)、熱赤外 (1) 可視 ~ 近赤外 (1)	705	16	16	×	88,200 ※	2.8	合衆国 (NASA)	*2003年より SLC-off
Eo 1	ALI-Pan, MS	2000	運転中	MS: 30cm Pan: 10cm	37	×	Pan: 可視 (1) MS: 可視 (4)、近赤外 (3)、中間赤外 (3)	705	16	16		0	0	合衆国 (NASA)	<a href="http://eo1.usgs.gov/">http://eo1.usgs.gov/</a> より無料ダウンロード可
	Hyperion			30m	7.5	×	可視 ~ 中間赤外 (220)								
EOS-Terra/ EOS-Aqua	MODIS	1999	運転中	250m/500m/ 1km	2330	×	250m: 可視 (1)、近赤外 (1) 500m: 可視 (2)、近赤外 (1)、中間赤外 (2) 1km: 可視 (7)、近赤外 (5)、中間赤外 (9)、熱赤外 (8)	705	16	16		0	0	合衆国 (NASA)	<a href="http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/">http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/</a> より無料ダウンロード可

REDD+CookBookより



# Step4: Decisions for sampling versus wall to wall coverage サンプリングvs全域の決定

Example of systematic sampling



Example of stratified sampling



GOFC-GOLDホームページ <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/>

# データの選択 (Recipe T05)

The screenshot displays the Earth Explorer interface. The search criteria summary shows a single result for the data set TM (1984-1997). The sidebar on the left provides search controls and metadata for the selected entity (ETP124R52\_5T19901230).

**Search Criteria Summary (Show)**

Clear Criteria

(coordinates) Options Overlays 地図 航空写真

**4. Search Results**

If you selected more than one data set to search, use the dropdown to see the search results for each specific data set.

Show Result Controls

Data Set: TM (1984-1997) Export Metadata

« First » Previous 1 Next » Last »

Displaying 1 - 1 of 1

Entity ID: ETP124R52\_5T19901230  
Acquisition Date: 30-DEC-90  
Path: 124  
Row: 52

« First » Previous 1 Next » Last »

Submit Standing Request »

The up-to-date Google map is not for purchase or for download; it is to be used as a guide for reference and search purposes only.

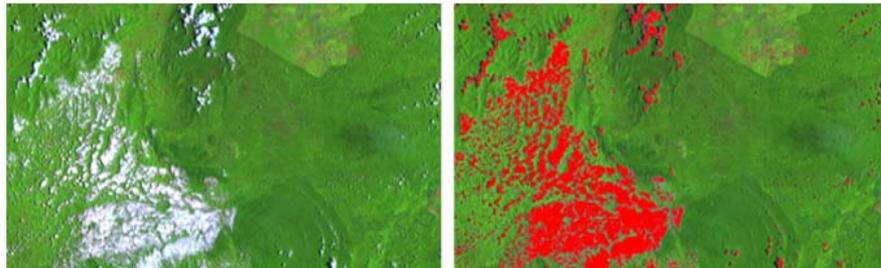
Accessibility FOIA Privacy Policies and Notices Google Maps API Disclaimer

U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey  
URL: <http://earthexplorer.usgs.gov>  
Page Contact Information: [lia@usgs.gov](mailto:lia@usgs.gov)

USA.gov TAKE PRIDE IN AMERICA

# 雲の除去・季節性の調整データの選択 (Recipe T06)

## ● 雲の除去



処理前

処理後

図 T06-1 雲抽出の例

Landsat7 ETM+ 画像 (マレーシア)。画像上で目視判読により雲の輝度の閾値を調整して抽出した。

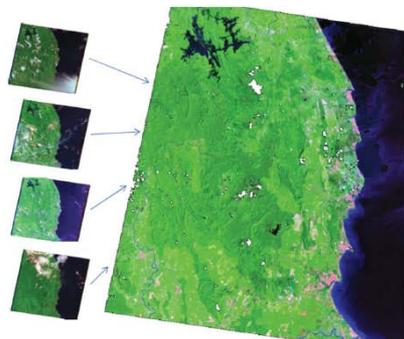
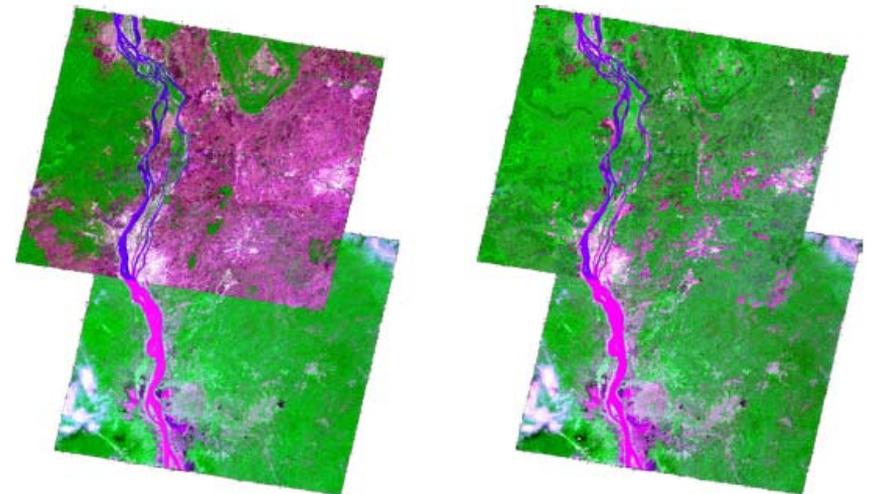


図 T06-2 雲なしのモザイク画像

Landsat7 ETM+ 画像 (マレーシア)。INFO<sup>1)</sup> により雲を除去してモザイクした。白い部分はすべての画像で雲がかなり除去しきれなかった部分である。

REDD+CookBookより

## ● 季節性の影響



処理前

処理後

### 季節変化の影響の除去の例(Langner, 未発表)

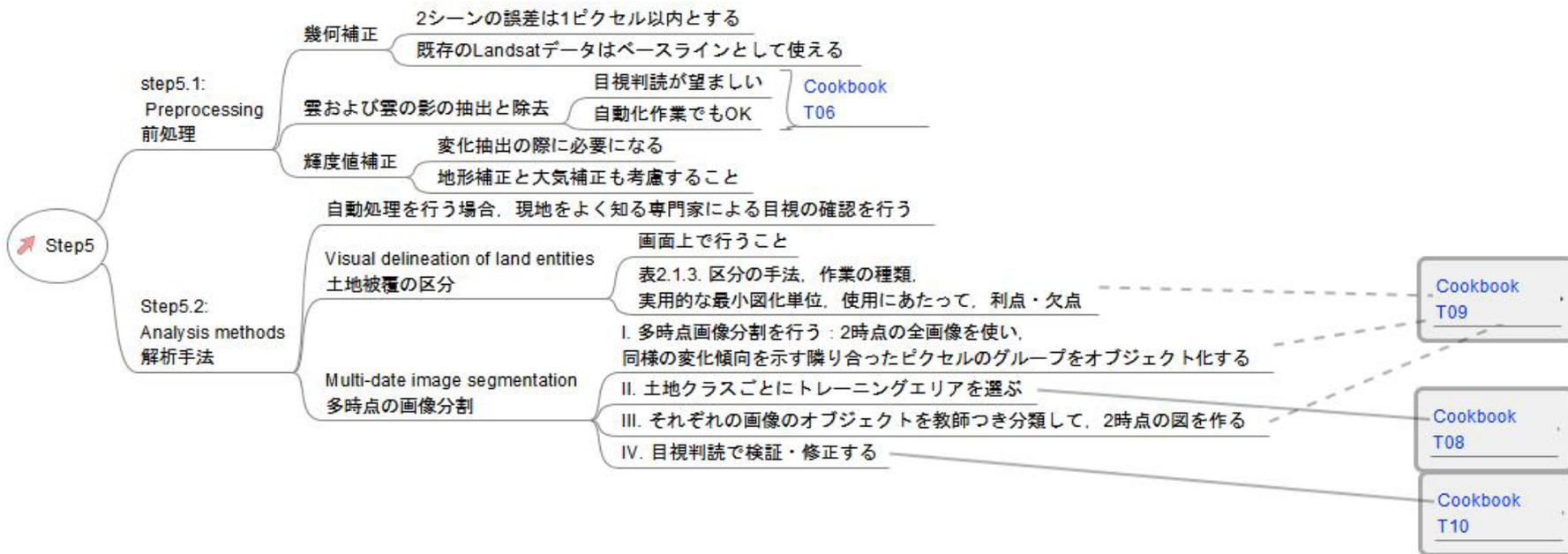
SPOT4 HRVIR 画像(カンボジア)。上部の画像は既に乾季の最中だったために落葉樹林では落葉が進みピンクに見えるが、季節性を調整することにより落葉前の反射を復元でき、不自然な画像のつなぎ目も減少した。

© CNES2007, Distribution Astrium Services/ Tokyo Spot Image



# Step5: Process and analyze the satellite data

## 衛星データの処理と解析





# クラスの定義 (RecipeT07)

- 完全かつ排他的なクラス

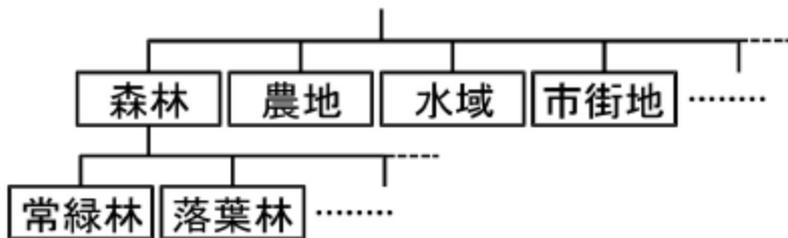


図 T07-1 クラスの階層構造

REDD+CookBookより

- 求められる分類クラス

ユーザーが求める分類項目と、リモートセンシングから実際に分類可能なクラスが必ずしも一致するわけではない。

- 分類後のクラスの統合

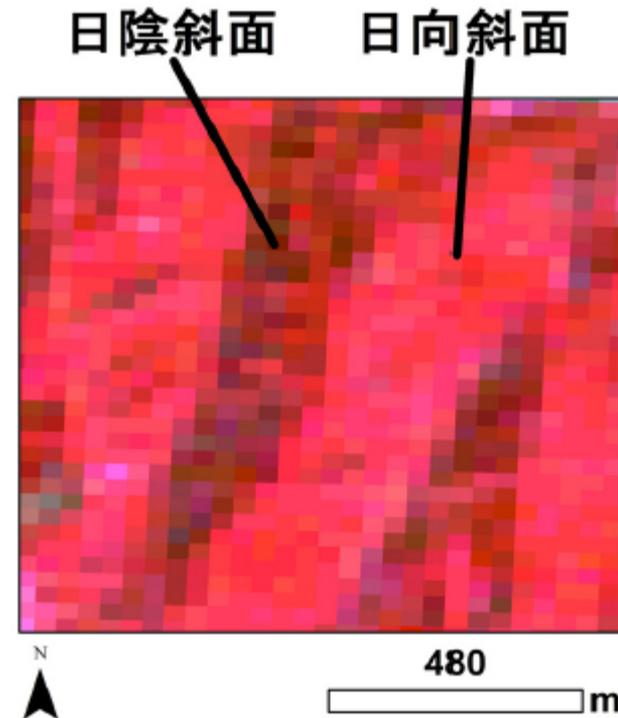


図 T07-2 日向斜面と日陰斜面の森

REDD+CookBookより

# 分類手法 ( Recipe T09 )

Table 2.1.3. Main analysis methods for moderate resolution (~ 30 m) imagery.

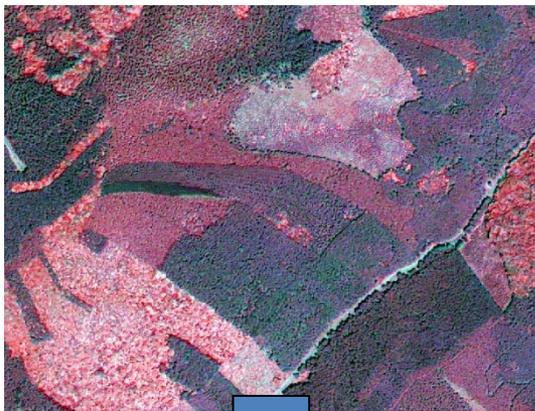
Method for delineation	Method for class labeling	Practical minimum mapping unit	Principles for use	Advantages / limitations
Dot interpretation (dots sample)	Visual interpretation	< 0.1 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- multiple date preferable to single date interpretation</li> <li>- On screen preferable to printouts interpretation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- closest to classical forestry inventories</li> <li>- very accurate although interpreter dependent</li> <li>- no map of changes</li> </ul>
Visual delineation (full image)	Visual interpretation	5 - 10 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- multiple date analysis preferable</li> <li>- On screen digitizing preferable to delineation on printouts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- easy to implement</li> <li>- time consuming</li> <li>- interpreter dependent</li> </ul>
Pixel based classification	Supervised labeling (with training and correction phases)	<1 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- selection of common spectral training set from multiple dates / images preferable</li> <li>- filtering needed to avoid noise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- difficult to implement</li> <li>- training phase needed</li> </ul>
	Unsupervised clustering + Visual labeling	<1 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- interdependent (multiple date) labeling preferable</li> <li>- filtering needed to avoid noise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- difficult to implement</li> <li>- noisy effect without filtering</li> </ul>
Object based segmentation	Supervised labeling (with training and correction phases)	1 - 5 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- multiple date segmentation preferable</li> <li>- selection of common spectral training set from multiple dates / images preferable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- more reproducible than visual delineation</li> <li>- training phase needed</li> </ul>
	Unsupervised clustering + Visual labeling	1 - 5 ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>- multiple date segmentation preferable</li> <li>- interdependent (multiple date) labeling of single date images preferable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- more reproducible than visual delineation</li> </ul>



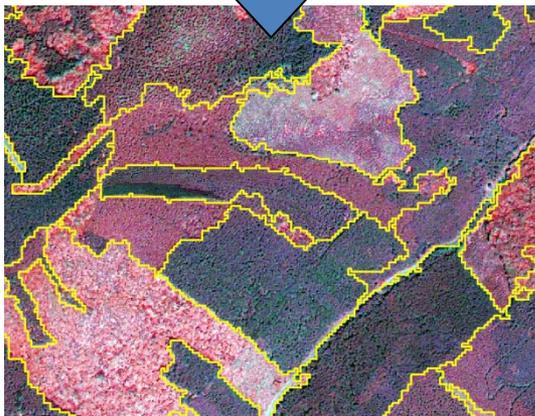
# 画像分類手法の比較

手法	長所	短所
自動分類 - オブジェクトベース分類	高分解能の衛星画像の分類に適しているため、詳細な分類図を得られる	分類のためのパラメータ設定が複雑
自動分類 - ピクセルベース分類	作業者の技術力によらず、比較的均質な成果を得られる	高分解能の衛星画像の分類には適さない
手動分類 - 目視判読	分類精度が高い	経験にもとづく技術力が必要であり、また作業量が多くなる

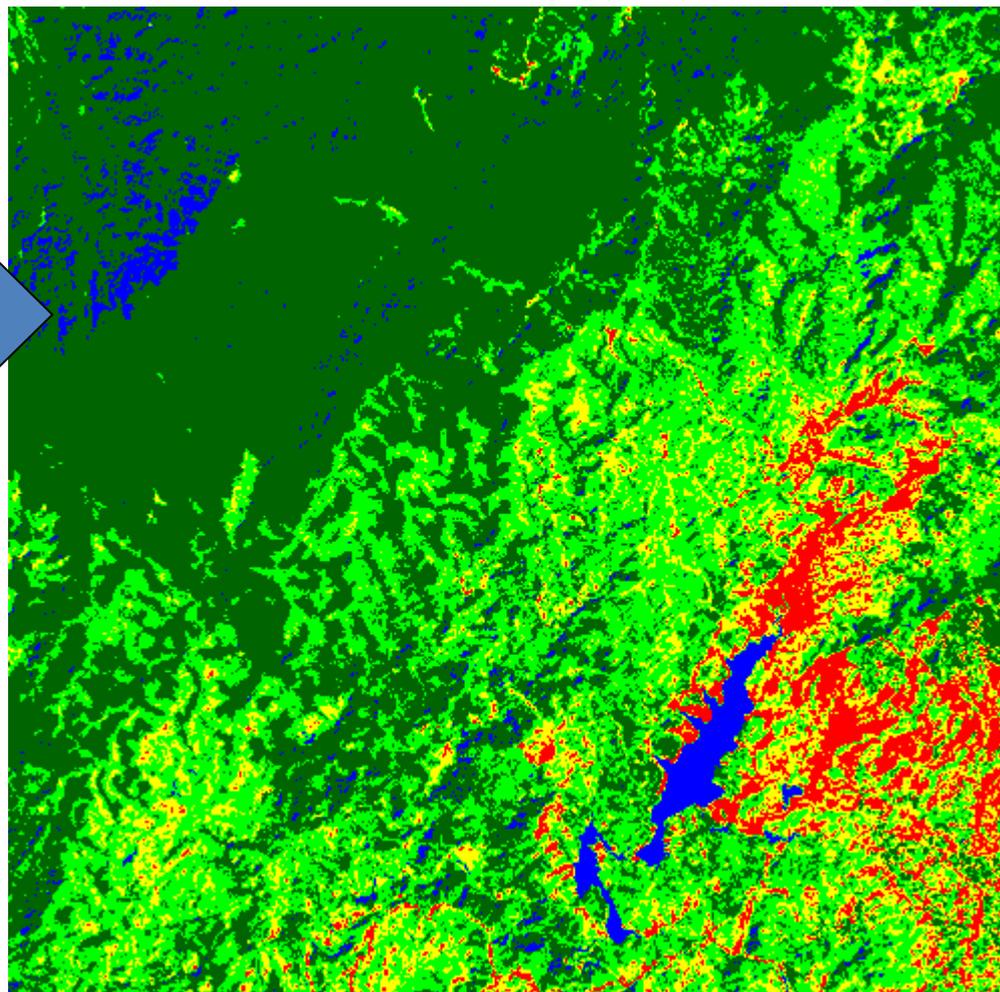
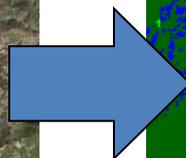
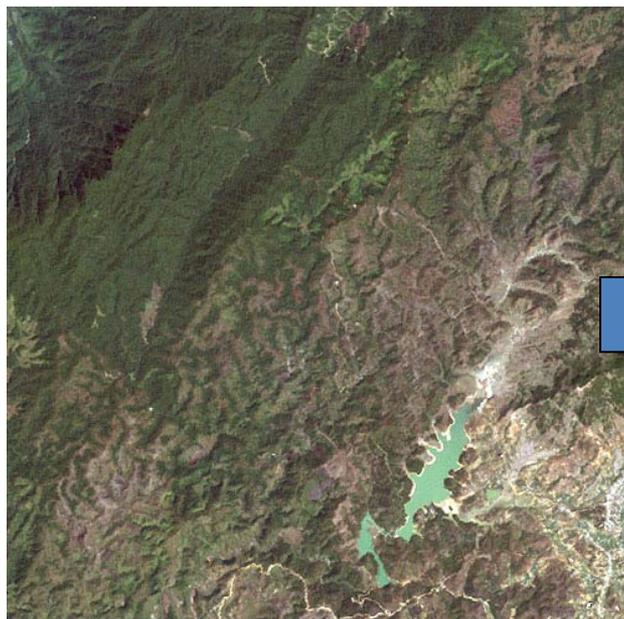
# オブジェクトベース分類



セグメンテーションと呼ばれる処理により、  
スペクトル情報や形状情報に基づいたオ  
ブジェクト(ピクセルの集合)が生成される



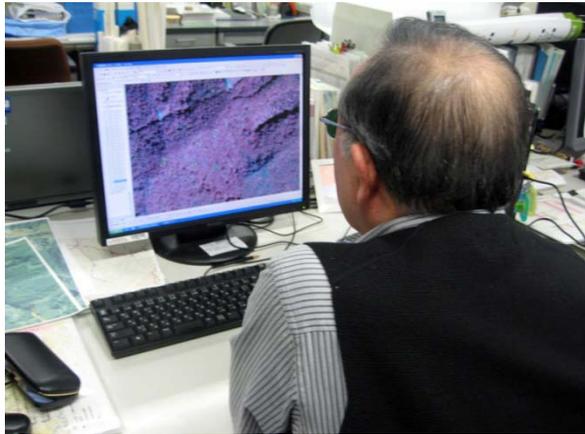
# ピクセルベース分類



類似したスペクトル情報を持つピクセルを振り分ける。空間分解能の低い衛星画像の分類に適す



# 目視判読

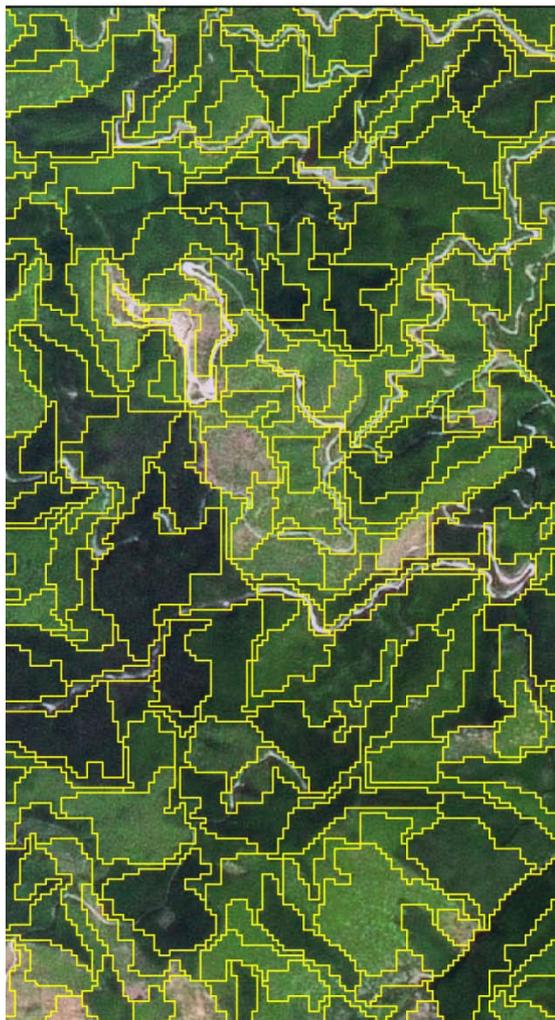


対象物の持つ『色調』『形状』『大きさ』  
『きめ』『模様』などを手がかりにした作  
業者の判断により分類する

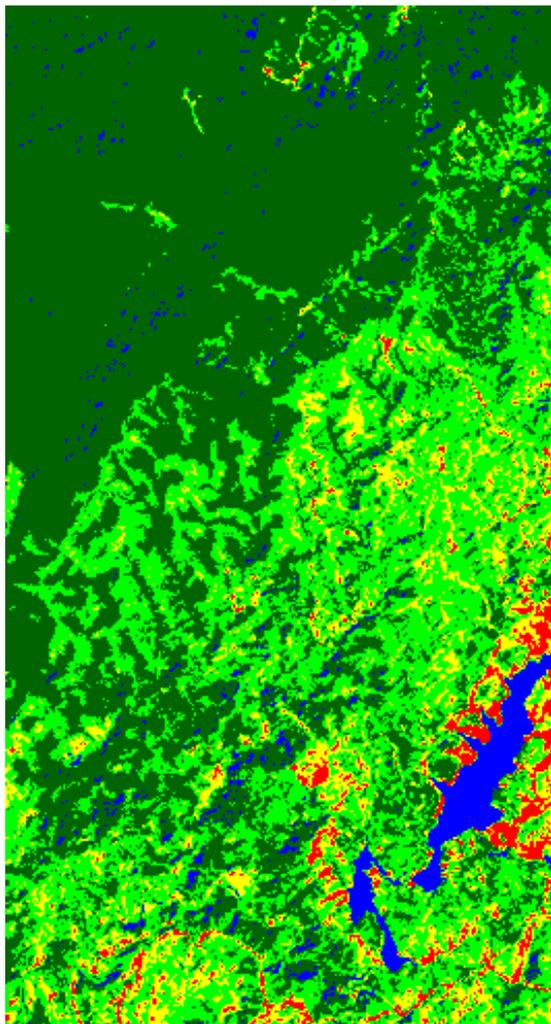


# 3つの分類方法の比較

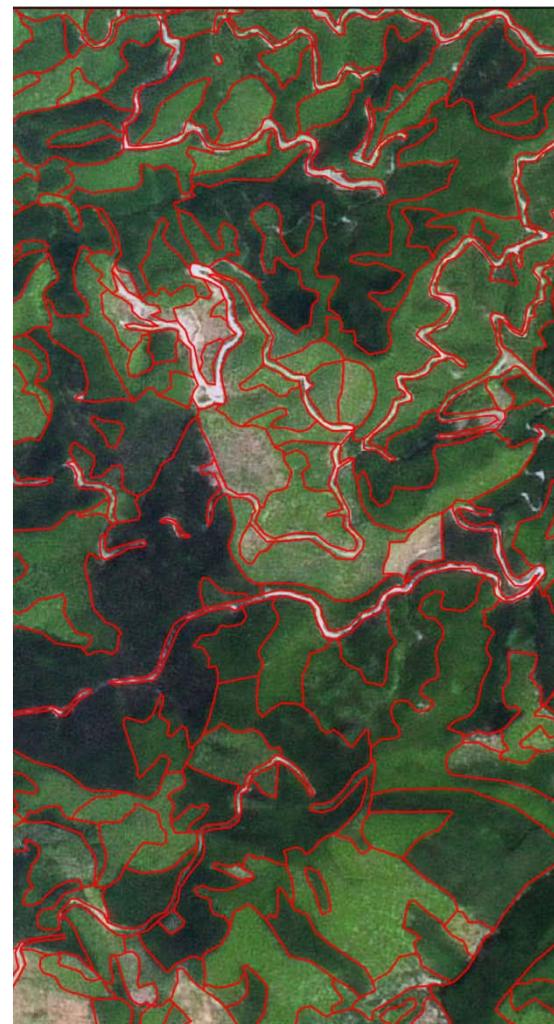
オブジェクトベース分類



ピクセルベース分類



目視判読



# オブジェクト分類に対応したソフトウェア

ソフトウェア	開発社
eCognition	Trimble
Feature Analyst for ArcGIS	Overwatch Systems
ENVI EX	EXELIS
Picasso	(株) つくばアグリサイエンス

## Feature Analyst for ArcGIS

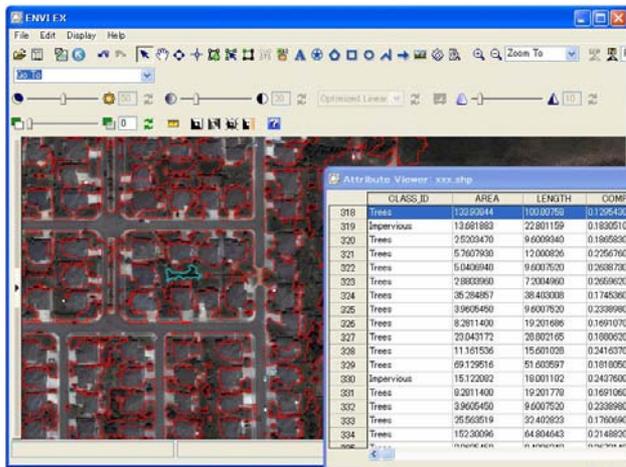
### 建物抽出



<属性の自動付与>

ESRIジャパンHPより  
<http://www.esrij.com/>

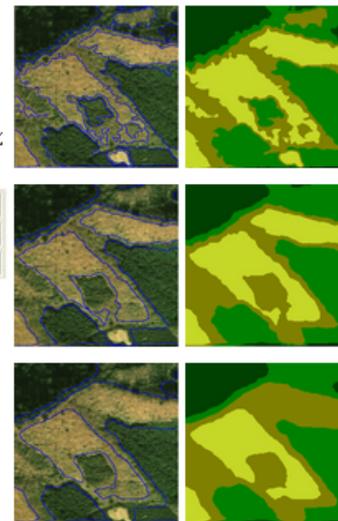
## ENVI EX



## Picasso

マルチモード  
 閾値を3段階に設定して並列処理もできます。同時に3つの結果を比較・出力できます。

Simplify segmentation  
 multi mode  
 3つの結果を連続でムービー再生できます。

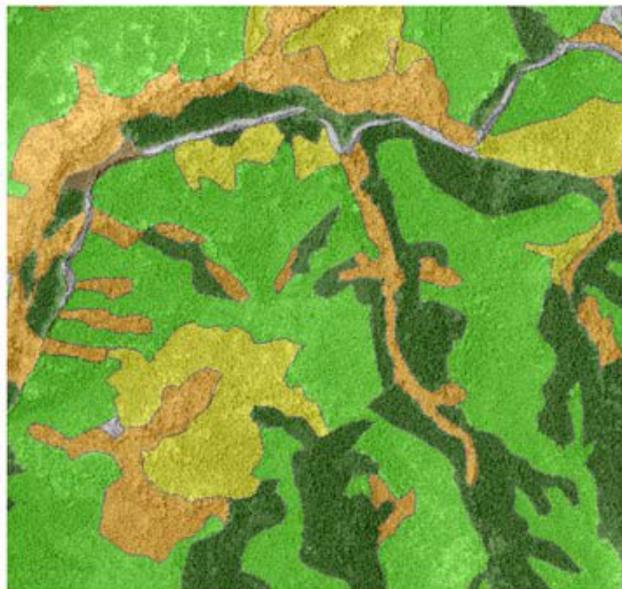


(株) つくばアグリサイエンス  
[HPhttp://www.tsukuba-agricience.com/](http://www.tsukuba-agricience.com/)

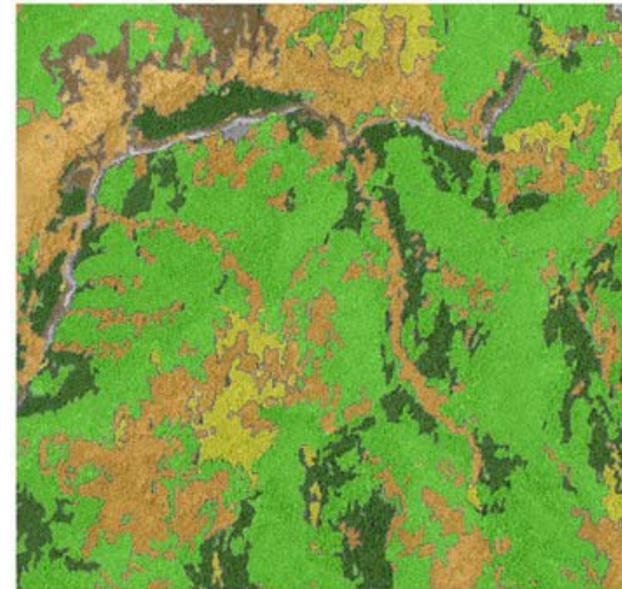
# 区画分類の仕組み

- 区画内の画素値から算出した統計量に基づき、区画を分類
  - 各バンドごと、およびバンド間演算 (NDVIなど) の平均、標準偏差、最大最小など

空中写真 - 目視判読



IKONOS - eCognition

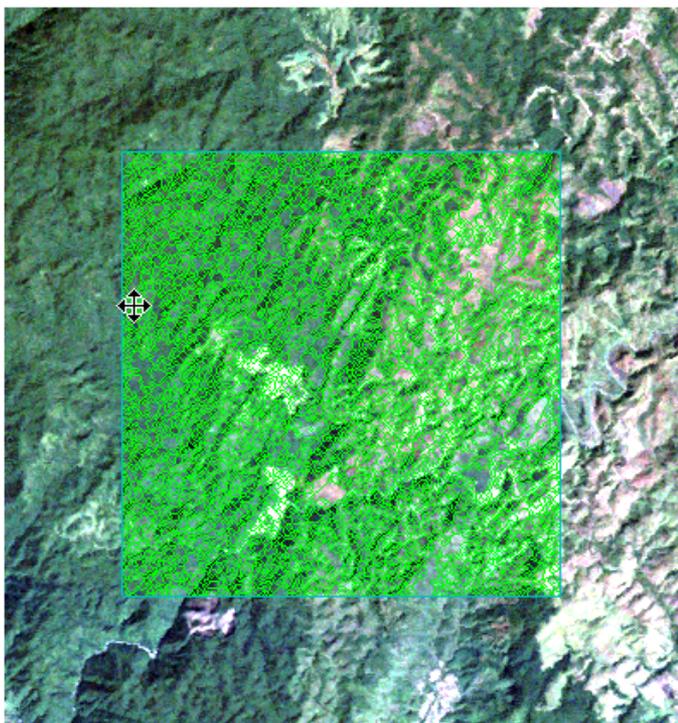


# ENVI EXの画像分割

## – Segment

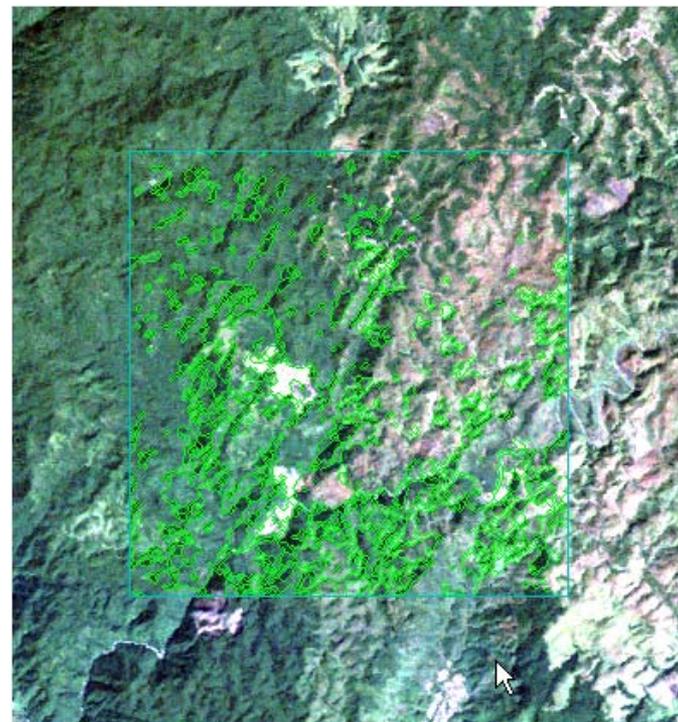
- 明るさや色, テクスチャなどの局所特徴の不連続部分を抽出して対象の輪郭を求め, エッジ検出をするアルゴリズム

Scale Level 20



境界を作りたいところに線がある

Scale Level 60



土地利用の境界に線がない箇所が多い

# ENVI EXの画像分割

- Merge

- スペクトルおよび空間的情報を組あわせ、隣接部分を融合するアルゴリズム。隣接するRegion iとjが下式から得られる閾値より小さくなる場合、融合

$$t_{i,j} = \frac{\frac{|O_i| \cdot |O_j|}{|O_i| + |O_j|} \cdot \|u_i - u_j\|^2}{\text{length}(\partial(O_i, O_j))}$$

$O_i$  : 画像のRegion i

$|O_i|$  : Region iの面積

$u_i$  : Region iの平均値

$u_j$  : Region jの平均値

$\|u_i - u_j\|$  : Region iとRegion j のスペクトル値のユークリッド

$\text{Length}(\partial(O_i, O_j))$  :  $O_i$ と $O_j$ のcommon 境界の長さ

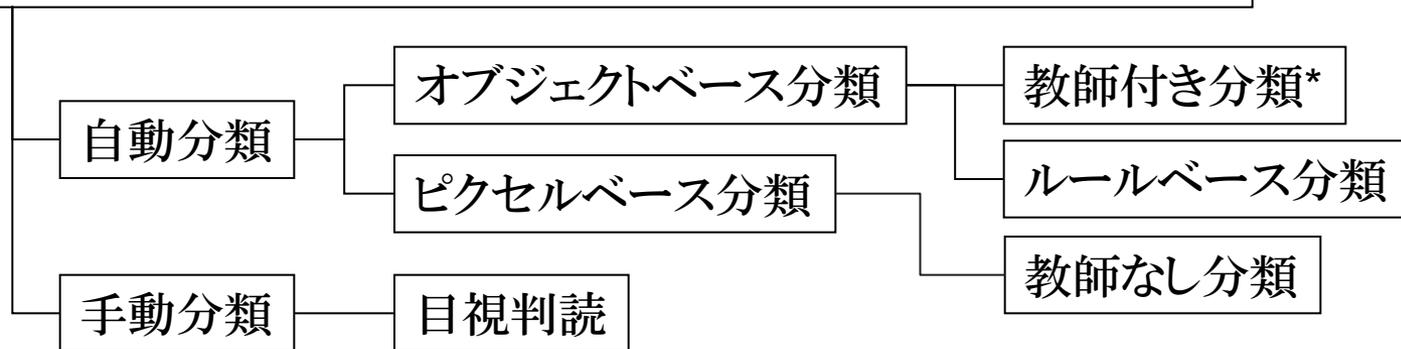


# 時系列解析



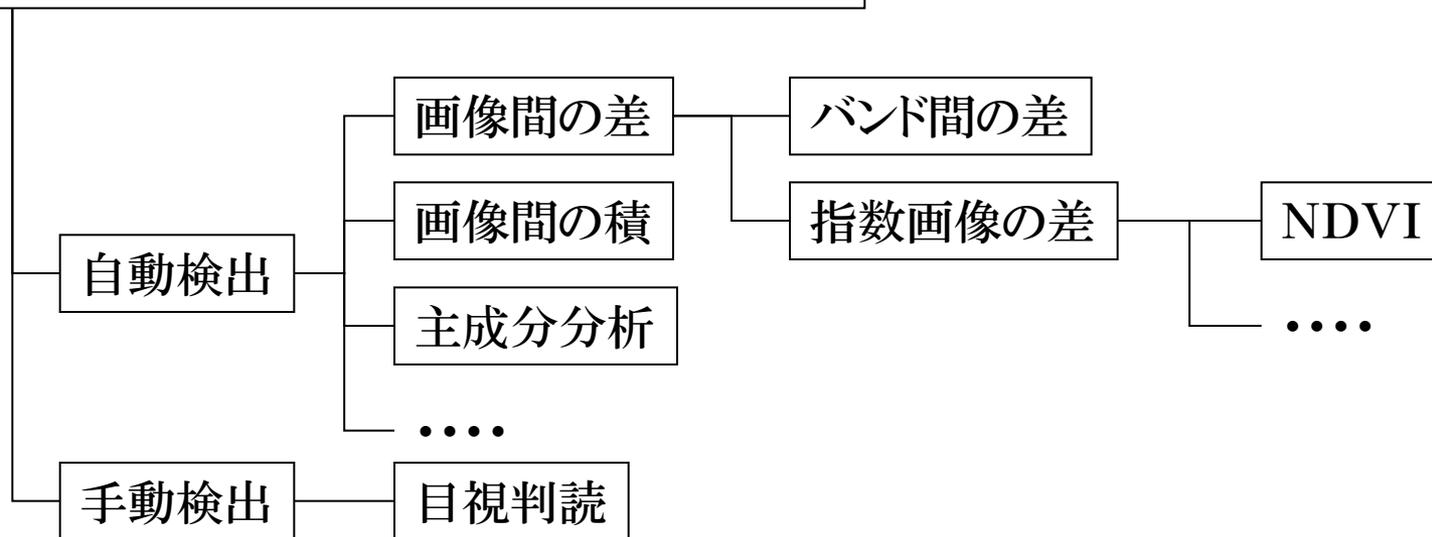
# 変化抽出技術の分類

## [1] 各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成して差分をとる方法

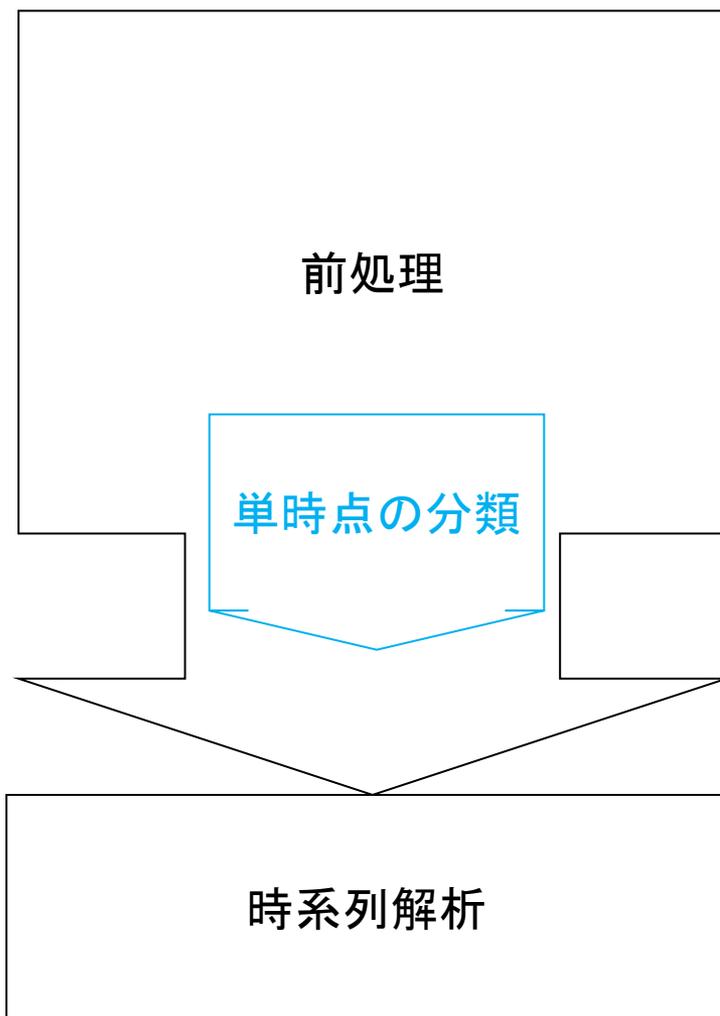


\*:ピクセルベース分類でも

## [2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法



# リモートセンシングデータを用いた 土地利被覆区分の時系列解析の流れ



幾何補正  
大気補正  
地形補正  
DN→反射率変換

オブジェクト分類  
ピクセル分類  
目視判読

分類結果の差によるもの  
2時点の画像間の変化を  
直接検出する方法

# 変化抽出技術の特徴(1)

	長所	短所
[1] 各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成して差分をとる方法	作成した分類図から炭素量への換算が比較的容易	分類結果に誤差が多く、2時点の比較が困難になる
[2] 2時点の画像間の変化を直接検出する方法	変化のある箇所を検出精度は比較的高い	炭素量への換算が困難 2時点の画像の幾何補正が正確になされていない はならない

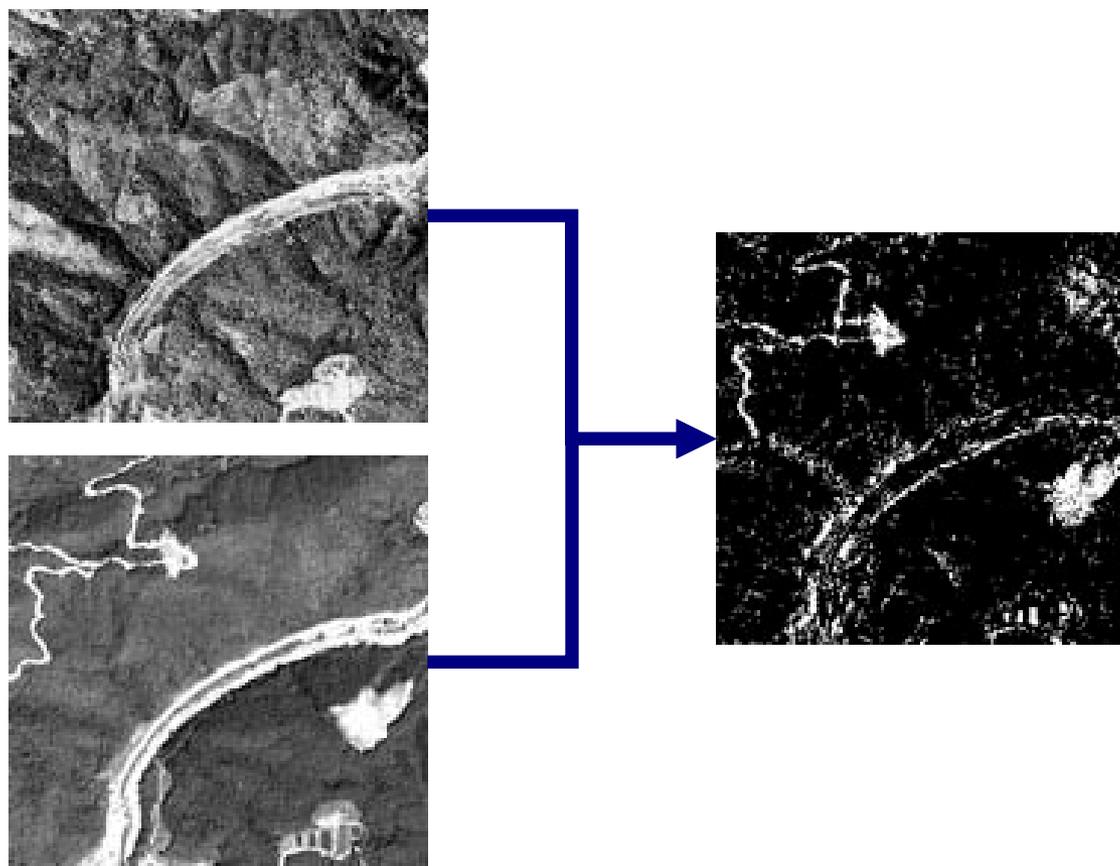
## 変化抽出技術の特徴(2)

『各時点でそれぞれ森林タイプ分類図を作成し差分をとる方法』の各分類手法

	長所	短所
自動分類 - オブジェクトベース分類	高分解能の衛星画像の分類に適しているため、詳細な分類図を得られる 均質な森林タイプごとにまとまりを形成できる	分類のためのパラメータ設定が複雑
自動分類 - ピクセルベース分類	作業者の技術力によらず、比較的均質な成果を得られる	高分解能の衛星画像の分類には適さない ノイズが含まれる
手動分類 - 目視判読	分類精度が高い	経験にもとづく技術力が必要であり、また作業量が多くなる

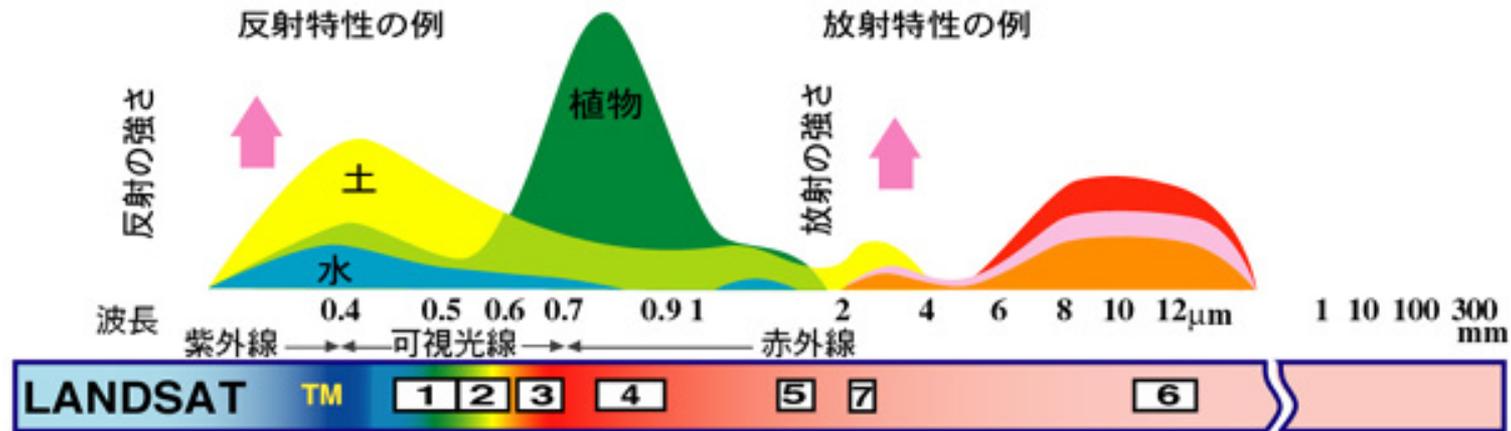
## 変化抽出技術の特徴(3)

- 『2時点の画像間の変化を直接検出する方法』には様々な手法がある。
- 代表的な手法としては『バンド間の差』『NDVI画像の差』『主成分分析』など。
- 一般的に、分類図を作成して差分をとる方法より高い精度で変化を抽出できる。



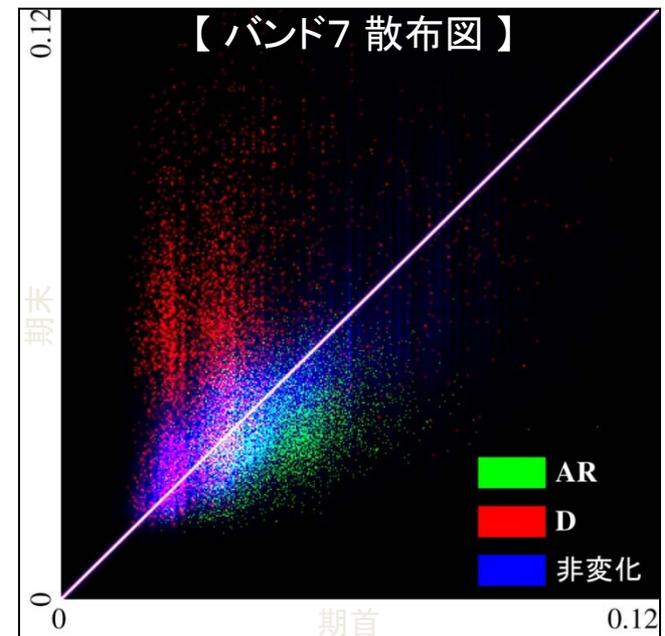
# バンド間の差分による検出

[2] 変化を検出する方法



RESTECホームページより  
<http://www.restec.or.jp/>

- ▶各バンドは地表面の様々な特徴をとらえている。
- ▶森林の変化検出にはLANDSATバンド7(短波長赤外線)がよく用いられる。
- ▶一般的に、植林による変化より伐採による変化のほうが検出しやすい。

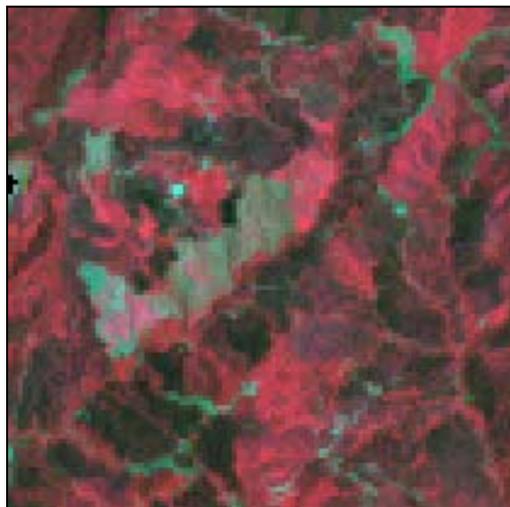




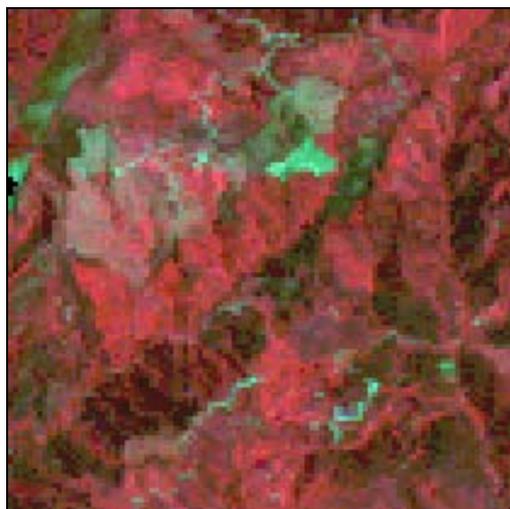
# バンド間の差分による検出

[2] 変化を検出する方法

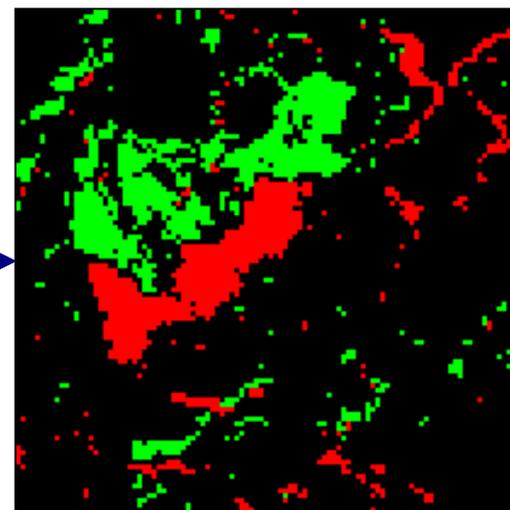
期首画像  
LANDSA 1992年



期末画像  
LANDSA 2002年



バンド7差分画像  
(緑: 植林、赤: 伐採)



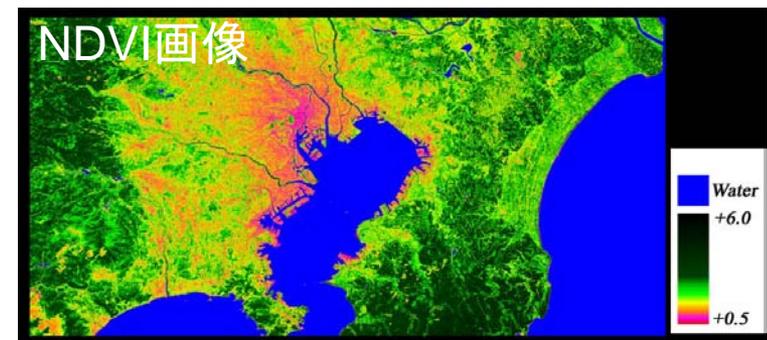
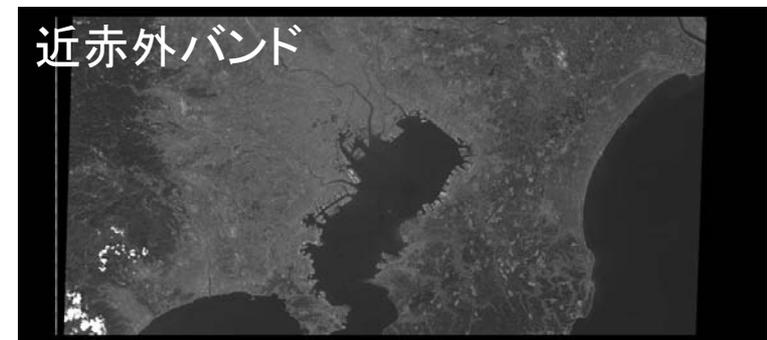
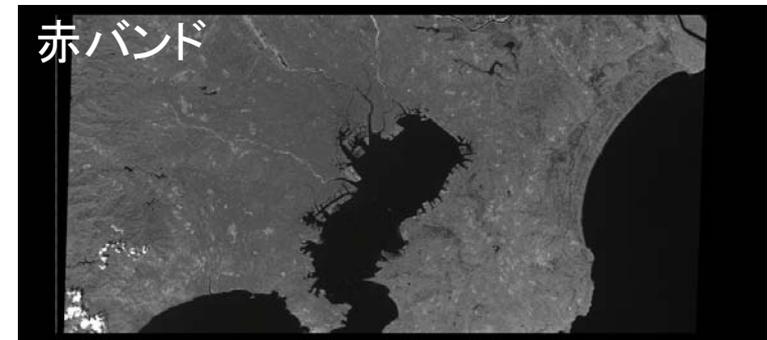
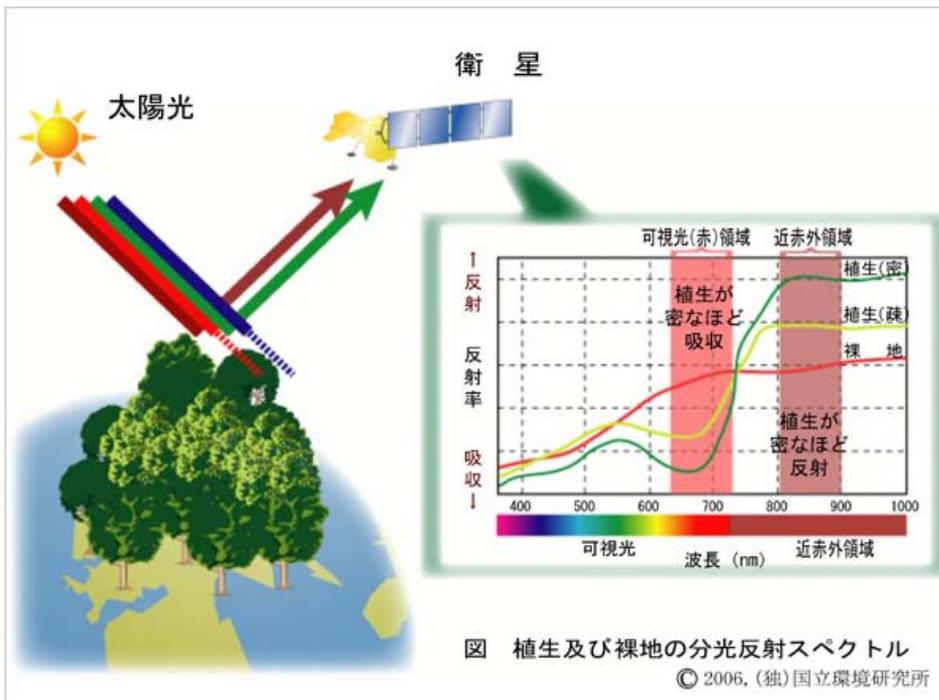
# NDVI画像の差分による検出

[2] 変化を検出する方法

NDVI: 正規化植生指標

$$NDVI = \frac{[NIR] - [R]}{[NIR] + [R]}$$

[ NIR: 近赤外バンド  
R: 赤バンド ]



# グランドトウルース (T08)

- 抽出方法
  - 表T08-1
- 参照クラスごとのサンプル数
  - 説明変数の10倍
- 野帳

Carnet de l'inventaire

N° d'identification de la parcelle		Date		Nom du groupe							
Informations de base	Personnes effectuant l'inventaire	(Carnet de l'inventaire) (Vertex)		(DHP)							
	Coordonnées du Parking	(Hauteur de l'arbre) (Transpondeur)		(Autres)							
	Heure de départ	:	Heure d'arrivée	:							
※Système des coordonnées géographiques : WGS84											
Info parcelle	Coordonnées du centre de la parcelle	Lat	N	°	'	."	Long	E	°	'	."
	Direction du talus	Noter la direction de la basse partie du talus avec 8 directions et "Non" pour un terrain plat.				Angle du talus	Degré ( nombre entier )				
Photo	①Paysage	②Zenith	③Nord	④Est	⑤Sud	⑥Ouest	⑦Vue d'ensemble 2	⑧Vue d'ensemble 2			
	Sous-bois		Dense / Moyen / Rare		Erosion du sol	Oui / Non	Insectes et maladies	Oui / Non			
Remarque	-----										
Croquis											

REDD+CookBookより

## Step6:Accuracy assessment 精度検証

- 不確実性評価のキーとなる要因について  
(森林タイプ面積、炭素蓄積量の推定)
  - ✓ 計測、測定によるエラー(人為的な要因)
  - ✓ データのキャリブレーション(調整)に起因するエラー  
(画像間の調整)
  - ✓ モデリングによるエラー  
(現象を説明しきれないモデルを作成してしまうこと)
  - ✓ サンプリングによるエラー  
(不適切なサンプリング間隔の設計)
  - ✓ 不適切な分類項目や定義に起因するエラー  
(→カウントもれ、ダブルカウント)

# 精度評価

## ● 森林タイプ面積の不確実性について

### (単時点の地図評価)

- アクティビティーデータとしてリモセン由来の森林タイプ面積を使用する場合
  - 分類(classification)エラーや、判読者によるバイアスが含まれる。
  - パラメータのチューニングによるバイアスの修正(恣意性が含まれる。)
  - どの程度の恣意性が含まれるか評価することが重要
- 高精度なリファレンスデータが入手できる場合
  - 統計的にしっかりしたデータ(層化サンプリング、システムティック・・・)
  - オリジナルデータをこれらのデータでキャリブレート(調整)する。
  - IPCC GPG 5章にいくつか方法論のリコメンデーション有り

### (複数年度の地図の経年変化評価)

- アクティビティーデータとしてリモセン由来の森林タイプ面積を使用する場合
  - 土地利用・被覆面積の量的な不確実性の評価ができるような工夫が必要
  - 主題となる分類項目(森林タイプ)に着目した精度計測、信頼区間算定
  - 既存の統計情報やバイアスを数値化したものでキャリブレーションする等

# 精度評価

- 衛星画像データに関する考慮事項について
  - ✓ 衛星画像データの質、特徴(空間情報、スペクトラル情報、撮影周期、雨季、乾季のようなフェノロジー的な要素・・・)
  - ✓ 衛星画像入手時には、センサーの処理レベルに応じて地理的な位置精度や画質のチェック
  - ✓ 異なるセンサー間でのデータの取扱い
  - ✓ 幾何補正(地理的な歪みの取除き)、大気補正等
  - ✓ 主題図作成の基準(土地分類カテゴリーや最小作図単位など)
  - ✓ 画像判読の手順(分類アルゴリズム、目視判読基準など)
  - ✓ 地図作成後の処理(後処理・・・ベクタ/ラスタ変換、0値の取扱いなど)
  - ✓ 精度評価のためのレファレンスデータの入手(教師データ、検証データなど)
  - ✓ 地図作成時には、主題図作成の統一かつ透明性のある基準に従って専門家による適切な判読、モニタリングが為されるべき
    - 判読キーなどの文書化が必須(統一性、透明性)
    - トレーニングデータの取得方法、検査方法の手順化(統一性、透明性)
    - 雲や雲陰などのNo dataの取扱い、処理方法も手順化する必要有り。

# 精度評価の計算方法 (T10)

## 判別効率表と精度の指標

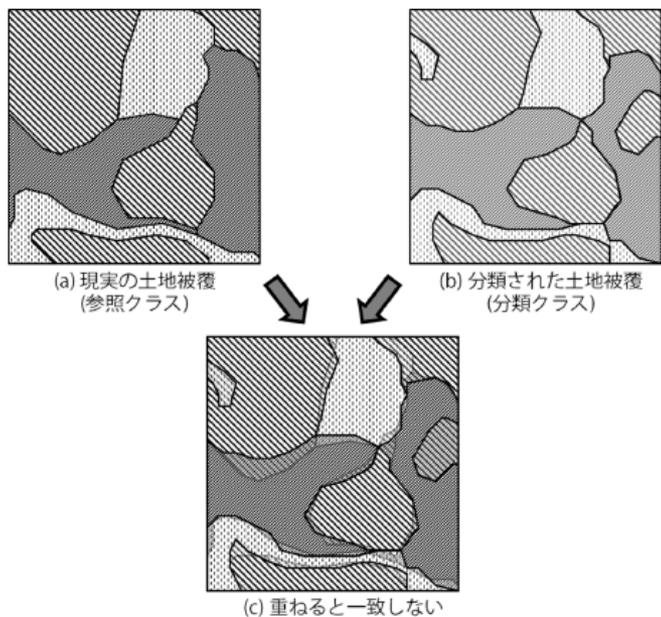


表 T10-1 判別効率表 (画像全域 (母集団) の場合)

		参照項目				小計	
		1	...	$j$	...		$r$
分類項目	1	$N_{11}$	...	$N_{1j}$	...	$N_{1r}$	$N_{1.}$
	⋮	⋮				⋮	⋮
	$i$	$N_{i1}$		⋮		$N_{ir}$	$N_{i.}$
	⋮	⋮				⋮	⋮
	$r$	$N_{r1}$	...	$N_{rj}$	...	$N_{rr}$	$N_{r.}$
小計		$N_{.1}$	...	$N_{.j}$	...	$N_{.r}$	$N$

図 T10-1 現実の世界と衛星画像から分類された地図の土地被覆

実際には (a) は知りえず (b) しか得られないので、サンプル (グランドトゥールース) を地図上で抽出して (a) と (b) を比較し、地図の精度とバイアスを推定しなければならない。



# 実習



# 実習の材料

- 対象地：ベトナム中部
  - 乾季・雨季
    - ベトナム中部の場合、9-12月雨季。乾季は2-6月
  - 森林政策
    - 造林計画(通称500万ha造林プロジェクト)による人工林の増加がある
      - 1980年代後半から東南アジア一の造林面積
      - FAOのカントリーレポート
      - 造林の主要樹種
        - *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.
        - *Acacia mangium* Wild.
- 対象国の森林
  - [groundtruth¥Redd研修 判読用](#)
- 統計データの不確かさ
  - FAOのFRA、CIFORのレポートなどと比較



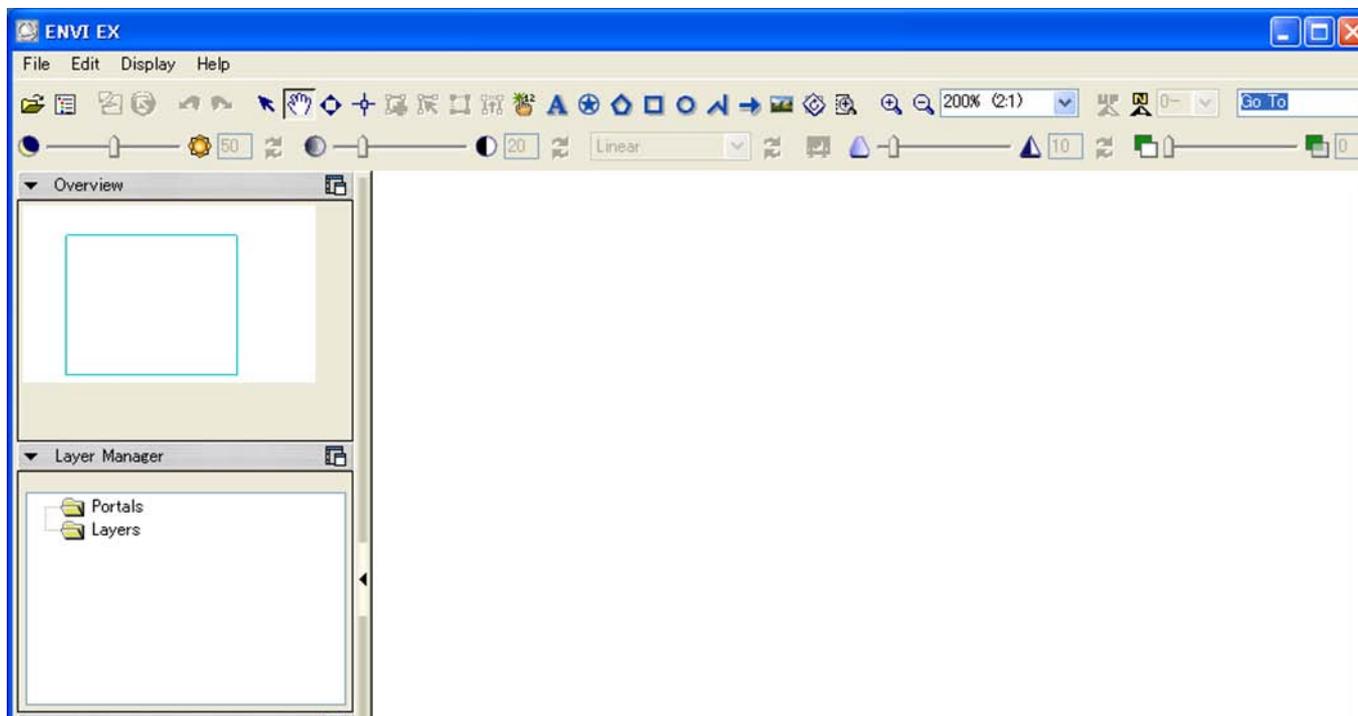
# オブジェクト分類

## ENVI EX 基本操作マニュアル

# ENVI EXの操作

## - ENVI EXの起動 -

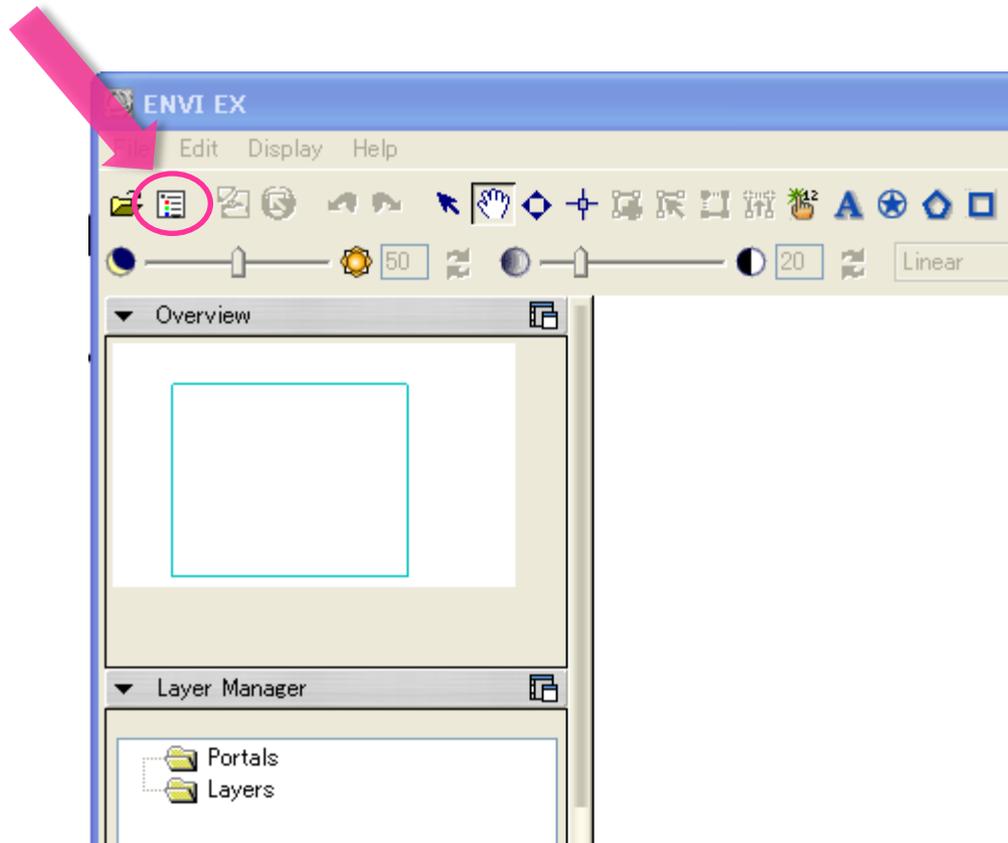
- デスクトップのENVI EXアイコンをクリック
- メインダイアログが起動します



# ENVI EXの操作

## - ファイルを開く -

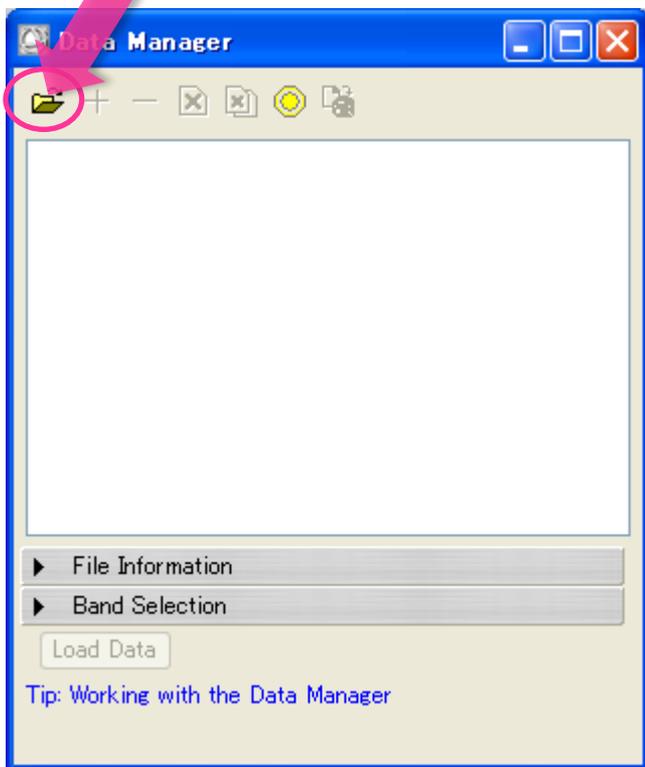
- Data Managerを起動します



# ENVI EXの操作

## - ファイルを開く -

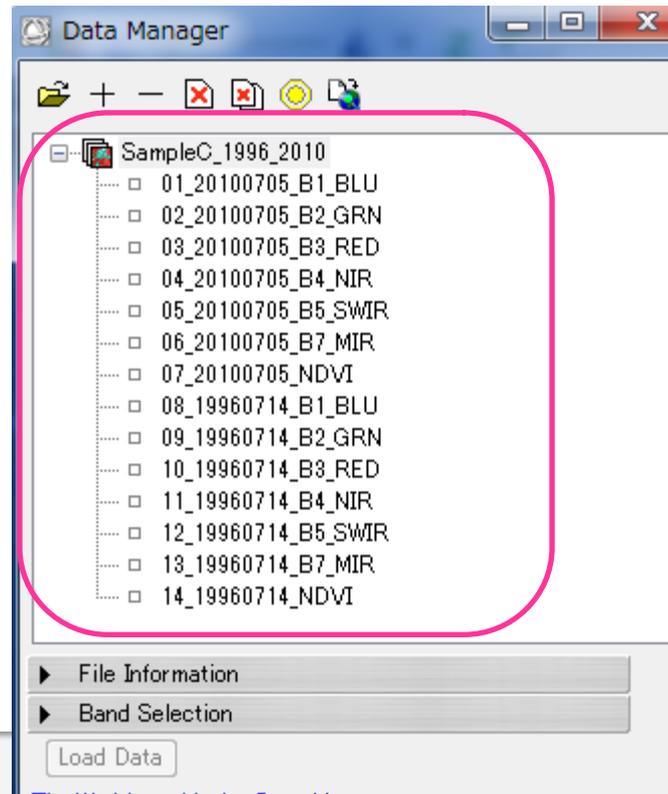
### 1. Data Manager ダイアログの ファイルマークをクリック



2. **Open** ダイアログが表示されます。以下のディレクトリからファイルを選択します。

**C:\¥REDD¥data¥SampleImageフォルダ内  
SampleC 1996 2010**

3. ファイルを選択すると、Data Manager  
ダイアログにファイル名、バンドの一覧  
が表示されます。また、ENVI EXメイン  
ウィンドウに画像が表示されます。



# ENVI EXの操作

## - ファイルを開く -

2. Open ダイアログが表示されます。以下のディレクトリからファイルを選択します。

**C:¥REDD¥data¥SampleImage フォルダ内**  
**SampleC\_1996\_2010**

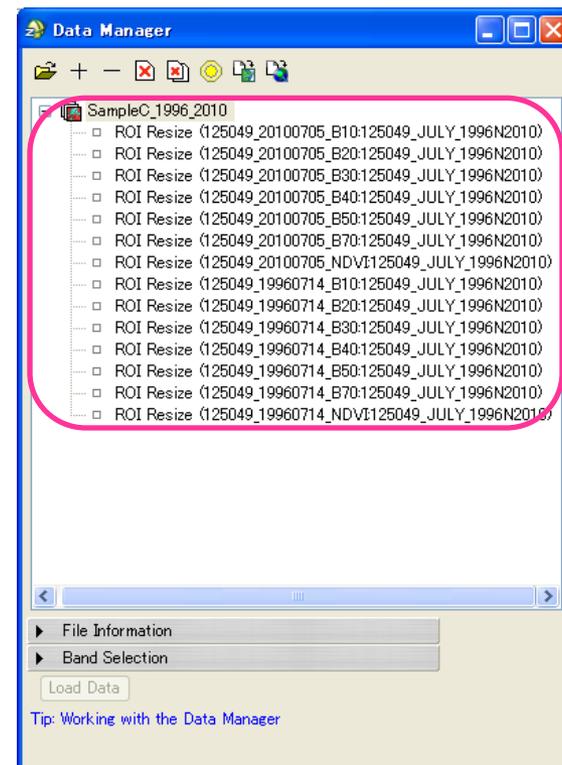
### サンプル画像の情報

Landsat TM

2010年7月5日

1996年7月14日

3. ファイルを選択すると、Data Managerダイアログにファイル名、バンドが表示されます。また、ENVI EXメインウィンドウに画像が表示されます。



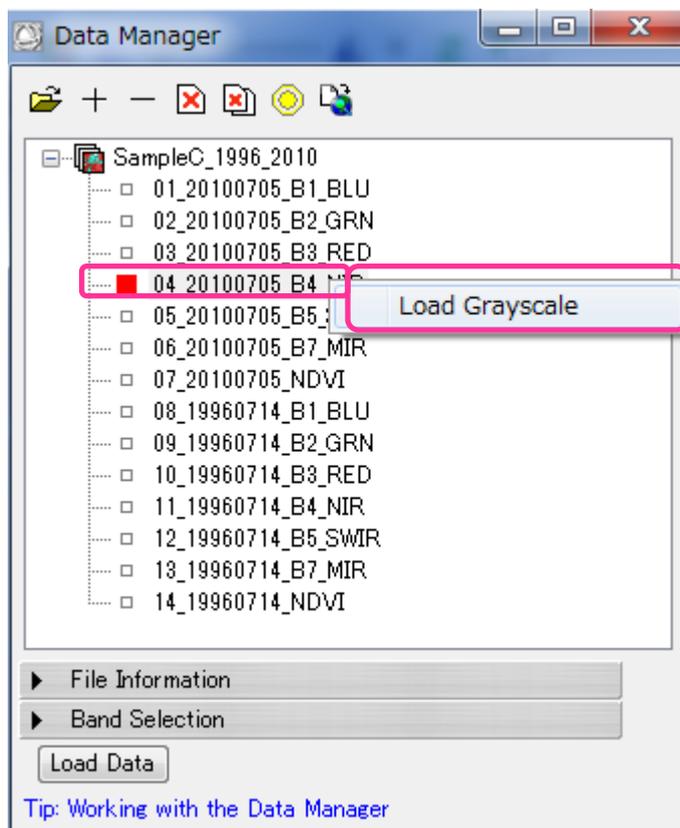


# カラー合成および判読

# ENVI EXの操作

## - 単画像表示(白黒) -

### レイヤの選択



### 単画像の表示

Data Managerダイアログ内のレイヤの上で **右クリック**して”Load Grayscale”をクリック

サンプルデータのバンド構成は下表のとおり

バンド(2010年)		バンド(1996年)	
1	2010 B1(青)	8	1996 B1(青)
2	2010 B2(赤)	9	1996 B2(赤)
3	2010 B3(青)	10	1996 B3(青)
4	2010 B4(近赤外)	11	1996 B4(近赤外)
5	2010 B5(短波長赤外)	12	1996 B5(短波長赤外)
6	2010 B7(中間赤外)	13	1996 B7(中間赤外)
7	2010 NDVI	14	1996 NDVI

# ENVI EXの操作

## - カラー合成 -

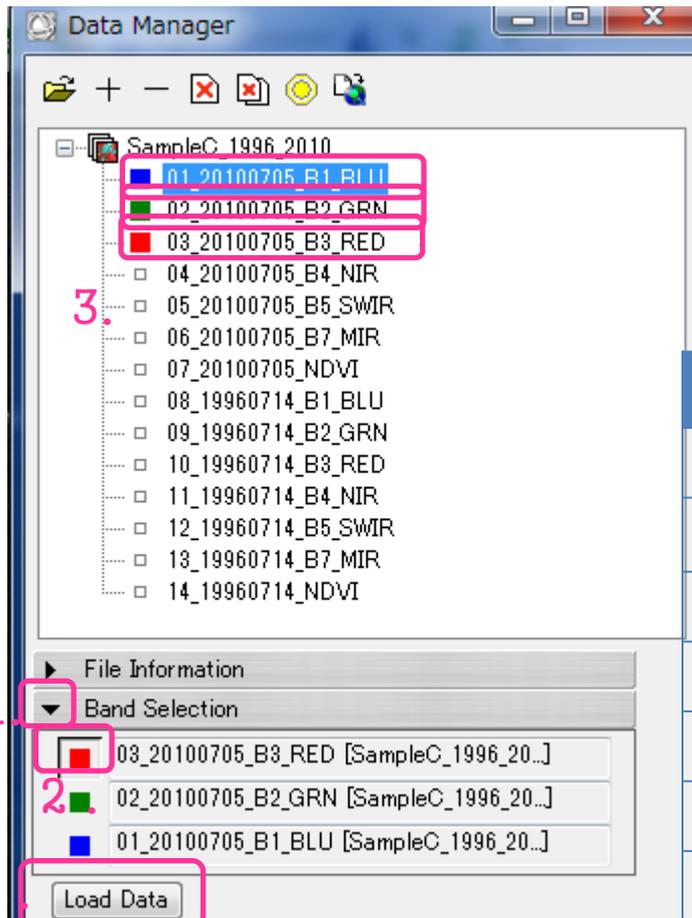
### レイヤの選択

## カラー合成の表示

2010年と1996年の画像をカラーで表示

1. Data Manager ダイアログのBand Selectionの右向き▲をクリックし、下向きに
2. 赤色ボタンをクリック
3. リストから割り当てる2010年のレイヤを選択
4. 緑、青色に割り当てるレイヤも同様に指定
5. Load Dataボタンを押す
6. 1996年の画像も表示

サンプルデータのバンド構成は下表のとおり



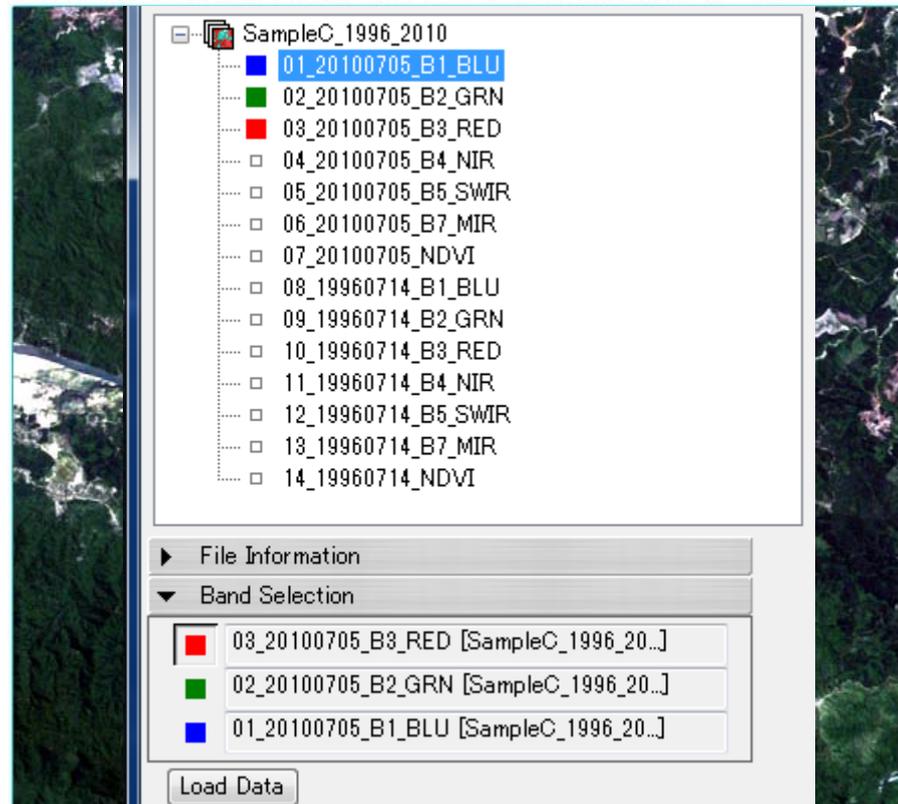
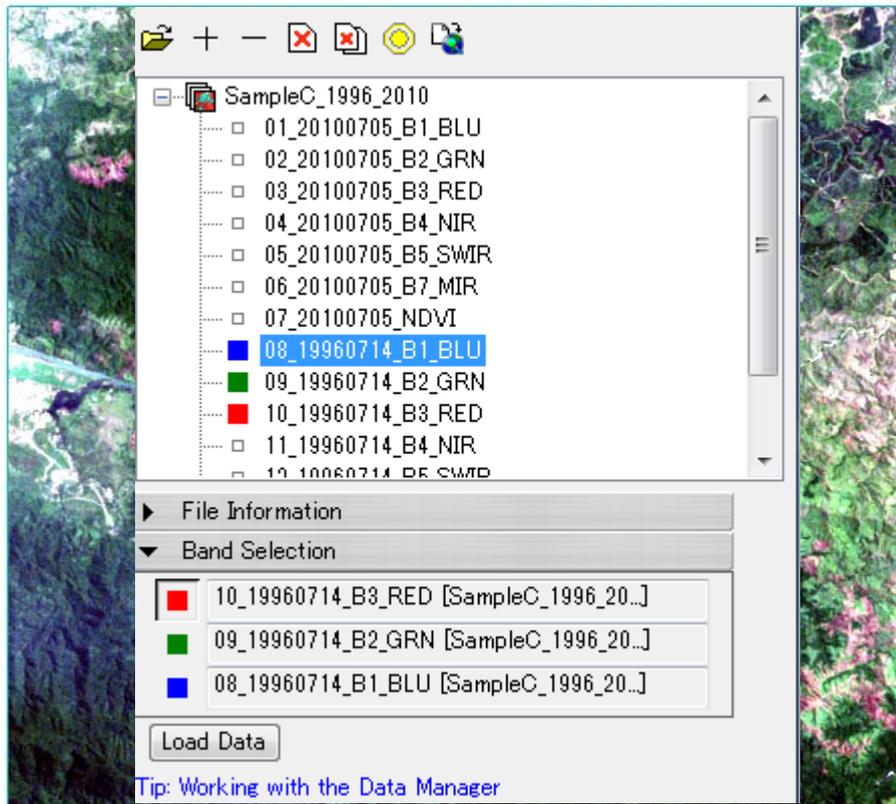
バンド		バンド	
1	2010 B1 BLU (青領域)	8	1996 B1BLU (青領域)
2	2010 B2 GRN (緑領域)	9	1996 B2 GRN (緑領域)
3	2010 B3 RED (赤領域)	10	1996 RED (赤領域)
4	2010 B4 NIR(近赤外領域)	11	1996 B4 NIR(近赤外領域)
5	2010 B5 SWIR (短波長赤外)	12	1996 B5 SWIR (短波長赤外)
6	2010 B7 MIR (中間赤外)	13	1996 B7 MIR (中間赤外)
7	2010 NDVI	14	1996 NDVI



# トウルーカラー表示

1996年7月14日

2010年7月5日



赤 10\_1996\_B3\_RED  
 緑 09\_1996\_B2\_GRN  
 青 08\_1996\_B1\_BLU

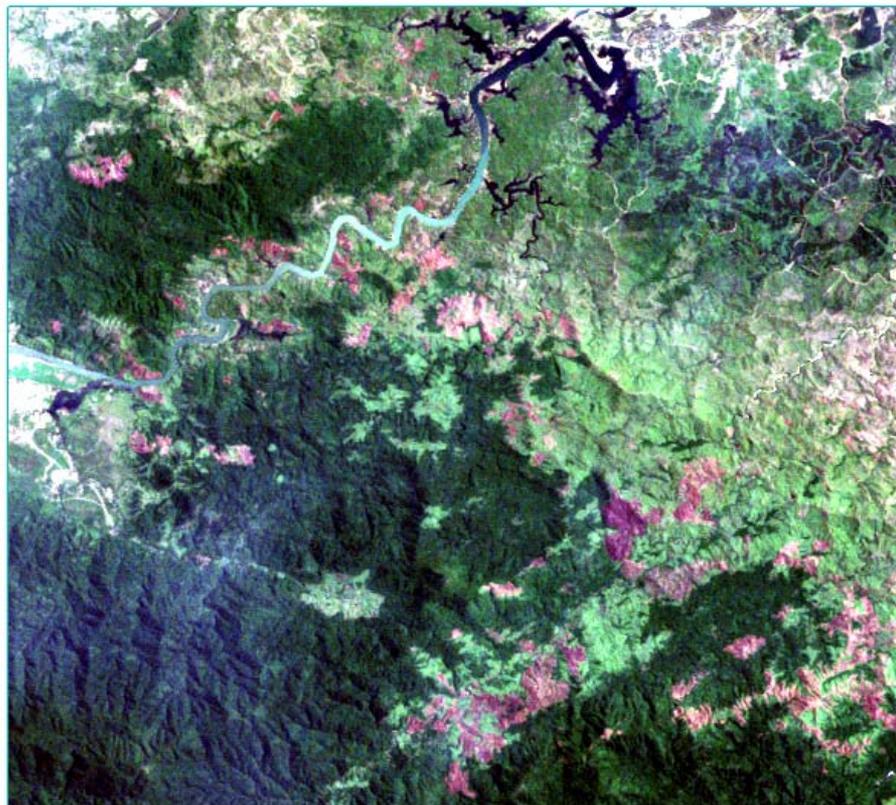
赤 03\_2010\_B3\_RED  
 緑 02\_2010\_B2\_GRN  
 青 01\_2010\_B1\_BLU





# トゥルーカラー表示

1996年7月14日



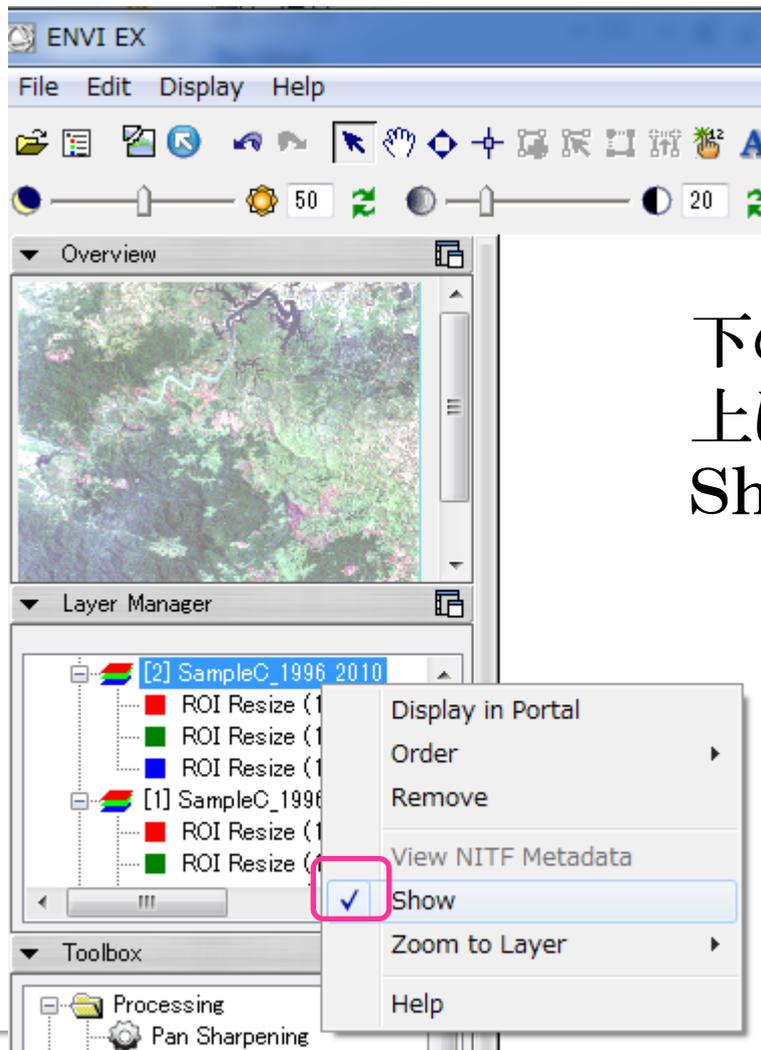
2010年7月5日



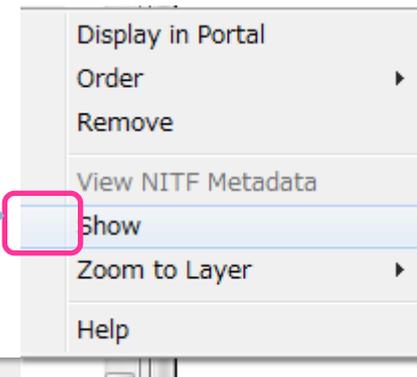
14年でどのような変化があったと推測されますか？

# 別のレイヤの表示方法

## ① 非表示

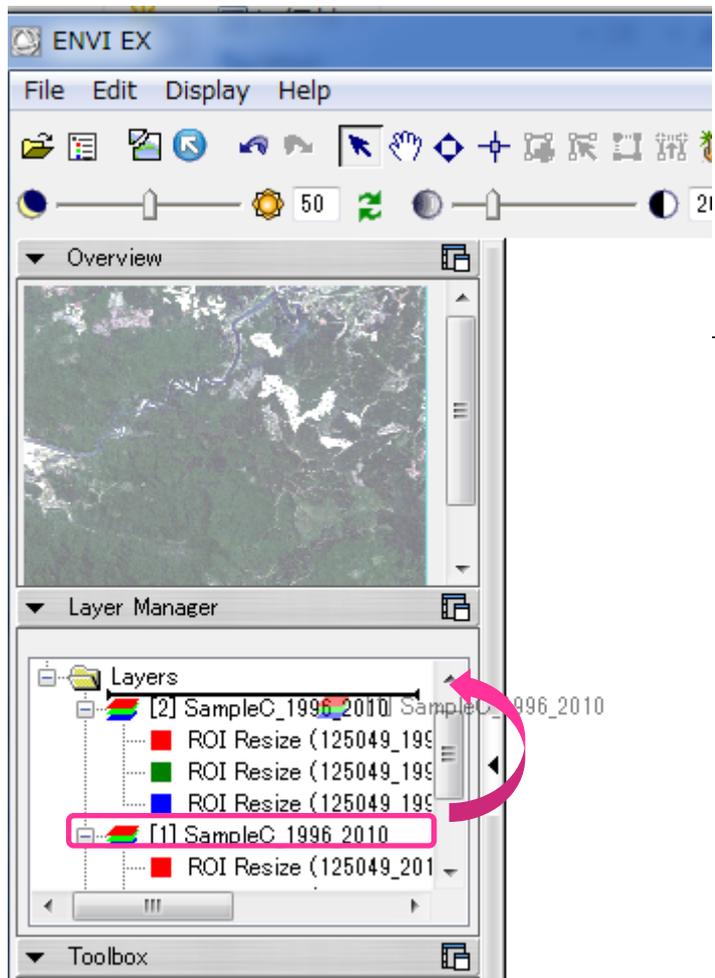


下のレイヤを表示したい場合は、  
上になっているレイヤを右クリックし、  
Showのチェックを外す



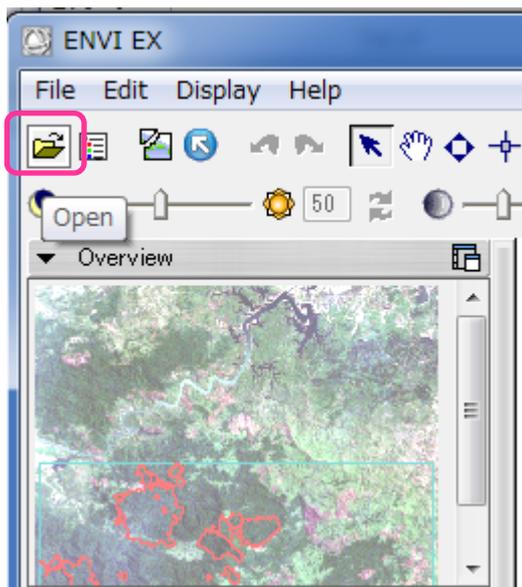
# 別のレイヤの表示方法

## ② レイヤの移動



下のレイヤを最前面に持ってきてたい場合  
レイヤを左ドラッグして、一番上に移動

# トレーニングエリアと重ね合わせ



ベクタファイルを開く

1. Openボタンをクリック

2. 1996年のカラー合成したレイヤを最前面に表示させる

3. C:\¥REDD¥data¥トレーニングデータフォルダ内

Training 1996 NaturalForest.shp を選択

4. 開くボタンをクリック

5. Plantation, bareland, waterも同じ要領で表示する



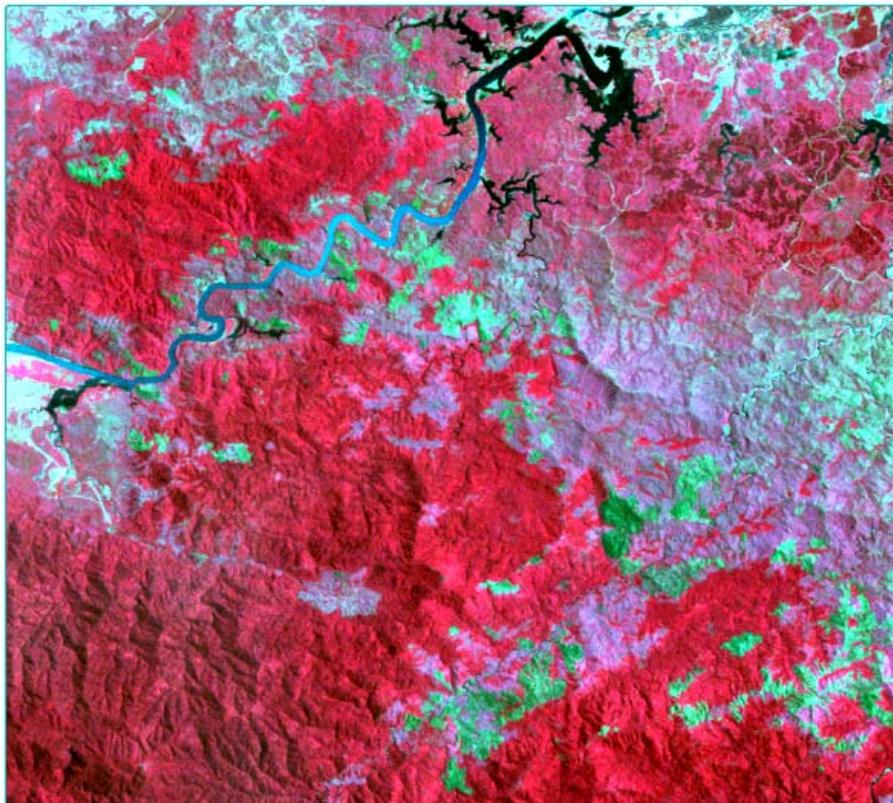
# 現地の写真

- C:\¥REDD¥data¥Redd研修\_判読用写真
  - 人工林と天然林

# フォールスカラー表示

1996年7月14日

2010年7月5日



14年でどのような変化があったと推測されますか？

赤 11\_1996\_B4\_NIR  
緑 10\_1996\_B3\_RED  
青 09\_1996\_B2\_GRN

赤 04\_2010\_B4\_NIR  
緑 03\_2010\_B3\_RED  
青 02\_2010\_B2\_GRN

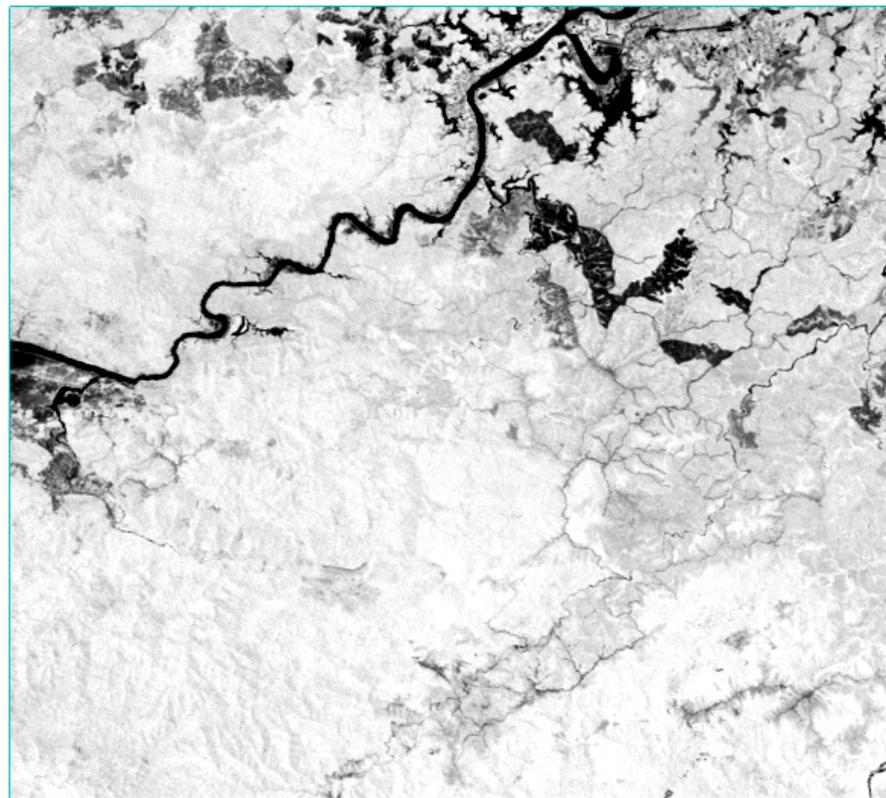
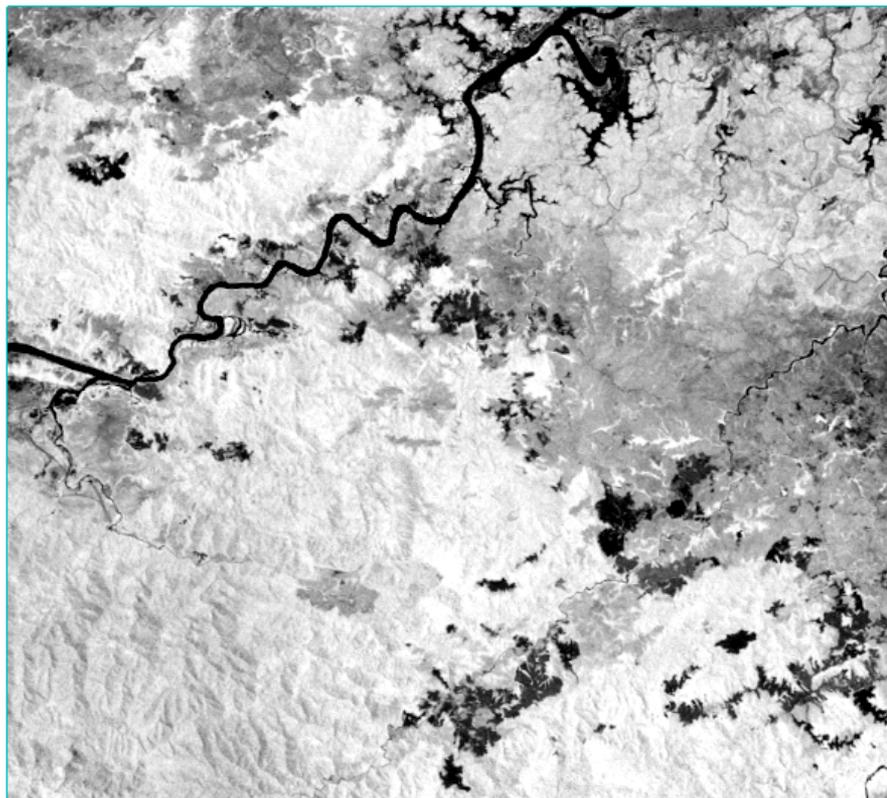


# NDVI

Gray scale 表示

1996年7月14日

2010年7月5日



14年でどのような変化があったと推測されますか？

# 変化

カラー合成

赤:2010band7

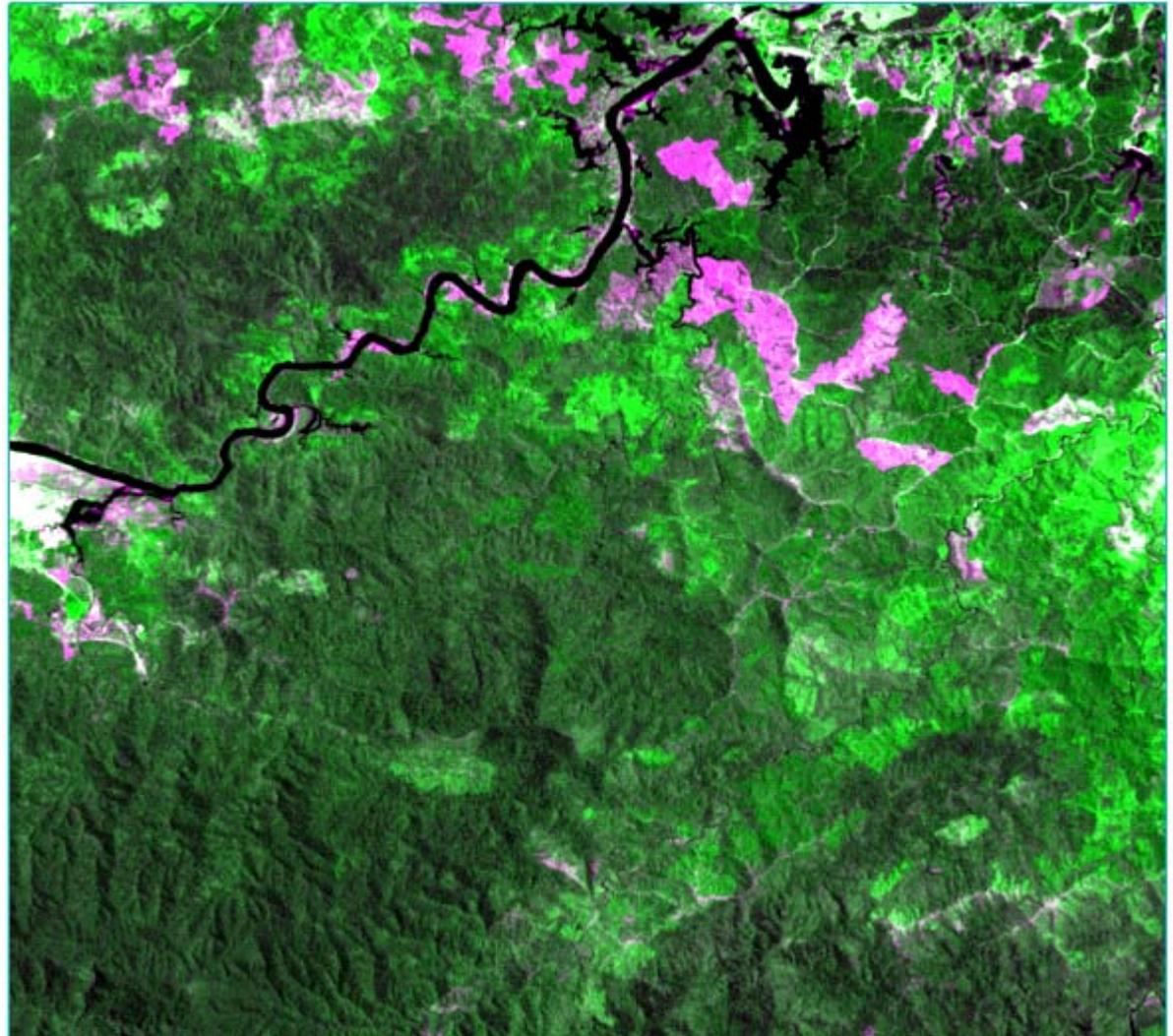
緑:1996band7

青:2010band7

ピンクの箇所  
はどう変化？

黄緑の緑の箇所  
はどう変化？

緑の箇所はど  
う変化？

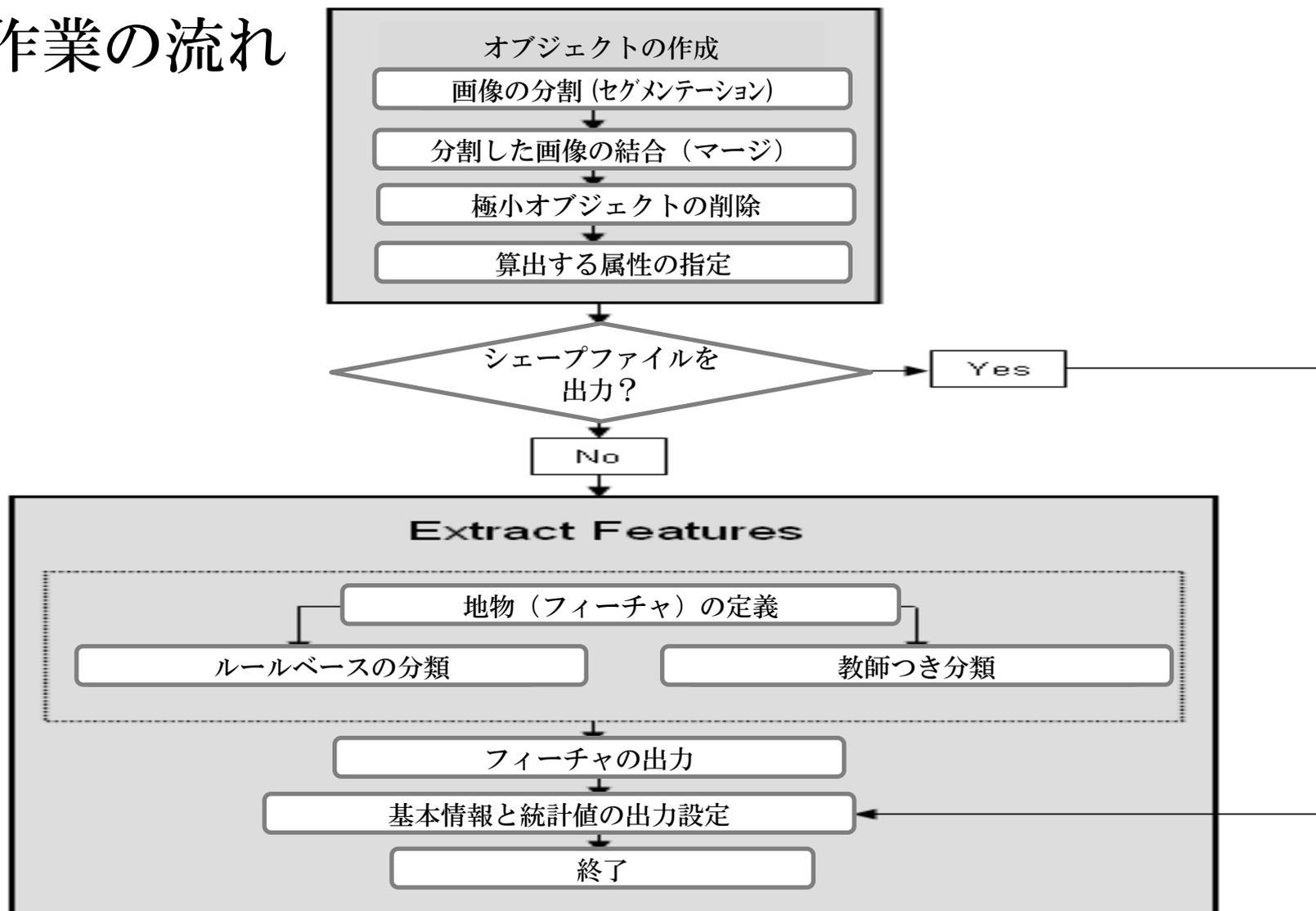




# オブジェクト分類

# ENVI EXの画像分割の仕組み

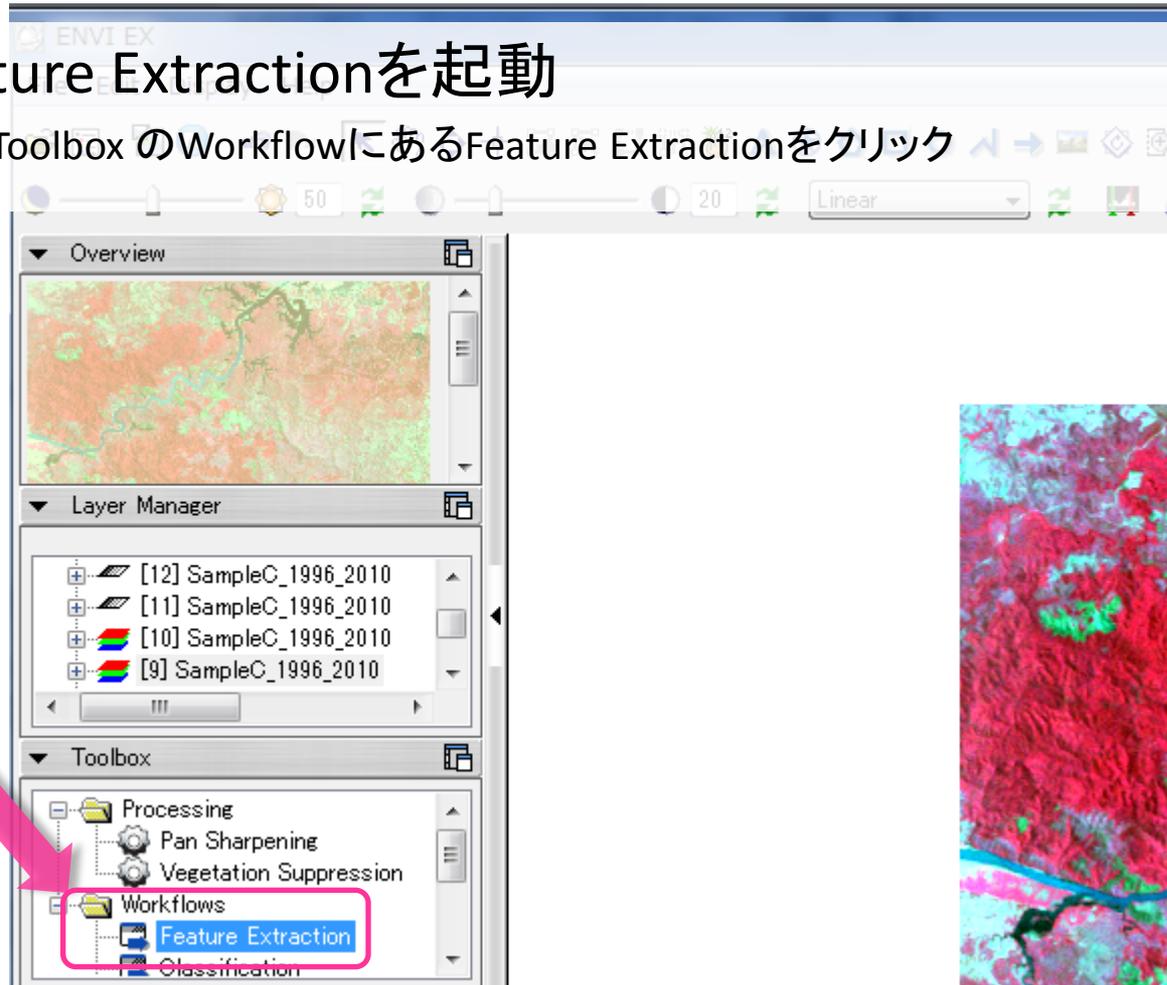
## 作業の流れ



# ENVI EXの操作

## - オブジェクト分類 -

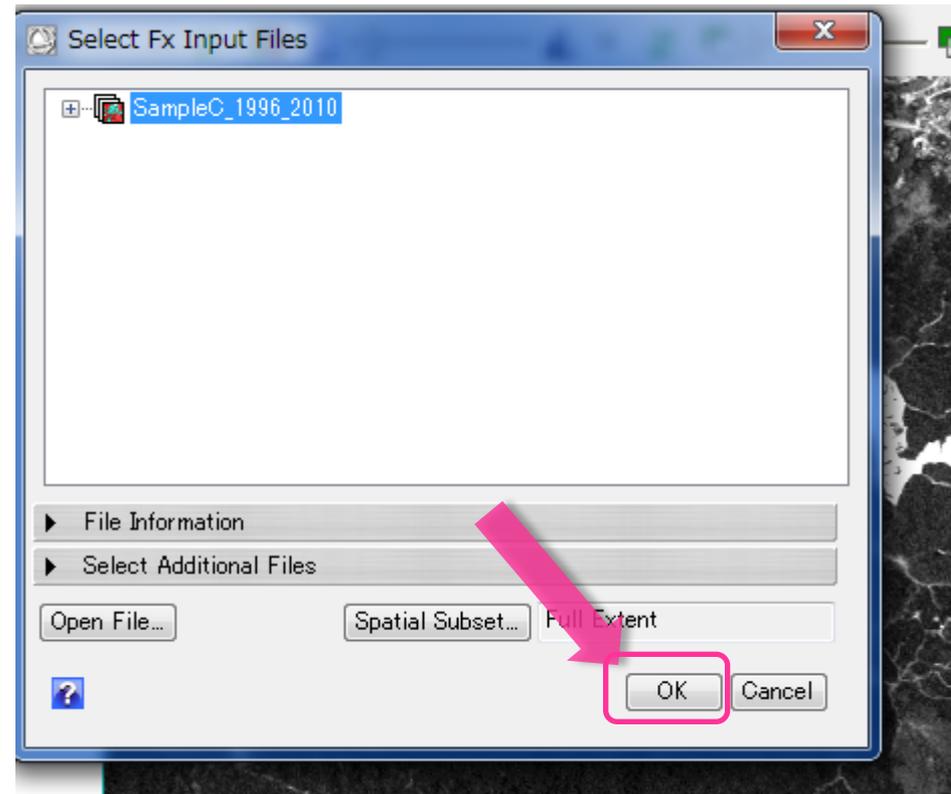
- Feature Extractionを起動
  - Toolbox のWorkflowにあるFeature Extractionをクリック



## ENVI EXの操作

### - オブジェクト分類 -

- Select Fx Input Filesダイアログが立ち上がります
  - ファイル名を確認し, OKボタンをクリック

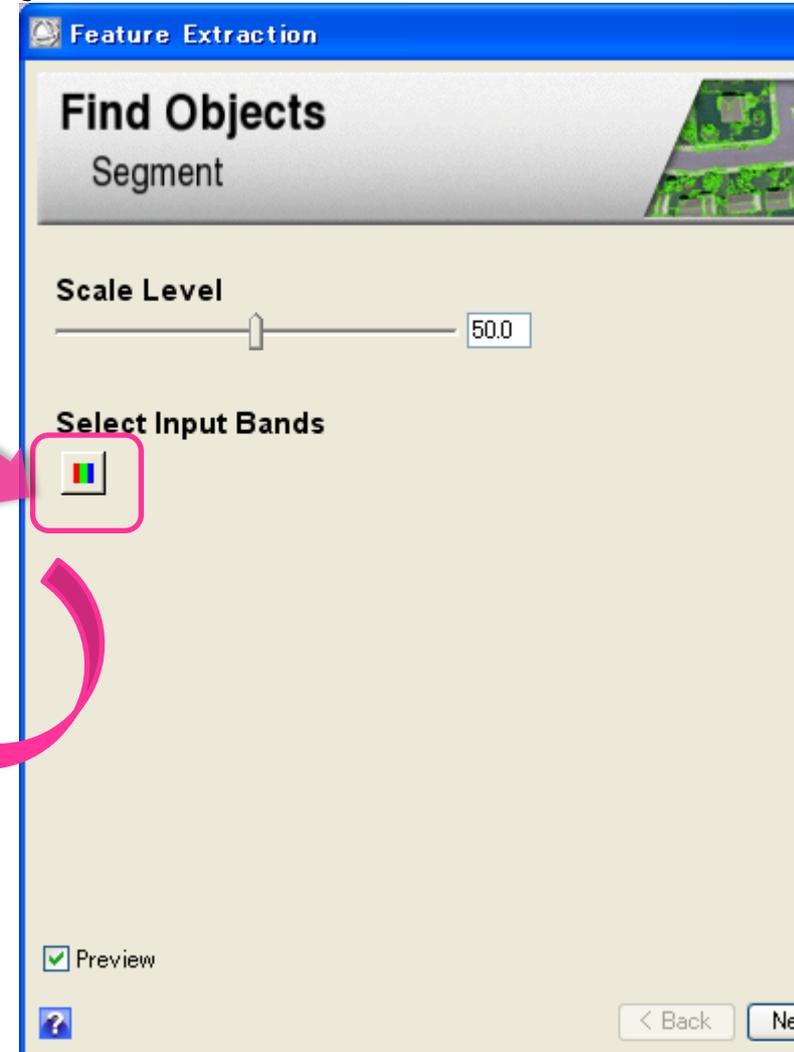
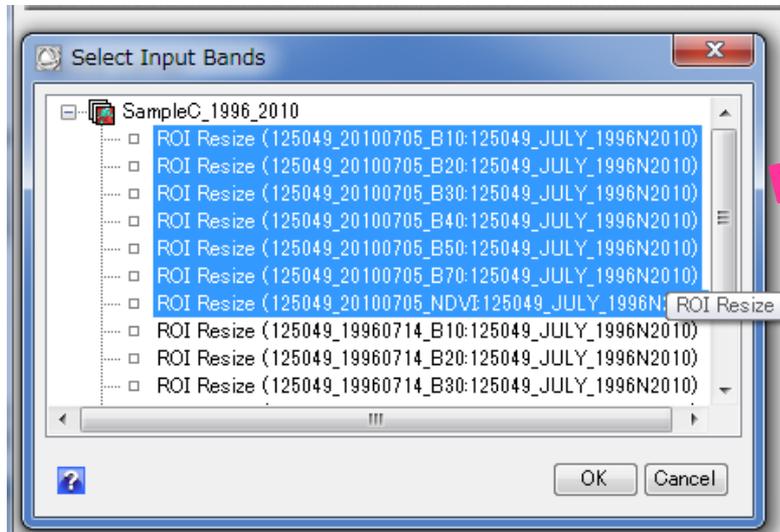


# ENVI EXの操作

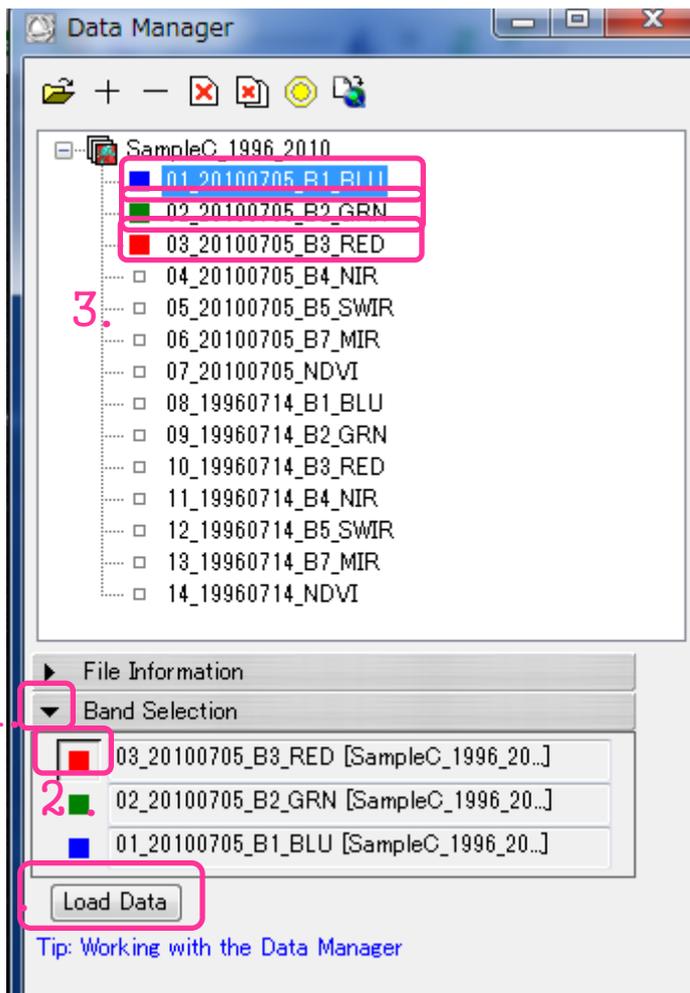
## - オブジェクトの作成 -

### ステップ① レイヤの選択

- 3色ボタンをクリックし、  
まずは2010年のレイヤ 7画像を  
選択  
(Landsat band1~5, 7,NDVI)  
※shiftキーを押しながら選択



# 画像の表示



## カラー合成の表示

1. Data Manager ダイアログのBand Selectionの右向き▲をクリックし、下向きに
2. 赤色ボタンをクリック
3. リストから割り当てる2010年のレイヤを選択
4. 緑、青色に割り当てるレイヤも同様に指定
5. Load Dataボタンを押す

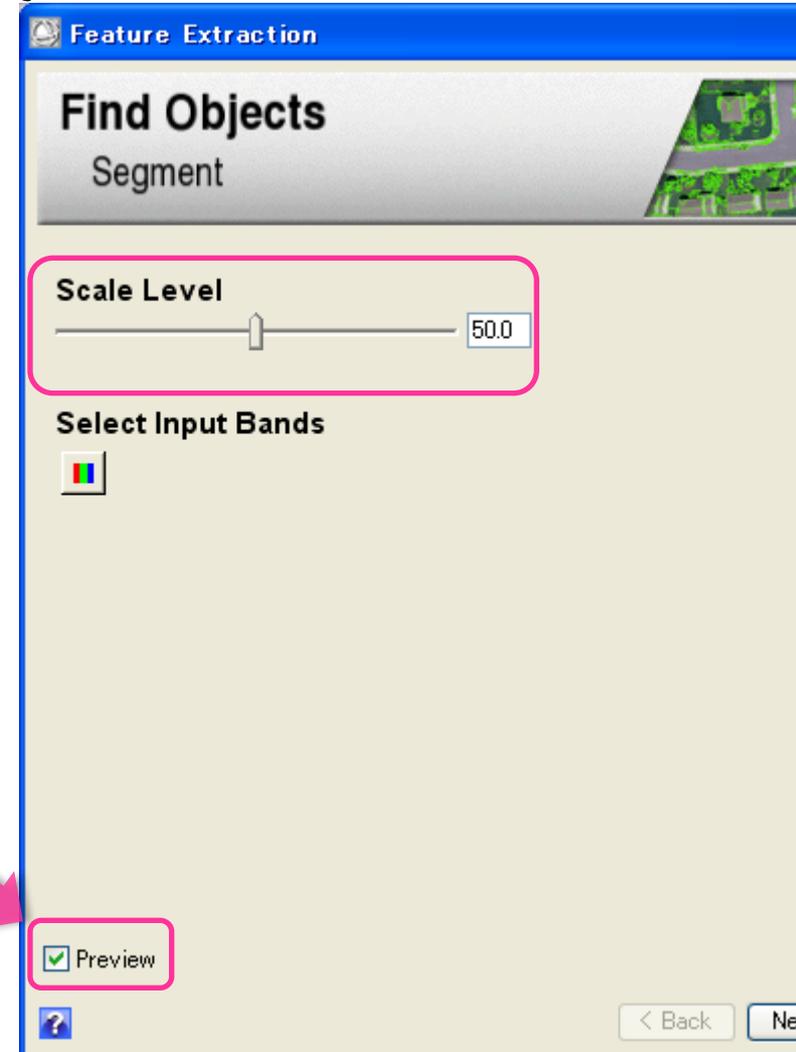
# ENVI EXの操作

## - オブジェクトの作成 -

### ステップ① Segment(断片化)

1. Scale Levelを調整します
2. Previewにチェックを入れてください

Scale Level を動かしながら、プレビューで確認してみましょう



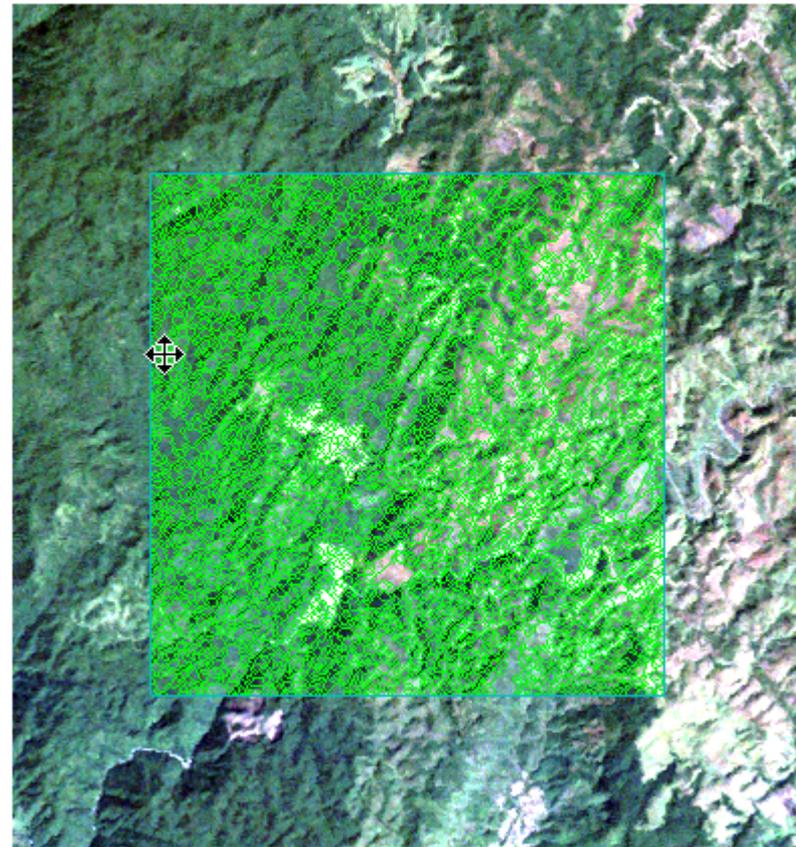
# ENVI EXの操作 Segmentation

## Scale Level 0



土地被覆タイプの境界を作りたいところにセグメントの線はあるが、かなり細かい

## Scale Level 20

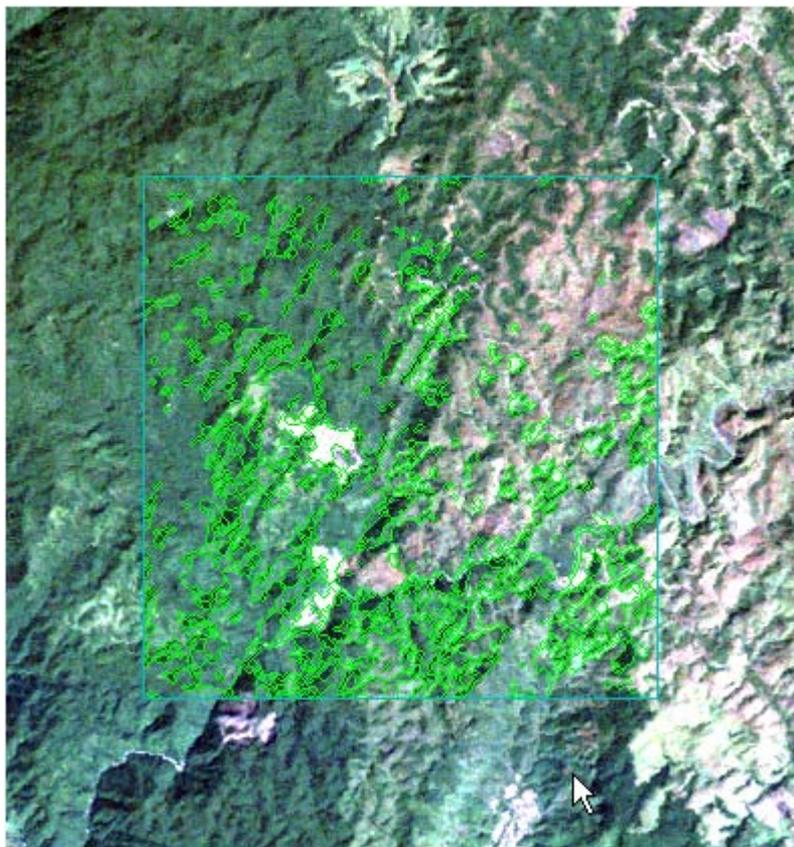


境界を作りたいところに線がある



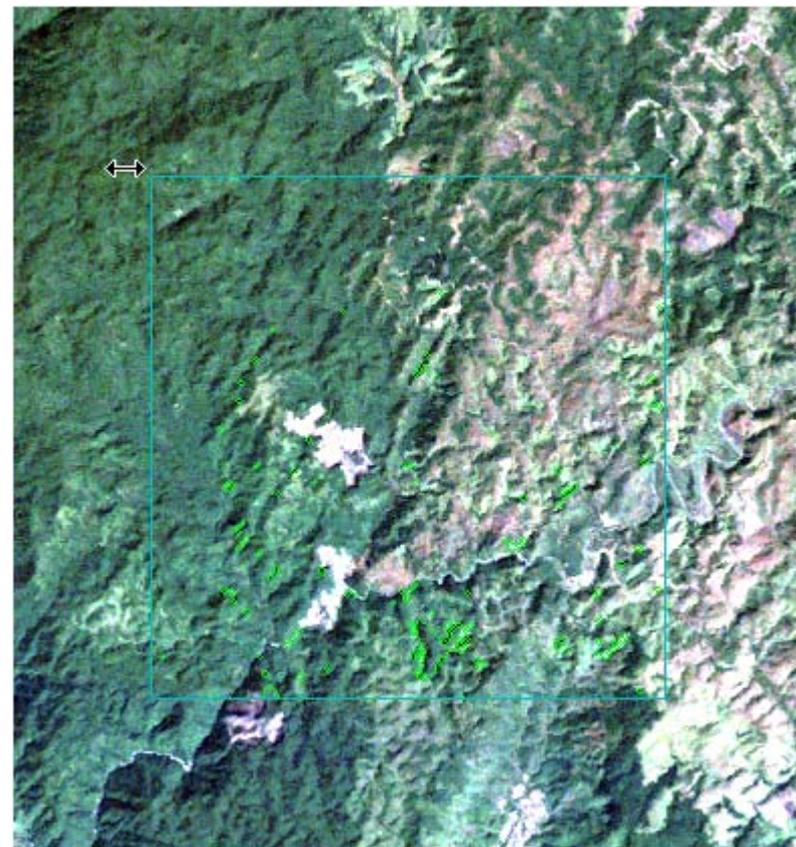
# ENVI EXの操作 Segmentation

Scale Level 60



土地利用の境界に線がない箇所が多い

Scale Level 90



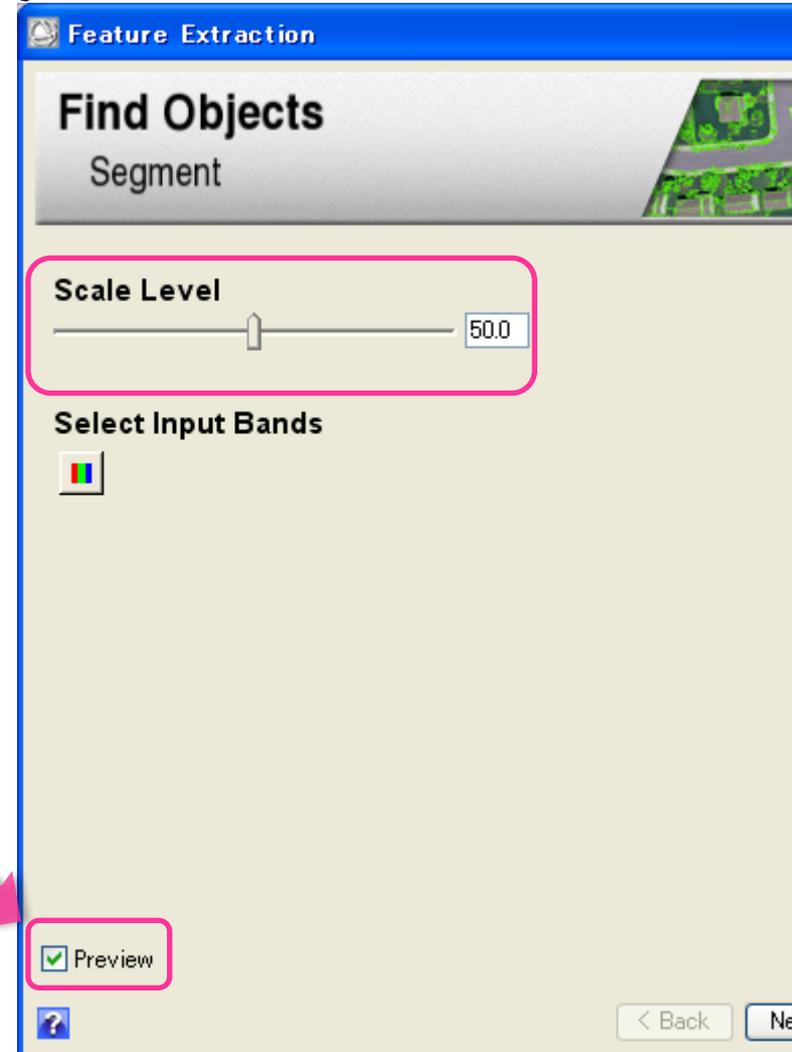
明らかにセグメントが少ない

## ENVI EXの操作

## - オブジェクトの作成 -

## ステップ① Segment(断片化)

1. Scale Levelを決めたらNextボタンを押してください

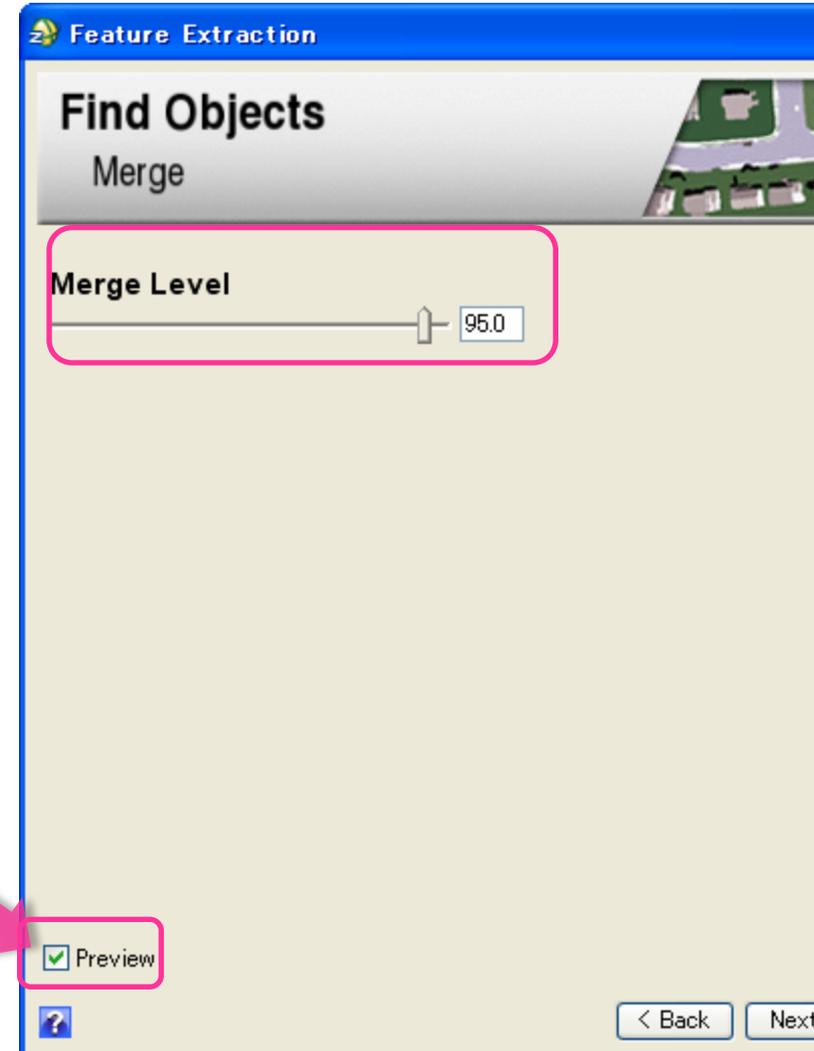


## ENVI EXの操作

## - オブジェクトの作成 -

## - ステップ②Merge(結合)

1. Previewにチェックを入れてください
2. Merge Levelを調整してください

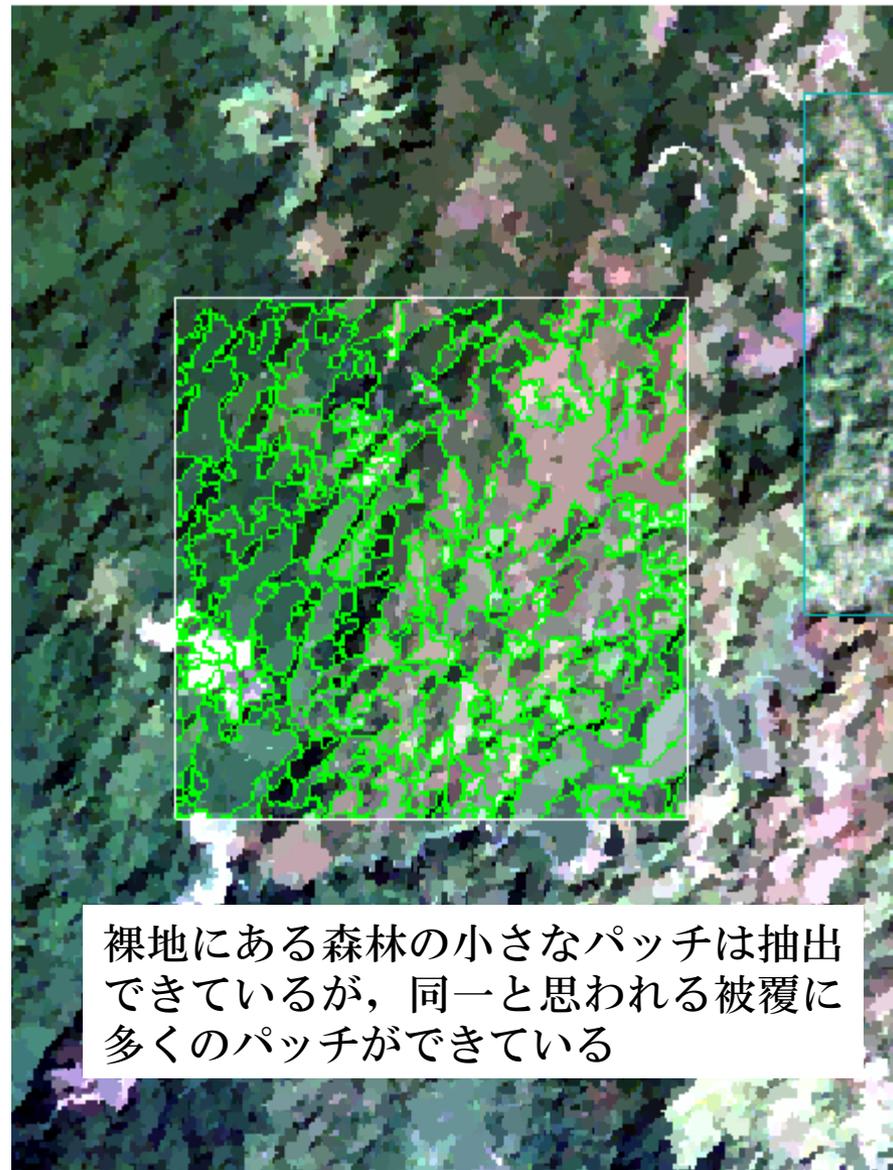


# ENVI EXの操作 Merge

Merge Level 95



Scale Level 85

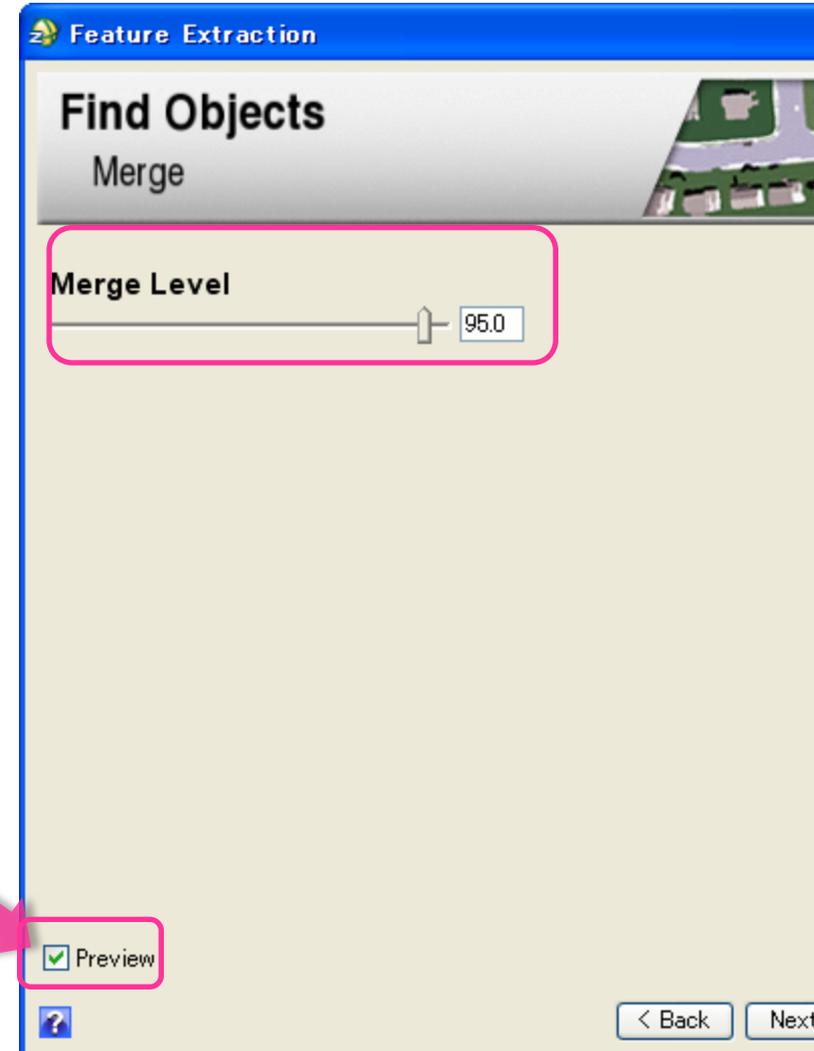


## ENVI EXの操作

## - オブジェクトの作成 -

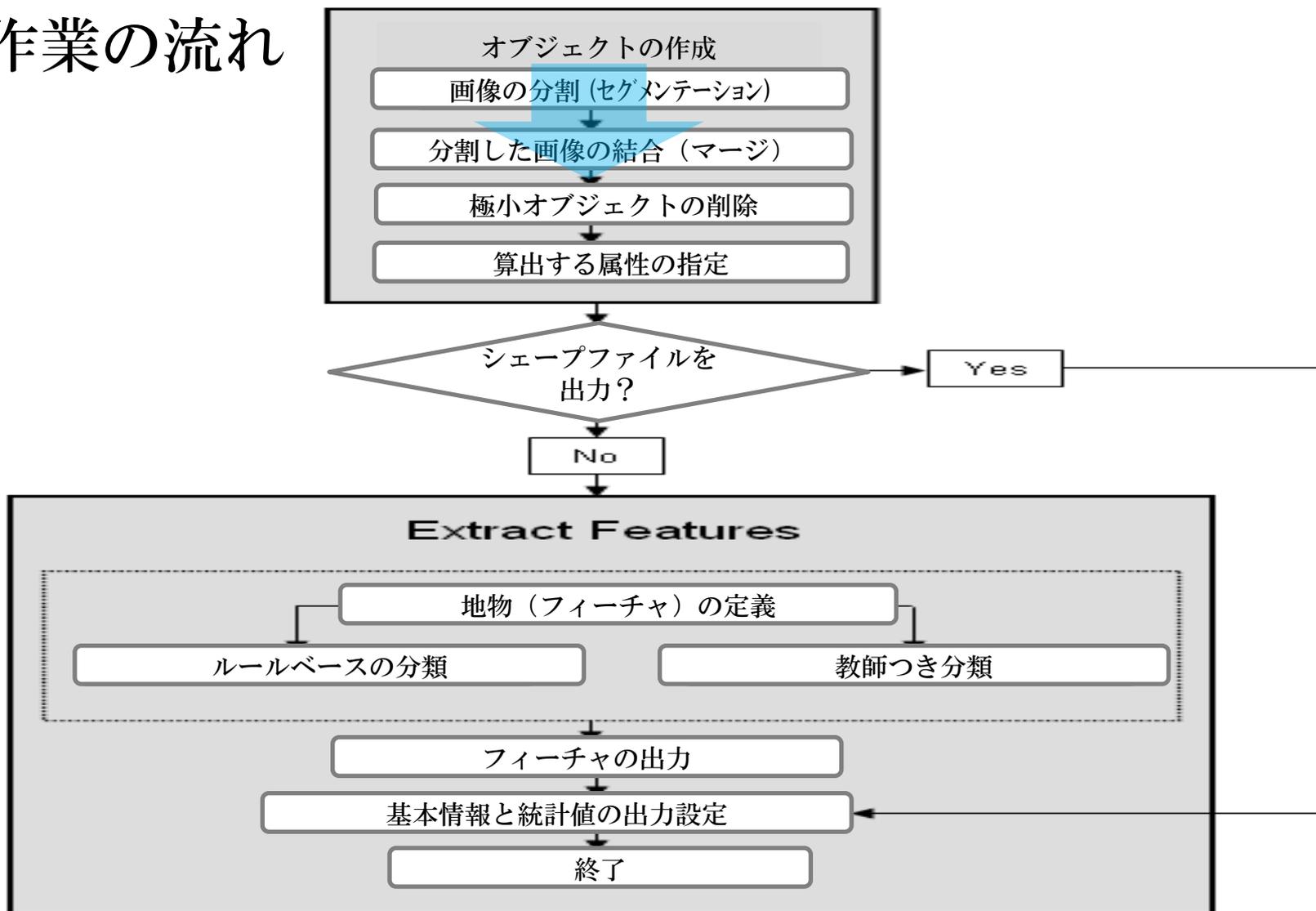
## - ステップ②Merge(結合)

1. Merge Levelを決めたらNextボタンを押してください



# ENVI EXの画像分割の仕組み

- 作業の流れ



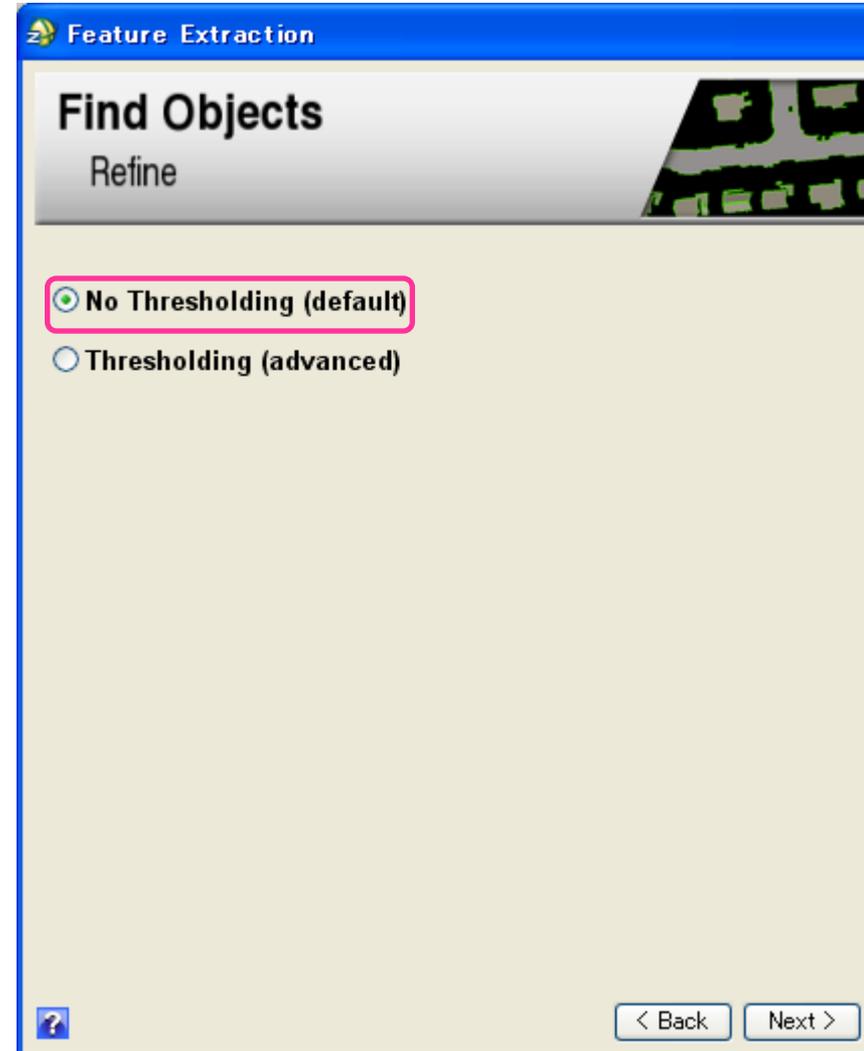
# ENVI EXの操作

## - オブジェクトの作成 -

### - ステップ③

#### Threshold 閾値の設定

- No Thresholding(default)をチェック
- ある数値範囲のオブジェクトを抽出する際には、この閾値化ツールを利用すると便利
  - Thresholding(advanced) Thresholdsの数値を、画像を見ながら調整
  - Thresholdsの数値を決めたら、Nextボタンをクリック

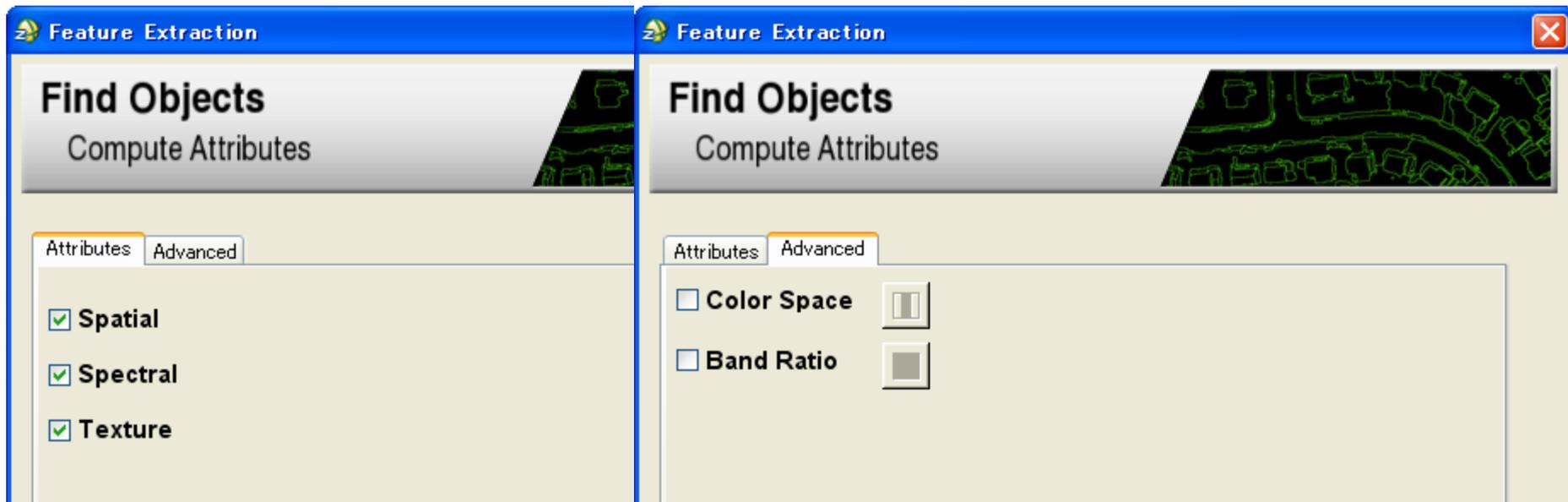


# ENVI EXの操作

## - オブジェクトの作成 -

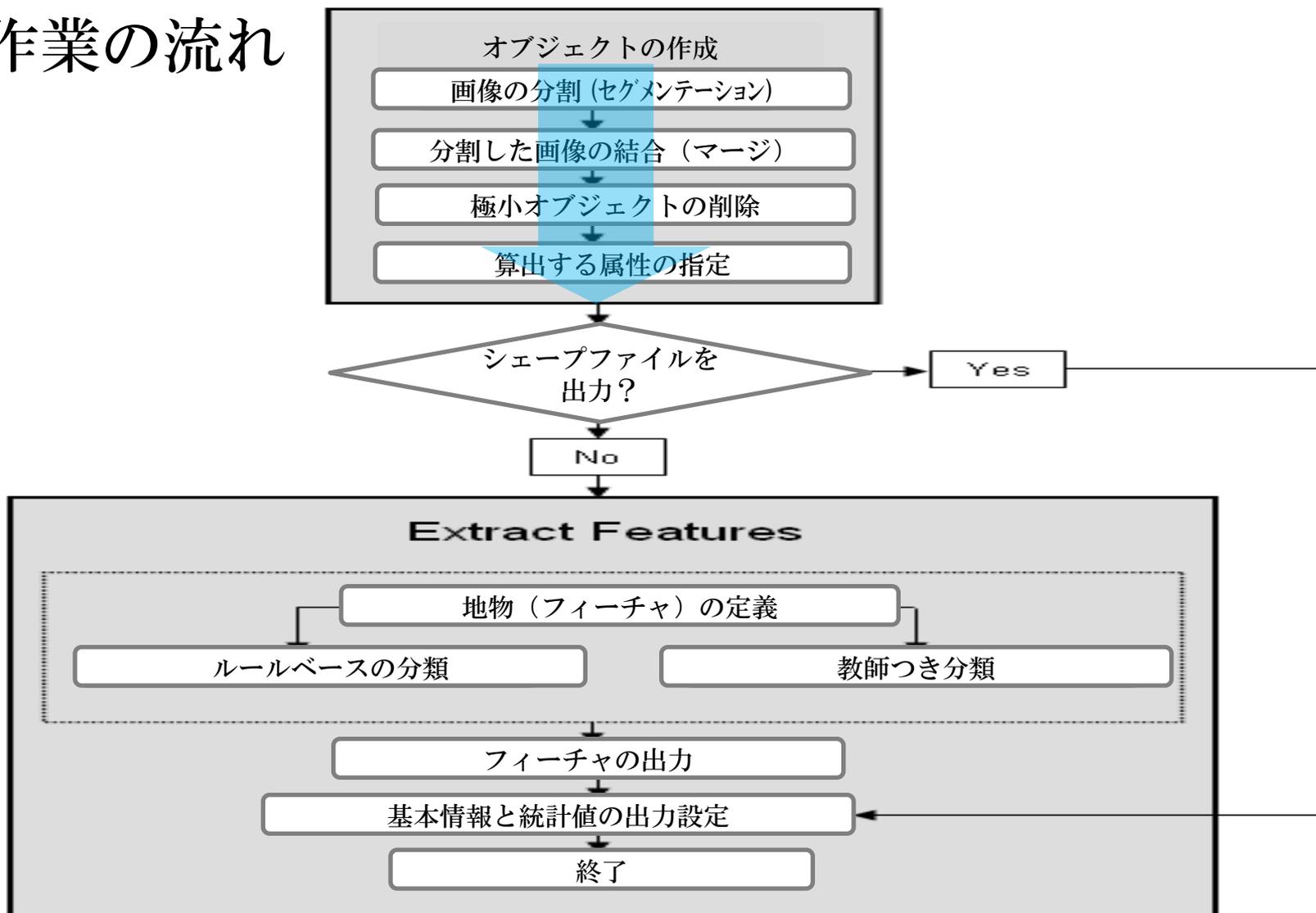
### - ステップ① Compute Attribute

- Attributes
  - Spatial, Spectral, Textureにチェック
- Advanced
  - Color Space, Band Ratio 今回はなし



# ENVI EXの画像分割の仕組み

- 作業の流れ

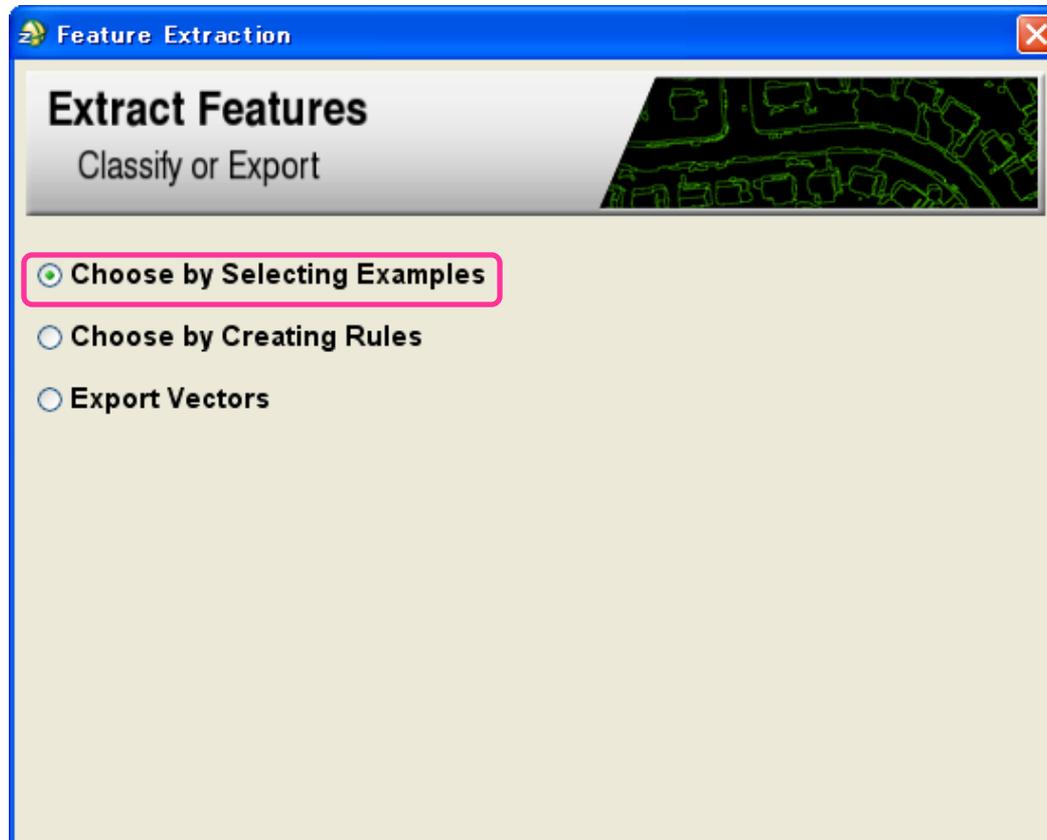


# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 -

### - ステップ②分類

- Choose by Selection Examplesをクリック

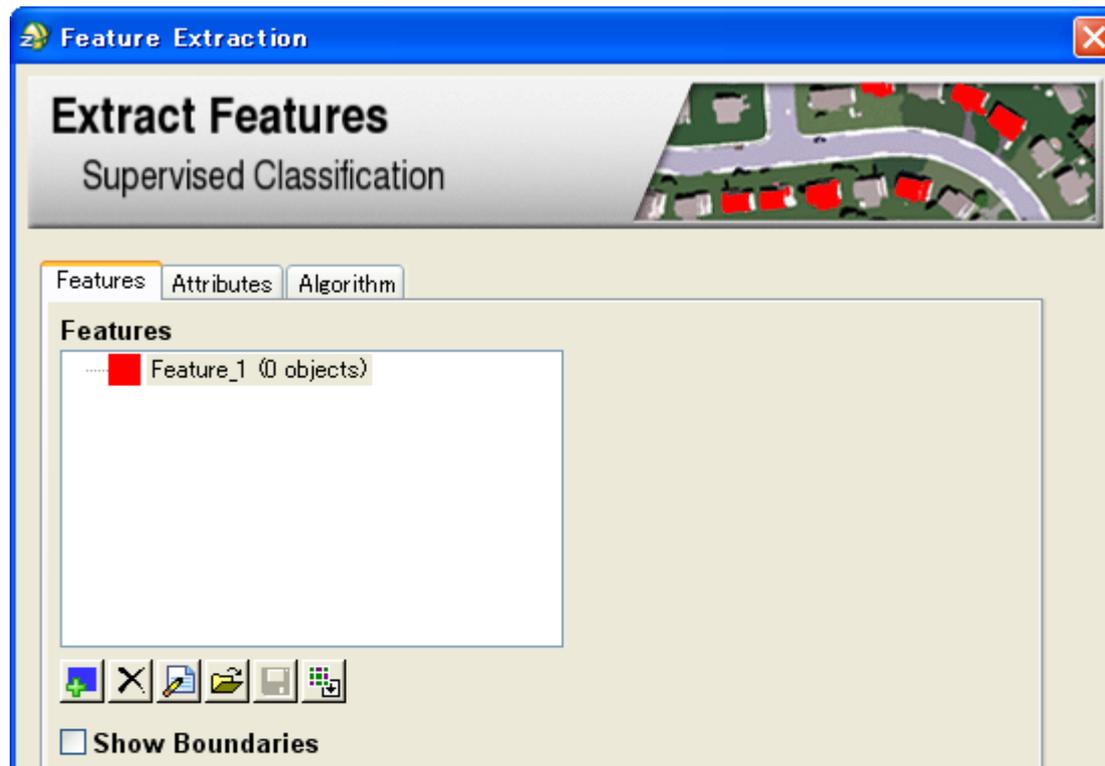


# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 -

### - ステップ③教師付データの選択

- 作成されたオブジェクトがどの土地利用に該当するかを判読してカテゴリに分けます。また、名前を付けます。

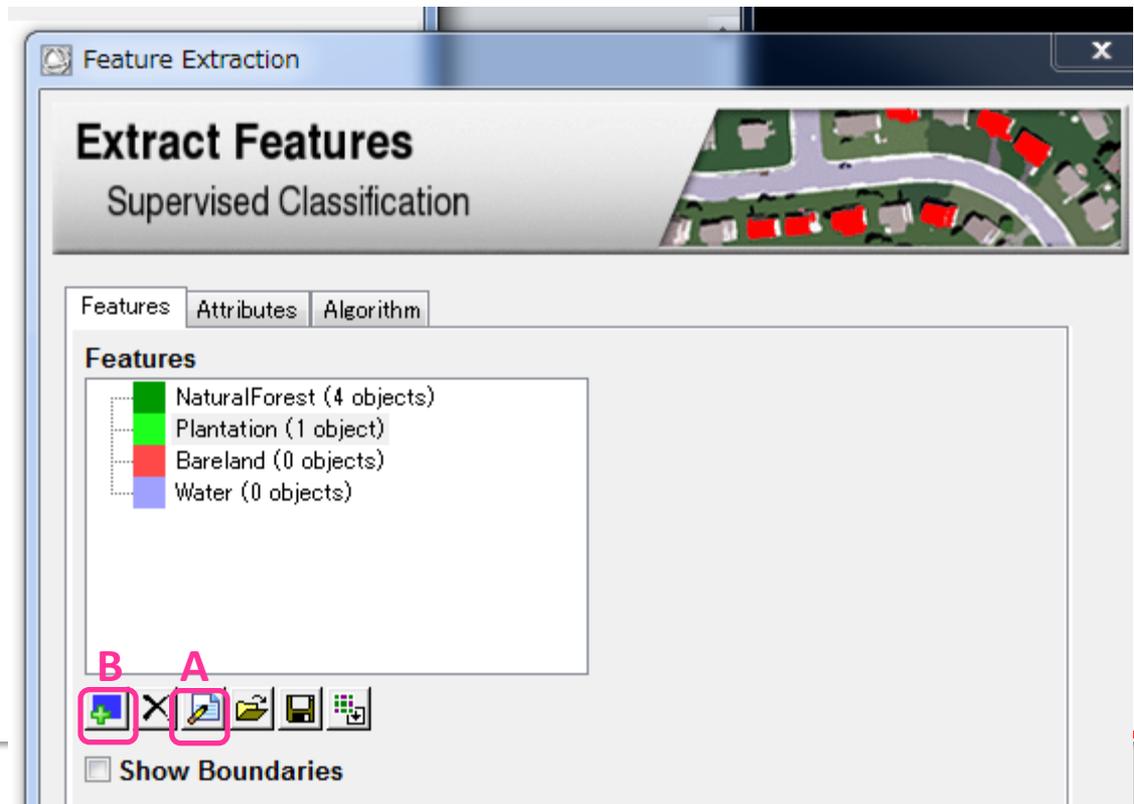


# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 -

### - ステップ③教師付データの選択

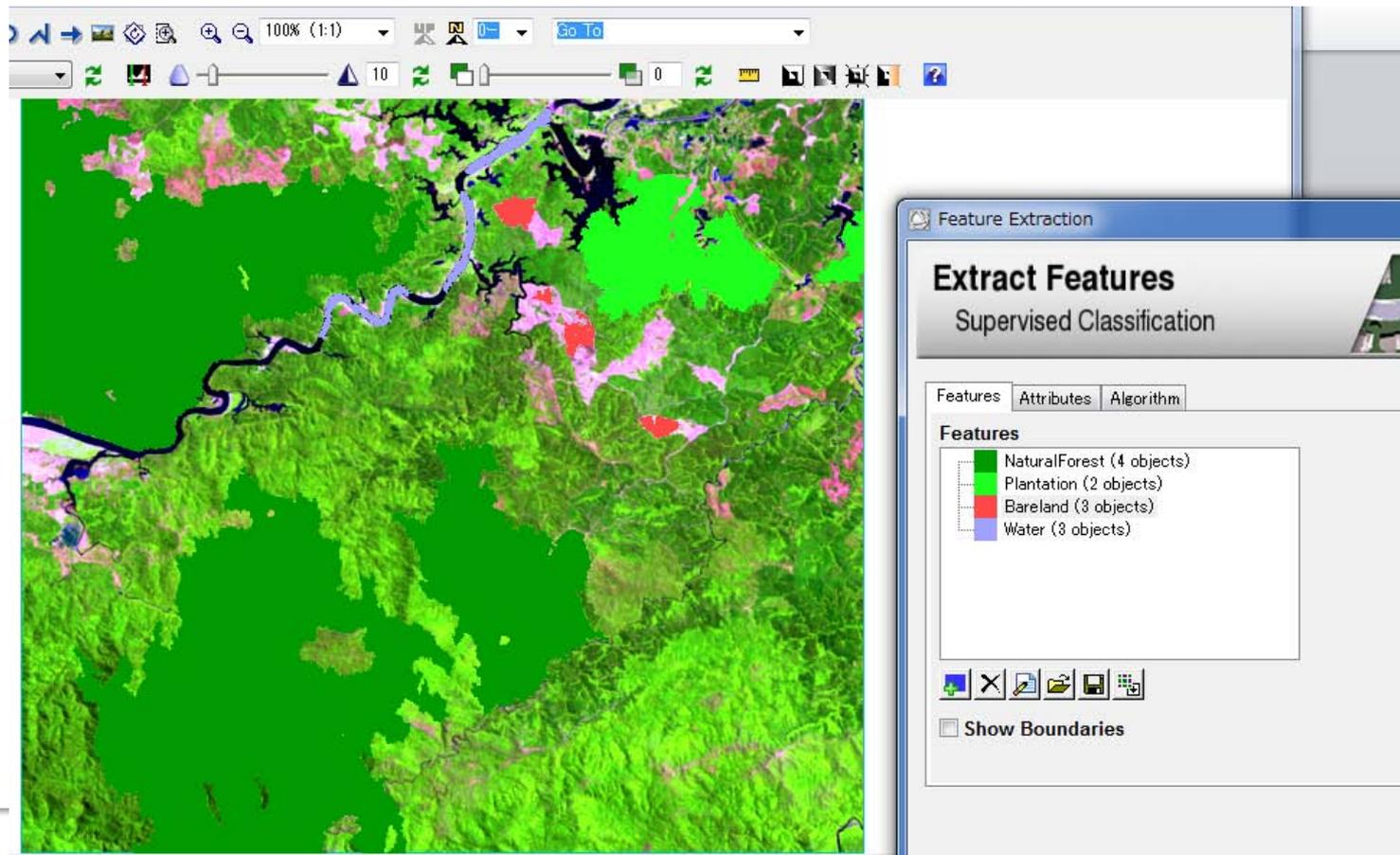
- 各フィーチャに名前を付ける場合は、Feature properties アイコン→**A**
- フィーチャを追加する場合は、Add featureアイコンをクリック→**B**



# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 - - ステップ③教師付データの選択

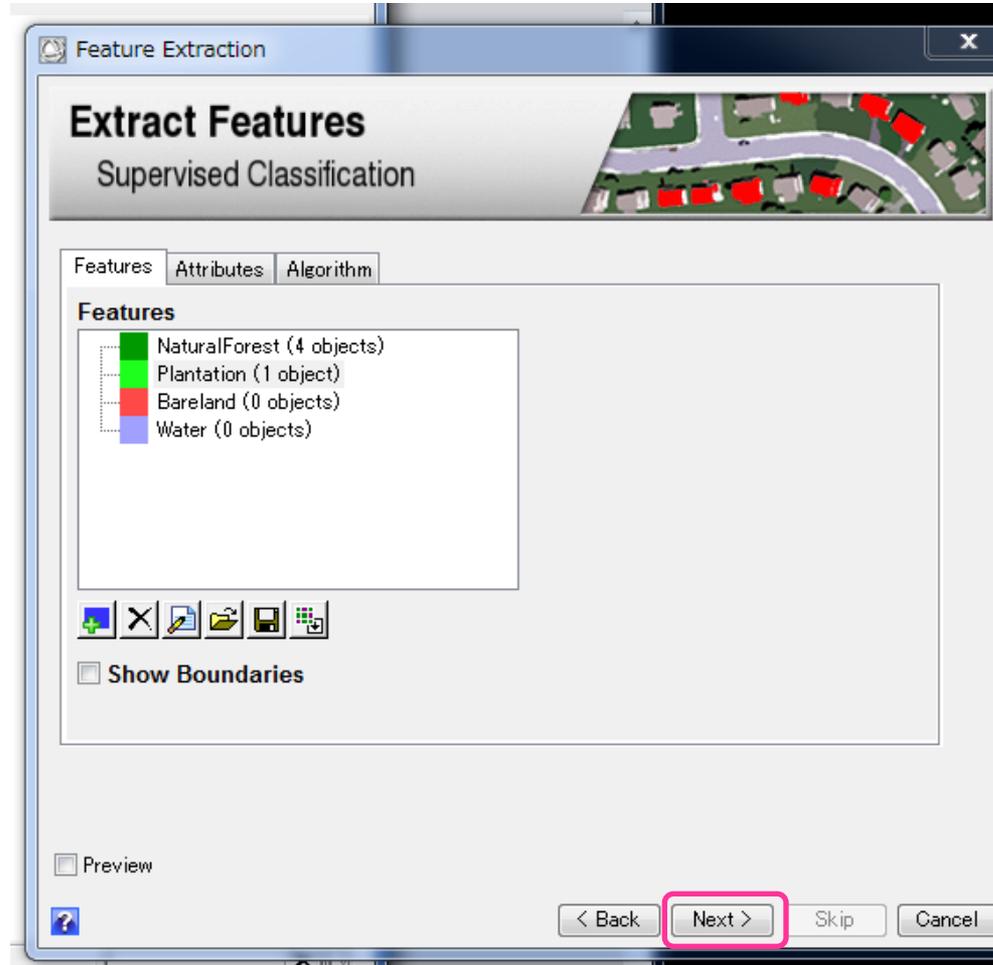
- 各土地被覆タイプを選択した状態で、ENVI EX 画面をクリックしていくと教師データが追加されます



# ENVI EXの操作

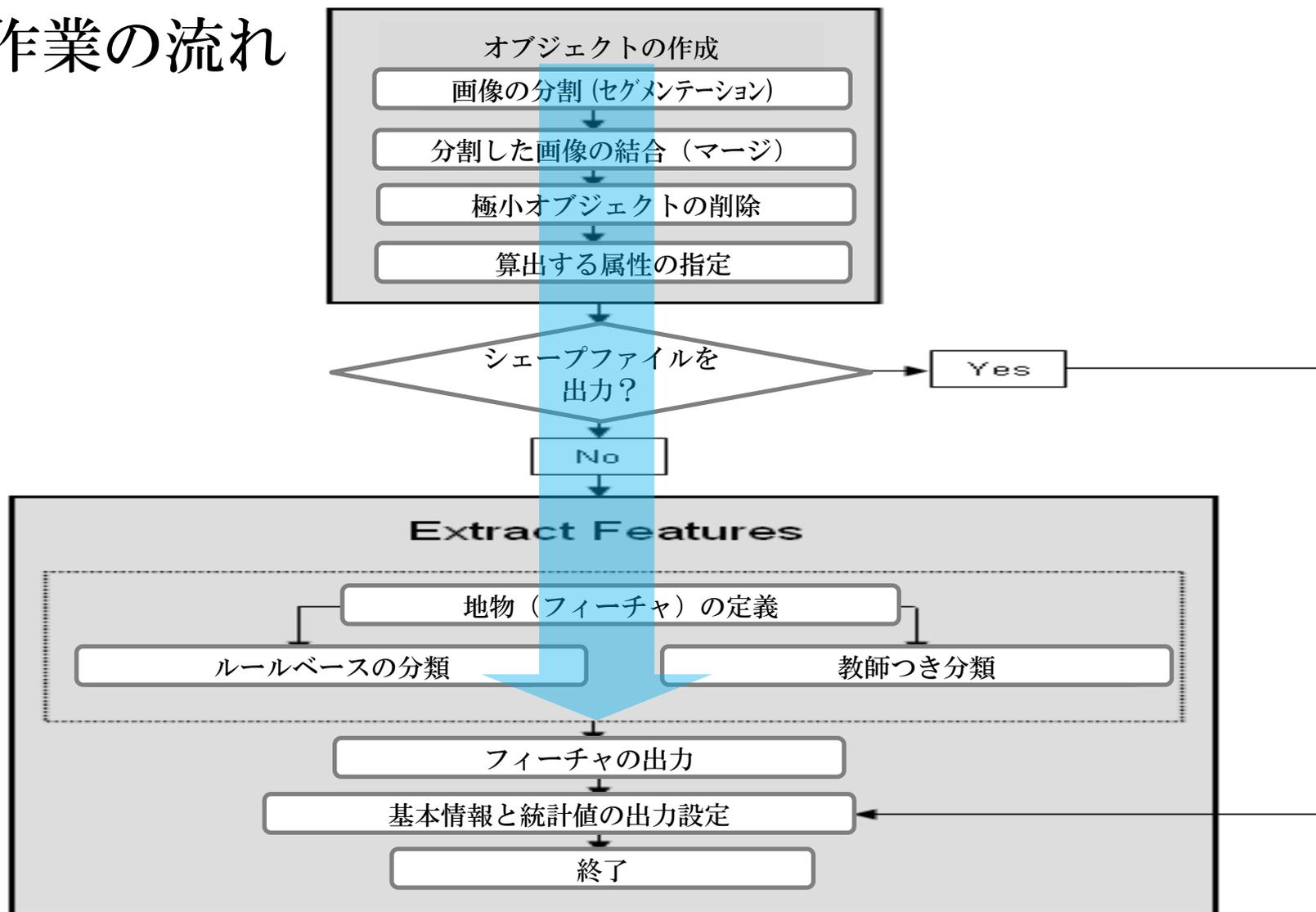
## - フィーチャの抽出 - - ステップ③教師付データの選択

- Next ボタンをクリック



# ENVI EXの画像分割の仕組み

## 作業の流れ

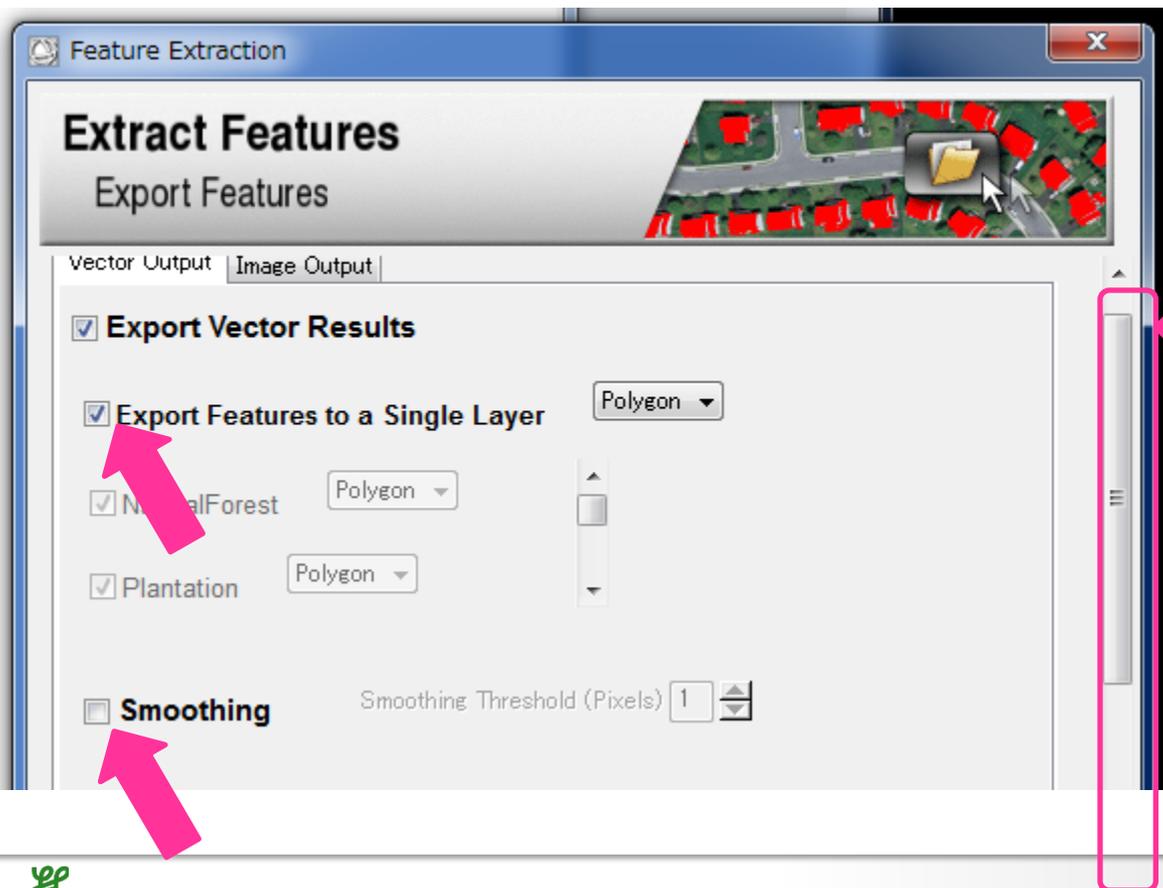


# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 -

### - ベクターデータの出力

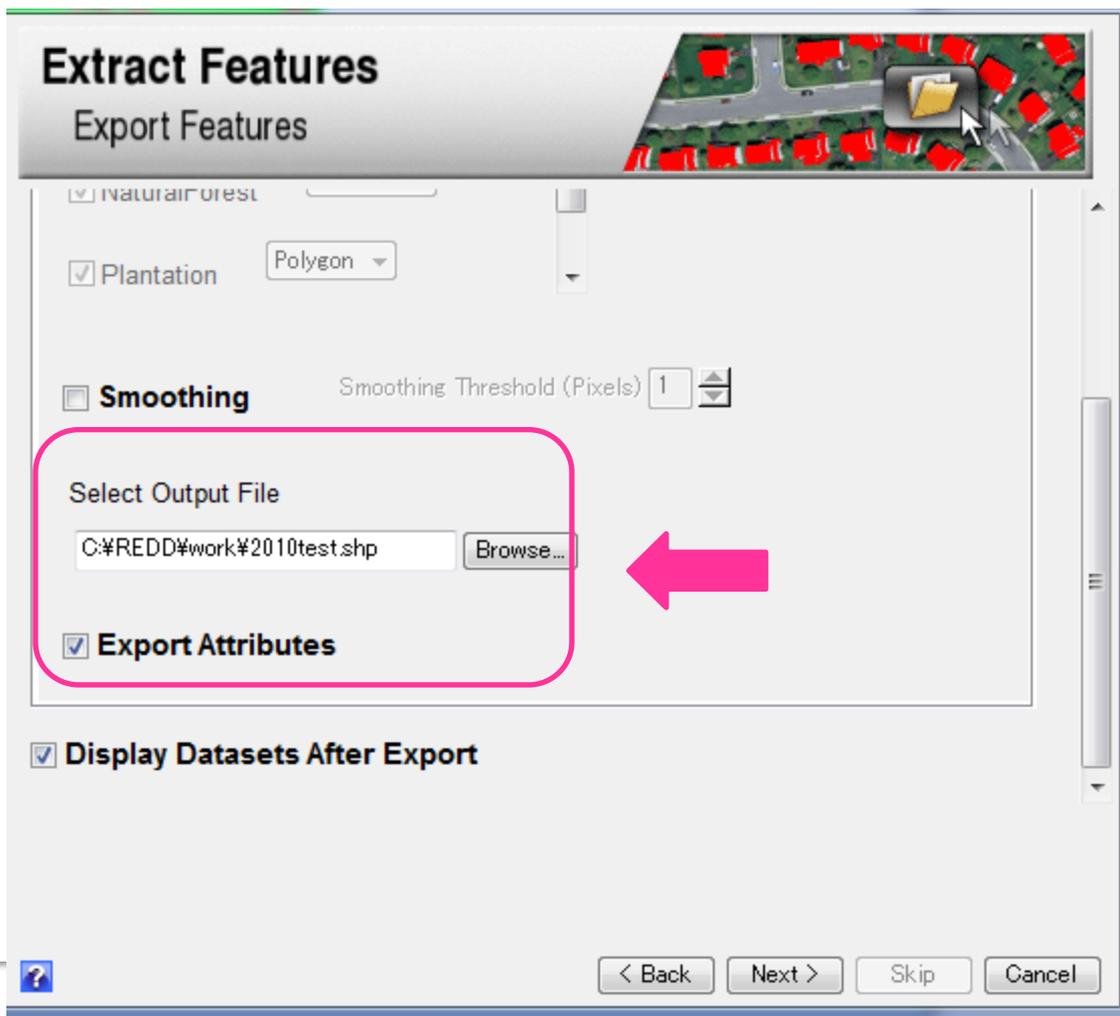
1. Export Features to a Single Layerをクリック
2. Smoothingのチェックを外す



スクロールバーを下げると、  
Browseボタンあり  
ファイルの保存場所を指定  
(保存先、ファイル名は次の  
ページに記載)

# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 - - ベクターデータの出力



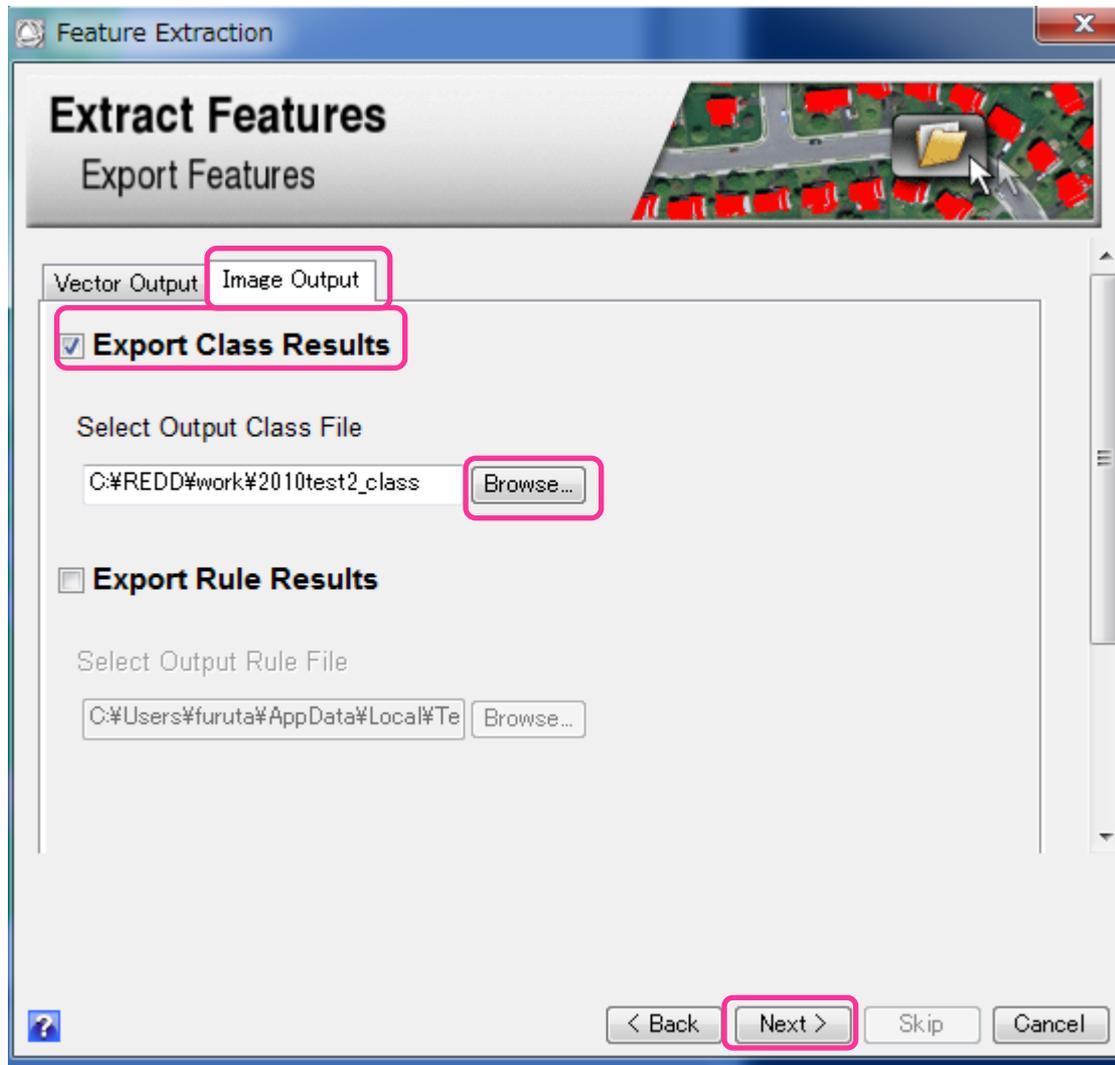
- Select Output FileのBrowseボタンをクリックし、ファイルを保存する場所を指定します。

保存先：C:\REDD\work  
ファイル名：2010.shp

- Export Attributesにチェックを入れると、Attributesのデータ表が作成されます

# ENVI EXの操作

## - クラス画像の出力



1. Image Output タブをクリック
2. Export Class Results にチェック
3. Select Output Class Fileの Browse ボタンをクリックし、ファイルの保存先とファイル名を決める

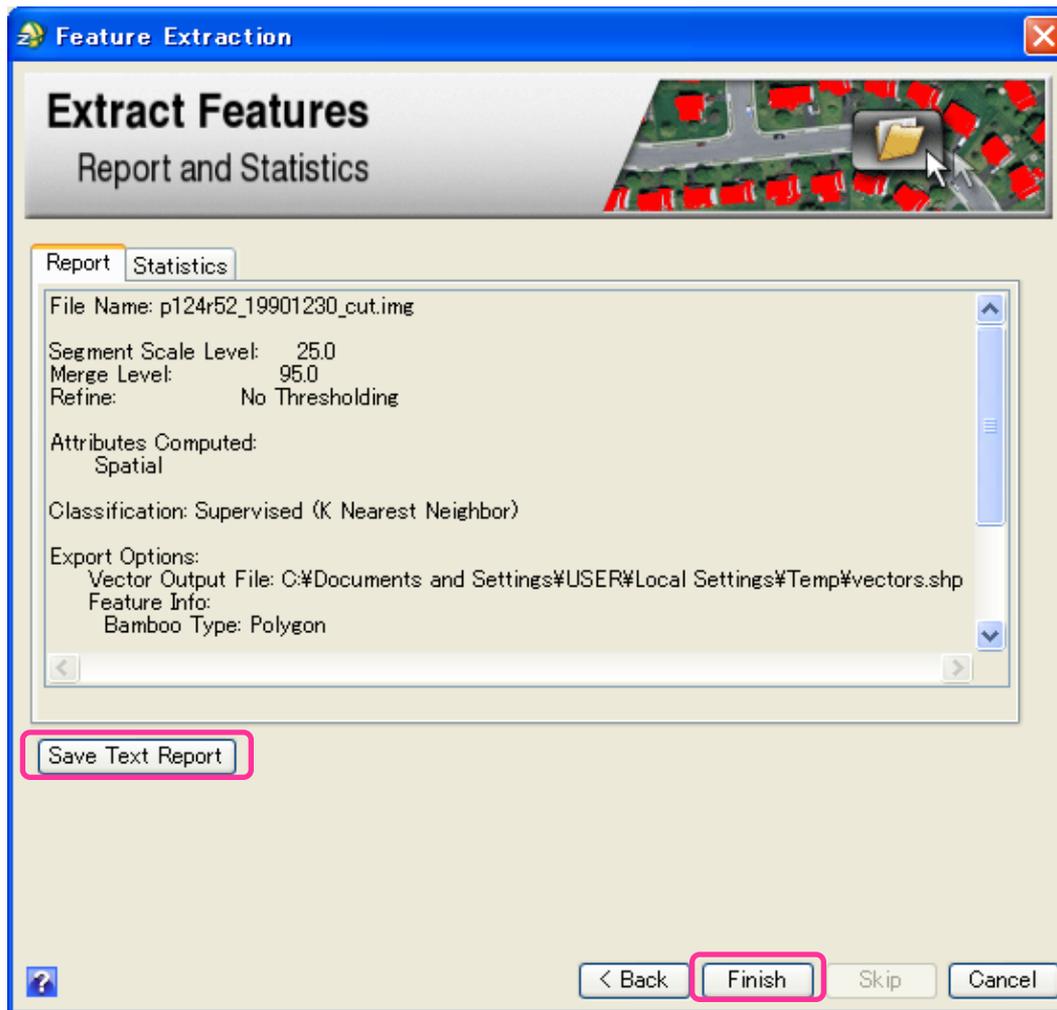
保存先：C:\REDD\work  
ファイル名：2010\_image

4. Next ボタンをクリック

※Export Rule Results はチェックを外す

# ENVI EXの操作

## - フィーチャの抽出 -



### - Reportを保存

- 基本情報
- Statistics

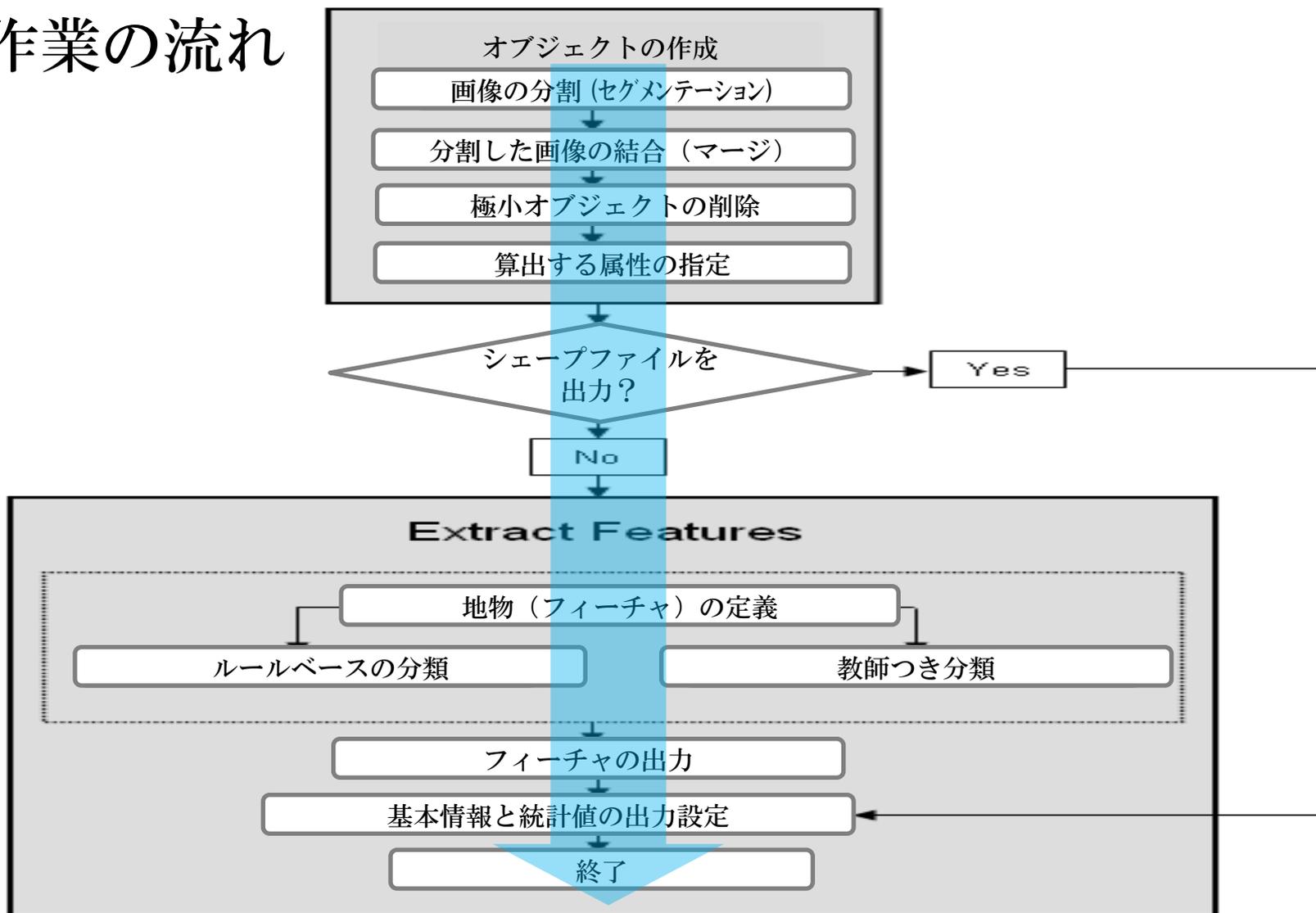
1. Save Text Report ボタンをクリックし、txtファイルを保存

保存先：C:\REDD\work  
ファイル名：2010\_report

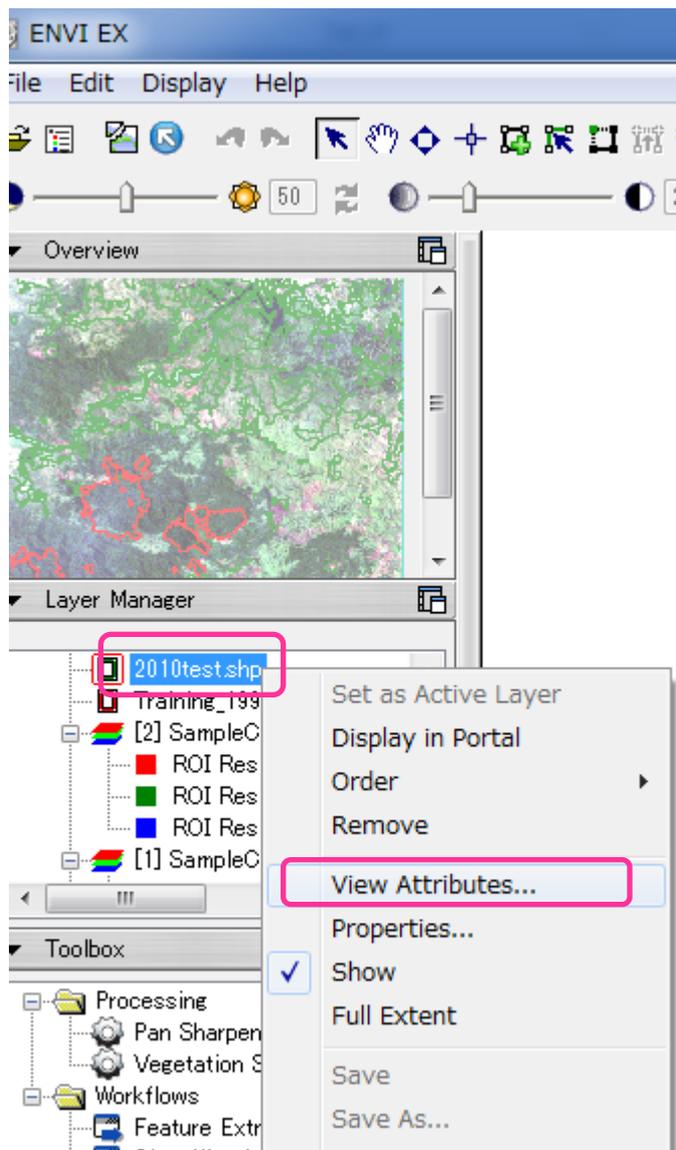
2. Finish ボタンをクリック
3. Are you sure... というメッセージが表示されたら、OK ボタンをクリック

# ENVI EXの画像分割の仕組み

- 作業の流れ



# ENVI EXの操作確認作成したベクターを表示



- ベクタファイルを開く
  1. Openボタンをクリック
  2. 1996年のカラー合成したレイヤを最前面に表示させる
  3. C:\REDD\workフォルダから2010.shpを選択
  4. 開くボタンをクリック
  
- ベクタレイヤを右クリックし、View Attributesを選択すると、下のような表が作成されます

	CLASS_ID	AREA	LENGTH	COMPACT	CONVEXITY	
1	Bamboo	4111244.0	129200.82	0.079362000	4.1656530	0.7
2	Limestone	72696.375	1434.2692	0.21212000	1.0954030	0.7
3	City_Bare	13808.250	498.98571	0.26572700	1.0000000	1.0
4	Coniferous	1085978.3	9121.6524	0.14938500	1.8285770	0.6
5	City_Bare	77976.000	1415.6771	0.22257200	1.1218510	0.7
6	Broadleaved	2.3675950e+008	337762.22	0.076227000	4.5567090	0.7
7	City_Bare	33302.250	882.30625	0.23338500	1.0829340	0.7
8	Coniferous	226211.63	3679.8885	0.14584000	1.4606900	0.6
9	Bamboo	163668.38	2808.8311	0.16252200	1.2948590	0.6
10	Bamboo	3330225.0	17627.598	0.11681500	1.9000110	0.6
11	Coniferous	2453807.3	11821.351	0.14952300	1.5102880	0.7
12	City_Bare	5279.6250	296.35285	0.27666100	1.0000000	1.0
13	City_Bare	21524.625	638.35285	0.25933600	1.0551930	0.9
14	Bamboo	8934.7500	456.00000	0.23390100	1.0579840	0.8
15	Coniferous	27616.500	792.08576	0.23673800	1.0776860	0.9

Tip: Viewing Attributes [Close]



## ArcGISでの操作

# - インターセクション

- 作成したベクターデータをArcGISのインターセクション機能でデータを分割および情報の統合する
- 面積の計算
- 集計

GISの実習で練習します



# 精度評価

- Error Matrixの作成
  - 最新画像
    - 現地調査による検証
  - 過去画像
    - 画像の手動判読
      - 全エリア
      - サンプルング
        - » システムティック
        - » 層化



■ - Error Matrixの作成  
分類結果の精度検証  
(2010年の分類結果を使用)

# ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

### - ENVI上で操作 (ENVI EXでなく)

- デスクトップにあるENVI 4.8のアイコンをクリック



- メインメニューバーが起動

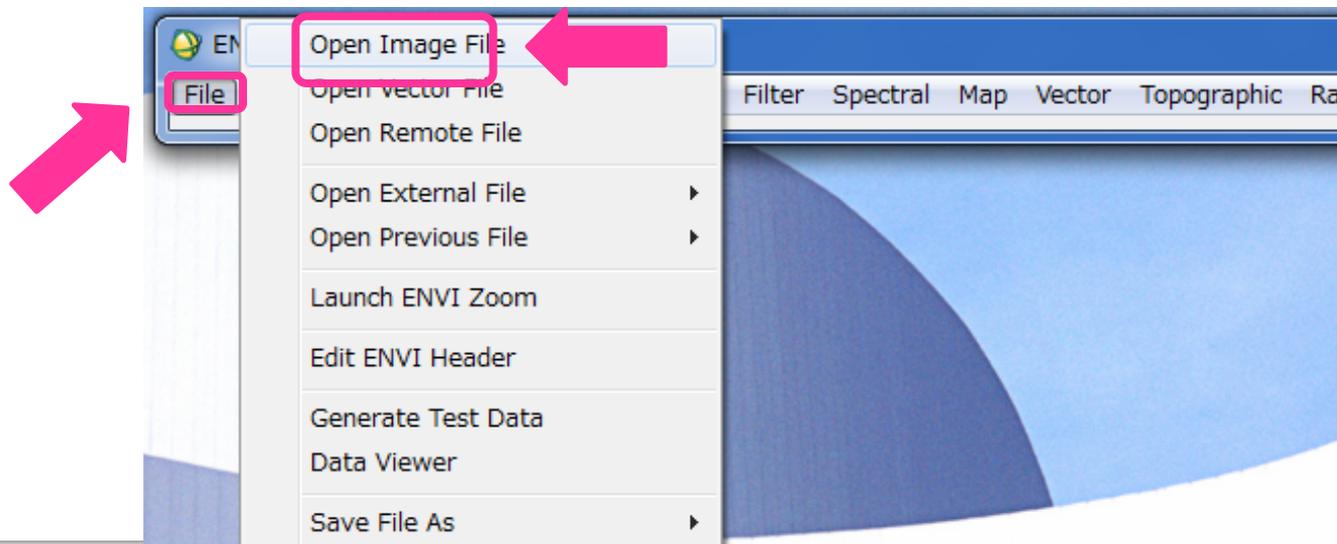


# ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

### - ラスタ分類画像を開く

1. メインメニューバーのFileをクリック
2. Open Image Fileをクリック
3. 先ほど作成した分類画像を選択(C:\¥REDD¥work¥2010\_image)
4. Available Band Listが表示されるので、分類画像を選択し、Load Band ボタンをクリック

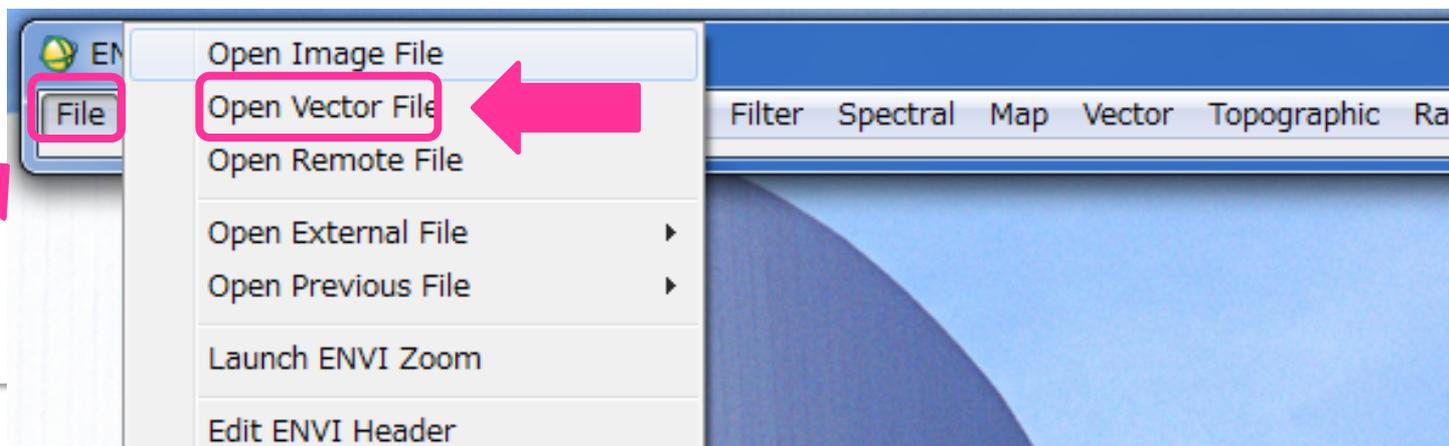


# ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

### - 検証用のベクターファイルを開く

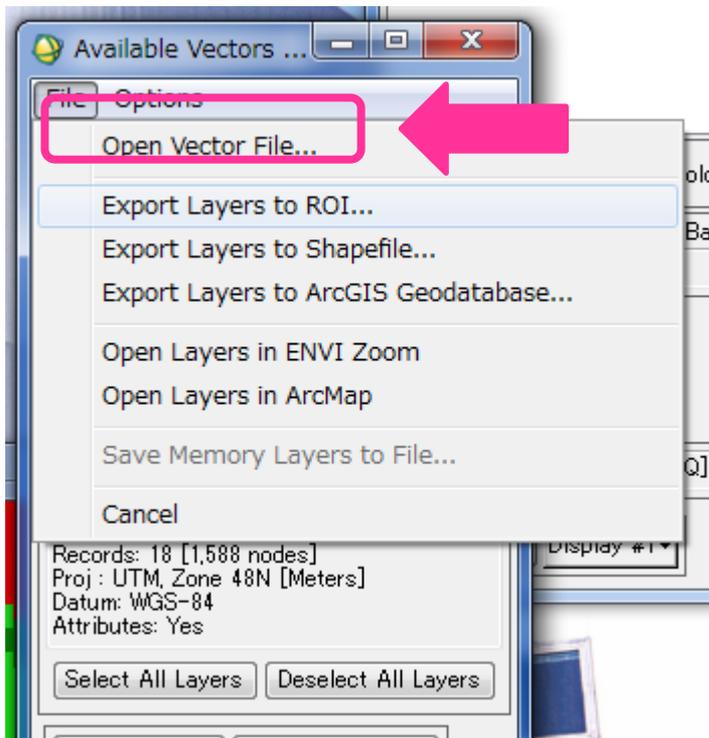
1. メインメニューバーのFileをクリック
2. Open Vector Fileをクリック
3. ファイルの種類をshapefileに変更
4. C:\REDD\data\検証用データ\Groundtruth\_2010 フォルダ内の4つのファイルを選択し、”開く”ボタンを押す
5. Available Vectors Listが表示される
6. Select All Layersボタンをクリックし、Load Selectedボタンを押す
7. ウィンドウの選択画面が表示されるので、Class画像が表示されている Display #1を選択



# ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

### - ベクターファイルをENVIのROIとしてエクスポート



1. Available Vectors Listの4つのファイルを選択

2. Available Vectors ListのメニューバーのFile > Export Layers to ROIをクリック

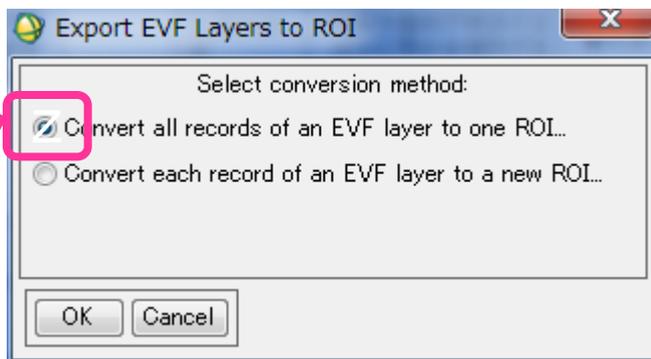
(注) Vector parameters...  
ダイアログではありません

## ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

## ROIファイルの作成

1. Select Data File to Associate with new ROIsダイアログが起動
2. Select Input Fileにて、作成した分類画像 (2010\_class)を選択し、OKボタンをクリック
3. Export EVF Layers to ROIダイアログが起動する
4. Convert all records of an EVF layers to one ROIをチェック

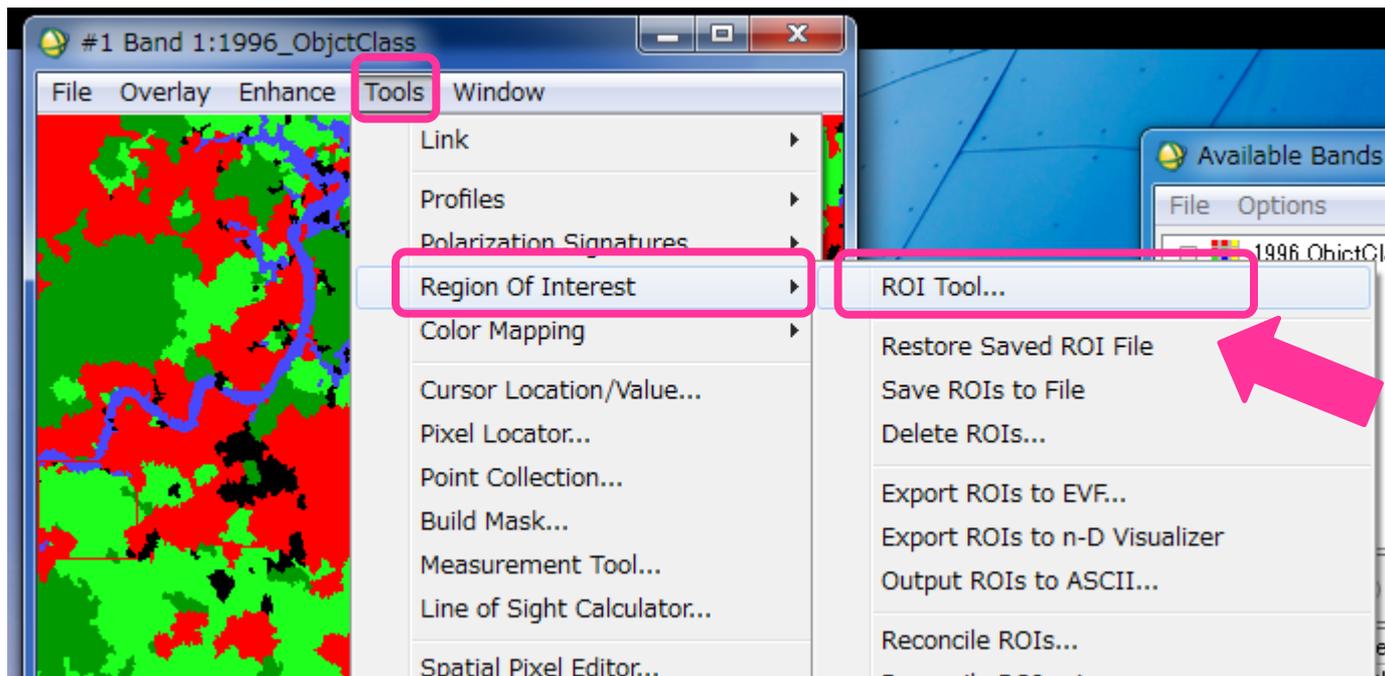


# ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

### - ROIツールダイアログの表示

1. 分類画像のウィンドウ(イメージウィンドウ)の Tool > Region of Interest > ROI Tools...をクリック
2. ROI Toolダイアログが表示

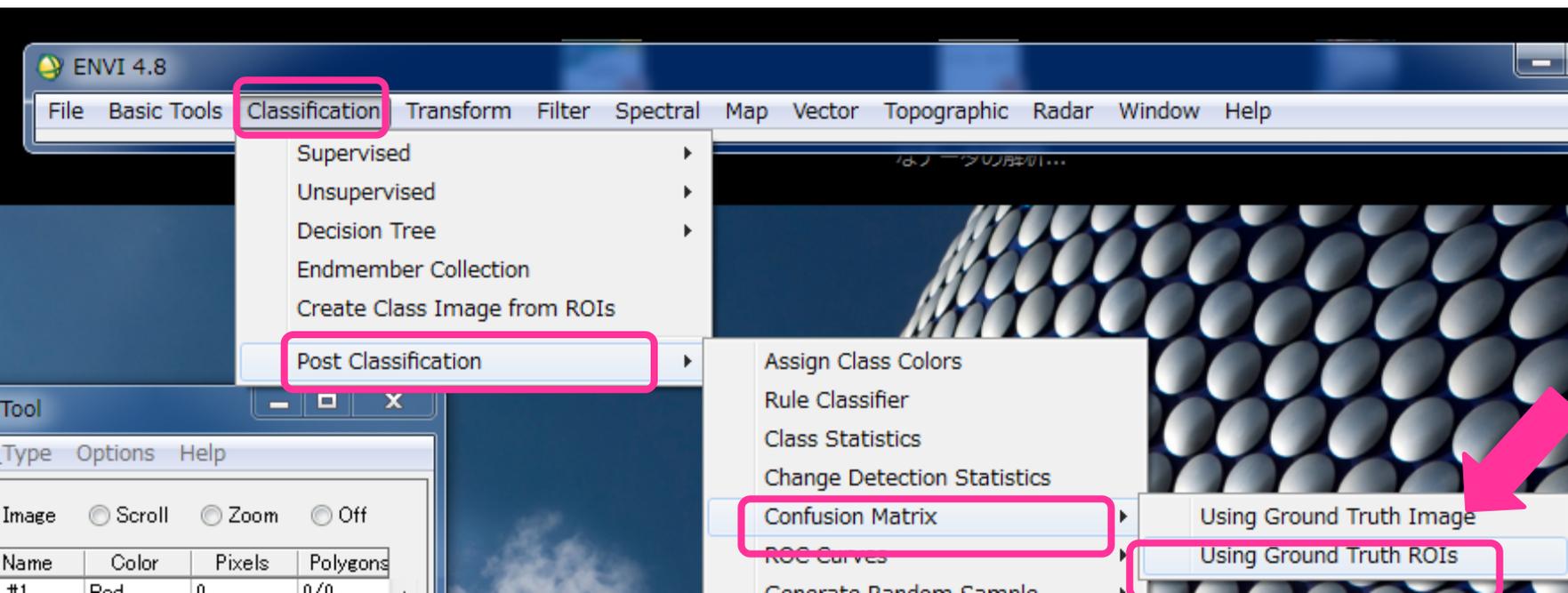


# ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

### - エラーマトリックスの作成

1. ENVI メインメニューバーのClassificationをクリック
2. Classification > Post Classification > Confusion Matrix > Using Ground Truth ROIsをクリック
3. Classification Input Fileダイアログが表示
4. このリスト内から分類画像を選択し、OKボタンをクリック

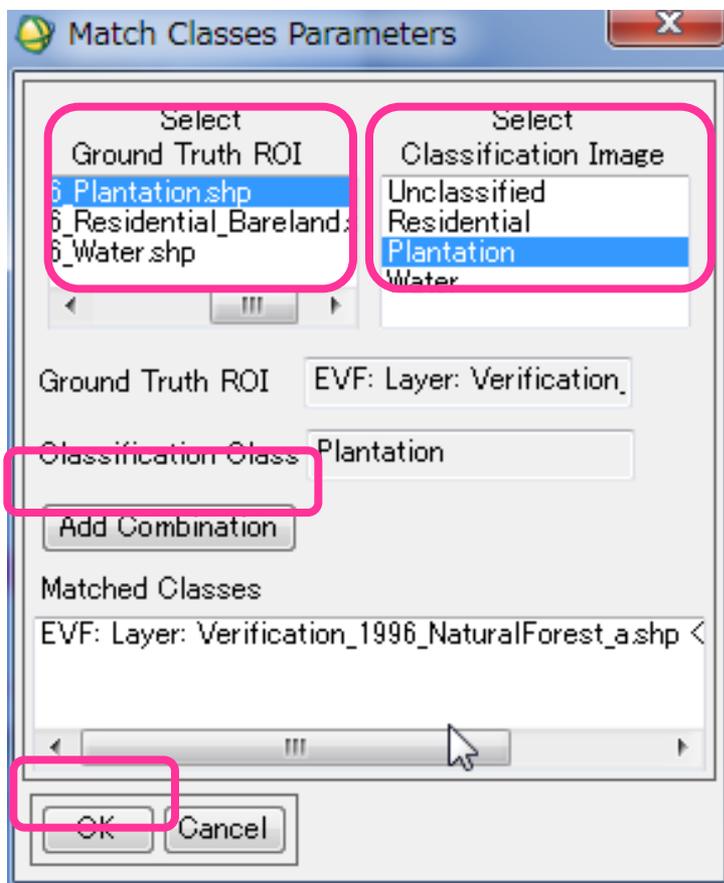


## ENVI 操作

## - Error Matrixの作成

## - エラーマトリックスの作成

## • 検証データと分類画像のクラスをあわせる



1. Match Class Parametersダイアログが表示
2. Select Ground Truth ROI、Select Classification Imageから同クラスを選択
3. Add Combinationボタンをクリック。Matched Classesに項目が増える。
4. Natural Forest, Plantation, Bareland, Water のすべてのクラスを組み合わせたら、OKボタンをクリック
5. Confusion Matrix Parametersのダイアログが表示される。
6. デフォルトのまま、OKボタンをクリック
7. 表が表示される

# 精度評価

分類結果クラス

Class Confusion Matrix

File

Confusion Matrix: C:\REDD\work\2010test2\_class

Overall Accuracy = (18231/26217) 69.5388%

Kappa Coefficient = 0.4957

照合用クラス

		Ground Truth (Pixels)				Total
Class	EVF: Layer:	VEVF: Layer:	VEVF: Layer:	VEVF: Layer:	V	
Unclassified		0	0	0	0	0
NaturalForest	10228	2121	2	410		12761
Plantation	3082	5774	0	179		9035
Bareland	0	2	924	0		926
Water	988	1202	0	1305		3495
Total	14298	9099	926	1894		26217

		Ground Truth (Percent)				Total
Class	EVF: Layer:	VEVF: Layer:	VEVF: Layer:	VEVF: Layer:	V	
Unclassified		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NaturalForest	71.53	23.31	0.22	21.65		48.67
Plantation	21.56	63.46	0.00	9.45		34.46
Bareland	0.00	0.02	99.78	0.00		3.53
Water	6.91	13.21	0.00	68.90		13.33
Total	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
NaturalForest	19.85	28.47	2533/12761	4070/14298
Plantation	36.09	36.54	3261/9035	3325/9099
Bareland	0.22	0.22	2/926	2/926
Water	62.66	31.10	2190/3495	589/1894

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
NaturalForest	71.53	80.15	10228/14298	10228/12761
Plantation	63.46	63.91	5774/9099	5774/9035
Bareland	99.78	99.78	924/926	924/926
Water	68.90	37.34	1305/1894	1305/3495

- 全体精度は？
- どのような土地被覆のクラスで誤分類が多かったか？
- 誤分類するクラスはどのクラスに分類されたか？

# 各手法の短所・長所(課題)

自動/ 手動	抽出方法	分類/検 出ベース	手法	長所	短所	
						対処
自動	(1) 時点ごとの森林タイプ分類図作成のうえ変化抽出	オブジェクト		<ul style="list-style-type: none"> <li>高分解能画像の分類に適しているため、詳細な分類図が得られる</li> <li>炭素量への変換が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分類のためのパラメータ設定が複雑</li> <li>二時点のオブジェクトが完全に一致せず極小のゴミが発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゴミ処理は難しい</li> </ul>
		ピクセル		<ul style="list-style-type: none"> <li>作業者の技術力によらず、比較的均質な成果が得られる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高分解能画像の分類に適さない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中分解能・低分解能で利用</li> </ul>
	(2) 二時点の画像の数値情報を直接利用	オブジェクト/ピクセル	差	<ul style="list-style-type: none"> <li>もっとも簡単で結果がよい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地被覆の変化履歴がわからない</li> <li>植生の季節変化の影響を受ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化箇所に対して分類処理を施す</li> <li>同時期の画像を様々な提供元で検索</li> </ul>
			主成分分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>伐採や植林が特定の主成分に現れる傾向がある</li> </ul>		
			共通オブジェクト区トを利用した分類結果の比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地被覆が明らかになる</li> <li>ゴミが発生しない</li> </ul>		
	手動	共通	目視判読		<ul style="list-style-type: none"> <li>分類精度が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>判読者の影響を受ける</li> </ul>



## 2.1.2.5 Monitoring of increases in forest area – forestation 森林回復のモニタリング

- 森林の回復スピードは遅いので、森林減少よりも見つけにくい
- スタンダードな手法はない
- 樹冠疎密度で推定などが考えられる

# 森林内での変化モニタリング

- **2.2.1 Direct approach to monitor selective logging**  
択伐モニタリングの直接的アプローチ
  - Step1: Define the spatial resolution
  - Step2: Enhance the image
  - Step3: Select the mapping feature and methods
- **2.2.2 Indirect approach to monitor forest degradation**  
森林劣化モニタリングへの非直接的アプローチ

## 2.2.1 Direct approach to monitor selective logging 択伐モニタリングの直接的アプローチ

Figure 2.2.1. Very high resolution Ikonos image showing common features in selectively logged forests in the Eastern Brazilian Amazon.

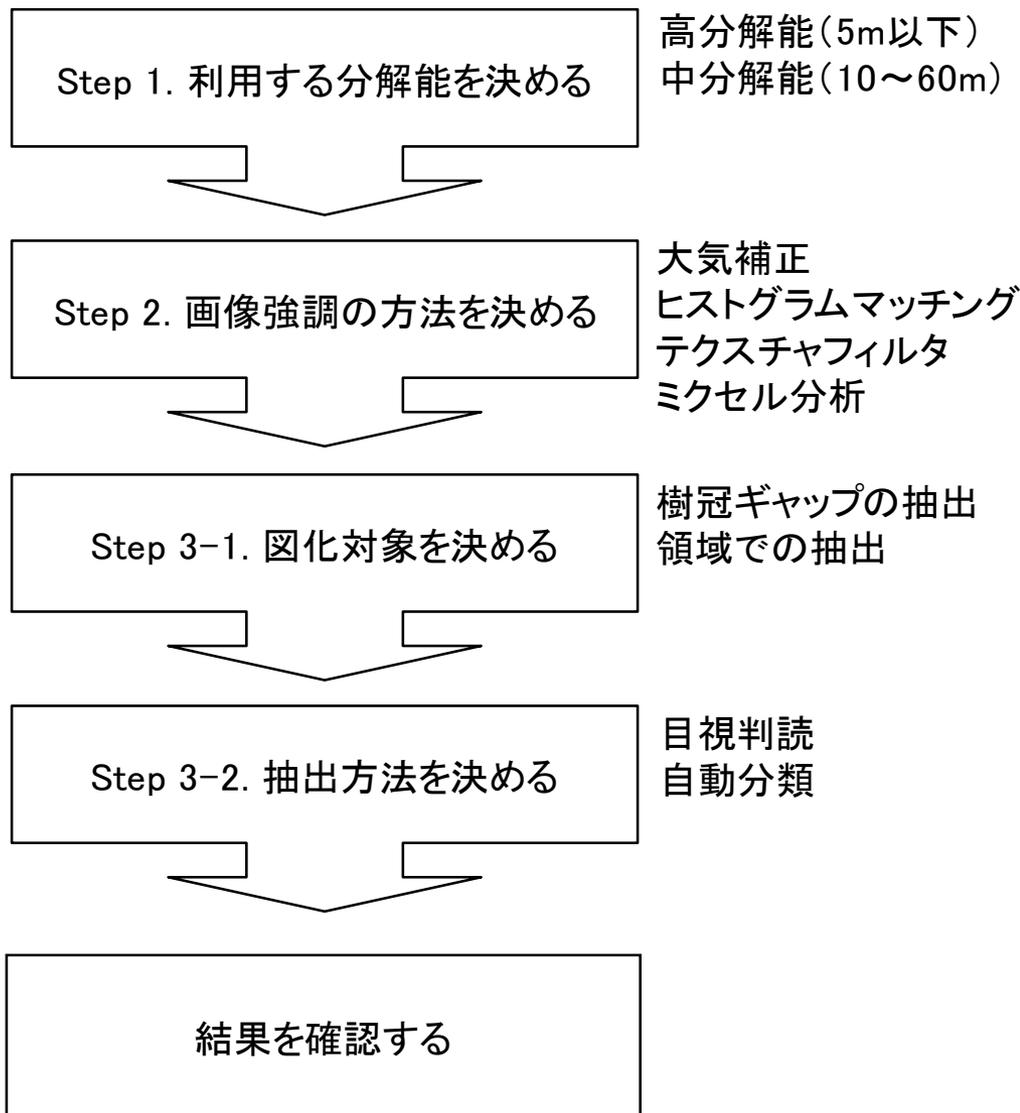


- 様々な土地被覆の状態で見えるので、択伐地域の抽出は難しい
- 高分解能衛星の利用が必要

(image size: 11 km x 11 km)

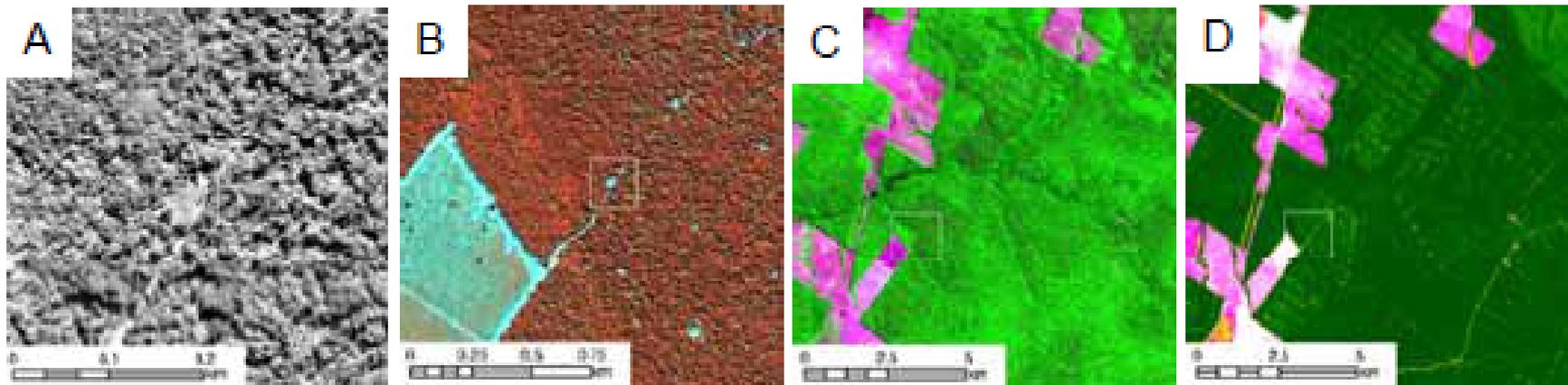


# 択伐モニタリングの直接的アプローチのステップ



## Step1: Define the spatial resolution 利用する分解能を決める

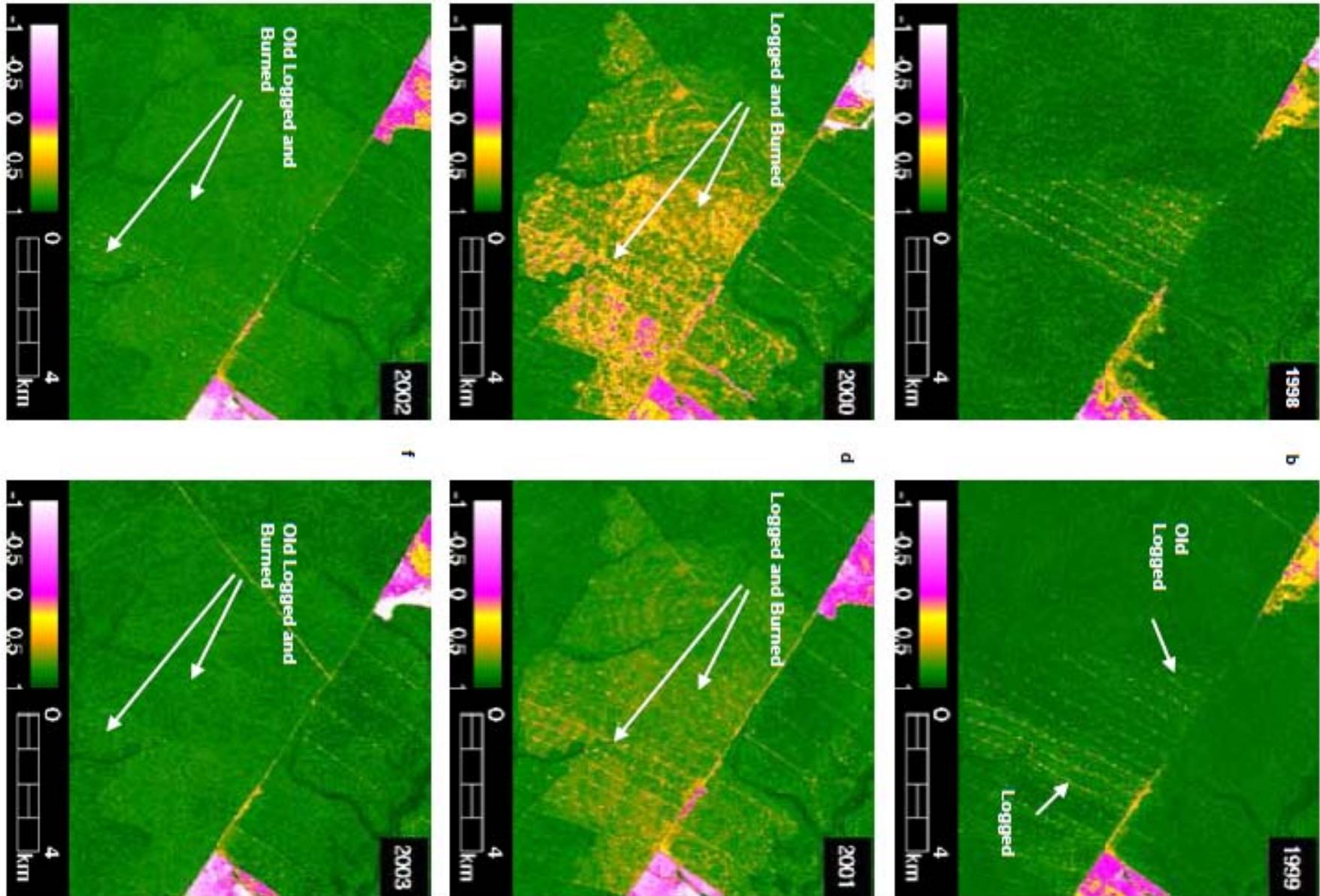
**Figure 2.2.2.** Unplanned logged forest in Sinop, Mato Grosso, Brazilian Amazon in: (A) Ikonos panchromatic image (1 meter pixel); (B) Ikonos multi-spectral and panchromatic fusion (4 meter pixel); (C) Landsat TM5 multi-spectral (R5, G4, B3; 30 meter pixel); and (D) Normalized Difference Fraction Index (NDFI) image (sub-pixel within 30 m). These images were acquired in August 2001.



GOFC-GOLDホームページ <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/>



# Step2: Enhance the image 画像強調の方法を決める



## Step3: Select the mapping feature and methods 解析手法の選択

- 森林劣化の程度は?
- 解析対象領域の広さは?
- 解析手法は?

Mapping Approach	Sensor	Spatial Extent	Objective	Advantages	Disadvantages
Visual Interpretation	Landsat TM5	Local and Brazilian Amazon	Map integrated logging area and canopy damage of burned forest	Does not require sophisticated image processing techniques	Labor intensive for large areas and may be user biased to define the boundaries of the degraded forest.
Detection of Logging Landings + Harvesting Buffer	Landsat TM5 and ETM+	Local	Map integrated logging area	Relatively simple to implement and satisfactorily estimate the area	Harvesting buffers varies across the landscape and does not reproduce the actual shape of the logged area
Decision Tree	SPOT 4	Local	Map forest canopy damage associated with logging and burning	Simple and intuitive binary classification rules, defined automatically based on statistical methods	It has not been tested in very large areas and classification rules may vary across the landscape
Change Detection	Landsat TM5 and ETM+	Local	Map forest canopy damage associated with logging and burning	Enhances forest canopy damaged areas.	Requires two pairs of radiometrically calibrated images and does not separate natural and anthropogenic forest changes
Image Segmentation	Landsat TM5	Local	Map integrated logged area	Relatively simple to implement	Not been tested in very large areas. segmentation rules may vary across the landscape
Textural Filters	Landsat TM5 and ETM+	Brazilian Amazon	Map forest canopy damage associated	Relatively simple to implement	
CLAS <sup>20</sup>	Landsat TM5 and ETM+	Three states of the Brazilian Amazon (PA, MT and AC)	Map total logging area (canopy damage, clearings and undamaged forest)	Fully automated and standardized to very large areas.	Requires very high computation power, and pairs of images to detect forest change associated with logging. Requires additional image types for atmospheric correction (MODIS)
CLASlite <sup>21</sup>	Landsat TM, ETM+ ASTER, ALI, SPOT MODIS,	Regional, anywhere that imagery exists	Rapid mapping of deforestation and degradation at sub-national scales	Fully automated, uses a standard computer, requires no expertise	Creates basic forest cover maps but does not do final classification of land uses
NDFI+CCA <sup>22</sup>	Landsat TM5 and ETM+	Local	Map forest canopy damage associated with logging and burning	enhances forest canopy damaged areas.	It has not been tested in very large areas and does not separate logging from burning



## 2.2.2 Indirect approach to monitor forest degradation 森林劣化モニタリングへの非直接的アプローチ

⇒ Intact Forest (自然林) の抽出

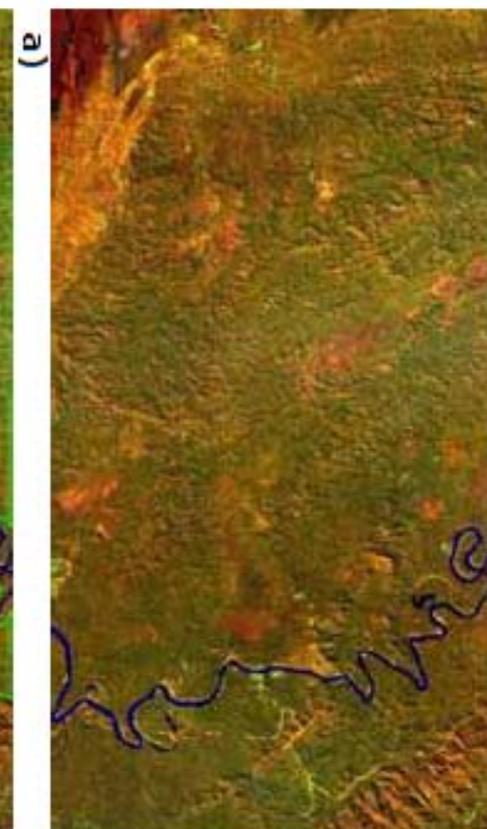
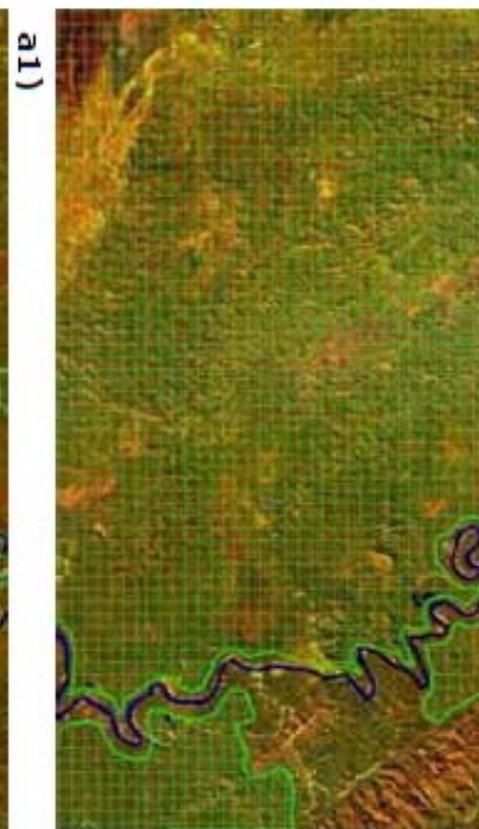
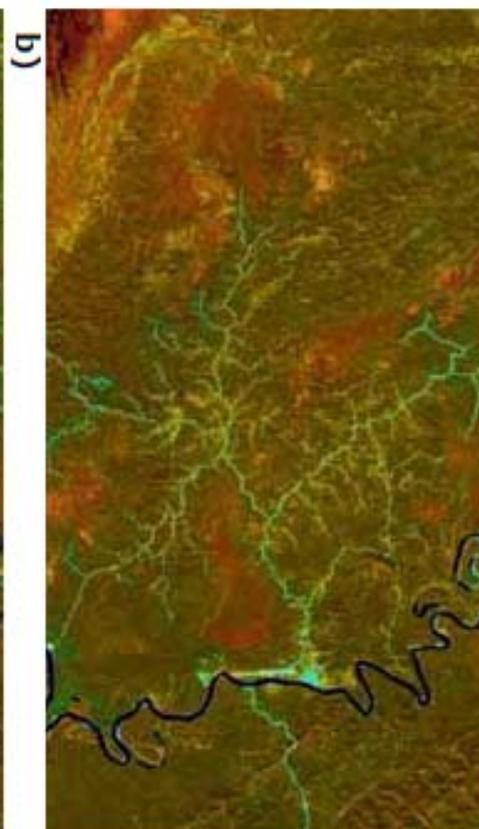
- Positive approach
  - 画像解析でIntact Forest自体を抽出
- Negative approach
  1. GISデータなどで人為改変地域および周辺地域を除く
  2. 目視判読でFine Shapingする



# Forest degradation assessment in Pappua New Guinea

2002

1988



GOFC-GOLDホームページ <http://www.gofcgold.wur.nl/redd/>