

5. 常緑樹・落葉樹の区分と精度の検証

5.1 概要

本章では、衛星画像の多目的活用及び精度向上の検討として、夏季と冬季の衛星画像を用いた常緑樹・落葉樹区分の検討結果について述べる。

第2章では、航空写真判読に基づく常緑樹・落葉樹域で2000年2月23日のIKONOS画像をマスクし、それぞれの平均輝度値を求めた結果、異なったスペクトル特性を示すことが確認され、常緑樹と落葉樹の区分可能性が示唆された。従来、樹種に関する情報は、現地調査による毎木調査でしか得られなかったが、今後作業の効率化や植物によるCO₂吸収量の算出などを考えると、樹種の効率的な区分は利用価値が高いと考えられる。そこで本調査では、樹種区分の前段階として、夏季と冬季のLANDSAT/TM・LANDSAT/ETM+画像およびIKONOS画像を用いて常緑樹と落葉樹の区分を試行した。

LANDSAT/TM・LANDSAT/ETM+画像およびIKONOS画像による常緑樹・落葉樹の区分の流れを図5.1にまとめた。詳細については次節以降で述べる。

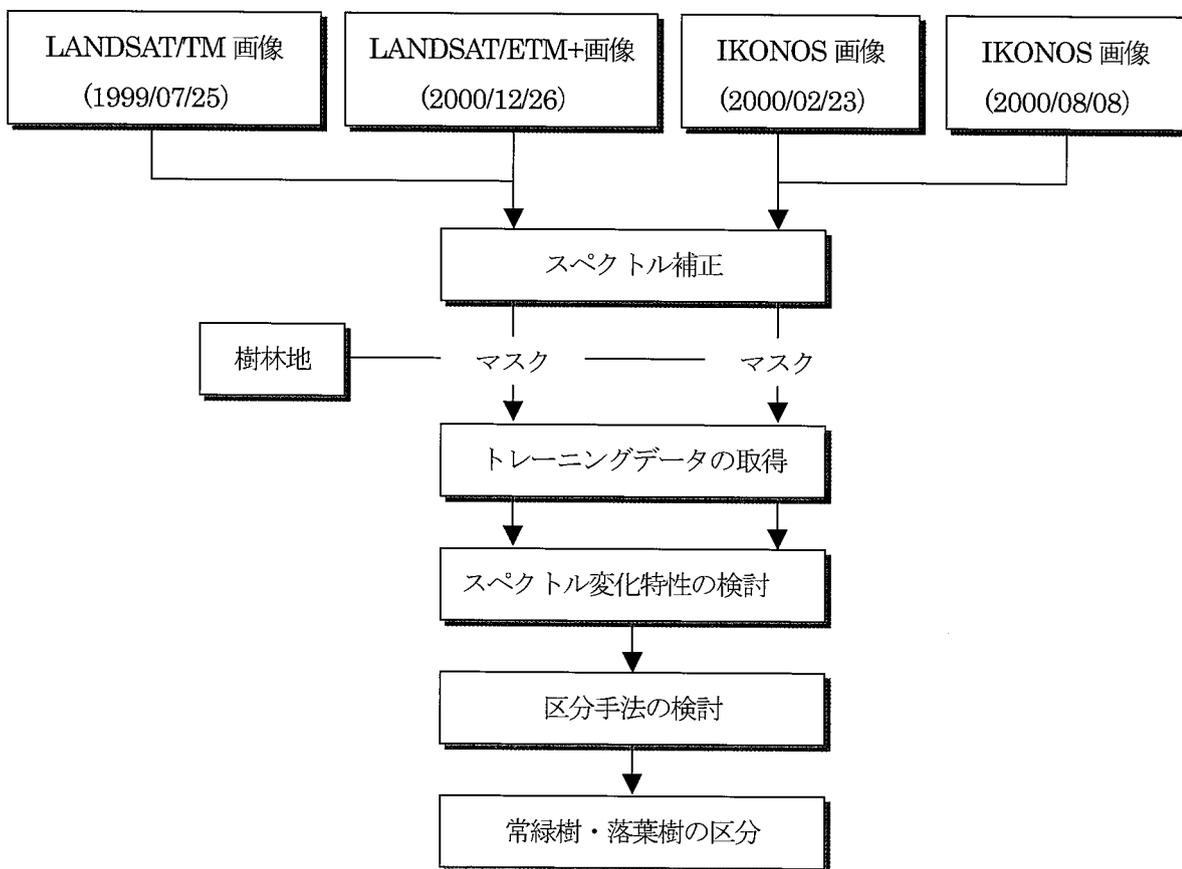


図5.1 LANDSAT 画像および IKONOS 画像による常緑樹・落葉樹の区分の流れ

5.2 LANDSAT 画像による常緑樹・落葉樹の区分

(1) スペクトル補正

常緑樹・落葉樹の区分では、夏季と冬季の2時期のLANDSAT画像を用いるため、季節誤差を除去するためにスペクトル補正を行った。補正の方法は、不変箇所（季節によるスペクトル差がないと仮定できる箇所：建物の屋根等）のスペクトル値をサンプリングし、バンドごとに回帰直線を求める方法を用いた³⁾。サンプリングした不変箇所を図-5.2に示す。なお、不変箇所は26点取得した。

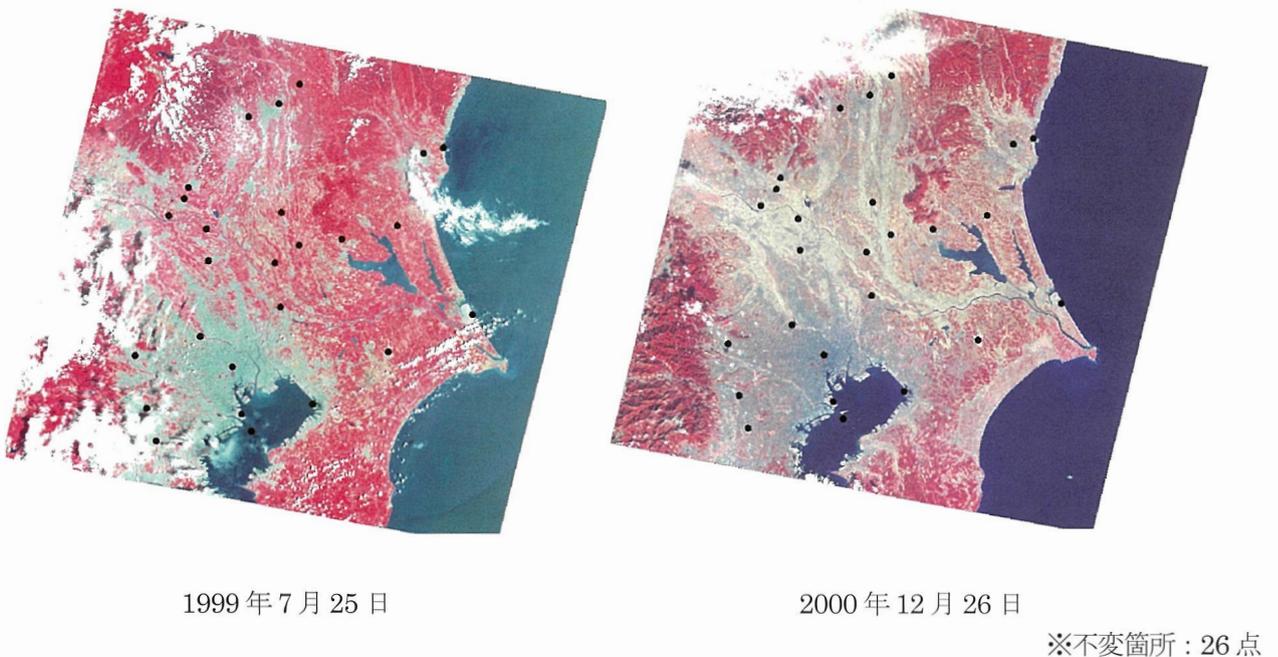


図-5.2 スペクトル補正のためにサンプリングした不変箇所 (LANDSAT)

スペクトル値の回帰分析結果を図-5.3、表-5.1に示す。表-5.1より、2時期間の相関係数は、B(band1) : 0.902、G(band2) : 0.904、R(band3) : 0.866、NIR(band4) : 0.817、IR(band5) : 0.644、IR(band7) : 0.726といずれのバンドも高い相関を示しており、妥当なスペクトル補正を行うことができると判断された。図-5.3より、各バンドの回帰式は表-5.1のように表された。この回帰式に従って2000年12月26日の各バンドのスペクトル値を補正し、1999年7月25日を基準としたレベルに整合させた。

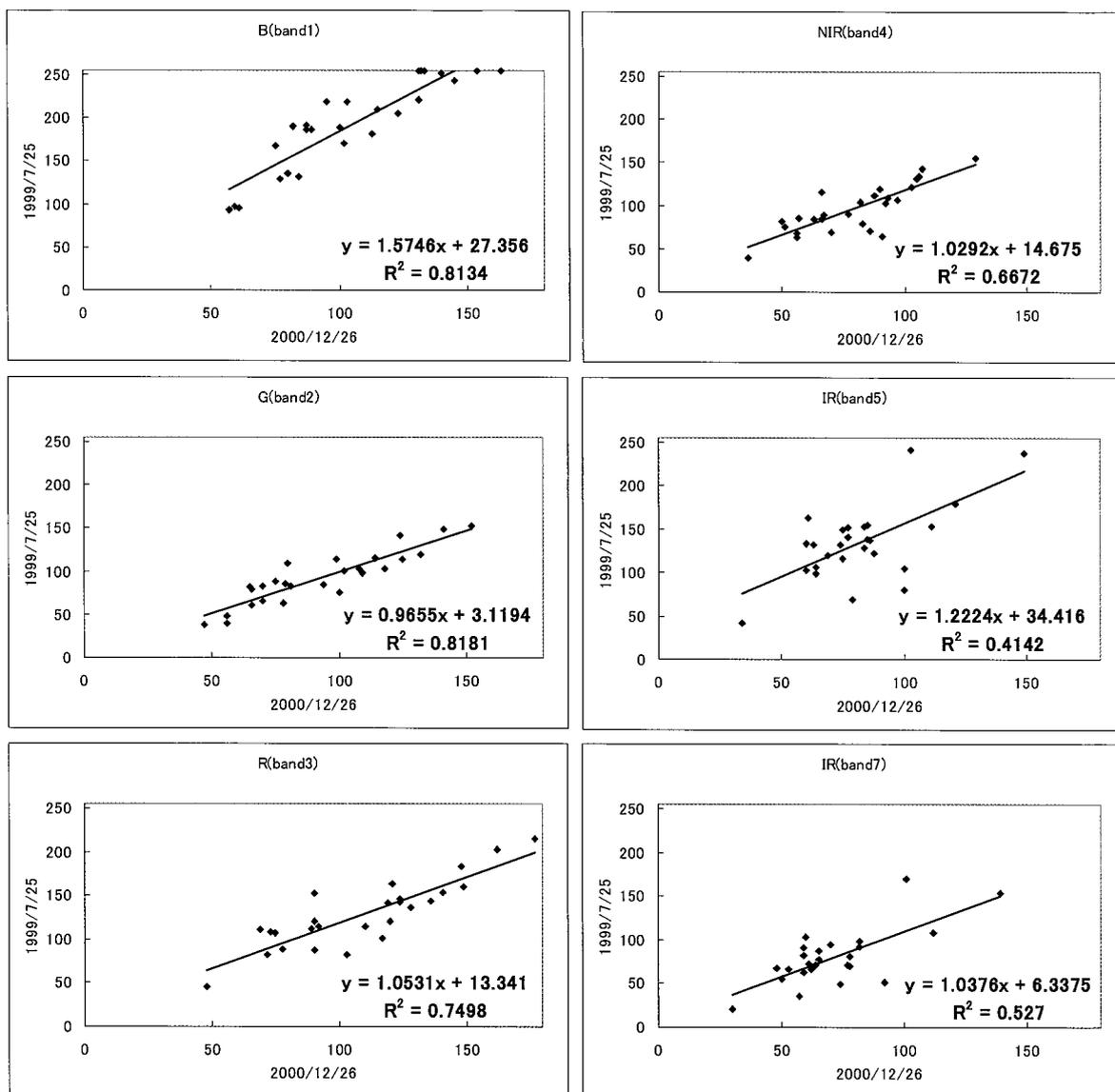


図-5.3 回帰分析結果 (LANDSAT)

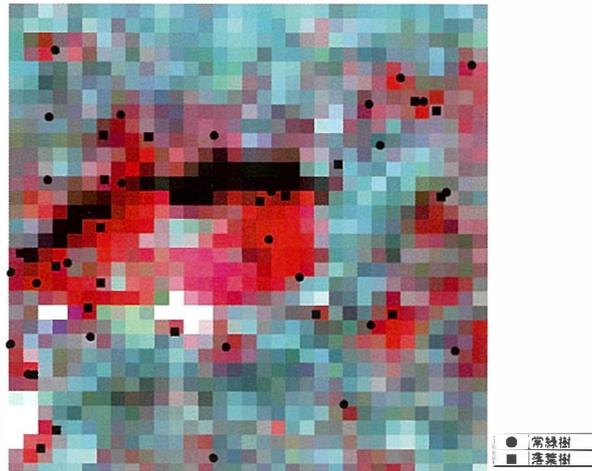
表-5.1 1999年7月25日の画像を基準とした場合の回帰分析結果 (LANDSAT)

バンド	相関係数	回帰式
B (band1)	0.902	$Y=1.575X+27.356$
G (band2)	0.904	$Y=0.966X+3.119$
R (band3)	0.866	$Y=1.053X+13.341$
NIR (band4)	0.817	$Y=1.029X+14.675$
IR (band5)	0.644	$Y=1.222X+34.416$
IR (band7)	0.726	$Y=1.038X+6.338$

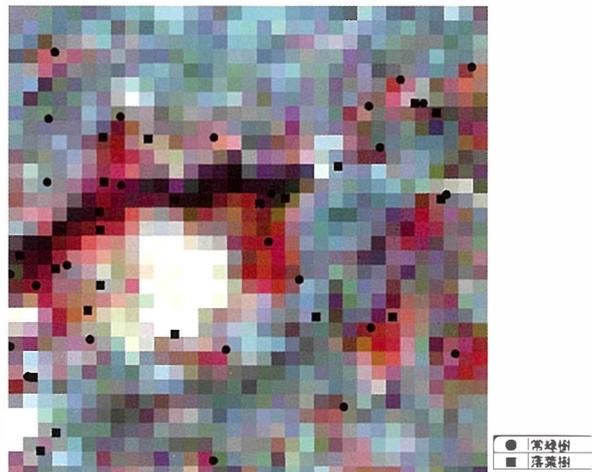
(2) トレーニングデータの取得

ケーススタディエリアの検証用画像に基づき、47箇所（常緑樹 25箇所、落葉樹 22箇所）のトレーニングエリアを選定し、夏季および冬季のスペクトル値をサンプリングした。選定したトレーニングエリアを図-5.4に示す。

夏季（1999年7月25日）



冬季（2000年12月26日）



検証用画像



図-5.4 常緑樹・落葉樹区分の検討に際して選定したトレーニングエリア

(3) スペクトル変化特性の検討

トレーニングエリア内の夏季および冬季の色調値をサンプリングし、バンドごとのスペクトル変化特性を検討した。結果を図-5.5に示す。

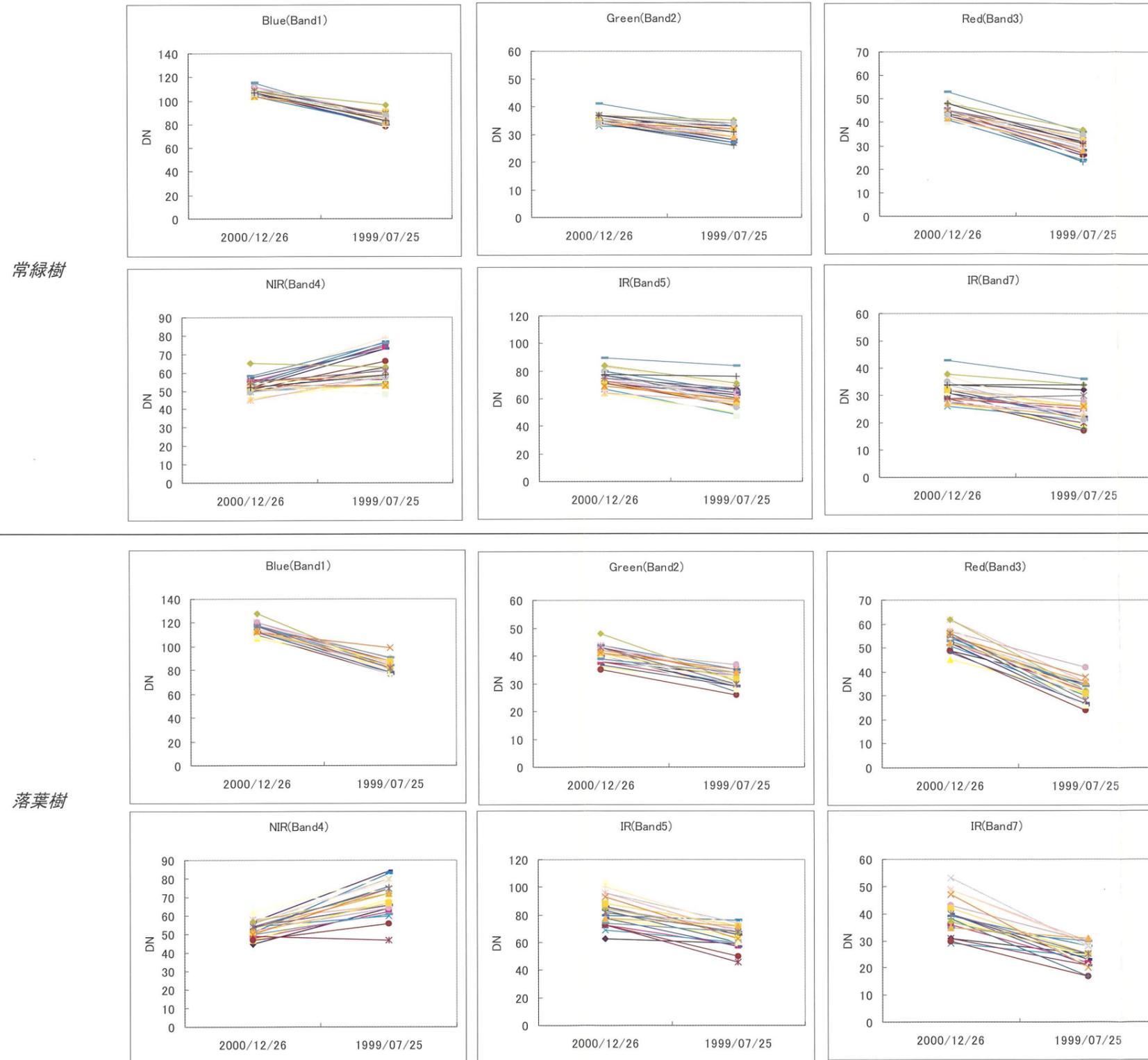


図-5.5 常緑樹・落葉樹のスペクトル変化特性 (LANDSAT)

図-5.5 より次のようなスペクトル変化特性を把握することができた。

① R(band3)の時系列変化

落葉樹は、冬季から夏季にかけて R(band3)の色調値の減少幅が大きい。

② NIR(band4)の時系列変化

落葉樹は、冬季から夏季にかけて NIR(band4)の色調値の増加幅が大きい。

③ IR(band5)の時系列変化

落葉樹は、冬季から夏季にかけて IR(band5)の色調値の減少幅が大きい。

(4) 区分手法の検討

スペクトル変化特性を次式で数値化し、Index 画像を作成することによって常緑樹と落葉樹を区分した。

$$\text{Index} = (\text{NIRs} - \text{NIRw}) - \{(\text{IRs} - \text{IRw}) + (\text{Rs} - \text{Rw})\}$$

NIRs : 夏季 (1999/07/25) の近赤外域 (バンド4)

NIRw : 冬季 (2000/12/26) の近赤外域 (バンド4)

IRs : 夏季 (1999/07/25) の中間赤外域 (バンド5)

IRw : 冬季 (2000/12/26) の中間赤外域 (バンド5)

Rs : 夏季 (1999/07/25) の赤色域 (バンド3)

Rw : 冬季 (2000/12/26) の赤色域 (バンド3)

作成した Index 画像を図-5.6 に示す。

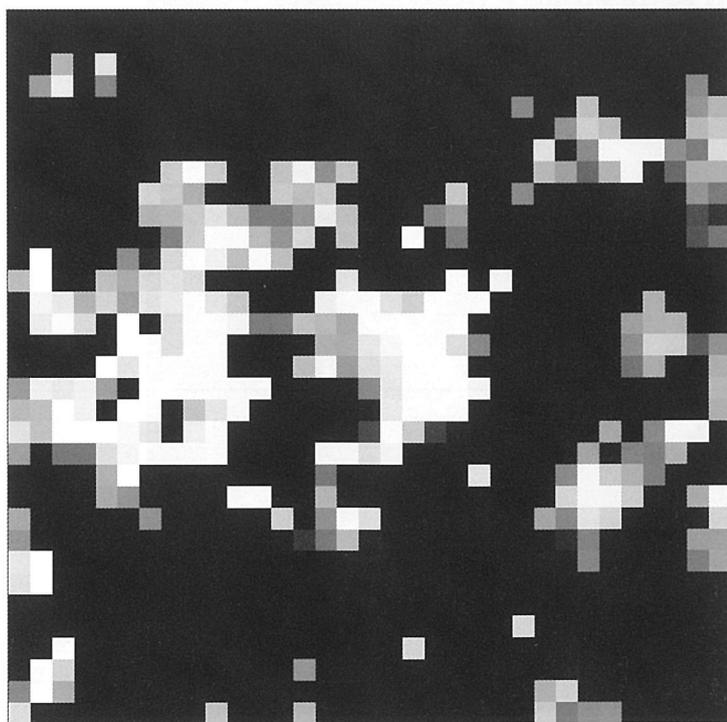


図-5.6 常緑樹・落葉樹区分 Index 画像 (LANDSAT)

(5) 常緑樹・落葉樹の区分

図-5.6で取得したトレーニングエリアのIndex値をサンプリングし、グラフ上に展開することによって、常緑樹と落葉樹のしきい値を求めた。サンプリング結果を図-5.7に示す。

これより、Index=50がしきい値として妥当であると判断された。設定したしきい値で区分した結果を図-5.8に示す。

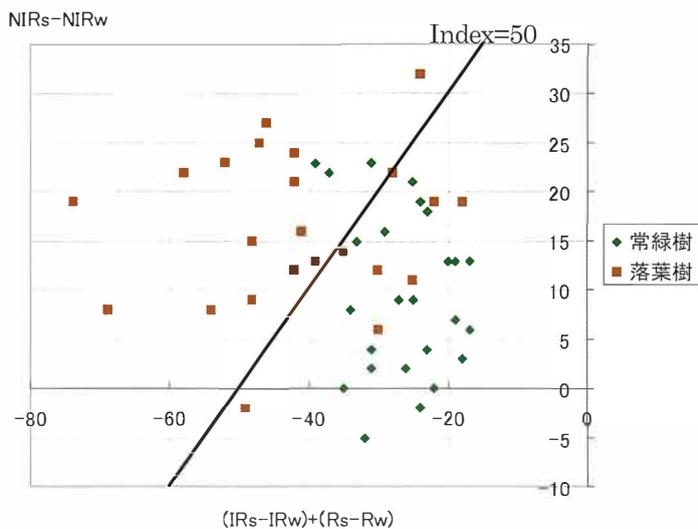


図-5.7 トレーニングエリアのIndex値サンプリング結果 (LANDSAT)



図-5.8 常緑樹・落葉樹区分結果 (LANDSAT)

5.3 IKONOS 画像による常緑樹・落葉樹の区分

(1) スペクトル補正

前項と同様に、スペクトル補正を行った。サンプリングした不変箇所を図-5.9 に示す。なお、不変箇所は 22 点取得した。



2000年8月8日



2000年2月23日

※不変箇所：22点

図-5.9 スペクトル補正のためにサンプリングした不変箇所 (IKONOS)

スペクトル値の回帰分析結果を図-5.11、表-5.2 に示す。表-5.2 より、2 時期間の相関係数は、B(band1) : 0.979、G(band2) : 0.978、R(band3) : 0.972、NIR(band4) : 0.947 といずれのバンドも高い相関を示しており、妥当なスペクトル補正を行うことができると判断された。図-5.10 より、各バンドの回帰式は表-5.2 のように表された。この回帰式に従って 2000 年 2 月 23 日の各バンドのスペクトル値を補正し、2000 年 8 月 8 日を基準としたレベルに整合させた。

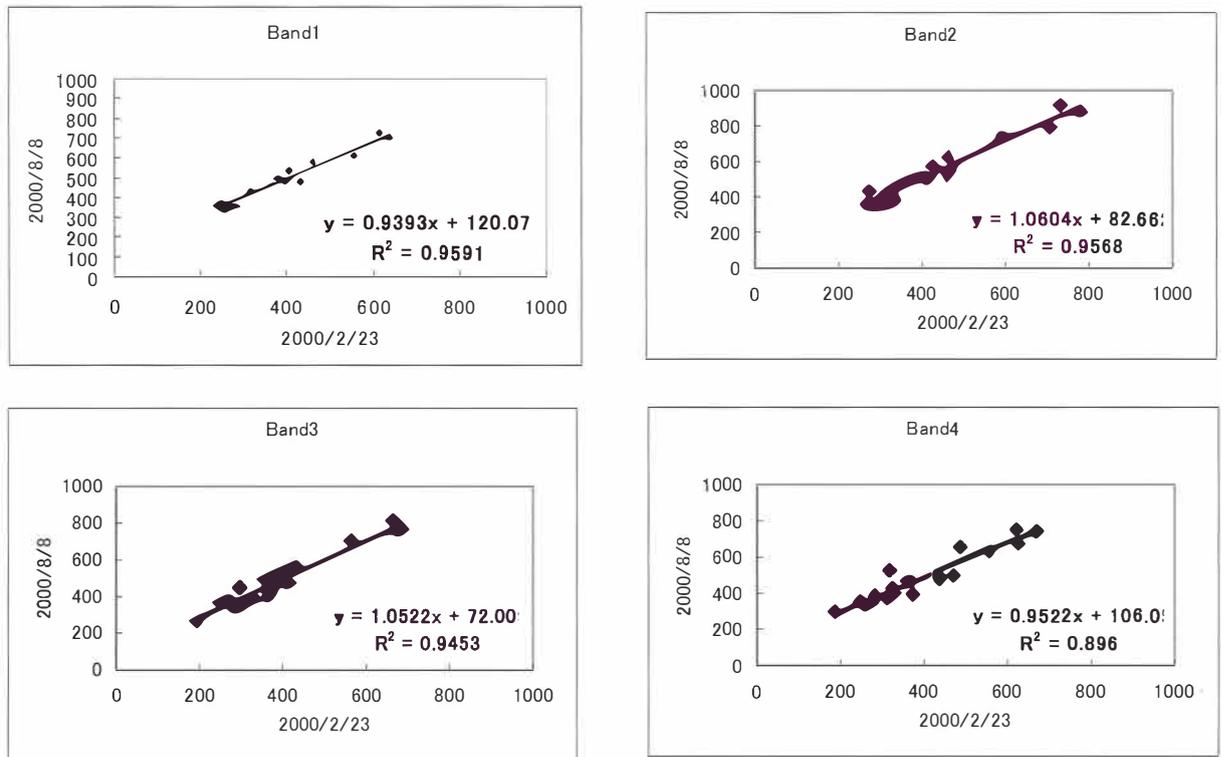


図-5.10 回帰分析結果 (IKONOS)

表-5.2 2000年8月8日の画像を基準とした場合の回帰分析結果 (IKONOS)

バンド	相関係数	回帰式
B (band1)	0.979	$Y=0.939X+120.07$
G (band2)	0.978	$Y=1.06X+82.662$
R (band3)	0.972	$Y=1.052X+72.009$
NIR (band4)	0.947	$Y=0.9522X+106.09$

(2) トレーニングデータの取得

ケーススタディエリアの検証用画像に基づき、47箇所（常緑樹 25箇所、落葉樹 22箇所）のトレーニングエリアを選定し、夏季および冬季のスペクトル値をサンプリングした。選定したトレーニングエリアを図-5.11に示す。

夏季 (2000年8月8日)



冬季 (2000年2月23日)



検証用画像



図-5.11 常緑樹・落葉樹区分の検討に際して選定したトレーニングエリア

(3) スペクトル変化特性の検討

トレーニングエリア内の夏季および冬季の色調値をサンプリングし、バンドごとのスペクトル変化特性を検討した。結果を図-5.12に示す。

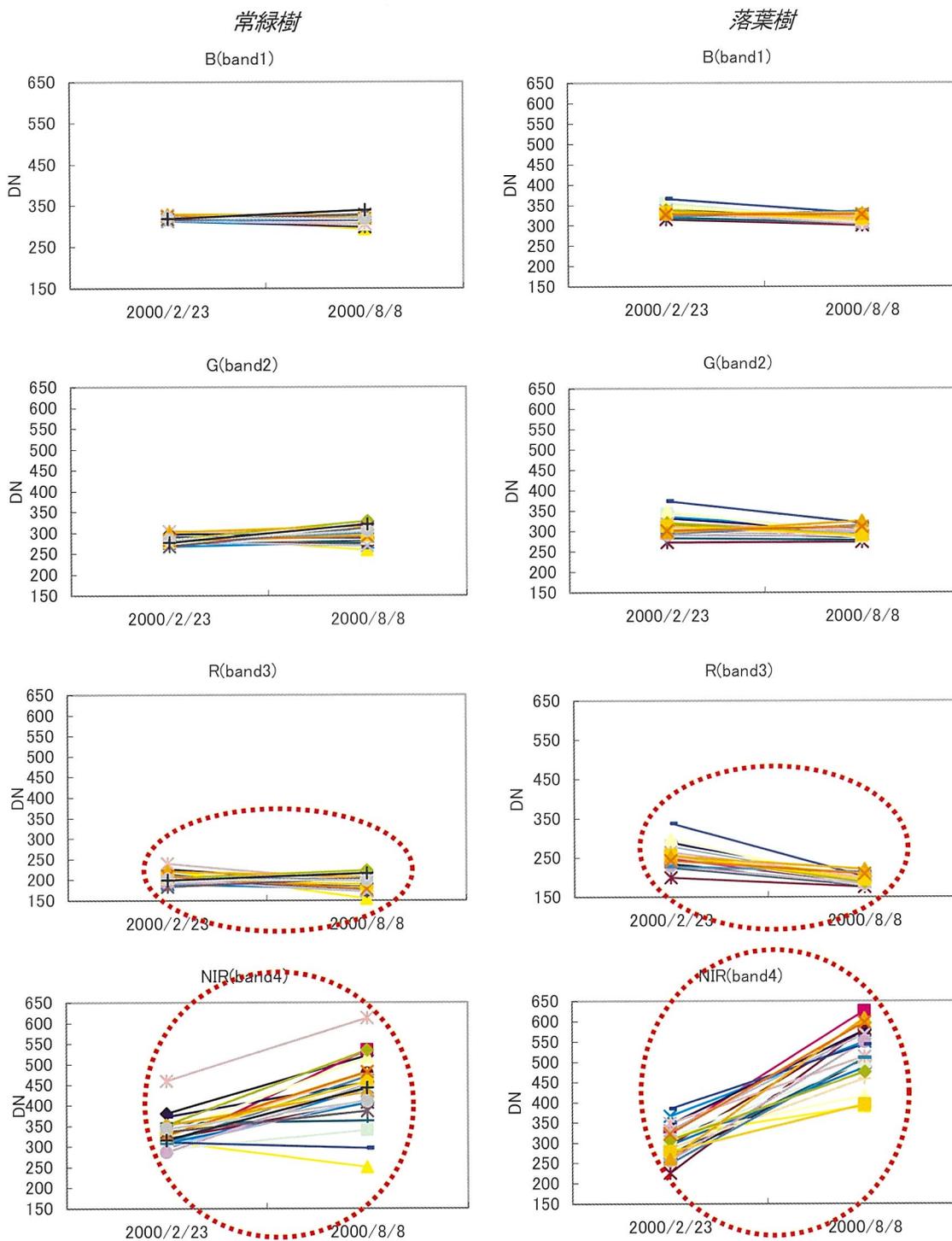


図-5.12 常緑樹・落葉樹のスペクトル変化特性 (IKONOS)

図-5.12 より次のような変化特性を把握することができた。

① R(band3)の時系列変化

落葉樹は、冬季から夏季にかけて R(band3)の色調値が減少する傾向がある。

② NIR(band4)の時系列変化

落葉樹は、冬季から夏季にかけて NIR(band4)の色調値の増加幅が大きい。

(4) 区分手法の検討

スペクトル変化特性を次式で数値化し、Index 画像を作成することによって常緑樹と落葉樹を区分した。

$$\text{Index} = (\text{NIRs} - \text{NIRw}) - (\text{Rs} - \text{Rw})$$

NIRs : 夏季 (2000/08/08) の近赤外域 (バンド4)

NIRw : 冬季 (2000/02/23) の近赤外域 (バンド4)

Rs : 夏季 (2000/08/08) の赤色域 (バンド3)

Rw : 冬季 (2000/02/23) の赤色域 (バンド3)

作成した Index 画像を図-5.13 に示す。

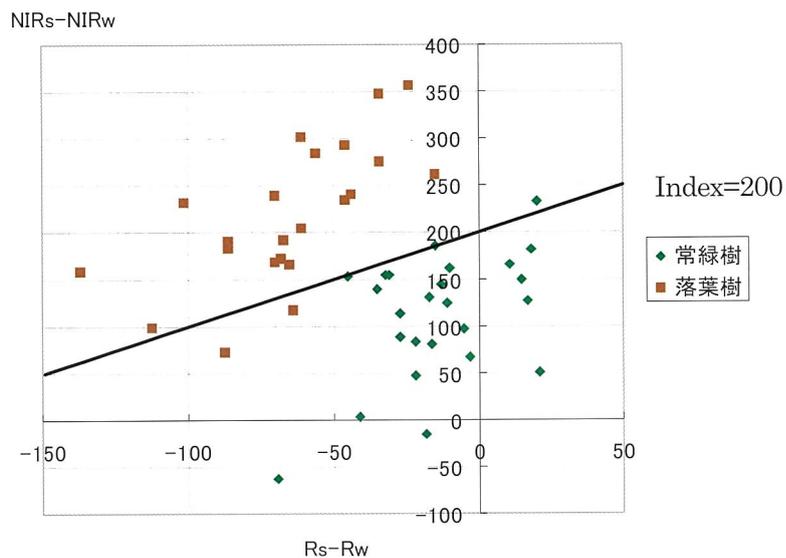


図-5.13 常緑樹・落葉樹区分 Index 画像 (IKONOS)

(5) 常緑樹・落葉樹の区分

図-5.13で取得したトレーニングエリアのIndex値をサンプリングし、グラフ上に展開することによって、常緑樹と落葉樹のしきい値を求めた。サンプリング結果を図-5.14に示す。

これより、Index=200 がしきい値として妥当であると判断された。設定したしきい値で区分した結果を図-5.15に示す。



5.4 常緑樹・落葉樹区分の誤差の検討

航空写真判読による検証用画像（図-5.18）を基に、常緑樹・落葉樹区分の誤差の検討を行った。

LANDSAT は空間分解能が 30m と粗いため、常緑樹・落葉樹の正確な区分は困難であった。

IKONOS については、航空写真判読が面的に区分するのに対し、IKONOS ではピクセルごとに区分するため、形状に差異はみられるものの、おおむね似通った傾向で区分されている。とくに石神井川沿いのサクラ並木（図中赤丸箇所）は類似性が高い。面積集計結果を表-5.3、図-5.19 に示す。これより、IKONOS による手法では常緑樹をやや多めに抽出する傾向が見られた。

判別性を樹林規模別（公園、屋敷林、密集住宅）に検討した結果を表-5.4 に示す。公園樹木は面的規模が大きいためミクセルの影響が小さく区分精度は高かった。とくにサクラ並木のように同一樹種が植栽されている場所は、きわめて正確に区分できた。誤差要因としては樹冠の影が常緑樹に誤判別されるケースが多くみられた。

屋敷林は植栽されている樹種が多彩で、複層林になっているケースが多い。このような場合、下層植生の影響で夏冬の IKONOS 画像に明瞭な色調差が現れないケースがあり、区分精度がやや低下していた。

密集住宅に植栽されている庭木は個体が小さく樹種も多彩であるため、ミクセルの影響を大きく受け、区分精度が低かった。

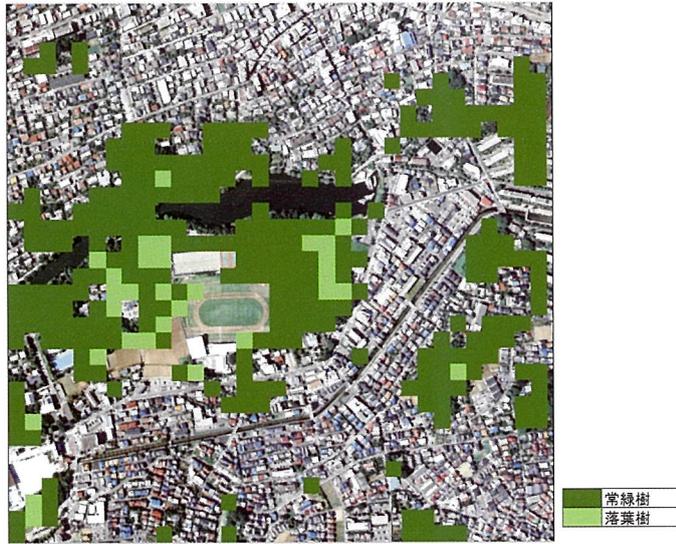


図-5.16 常緑樹・落葉樹区分結果 (LANDSAT)



図-5.17 常緑樹・落葉樹区分結果 (IKONOS)



図-5.18 常緑樹・落葉樹区分結果 (検証用画像)

表-5.3 常緑樹・落葉樹面積集計結果

	LANDSAT		IKONOS		航空写真判読	
	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)
常緑樹	24.20	24.2	18.69	18.7	16.52	16.5
落葉樹	2.70	2.7	7.60	7.6	8.41	8.4

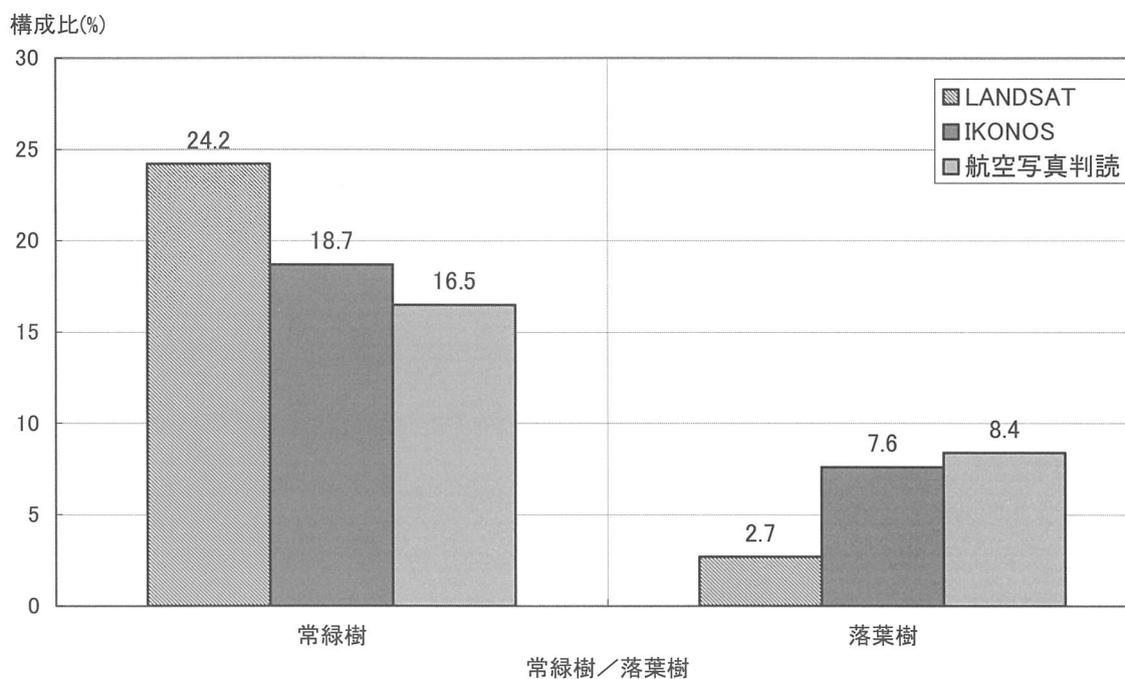
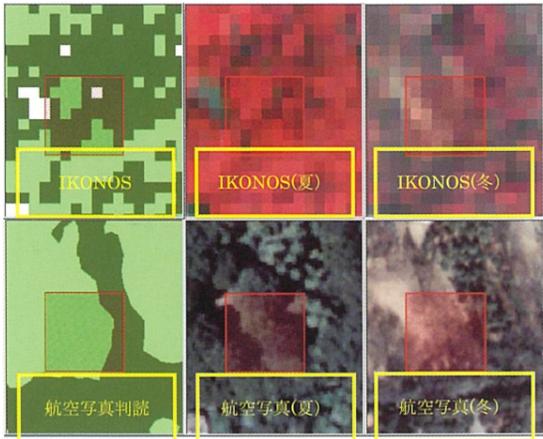
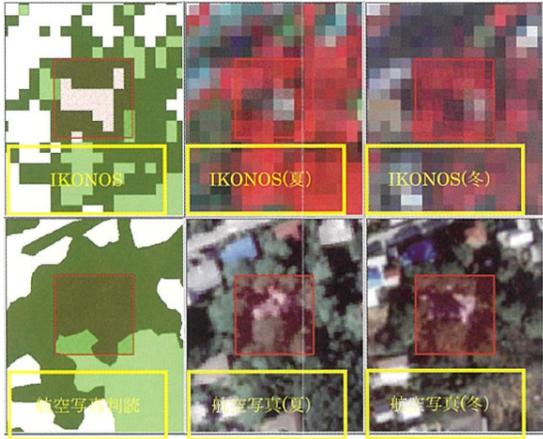
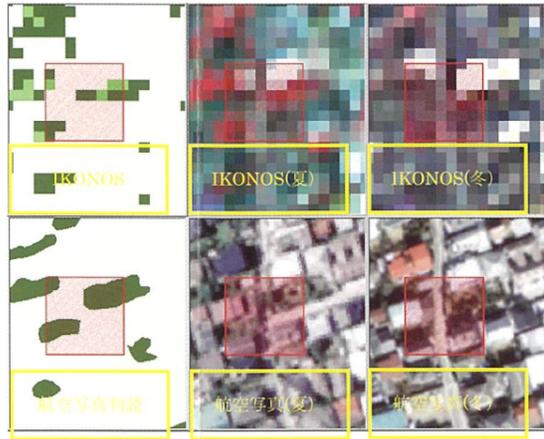
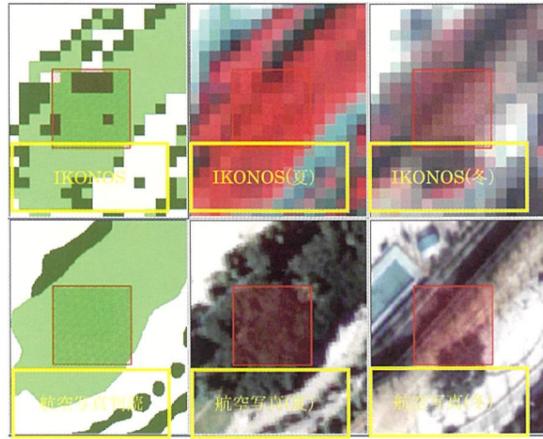
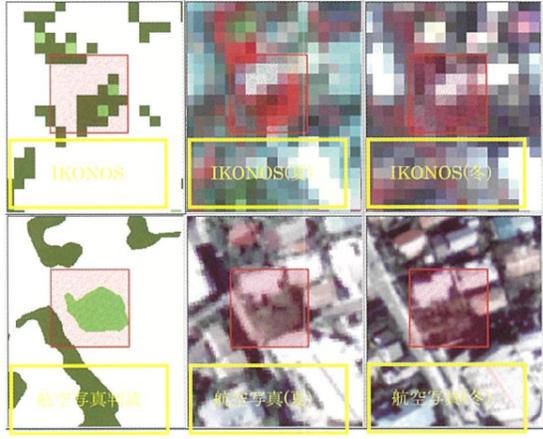
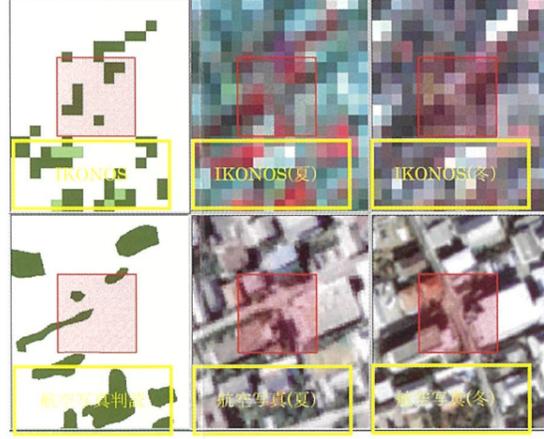
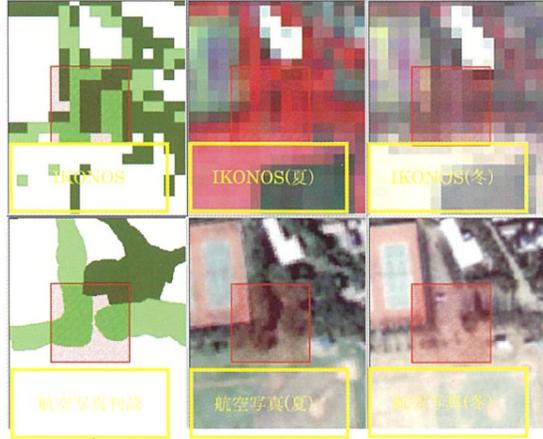
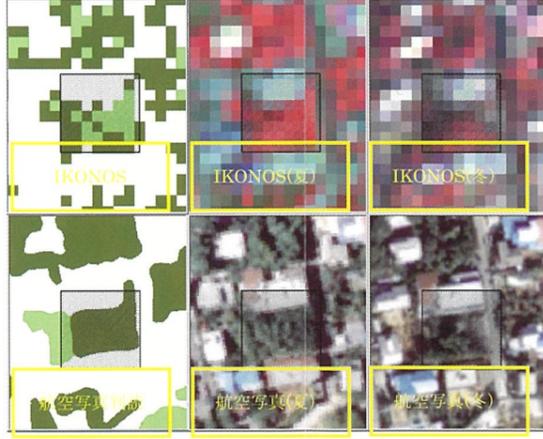
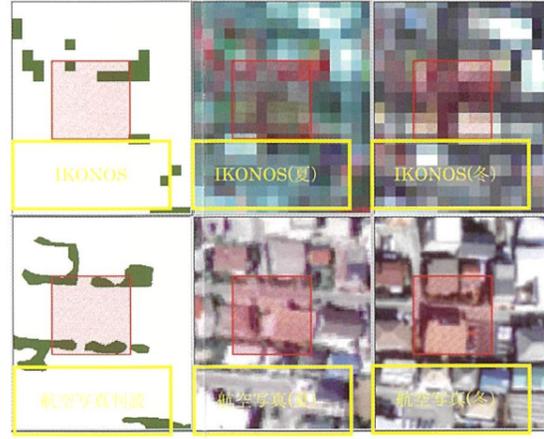


図-5.19 常緑樹・落葉樹面積集計結果

表-5.4 常緑樹・落葉樹区分の判別性検討結果

樹林規模		
公園	屋敷林	密集住宅
 <p>落葉樹の樹冠の影が常緑樹として誤判別されている。</p>	 <p>屋敷北側の常緑樹が正確に抽出されている。</p>	 <p>常緑と落葉が混在しているが、庭木の位置は正確に抽出されている。</p>
 <p>極めて正確に落葉樹が抽出されている。</p>	 <p>常緑樹と落葉樹が不正確だが、庭木の位置は正確に抽出されている。</p>	 <p>位置の抽出がやや不正確だが、常緑樹が正確に抽出されている。</p>
 <p>落葉樹の樹冠の影が常緑樹として誤判別されている。</p>	 <p>常緑樹と落葉樹が不正確だが、庭木の位置は正確に抽出されている。</p>	 <p>位置の抽出がやや不正確だが、常緑樹が正確に抽出されている。</p>