

3. 異なる年の中分解能衛星データによる緑地、樹林地の変遷の解析

3.1 概要

本章では、異なる年の中分解能衛星データによる緑地、樹林地の変遷解析手法と解析結果について述べる。

変遷解析手法は、第2章で設定した2とおりの緑地、樹林地抽出手法（ミクセル分解：TGR-W 分解、ピクセルベース分類：NDVI+最尤法）を用いて抽出した、期初の LANDSAT データ（1990 年）と最新の LANDSAT データ（2004 年）または最新の ASTER データ（2005 年）の緑地、樹林地を用い、両時期の差分を求めることによってそれぞれの変遷を抽出した。

この内、異なる年の LANDSAT データによる緑地、樹林地の変遷解析の流れを図-3.1 に示す。（ASTER データの場合も同様の流れ）

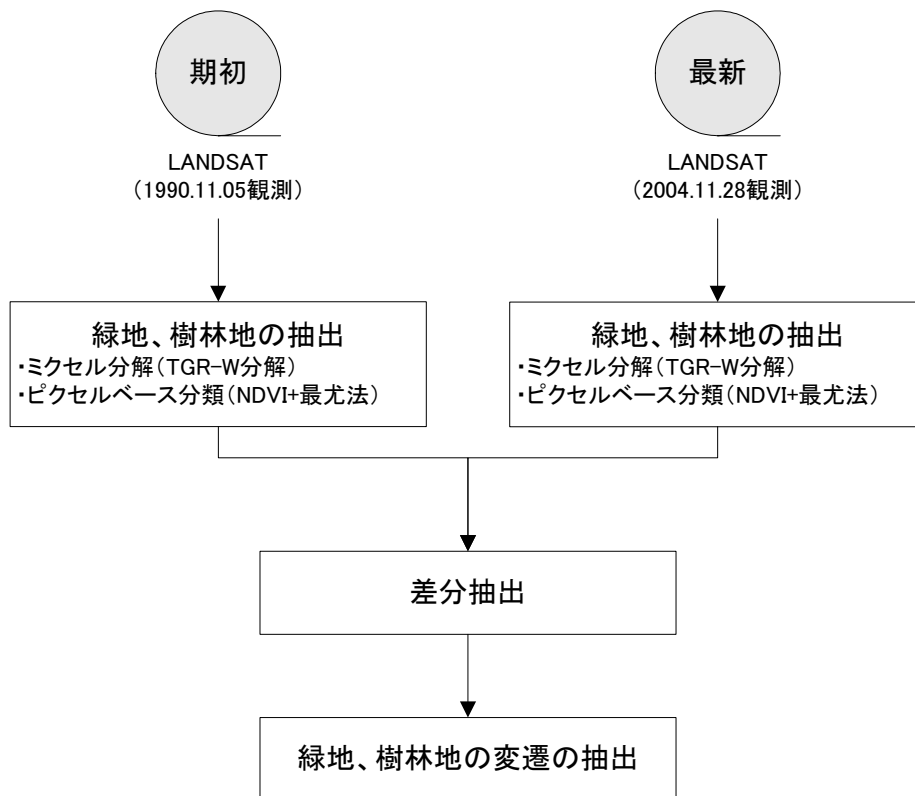


図-3.1 異なる年の中分解能衛星データによる緑地、樹林地の変遷解析の流れ
(LANDSAT データ間の比較)

3.2 緑地、樹林地の変遷の抽出手法

期初（1990 年）と最新（2004 年）の緑地、樹林地を抽出し、両者の差分から変遷を求める場合、2 とおりの緑地、樹林地抽出手法（ミクセル分解：TGR-W 分解、ピクセルベース分類：NDVI+最尤法）では、表－3.1 のように表現される。

表－3.1 緑地、樹林地抽出手法別の変遷表現

ミクセル分解(TGR-W分解)				
期初(1990.11.05)	×	最新(2004.11.27)	→	変遷
画素内樹林地率	×	画素内樹林地率	→	画素内樹林地率:増 画素内樹林地率:減
ピクセルベース分類(NDVI+最尤法)				
期初(1990.11.05)	×	最新(2004.11.27)	→	変遷
樹林地	×	樹林地	→	樹林地→樹林地
				樹林地→草地
				樹林地→その他
草地		草地		草地→樹林地
				草地→草地
				草地→その他
その他		その他		その他→樹林地
				その他→草地
				その他→その他

ミクセル分解（TGR-W 分解）が画素内樹林地率の増減で表現されるのに対し、ピクセルベース分類（NDVI+最尤法）では 2 時期の分類項目のマトリックスによって 9 項目で表現される。

両者の統一を図るために、ピクセルベース分類で表現される 9 項目を樹林地の変化パターンに読み替え、ミクセル分解と同様の表現になるように整理した（表－3.2）。

表－3.2 ピクセルベース分類の緑地、樹林地変遷表現の読み替え

変遷	樹林地に着目した 変化パターン	読替結果
樹林地→樹林地	変化なし	—
樹林地→草地	減少	樹林地:減
樹林地→その他	減少	樹林地:減
草地→樹林地	増加	樹林地:増
草地→草地	—	—
草地→その他	—	—
その他→樹林地	増加	樹林地:増
その他→草地	—	—
その他→その他	—	—

3.3 緑地、樹林地の変遷解析結果

(1) 2 時期の LANDSAT データを用いた解析

3.2 の考え方に基づき、樹林地の変化抽出を行った。

TGR・W 分解によって抽出した樹林地の変遷を図-3.2 に示し、NDVI+最尤法によって抽出した樹林地の変遷を図-3.3 に示す。

図-3.2、図-3.3 より、いずれの手法でも多摩や厚木といった内陸部、三浦半島に大規模な樹林地の減少が認められる。横浜の内陸に認められる樹林地の増加領域も、いずれの手法でも捉えられている。一方、都市部において、TGR・W 分解では細かな増減が抽出されているが、NDVI+最尤法では大半が増減に関係ない領域として識別されている。また、三浦半島先端では、TGR・W 分解では特筆すべき特徴がないが、NDVI+最尤法では樹林地の増加域として抽出されている。

(2) LANDSAT データと ASTER データを用いた解析

ここでは、期初 (LANDSAT) と最新 (ASTER) で分解能の異なるデータに基づく緑地、樹林地抽出結果から変遷を解析するため、両者の分解能を整合させる必要がある。

ASTER の分解能を LANDSAT の分解能にそろえることは、ASTER の 4 ピクセルを 1 ピクセルとしてまとめていく方法がある。しかし、その場合、ASTER の高い分解能を生かせないことになり、内挿誤差も発生する。

そこで逆に、LANDSAT の 1 ピクセルを 4 つに分割することで、ASTER の分解能と合わせることを考える。この場合、分割後の近傍 4 ピクセルが同じ値を持つことになるが、値は保存される。加えて、ASTER の高い分解能も生かすことができる。

そこで、本調査では、期初 (1990 年) の LANDSAT データによる緑地、樹林地抽出結果を分割して、それを最新の ASTER データの分解能に合わせ、両者の差分から緑地、樹林地の変遷抽出を試みた。

TGR・W 分解によって抽出した樹林地の変遷を図-3.4 に示し、NDVI+最尤法によって抽出した樹林地の変遷を図-3.5 に示す。

図-3.4、図-3.5 より、いずれの手法でも多摩や厚木といった内陸部、三浦半島に大規模な樹林地の減少が認められる。樹林地の増加は、埋立地や郊外で認められ、中でも丹沢山地で顕著である。一方、都市部においては、TGR・W 分解では細かな増減が抽出されているが、NDVI+最尤法では大半が増減に関係ない領域として識別されている。

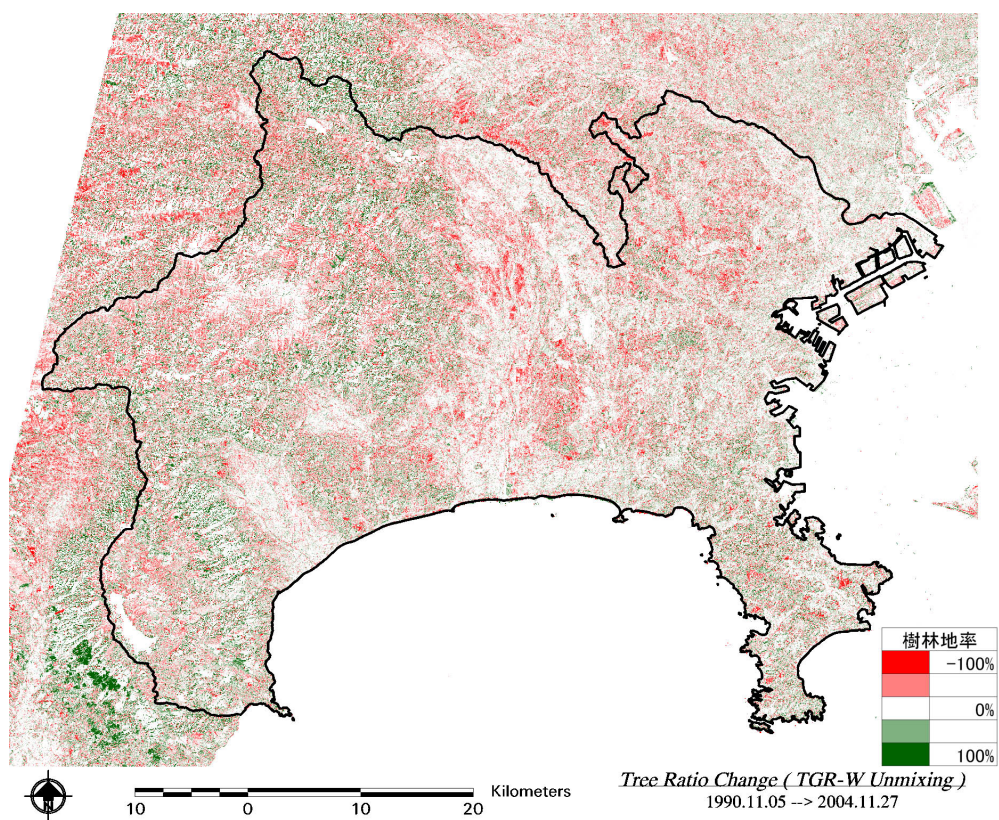


図-3.2 TGR-W 分解に基づく樹林地の変遷解析結果

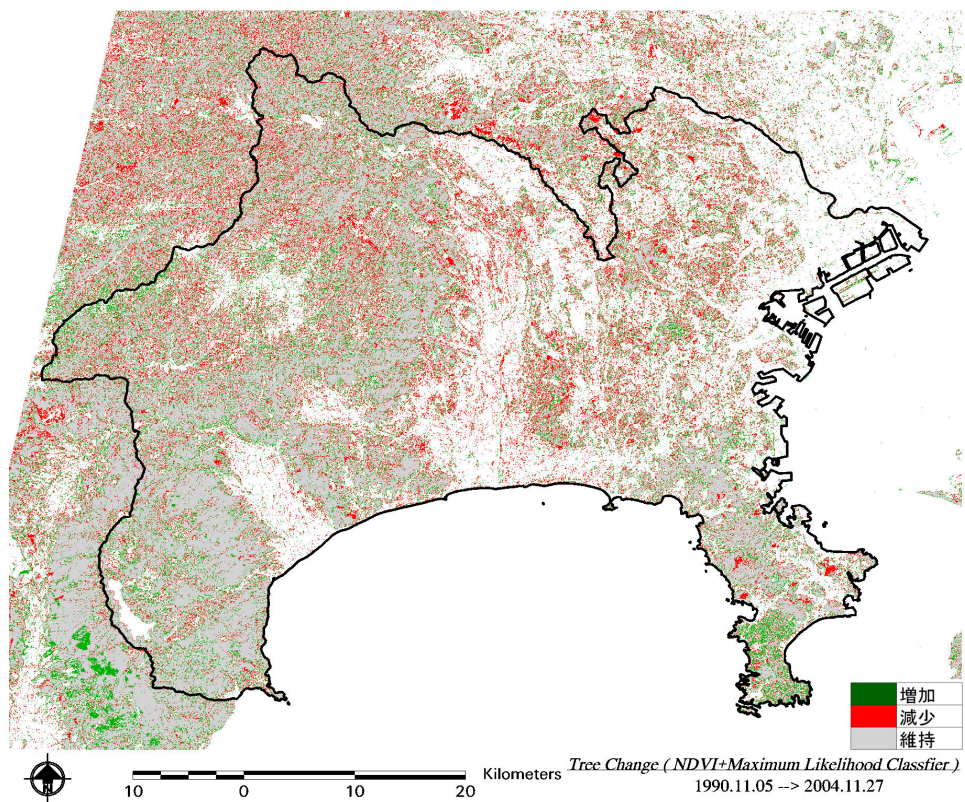


図-3.3 NDVI+最尤法に基づく樹林地の変遷解析結果

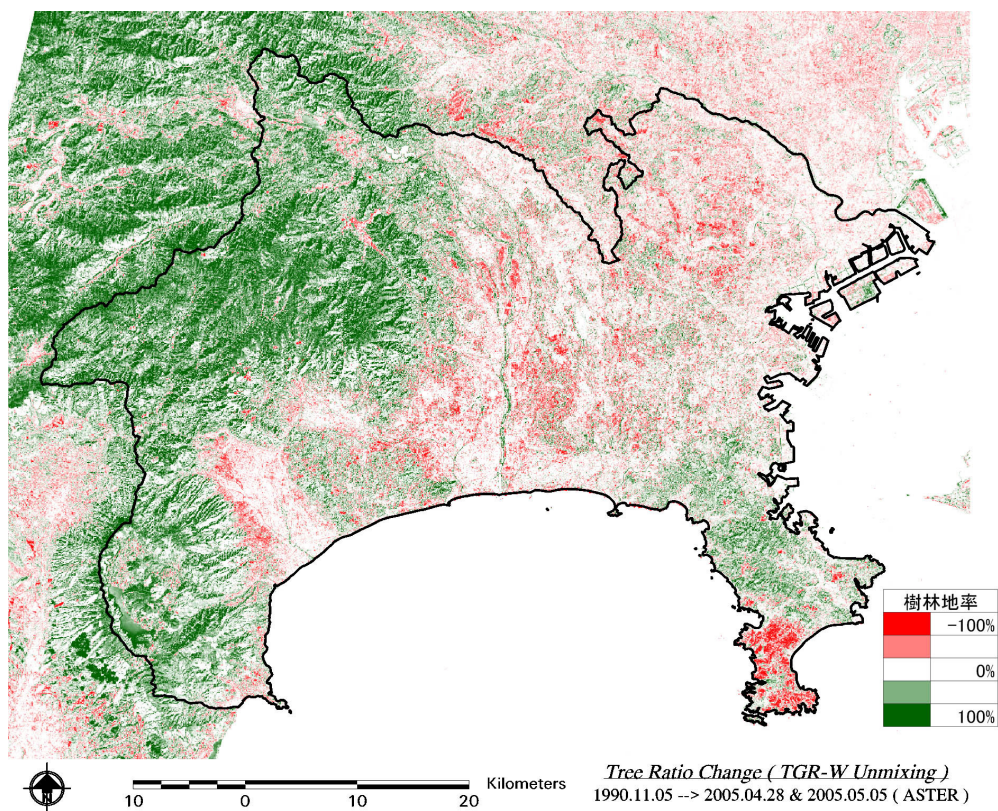


図-3.4 TGR-W 分解に基づく樹林地の変遷解析結果

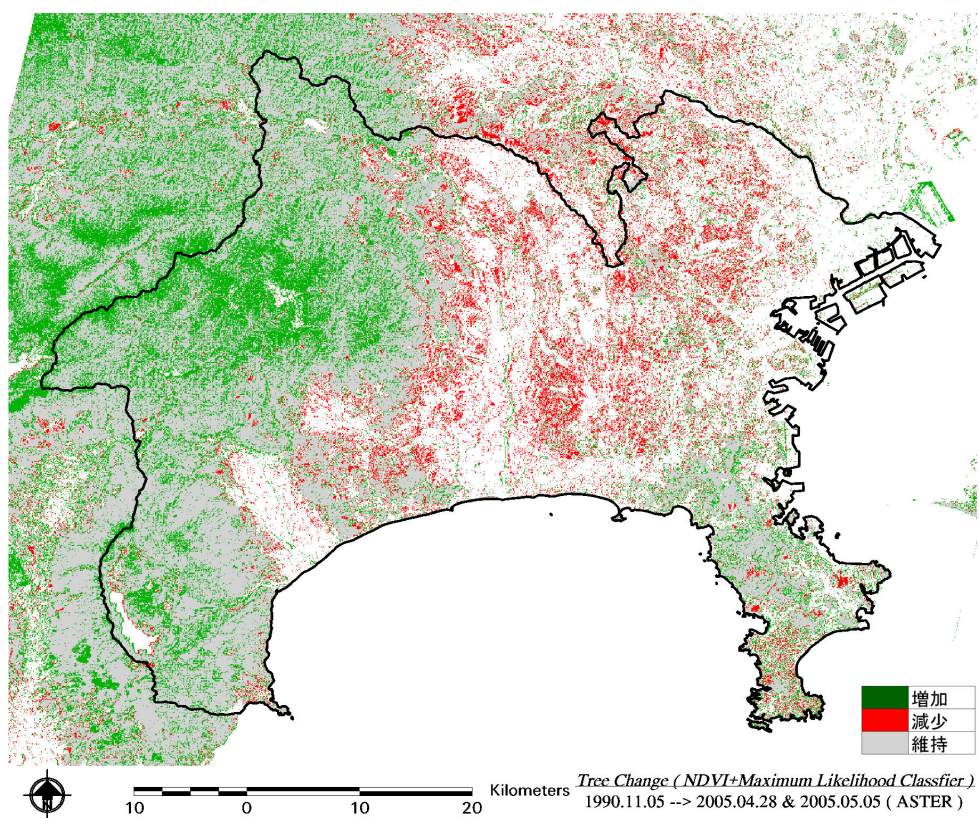


図-3.5 NDVI+最尤法に基づく樹林地の変遷解析結果

3.4 抽出精度の確認

(1) 2 時期の LANDSAT データを用いた解析

12 地点の検証エリア全てにおける面積比較により、1990 年時点の樹林地抽出精度の確認と、樹林地の変遷抽出精度の確認を行った。結果を図-3.6、図-3.7 に示す。

単時期の樹林地抽出精度（図-3.6）は、1990 年の LANDSAT データでは TGR-W 分解が 97.6%、NDVI+最尤法が 110.9%となった。2004 年の LANDSAT データでは TGR-W 分解が 95.5%、NDVI+最尤法が 105.6%となり、両年の間に精度面での差異はほとんどないといえる。また、手法間を比較すると TGR-W 分解はやや少なめ、NDVI+最尤法はやや多めに樹林地を抽出する傾向が認められた。

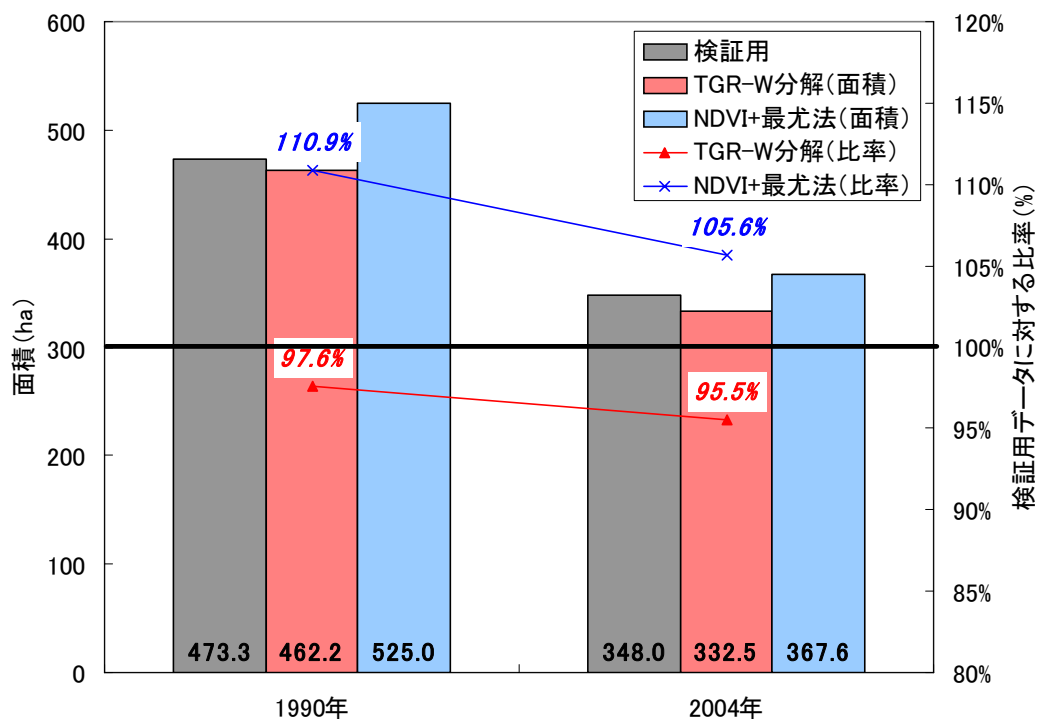
一方、2 時期の変遷の抽出精度（図-3.7）は、増加箇所については TGR-W 分解が約 6 倍、NDVI+最尤法が約 4 倍の過大抽出であった。減少箇所については TGR-W 分解、NDVI+最尤法とも約 1.8 倍の過大抽出であった。増加と減少を差し引きした総量（ネット）については、TGR-W 分解が 101.7%、NDVI+最尤法が 123.3%となった。これより、2 時期の変遷の抽出精度は、TGR-W 分解、NDVI+最尤法ともに増加、減少それぞれについては過大に抽出する傾向があるが、総量（ネット）では概ね良好な精度であると考えられた。

(2) LANDSAT データと ASTER データを用いた解析

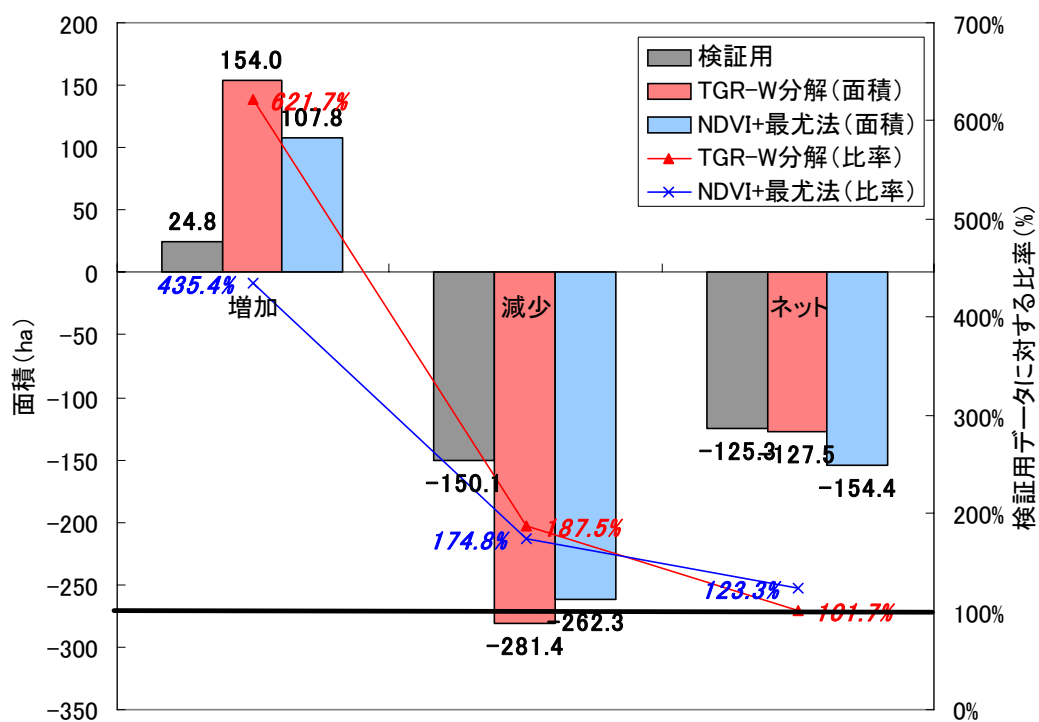
12 地点の検証エリア全てにおける面積比較により、2005 年時点の樹林地抽出精度の確認と、樹林地の変遷抽出精度の確認を行った。結果を図-3.8、図-3.9 に示す。

単時期の樹林地抽出精度（図-3.8）は、2005 年の ASTER データでは TGR-W 分解が 111.3%、NDVI+最尤法が 96.7%となった。一方、1990 年の LANDSAT データでは TGR-W 分解が 97.6%、NDVI+最尤法が 110.9%であり、2 手法の大小関係が逆転していた。ただし、検証用データとの乖離幅に大きな違いはなく、精度面での大きな違いはないといえる。

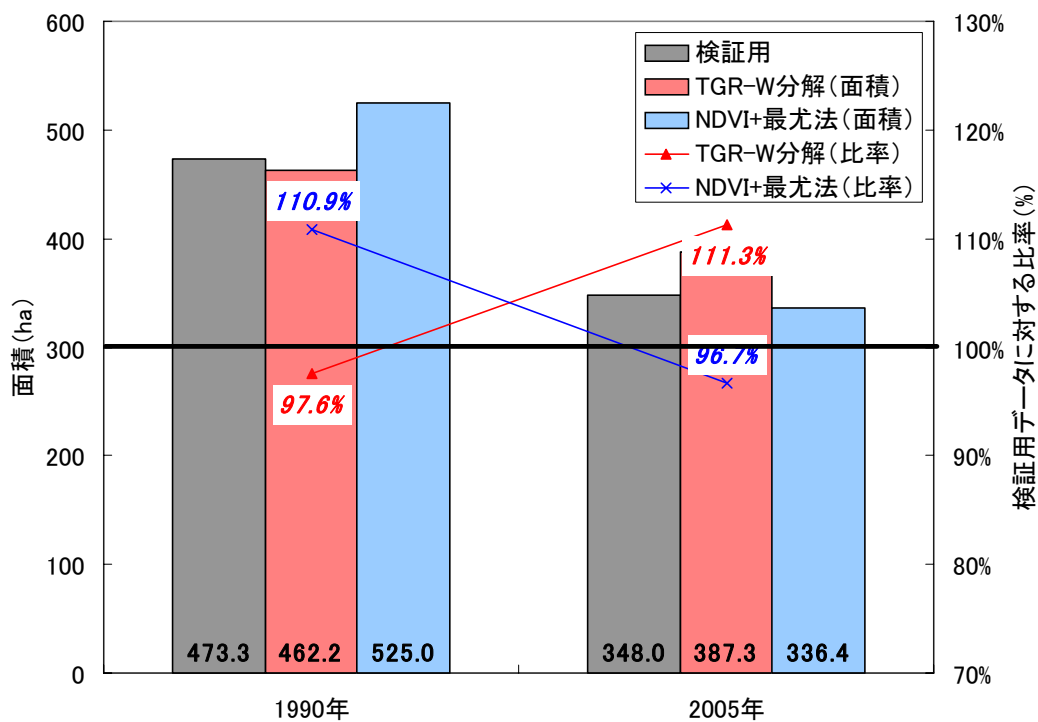
2 時期の変遷の抽出精度（図-3.9）は、増加箇所については TGR-W 分解が約 8 倍、NDVI+最尤法が約 3.5 倍の過大抽出であった。減少箇所については TGR-W 分解、NDVI+最尤法とも約 1.8 倍の過大抽出であった。増加と減少を差し引きした総量（ネット）については、TGR-W 分解が 56.1%、NDVI+最尤法が 146.3%となった。これより、2 時期の変遷の抽出精度は、TGR-W 分解、NDVI+最尤法ともに増加、減少それぞれについては過大に抽出する傾向が認められた。これは、LANDSAT 同士のケースと同様の傾向である。総量（ネット）については TGR-W 分解が過少抽出、NDVI+最尤法が過大抽出で、LANDSAT 同士のケースより検証用データとの乖離が大きい結果となった。



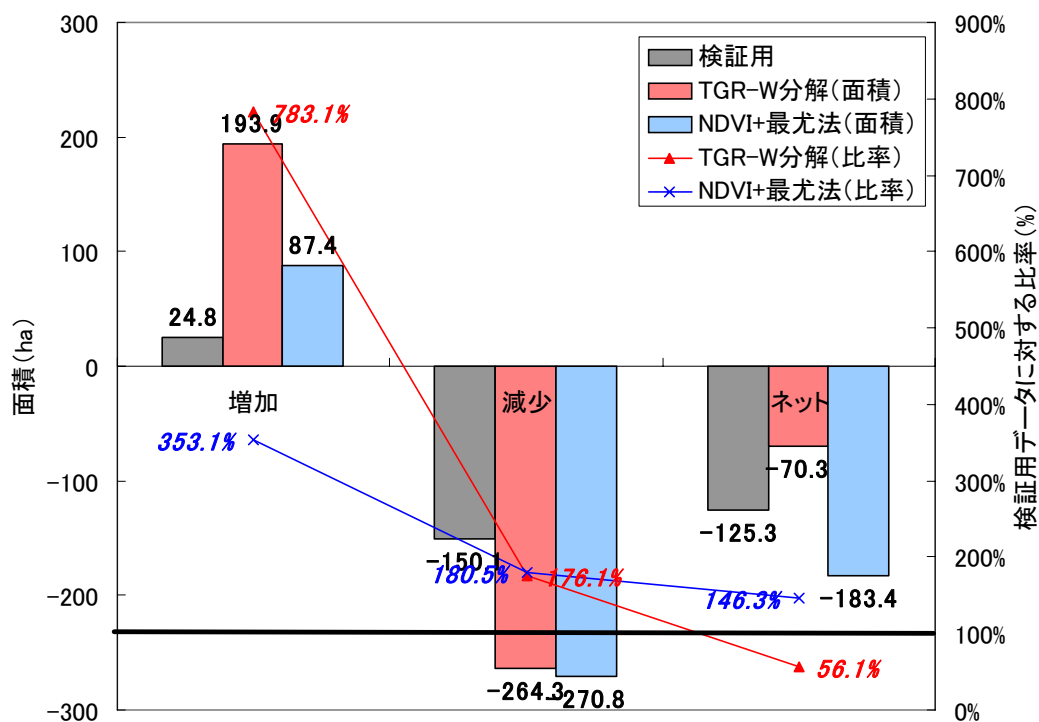
図－3.6 樹林地抽出精度確認結果（単時期）



図－3.7 樹林地抽出精度確認結果（変遷）



図－3.8 樹林地抽出精度確認結果（単時期）



図－3.9 樹林地抽出精度確認結果（変遷）

(3) 誤差の生じた要因

2 時期の変遷の抽出において大きな誤差が生じた要因としては以下のことが考えられる。

① 位置ずれの問題

本研究では、LANDSAT および ASTER 画像の地理的な歪みを除去するため、幾何補正処理を行っており、補正後の誤差が 1.0 画素未満になるように実施しているが 1.0 画素未満という誤差は、通常の中分解能衛星データの処理の限界であり、許容される誤差であるが、都市の樹林地の増減を考えた場合、1.0 画素のずれは 30m (ASTER の場合 15m) となり、その影響は大きい。また、2 時期の衛星画像の各画素の四隅の位置が完全に一致することはないため、対応する画素においても観測している範囲が異なることによるものである。

以上のような「位置ずれの問題」は、増加、減少それぞれの面積誤差に大きく影響しているものと考えられる。

② 建物の影の影響

本研究では、Minnaert 法によって地形効果の補正を行ったが、DEM を用いた補正であるため、建物の影響は除去されていない。通常の中分解能衛星データの処理では、建物の影響は無視することができるが、みなとみらい地区 (St.5) のような高層建物の影は画素値に影響を及ぼしている。以上のような「建物の影の影響」は、増加、減少それぞれの面積誤差に少なからず影響しているものと考えられる。

③ 誤差の伝播

本調査では、2 時期の樹林地抽出結果を用いて増減を求めた。それぞれの時期の樹林地抽出結果は概ね良好な精度ではあったが、衛星画像の取得日時やセンサ特性は時期によって異なるため、同じトレーニングエリアを設けたとしても解析に用いるトレーニングデータやピュアピクセル値は異なり、誤差が生じる。樹林地の増減は、これらの誤差を含んだ樹林地抽出結果に基づいたため、「誤差の伝播」が生じ、増加、減少それぞれの面積誤差に影響したものと考えられる。