



第7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
笹川 裕史

森林－非森林変化のモニタリング

(出典:GOFC-GOLD / COP17)

SOURCEBOOK

COP 17 version 1



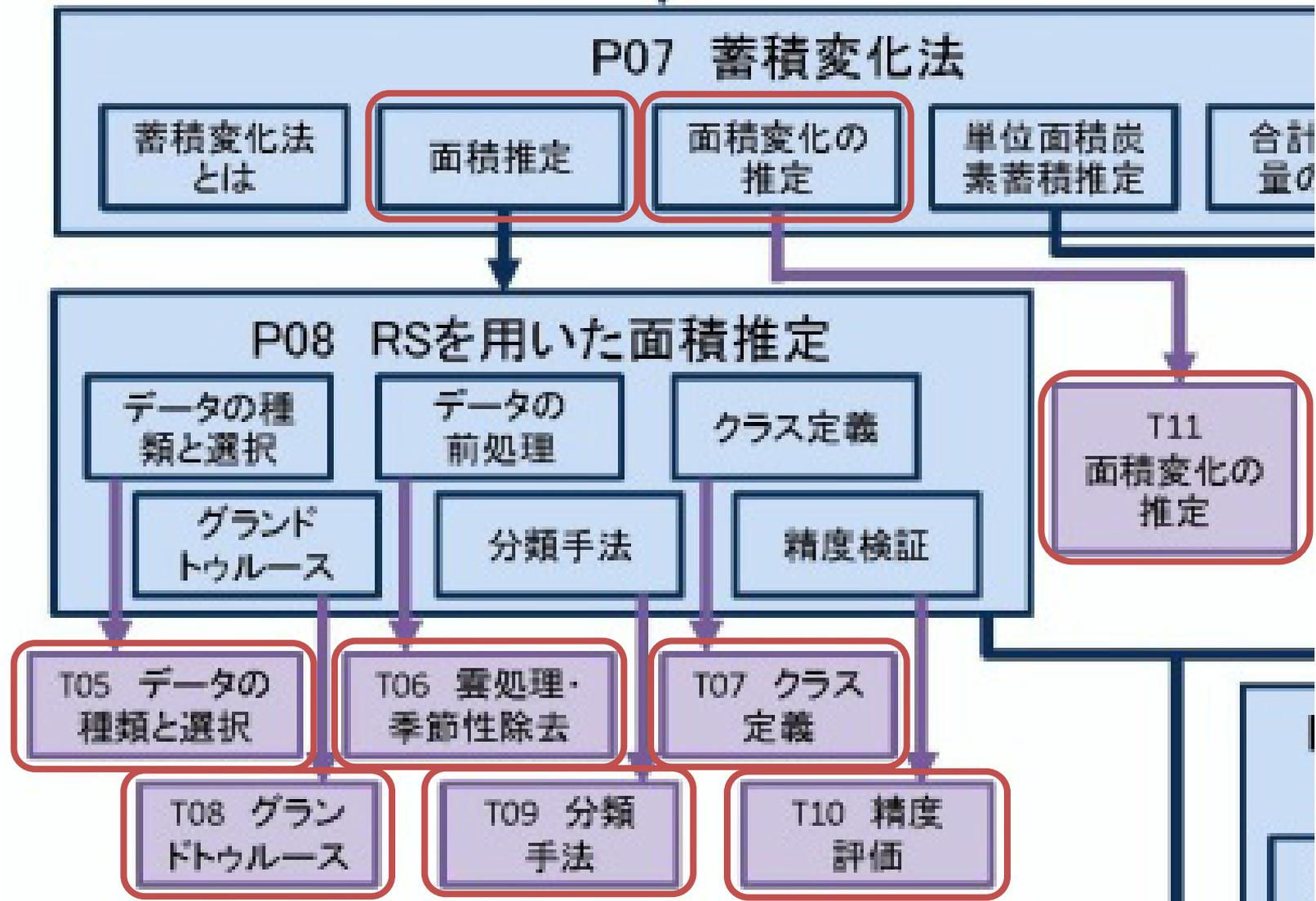
A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation

GOFC-GOLD

Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics

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

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
衛星データを必要とする森林域
- Step3: Selection of satellite imagery and coverage
衛星画像と対象範囲の選択
- 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
- Step6: Accuracy assessment
精度検証

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>Six land use classes and conversion between them:</p> <p>Forest land Cropland Grassland Wetlands Settlements Other Land</p>	<p>Article 3.3 Afforestation, Reforestation, Deforestation</p> <p>Article 3.4 Cropland management Grazing land management Forest management Revegetation</p>	<p>CDM 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 www.unfccc.int)</p>	

- Step2: Designation of forest area for acquiring satellite data

衛星データを必要とする森林域

- ✓ 国土のすべての森林を含むこと
- ✓ 現存している全森林は、評価期間中すべての森林変化を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

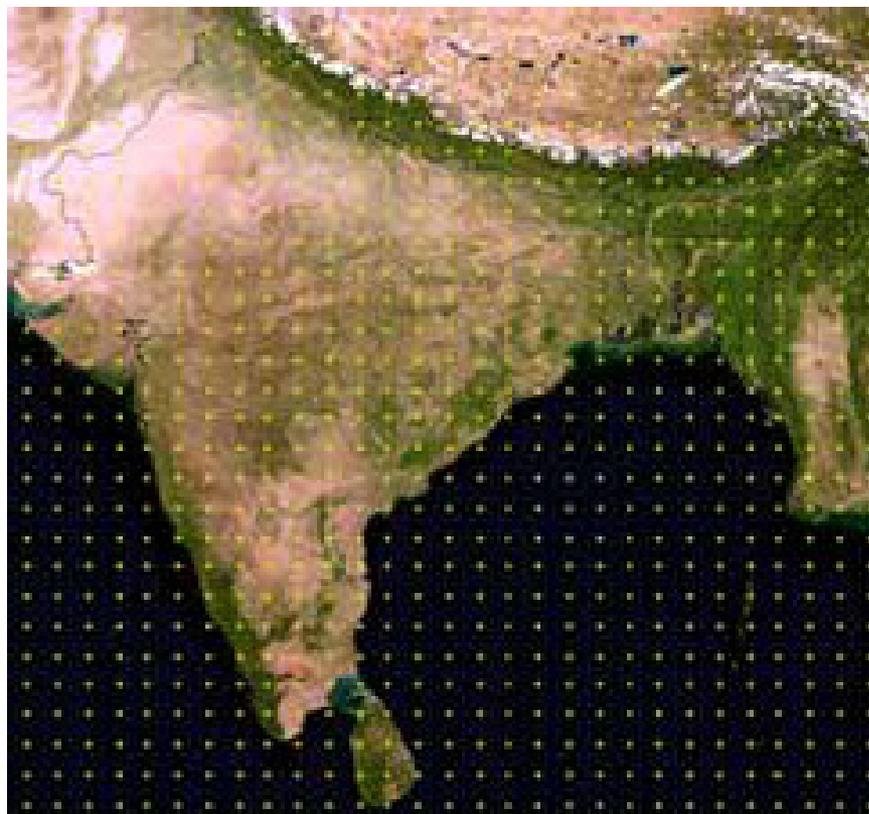
表 T05-1 代表的な光学衛星センサのスペックおよびデータ価格

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 ²)	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 (http://glovis.usgs.gov/ 、 http://earthexplorer.usgs.gov/)
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)	http://eo1.usgs.gov/ 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)	http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/ より無料ダウンロード可

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 EarthExplorer interface. The search criteria summary shows the following details:

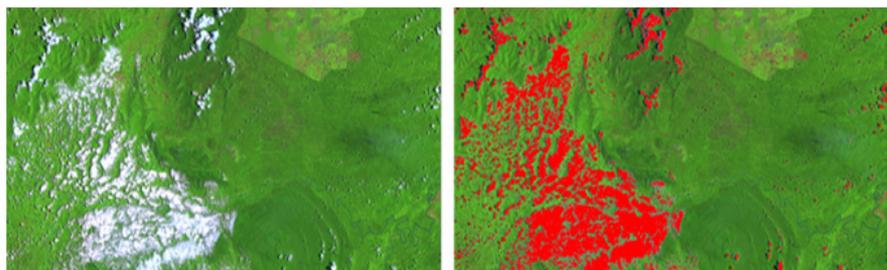
- Entity ID: ETP124R52_5T19901230
- Acquisition Date: 30-DEC-90
- Path: 124
- Row: 52

The search results section indicates that 1 result is displayed. The interface includes navigation controls, a map view, and a 'Submit Standing Request' button.

At the bottom of the page, there are links for Accessibility, FOIA, Privacy, Policies and Notices, and Google Maps API Disclaimer. The footer also includes the U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, and the USA.gov logo.

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。

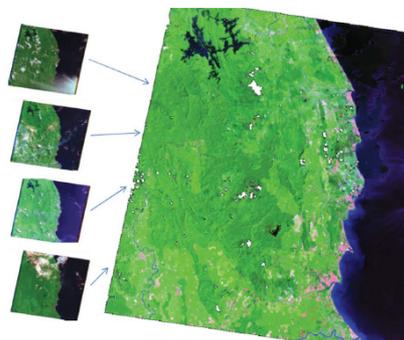
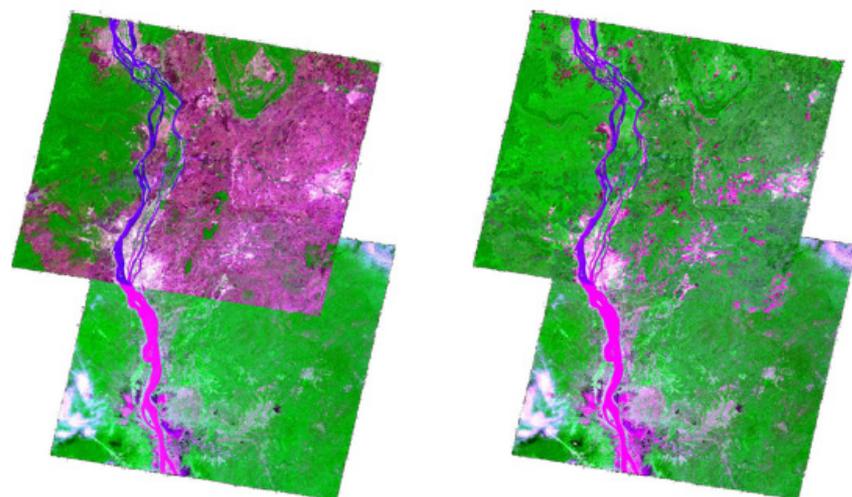


図 T06-2 雲なしのモザイク画像

Landsat7 ETM+ 画像 (マレーシア)。INFO¹⁾ 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

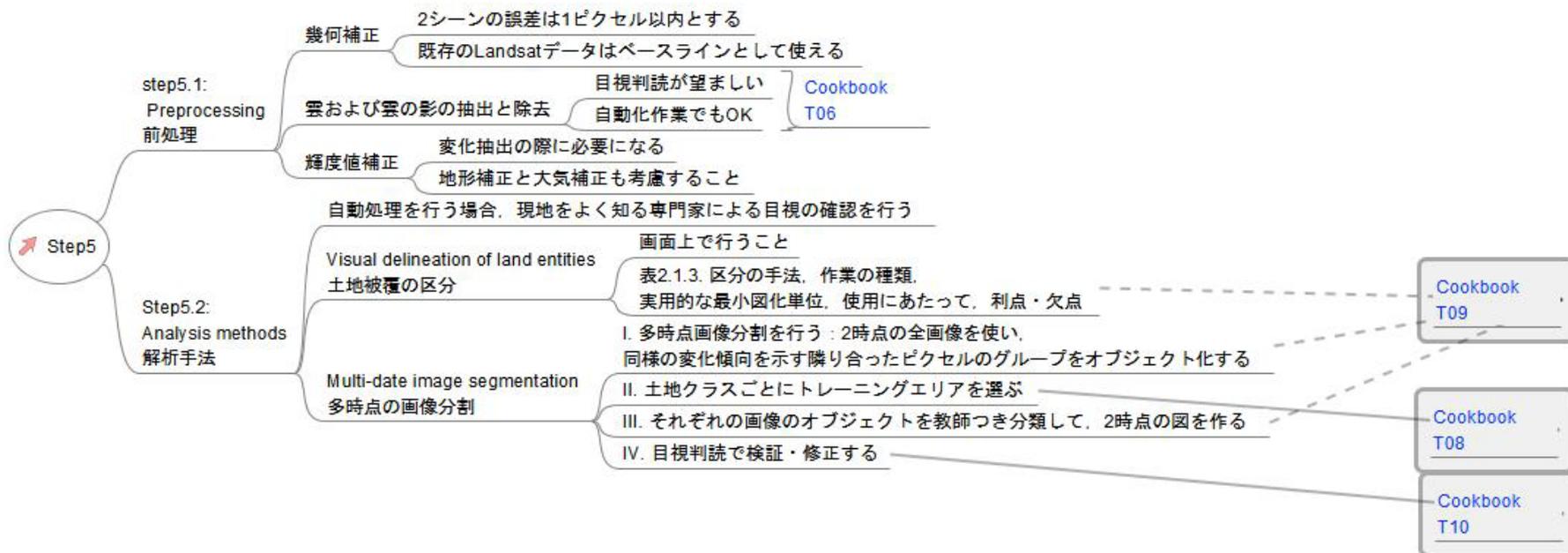
季節変化の影響の除去の例 (Langner, 未発表)

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: Proccess and analyze the satellite data 衛星データの処理と解析





クラスの定義 (T07)

- 完全かつ排他的なクラス

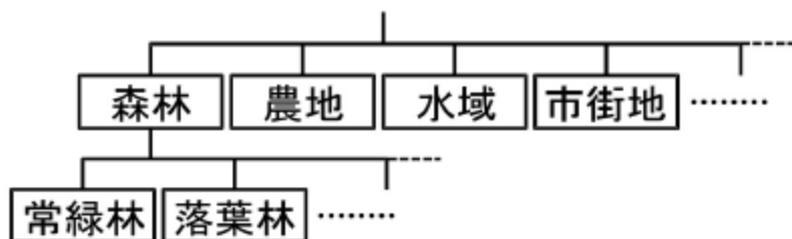


図 T07-1 クラスの階層構造

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

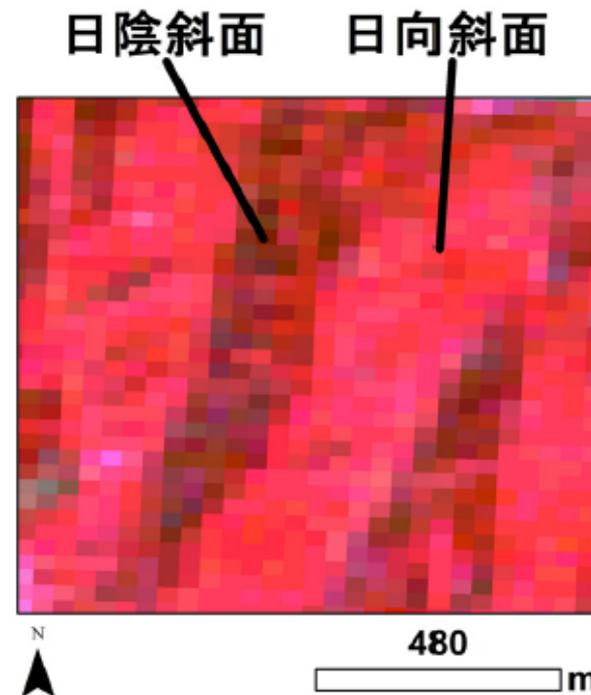


図 T07-2 日向斜面と日陰斜面の森

REDD+CookBookより

分類手法 (T09)

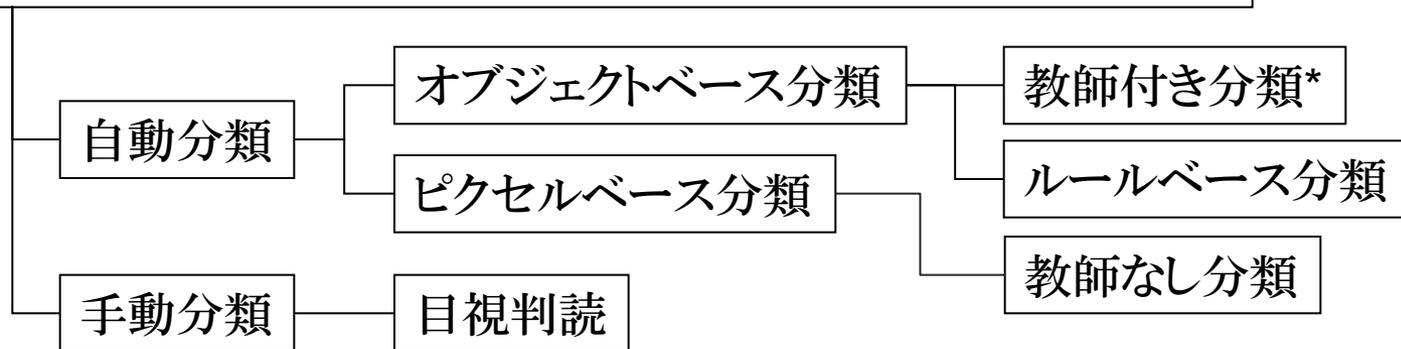
Table 2.1.3. Main analysis methods for moderate resolution (~ 30 m) imagery.

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



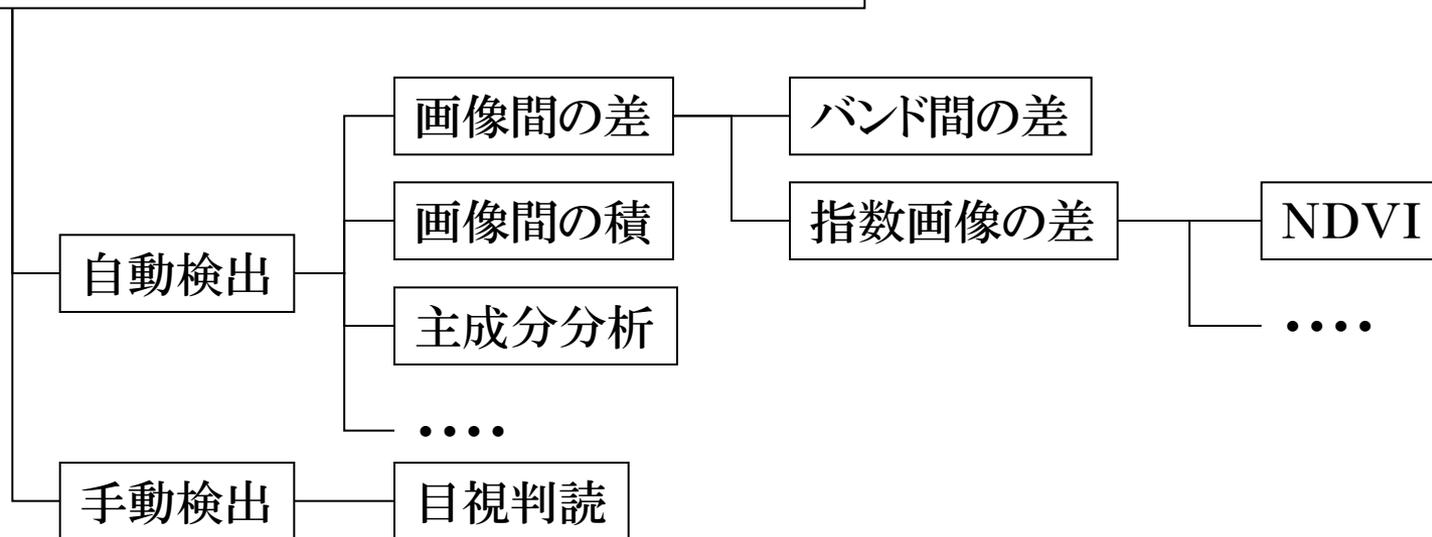
変化抽出技術の分類

[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

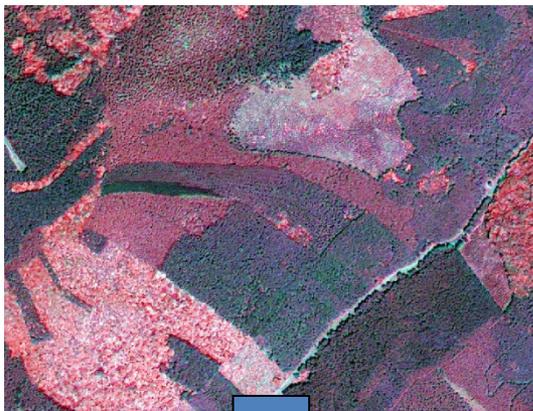


画像分類手法の比較

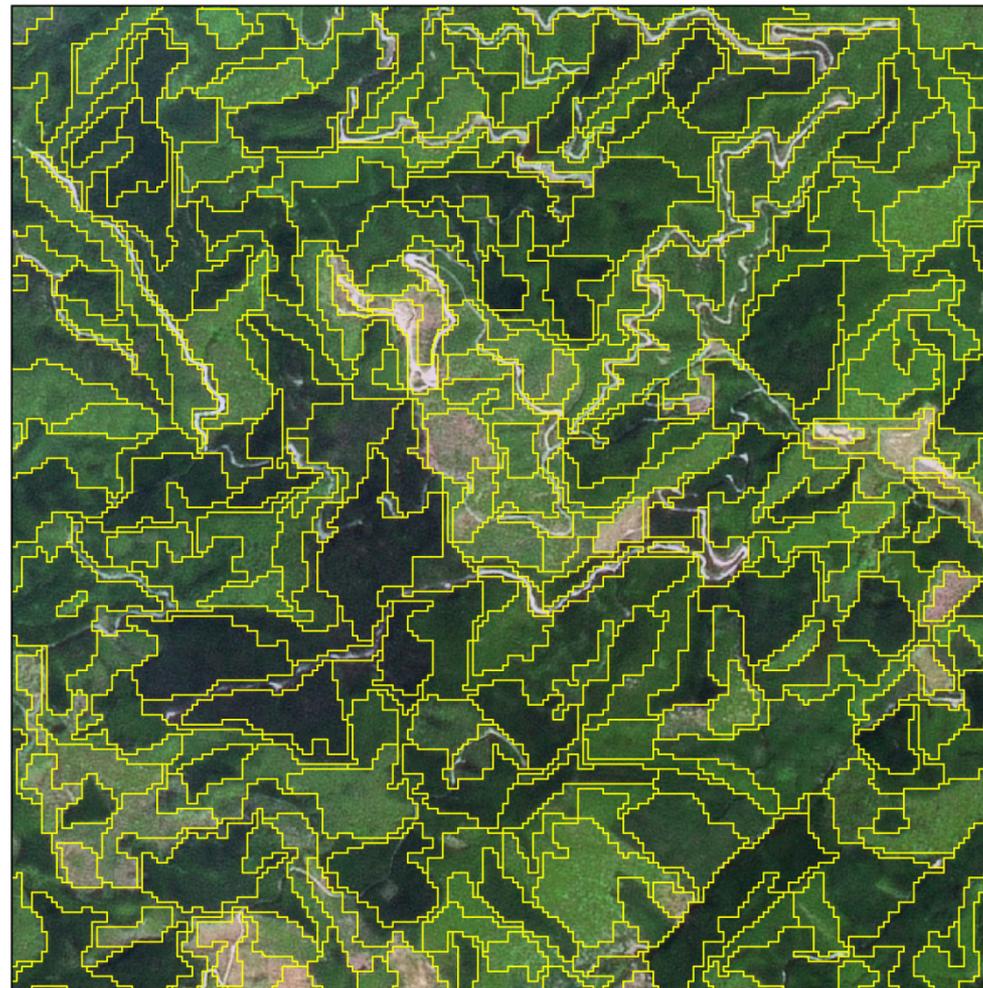
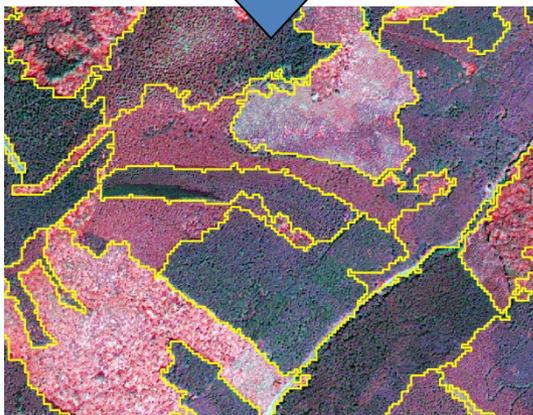
手法	長所	短所
自動分類 - オブジェクトベース分類	高分解能の衛星画像の分類に適しているため、詳細な分類図を得られる	分類のためのパラメータ設定が複雑
自動分類 - ピクセルベース分類	作業者の技術力によらず、比較的均質な成果を得られる	高分解能の衛星画像の分類には適さない
手動分類 - 目視判読	分類精度が高い	経験にもとづく技術力が必要であり、また作業量が多くなる

オブジェクトベース分類

[1] 分類図を作成する方法

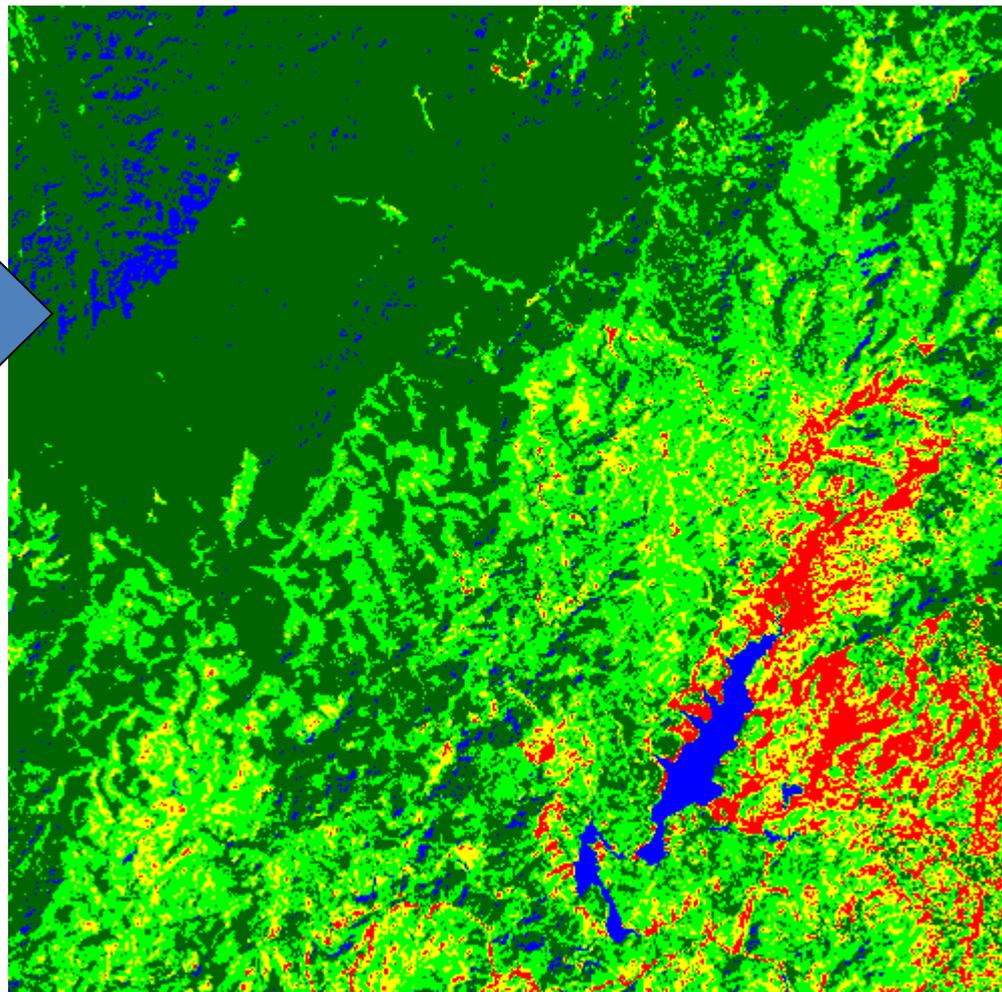
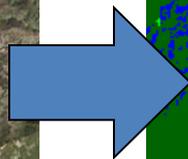
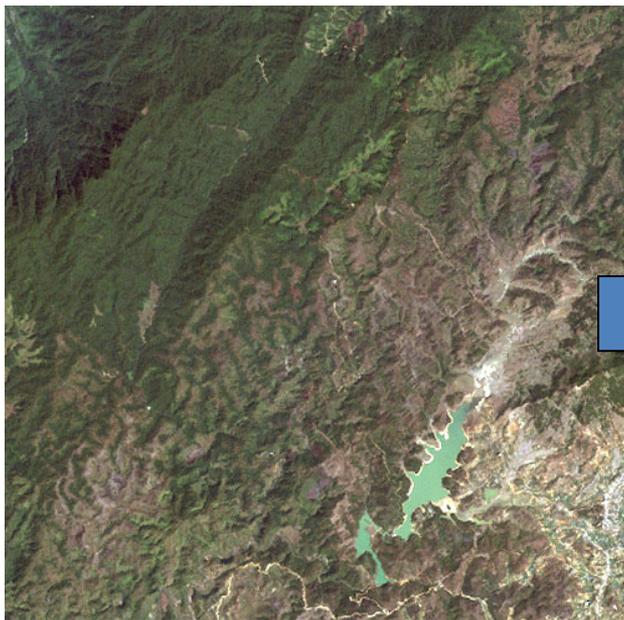


セグメンテーションと呼ばれる処理により、
スペクトル情報や形状情報に基づいたオ
ブジェクト(ピクセルの集合)が生成される



ピクセルベース分類

[1] 分類図を作成する方法

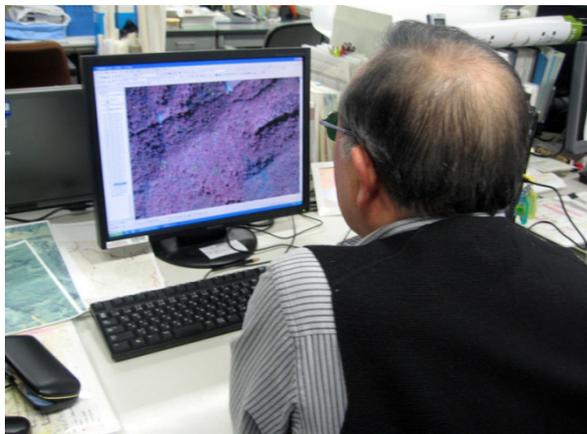


類似したスペクトル情報を持つピクセルをまとめることにより分類する。空間分解能の低い衛星画像の分類に適す



目視判読

[1] 分類図を作成する方法

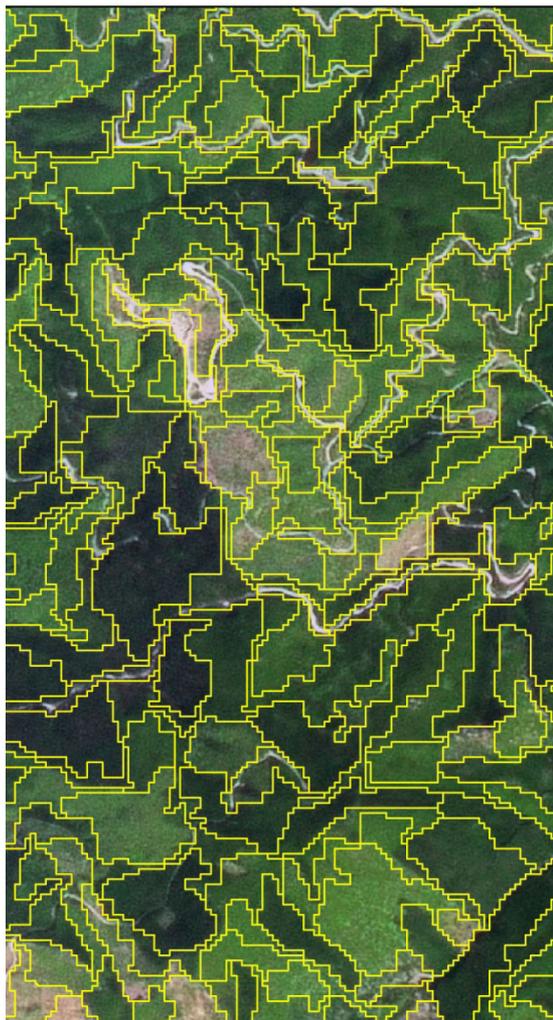


対象物の持つ『色調』『形状』『大きさ』
『きめ』『模様』などを手がかりにした作
業者の判断により分類する

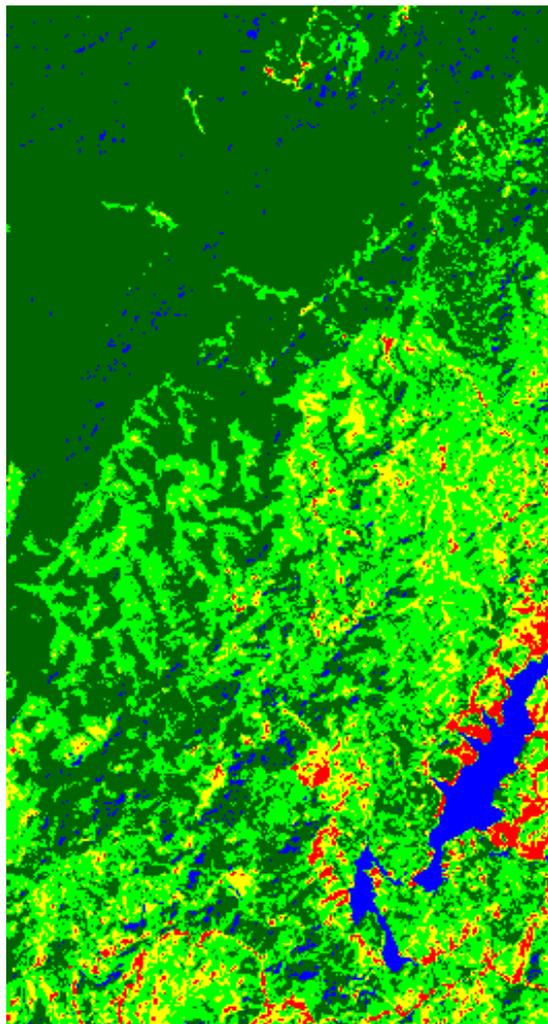
3つの分類方法の比較

[1] 分類図を作成する方法

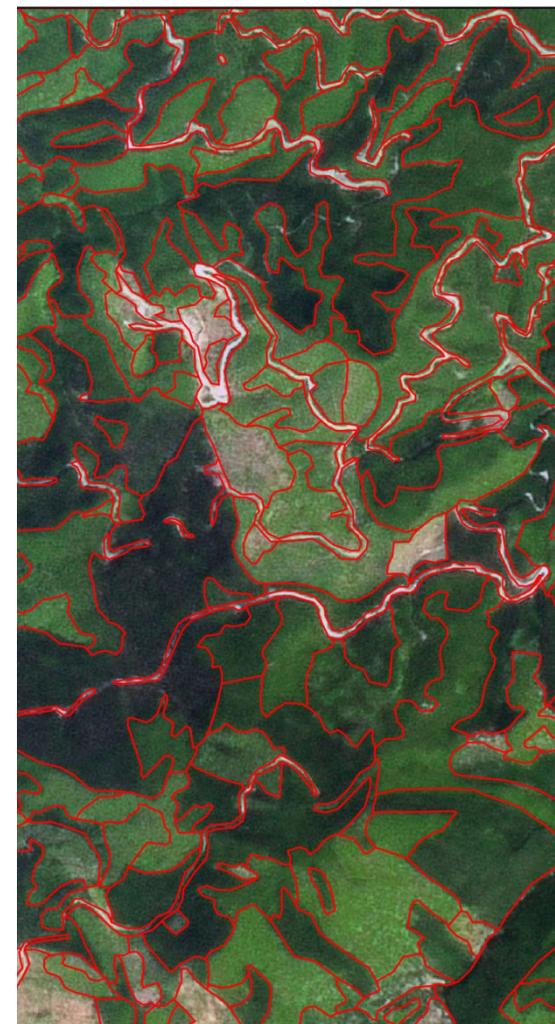
オブジェクトベース分類



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

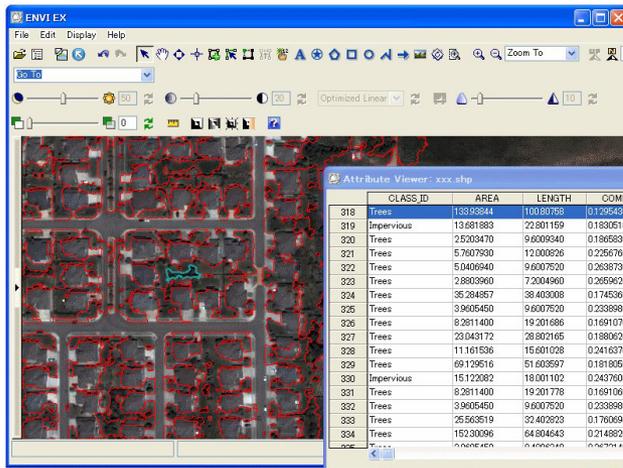
Feature Analyst for ArcGIS

建物抽出



<属性の自動付与>

ENVI EX



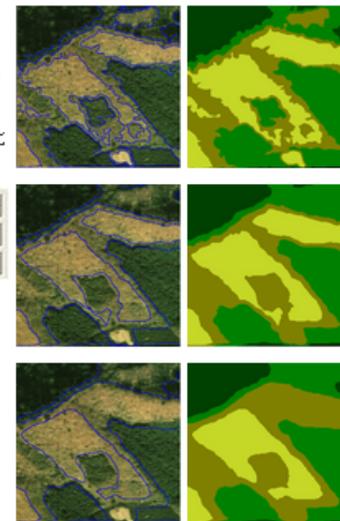
ESRIジャパンHPより

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。



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HPより

eCognitionの画像分割の仕組み

- Segmentation: 隣接画素との均質性を基に画素をグループ化
 - 色調や形から算出した異質性 (Heterogeneity) の指標を用いて、分割是非を判断する。

異質性(f)は色調(**Color**)と形状(**Shape**)の合計(2.1式)。

$$f = w * h_{color} + (1 - w) * h_{shape} \quad (2.1)$$

h_{color} と h_{shape} は w によって重み付けされ合計が1となる。

$$h_{shape} = w_{cmpct} * h_{cmpct} + (1 - w_{cmpct}) * h_{smooth} \quad (2.2)$$

形状(**Shape**)は**Smoothness**と**Compactness**の2因子の合計(2.1式)。

(2.1式)に(2.2式)を代入すると次式を得る。

$$f = w * h_{color} + (1 - w) * \{ w_{cmpct} * h_{cmpct} + (1 - w_{cmpct}) * h_{smooth} \} \quad (2.3)$$

eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - 色調の異質性 (h_{color}): 輝度値分散の総和とみなす。

$$h = \sum_c w_c * \sigma_c \quad (2.4)$$

σ : レイヤーCのポリゴン内輝度値の分散

w : そのレイヤーCの重み付けした値

SegmentationではObject1とObject2を統合する場合、それぞれの標準偏差を合計し、統合後のObjectの標準偏差との差をとる。これにレイヤーの重み付けを乗算した値が h_{color} である(2.5式)。

$$h_{\text{color}} = \sum_c w_c (n_{\text{Merge}} * \sigma_c^{\text{Merge}} - (n_{\text{Obj1}} * \sigma_c^{\text{Obj1}} + n_{\text{Obj2}} * \sigma_c^{\text{Obj2}})) \quad (2.5)$$

eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性(Heterogeneity)の算出
 - 形状の異質性(h_{smooth}): 周長と短辺の比によって形状を評価する。

$$h = \frac{l}{b} \quad (2.6)$$

l : ポリゴンの周長、 b : ポリゴンの短辺

Object1とObject2を統合する場合、(2.6式)から個々に算出した h の値を合計し、統合後のObjectの h との差をとった値が h_{smooth} である(2.7式)。

$$h_{\text{smooth}} = n_{\text{Merge}} * \frac{l_{\text{Merge}}}{b_{\text{Merge}}} - (n_{\text{Obj1}} * \frac{l_{\text{Obj1}}}{b_{\text{Obj1}}} + n_{\text{Obj2}} * \frac{l_{\text{Obj2}}}{b_{\text{Obj2}}}) \quad (2.7)$$

eCognitionの画像分割の仕組み

- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - 形の異質性 (h_{cmpct}): 周長と画素数の平方根の比によって形状を評価する。

$$h = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

l : ポリゴンの周長、 n : ポリゴン内の画素数

Object1とObject2を統合する場合、(2.8式)から個々に算出した h の値を合計し、統合後のObjectの h との差をとった値が h_{cmpct} である(2.9式)。

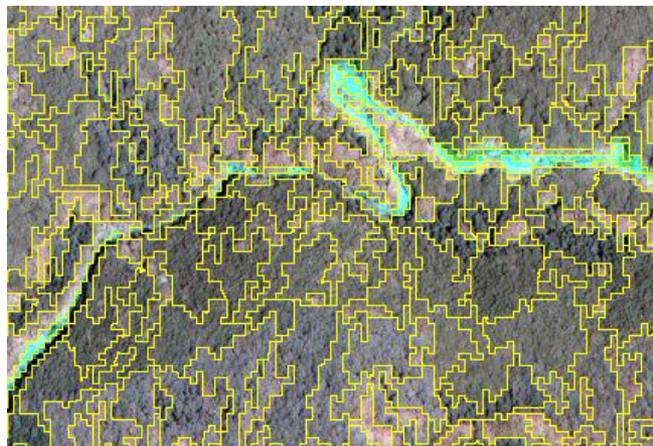
$$h_{\text{cmpct}} = n_{\text{Merge}} * \frac{l_{\text{Merge}}}{\sqrt{n_{\text{Merge}}}} - \left(n_{\text{Obj1}} * \frac{l_{\text{Obj1}}}{\sqrt{n_{\text{Obj1}}}} + n_{\text{Obj2}} * \frac{l_{\text{Obj2}}}{\sqrt{n_{\text{Obj2}}}} \right) \quad (2.9)$$

eCognitionの画像分割の仕組み

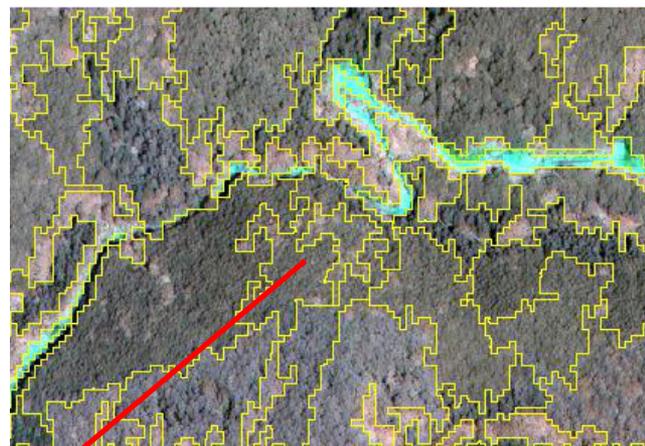
- 異質性 (Heterogeneity) の算出
 - (2.5式)、(2.7式)、(2.9式)によって算出された h_{color} 、 h_{smooth} 、 h_{cmpct} の3因子を(2.3式)に代入することで異質性(f)が求められる。
- Segmentation処理では異質性(f)は**Scale parameter**として設定する。
 - 値を小さくすると異質性の許容範囲が狭まり画像をより細かく分割するにとどまる結果となり、大きくすると粗い分割結果となる。そのほかに先に述べた3つの因子の重み付けや、Segmentation処理時に使用する各レイヤー(例えばRed、Blue、Nirなど)の重み付けによりSegmentation結果は左右される。

異なるScale parameterによる区画線

SP=50

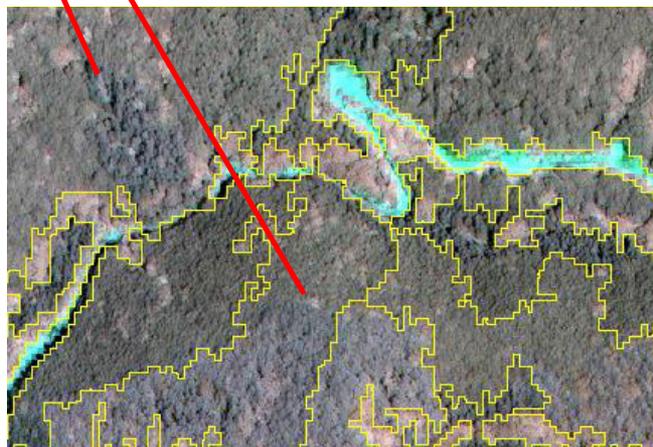


SP=100



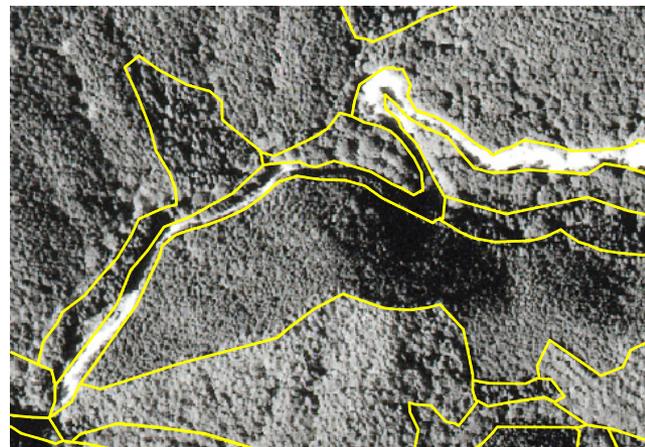
区画されて
いない

SP=200



まだ細かいが必要
な区画はされている

空中写真の目視判読(正)



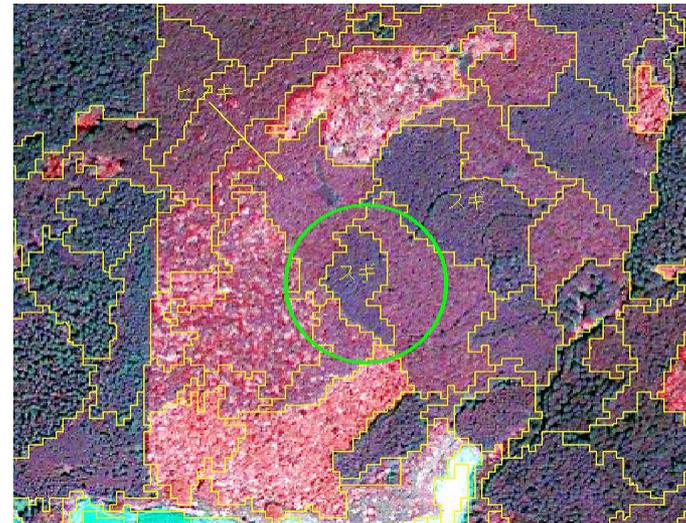
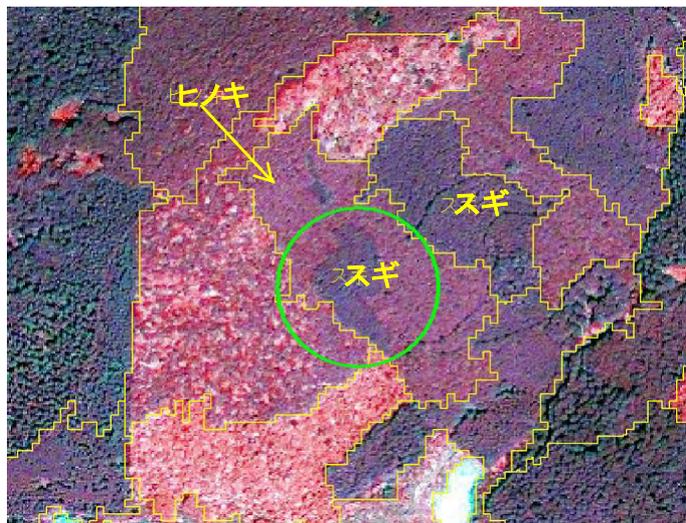
異なる林相における区画線

SP=80

SP=30

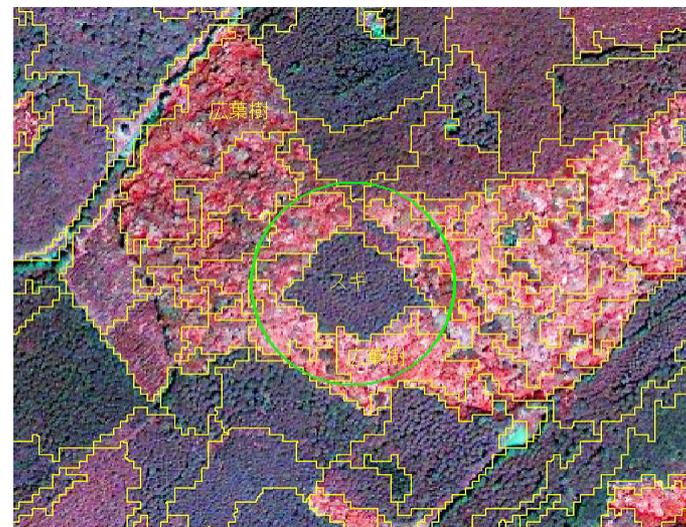
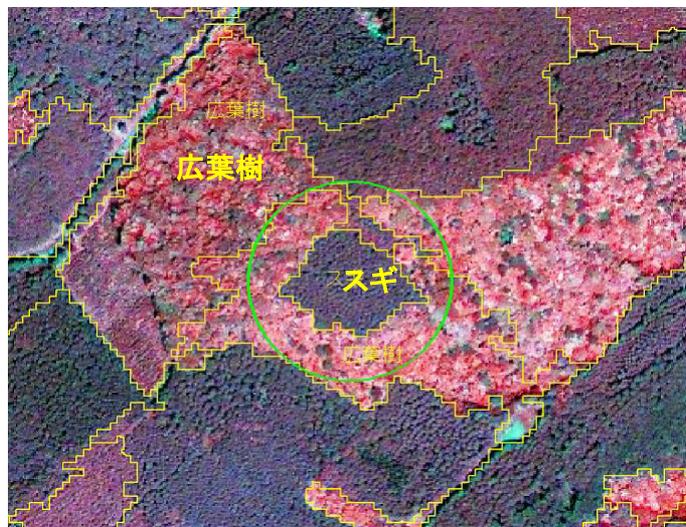
スギとヒノキ

異質性が低い
のでSP80では
区分されない。



スギと広葉樹

異質性が高い
のでSP80でも
区分される。

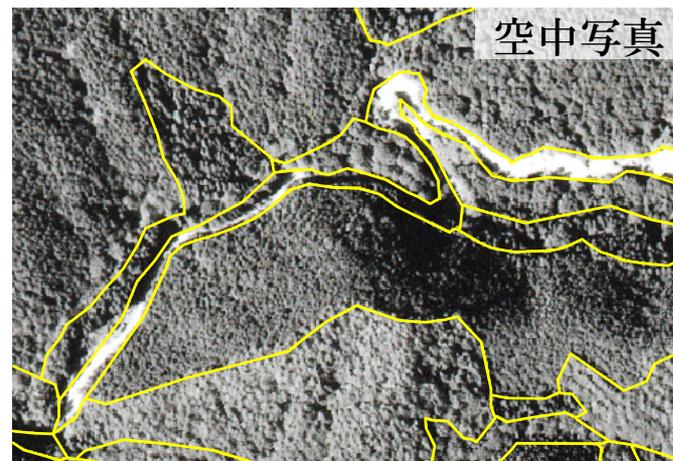
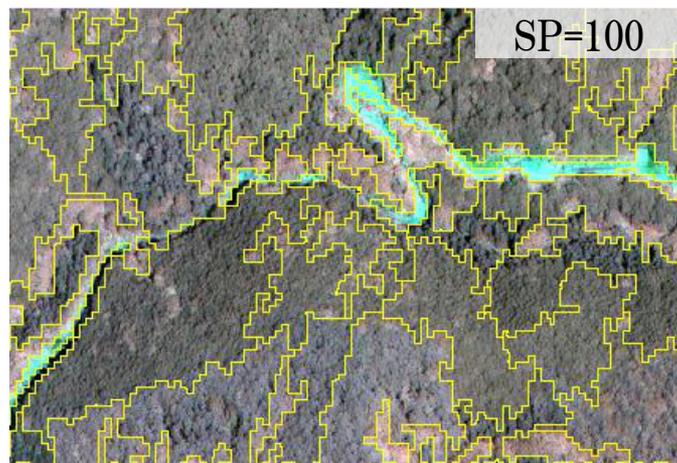


異なる衛星における区画線

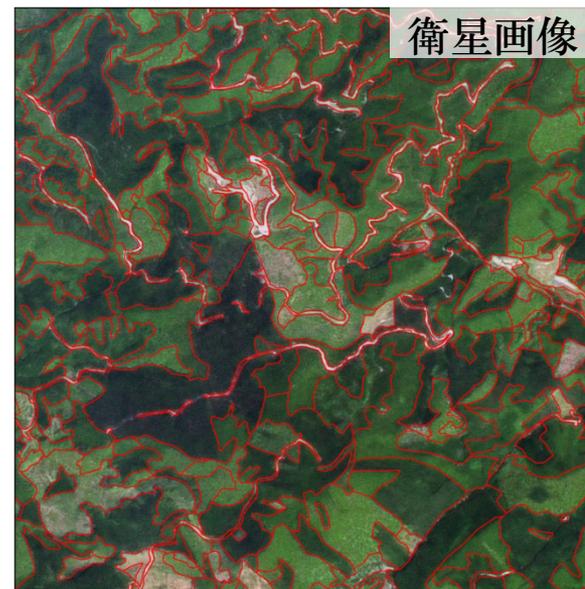
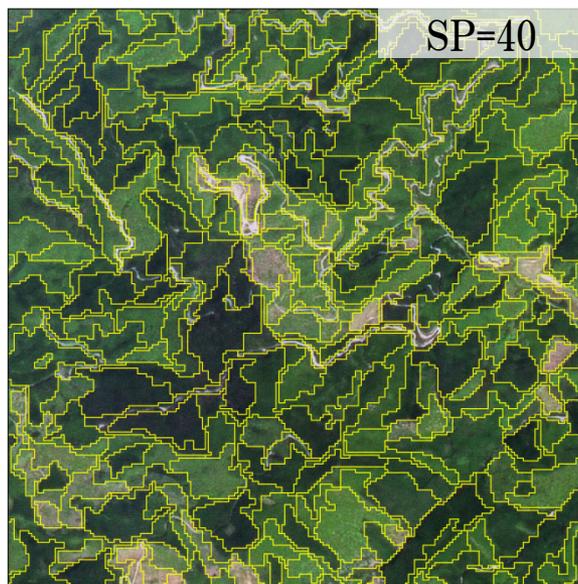
eCognition

目視判読

IKONOS



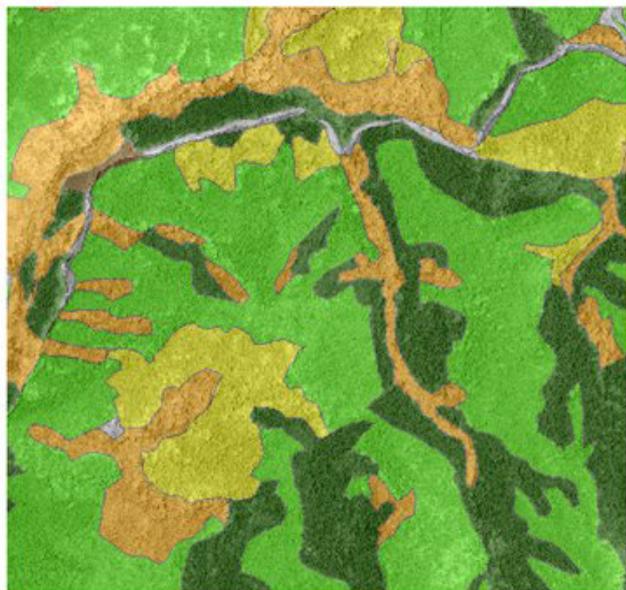
SPOT5



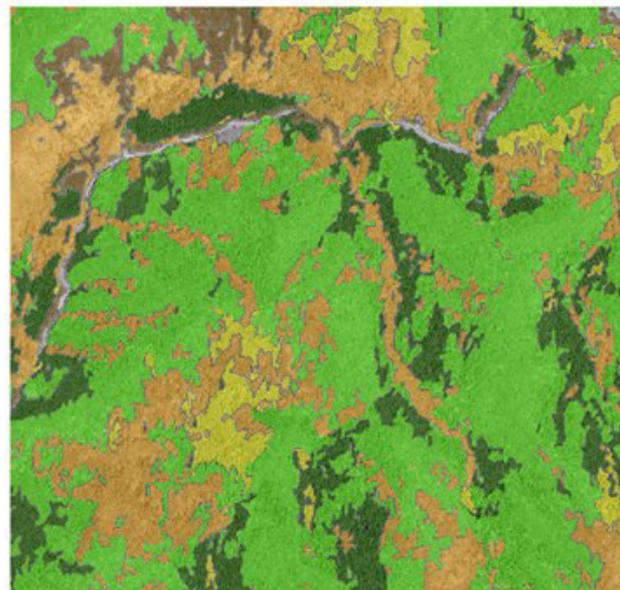
eCognitionの区画分類の仕組み

- 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

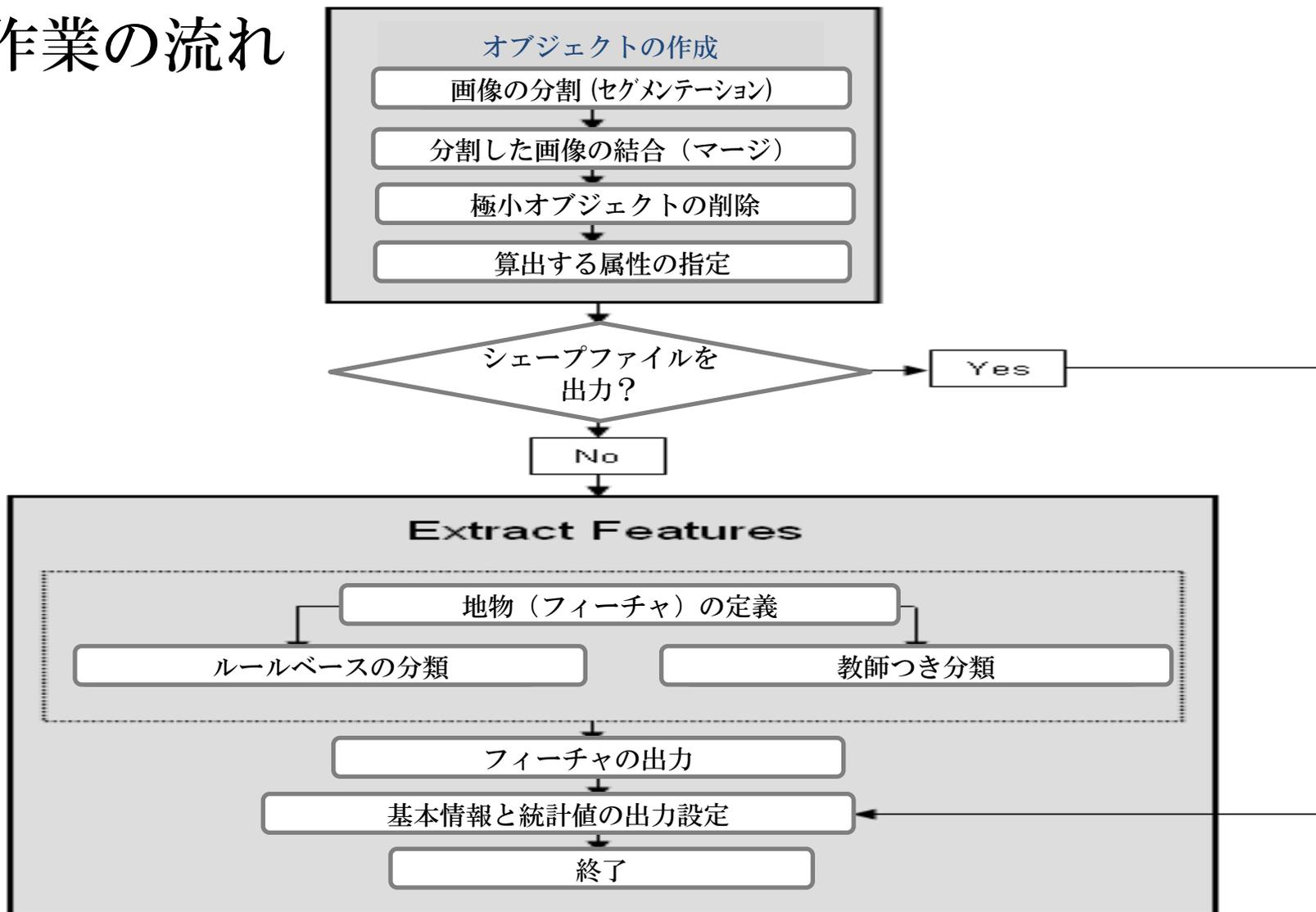


IKONOS - eCognition



ENVI EXの画像分割の仕組み

- 作業の流れ

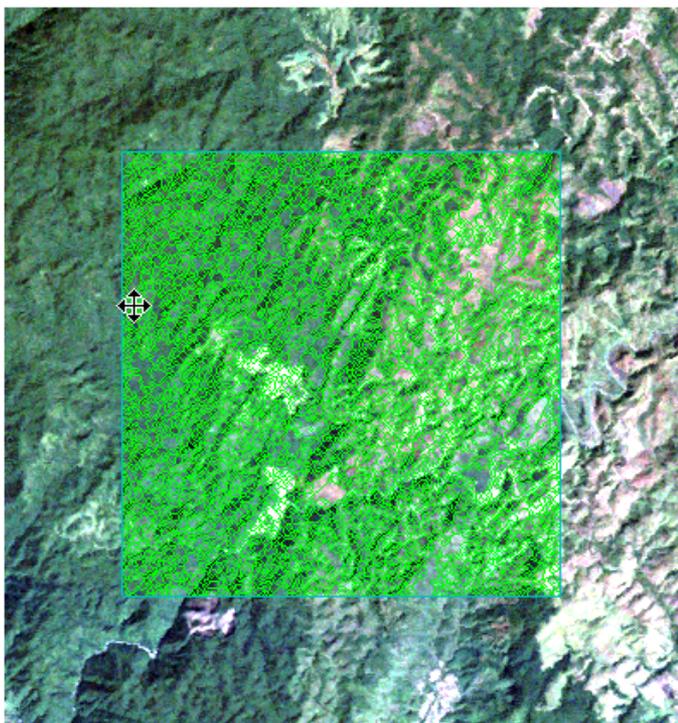


ENVI EXの画像分割の仕組み

- セグメンテーション

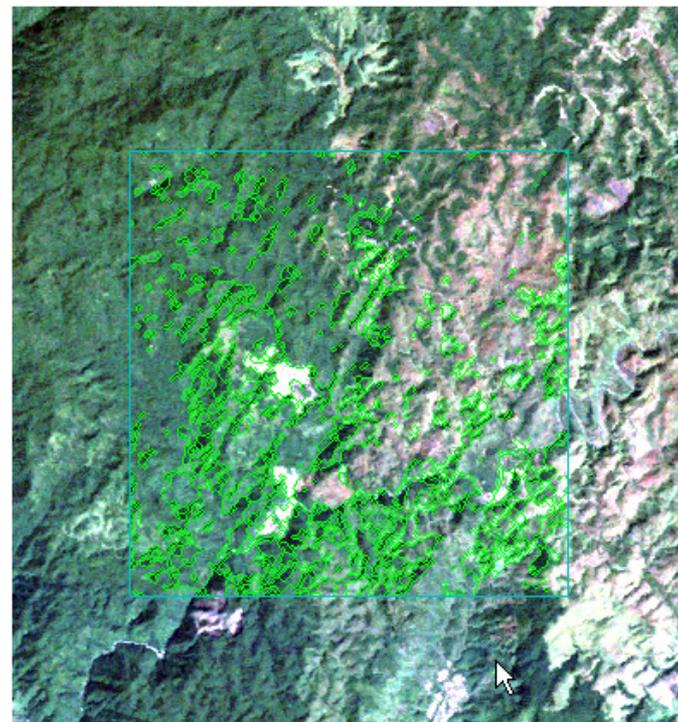
- 明るさ、テクスチャ、色などの数値が似ている近隣ピクセルをグループ化し、画像を分割

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の画像分割の仕組み

- マージ

- 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



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

前処理

幾何補正
大気補正
地形補正

単時点の分類

オブジェクト分類
ピクセル分類
目視判読

時系列解析

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

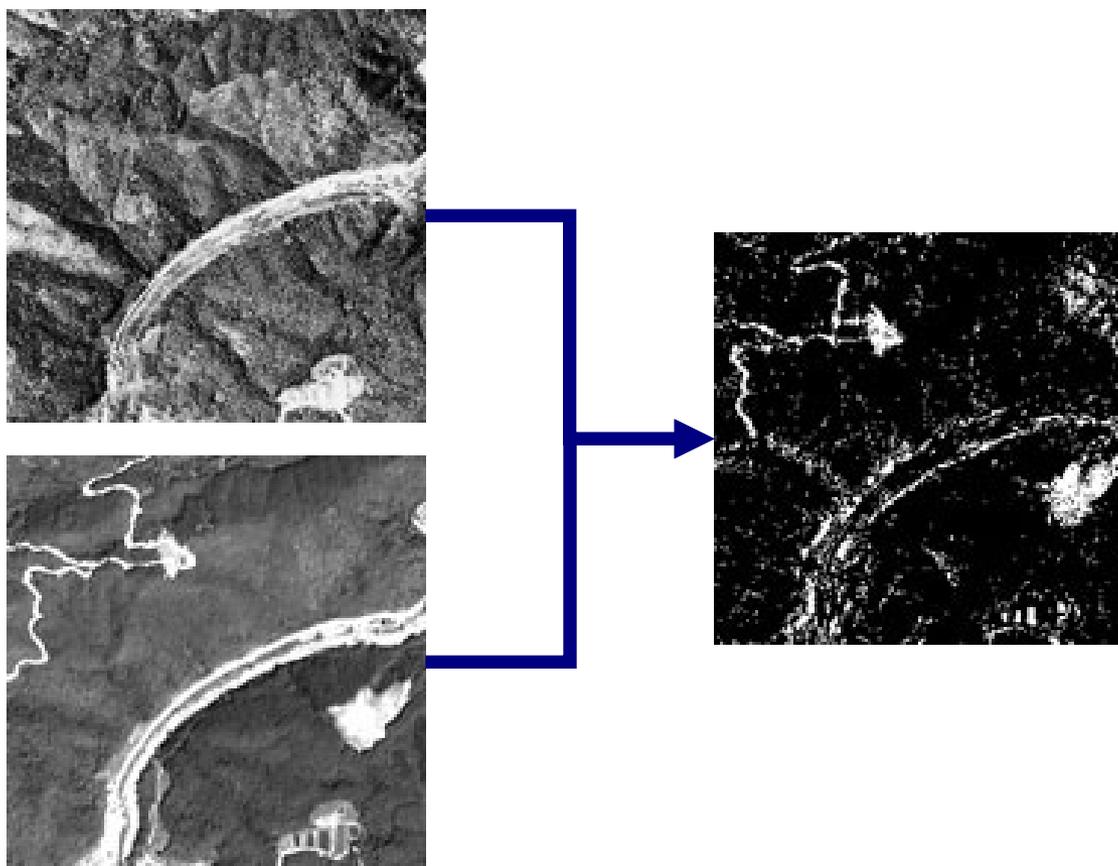
変化抽出技術の特徴(2)

『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

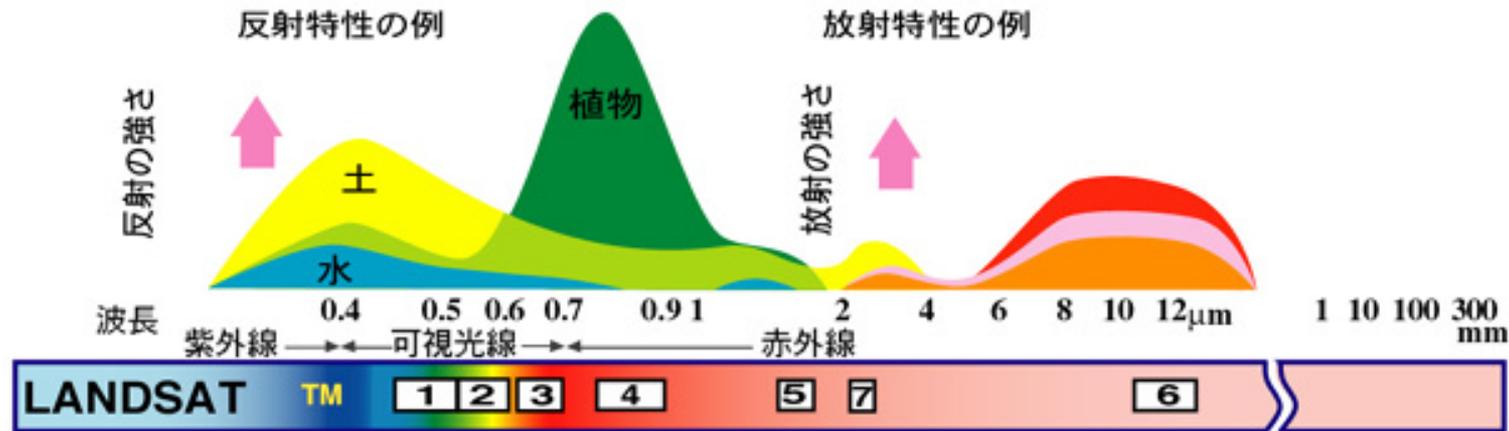
変化抽出技術の特徴(3)

- 『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。



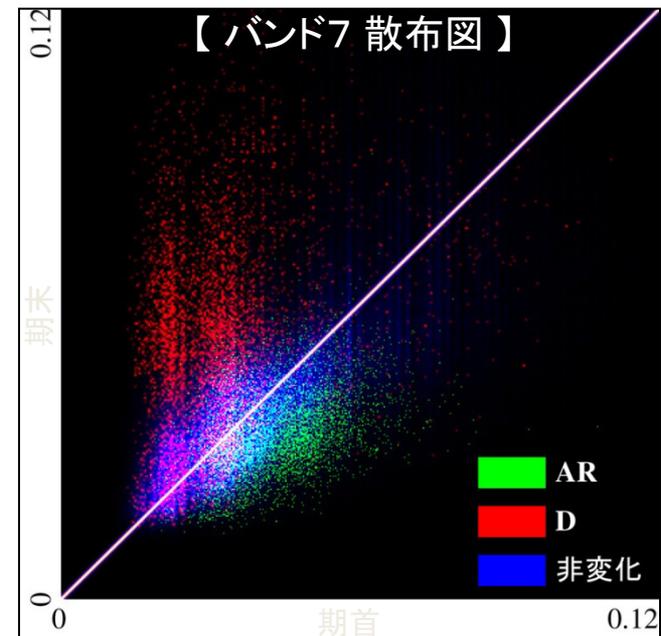
バンド間の差分による検出

[2] 変化を検出する方法



RESTECホームページより引用

- ▶ 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。

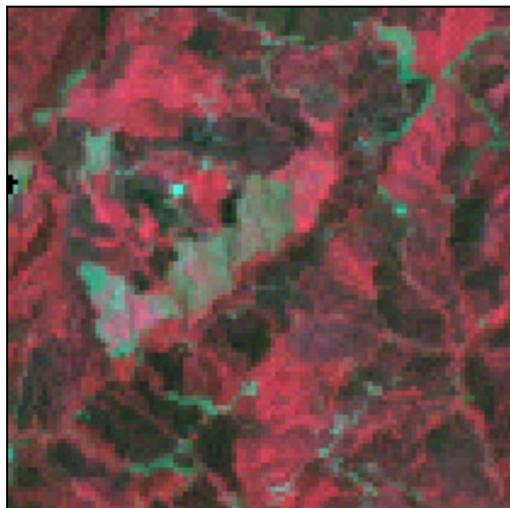




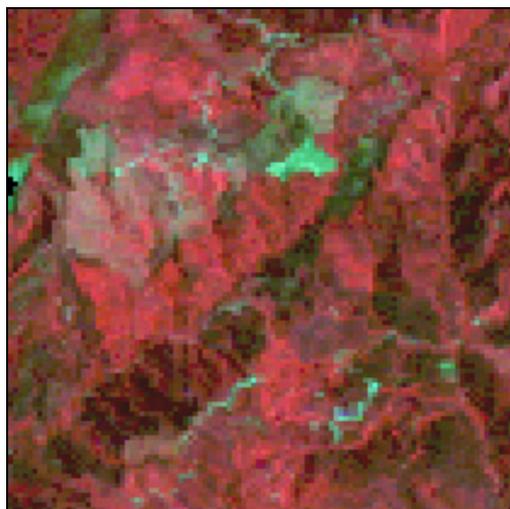
バンド間の差分による検出

[2] 変化を検出する方法

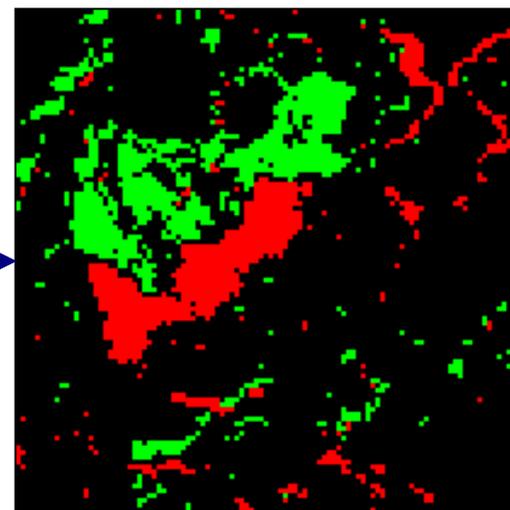
期首画像
LANDSA 1992年



期首画像
LANDSA 2002年



バンド7差分画像
(緑: 植林、赤: 伐採)

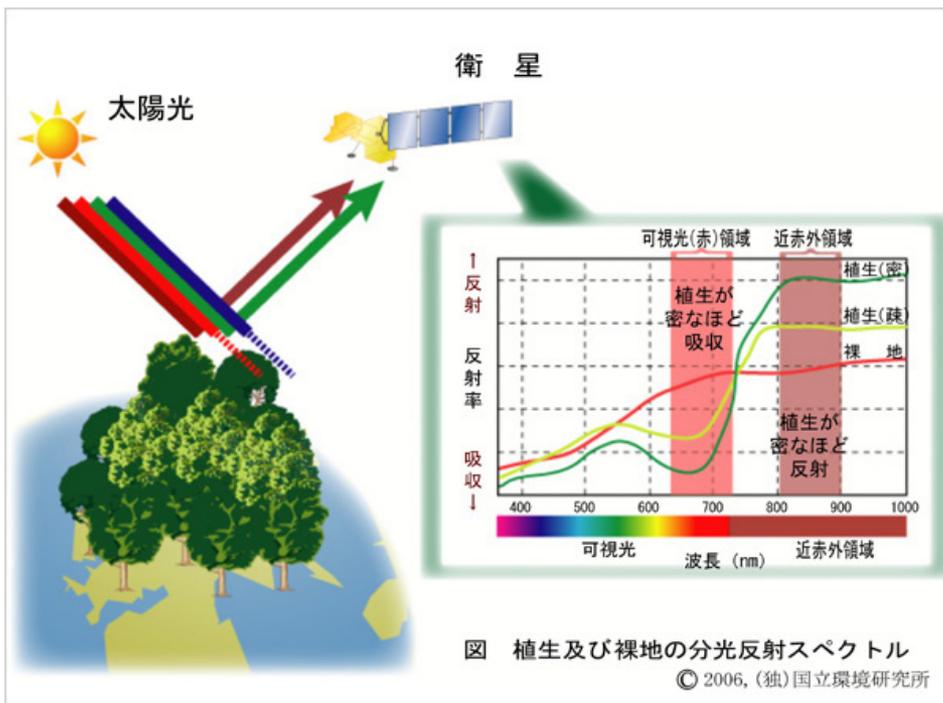
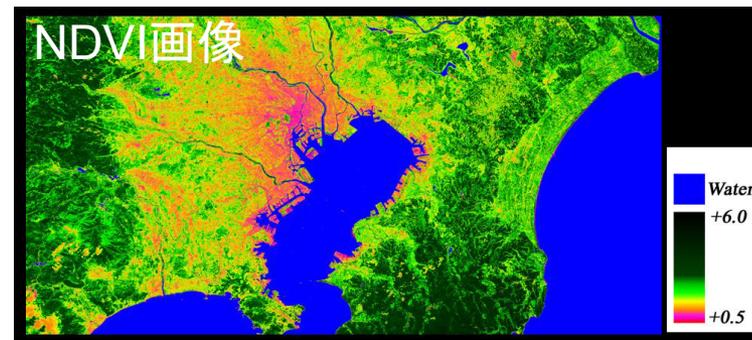
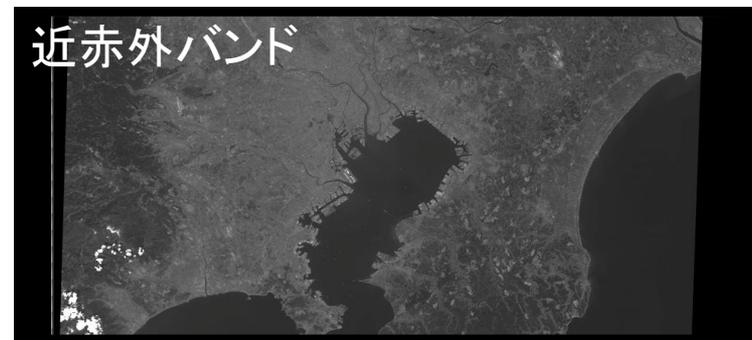
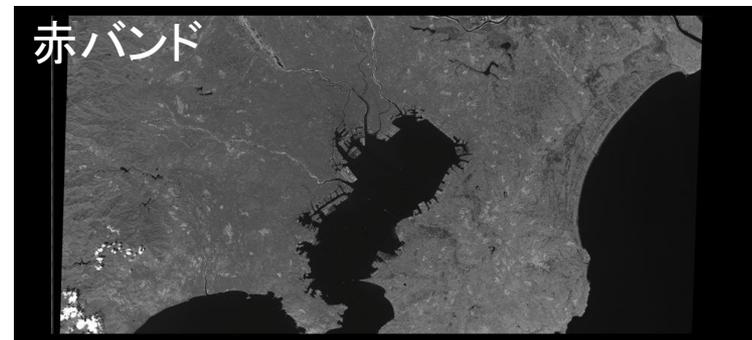


NDVI画像の差分による検出

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)	
		(Hauteur de l'arbre)		(Transpondeur)	
	Coordonnées du Parking	Lat	N	°	'
				°	'
Heure de départ		:	Heure d'arrivée		:
※Système des coordonnées géographiques : WGS84					
Info parcelle	Coordonnées du centre de la parcelle	Lat	N	°	'
				°	'
	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
Autre	Sous-bois	Dense / Moyen / Rare		Erosion du sol	Oui / Non
				Insectes et maladies	Oui / Non
Remarque	-----				
Croquis					

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
 - ✓ 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)

Step6:Accuracy assessment

精度検証

• 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、システマティック..)
 - 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

Step6:Accuracy assessment

精度検証

- 衛星画像データに関するエラーの要因、考慮事項について

(考慮する事項)

- ✓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(グランドトゥース、キャリブレーション用データなど)
- ✓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。→「Consistent mapping」
 - 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

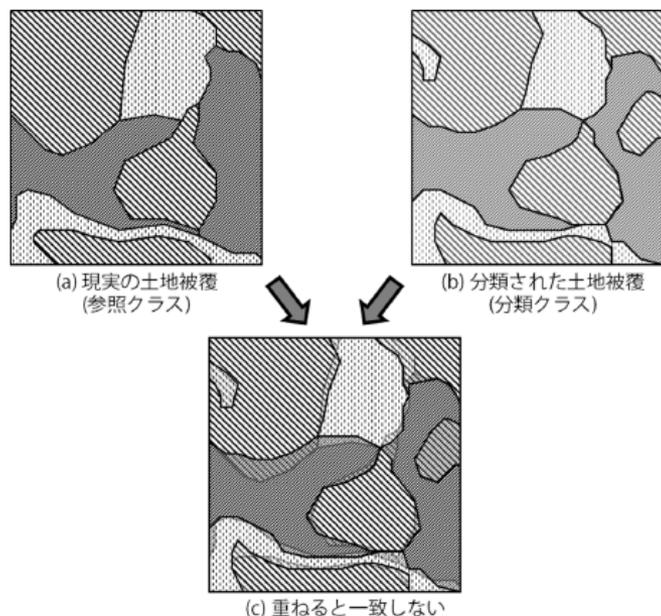


図 T10-1 現実の世界と衛星画像から分類された地図の土地被覆

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。

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

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

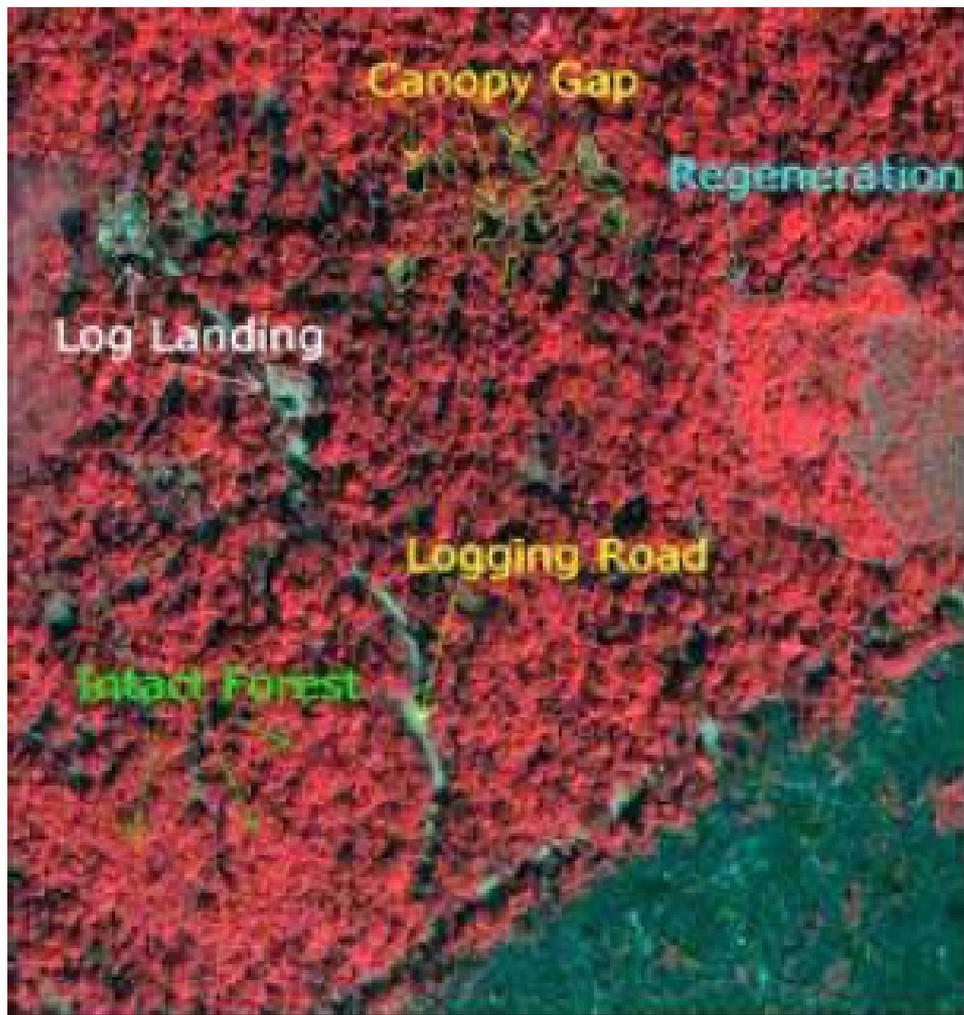
- 森林の回復スピードは遅いので、森林減少よりも見つけにくい
- スタンダードな手法はない
- 樹冠疎密度で推定などが考えられる

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

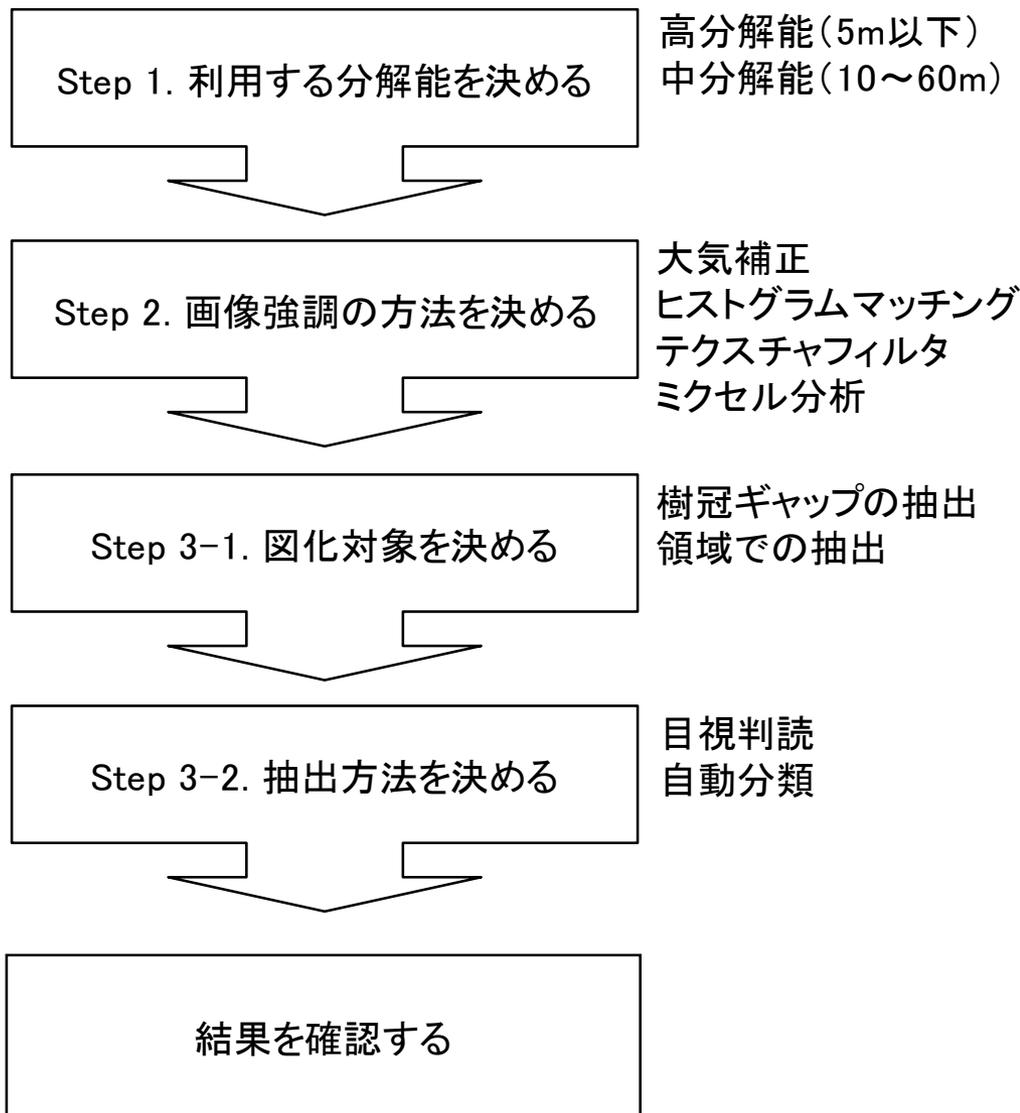
Figure 2.2.1. Very high resolution Ikonos image showing common features in selectively logged forests in the Eastern Brazilian Amazon.



- 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

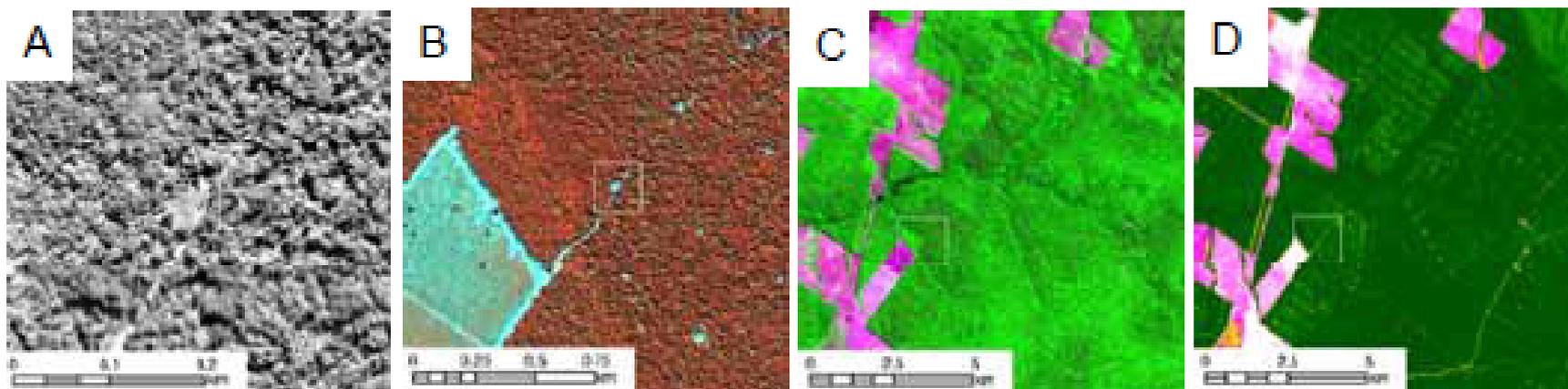
(image size: 11 km x 11 km)

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

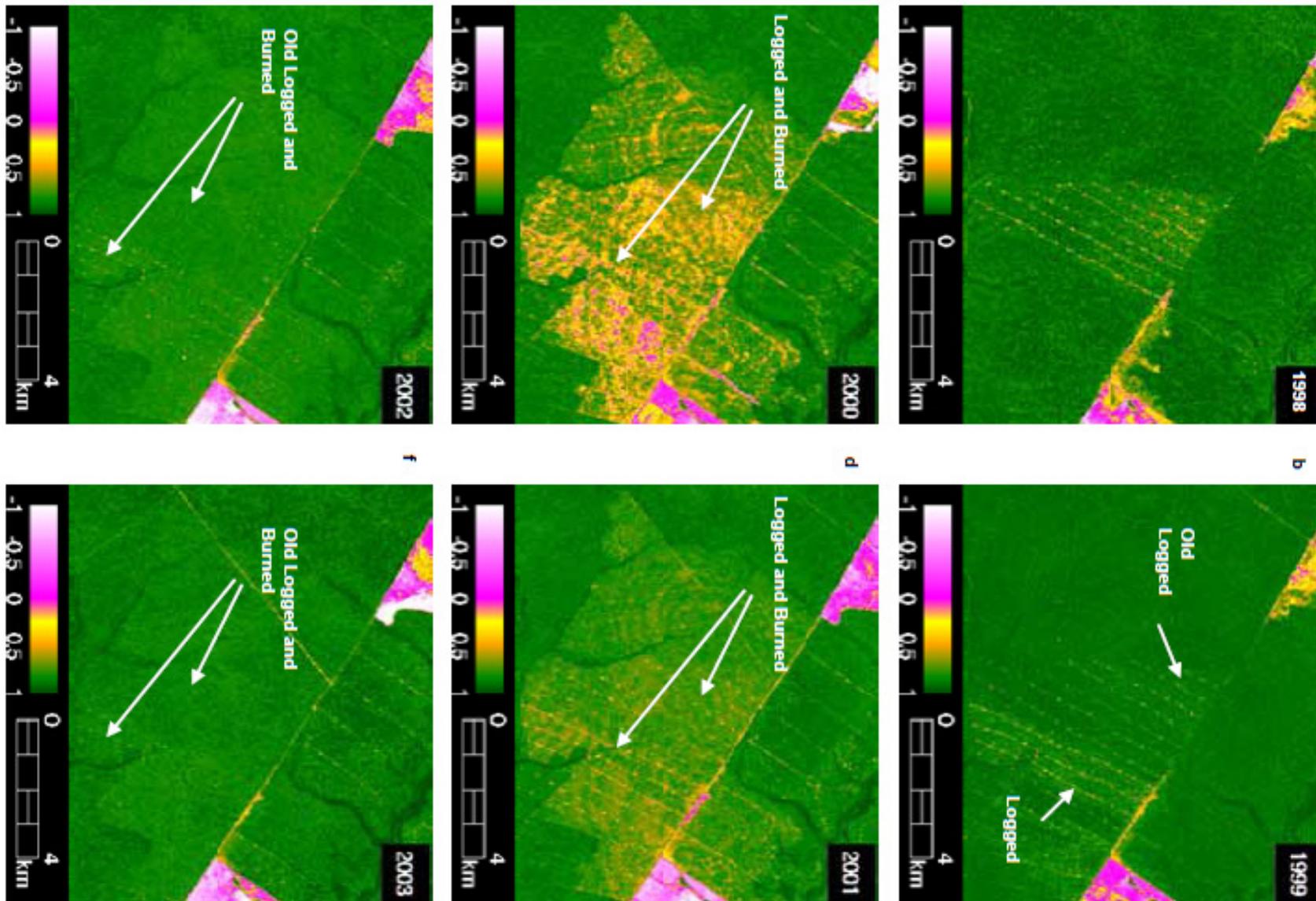
Figure 2.2.2. Unplanned logged forest in Sinop, Mato Grosso, Brazilian Amazon in: (A) Ikonos panchromatic image (1 meter pixel); (B) Ikonos multi-spectral and panchromatic fusion (4 meter pixel); (C) Landsat TM5 multi-spectral (R5, G4, B3; 30 meter pixel); and (D) Normalized Difference Fraction Index (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 TMS	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 TMS 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 TMS 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 TMS	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 TMS and ETM+	Brazilian Amazon	Map forest canopy damage associated	Relatively simple to implement	
CLAS ²⁰	Landsat TMS 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 ²¹	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 ²²	Landsat TMS 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

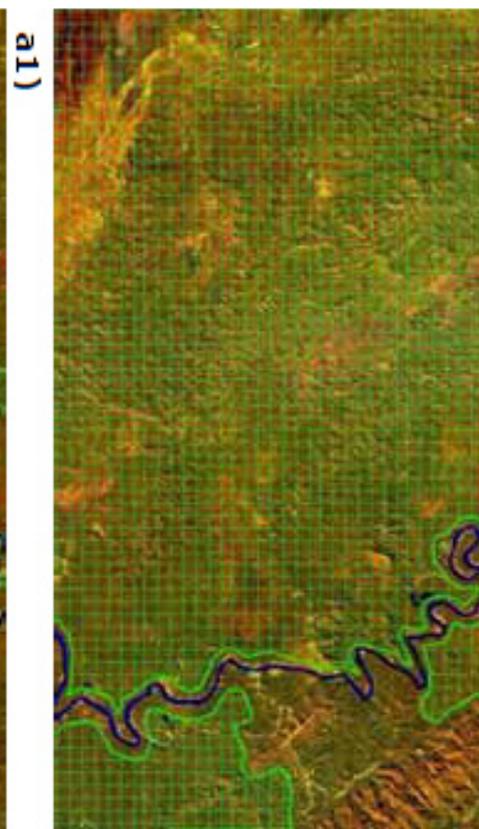
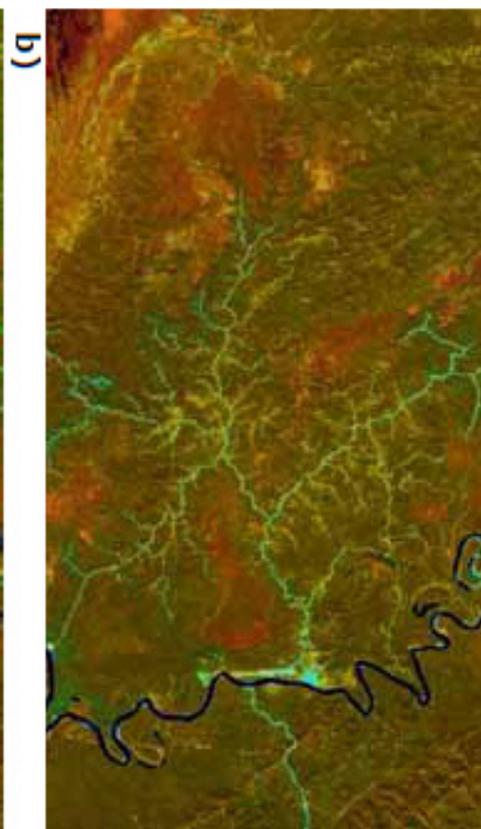
- Positive approach
 - 画像解析でIntact Forest自体を抽出
- Negative approach
 1. GISデータなどで人為改変地域および周辺地域を除く
 2. 目視判読でFine Shapingする



Forest degradation assessment in Pappua New Guinea

2002

1988



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

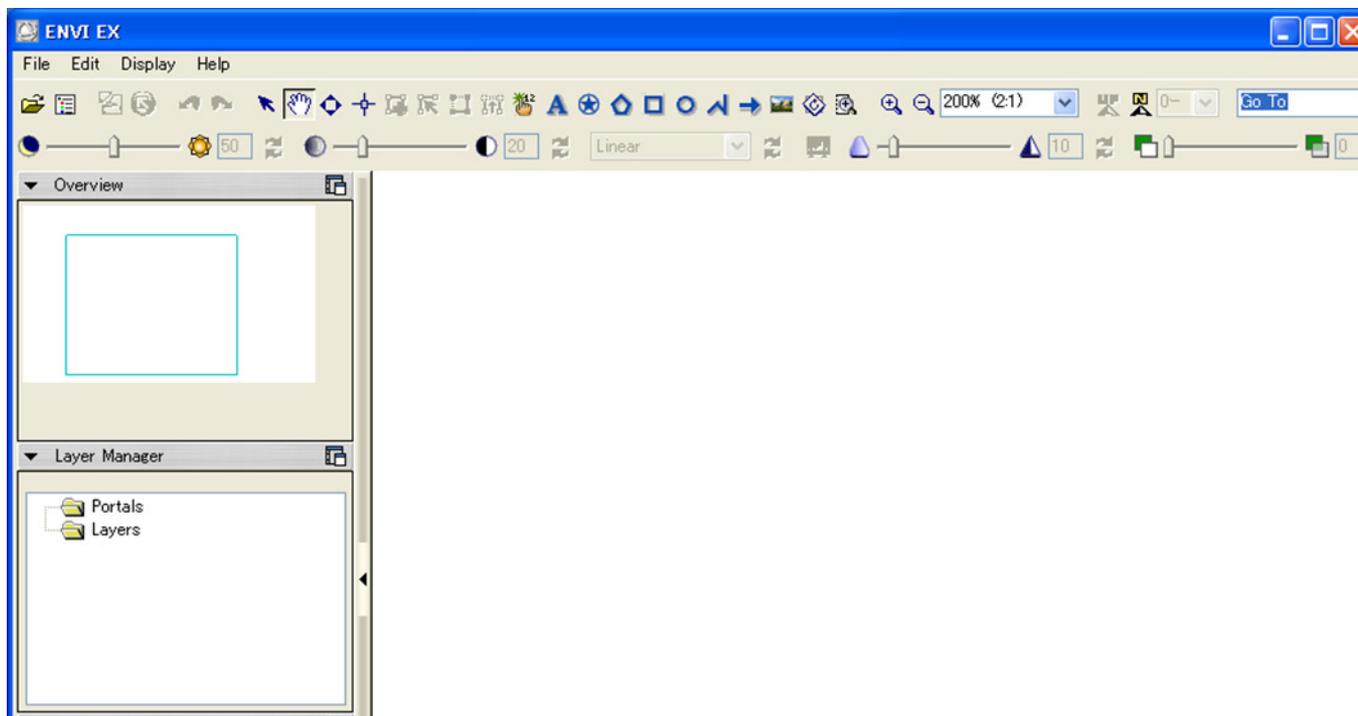


オブジェクト分類 ENVI EX 基本操作マニュアル

ENVI EXの操作

- ENVI ZOOMの起動 -

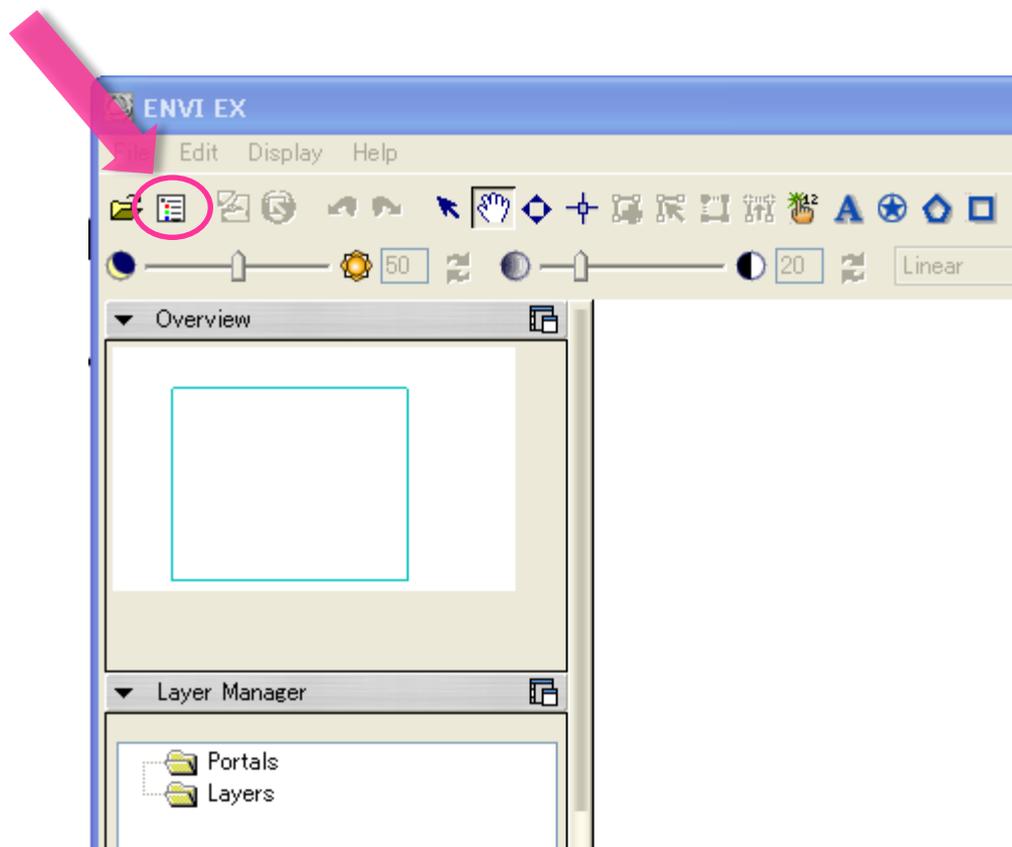
- デスクトップのENVI ZOOMアイコンをクリック
- メインダイアログが起動します



ENVI EXの操作

- ファイルを開く -

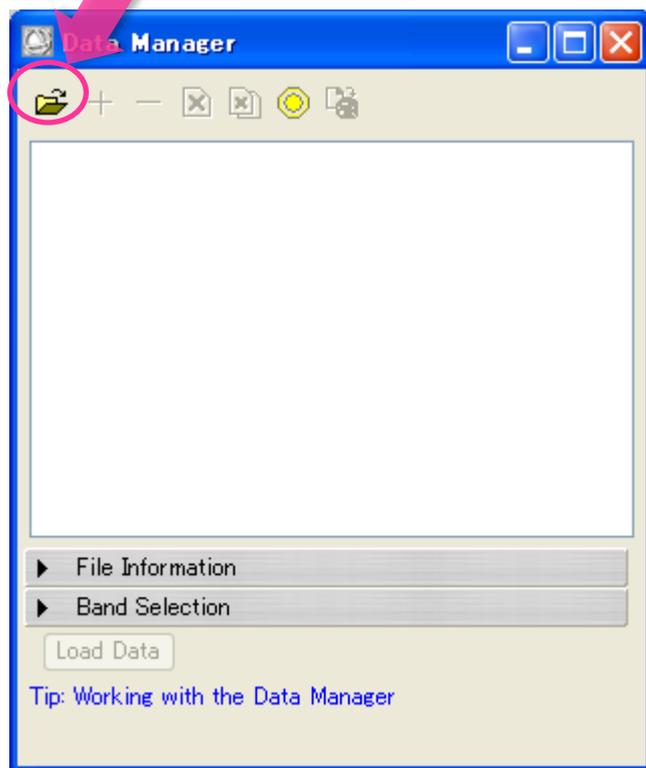
- Data Managerを起動します



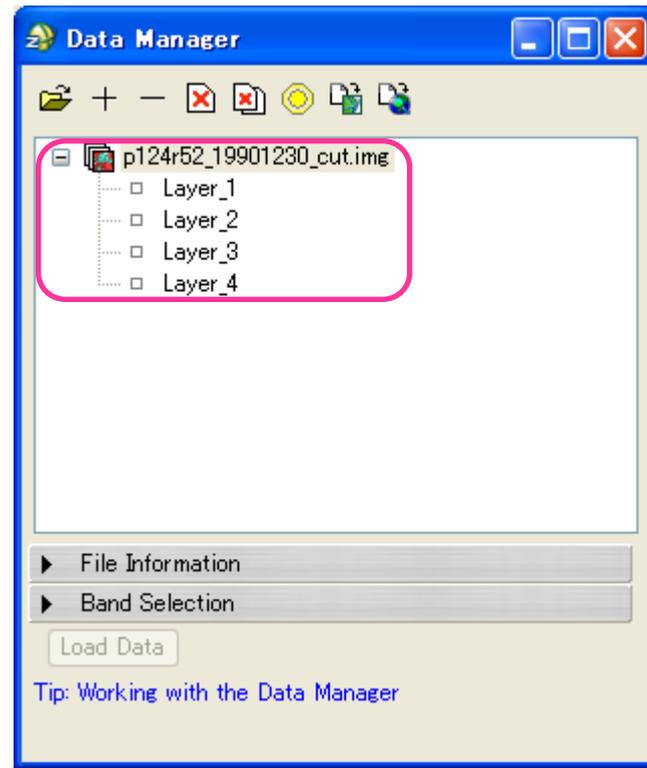
ENVI EXの操作

- 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



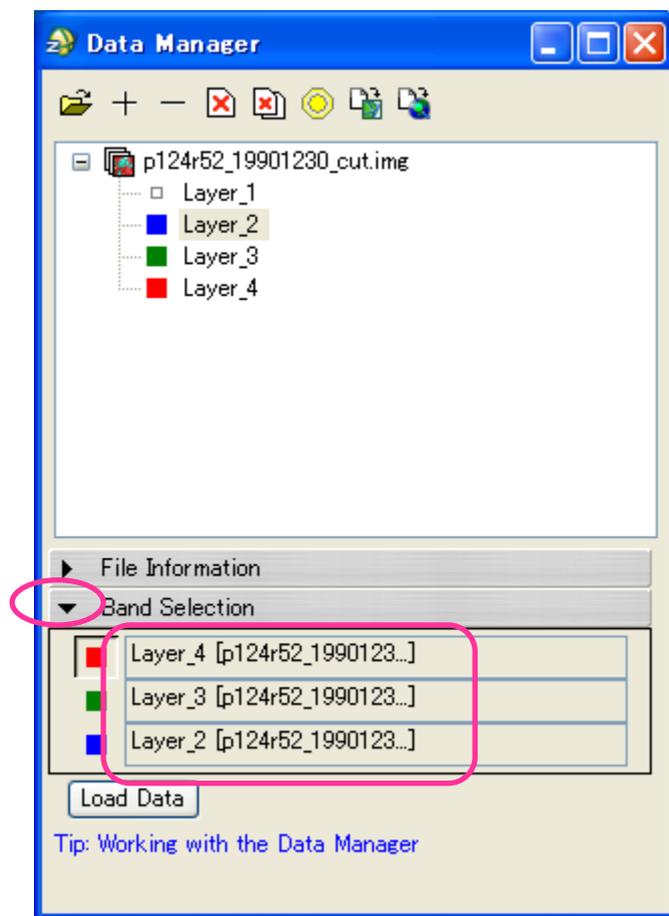
2. ファイルを選択すると, Data
Managerダイアログにファイル名,
バンドが表示されます。また,
ENVI EXメインウインドウに画像が表
示されます。



ENVI EXの操作

- ファイルを開く -

3. Band Selectionをクリックし、カラー合成の配色を決める



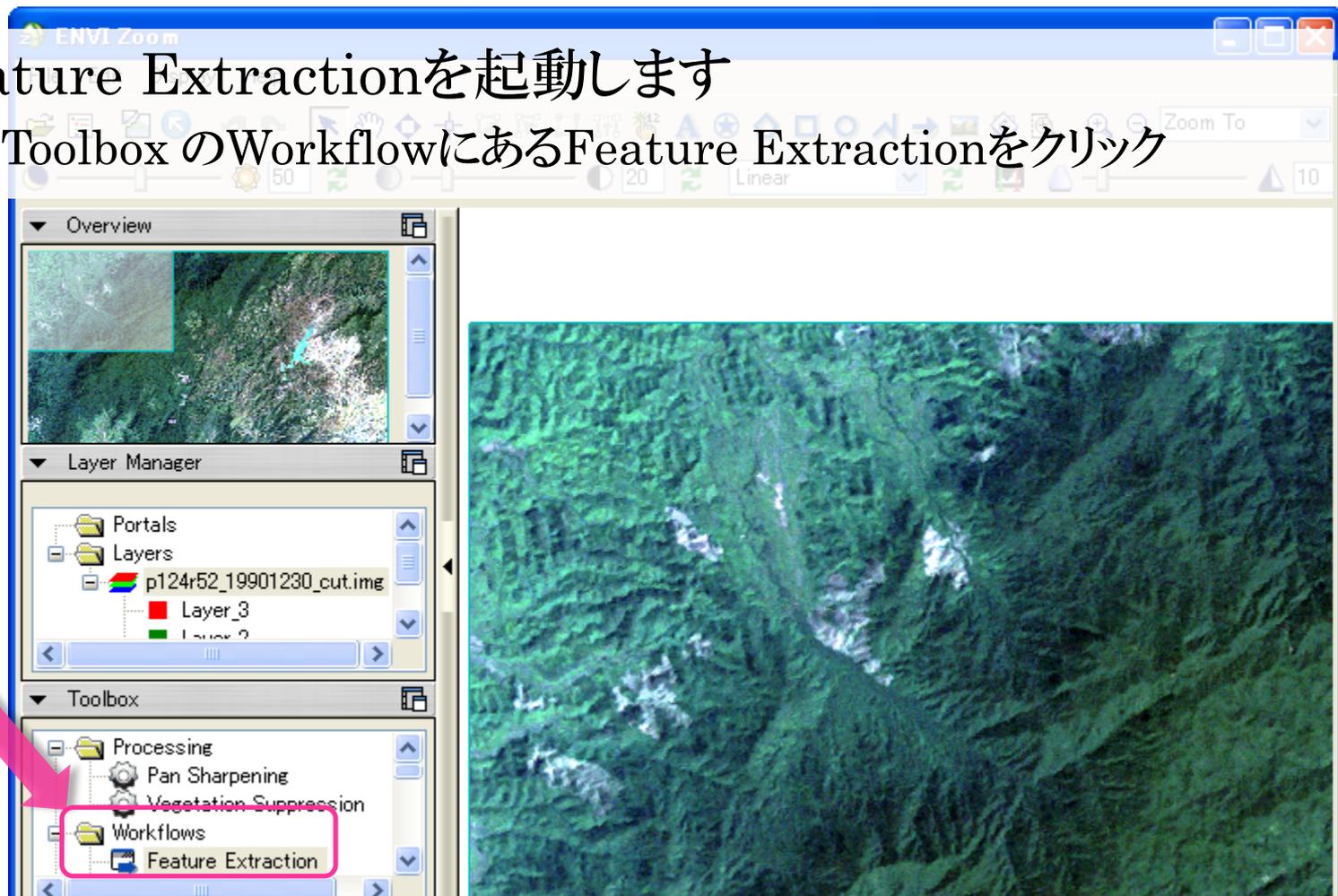
今回は、フォールスカラー合成で表示。
色の割り当ては以下の通り

- 赤色に近赤外領域のLayer4
- 緑色に赤領域のLayer3
- 青色に緑領域のLayer2

ENVI EXの操作

- オブジェクト分類 -

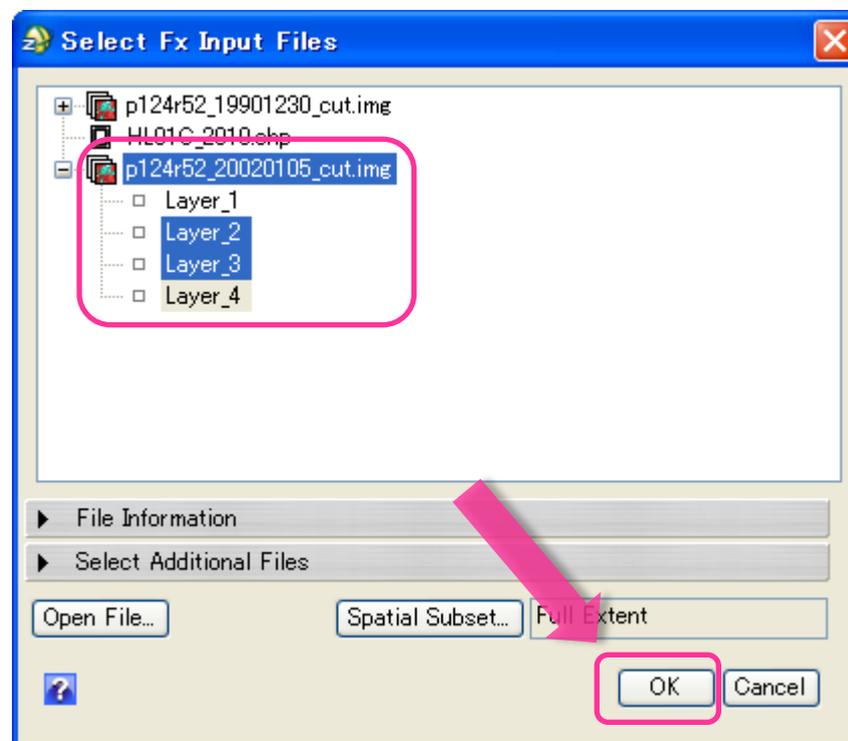
- Feature Extractionを起動します
 - Toolbox のWorkflowにあるFeature Extractionをクリック



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

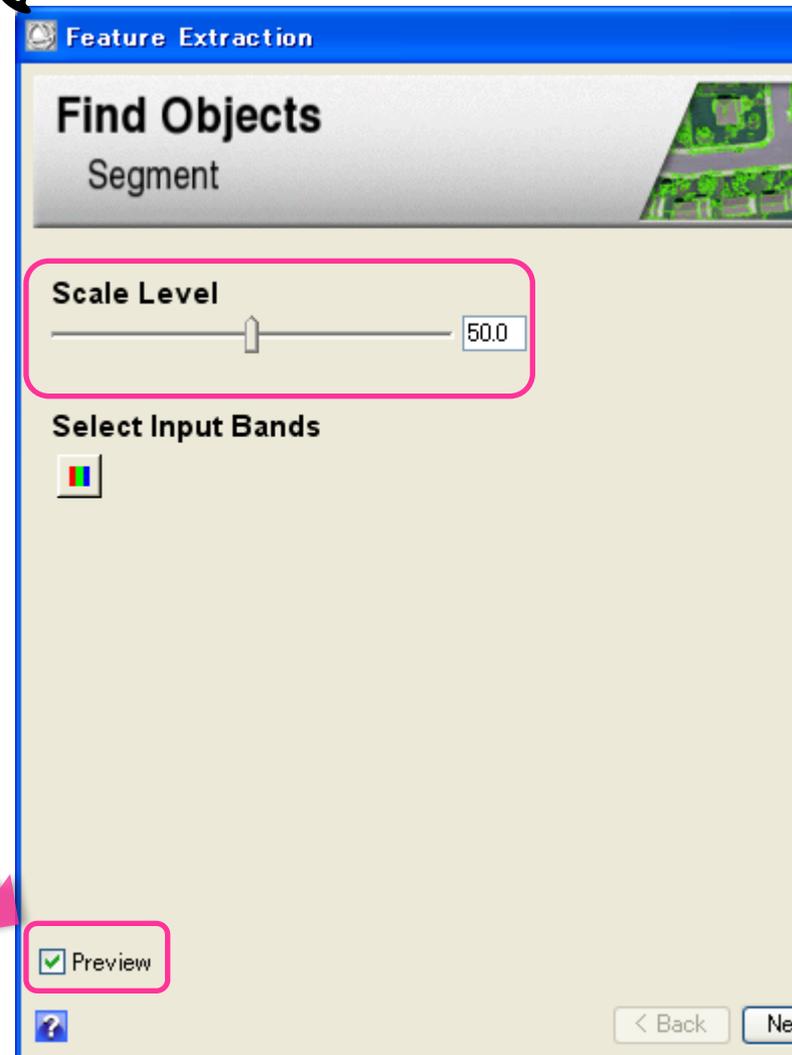


ENVI EXの操作

- オブジェクトの作成 -

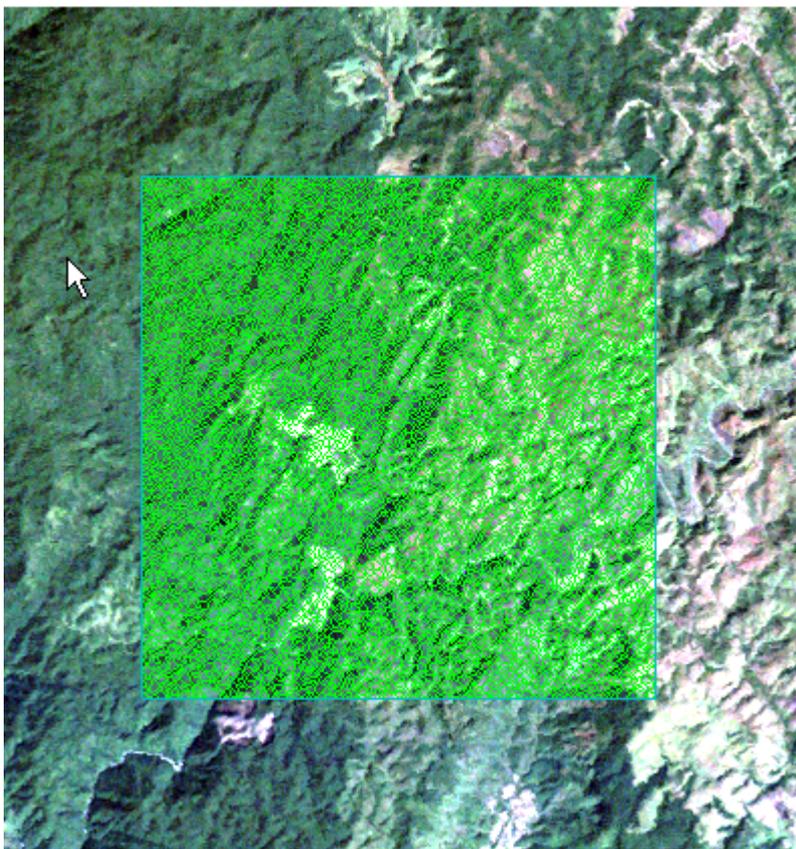
ステップ① Segment(断片化)

- Scale Levelを調整します
- Previewにチェックを入れてください
- Scale Levelを決めたらNextボタンを押してください



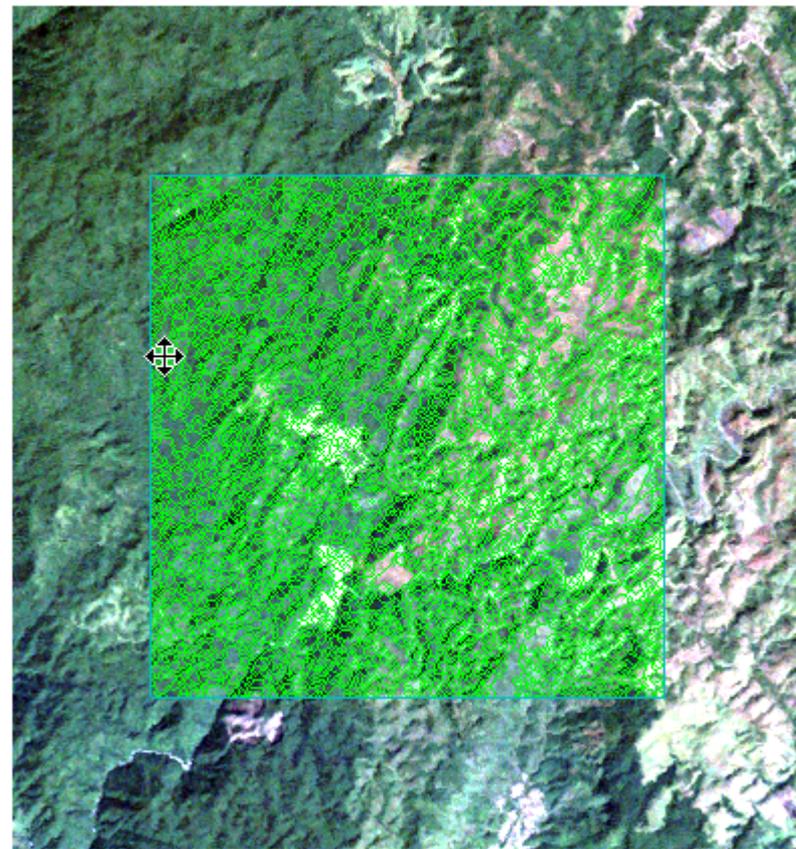
ENVI EXの操作 Segmentation

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

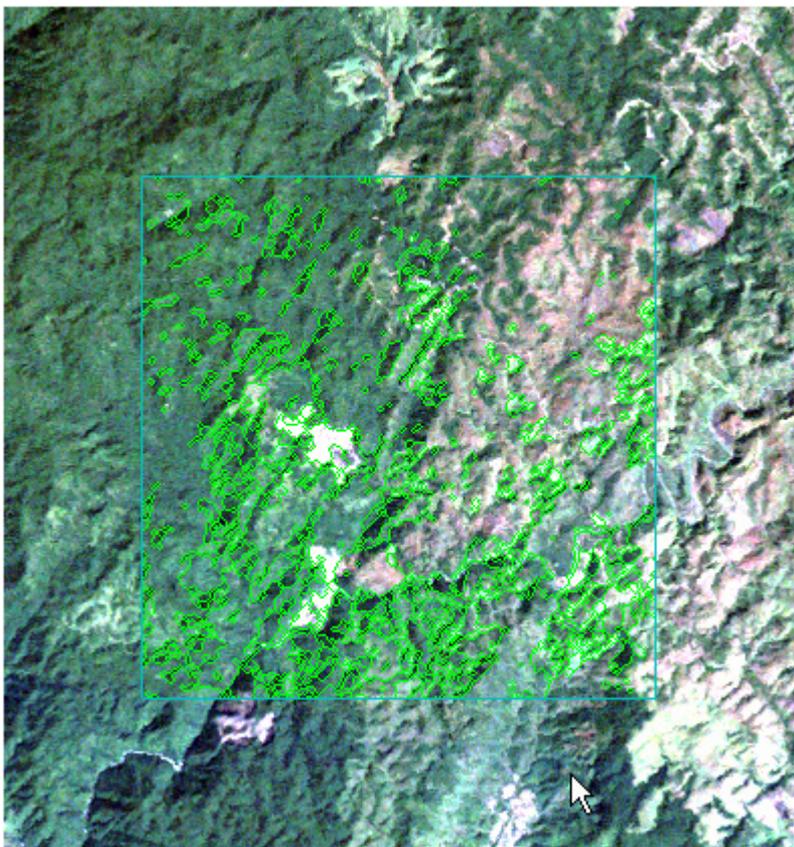
Scale Level 20



境界を作りたいところに線がある

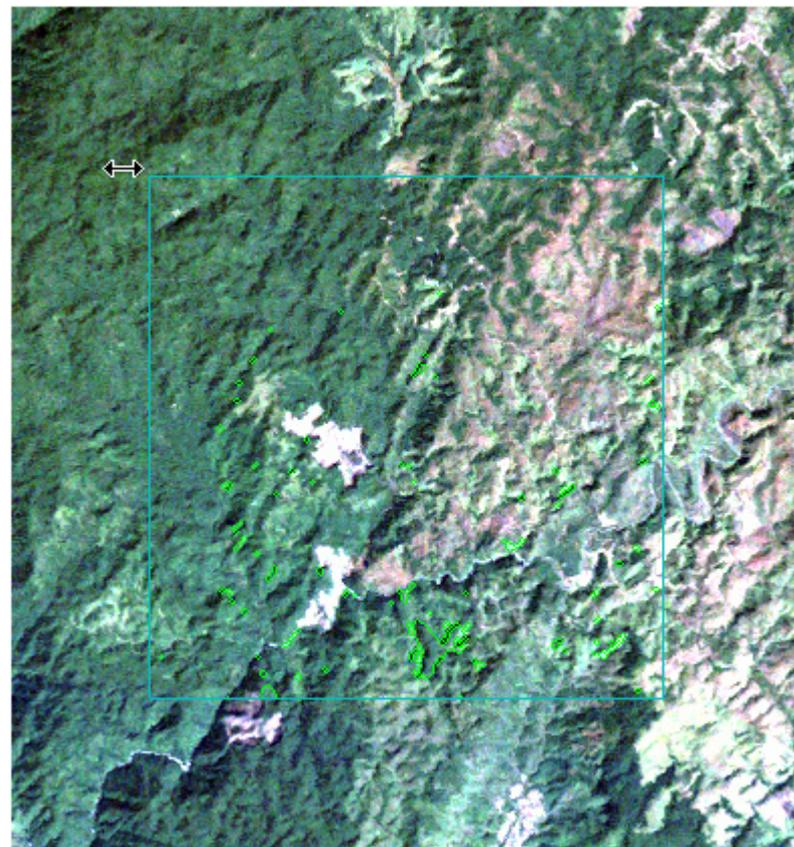
ENVI EXの操作 Segmentation

Scale Level 60



土地利用の境界に線がない箇所が多い

Scale Level 90



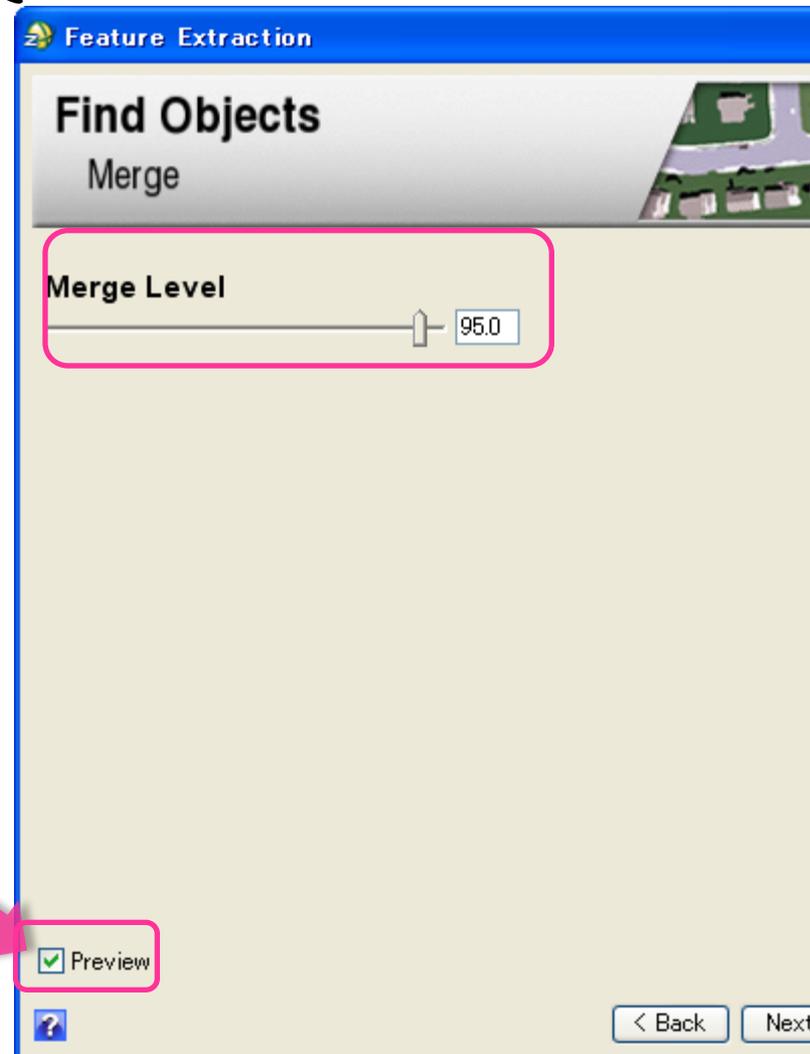
明らかにセグメントが少ない

ENVI EXの操作

- オブジェクトの作成 -

- ステップ②Merge(結合)

- Previewにチェックを入れてください
- Merge Levelを調整してください
- Merge Levelを決めたらNextボタンを押してください

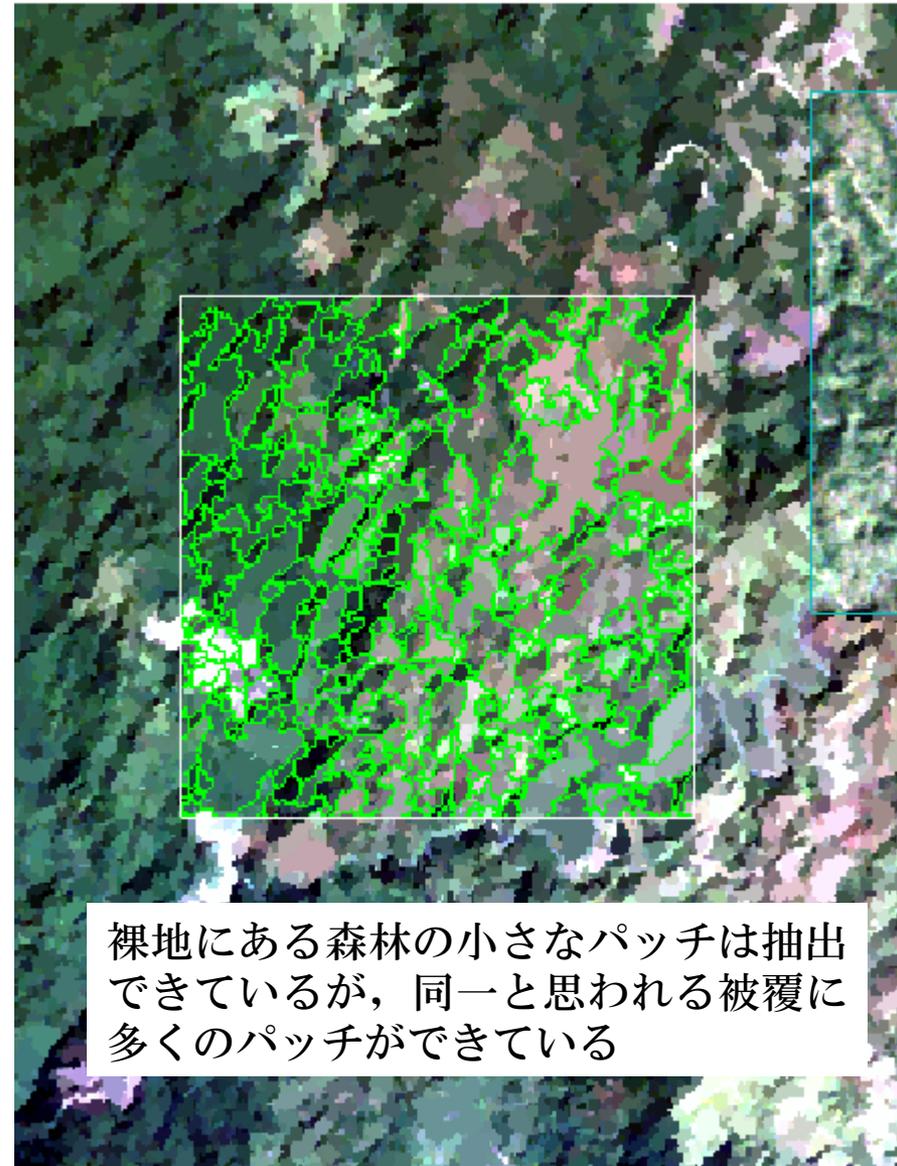


ENVI EXの操作 Merge

Merge Level 95



Scale Level 85



ENVI EXの操作

- オブジェクトの作成 -

- ステップ③

Threshold 閾値の設定

- No Tresholding(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(advaned)
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

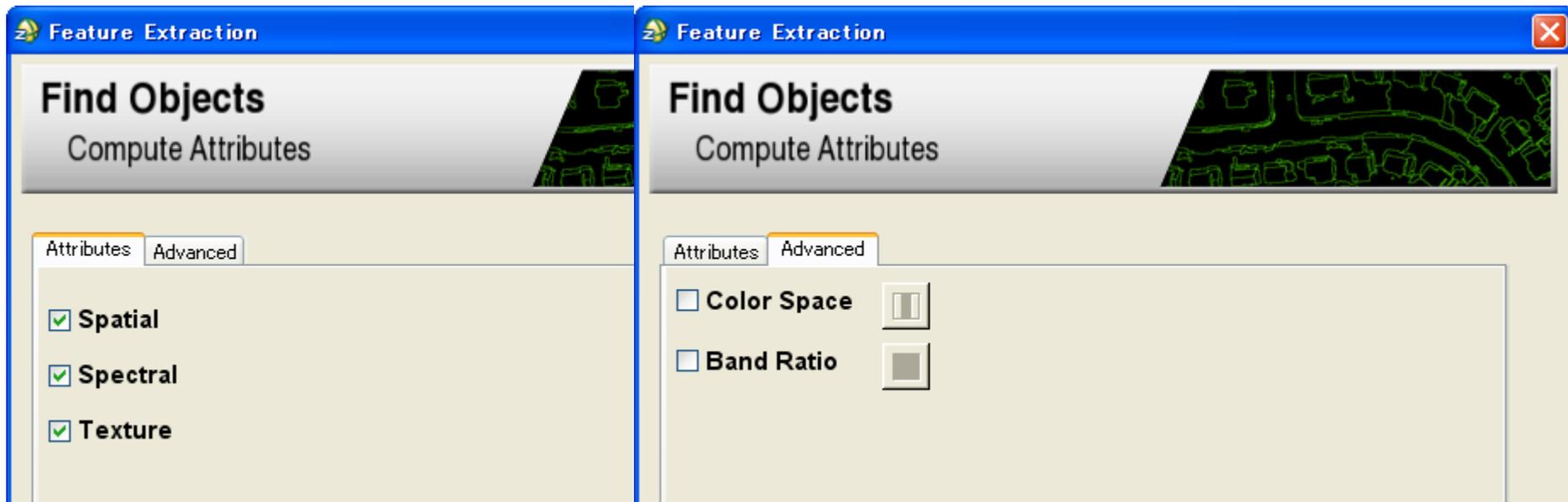


ENVI EXの操作

- 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

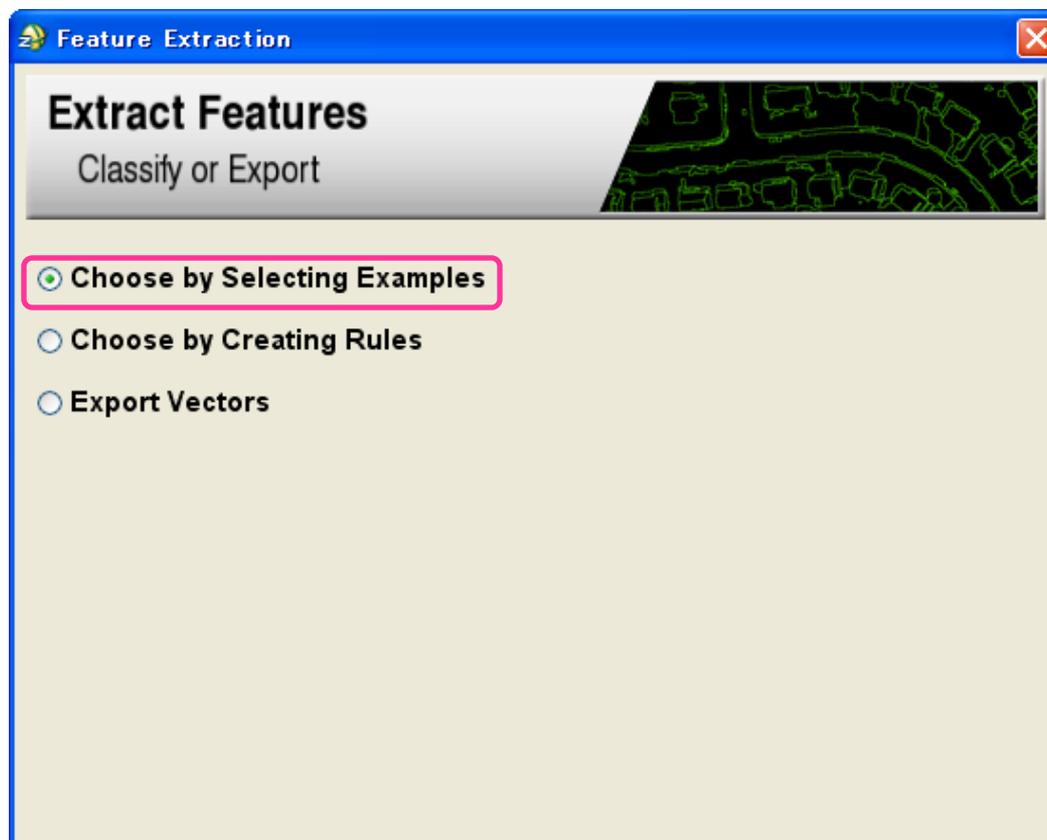


ENVI EXの操作

- フィーチャの抽出 -

- ステップ②分類

- Choose by Selection Examplesをクリック

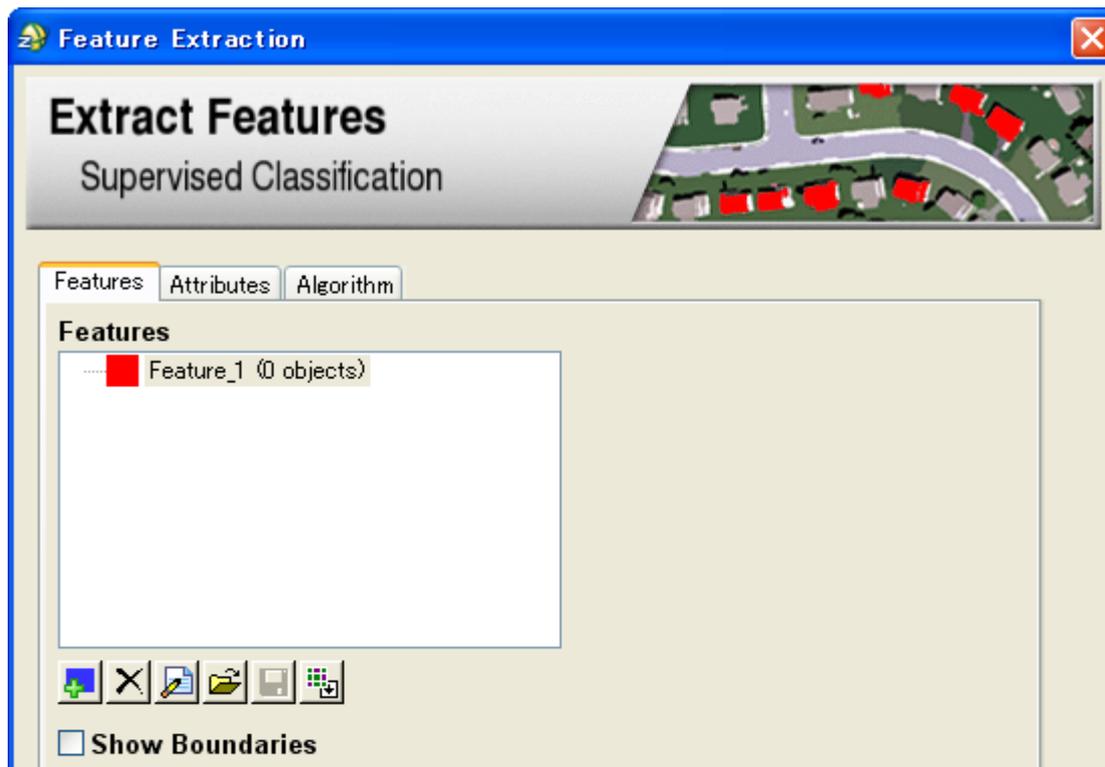


ENVI EXの操作

- 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。

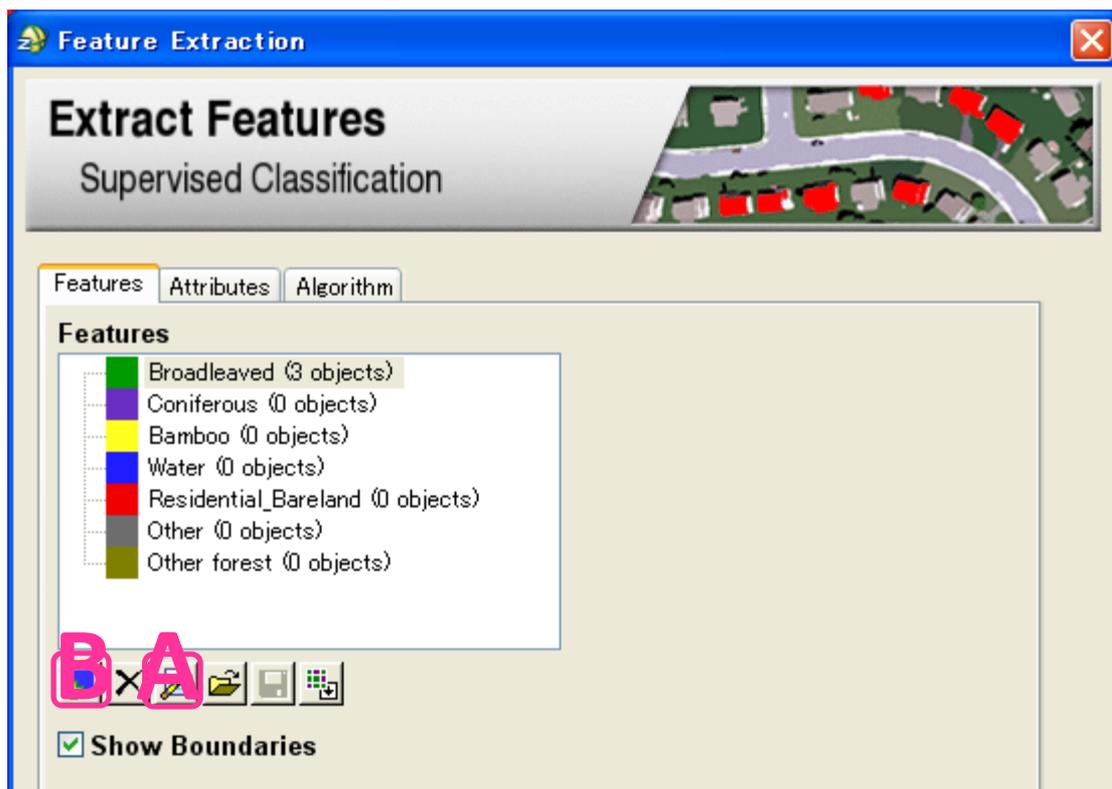


ENVI EXの操作

- 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**

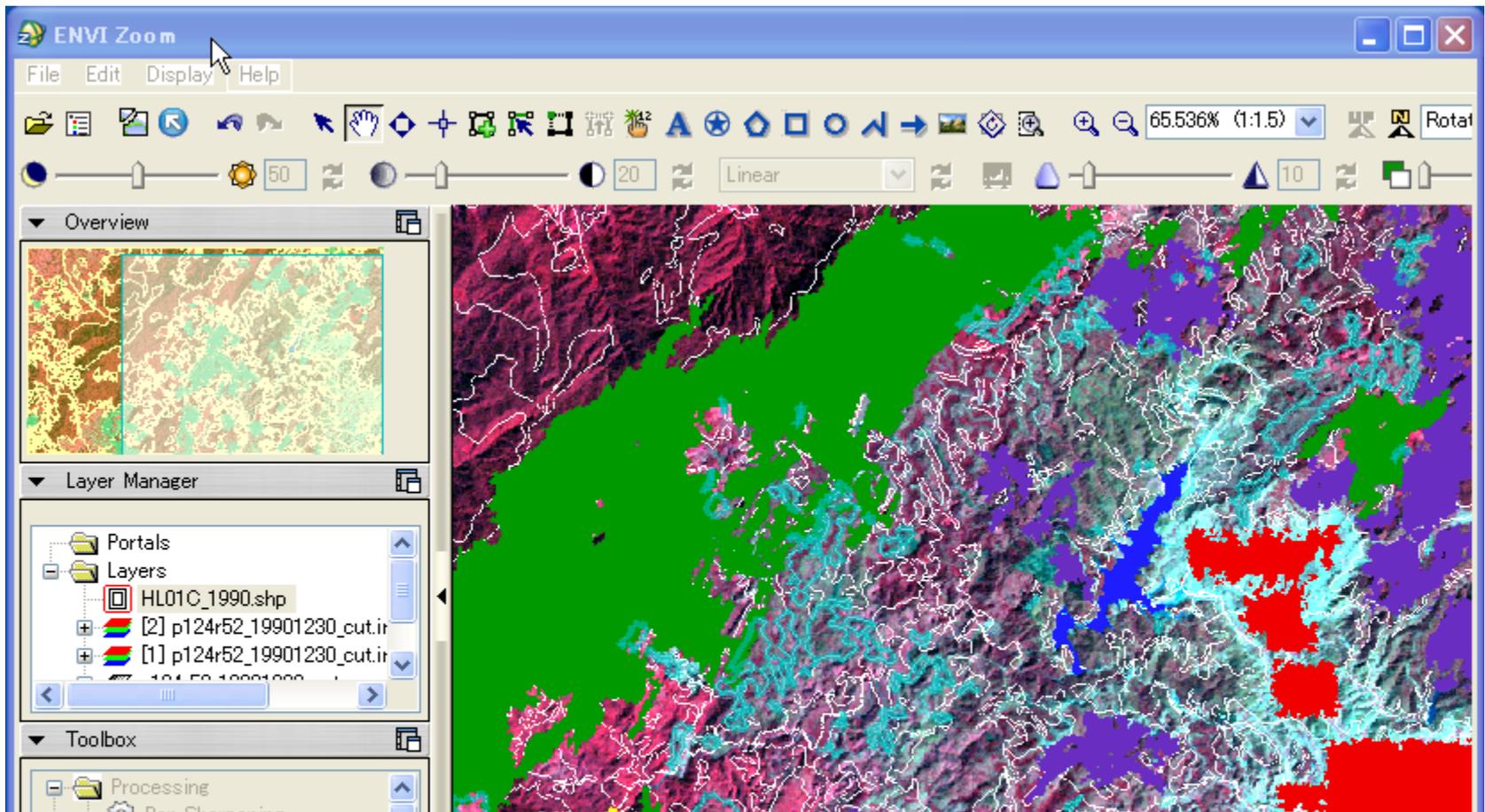


ENVI EXの操作

- フィーチャの抽出 -

- ステップ③教師付データの選択

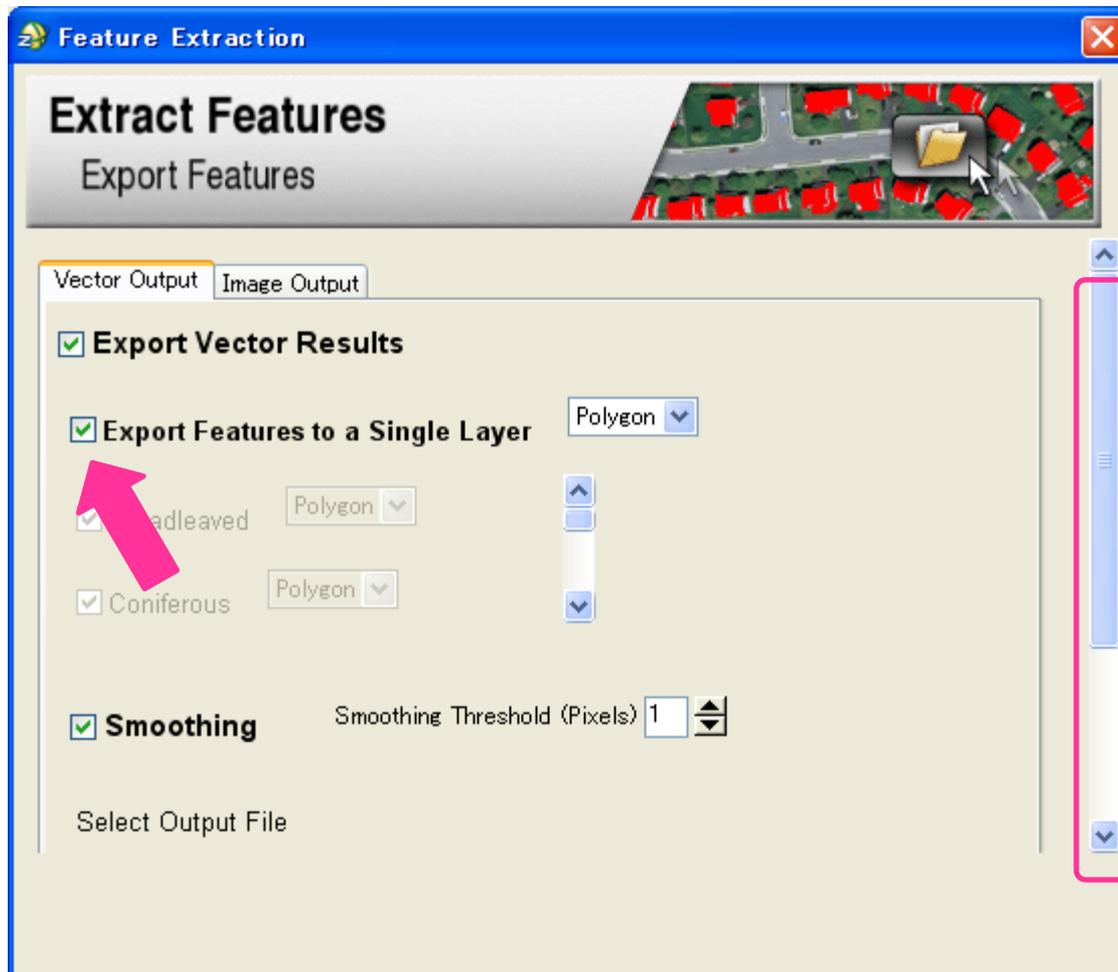
- 各土地被覆タイプを選択した状態で、ENVI zoom画面をクリックしていくと教師データが追加されます



ENVI EXの操作

- フィーチャの抽出 -

- ベクターデータの出力 Export Features to a Single Layerをクリック

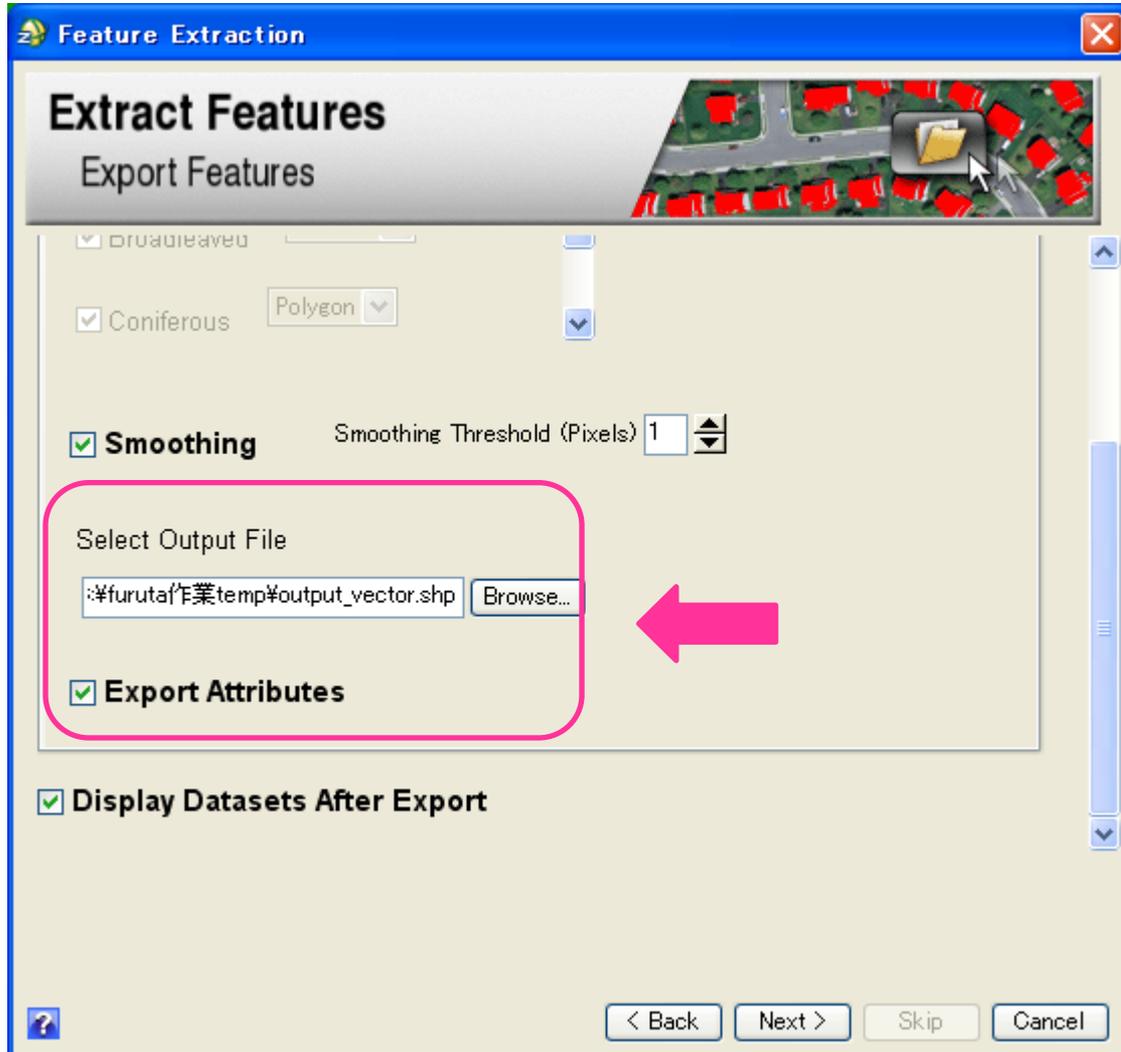


スクロールバーを下げると、
Browseボタンあり
ファイルの保存場所を指定

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。

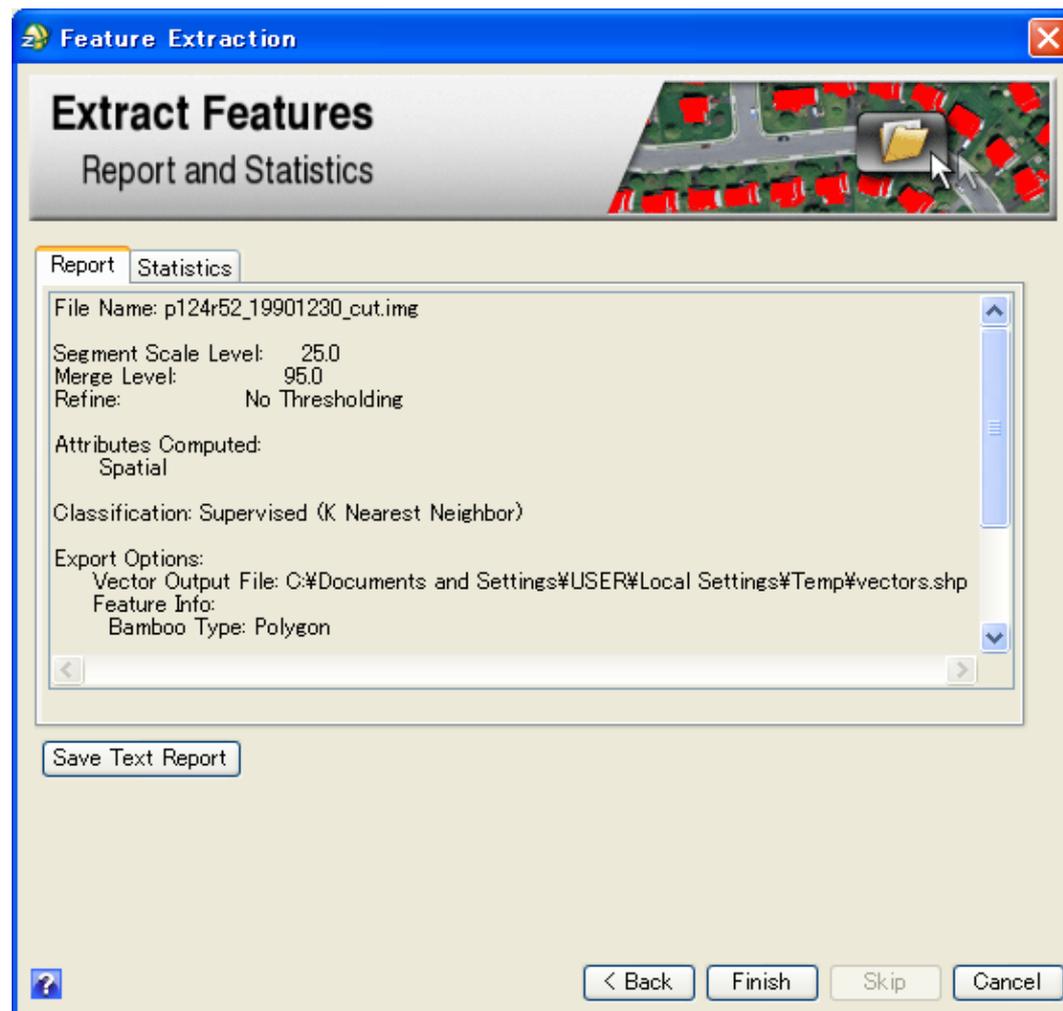
•Export Attributesにチェックを入れると、Attributesのデータ表が作成されます

ENVI EXの操作

- フィーチャの抽出 -

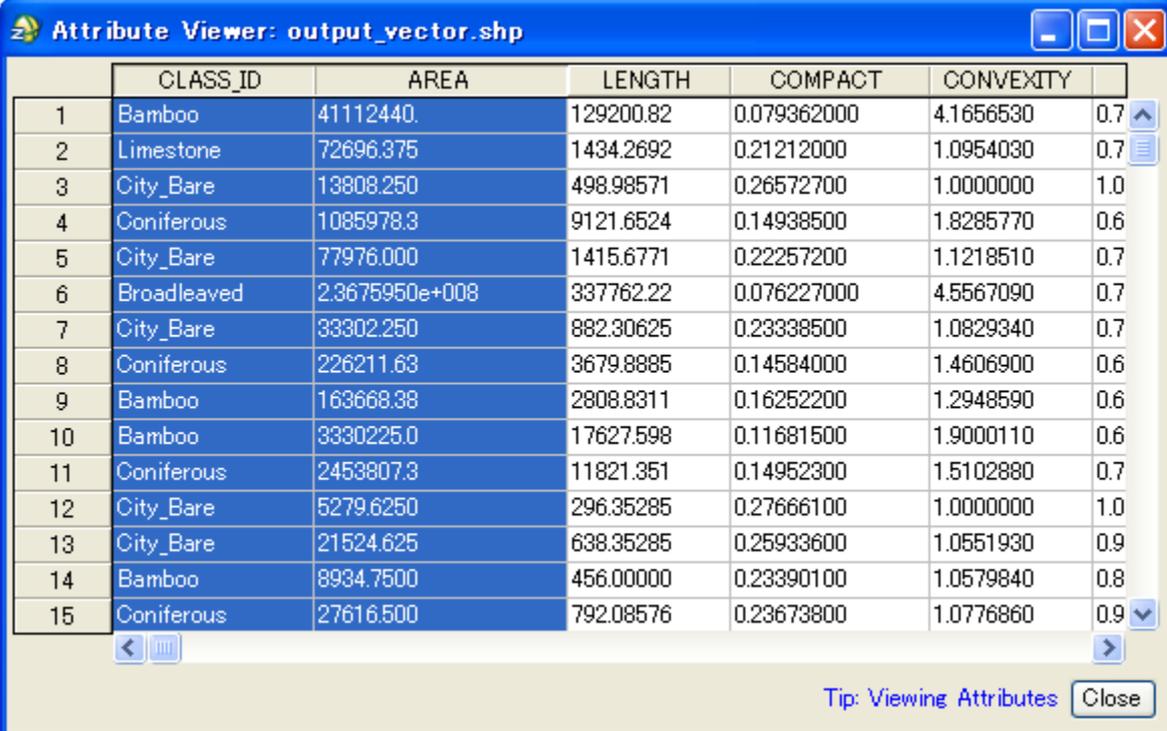
- Reportを保存

- 基本情報
- Statistics



ENVI EXの操作 確認

- ENVI ZOOMで作成したベクターを表示
 - 下のような表が作成されます



Attribute Viewer: output_vector.shp

	CLASS_ID	AREA	LENGTH	COMPACT	CONVEXITY	
1	Bamboo	41112440.	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