

## 5. LANDSAT と ALOS データを使った樹林地変遷の解析

### 5.1 概要

本章では、第 4 章で検討を行った樹林地変遷の把握手法を踏まえ、期初のデータとして LANDSAT データを使い、最新のデータとしては、ALOS データを使って、樹林地の増減解析を試みた。

ALOS（陸域観測技術衛星「だいち」）は 2006 年 1 月 24 日に打ち上げられた世界最大級の地球観測衛星で、JERS-1（地球資源衛星「ふよう 1 号」）および ADEOS（地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」）による陸域観測技術をさらに高度化し、地図作成、地域観測、災害状況把握、資源探査等への貢献を図ることを目的としている。

ALOS には、高精度で標高抽出を行うための PRISM（パナクロマチック立体視センサ）、および土地被覆の観測を高精度に行うための ANVIR-2（高性能可視近赤外放射計 2 型）、昼夜の別なく、また天候によらず陸域の観測が可能な PALSAR（フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダ）の 3 つの地球観測センサが搭載されている。

ALOS の打ち上げが成功し、データ配信も始まったことから、本調査の目的である樹林地の増減把握に今後有効活用されることが期待される。

そこで本調査では、ALOS の実データを入手し、樹林地の増減把握に対する利用可能性や第 4 章で検討を行った ASTER データの比較を検討した。

## 5.2 解析方法

ALOS データの解析手法は、4.2 において設定した ASTER の解析手法に準じた。ただし、樹林地増加箇所を絞り込む際に ASTER で実施した「ASTER DEM 利用」に関しては除外した。したがって、検討に供した具体的な手法群は、図-5.1 に示す 10 手法である。

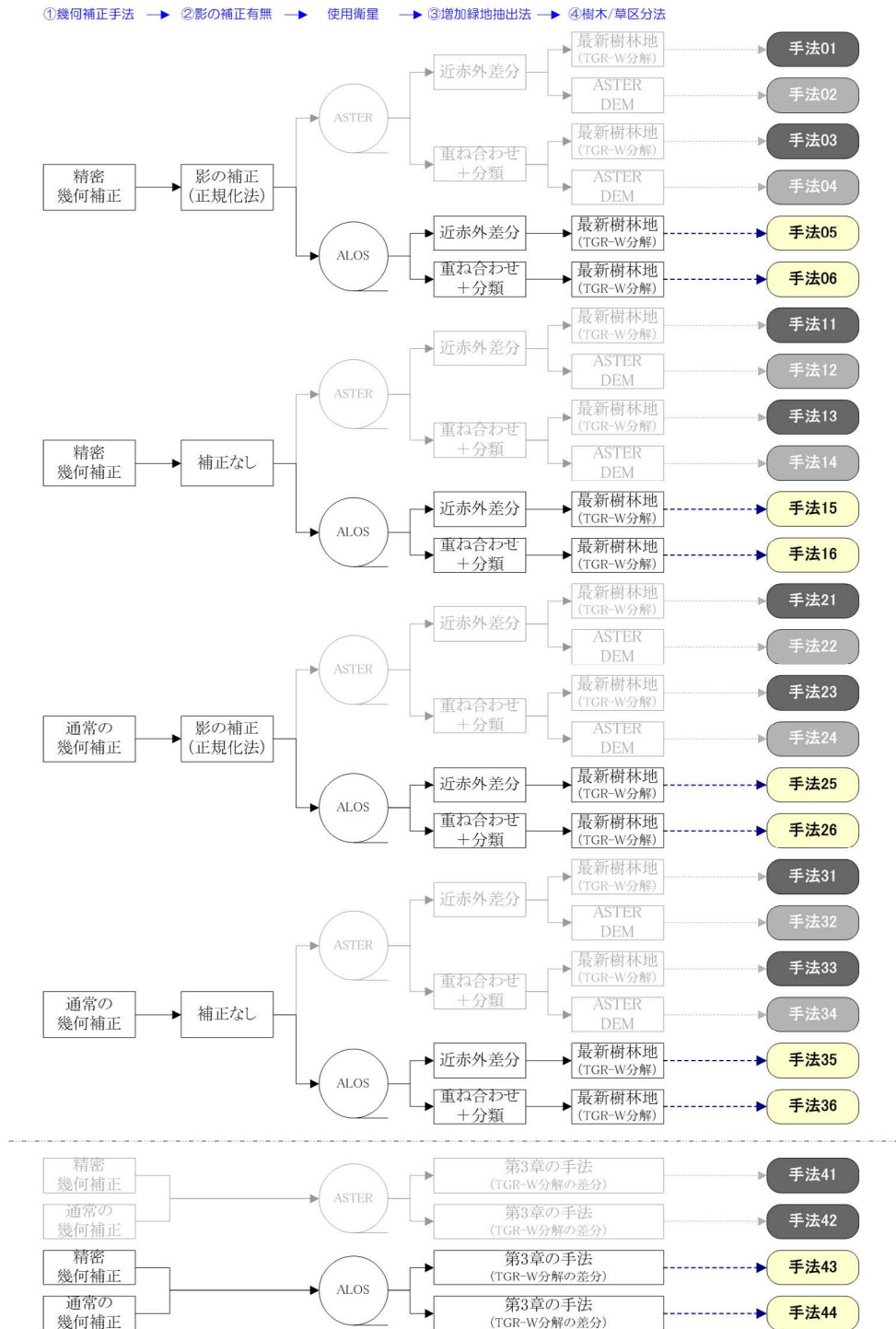


図-5.1 手法検討に供した 10 手法

### 5.3 衛星データの処理解析

#### (1) 反射率変換

LANDSAT データに記録されている DN 値 (Digital Number) には、観測時期によって異なるセンサの感受特性が含まれている。通常の解析では、観測された DN 値をそのまま使い、相対的なスペクトル特性から分類処理や回帰分析を行うことが多いが、経年比較や異なるセンサ間での比較を行う場合には、センサの感受特性を補正する必要がある。

そこで、入手した全ての LANDSAT データに対し、DN 値から放射輝度 (Radiance) を計算し、さらに反射率 (Reflectance) に変換する処理を行った。

各データの反射率変換式及びパラメータを表-5.1~表-5.3 に示す。

表-5.1 反射率変換式

放射輝度変換式 <sup>2)</sup> (LANDSAT/TM) (1990.11.05)	$R = (L_{\max} - L_{\min}) \div 255 \times DN + L_{\min}$ R : 放射輝度値 Lmax : バンド別の最大放射輝度(表-5.2参照) Lmin : バンド別の最小放射輝度(表-5.2参照) DN : DN値
放射輝度変換式 <sup>3)</sup> (ALOS/AVNIR-2) (2006.06.01)	$R = a \times DN + b$ R : 放射輝度値 a : 絶対校正係数 ゲイン(表-5.3参照) b : 絶対校正係数 オフセット(表-5.3参照) DN : DN値
放射輝度-反射率 変換式 <sup>2)</sup>	$\rho = \frac{\pi \times R \times d^2}{E_{\text{sun}\lambda} \times \cos \theta}$ ρ : 反射率 R : 放射輝度値 d : 地球と太陽の距離 E <sub>sun λ</sub> : バンド別の太陽放射量 θ : 衛星通過時の太陽天頂角

表-5.2 各バンドの Lmax、Lmin の値  
(1990. 11. 05 観測 LANDSAT)

バンド	Lmin	Lmax
TM1	-0.150	15.210
TM2	-0.280	29.680
TM3	-0.120	20.430
TM4	-0.150	20.620
TM5	-0.037	2.719
TM6	-0.1238	1.560
TM7	-0.015	1.438

表-5.3 各バンドの a、b の値  
(2006. 06. 01 観測 ALOS)

バンド	a	b
AVNIR-2/b1	0.588	0.000
AVNIR-2/b2	0.573	0.000
AVNIR-2/b3	0.502	0.000
AVNIR-2/b4	0.835	0.000

## (2) トレーニングデータの収集

最尤法分類に使用するトレーニングデータおよびミクセル分解のエンドメンバー値を得るために、神奈川県内から、土地被覆が明らかなピュアピクセル領域を取得した。取得したトレーニングエリアの配置を図-5.2に、設定した項目と各項目のトレーニングデータ数を表-5.4に示す。

表-5.4 トレーニングデータの項目と点数

最尤法用	ミクセル分解用	地点数
樹林地	樹木(植生1)※	10
草地	草地(植生2)※	10
裸地	—	9
道路(市街地1)	道路	9
建物(市街地2)	—	10
水面	水面	10

※道路、建物は、最尤法では「市街地」として集約する。

※樹木、草地は、VRW分解では「植生」として集約する。

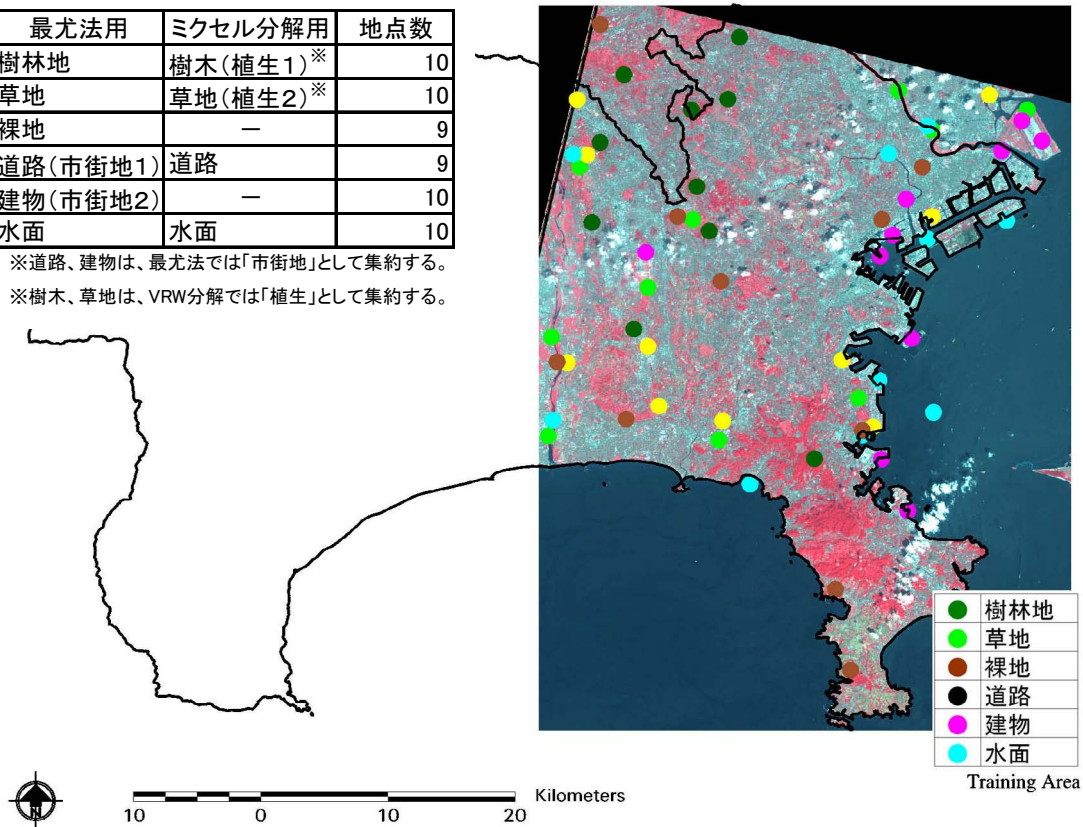
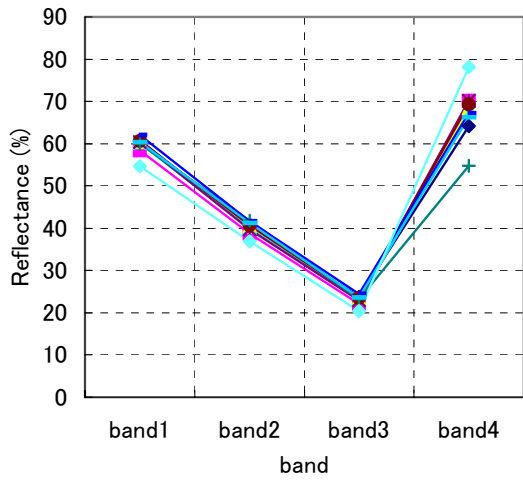


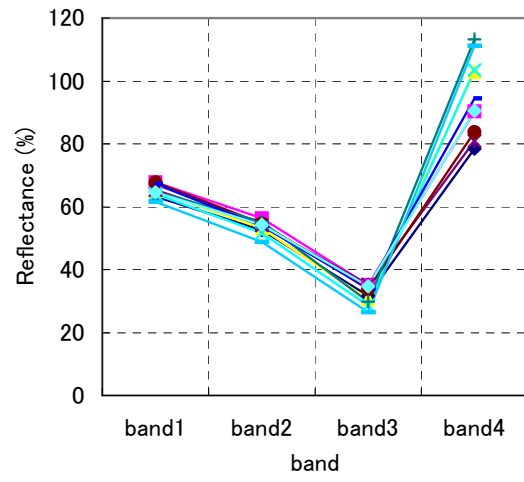
図-5.2 取得したトレーニングエリアの配置

## (3) スペクトル特性の検討

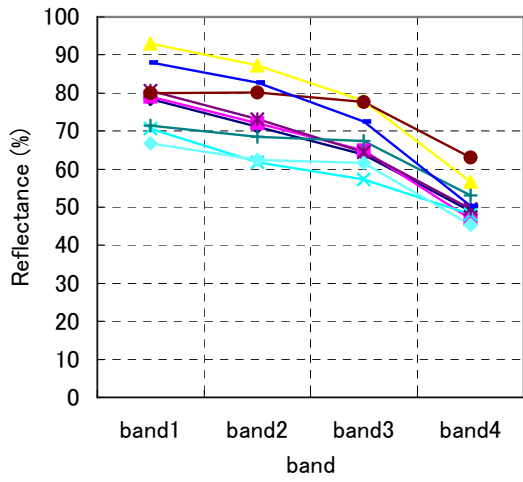
(2) で取得したトレーニングエリアのスペクトル値をサンプリングし、各項目のスペクトル特性を検討した。全トレーニングエリアのスペクトル特性を図-5.3に、項目ごとに平均したスペクトル特性を図-5.4に示す。



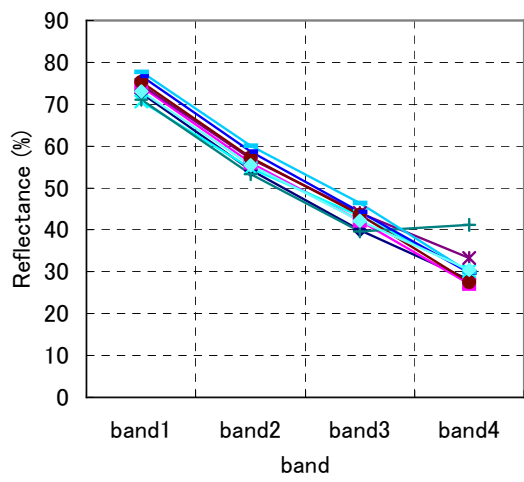
樹林地



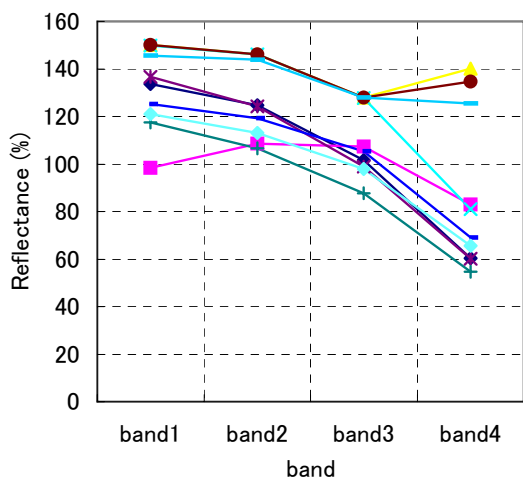
草地



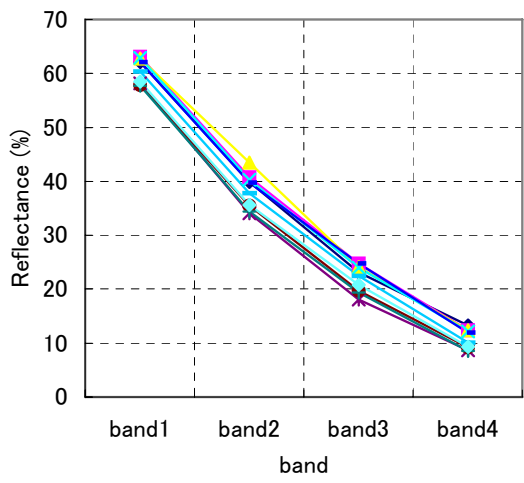
裸地



道路



建物



水面

図-5.3 各トレーニングエリアのスペクトル特性 (ALOS)

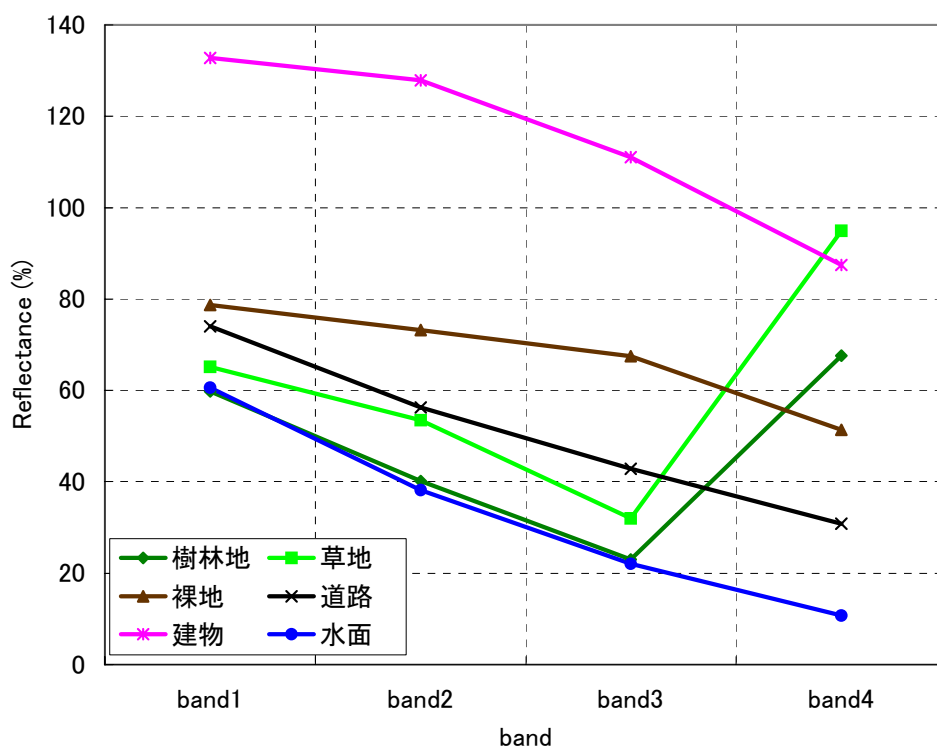


図-5.4 各項目のスペクトル特性 (ALOS)

図-5.4 より各項目のスペクトル特性には、表-5.5 のような傾向が認められた。

表-5.5 各項目のスペクトル特性

項目	特徴的なスペクトル特性
樹林地	<ul style="list-style-type: none"> <li>band3からband4への変化量 (Red Edge) が顕著</li> <li>草地と比べて、band2、band3の反射率が低い</li> </ul>
草地	<ul style="list-style-type: none"> <li>band3からband4への変化量 (Red Edge) が極めて顕著</li> <li>band4の反射率が全項目中最も高い</li> </ul>
裸地	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化パターンは道路、建物、水面と似ている</li> <li>道路、建物、水面と比べて、band3の反射率が相対的に高い</li> </ul>
道路	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化パターンは裸地、建物、水面と似ているが、全体に反射率が低い</li> </ul>
建物	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化パターンは裸地、道路、水面と似ている</li> <li>band1～band3の反射率が全項目中最も高い</li> </ul>
水面	<ul style="list-style-type: none"> <li>変化パターンは裸地、道路、建物と似ている</li> <li>band1以外は全項目中最も反射率が低い</li> </ul>

#### (4) NDVI 閾値の検討

図-5.2 で取得したトレーニングエリアの band3 と band4 の反射率をサンプリングし、グラフ上に展開することによって、植生被覆域（樹林地、草地）と非植生被覆域（裸地、道路、建物、水面）の NDVI 閾値を求め、その結果を図-5.5 に示す。

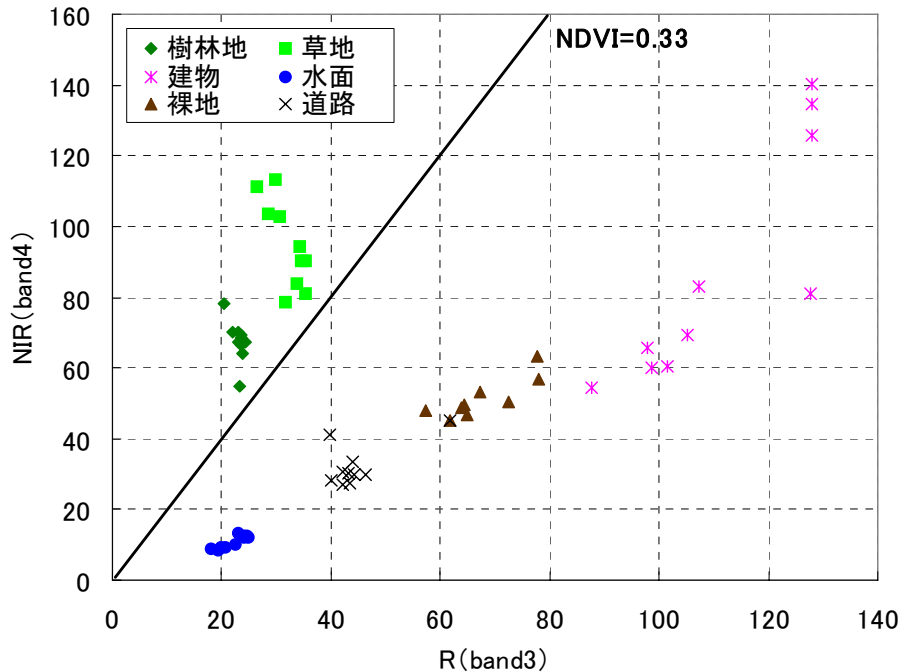


図-5.5 トレーニングエリアの band3、band4 サンプリング結果 (ALOS)

図-5.5 より、NDVI=0.33 が閾値として妥当であると判断された。

#### (5) ミクセル分解におけるエンドメンバーのスペクトル特性の分析

樹木-草地-道路をエンドメンバーとした場合 (TGR 分解) のピュアピクセルのスペクトル特性を図-5.6 に示し、植生-道路-水をエンドメンバーとした場合 (VRW 分解) のピュアピクセルのスペクトル特性を図-5.7 に示す。

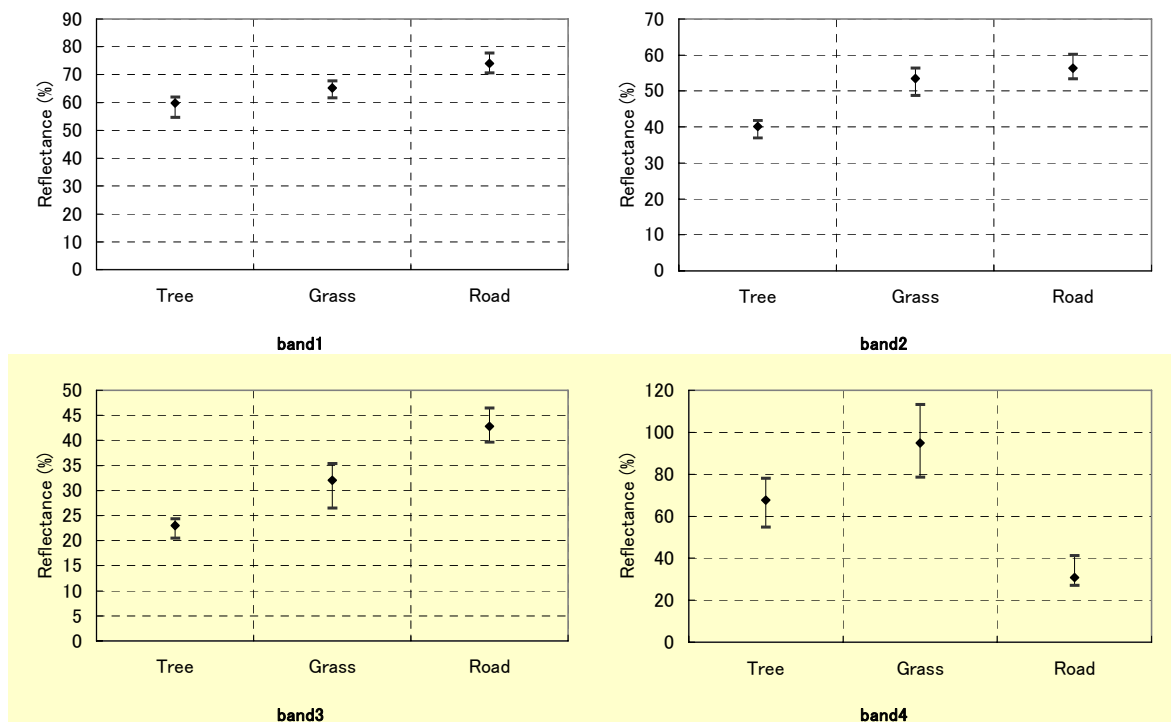


図-5.6 TGR 分解を想定した場合の各バンドのスペクトル特性 (ALOS)

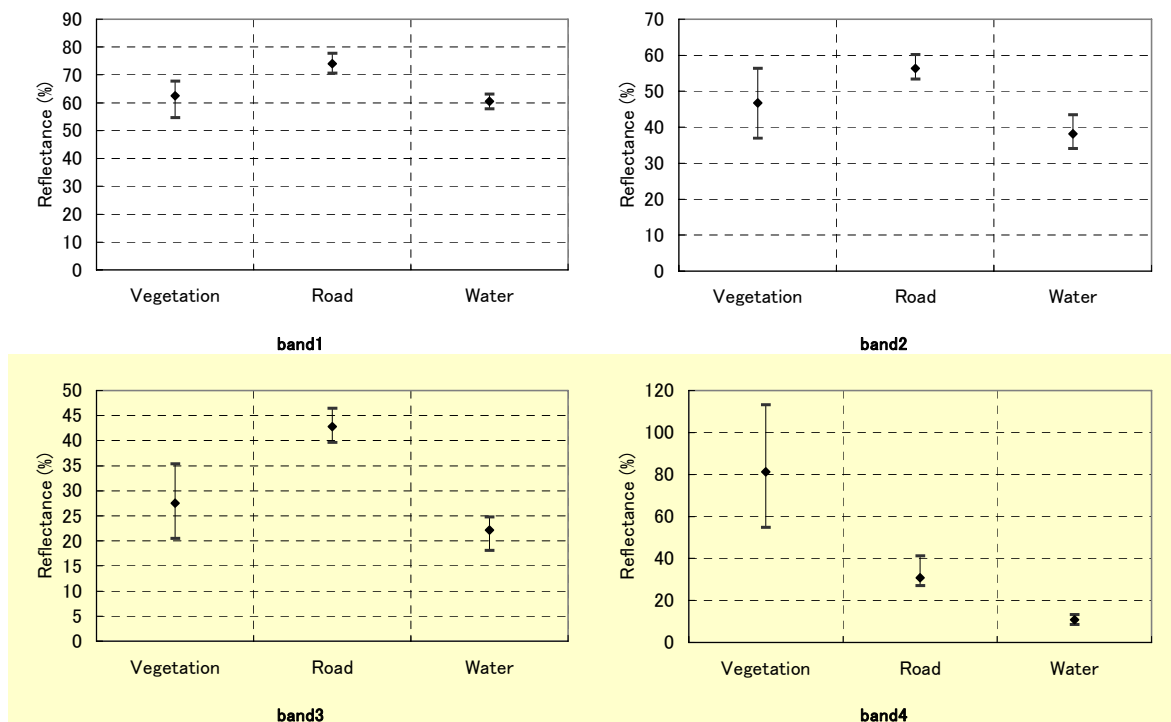


図-5.7 VRW 分解を想定した場合の各バンドのスペクトル特性 (ALOS)



ミクセル分解に使用するバンドは、エンドメンバー間のスペクトル特性が独立していることが望ましい。したがって、図-5.6より、TGR分解においてはband3とband4の組み合わせをエンドメンバー間の両軸として用いることとした(図-5.8)。また、図-5.7より、VRW分解においても、band3とband4の組み合わせをエンドメンバー間の両軸として用いることとした(図-5.9)。

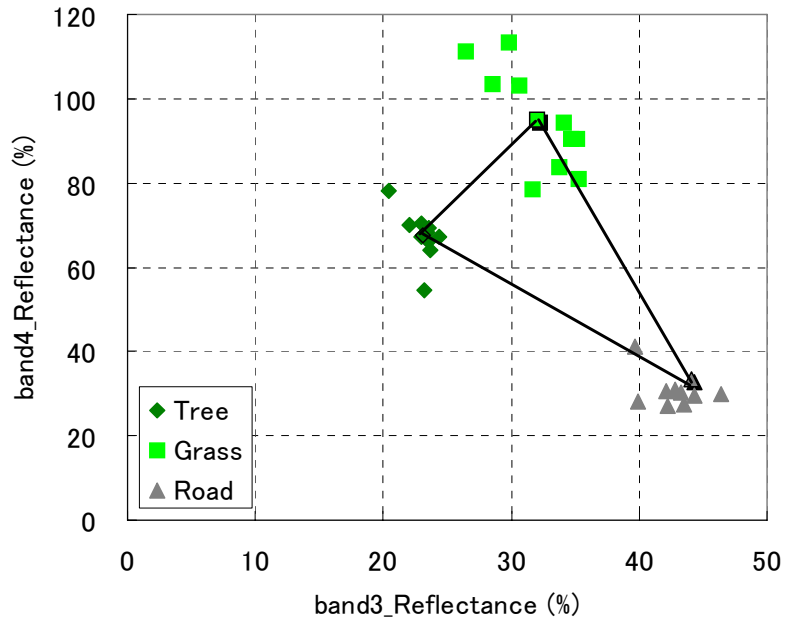


図-5.8 TGR分解に使用したバンドとエンドメンバー (ALOS)

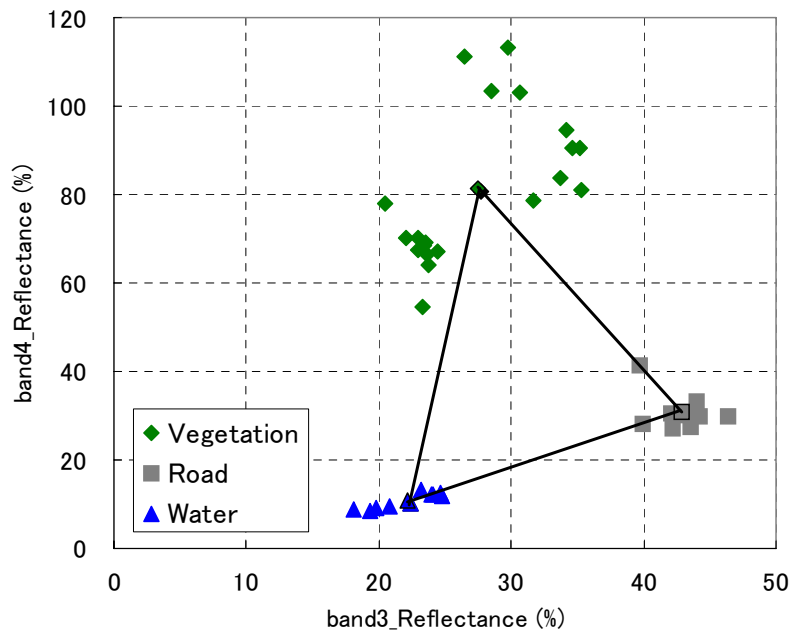


図-5.9 VRW分解に使用したバンドとエンドメンバー (ALOS)

#### (6) VRW 分解+TGR 分解における Vegetation 寄与率の閾値の検討

検証エリアで試行する手法のうち、⑥VRW 分解+TGR 分解では、Vegetation 寄与率の閾値処理が発生する。そこで、図-5.9 に示すエンドメンバーで VRW 分解を実施した結果から、図-5.2 で取得したトレーニングエリアの Vegetation 寄与率をサンプリングし、グラフ上に展開することによって、植生被覆域（樹林地、草地）と非植生被覆域（裸地、道路、建物、水面）の Vegetation 寄与率の閾値を求めると、図-5.10 に示すとおり、Vegetation 寄与率=0.5 が閾値として妥当であると判断された。

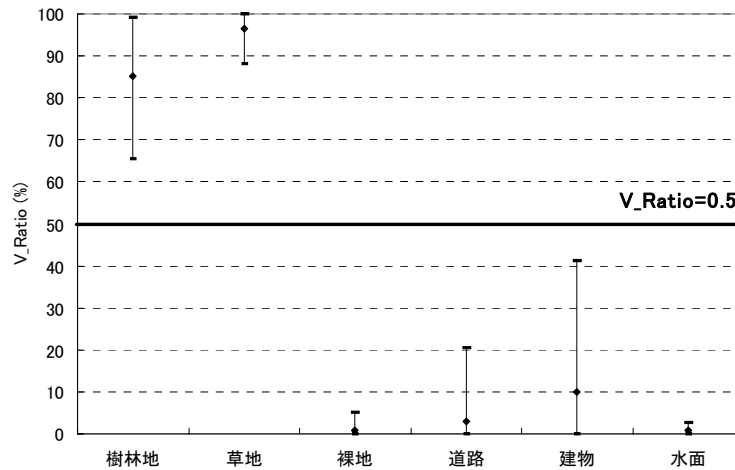


図-5.10 トレーニングエリアの Vegetation 寄与率サンプリング結果

#### (7) TGR-W 分解における Water 寄与率の閾値の検討

検証エリアで試行する手法のうち、⑧TGR-W 分解では、Water 寄与率の閾値処理が発生する。そこで、図-5.9 に示すエンドメンバーで VRW 分解を実施した結果から、図-5.2 で取得したトレーニングエリアの Water 寄与率をサンプリングし、グラフ上に展開することによって、水面と水面以外の Water 寄与率の閾値を求めると、図-5.11 に示すとおり、Water 寄与率=0.70 が閾値として妥当であると判断された。

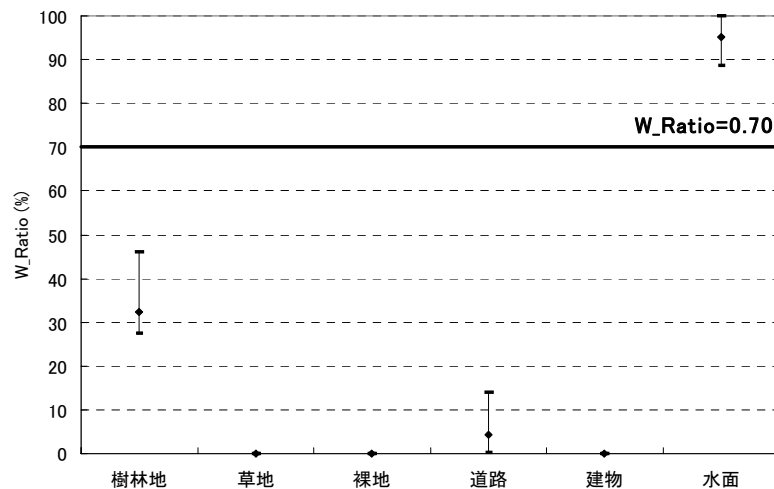


図-5.11 トレーニングエリアの Water 寄与率サンプリング結果

## 5.4 検証エリアにおける試行結果

図－5.1 に示す 10 手法を第 4 章と同じ神奈川県内の St.1～St.4 検証エリアに適用し、樹林地増加抽出解析を行った結果を表－5.6 に示す。

表－5.6 における各画像の見方は下記のとおりである。

- ・ 行方向は前処理（精密幾何補正、影の補正）の有無による結果の違いを示す。
- ・ 列方向は緑地増加抽出手法と樹林地増加抽出手法の組み合わせによる結果の違いを示す。
- ・ 比較のための参考手法として、ASTER データを使用した場合の結果を示す。
- ・ 第 3 章の手法は比較のための参考手法である。精密幾何補正の有無は影響するが、影の除去は関係しない。
- ・ 最右列は空中写真判読による検証用データで、画素内増加樹林地率に換算されている。ASTER の検証用として 15m メッシュで換算したものと、ALOS の検証用として 10m メッシュで換算したものの 2 種類を示した。
- ・ 全ての画像は、緑色が増加した樹林地分布を示しており、色が濃いほど画素内比率が高い。
- ・ 各種結果画像の下に記載した手法ナンバーは、図－5.1 の手法ナンバーに対応する。

各検証エリアの特徴は下記のとおりである。

- ・ St.1
  - 精密幾何補正：ALOS の場合も ASTER と同様に、精密幾何補正を行っていない手法は、水際線付近で位置ずれに起因すると思われる抽出ミスが生じている（手法 25、手法 26）。
  - 影の補正：ASTER のケースほど明瞭ではないが、影の補正を行っていない手法は、樹林地が維持されてきた場所を抽出ミスしているケースがある（手法 15、手法 16）。
  - 樹林地増加抽出手法：ALOS の場合、いずれも最新樹林地（TGR-W）を併用しており、近赤外差分と重ね合わせ+分類の間に明確な差異は認められない。
  - 第 3 章の 7 手法との比較：ALOS の場合も ASTER と同様に、第 3 章の手法は、樹林地が維持されてきた場所を抽出ミスしているケースがある。
- ・ St.2
  - 精密幾何補正：精密幾何補正を行っていない手法は、位置ずれが見られる（手法 25、手法 26、手法 35、手法 36）。
  - 影の補正：大きな違いは見受けられない。
  - 樹林地増加抽出手法：ALOS の場合、いずれも最新樹林地（TGR-W）を併用し

ており、近赤外差分と重ね合わせ+分類の間に明確な差異は認められない。

- 第 3 章の手法との比較：樹林地と関係ない場所を抽出ミスしているケースがある。

・ St.3

- 精密幾何補正：大きな違いは見受けられない。
- 影の補正：大きな違いは見受けられない。
- 樹林地増加抽出手法：ALOS の場合、いずれも最新樹林地（TGR-W）を併用しており、近赤外差分と重ね合わせ+分類の間に明確な差異は認められない。
- 第 3 章の 7 手法との比較：ALOS の場合も ASTER と同様に、第 3 章の手法は、樹林地が維持されてきた場所を抽出ミスしているケースがある。

・ St.4

- 精密幾何補正：ALOS の場合も ASTER と同様に、精密幾何補正を行っていない手法は、道路上に増加樹林地が抽出されるなど、位置ずれに起因すると思われる抽出ミスが生じているケースがある（手法 25、手法 35）。
- 影の補正：ASTER のケースと同様に、影の補正を行っていない手法は、樹林地が維持されてきた場所を抽出ミスしているケースがある（手法 15、手法 16、手法 35、手法 36）。
- 樹林地増加抽出手法：ALOS の場合、いずれも最新樹林地（TGR-W）を併用しており、近赤外差分と重ね合わせ+分類の間に明確な差異は認められない。
- 第 3 章の手法との比較：ALOS の場合も ASTER と同様に、第 3 章の手法は、樹林地が維持されてきた場所を抽出ミスしているケースがある。

以上より、ALOS を用いた試行結果は、ASTER を用いるケースと概ね一致する結果となった。精密幾何補正の有無は、場所によって程度に差があるが、臨海部では水際線付近で抽出ミスが生じる等の影響があった。影の補正の有無は ASTER ほど影響が大きくなかった。

表-5.6(1) ALOSによる樹林地増加抽出結果 (St. 1)

分類	ASTER 使用		ALOS 使用		第3章の手法	空中写真判読
処理 前処理	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	各時期で TGR-W 分解 差分	検証用データ
精密補正：○ 正規化法：○	 (手法 01)	 (手法 03)	 (手法 05)	 (手法 06)	 (手法 41)	 (画素内増加樹林地率(15m))
精密補正：○ 正規化法：×	 (手法 11)	 (手法 13)	 (手法 15)	 (手法 16)	 (手法 42)	
精密補正：×	 (手法 21)	 (手法 23)	 (手法 25)	 (手法 26)	 (手法 43)	 (画素内増加樹林地率(10m))
精密補正：×	 (手法 31)	 (手法 33)	 (手法 35)	 (手法 36)	 (手法 44)	

表-5.6(2) ALOSによる樹林地増加抽出結果 (St. 2)

分類	ASTER 使用		ALOS 使用		第3章の手法	空中写真判読
処理 前処理	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	各時期で TGR-W 分解 差分	検証用データ
精密補正：○ 正規化法：○	(手法 01)	(手法 03)	(手法 05)	(手法 06)	(手法 41)	(画素内増加樹林地率(15m))
精密補正：○ 正規化法：×	(手法 11)	(手法 13)	(手法 15)	(手法 16)	(手法 42)	
精密補正：×	(手法 21)	(手法 23)	(手法 25)	(手法 26)	(手法 43)	(画素内増加樹林地率(10m))
精密補正：×	(手法 31)	(手法 33)	(手法 35)	(手法 36)	(手法 44)	

表-5.6(3) ALOSによる樹林地増加抽出結果 (St. 3)

分類	ASTER 使用		ALOS 使用		第 3 章の手法	空中写真判読
処理 前処理	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	各時期で TGR-W 分解 差分	検証用データ
精密補正 : ○ 正規化法 : ○	 (手法 01)	 (手法 03)	 (手法 05)	 (手法 06)	 (手法 41)	 (画素内増加樹林地率(15m))
精密補正 : ○ 正規化法 : ×	 (手法 11)	 (手法 13)	 (手法 15)	 (手法 16)	 (手法 42)	
精密補正 : × 正規化法 : ○	 (手法 21)	 (手法 23)	 (手法 25)	 (手法 26)	 (手法 43)	 (画素内増加樹林地率(10m))
精密補正 : × 正規化法 : ×	 (手法 31)	 (手法 33)	 (手法 35)	 (手法 36)	 (手法 44)	

表-5.6(4) ALOSによる樹林地増加抽出結果 (St. 4)

分類	ASTER 使用		ALOS 使用		第3章の手法	空中写真判読
処理 前処理	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	近赤外差分 最新樹林地(TGR-W)	重ね合わせ+分類 最新樹林地(TGR-W)	各時期で TGR-W 分解 差分	検証用データ
精密補正：○ 正規化法：○	(手法 01)	(手法 03)	(手法 05)	(手法 06)	(手法 41)	(画素内増加樹林地率(15m))
精密補正：○ 正規化法：×	(手法 11)	(手法 13)	(手法 15)	(手法 16)	(手法 42)	
精密補正：×	(手法 21)	(手法 23)	(手法 25)	(手法 26)	(手法 43)	(画素内増加樹林地率(10m))
精密補正：×	(手法 31)	(手法 33)	(手法 35)	(手法 36)	(手法 44)	



## 5.5 抽出精度の確認と評価

ALOS データを用いた場合の精度評価手法は、4.7において設定した ASTER の精度評価手法に準じ、判別精度、統計的精度、面積精度の 3 とおりによって実施した。各精度評価で算出された指標値は、ASTER データを用いた場合の値と比較し、ALOS の利用可能性を考察した。

なお、検討に供した 10 手法（図-5.1）は、全て画素内増加樹林地率として表現される。したがって、比較のための ASTER データを使用した手法も画素内増加樹林地率として表現されるものに限定した。これを整理すると下記のようなになる。

- ・ 検討手法（ALOS） … 手法 05,06,15,16,25,26,35,36,43,44
- ・ 参考手法（ASTER） … 手法 01,03,11,13,21,23,31,33,41,42

精度評価の流れを、図-5.12 に示す。

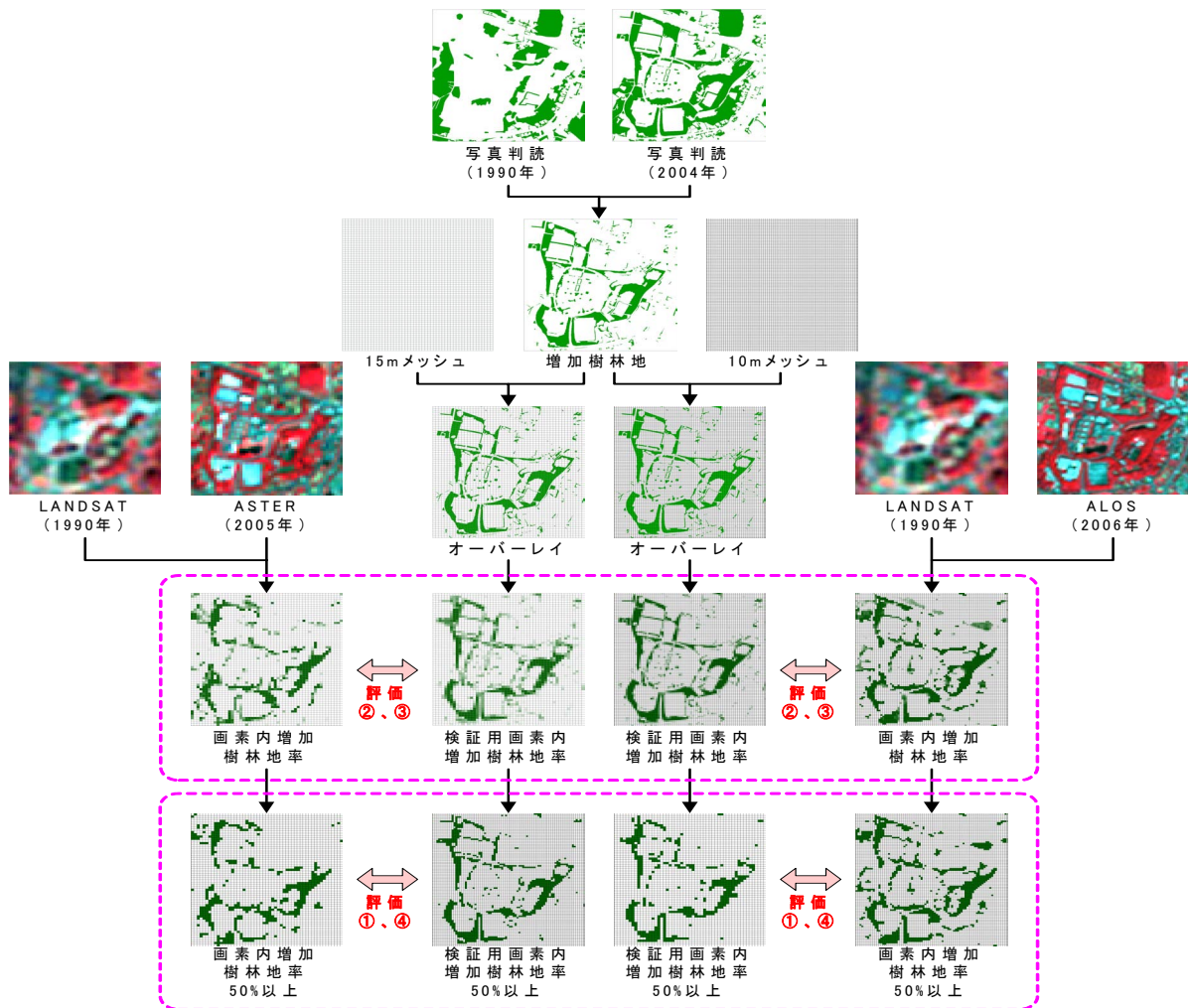


図-5.12 ALOS データの利用可能性検討における精度評価の流れ

### (1) 樹林増加画素の判別精度

ALOS データを使用した場合の神奈川県検証エリア St.1～St.4 における総合的な判定効率表を表-5.7 に示し、総合精度および  $\kappa$  係数の手法別比較図を図-5.13 に示す。なお、図-5.13 には、比較のために ASTER データを使用した場合の総合精度および  $\kappa$  係数を併せて示した。

表-5.7 および図-5.13 から総合的に考察される各手法の特徴は下記のとおりである。

- ・  $\kappa$  係数が最も高いのは手法 05 の 0.41、最も低いのは手法 44 の 0.14 であった。
- ・ 総合精度が最も高いのは ASTER データを使用する手法 01 の 96.3%、ALOS データを使用する中では手法 05 および手法 15 の 95.9%であり、最も低いのは手法 44 の 91.5%であった。
- ・ したがって、ALOS データを使用する中で樹林増加画素の判別精度が最も高いのは手法 05 で、手法 06 がそれに次ぐと考察された。

次に、精密幾何補正の有無と判別精度の関係、影の補正の有無と判別精度の関係、樹林地抽出手法と判別精度の関係を整理した。

- ・ 精密幾何補正の有無と判別精度の関係
  - $\kappa$  係数：精密幾何補正あり（手法 05）>精密幾何補正なし（手法 25）
  - 総合精度：精密幾何補正あり（手法 05）>精密幾何補正なし（手法 25）
  - ASTER データを使用した場合と比較すると、精密幾何補正の有無による違いが ALOS データを使用した場合の方が大きかった。
- ・ 影の補正の有無と判別精度の関係
  - $\kappa$  係数：影の補正あり（手法 05）>影の補正なし（手法 15）
  - 総合精度：影の補正あり（手法 05）=影の補正なし（手法 15）
  - ASTER データを使用した場合と比較すると、影の補正の有無による違いが ALOS データを使用した場合の方が小さかった。
- ・ 樹林地抽出手法と判別精度の関係
  - $\kappa$  係数：手法 05>手法 06>手法 01>手法 03
  - 総合精度：手法 01>手法 05>手法 06>手法 03
  - 増加緑地を近赤外バンドの差分によって抽出する手法（手法 01、手法 05）が、重ね合わせ+分類による手法（手法 03、手法 06）を上回る結果となった。
  - $\kappa$  係数を優先して評価した場合、ALOS データを使用した場合の方が ASTER データを使用した場合を上回る結果となった。

表-5.7 ALOS データを使用した場合の樹林増加画素の判別精度評価（判定効率表）

	判読			判別精度					
	有	無	合計	一致数	p精度	u精度	総合精度	κ係数	
(手法 05)	<b>手法05</b>								
	有	1065	1577	2642	1065	<b>46.73%</b>	<b>40.31%</b>	<b>95.85%</b>	<b>0.411</b>
	無	1214	63444	64658	63444	97.57%	98.12%		
	合計	2279	65021	67300	64509				
(手法 06)	<b>手法06</b>								
	有	1005	1630	2635	1005	<b>44.10%</b>	<b>38.14%</b>	<b>95.68%</b>	<b>0.387</b>
	無	1274	63391	64665	63391	97.49%	98.03%		
	合計	2279	65021	67300	64396				
(手法 15)	<b>手法15</b>								
	有	757	1225	1982	757	<b>33.22%</b>	<b>38.19%</b>	<b>95.92%</b>	<b>0.334</b>
	無	1522	63796	65318	63796	98.12%	97.67%		
	合計	2279	65021	67300	64553				
(手法 16)	<b>手法16</b>								
	有	1045	2450	3495	1045	<b>45.85%</b>	<b>29.90%</b>	<b>94.53%</b>	<b>0.335</b>
	無	1234	62571	63805	62571	96.23%	98.07%		
	合計	2279	65021	67300	63616				
(手法 25)	<b>手法25</b>								
	有	622	2409	3031	622	<b>27.29%</b>	<b>20.52%</b>	<b>93.96%</b>	<b>0.203</b>
	無	1657	62612	64269	62612	96.30%	97.42%		
	合計	2279	65021	67300	63234				
(手法 26)	<b>手法26</b>								
	有	599	2444	3043	599	<b>26.28%</b>	<b>19.68%</b>	<b>93.87%</b>	<b>0.194</b>
	無	1680	62577	64257	62577	96.24%	97.39%		
	合計	2279	65021	67300	63176				
(手法 35)	<b>手法35</b>								
	有	497	1789	2286	497	<b>21.81%</b>	<b>21.74%</b>	<b>94.69%</b>	<b>0.190</b>
	無	1782	63232	65014	63232	97.25%	97.26%		
	合計	2279	65021	67300	63729				
(手法 36)	<b>手法36</b>								
	有	662	2339	3001	662	<b>29.05%</b>	<b>22.06%</b>	<b>94.12%</b>	<b>0.221</b>
	無	1617	62682	64299	62682	96.40%	97.49%		
	合計	2279	65021	67300	63344				
(手法 43)	<b>手法43</b>								
	有	1079	3548	4627	1079	<b>47.35%</b>	<b>23.32%</b>	<b>92.95%</b>	<b>0.280</b>
	無	1200	61473	62673	61473	94.54%	98.09%		
	合計	2279	65021	67300	62552				
(手法 44)	<b>手法44</b>								
	有	616	4081	4697	616	<b>27.03%</b>	<b>13.11%</b>	<b>91.47%</b>	<b>0.137</b>
	無	1663	60940	62603	60940	93.72%	97.34%		
	合計	2279	65021	67300	61556				

p 精度：プロデューサ精度、u 精度：ユーザ精度

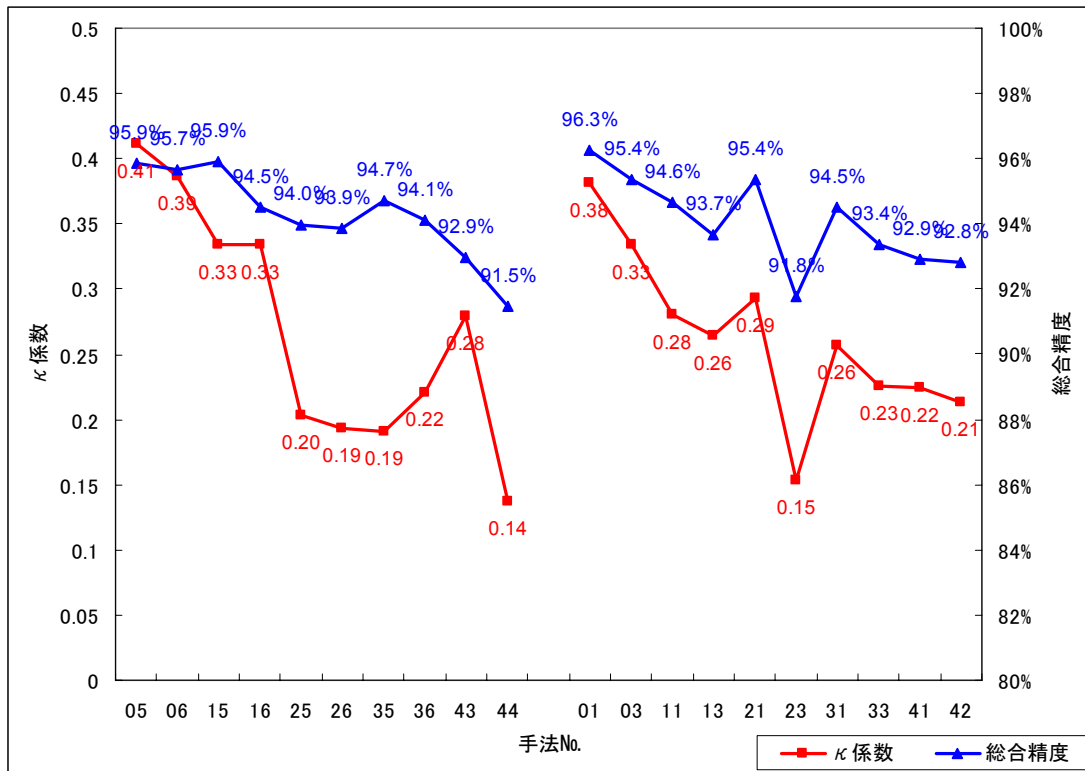


図-5.13 総合精度及びκ係数の手法別比較図

## (2) 画素内増加樹林地率の判別精度

ALOS データを使用した場合の神奈川県検証エリア St.1~St.4 における総合的な判定効率表を表-5.8 に示し、総合精度およびκ係数の手法別比較図を図-5.14 に示す。なお、図-5.14 には、比較のために ASTER データを使用した場合の総合精度およびκ係数を併せて示した。

表-5.8 および図-5.14 から総合的に考察される各手法の特徴は下記のとおりである。

- ・ κ係数が最も高いのは手法 43 の 0.38、最も低いのは手法 35 の 0.16 であった。
- ・ 総合精度が最も高いのは手法 06 の 89.7%、最も低いのは手法 42 の 84.3% であった。
- ・ κ係数はばらつきがあるものの、総合精度は概ね手法No.の若い手法（前処理を精密実施している手法）が良好な精度であると考察された。

次に、精密幾何補正の有無と判別精度の関係、影の補正の有無と判別精度の関係、樹林地抽出手法と判別精度の関係を整理した。精密幾何補正の有無と判別精度の関係

- κ係数：精密幾何補正あり（手法 05）>精密幾何補正なし（手法 25）
- 総合精度：精密幾何補正あり（手法 05）>精密幾何補正なし（手法 25）

- したがって、精密幾何補正は総合精度で1%弱の精度向上に寄与することが確認された。
- ASTER データを使用した場合と比較すると、精密幾何補正の有無による違いが ALOS データを使用した場合の方が大きかった。
- ・ 影の補正の有無と判別精度の関係
  - $\kappa$  係数：影の補正あり（手法 05） > 影の補正なし（手法 15）
  - 総合精度：影の補正あり（手法 05） > 影の補正なし（手法 15）
  - ASTER データを使用した場合と比較すると、影の補正の有無による違いが ALOS データを使用した場合の方が大きかった。
- ・ 樹林地抽出手法と判別精度の関係
  - $\kappa$  係数は手法 01 を除いてほぼ同じくらいであった。
  - 総合精度：手法 05 = 手法 06 > 手法 01 > 手法 02
  - 総合精度の違いで評価すると、ALOS データを使用した場合の方が ASTER データを使用した場合を上回る結果となった。

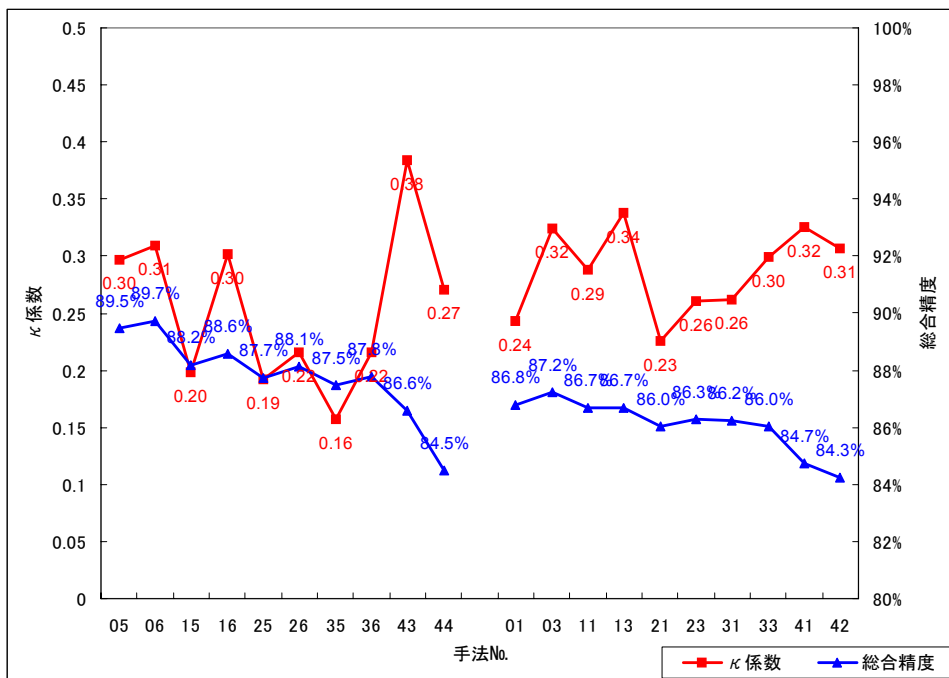


図-5.14 総合精度及び $\kappa$ 係数の手法別比較図

表-5.8 ALOS データを使用した場合の画素内増加樹林地率の判別精度評価 (判定効率表)

	判読			判別精度					
	有	無	合計	一致数	p精度	u精度	総合精度	$\kappa$ 係数	
(手法 05)	<b>手法05</b>								
	有	1846	1253	3099	1846	<b>24.03%</b>	<b>59.57%</b>	<b>89.47%</b>	<b>0.296</b>
	無	5837	58364	64201	58364	97.90%	90.91%		
	合計	7683	59617	67300	60210				
(手法 06)	<b>手法06</b>								
	有	1885	1114	2999	1885	<b>24.53%</b>	<b>62.85%</b>	<b>89.73%</b>	<b>0.309</b>
	無	5798	58503	64301	58503	98.13%	90.98%		
	合計	7683	59617	67300	60388				
(手法 15)	<b>手法15</b>								
	有	1311	1579	2890	1311	<b>17.06%</b>	<b>45.36%</b>	<b>88.19%</b>	<b>0.198</b>
	無	6372	58038	64410	58038	97.35%	90.11%		
	合計	7683	59617	67300	59349				
(手法 16)	<b>手法16</b>								
	有	2153	2143	4296	2153	<b>28.02%</b>	<b>50.12%</b>	<b>88.60%</b>	<b>0.302</b>
	無	5530	57474	63004	57474	96.41%	91.22%		
	合計	7683	59617	67300	59627				
(手法 25)	<b>手法25</b>								
	有	1351	1913	3264	1351	<b>17.58%</b>	<b>41.39%</b>	<b>87.75%</b>	<b>0.192</b>
	無	6332	57704	64036	57704	96.79%	90.11%		
	合計	7683	59617	67300	59055				
(手法 26)	<b>手法26</b>								
	有	1468	1784	3252	1468	<b>19.11%</b>	<b>45.14%</b>	<b>88.11%</b>	<b>0.215</b>
	無	6215	57833	64048	57833	97.01%	90.30%		
	合計	7683	59617	67300	59301				
(手法 35)	<b>手法35</b>								
	有	1124	1855	2979	1124	<b>14.63%</b>	<b>37.73%</b>	<b>87.50%</b>	<b>0.157</b>
	無	6559	57762	64321	57762	96.89%	89.80%		
	合計	7683	59617	67300	58886				
(手法 36)	<b>手法36</b>								
	有	1547	2084	3631	1547	<b>20.14%</b>	<b>42.61%</b>	<b>87.79%</b>	<b>0.216</b>
	無	6136	57533	63669	57533	96.50%	90.36%		
	合計	7683	59617	67300	59080				
(手法 43)	<b>手法43</b>								
	有	3849	5186	9035	3849	<b>50.10%</b>	<b>42.60%</b>	<b>86.60%</b>	<b>0.385</b>
	無	3834	54431	58265	54431	91.30%	93.42%		
	合計	7683	59617	67300	58280				
(手法 44)	<b>手法44</b>								
	有	2917	5684	8601	2917	<b>37.97%</b>	<b>33.91%</b>	<b>84.47%</b>	<b>0.270</b>
	無	4766	53933	58699	53933	90.47%	91.88%		
	合計	7683	59617	67300	56850				

p 精度：プロデューサ精度、u 精度：ユーザ精度

### (3) 画素内増加樹林地率の統計的精度

ALOS データを使用した場合の神奈川県検証エリア St.1~St.4 における統計的精度を表-5.9 に示し、平均誤差と標準偏差をプロットした箱髭図を図-5.15 に示す。なお、図-5.15 には、比較のために ASTER データを使用した場合の平均誤差および標準偏差を併せて示した。

表-5.9 および図-5.15 から総合的に考察される各手法の特徴は下記のとおりである。

- ・ ALOS データを使用した場合の方が、ASTER データを使用した場合より、平均誤差が小さくなる傾向が認められた。また、画素サイズが小さいため標準偏差も小さくなった。
- ・ 手法間の特徴は、ALOS データと ASTER データで大きな違いは認められなかった。
- ・ 総合的に見て、手法 05、手法 06 が良好な精度であると考察された。

表-5.9 ALOS データを使用した場合の画素内増加樹林地率の統計的精度評価

手法No.	統計値	St.1	St.2	St.3	St.4	全検証エリア
手法05	平均誤差	0.03	-0.28	-2.57	2.22	-0.45
	標準偏差	10.37	16.19	21.38	31.89	17.95
手法06	平均誤差	0.32	0.10	-2.48	-0.16	-0.50
	標準偏差	11.70	16.10	21.09	31.15	18.19
手法15	平均誤差	-0.01	-2.10	-4.38	0.07	-1.29
	標準偏差	10.11	13.54	19.52	34.95	17.86
手法16	平均誤差	0.70	0.83	-1.08	5.90	0.84
	標準偏差	12.90	18.31	22.87	37.00	20.53
手法25	平均誤差	0.58	-0.72	-1.21	0.83	0.09
	標準偏差	14.79	21.99	25.36	38.59	22.45
手法26	平均誤差	1.37	0.28	-2.69	-0.49	0.07
	標準偏差	16.76	23.15	22.94	37.17	22.43
手法35	平均誤差	0.38	-1.99	-3.54	-0.05	-0.82
	標準偏差	13.09	19.59	21.82	40.30	21.02
手法36	平均誤差	0.26	0.10	-2.78	6.92	0.18
	標準偏差	12.80	23.18	22.68	43.07	22.01
手法43	平均誤差	1.71	1.36	2.90	6.66	2.68
	標準偏差	15.39	15.96	23.05	32.54	20.69
手法44	平均誤差	1.69	1.26	3.29	5.97	2.70
	標準偏差	17.17	20.09	26.43	37.61	23.59

単位：m<sup>2</sup>

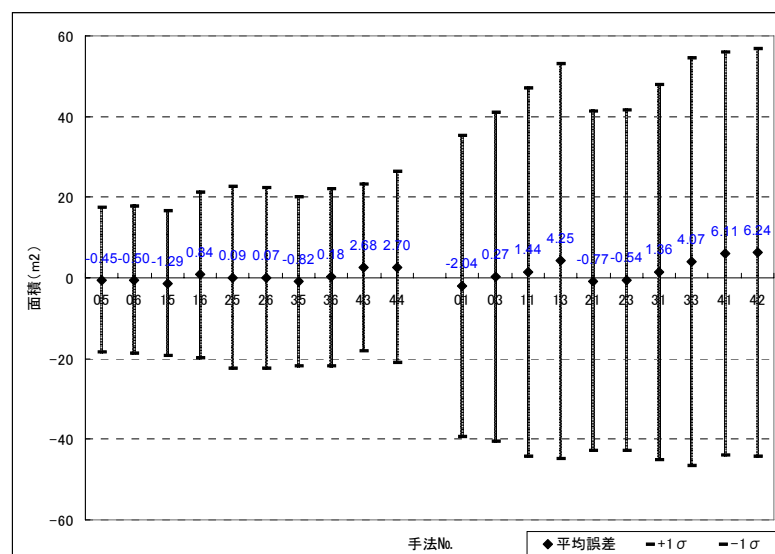


図-5.15 ALOS データを使用した場合の画素内増加樹林地率の統計的精度評価 (箱髭図)

#### (4) 検証エリアの面積精度

ALOS データを使用した場合の神奈川県検証エリア St.1～St.4 における面積精度を図-5.16 に示す。なお、図-5.16 には、比較のために ASTER データを使用した場合の面積精度を併せて示した。

図-5.16 から総合的に考察される各手法の特徴は下記のとおりである。

- ・ ALOS の方が ASTER より手法間のばらつきが小さかった。
- ・ 精密幾何補正、影の補正を行った手法（手法 05、手法 06、手法 01、手法 02）では、ALOS の方が ASTER より良好な結果となった。
- ・ 参考手法である第 3 章の手法（手法 41、手法 42、手法 43、手法 44）は、ALOS も ASTER もほぼ同程度の過大推定（約 1.6 倍）となった。

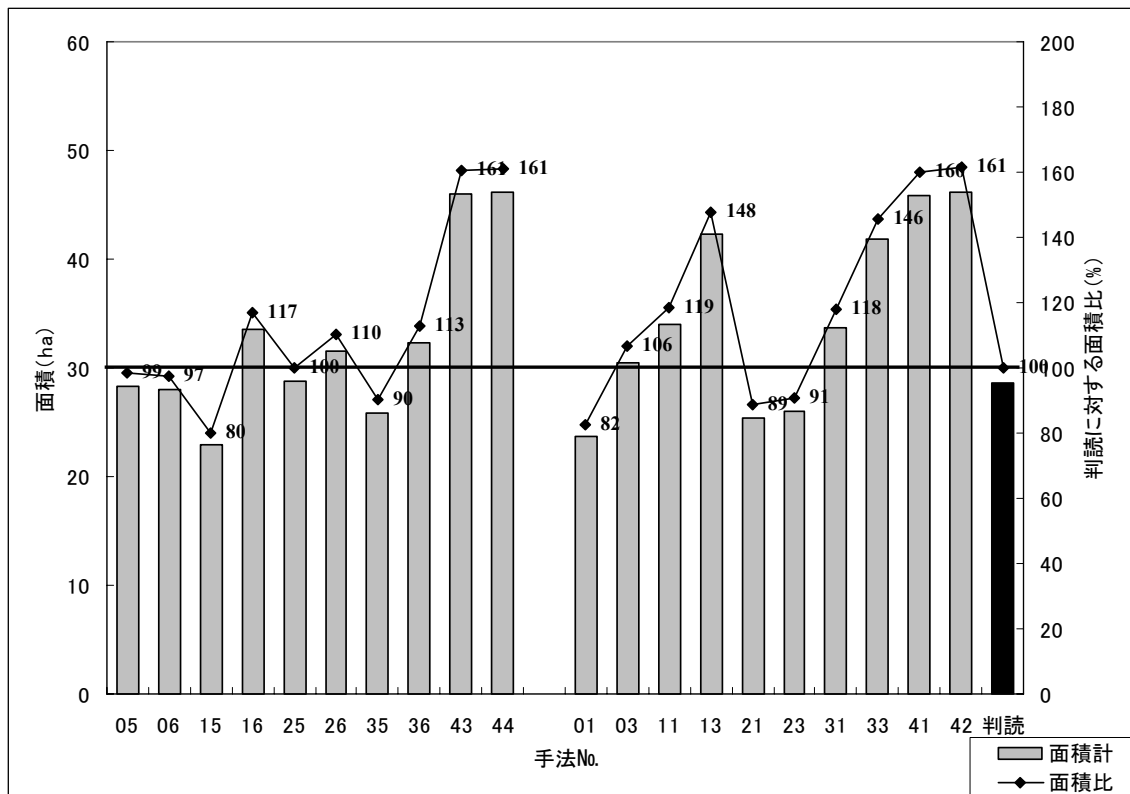


図-5.16 ALOS データを使用した場合の検証エリアの面積精度評価



(5) 総合評価

ALOS データを使用した場合の検証エリアにおける定性的な特徴 (表-5.6)、樹林増加画素の判別精度 (図-5.13)、画素内増加樹林地率の判別精度 (図-5.14)、画素内増加樹林地率の統計的精度 (図-5.15)、検証エリアの面積精度 (図-5.16) を整理すると、ALOS データを使用する全 10 手法と各ステップの特徴と精度は表-5.10 のようにまとめられる。

表-5.10 各手法の特徴と精度のまとめ (ALOS)

評価項目 手法	定性的な特徴 (表-5.6)		樹林増加画素の 判別精度 (図-5.13)		画素内増加樹林地率 の判別精度 (図-5.14)		画素内増加樹林地率 の統計的精度 (図-5.15)		検証エリアの 面積精度 (図-5.16)	
	評価	特徴	評価	特徴	評価	特徴	評価	特徴	評価	特徴
近赤外差分 最新樹林地 (TGR-W)	◎	概ね良好	◎	$\kappa$ 係数、総合精度とも最も良好	◎	$\kappa$ 係数、総合精度とも概ね良好	◎	平均誤差、標準偏差とも小さく、概ね良好	◎	真値に近く、概ね良好
重ね合わせ+分類 最新樹林地 (TGR-W)	◎	概ね良好	○	$\kappa$ 係数、総合精度とも概ね良好	◎	$\kappa$ 係数、総合精度とも最も良好	◎	平均誤差、標準偏差とも小さく、概ね良好	◎	真値に近く、概ね良好
精密幾何補正 の影響	あり	◎	◎	総合精度で2%程度の精度向上に寄与	◎	総合精度で1.5%程度の精度向上に寄与	◎	ばらつきが抑えられる	○	あまり精度向上効果が認められない
	なし	○	○	水際線付近での抽出ミスの原因	△	影の補正より影響大きい	△	影の補正より影響大きい	○	影の補正より影響小さい
影の補正の影響	あり	◎	◎	総合精度で1.5%程度の精度向上に寄与	◎	総合精度で1%程度の精度向上に寄与	◎	ばらつきが抑えられる	◎	補正なしに比べてばらつきが小さい
	なし	○	○	維持されてきた樹林地を抽出ミス	○	精密幾何補正より影響小さい	○	精密幾何補正より影響小さい	△	精密幾何補正より影響大きい

表-5.10 より、

・ 手法 05

(精密幾何補正あり、影の補正あり、近赤外差分+最新樹林地 (TGR-W 分解))

・ 手法 06

(精密幾何補正あり、影の補正あり、重ね合わせ+最新樹林地 (TGR-W 分解))

が、精度の高い手法であると考察され、ASTER データを使用した検討と同じ結果を得た。

さらに、ASTER データを使用した場合の精度評価結果 (表-4.9) と合わせ、ASTER と ALOS の比較を考慮すると、総合評価は表-5.11 のようにまとめられる。

表-5.11 各手法の特徴と精度のまとめ（最終評価）

評価項目 手法		定性的な特徴		樹林増加画素の判別精度		画素内増加樹林地率の判別精度		画素内増加樹林地率の統計的精度		検証エリアの面積精度	
		評価	特徴	評価	特徴	評価	特徴	評価	特徴	評価	特徴
精密幾何補正の効果		◎	水際線付近での抽出ミスを軽減	◎	総合精度で1~2%程度の精度向上効果	◎	総合精度で1%程度の精度向上効果	◎	ばらつきが抑えられる	△	あまり精度向上効果は認められない
影の補正の効果		◎	維持されてきた樹林の抽出ミスを軽減	◎	総合精度で1.5%程度の精度向上効果	○	精度向上に寄与するが、一定の結果は得られず	◎	ばらつきが抑えられる	◎	真値に近づけることができる
増加緑地の抽出手法	近赤外差分	○	概ね良好	◎	$\kappa$ 係数、総合精度が最もよい	○	概ね良好だが、やや不安定	○	平均誤差、標準偏差とも小さく概ね良好	○	やや不安定
	重ね合わせ+分類	○	概ね良好	○	概ね良好	◎	$\kappa$ 係数、総合精度が最もよい	○	平均誤差、標準偏差とも小さく概ね良好	◎	真値に近く、概ね良好
樹林地の絞り込み手法	最新樹林地 (TGR-W)	○	概ね良好	○	概ね良好	○	概ね良好	○	概ね良好	○	概ね良好
	ASTER DEM	△	漏れ、過剰等の抽出ミスあり	△	$\kappa$ 係数、総合精度とも相対的に低い	×	対象外	×	対象外	○	概ね良好
ASTERとALOSの比較	ASTER	○	ALOSと比べて細かい形状は出ない	○	$\kappa$ 係数はALOSより劣るが総合精度はやや高い	△	$\kappa$ 係数はALOSと同等だが総合精度がやや劣る	△	平均誤差の手法間のばらつき、標準偏差が大きい	△	最適手法での誤差は±20%程度
	ALOS	○	ASTERより細かい形状が出るが、反面抽出ミスもある	○	$\kappa$ 係数はASTERより勝るが総合精度はやや低い	◎	$\kappa$ 係数はASTERと同等だが総合精度がやや勝る	◎	平均誤差の手法間のばらつき、標準偏差が小さい	◎	最適手法での誤差は5%以内

表-5.11 より、以下のように結論づけることができる。

- ・ 精密幾何補正は明確な精度向上効果がある。
- ・ 影の補正は明確な精度向上効果がある。
- ・ 増加緑地の抽出手法は同程度の精度。
- ・ 樹林地の絞り込み方法は最新樹林地（TGR-W 分解）の併用が最適。
- ・ ASTER と ALOS は同じように扱うことができる。両者の間はやや ALOS の方が高精度である。
- ・ 以上を総合して、第 2 章、3 章の検討手法から一定の改善効果が得られた。

また、表-4.9により選定された手法 01、手法 03 と合わせた 4 手法を基に図-3.7 及び 図-3.9、と同様に検証エリアにおける樹林地抽出精度を確認すると図-5.17に示すように、 ネットのみならず、増加や減少分についても高精度で抽出していることがわかった。

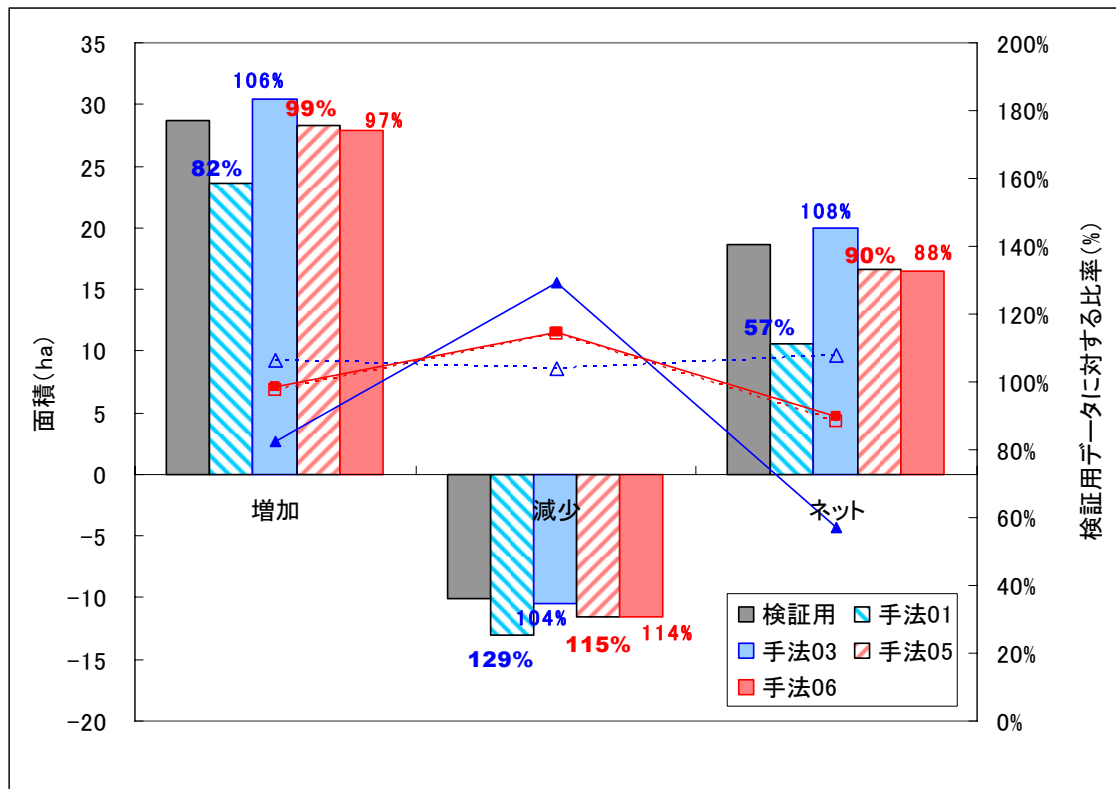


図-5.17 樹林地増加・減少・総量(ネット)の精度比較

- ・ 手法 01  
(ASTER、精密幾何補正、影の補正、近赤外差分+最新樹林地 (TGR-W 分解))
- ・ 手法 03  
(ASTER、精密幾何補正、影の補正、重ね合わせ+最新樹林地 (TGR-W 分解))
- ・ 手法 05  
(ALOS、精密幾何補正、影の補正、近赤外差分+最新樹林地 (TGR-W 分解))
- ・ 手法 06  
(ALOS、精密幾何補正、影の補正、重ね合わせ+最新樹林地 (TGR-W 分解))