

ISSN 1346-7328

国総研資料 第68号

平成 15 年 3 月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.68

March 2003

都市緑地調査における人工衛星技術の活用に関する調査

緑化生態研究室

室長 藤原 宣夫

主任研究官 山岸 裕

Researches on technology utilizing artificial satellites for urban green survey

Landscape and Ecology Division

Head, Nobuo Fujiwara

Senior Researcher, Yutaka Yamagishi

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

都市緑地調査における人工衛星技術の活用に関する調査

藤原 宣夫*
山岸 裕**

Researches on technology utilizing artificial satellites for urban green survey

Nobuo Fujiwara
Yutaka Yamagishi

概要

本調査では、人工衛星を利用した都市における緑地の調査手法を開発することを目的とし、従来型人工衛星LANDSAT画像と高分解能人工衛星IKONOS画像を用いて、練馬区において、都市内各種緑地の抽出・分類と精度検証を行うとともに、IKONOS画像及びデジタルマップを用いてGISを利用することにより小樹林地の抽出、緑被分布図の作成を行った。その結果、IKONOS画像では、樹林地と草地は精度よく抽出され、小規模緑地の抽出、緑被分布図の作成が可能であった。しかし、農地類の抽出・分類と常緑樹・落葉樹の区分については誤判読が多く課題が残された。

キーワード：LANDSAT、IKONOS、都市緑地、土地被覆分類、常緑・落葉の区分

Synopsis

This study aimed at developing techniques of investigating green open spaces in cities with artificial satellites. Then, We extracted and classified the some kind of the green open spaces in Nerima ward using the current-using artificial satellite LANDSAT data and the high-resolution artificial satellite IKONOS data, and verified its precision. And, then, we examined the extraction of the small-scale forest, and we made a green open space distribution map which was done by means of GIS with the IKONOS data and a digital map. As a result of that, A wood area and a grass area were extracted in enough, and it was possible to make the green open spaces distribution map with the IKONOS data. But, there was much mis-classification in the classification of agricultural land and in the classification of the evergreen tree and deciduous tree, these were left as subject in future.

Key Words : LANDSAT, IKONOS, green open spaces, land covering classification, classification of the evergreen tree and deciduous tree

*環境研究部緑化生態研究室 室長
**環境研究部緑化生態研究室 主任研究官

Head, Landscape and Ecology Division
Senior Researcher, Landscape and Ecology Division

はじめに

都市緑地には、レクリエーション空間の提供のほかにも、都市気象の調節、CO₂の吸収、生物生息地の確保、火災延焼防止など様々な機能があり、これらの機能を生かすためには都市緑地の保全や整備を計画的に行うことが重要である。

都市緑地に関する法定計画としては、都市緑地保全法に基づく「緑の基本計画」があり、全国の市町村が、その策定に取り組んでいるが、策定には緑地の現況を把握するための調査が必要とされる。

調査は、これまで主として航空写真を用いて行われてきたが、都市全域を対象とする手法として、より効率的なものが求められている。人工衛星画像を用いる方法は、広域的撮像とコンピューター処理が可能であり、効率的なものといえるが、従来の衛星画像は分解能が低いため、都市緑地調査には不十分な点があった。しかし、最近になって、航空写真に匹敵する高分解能の衛星画像の入手が可能となり、都市緑地調査への利用が期待されている。

高分解能衛星画像を利用するためには、緑地抽出のための画像処理方法を開発する必要がある。新たな処理により、緑地を形成する樹木の種類や大きさまでを把握することが可能となれば、植物群落の判別、CO₂吸収量の算定など、その応用範囲はとても広いものとなる。

そのため、本調査では、人工衛星を利用した都市における緑地の調査手法を開発することを目的とし、従来型人工衛星LANDSAT画像と高分解能人工衛星IKONOS画像を用いて、都市内各種緑地の抽出・分類と精度検証を行うとともに、IKONOS画像及びデジタルマップを用いてGISを利用することにより小規模緑地の抽出、緑被分布図の作成を行った。

本調査の成果が、都市緑地調査における人工衛星データ利用の一助になれば幸いである。

最後に、本調査を実施するにあたり、資料をご提供いただいた練馬区ならびにワーキングとして作業していただいた国際航業(株)に対し厚く御礼申し上げます。

平成15年3月

国土交通省国土技術政策総合研究所
環境研究部緑化生態研究室

室長 藤原 宣夫

目 次

1. 調査概要	1
1.1 調査目的と調査項目	1
1.2 調査対象地域	2
1.3 各調査項目の概要	4
1.4 調査に使用した衛星画像等	6
2. 従来型人工衛星画像と高分解能人工衛星画像による緑地抽出と精度の検証	7
2.1 概要	7
2.2 従来型人工衛星データを用いた都市緑地の抽出	8
2.3 高分解能衛星データを用いた都市緑地の抽出	19
2.4 航空写真による都市緑地の抽出結果	23
2.5 樹木現地調査	27
2.6 都市緑地面積の集計	30
2.7 都市緑地抽出手法の比較検討	33
3. 教師付き分類による都市緑地の抽出精度向上の検討	56
3.1 概要	56
3.2 検証用画像の作成	58
3.3 IKONOS画像による都市緑地の抽出	61
3.4 緑地抽出の誤差の検討	72
3.5 LANDSAT/TM画像による都市緑地の細分化	90
4. 緑被分布図、小樹林地分布図の作成	93
4.1 概要	93
4.2 緑被分布図の作成	95
4.3 小樹林地分布図の作成	101
5. 常緑樹・落葉樹の区分と精度の検証	107
5.1 概要	107
5.2 LANDSAT画像による常緑樹・落葉樹の区分	108
5.3 IKONOS画像による常緑樹・落葉樹の区分	115
5.4 常緑樹・落葉樹区分の誤差の検討	121

6. 都市緑地調査への適用性の検討	127
6.1 概要	127
6.2 精度からみた適用性の検討	128
6.3 コストからみた適用性の検討	134
7. まとめ	140
7.1 本調査のまとめ	140
7.2 都市緑地調査におけるIKONOS画像の実利用シナリオ	142
7.3 今後の課題	144
資料編	
1. 調査に使用した人工衛星データと航空写真	145
1.1 概要	145
1.2 従来型人工衛星LANDSAT	146
1.3 高分解能衛星IKONOS	156
1.4 航空写真	163
2. 現地調査票	167
3. 練馬区緑の実態調査の調査手法	181
参考文献	183

1. 調査概要

1.1 調査目的と調査項目

本調査では、人工衛星を利用した都市における緑地の調査手法を開発することを目的とし、次の5項目について検討を行った。

(1) 従来型人工衛星画像と高分解能人工衛星画像による緑地抽出と精度の検証 (第2章)

従来型人工衛星画像 (LANDSAT/TM) および高分解能人工衛星画像 (IKONOS) 利用による都市緑地抽出精度を、航空写真により抽出したものと比較することにより各リモートセンシング画像の精度等の検証を行った。

(2) 教師付き分類による都市緑地の抽出精度向上の検討 (第3章)

(1) で課題となった農地の抽出について、精度向上を目的として、教師付き分類により再度分類を試みた。さらに、IKONOS 画像からは、農地の細分化 (普通畑、果樹畑、苗木畑、芝畑) を試みた。

(3) 緑被分布図及び小樹林地分布図の作成 (第4章)

人工衛星画像の多目的利用のひとつとして、従来、航空写真判読による手作業で行われてきた緑被分布図 (植生被覆域を樹林地、草地、農地の区分で抽出した図) と小樹林地分布図 (緑地保全の対象となるまとまりのある樹林地を抽出した図) を、(2) の IKONOS 画像より抽出した都市緑地をもとに、デジタルマップとオーバーレイすることにより作成した。

(4) 常緑樹・落葉樹の区分と精度の検証 (第5章)

2時期の LANDSAT 画像及び IKONOS 画像を用いて、常緑樹・落葉樹の区分の抽出と精度の検証を行った。

(5) 都市緑地調査への適用性の検討 (第6章)

IKONOS 画像の都市緑地調査への適用可能性を、精度、コストから検討した。

1.2 調査対象地域

1.2.1 調査対象地域

調査対象地域は、東京都練馬区全域および石神井公園周辺（1km×1km）とした（図-1.1）。以後後者をケーススタディエリアと称する。緑地抽出は練馬区全域（IKONOS 2000年2月23日観測データを除く）を対象範囲として行ったが、各リモートセンシング手法の緑地抽出精度の比較は主としてケーススタディエリアを対象として行った。

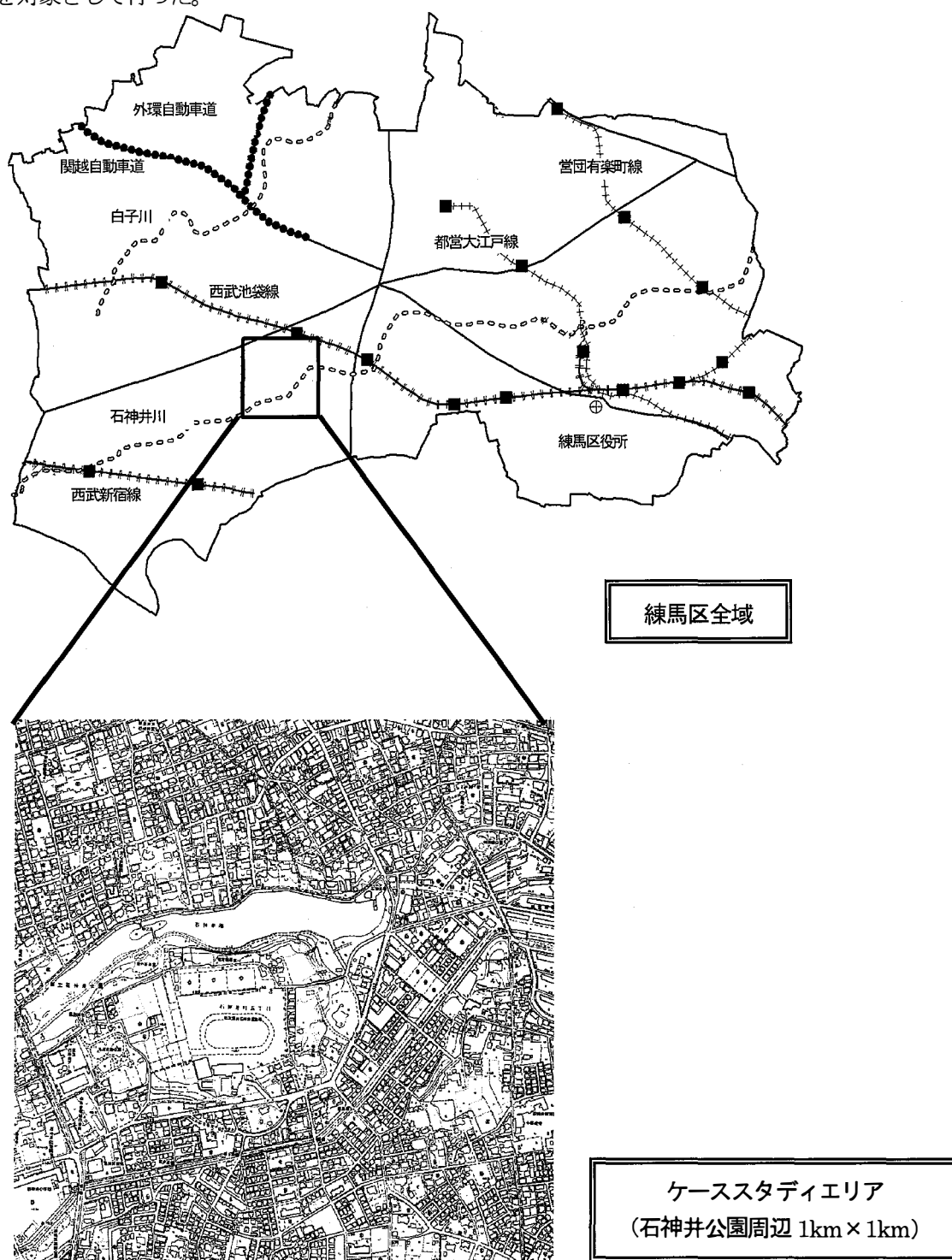


図-1.1 調査対象地域

東京都 23 区のうち都市と農村の境界部の特性を備えた東京都練馬区は、東京区部の北西部、都心（JR 東京駅）より 10 km から 20 km の範囲に位置し、面積は 4,816 ha、区域である。

また、地形的には、武蔵野台地の北東部に位置し、東北東から北東に向かって傾斜しており、標高約 30～50m の範囲にある。この傾斜に従い、石神井川が東北東方向に流れている。練馬区の住宅は、東西方向に走る私鉄各駅を中心に拡大し、都心に近い方から都市化が進んできている。

ケーススタディエリアは、練馬区内のうち石神井公園を中心とする 1 km 四方の面積 100 ha の範囲である。この範囲には、公園、農地、屋敷林、住宅地内の樹木、街路樹など、さまざまな形態を備えた緑地が含まれる。

1.3 各調査項目の概要

1.3.1 従来型人工衛星画像と高分解能人工衛星画像による緑地抽出と精度の検証

(1) 従来型人工衛星 LANDSAT/TM データを用いた都市緑地の抽出

ケーススタディエリア及び東京都練馬区全域において、従来型人工衛星のうち、LANDSAT/TM データを用いてクラスター分類による土地被覆分類を行い、樹林地および樹木が混在する土地被覆の抽出を行った。使用したデータは、1989年11月2日および1999年7月25日に観測されたデータである。

(2) 高分解能衛星 IKONOS データを用いた都市緑地の抽出

ケーススタディエリアにおいて、高分解能衛星 IKONOS を用いて、クラスター分類による土地被覆分類を行った。使用したデータは、2000年2月23日に観測されたデータである。

また、ここでは、デジタル・ジオ画像を用いた。本項目は、平成11年度に実施した調査であるが、IKONOS 画像は、平成11年度末より画像が供給され始めたため、デジタル・オルソ画像の準備が間に合わなかったためである。なお、IKONOS 画像の補正の違いによる位置精度の検証は、(5) (第6章)で行っている。

(3) 航空写真の利用による都市緑地の抽出

ケーススタディエリアにおいて、写真判読により、樹木、樹林に覆われた部分の抽出を行い、常緑、落葉の種類を確定、緑地面積および樹木本数の算出を行った。使用したデータは、1989年11月、1992年2月、1999年8月に撮影された航空写真である。

(4) 樹木現地調査

ケーススタディエリアにおいて30m×30mの現地調査対象地点を12ヵ所選定し、常緑樹林と落葉樹林の判別、単木の種類確定および樹木の本数、高さ、胸高直径を測定した。

(5) 都市緑地抽出手法の比較検討

緑地の面積や樹木本数の精度等について比較検討を行い、各々の手法の特徴や情報抽出のためのプロセス等を整理することで、以下の検証を行った。

①分類処理の適用性の検証

- ・クラスター分類手法の妥当性の検証

②画像解像度の違いによる緑地抽出精度の検証

- ・位置精度（幾何補正精度）の検証
- ・緑地抽出結果の定性的な比較
- ・緑地面積の比較検討

③多様な調査への適用性の検討

- ・効率性の検討
- ・ミクセルの補正による精度向上可能性の検討
- ・土地被覆分類結果と樹木現地調査結果との比較
- ・経年変化の検討（LANDSAT/TM 画像 1989年→1999年）
- ・常緑樹、落葉樹の分類可能性の検討

1.3.2 教師付き分類による都市緑地の抽出精度向上の検討

(1) 検証用画像の作成

緑地抽出精度の検証に用いる資料として、ケーススタディエリアについては航空写真（1999年8月撮影）から緑地判読画像を作成した。練馬区全域については「平成8年度練馬区みどりの実態調査」で作成した緑被分布図をデジタルモザイクした画像を作成した。

(2) IKONOS 画像による都市緑地の抽出

ケーススタディエリアおよび練馬区全域において、2000年8月8日に観測されたIKONOS デジタルオルソ・ライト画像の教師付き分類により緑地を抽出した。

(3) 緑地抽出の誤差の検討

ケーススタディエリアおよび練馬区全域について、上記の検証用画像とIKONOSによる緑地抽出画像を比較し、緑地抽出の精度を検討した。

(4) LANDSAT/TM 画像による都市緑地の抽出

1.3.1で実施したLANDSAT/TMデータのクラスター分類では、農地と緑の多い住宅地の区分が困難であった。そこで、教師付き分類による再分類を行い、農地と緑の多い住宅地の区分を試み、検証用画像と比較検討した。

1.3.3 緑被分布図、小樹林地分布図の作成

1.3.2で得られた緑地抽出結果をもとに、樹林地については、面積300m²以上と300m²未満に区分し、東京都所有の1/2,500DMデータと重ね合わせ緑被分布図と小樹林地分布図を作成した。

1.3.4 常緑樹・落葉樹の区分と精度の検証

ケーススタディエリアにおいて、LANDSATおよびIKONOSの夏季と冬季の画像を用いて、常緑樹と落葉樹の区分抽出を行い、航空写真判読による検証用画像と比較検討した。

1.3.5 都市緑地調査への適用性の検討

以上の結果を受け、分解能が低いLANDSAT/TM画像は、小規模緑地が多数混在している都市緑地の調査への適用性は低いとし、近年、画像が供給され始めたIKONOS画像の都市緑地調査への適用性について、航空写真との比較において以下の検討を行った。

(1) 精度から見た適用性の検討

(2) コストから見た適用性の検討

1.4 調査に使用した衛星画像等

本調査では、各種人工衛星データ、航空写真、デジタルマップデータのほか、いくつかの調査資料を使用した。表-1.1 に調査に使用した資料を示す。なお、調査に使用した人工衛星データと航空写真の詳細については、資料編1に示した。

表-1.1 調査に使用した資料

種類		観測/作成年月日	諸元
従来型人工衛星	LANDSAT/TM	1989年11月2日	Path107-Row35
		1999年7月25日	Path107-Row35
	LANDSAT/ETM+	2000年12月26日	Path107-Row35
高分解能衛星 IKONOS		2000年8月8日	デジタルオルソ・ライト マルチスペクトル
		2000年2月23日	デジタルジオ マルチスペクトル
航空写真		1989年11月	1/10,000
		1992年2月	1/9,000
		1999年8月	1/11,000
デジタルマップデータ			1/2,500 (東京都)
土地利用データ		1994年	国土地理院発行 細密数値情報
地形図		国土地理院発行：1/50,000 地形図 「東京西北部」「東京西南部」	
		練馬区発行：1/2,500	
既往調査資料		平成3年度 練馬区みどりの実態調査報告書 (航空写真：平成3年11月4日撮影)	
		平成8年度 練馬区みどりの実態調査報告書 (航空写真：平成8年6月5日、20日撮影)	
		緑被分布図 (練馬区みどりの実態調査1996年)	
		まとまりのある緑被分布図 (練馬区みどりの実態調査1996年)	

2. 従来型人工衛星画像と高分解能人工衛星画像による緑地抽出と精度の検証

2.1 概要

従来型人工衛星データ、高分解能衛星データ、航空写真を用いて都市緑地を抽出した。従来型人工衛星としては、広い観測幅、豊富なバンド数をもつ LANDSAT/TM データを選定した。高分解能人工衛星は、平成 11 年度後半より画像提供され始めた IKONOS データを用いた。なお、従来型人工衛星 LANDSAT/TM、高分解能人工衛星 IKONOS、航空写真の詳細な緒元は、資料編 1 に記載した。

ケーススタディエリアの緑地抽出は、2 時期の LANDSAT/TM データ、1 時期の IKONOS データ、3 時期の航空写真を用いて行った。

練馬区全域の緑地抽出は、2 時期の LANDSAT/TM データについて行った。

現地樹木調査は、LANDSAT/TM の分類結果を検証するために、ケーススタディエリア内の 12 点 (30m 四方) について行った。

各リモートセンシングデータによる緑地抽出の流れを図-2.1 にまとめた。詳細については次節以降で述べる。

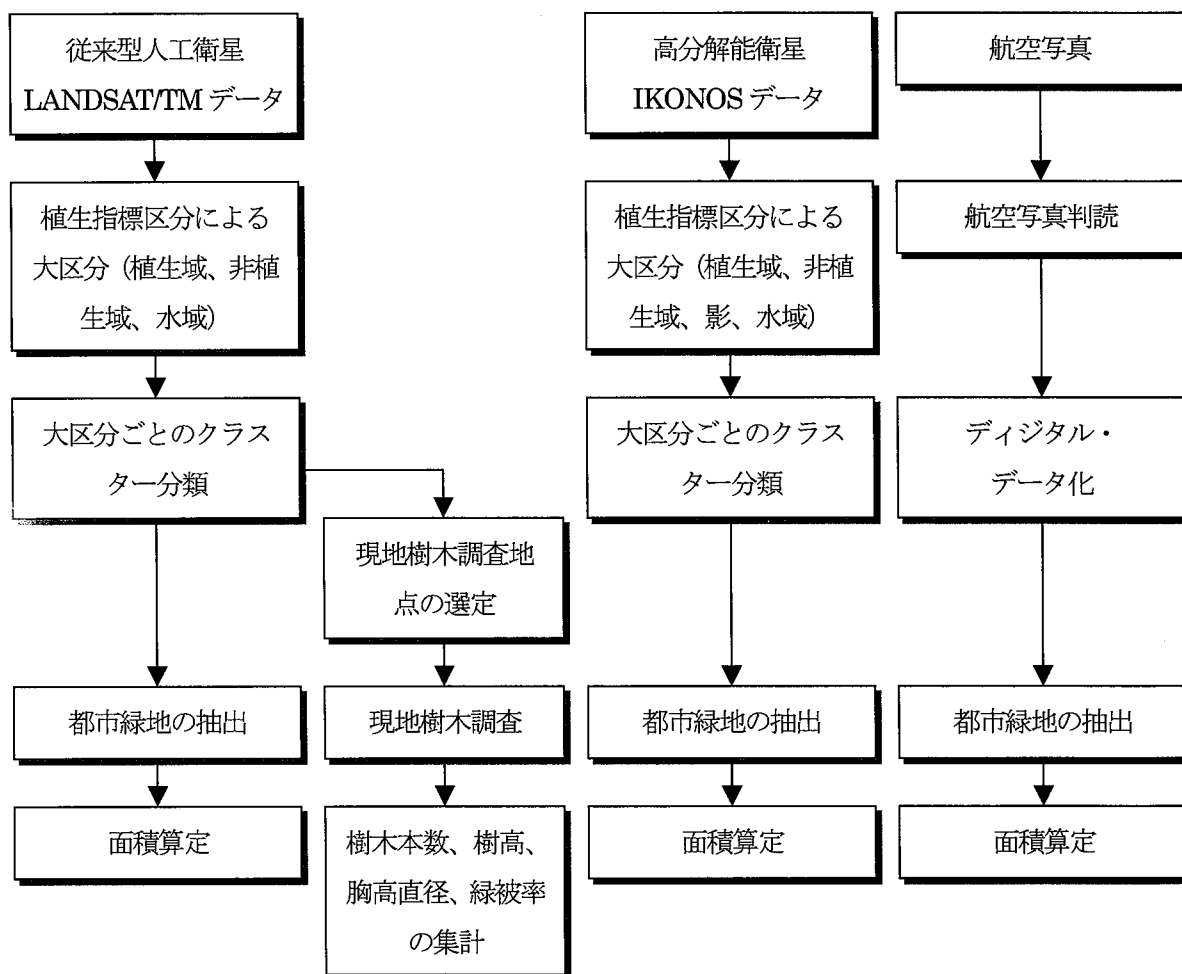


図-2.1 都市緑地の抽出の流れ

2.2 従来型人工衛星データを用いた都市緑地の抽出

ここでは、従来型人工衛星 LANDSAT/TM データを用いて都市緑地の抽出を試みた。
LANDSAT/TM データの解析の流れを図-2.2 に示し、以下に説明する。

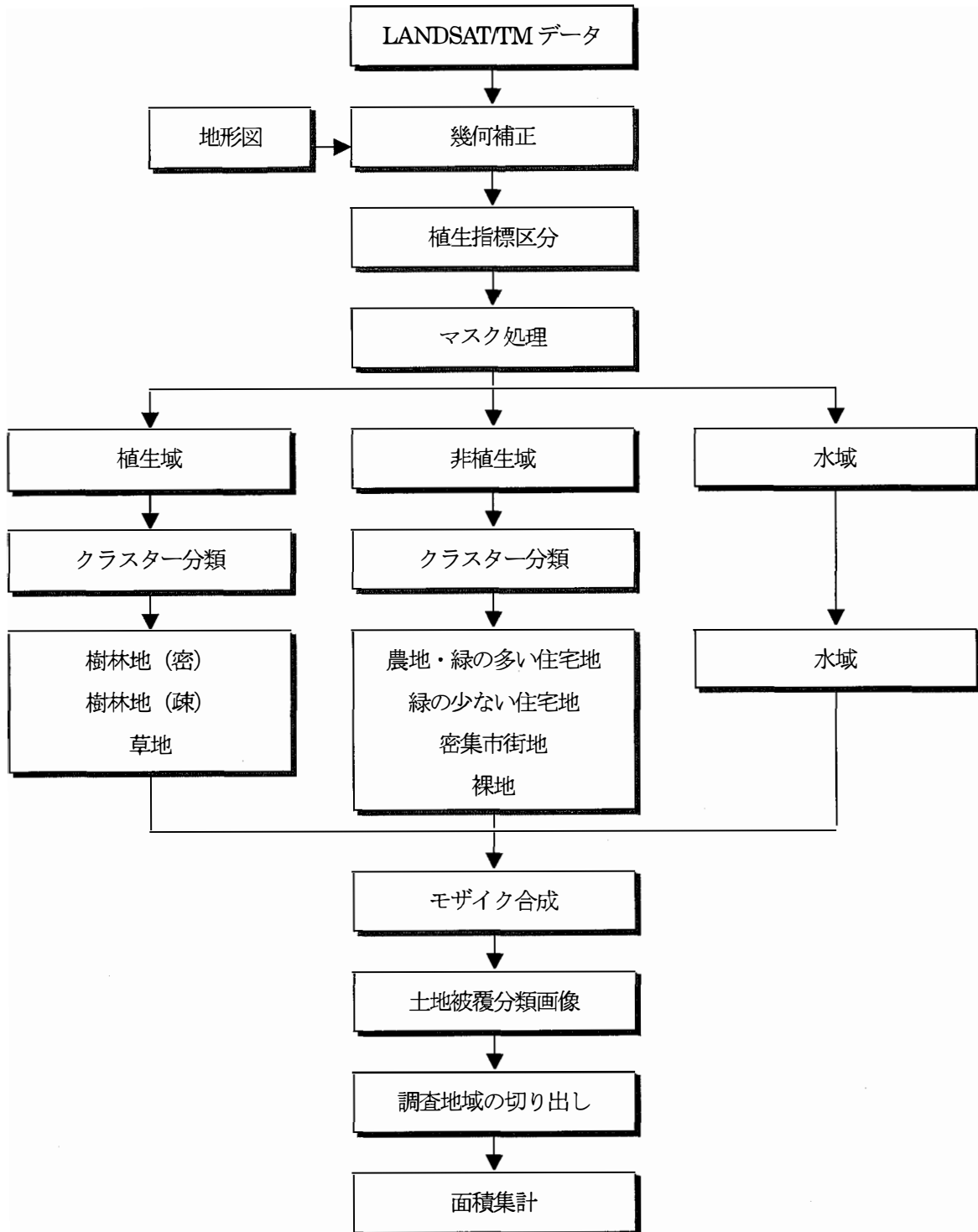


図-2.2 従来型人工衛星データによる都市緑地抽出の流れ

(1) 植生指標区分

幾何補正後の画像を用いて植生指標を求め、植生域、非植生域、水域に区分する。植生指標とは、植生の有無、多少、活性度を示す指標であり、複数のバンドを使用して算出する。これは、植物に含まれるクロロフィルが赤や青の波長の光を吸収し、近赤外域の波長の長い部分で強く反射する(図-2.3)性質を利用したものである。ここでは代表的な指標であるNDVI(Normalized Difference Vegetation Index: 正規化植生指標)を求めた。NDVIは、植物の量に対応するとされ、NDVI値が高いほど植生が多いといえる。LANDSAT/TMの場合、バンド3とバンド4を用いて以下の式でNDVIの値が求められる。

$$NDVI = (band4 - band3) / (band4 + band3) \dots \dots \dots \text{式 (2)}$$

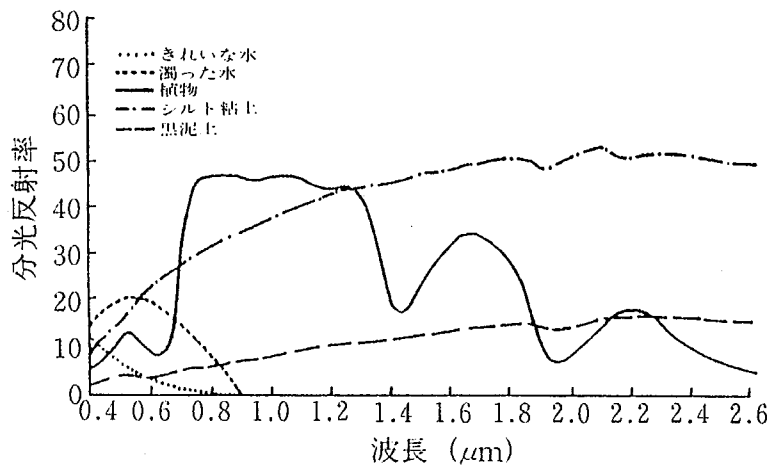


図-2.3 植物の分光反射特性¹⁾

NDVIは-1~1の値をとるため、画像データとして取り扱うには0~255の値になるように線形変換する必要がある。線形変換には以下の式を用いた。

$$NDVI_{8bit} = (NDVI \times 100) + 128$$

NDVI_{8bit} : 8bit (0~255) に納まる植生指標

このようにして作成した植生指標画像を図-2.4~図-2.7に示す。



図-2.4 植生指標画像（練馬区全域：1989年11月2日観測）



図-2.5 植生指標画像（練馬区全域：1999年7月25日観測）

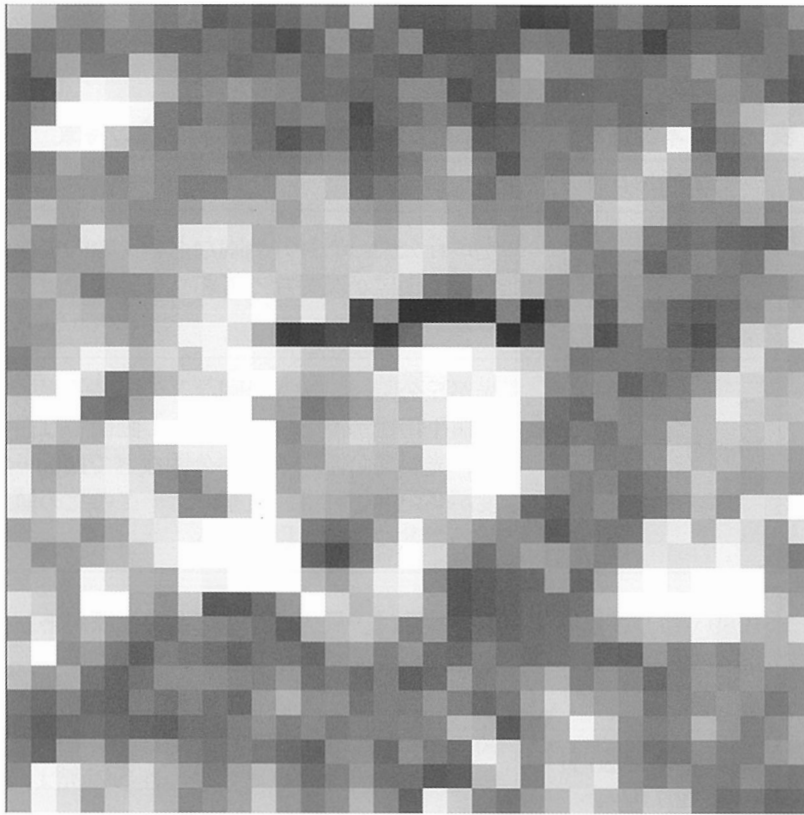


図-2.6 植生指標画像 (ケーススタディエリア : 1989年11月2日観測)

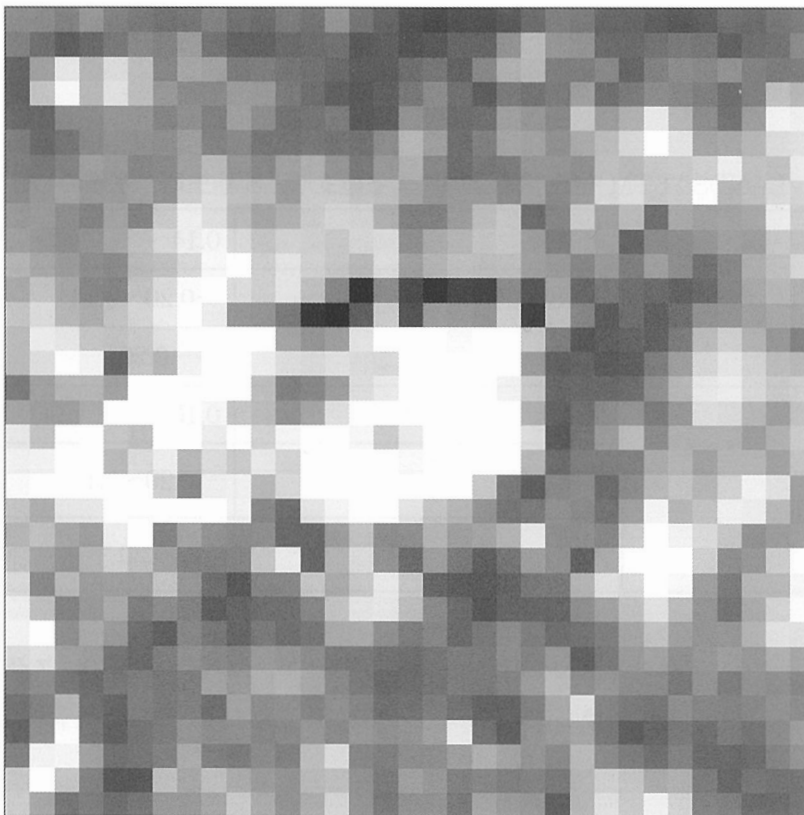


図-2.7 植生指標画像 (ケーススタディエリア : 1999年7月25日観測)

図-2.4～図-2.7の植生指標画像の特徴を表-2.1にまとめた。

表-2.1 本調査で作成したLANDSAT/TM 植生指標画像の特徴

観測対象	観測年月日	特徴
練馬区全域	1989年11月2日 (図-2.4 参照)	光が丘公園、石神井公園などの比較的規模の大きい公園の植生指標が高くなっており、画像では白く発色している。
	1999年7月25日 (図-2.5 参照)	光が丘公園、石神井公園などの比較的規模の大きい公園の植生指標が高くなっており、画像では白く発色している。光が丘公園、石神井公園などでは図-2.4 と比べ輝度が高い。これは、夏季のデータのため植生の活性度が高いことによると思われる。
ケーススタディ エリア (1km× 1km)	1989年11月2日 (図-2.6 参照)	石神井池は、周辺に比べて植生指標が著しく低く、水域の区分が容易であることがわかる。
	1999年7月25日 (図-2.7 参照)	図-2.6 と比べ、石神井池周辺の植生指標値が高い。また、画像中央部の草地と思われる個所は、図-2.6 と比べると著しく輝度が高い。

次に、作成した植生指標画像をフォールスカラー画像（資料編1、図-1.3、図-1.4）の上にオーバーレイし、植生域、非植生域、水域のしきい値を求めた。その結果を表-2.2に示す。

表-2.2 LANDSAT/TM 植生指標画像による植生域、非植生域、水域のしきい値

1989年11月2日	植生域	0.14～
	非植生域	-0.20～0.14
	水域	～-0.20
1999年7月25日	植生域	0.15～
	非植生域	-0.20～0.15
	水域	～-0.20

求めたしきい値を用いてマスク処理を行ない、植生域、非植生域、水域の3種のマスク画像を作成した。マスク処理を行うことにより、分類対象画像の画素値の分散が小さくなり、誤分類を軽減し分類精度を向上させることができる。

(2) クラスター分類

(1) で作成した3種のマスク画像に対し、クラスター分類によって土地被覆分類を行なった。クラスター分類は、特徴の類似したデータを「似たものどうし」としてグループ(クラスター)化する手法であり、トレーニングデータを用いない「教師無し分類」の代表的な手法である。一般に分類精度はトレーニングデータを用いた「教師つき分類」のほうが精度が高いとされているが、多数のトレーニングデータを必要とするため作業効率が低下する。本調査は、広域緑地調査への適用性も念頭においているため、トレーニングデータを取得できない状況での精度検証を実施することをテーマに、クラスター分類を実施することにした。

クラスター分類を実施する際、土地被覆分類項目数に応じてクラスター数を設定する必要がある。そのため、あらかじめ土地被覆分類項目を設定した。土地被覆分類項目の設定は、表-2.3を参考にした。これによるとレベルⅠからレベルⅢまでの土地被覆分類項目が存在するが、本調査の対象は都市緑地であるため同一の地被状態が広域にわたっておらずミクセル(複数の土地被覆が混在しているピクセル)が多数存在することを考慮すると、高レベルの分類は困難であると思われる。そのため、レベルⅠを基に表-2.4の土地被覆分類項目を設定した。

表一-2.3 土地被覆分類項目の設定基準²⁾

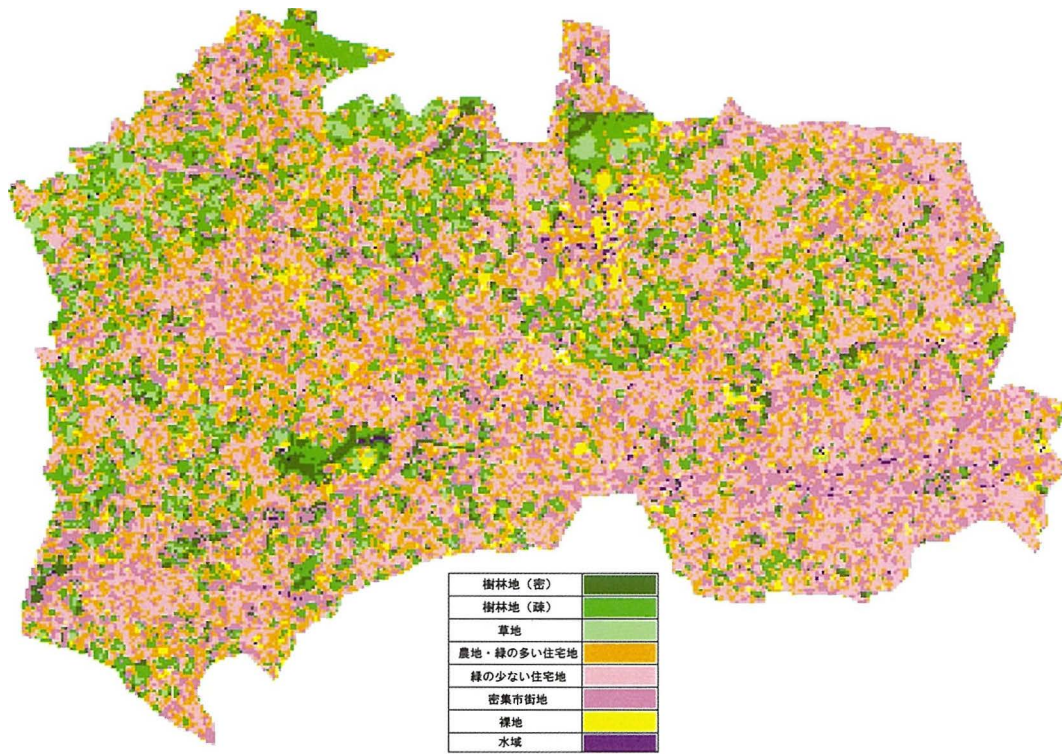
レベルI	レベルII	レベルIII	定義
1.都市・集落 (人工構造物)	11.居住地 12.工場 13.特殊施設 14.道路	111.高密度市街地 112.低層市街地 113.大規模住宅団地 114.集落 115.その他 121.工場 131.屋外運動競技施設 132.運輸流通施設 133.その他の施設 141.自動車専用道路 142.幹線道路 143.その他の道路	中高層建築物が密集している市街地 住宅を主とする低層の市街地 中高層の住宅団地 市街を形成しない農村集落等 学校、兵舎等上記以外の居住地 大規模な工場と施設 総合運動場、競技場、野球場等の施設でフィールドを持つもの 空港、駅、港湾施設、倉庫等の運輸流通業務を行うための施設 タンク、温室等の上記以外の施設 高速道路、有料道路等の自動車専用道路 幅の広い幹線道路 その他判断可能な道路
2.農草地	21.水田 22.畑 23.草地	211.水田 221.普通畑 222.その他の畑 231.牧草地 232.芝地 233.野草地 234.かん木・やぶ 235.湿性草地	水稲、い草、蓮等が栽培されている水田 麦、陸稲、野菜等が栽培されている土地 茶畑、桑畑、樹木畑 牧草が栽培されている土地 ゴルフ場等の芝地 自然の草で覆われている土地 主としてかん木・やぶで覆われている土地、はい松地を含む 自然の草で覆われている湿地
3.林地	31.針葉樹林 32.広葉樹林 33.混交林 34.その他の林地	311.植栽林 312.その他の針葉樹林 321.常緑広葉樹林 322.落葉広葉樹林 331.混交林 341.果樹園 342.その他の樹林	規制的に植林されている針葉樹林 植栽林以外の針葉樹林 常緑広葉樹を主とする林地 落葉広葉樹を主とする林地 針葉樹、広葉樹等が混在する林地 果樹が栽培されている土地 上記以外の竹、しゅろ科樹木等の林地
4.裸地	41.露岩 42.砂礫 43.土 44.その他	411.溶岩 412.採石場 413.その他の露岩 421.火山性砂礫地 422.砂浜・礫浜 423.その他の砂礫地 431.埋立地 432.造成地 433.空地・その他 441.枯草地 442.湿地	溶岩からなる露岩 採石のための人工的に造られた露岩 溶岩、採石場以外の露岩 火山性砂礫からなる土地 砂または礫からなる浜、砂州等 河原等上記以外の砂礫地 埋立地の裸地 造成中の裸地 空地、グラウンド等土で覆われた裸地 枯草で覆われた裸地 干潟、干拓地等で植生のない湿性の裸地
5.水域	51.河川・水路 52.湖沼 53.海部	511.河川・水路 521.湖沼 522.貯水池・池 531.海部	河川、水路 湖、沼 貯水池、池 海
6.雪・氷 [雲] [影]	61.雪 62.氷	611.雪 621.氷	雪で覆われた土地 氷で覆われた土地

表-2.4 LANDSAT/TM による土地被覆分類で設定した分類項目

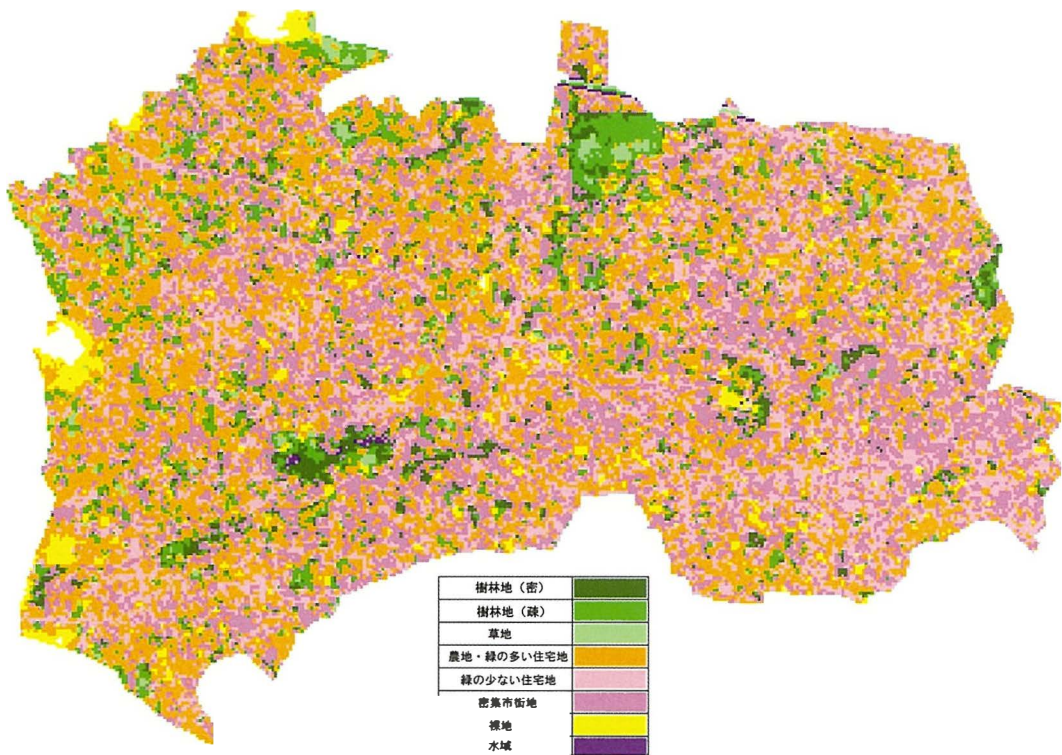
分類項目	説明
樹林地 (密)	密集した樹林地
樹林地 (疎)	樹間密度の低い樹林地
草地	雑草地、芝地
農地・緑の多い住宅地	水田・畑などの農地、緑の多い低層市街地
緑の少ない住宅地	緑の少ない低層市街地
密集市街地	中高層建築物が密集した市街地
裸地	砂地、空地、造成地など
水域	河川、湖沼

この分類項目を (1) で作成したマスク画像にあてはめると、植生域画像からは「樹林地 (密)」「樹林地 (疎)」「草地」を抽出し、非植生域画像からは「農地・緑の多い住宅地」「緑の少ない住宅地」「密集市街地」「裸地」を抽出することとなる。1項目あたり 10 クラスタ程度の設定とするため、ここでは各マスク画像につき 30 クラスタ、合計 60 クラスタを設定した。なお、クラスタに用いたバンド数は、熱赤外域データ (バンド6) を除く 6 バンドである。

以上により作成した土地被覆分類画像を図-2.8～図-2.11 に示す。



図一2.8 土地被覆分類画像（練馬区全域・1989年11月2日観測）



図一2.9 土地被覆分類画像（練馬区全域：1999年7月25日観測）

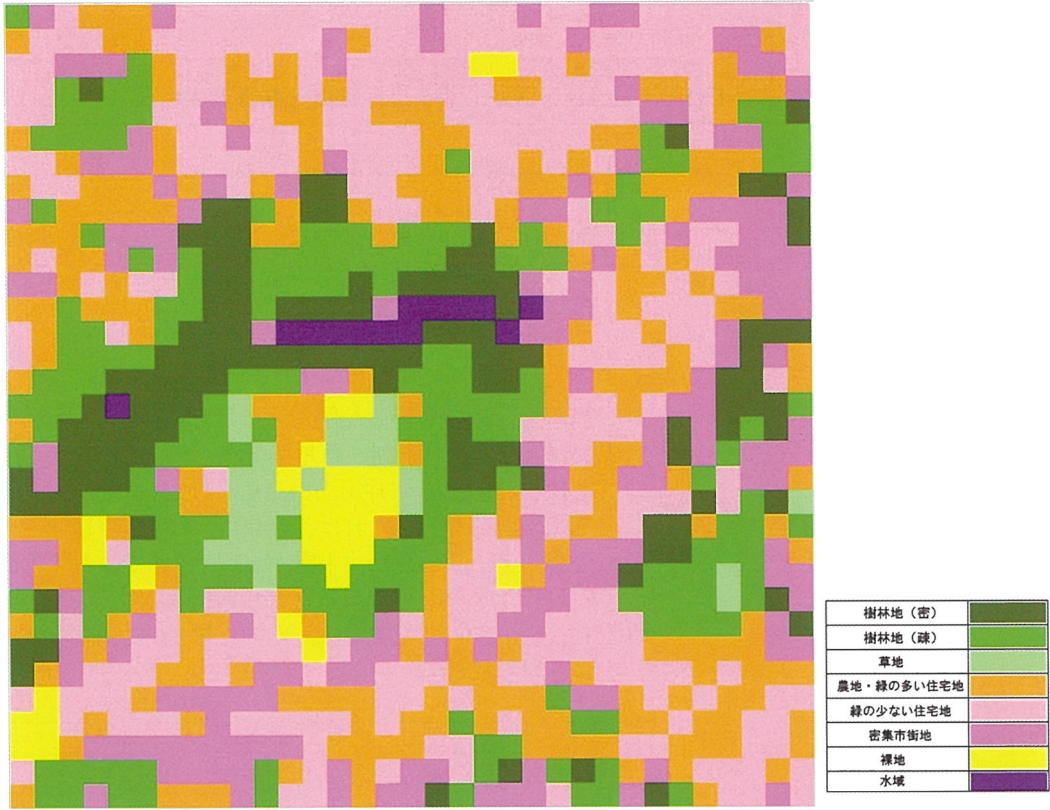


図-2.10 土地被覆分類画像 (ケーススタディエリア : 1989年11月2日観測)

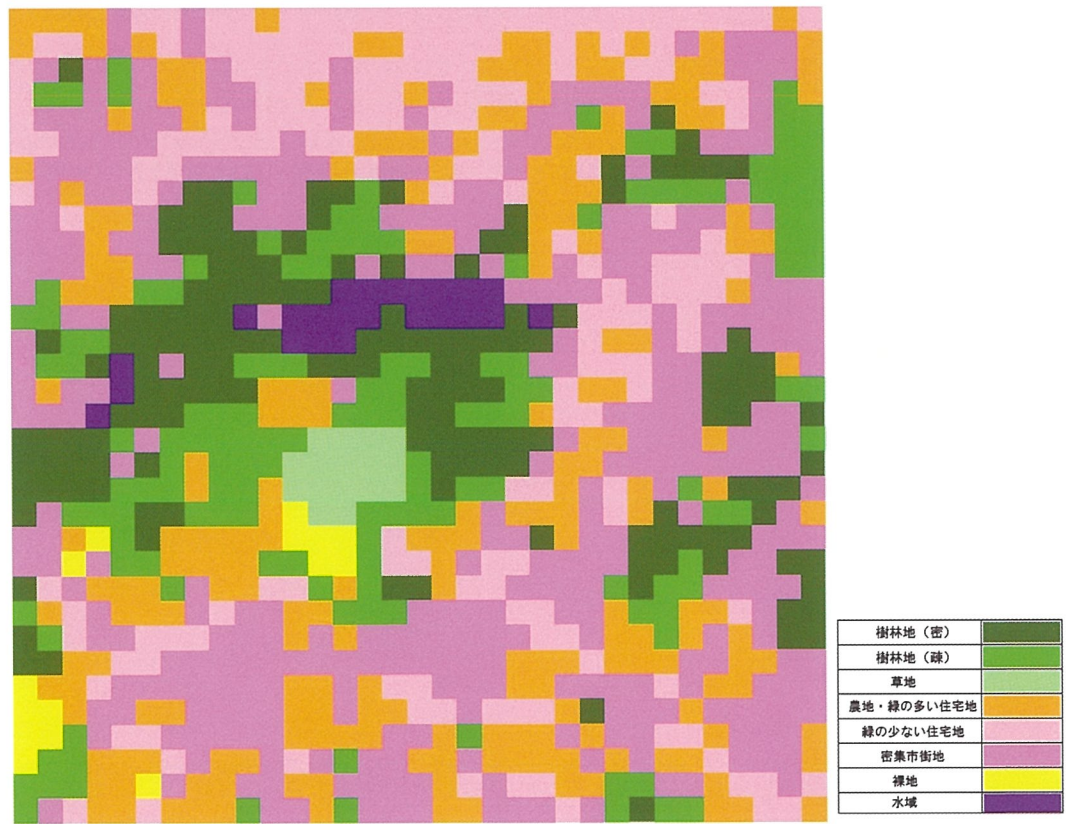


図-2.11 土地被覆分類画像 (ケーススタディエリア : 1999年7月25日観測)

図-2.8～図-2.11の土地被覆分類画像の特徴を表-2.5にまとめた。

表-2.5 本調査で作成したLANDSAT/TM 土地被覆分類画像の特徴

観測対象	観測年月日	特徴
練馬区全域	1989年11月2日 (図-2.9 参照)	光が丘公園、石神井公園などの比較的規模の大きい公園にまとまった樹林地、草地在分布している。また、区西部に小規模な樹林地や草地在分布している。
	1999年7月25日 (図-2.10 参照)	光が丘公園、石神井公園などの比較的規模の大きい公園にまとまった樹林地、草地在分布している。また図-2.9と比べると、石神井川沿いに樹林地が列状に分布している様子が分かる。これは、1999年7月25日のデータが夏季のデータのため、川沿いに植樹されている落葉樹(おそらくサクラと思われる)の樹冠面積が大きいことにより、図-2.9で見出しにくかった樹林帯が抽出されたものと思われる。
ケーススタディ エリア (1km× 1km)	1989年11月2日 (図-2.11 参照)	石神井池周辺にまとまった樹林地が分布している。時期的に落葉の可能性があるので、図-2.12と比べて樹林地(疎)が多く分布している。また、画像中央部の草地と思われる箇所、は芝枯れのため裸地に分類されている。
	1999年7月25日 (図-2.12 参照)	石神井池周辺にまとまった樹林地が分布している。夏季のデータのため、図-2.11と比べて樹林地(密)が多く分布している。画像中央部の草地と思われる箇所は、明瞭に草地に分類されている。

2.3 高分解能衛星データを用いた都市緑地の抽出

ここでは、高分解能衛星 IKONOS データを用いて都市緑地の抽出を試みた。
IKONOS データの解析の流れを図-2.12 に示し、以下に説明する。

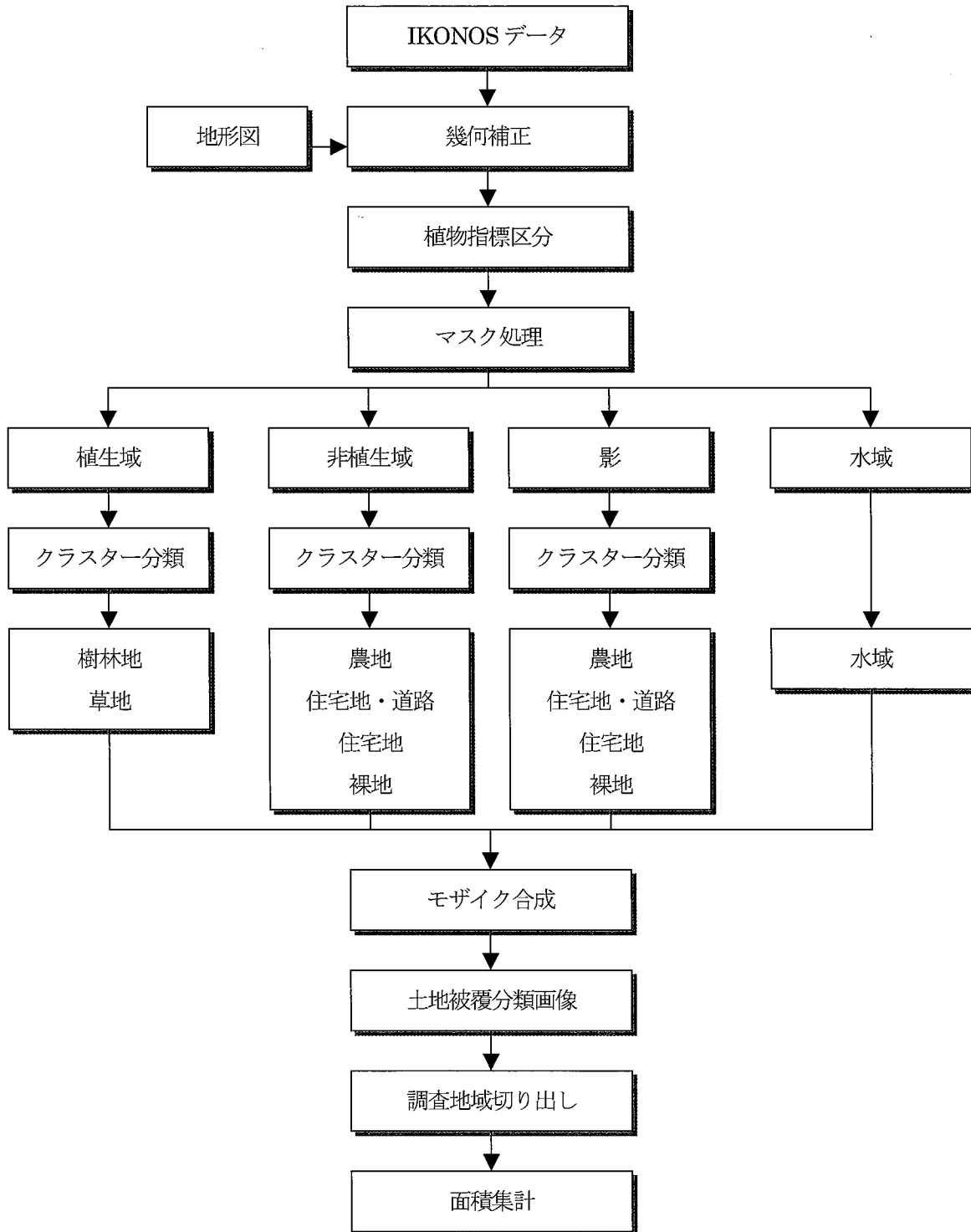


図-2.12 IKONOS データの解析の流れ

(1) 植生指標区分

LANDSAT/TM の場合と同様に植生指標を求めた。作成した植生指標画像を図-2.13 に示す。

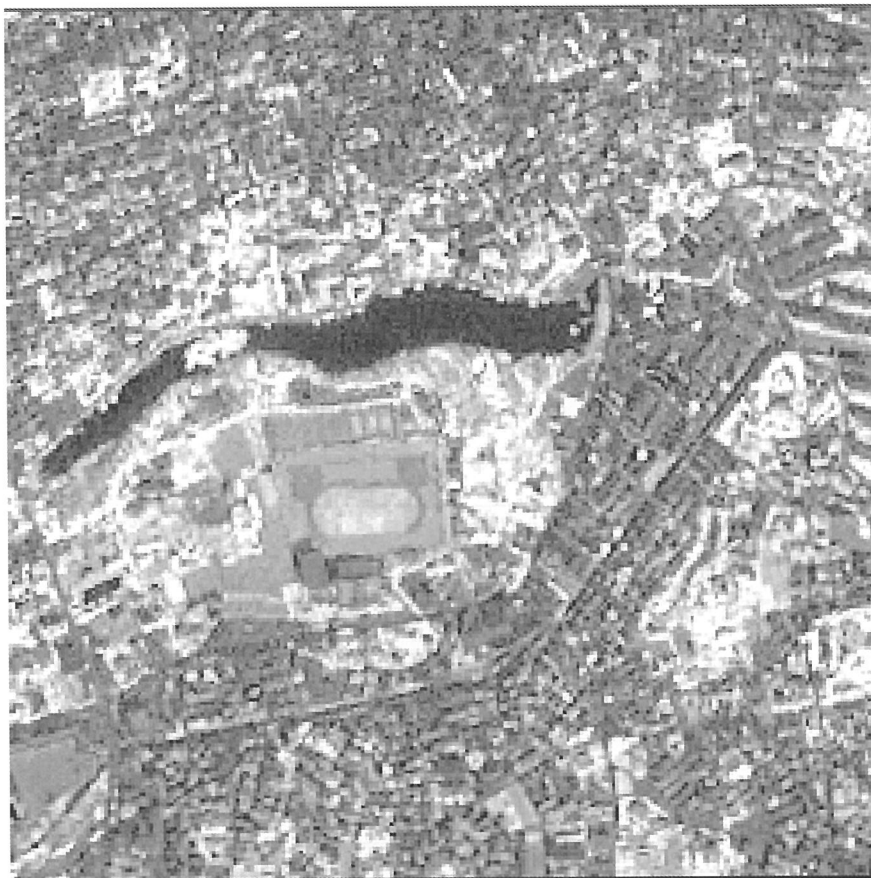


図-2.13 植生指標画像（ケーススタディエリア：2000年2月23日観測）

図-2.13 を見ると水域と影の輝度値がきわめて低いことがわかる。LANDSAT/TM では分解能が低いため建物の影の存在は無視することができたが、IKONOS では影の存在を無視することはできないと思われる。そこで、マスク処理には影を加えることとした。植生指標画像をフォールスカラー画像（資料編1 図-1.13）の上にオーバーレイし、植生域、非植生域、水域、影のしきい値を求めた結果を表-2.6 に示す。

表-2.6 IKONOS 植生指標画像による植生域、非植生域、水域、影のしきい値

2000年2月23日	植生域	0.08～
	非植生域	-0.10～0.08
	影	-0.20～-0.10
	水域	～-0.20

求めたしきい値を用いてマスク処理を行ない、植生域、非植生域、水域、影の4種のマスク画像を作成した。

(2) クラスタ分類

(1) で作成した4種のマスク画像に対し、LANDSAT/TMと同様にクラスタ分類によって土地被覆分類を行なった。

LANDSAT/TMと同様、クラスタ分類に際し、分類項目の設定を行なった。LANDSAT/TMとIKONOSは分解能が大きく異なるため、衛星画像の示す情報が異なるものと考えられる。そこでIKONOSの分類項目は表-2.7のように設定した。

表-2.7 IKONOSによる土地被覆分類で設定した分類項目

分類項目	説明
樹林地	樹林地
草地	雑草地、芝地
農地	水田・畑などの農地
住宅地	住宅（フォールスカラー画像上で輝度が高い屋根を有する）
住宅地・道路	住宅、道路など
裸地	砂地、空地、造成地など
水域	河川、湖沼

この分類項目を(1)で作成したマスク画像にあてはめると、植生域画像からは「樹林地」「草地」を抽出し、非植生域画像からは「農地」「住宅地」「住宅地・道路」「裸地」を抽出することとなる。また影画像からは、微妙な色調差から「樹林地」「草地」「農地」「住宅地」「住宅地・道路」などを抽出することが期待される。これらを考慮し、ここでは各マスク画像につき30クラスタ、合計90クラスタを設定した。なお、クラスタ分類に用いたバンド数は、可視光域から近赤外域の4バンドである。

以上により作成した土地被覆分類画像を図-2.14に示す。

図-2.14のIKONOSの土地被覆分類画像の特徴を以下に列記する。

- ・石神井池周辺がまとまった樹林地として抽出され、LANDSAT/TMによる図-2.10、図-2.11と比べると樹林地の中に住宅地が点在している様子が分かる。これは、分解能が高いため、樹林地内の家屋が住宅地として抽出されていることによる。また、樹林地内に点在する裸地は、落葉樹の葉が落ち、地肌が露出している個所と思われる。
- ・住宅地内に樹林地が点在している。これは、街路樹や屋敷林を示すと思われる。
- ・非植生域の住宅地、住宅地・道路・裸地は、地物の反射輝度によって分けられており、地物との対応が不明瞭である。例えば、家屋の場合、屋根の反射輝度が高い場合は裸地になり、低い場合は住宅地・道路になっている。
- ・影画像からは、NDVI、クラスタ分類いずれの手法においても、影の中の樹林地や草地の抽出は困難であった。そのためここでは、影の分類結果を「農地」「住宅地」「住宅地・道路」「裸地」の4項目に振り分けた。



図-2.14 土地被覆分類画像（ケーススタディエリア，2000年2月23日観測）

2.4 航空写真による都市緑地の抽出結果

航空写真判読は、従来の都市緑地調査で最もよく用いられている手法であり、高精度で緑地抽出を行なうことができると考えられる。本調査では、各リモートセンシング手法の検証資料とするため、航空写真判読を行なった。

航空写真判読の流れを図-2.15 に示し、以下に説明する。

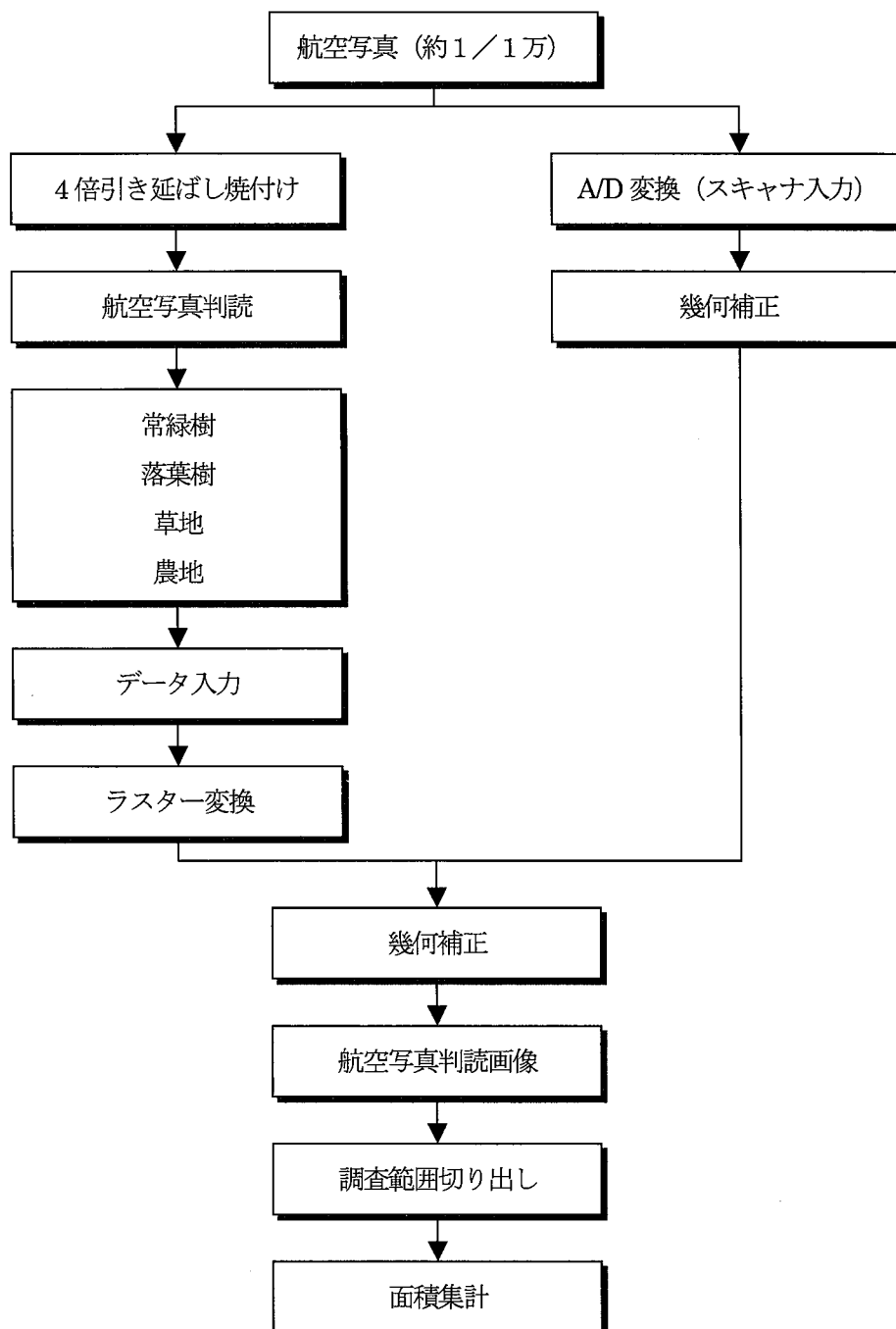


図-2.15 航空写真判読の流れ

航空写真は、航空機に取り付けた測量用カメラで撮影された写真である。このため、レンズを中心とした中心投影であり、地形図の正射投影と比較して、一定の歪みを持っている。このため、航空写真より緑地を抽出するために、目視判読を行い、航空写真上のマイラーに移写していく作業を行った。判読の最小単位は、5m×5m（図上2mm）とした。

写真を判読する際、対象物の決め手となるものを判読のキーと呼ぶ。とくに判読の結果は、判読者の経験や知識に依存するところが大きく、熟練度によって判読結果に差が生じるという欠点がある。そこで、森林判読、植生判読、地質判読などといった定型的な判読作業においては、判読者による誤差を少なくするため、あらかじめ判読のキーを用意するのが望ましい。本調査では、既存の緑地分布図を参考として、判読を進めた。航空写真による緑地分布の判読項目は、表-2.8に示す①常緑樹、②落葉樹、③草地、④農地の4項目とした。

表-2.8 航空写真の判読項目

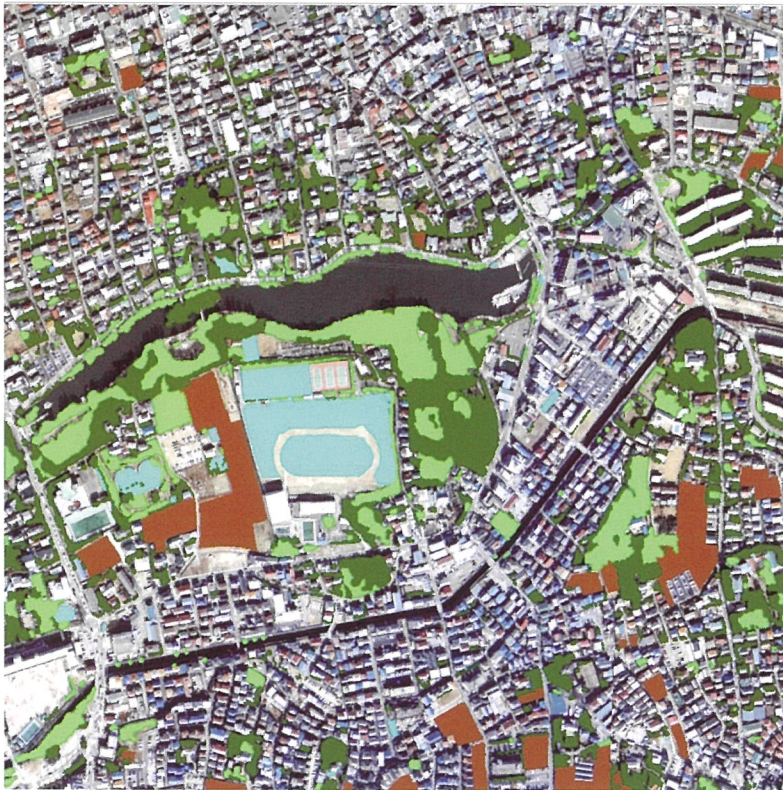
判読項目	説明
常緑樹	マツ、カシなどの常緑樹林
落葉樹	サクラ、カエデなどの落葉樹林
草地	雑草地、芝地
農地	水田、畑などの農地

判読は、引き延ばした写真上で行ない、基図を作成した。基図をもとに、ディジタイザによりデータ入力を行ない、ベクターデータを作成し、さらに、ラスター変換を施した。ピクセルサイズは0.25mとした。

以上の判読データに幾何補正を行ない、航空写真判読画像を作成した（図-2.16）。



(1) 1989年11月



(2) 1992年2月



(3) 1999年8月

図-2.16 航空写真判読画像（ケーススタディエリア） 前ページの続き

図-2.16の航空写真判読画像の特徴を表-2.9にまとめた。

表-2.9 本調査で作成した航空写真判読画像の特徴

観測対象	撮影年月	特徴
ケーススタディ エリア（1km× 1km）	1989年11月 （図-2.17(1) 参照）	3時期の中で最も農地が多く分布している。図-2.17(2)、 図-2.17(3)と比較すると、ケーススタディエリアの北西 端の農地は高層住宅地になっており、ケーススタディ エリアの南部の農地は駐車場になっていると思われる。
	1992年2月 （図-2.17(2) 参照）	冬季の写真を用いているため、3時期の中で最も緑量が 少なく判読されている。とくに、池淵史跡公園内の樹林 地はおおむね落葉樹であるため、冬季の写真の判読では、 草地として認識されている。
	1999年8月 （図-2.17(3) 参照）	夏季の写真を用いているため、3時期の中で最も緑量が 多く判読されている。

2.5 樹木現地調査

本調査では、各リモートセンシング手法による緑地抽出結果と実際の緑被状況を比較検討するために現地調査を実施した。衛星データ、航空写真はいずれも樹冠を観測あるいは撮影するため、緑地面積を求めることはできるが、樹木本数、樹種、樹高、胸高直径等を求めるのは困難であると言える。

しかし、樹木の疎密は衛星データの輝度値や航空写真のきめに反映するため、両者の関連性を調べることによってリモートセンシングデータから樹木本数等が推定できる可能性がある。そこで、現地調査では、LANDSAT/TM のピクセルサイズに相当する 30m×30m の現地調査地点を 12 点設置し、樹種、樹高、胸高直径、枝張りの毎木調査と樹木本数の調査を行なった。

樹木現地調査の流れを図-2.17 に示し、以下に説明する。

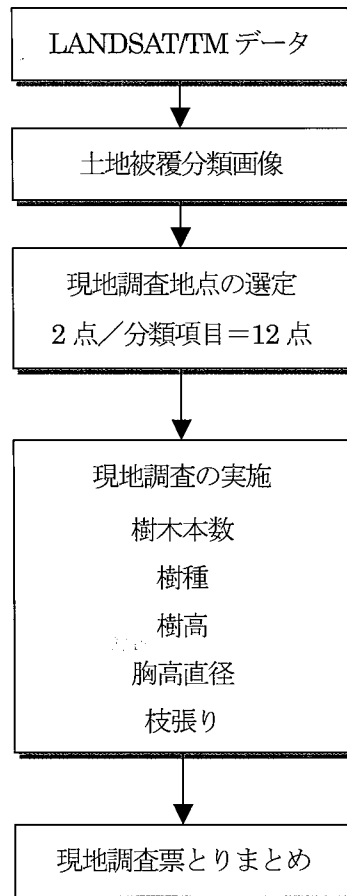


図-2.17 現地樹木調査の流れ

(1) 現地調査地点の選定

現地調査はリモートセンシング解析結果との関連性検討が目的であるため、現地調査地点はリモートセンシング解析結果を参照して選定した。選定に使用した解析結果は、1999年7月25日観測のLANDSAT/TMの土地被覆分類結果である。各分類項目を代表する樹木本数、樹種、樹高、胸高直径等を抽出するため、分類項目につき2点(裸地、水域は除く)、合計12点の現地調査地点を選定した。これにより、LANDSAT/TMの各分類項目を代表する樹木本数、樹種、樹高、胸高直径等が得られ、各分類項目の面積を乗じることによ

りケーススタディエリア（1km×1km）全体の樹木本数、樹種、樹高、胸高直径等、ひいては練馬区全体の樹木本数、樹種、樹高、胸高直径等の推定が期待される。また、選定にあたっては、衛星データの幾何学的歪みを考慮し、2×2=4ピクセルが同一の項目に分類されている個所から中間の30m×30mを選定した。選定の概念図を図-2.18に示す。

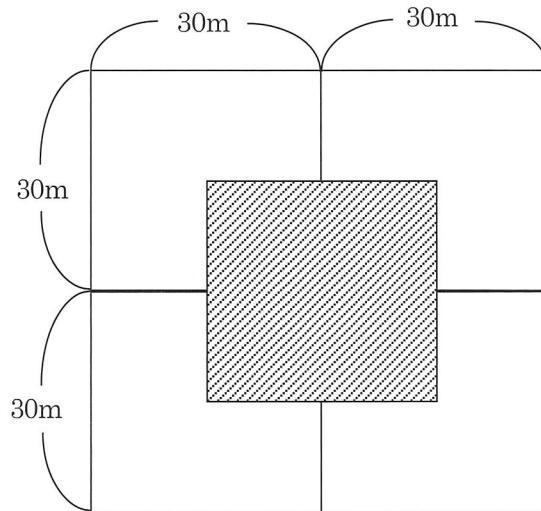


図-2.18 現地調査地点選定の概念図

このようにして選定された現地調査地点を図-2.19に示し、各地点の概要を表-2.10に示す。

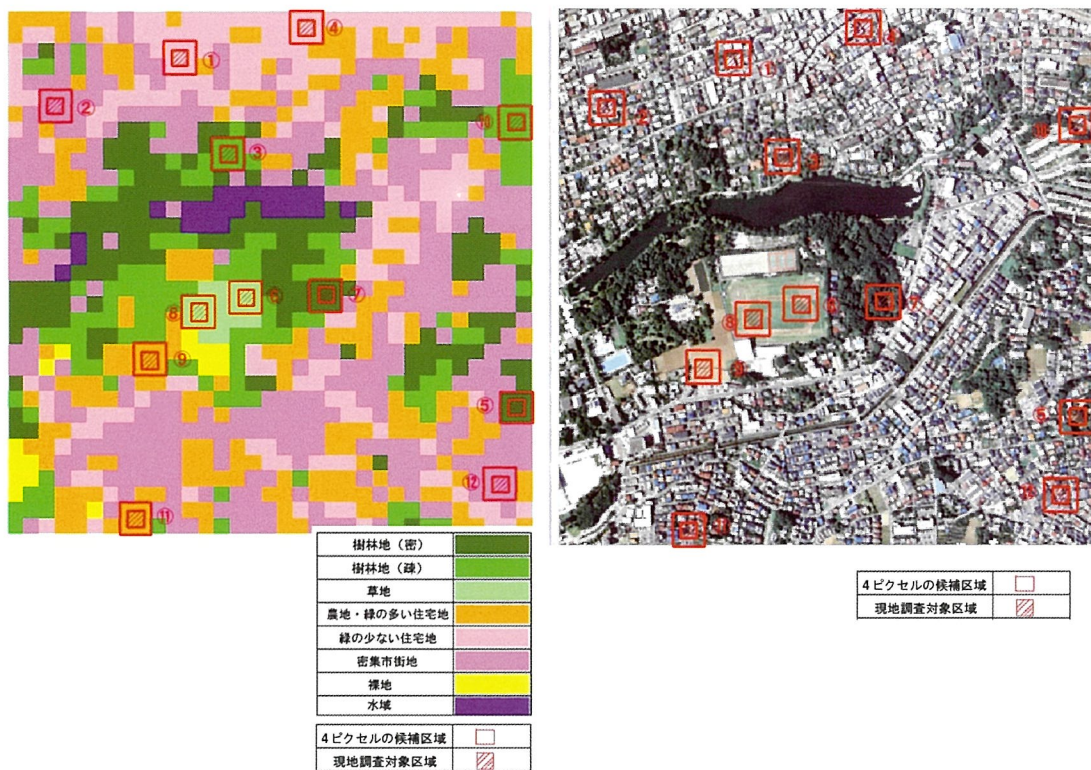


図-2.19 現地調査地点位置図

表-2.10 選定した現地調査地点の概要

地点No.	LANDSAT/TM の 分類項目	場所
1	緑の少ない住宅地	石神井町6丁目・東京ガス石神井営業所の南
2	密集市街地	石神井町6丁目・石神井警察署の南
3	樹林地（疎）	石神井町6丁目・石神井池北側の住宅地
4	緑の少ない住宅地	石神井町3丁目・順正寺の東
5	樹林地（密）	南田中5丁目・善戒寺の敷地内
6	草地	石神井町5丁目・住友銀行石神井運動場内
7	樹林地（密）	石神井町5丁目・石神井公園内
8	草地	石神井町5丁目・住友銀行石神井運動場内
9	農地・緑の多い住宅地	石神井町5丁目・住友銀行石神井運動場の西
10	樹林地（疎）	南田中5丁目・都営南田中アパートの北
11	農地・緑の多い住宅地	下石神井6丁目・下石神井地区区民館の西
12	密集市街地	下石神井3丁目・善戒寺の南

(2) 現地調査の実施

各調査項目の調査手法は表-2.11 のとおりである。

なお、調査地点が私有地の場合は、敷地内に立ち入ることはせず、側道から目視により調査を行なった。

表-2.11 現地樹木調査の調査手法

調査項目	調査手法	
樹木本数	実測	私有地の場合は、すべて目測
樹種	実測	
樹高	目測	
胸高直径	実測	
枝張り	歩測	

(3) 現地調査票とりまとめ

調査結果は、現地調査票にとりまとめた。現地調査票は、調査地点全体の状況（樹木本数、地形、緑被率、樹木種別、主要構成樹種、平均樹高、平均胸高直径）と毎木の状況（樹木種別、樹種、樹高、胸高直径、枝張り）に分けて記述し、樹木分布図および現地写真を貼付した。各現地調査地点の現地調査票は資料編2に示す。

2.6 都市緑地面積の集計

2.2 から 2.4 で述べた各リモートセンシング手法(従来型人工衛星 LANDSAT/TM、高分解能衛星 IKONOS、航空写真)により抽出した都市緑地の面積を集計した。各リモートセンシング手法による抽出結果は、すべてラスターデータ化されているため、ピクセル数を集計しピクセルサイズを乗じることによって、緑地面積が求まる。面積の集計は、ケーススタディエリアと練馬区全域に対して行い、練馬区全域については既往調査資料(練馬区みどりの実態調査)から抽出した緑地面積も併せて整理した。

集計した都市緑地面積の一覧表を表-2.12 に示す。

表-2.12 各リモートセンシング手法による都市緑地面積一覧表

(1) 調査対象範囲(1km×1km)

LANDSAT/TM(30m)					IKONOS(4m)			航空写真判読(0.25m)						
凡例	1989年11月2日		1999年7月25日		凡例	2000年2月23日		凡例	1989年11月		1992年2月		1999年8月	
	面積(m ²)	面積率(%)	面積(m ²)	面積率(%)		面積(m ²)	面積率(%)		面積(m ²)	面積率(%)	面積(m ²)	面積率(%)	面積(m ²)	面積率(%)
樹林地(密)	111,600	11.4	138,600	14.1	樹林地	246,272	24.6	常緑樹	134,022	13.4	111,221	11.1	147,568	14.8
樹林地(疎)	174,600	17.8	130,500	13.3				落葉樹	70,791	7.1	63,392	6.3	83,683	8.4
草地	25,200	2.6	14,400	1.5	草地	39,776	4.0	草地	27,794	2.8	23,154	2.3	35,092	3.5
農地・緑の多い住宅地	216,900	22.1	198,900	20.3	農地	84,704	8.5	農地	44,574	4.5	38,225	3.8	28,988	2.9
裸地	27,900	2.8	13,500	1.4	裸地	155,504	15.6							
水域	11,700	1.2	14,400	1.5	水域	37,104	3.7							
緑の少ない住宅地	154,800	15.8	312,300	31.9	住宅地・道路	176,096	17.6							
密集市街地	257,400	26.3	157,500	16.1	住宅地	260,544	26.1							
合計	980,100	100.0	980,100	100.0		1,000,000	100.0		1,000,000	100.0	1,000,000	100.0	1,000,000	100.0

(2) 練馬区全域

LANDSAT/TM(30m)					既往調査結果				
凡例	1989年11月2日		1999年7月25日		凡例	1991年		1996年	
	面積(ha)	面積率(%)	面積(ha)	面積率(%)		面積(ha)	面積率(%)	面積(ha)	面積率(%)
樹林地(密)	168.03	3.49	173.97	3.61	樹木被覆地	550.97	11.44	584.94	12.15
樹林地(疎)	822.51	17.08	445.50	9.25					
草地	162.09	3.37	67.59	1.40	雑草地	93.18	1.93	123.09	2.56
農地・緑の多い住宅地	1,085.58	22.54	1,847.61	38.36	普通畑	355.78	7.39	246.36	5.12
					果樹畑	51.87	1.08	35.42	0.74
					苗木畑	91.37	1.90	58.86	1.22
					芝畑	64.91	1.35	40.47	0.84
裸地	112.86	2.34	135.27	2.81	裸地	267.40	5.55	301.38	6.26
水域	15.39	0.32	6.75	0.14	水域	27.56	0.57	25.10	0.52
緑の少ない住宅地	812.52	16.87	970.92	20.16					
密集市街地	1,635.57	33.96	1,151.28	23.91					
雲	1.44	0.03	17.10	0.36					
合計	4,815.99	100.00	4,815.99	100.00	合計	4,816.00	100.00	4,816.00	100.00

2.7 都市緑地抽出手法の比較検討

ここでは、各リモートセンシングによる緑地抽出結果に基づき、①分類処理の適用性、②解像度の違いによる緑地抽出精度、③広域調査への適用性の3つのテーマについて、比較検討した。

これらのテーマで検討する内容を表-2.13 に示す。

表-2.13 都市緑地抽出手法の比較検討内容

検証テーマ	検証内容
2.7.1 分類処理の適用性の検証	(1) クラスタ分類の妥当性の検証
2.7.2 画像解像度の違いによる緑地抽出精度の検証	(1) 位置精度（幾何補正精度）の検証
	(2) 緑地抽出結果の定性的な比較
	(3) 緑地面積の比較検討
2.7.3 多様な調査への適用性の検討	(1) 効率性の検討
	(2) ミクセルの補正による精度向上可能性の検討
	(3) 土地被覆分類結果と樹木現地調査結果との比較
	(4) 経年変化の検討
	(5) 常緑樹、落葉樹の分類可能性の検討

2.7.1 分類処理の適用性の検証

(1) クラスタ分類の妥当性検証

本調査は、人工衛星技術の広域な緑地調査への適用も念頭においているため、調査対象地域の現地情報を取得できない状況での精度検証を行うという観点から、リモートセンシングデータの解析にはトレーニングデータを必要としないクラスタ分類を用いた。分類結果には現地調査の情報が反映されていないため、整合性を検証する必要がある。

ここでは、各リモートセンシングによる緑地抽出結果、および既知のデータを用いて、クラスタ分類の妥当性を検証した。

検証は、各クラスターの平均輝度値を求め、検証用に設定したトレーニングエリアの輝度値と比較した。

トレーニングエリアの設定には1994年の細密数値情報を使用した。細密数値情報は、国土地理院から発行されている10mメッシュの土地利用情報である。このデータは宅地利用動向調査から作成されており、三大都市圏（首都圏、中部圏、近畿圏）について整備されている。このうち首都圏については、1974年以降5年おきに発行されており、最新のデータは1994年のデータである。練馬区全域の細密数値情報画像を図-2.20に、ケーススタディエリアの細密数値情報画像を図-2.21に示す。さらに面積集計結果を表-2.14

に示す。

トレーニングエリアは、クラスター分類項目に相当する細密数値情報の土地利用項目からランダムに抽出したエリアを設定した。ここで用いた分類項目と土地利用項目の関係を表-2.15 に示し、選定したトレーニングエリアを図-2.22 に示す。

このエリアを LANDSAT/TM のフォーンスカラー画像上に開いて、エリア内の各バンドの輝度値を調べた。トレーニングエリアは細密数値情報によって土地利用状況が確認された個所なので、トレーニングエリアの輝度値の位置づけは、「検証用の輝度値」となる。一方、クラスターの平均輝度値は、分類の際に使用したクラスターの輝度値で、分類項目の輝度値と言い換えることができる。ただし、これはあくまで画像処理時に用いた輝度値なので「テスト用の輝度値」という位置づけになる。

この両者を比較することによって画像分類の妥当性が得られる。すなわち、両者の輝度値分布が一致していれば、分類が適切に（既知の土地利用状況と類似した）行われたといえる。逆に両者が不一致であれば、分類が不適切に（既知の土地利用状況とかけはなれた）行われたといえる。

以上の観点から、クラスター分類の妥当性を検証した。また、ここで使用したデータは次のとおりである。

- ①LANDSAT/TM データ（1999年7月25日観測）
- ②LANDSAT/TM 分類画像（1999年7月25日観測）
- ③細密数値情報（1994年）

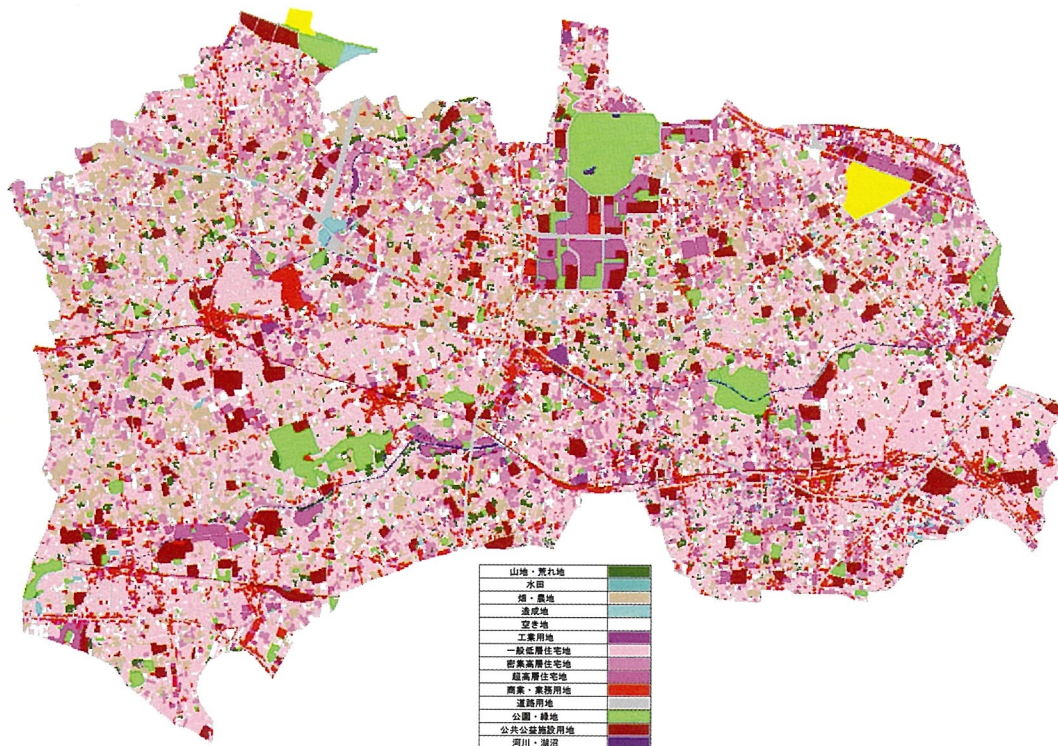


図-2.20 細密数値情報画像（練馬区全域：1994年）

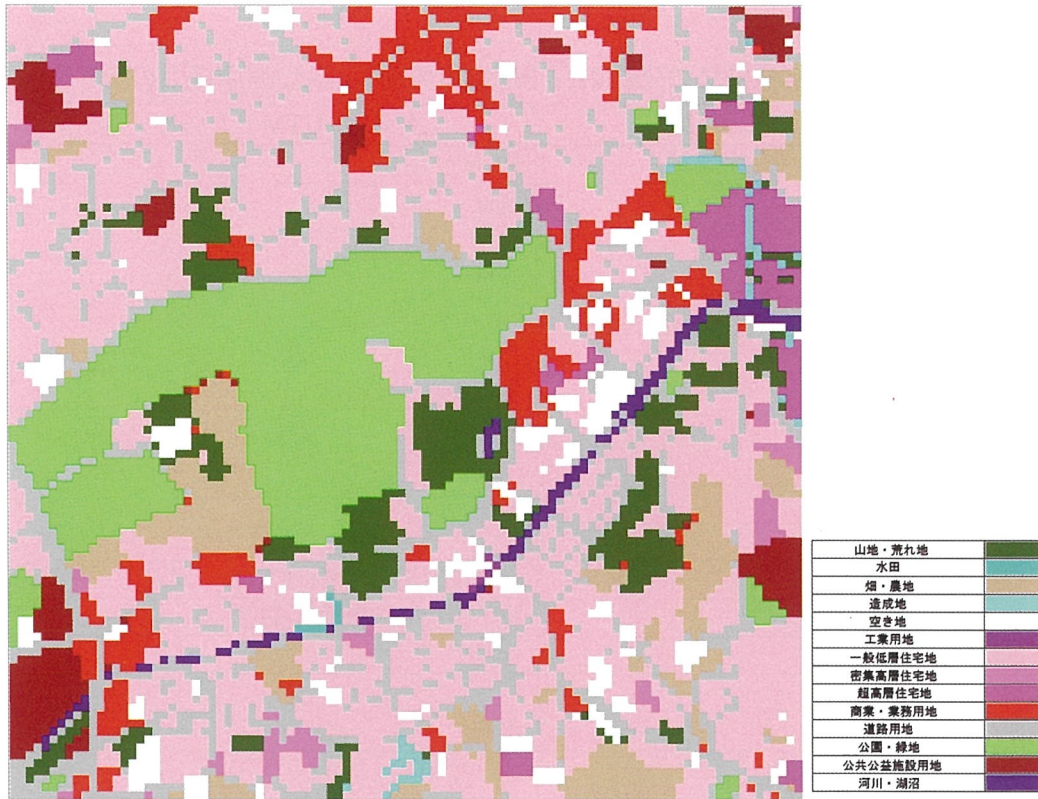


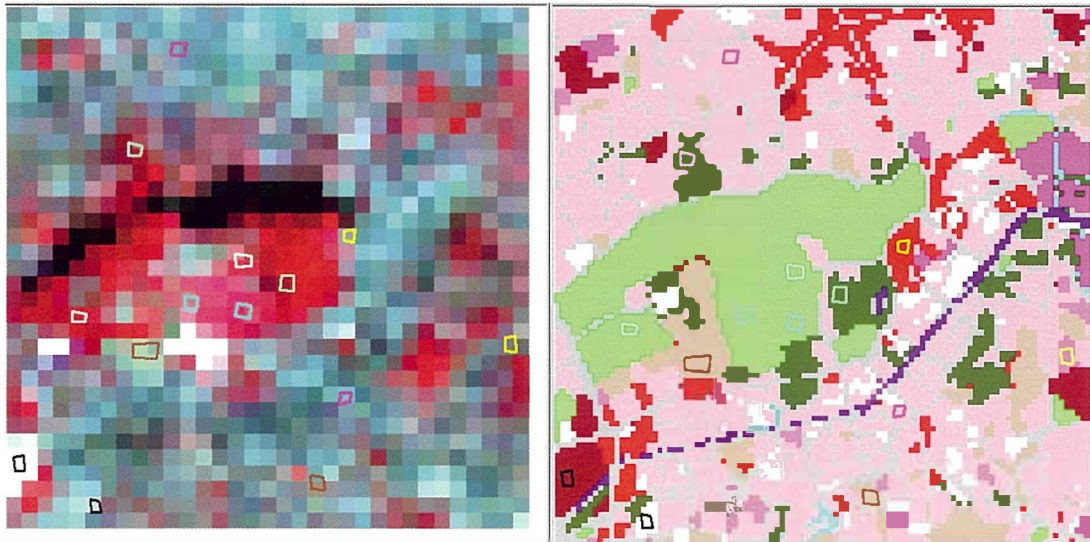
図-2.21 細密数値情報画像（ケーススタディエリア：1994年）

表-2.14 細密数値情報（1994年）による土地利用面積集計結果

	ケーススタディエリア		練馬区全域	
	面積 (m ²)	面積率 (%)	面積 (ha)	面積率 (%)
山林・荒地等	63300	6.3	98.07	2.03
水田	800	0.1	0.1	0.00
畑・その他の農地	64200	6.4	600.66	12.45
造成中地	4600	0.5	19.34	0.40
空地	43300	4.3	305.29	6.33
工業用地	500	0.1	38.14	0.79
一般低層住宅地	378500	37.9	1590.08	32.95
密集低層住宅地	11400	1.1	381.16	7.90
中高層住宅地	24600	2.5	191.22	3.96
商業・業務用地	64500	6.5	345.97	7.17
道路用地	157200	15.7	625.53	12.96
公園・緑地等	143300	14.3	256.24	5.31
その他の公共公益施設用地	32400	3.2	334.09	6.92
河川・湖沼等	11400	1.1	11.87	0.25
その他	0	0.0	28.09	0.58
海	0	0.0	0	0.00

表-2.15 LANDSAT/TM の分類項目と細密数値情報による土地利用項目の関係

細密数値情報（土地利用凡例）	LANDSAT/TM 土地被覆分類項目
山林・荒地等	樹林地（密）
水田	農地
畑・その他の農地	
造成中地	
空地	裸地
工業用地	
一般低層住宅地	
密集低層住宅地	
中高層住宅地	
商業・業務用地	緑の少ない住宅地
道路用地	
公園・緑地等	
その他の公共公益施設用地	
河川・湖沼等	水域
その他	
海	水域



樹林地（密）	緑
樹林地（疎）	薄緑
草地	黄
農地・緑の多い住宅地	赤
緑の少ない住宅地	紫
密集市街地	茶
裸地	白

樹林地（密）	緑
樹林地（疎）	薄緑
草地	黄
農地・緑の多い住宅地	赤
緑の少ない住宅地	紫
密集市街地	茶
裸地	白

図-2.22 選定したトレーニングエリア

各クラスターの平均輝度値とトレーニングエリアの輝度値の比較結果を図-2.23に示す。

これらより、各分類項目ともトレーニングエリアの輝度値とクラスターの輝度値は、ほぼ同じ値をとっており、クラスター分類でも十分妥当な結果を得ることができると考えられる。

また、図-2.23より、各分類項目のスペクトルパターンを見ると、樹林地（密）、樹林地（疎）、草地はバンド4、バンド5の値が高くなっており、植生域特有のパターンを示している。これらの中では、樹林地（密）、樹林地（疎）、草地の順に各バンドの輝度値が高くなっていることがわかる。

農地・緑の多い住宅地、緑の少ない住宅地、密集市街地、裸地の中では、裸地の輝度値が各バンドともきわめて高く、明瞭に区別できる。農地・緑の多い住宅地は、非植生域の中では唯一バンド4の値がバンド3よりも高い。緑の少ない住宅地、密集市街地はきわめて似通ったスペクトルパターンを示しているが、密集市街地のほうが全体に各バンドの輝度値が低い。

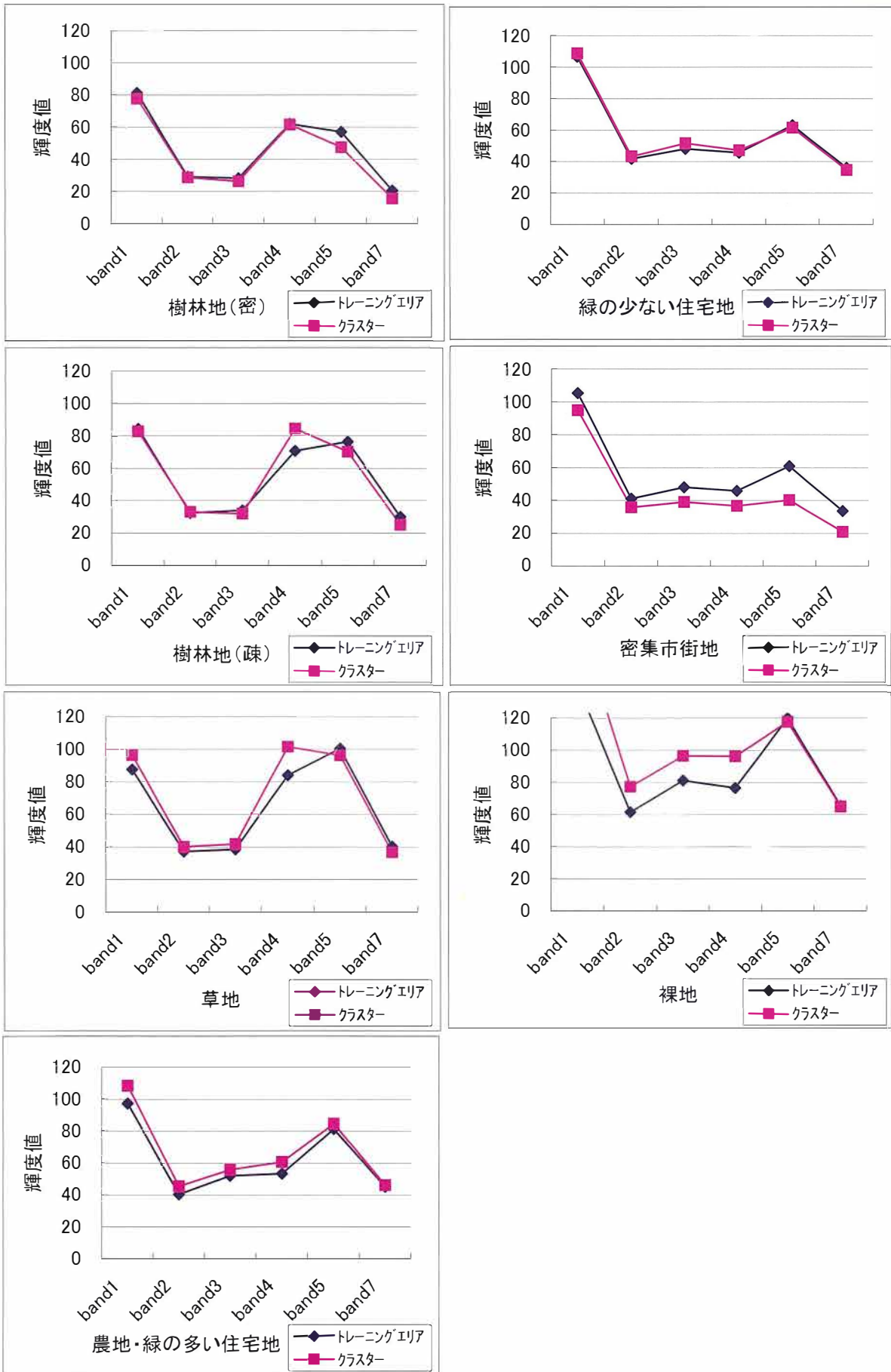


図-2.23 各クラスターの平均輝度値とトレーニングエリアの輝度値の比較結果

2.7.2 画像解像度の違いによる緑地抽出精度の検証

今回使用した LANDSAT/TM、IKONOS、航空写真はそれぞれ空間分解能が大きく異なる。そこで、ここでは空間分解能に応じて、緑地抽出精度がどのように変化するか、検証を試みた。

(1) 位置精度（幾何補正精度）の検証

本調査で使用した各リモートセンシングデータは幾何補正を行い地理座標を与えている。幾何補正の精度は空間分解能と密接な関わりがあるので、ここでは、各リモートセンシングデータの位置精度（幾何補正精度）の検証を行った。

本調査で使用したリモートセンシングデータは、多数点の GCP（Ground Control Point：地上基準点）を取得した後、アフィン変換により次の座標系に統一している。

- ・投影法：ユニバーサル横メルカトル図法（UTM） 第 54 帯
- ・座標単位：メートル
- ・楕円帯：Bessel

アフィン変換は、取得した GCP をもとに線形式を導き出し、座標変換する手法である。GCP が線形式からどれくらい分離しているかを示す指標を RMS 残差といい、値が大きいほど誤差が大きいことを意味する。各データの GCP 数と RMS 残差を表-2.16 にまとめた。

表-2.16 各リモートセンシングデータの GCP 数と RMS 残差

	GCP 数	RMS 残差	ピクセルサイズ	推定誤差
LANDSAT/TM(1989年11月2日観測)	24	0.68	30m	20.4m
LANDSAT/TM(1999年7月25日観測)	35	0.84	30m	25.2m
IKONOS (2000年2月23日観測)	30	2.82	4m	11.3m
航空写真 (1989年11月撮影)	64	4.97	0.25m	1.2m
航空写真 (1992年2月撮影)	108	4.26	0.25m	1.1m
航空写真 (1999年8月撮影)	59	4.29	0.25m	1.1m

表-2.16 より以下の特徴が考えられる。

- ・LANDSAT/TM は、GCP は比較的少ないが、RMS 残差は 1 ピクセル以下で高い精度を示す。広域での GCP が取得しやすく、衛星の姿勢が比較的安定しているために高精度の幾何補正を行うことができた。
- ・航空写真は RMS 残差は 4 以上と大きいものの、ピクセルサイズを小さくすることによって推定誤差を 1m 程度におさえることができた。高解像度のスキヤニングを行うことにより、地物が明確になり GCP が取得しやすくなるため、比較的高精度の幾何補正を行うことができる。
- ・IKONOS は RMS 残差 2.82 ピクセル、推定誤差 11.3m と比較的誤差が大きい。IKONOS や航空写真の

場合、家屋や交差点の角に GCP を取得するが、IKONOS は航空写真と比べて地物の細部が不明瞭であるため、正確な GCP の取得が難しいと思われる。また、IKONOS はポインティング機能を有するため、衛星から地面に対する入射角が一定でない。したがって衛星の姿勢が LANDSAT/TM と比べて安定していないことも誤差を大きくする要因になっていると考えられる。

(2) 緑地抽出結果の定性的な比較

ここでは、各リモートセンシング手法による緑地抽出結果を重ね合わせ、定性的な比較を行なった。LANDSAT/TM の分類結果の上に航空写真判読による緑地抽出結果を重ねた画像を図-2.24 に、IKONOS の分類結果の上に航空写真判読による緑地抽出結果を重ねた画像を図-2.25 に示す。また、ここで使用したデータは次のとおりである。

- ①LANDSAT/TM 分類画像 (1999 年 7 月 25 日観測)
- ②IKONOS 分類画像 (2000 年 2 月 23 日観測)
- ③航空写真判読画像 (1999 年 8 月の写真の判読結果)

図-2.24、図-2.25 よりそれぞれの特徴を以下に述べる。

- ・石神井公園などまとまりのある緑地では航空写真判読で抽出された緑地に対応して LANDSAT/TM 分類画像でも樹林地や草地として分類されており、両者の整合性が高いことがわかる。
- ・街路樹や住宅地内の単木は LANDSAT/TM 分類画像では「密集市街地」や「緑の少ない住宅地」などに分類されており、緑地として抽出されていない。これは、街路樹や住宅地内の単木のまとまりが小さいことによると考えられ、LANDSAT/TM の解像度の限界と思われる。
- ・全体的に写真判読結果と IKONOS 分類結果の整合性は高い。街路樹や住宅地内の単木も IKONOS で比較的高精度に抽出されている。
- ・落葉樹林あるいは林立する樹木の影と思われる個所が IKONOS で正確に抽出できていないケースがある (図-2.25 中 A)。
- ・団地の影にあたる個所が IKONOS で正確に抽出できていないケースがある (図-2.25 中 B)。

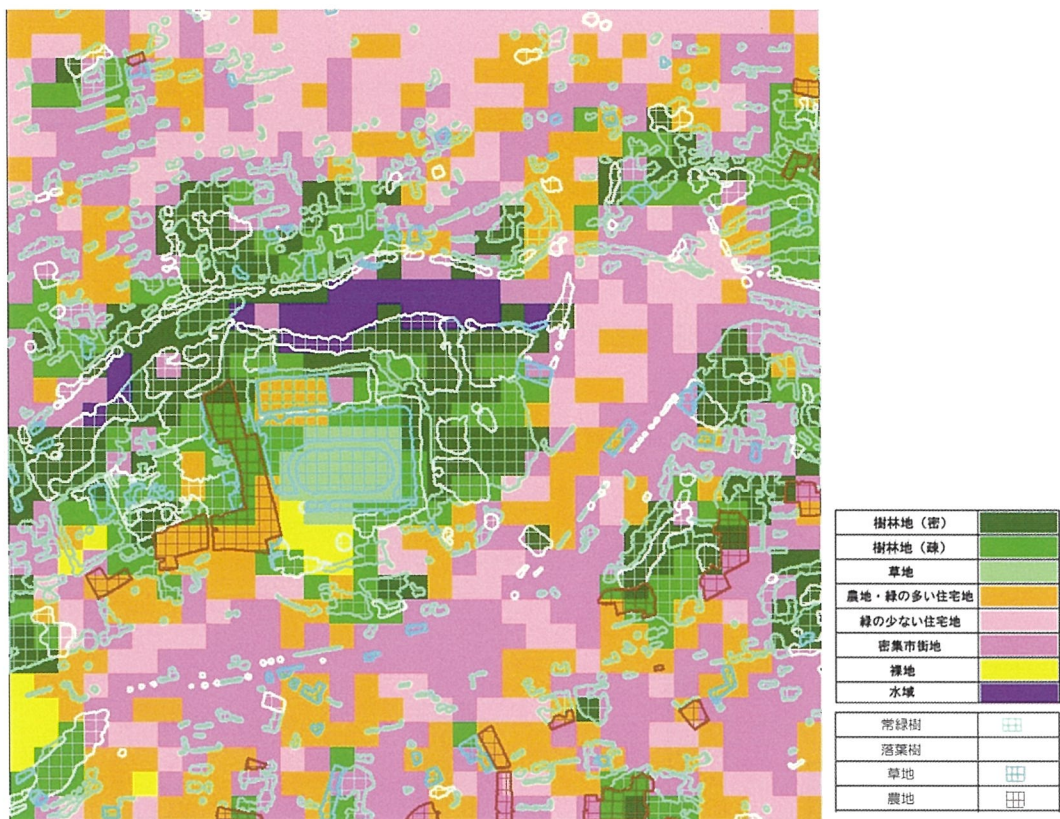


図-2.24 緑地抽出精度の比較 (LANDSAT/TM 分類画像と航空写真判読)

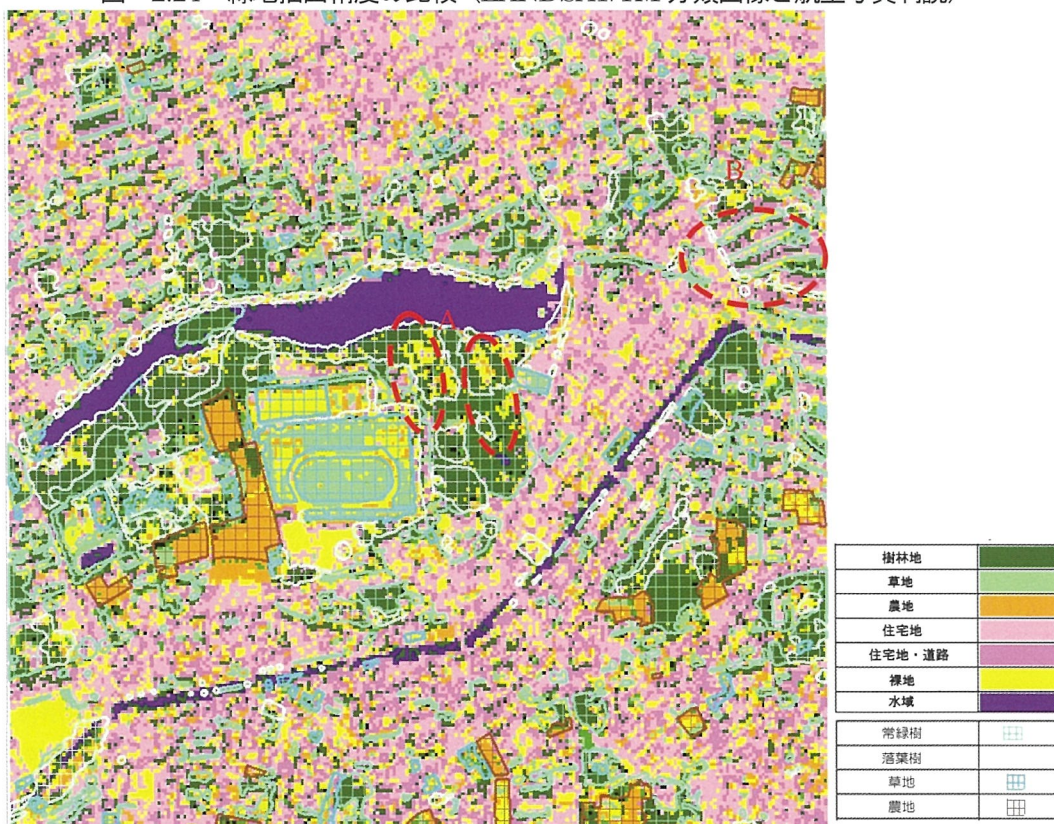


図-2.25 緑地抽出精度の比較 (IKONOS 分類画像と航空写真判読)

(3) 緑地面積の比較検討

ここでは、表-2.12 にまとめた各リモートセンシング手法による緑地面積の比較を行なった。

表-2.12 より、ケーススタディエリア (1km×1km) の樹林地、草地、農地の面積率を抽出し、各リモートセンシング手法の比較を行った。その結果を図-2.26 に示す。また、ここで使用したデータは次のとおりである。

①LANDSAT/TM 分類画像 (1999年7月25日観測)

②IKONOS 分類画像 (2000年2月23日観測)

③航空写真判読画像 (1999年8月の写真の判読結果)

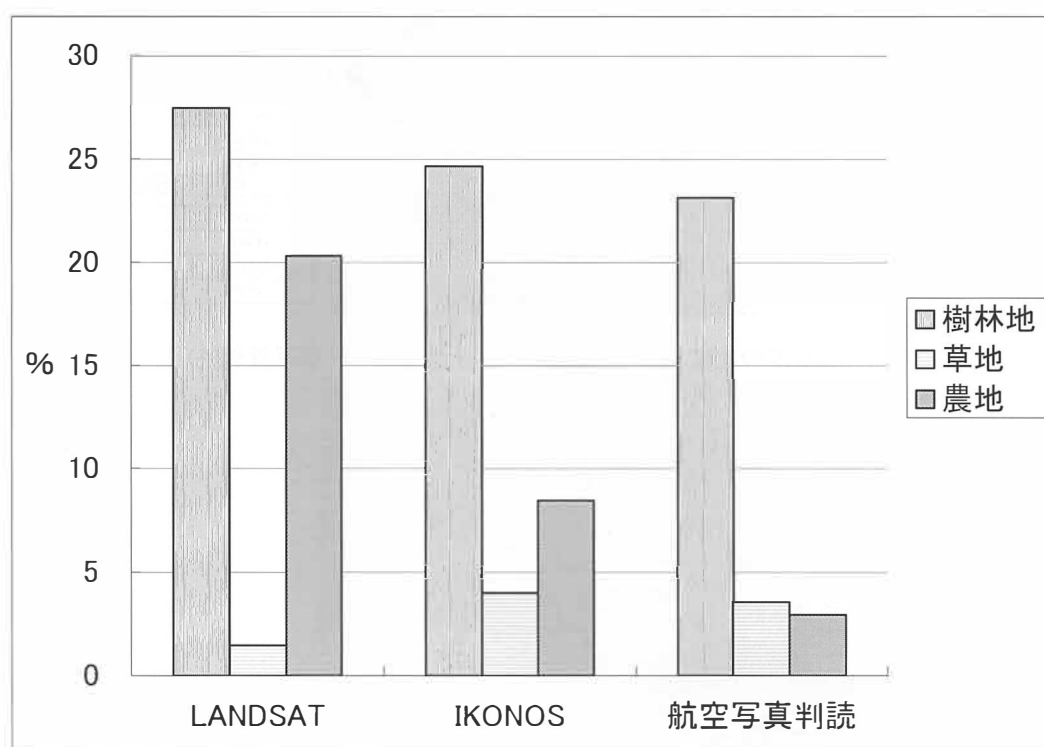


図-2.26 ケーススタディエリアにおける樹林地、草地、農地の面積率の比較

※LANDSAT/TMは1999年7月25日、IKONOSは2000年2月23日、

航空写真判読は1999年8月のデータを使用

図-2.26よりケーススタディエリア (1km×1km) における各リモートセンシング手法の特徴を、以下に列記する。

- ・ 樹林地の面積率は、航空写真判読、IKONOS、LANDSAT/TM の順に高くなっている。これは解像度の小さい順に対応している。樹林地は、草地や農地と比べ、まとまりをもった分布をしているので、解像度の大きいデータでは境界部を多めに樹林地とみなしてしまう傾向が強いものと思われる。
- ・ 草地の面積率は、IKONOS と航空写真判読は同程度であるが、LANDSAT/TM は値が小さい。草地は、

樹林地や農地と比べ最も小規模な分布形態を取っており、解像度の小さいLANDSAT/TM データでは、樹林地と逆に少なめに把握する傾向があると思われる。

- ・農地の面積率は、航空写真判読、IKONOS、LANDSAT/TM の順に高くなっている。農地は小規模な分布形態を取っているため、解像度の小さいデータでは他の分類項目と混ざってしまうことが考えられる。さらに農地のスペクトル特性は、樹林地や草地と比べて不明瞭であるため、住宅地等を農地と誤分類することが多く、面積率の精度を落としていると考えられる。

次に、表-2.12 に示すとおり、LANDSAT/TM データに関しては、練馬区全域の緑地面積の集計を行ったので、既往調査資料（練馬区みどりの実態調査）と比較を行なった。練馬区みどりの実態調査では、航空写真判読により緑地の抽出を行っており、その手法は東京都環境保全局「緑被率標準調査マニュアル」に準拠している（詳細は資料編3を参照）。使用している航空写真は 1/5000 の航空写真であり、判読結果は 1/2500 の図面に移写している。練馬区全域における樹林地、草地、農地の面積率の比較を図-2.27 に示す。また、ここで使用したデータは次のとおりである。

①LANDSAT/TM 分類画像（1999年7月25日観測）

②練馬区みどりの実態調査（1996年）

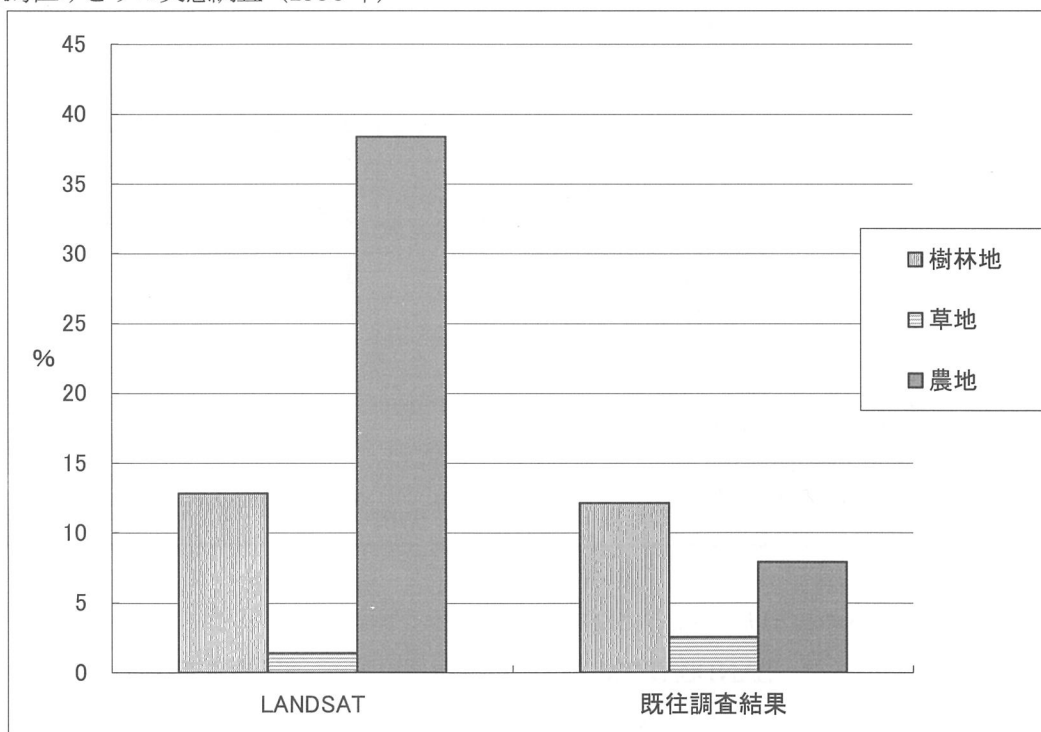


図-2.27 練馬区全域における樹林地、草地、農地の面積率の比較

※LANDSAT/TM は1999年7月25日、既往調査資料は「1996年 練馬区みどりの実態調査」を使用

図-2.27 より練馬区全域における LANDSAT/TM 分類手法の特徴を、以下に列記する。

- ・樹林地の面積率は既往調査結果と近い値を示し、精度差が小さい。LANDSAT/TM データの場合、対象が広域になると誤差が誤差を相殺し、比較的高精度に樹林地面積を把握できるものと考えられる。
- ・草地の面積率は、ケーススタディエリア（図-2.26）の場合と同様、LANDSAT/TM は少なめに算定して

いる。

- ・一方、農地の値は大きく異なる。図-2.8 同様、農地は住宅地との誤分類が多いため多めに抽出されている。

2.7.3 多様な調査への適用性の検討

(1) 効率性の検討

ここでは、広域の緑地調査に対する適用性を検討するために、データ処理に要する時間を比較することにより、効率性を検討した。図-2.2、図-2.12、図-2.15 に示す LANDSAT/TM、IKONOS、航空写真判読の各工程に要した時間を表-2.17 に整理した。

表-2.17 各リモートセンシング手法のデータ処理に要する時間

LANDSAT/TM		IKONOS		航空写真判読	
工程	所要時間	工程	所要時間	工程	所要時間
幾何補正	2 日	幾何補正	4 日	A/D 変換	0.5 日
植生指標算出	1 日	植生指標算出	1 日	幾何補正	3 日
マスク処理		マスク処理		4 倍引き伸ばし	1 日
クラスター分類	2 日	クラスター分類	2 日	写真判読	2 日
モザイク		モザイク		データ入力	3 日
調査範囲の切り出し	0.5 日	調査範囲の切り出し	1 日	ラスタ変換	1 日
面積集計		面積集計		幾何補正	2 日
					調査範囲の切り出し
			面積集計		
合計所要時間	5.5 日	合計所要時間	8 日	合計所要時間	13 日
適用可能範囲	1 シーン (180km 四方)	適用可能範囲	1 シーン (11km 四方)	適用可能範囲	1km × 1km

表-2.17 より効率性を考察すると以下ようになる。

- ・最も効率的な調査が可能なのは、LANDSAT/TM を用いたケースであり、データ入手後数日で 1 シーン (180km 四方) の解析を行なうことができる。
- ・IKONOS の処理に要する時間は LANDSAT/TM と同程度であるが、解像度が高いため高精度の幾何補正が必要とされる。解析については、今回 LANDSAT/TM と同様の手法をとったが、影の問題、家屋の屋根の影響など LANDSAT/TM とは別次元の問題点もあり、これらの解決を試みる場合、解析にかかる時間が増加する。
- ・航空写真判読は、緑地抽出精度は最も高いが、処理に時間を必要とする。対象が広域である場合、効率的な調査は困難であるといえよう。

(2) ミクセルの補正による LANDSAT/TM の緑地抽出精度向上可能性の検討

前述したように LANDSAT/TM データによる緑地抽出精度は IKONOS、航空写真判読に比べ誤差が大きい。この理由として、対象地域の土地被覆は一様ではなく、多数のミクセル（複数の土地被覆が混在しているピクセル）が存在していることが考えられる。

一方、都市緑地はひとつの緑のまとまりが小規模であるため、ピクセルの中に点在するケースが多い。そのため、LANDSAT/TM データを都市緑地調査に利用する場合、ミクセルによる誤差を補正し、抽出精度を向上させる必要がある。

ここでは、このような観点から、LANDSAT/TM のピクセルサイズである 30m メッシュ内の地被状態が一様でないとき、30m メッシュ内の土地被覆状況が LANDSAT/TM の分類結果に及ぼす影響を検証した。

検証の概念図を図-2.28 に示す。

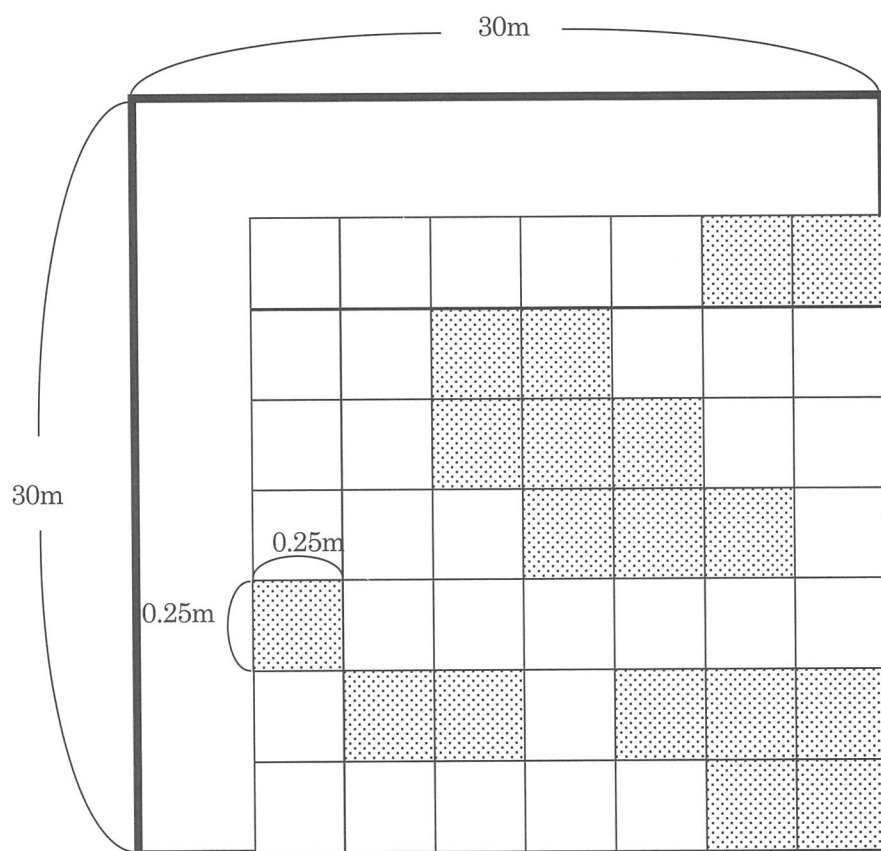


図-2.28 ミクセルの補正検証の概念図

たとえば、図-2.28 のような場合、30m メッシュ内の樹林地率は、

①写真判読結果を 0.25m メッシュにラスタライズした

30m メッシュ内の樹林地画素数

$$\rightarrow \Sigma \begin{array}{|c|} \hline \text{stippled cell} \\ \hline \end{array} = 18$$

②30m メッシュ内の総写真判読結果画素数

$$\rightarrow \Sigma \begin{array}{|c|} \hline \text{empty cell} \\ \hline \end{array} = (30/0.25)^2 = 14400$$

よって、(樹林地画素数/総画素数) × 100 = (①/②) × 100 = (18/14400) × 100 = 1.25% となる。

これを、対象地域内 (1km × 1km) の全 30m メッシュ (33 × 33 = 1089 メッシュ) について調べた。

この結果を LANDSAT/TM の分類項目ごとに整理した。これにより、LANDSAT/TM の分類結果と各土地被覆分類毎のピクセル内緑地率 (樹林地、草地、農地) の平均との因果関係を考察することができる。

整理した結果を表-2.18 および図-2.29 に示し、その特徴を以下に述べる。また、ここで使用したデータは次のとおりである。

①LANDSAT/TM 分類画像 (1999年7月25日観測)

②航空写真判読画像 (1999年8月の写真の判読結果)

表-2.18 LANDSAT/TM 分類結果とピクセル内緑地率の関係

	ピクセル数	樹林地面積率	草地面積率	農地面積率	その他	計
樹林地(密)	154	62.5%	1.5%	2.6%	33.4%	100%
樹林地(疎)	145	43.3	8.5	7.0	41.2	100
草地	16	0.3	65.8	0.0	33.9	100
農地・緑の多い住宅地	221	11.0	4.1	5.0	79.9	100
緑の少ない住宅地	175	6.5	0.1	0.2	93.2	100
密集住宅地	347	15.5	1.3	1.3	81.9	100
裸地	15	12.5	0.3	0.1	87.1	100
水域	16	26.2	0.0	0.0	73.8	100
計	1089					

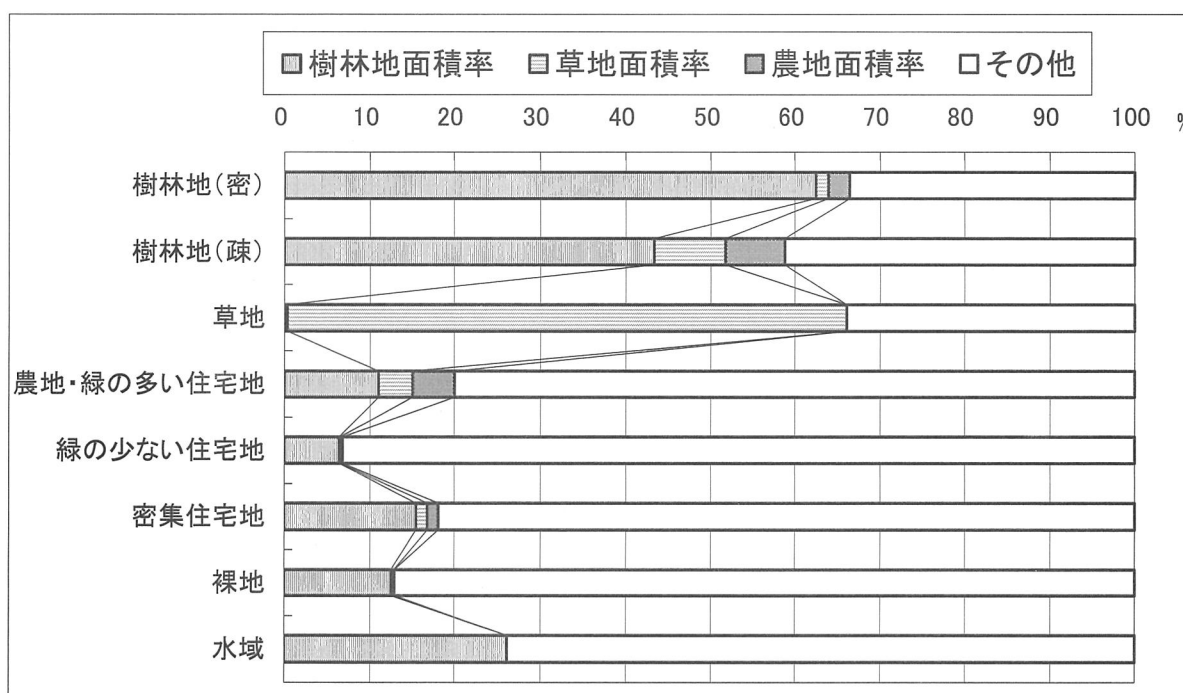


図-2.29 LANDSAT/TM 分類結果とピクセル内緑地率の関係

図-2.29 より、LANDSAT/TM の分類結果と各土地被覆分類毎のピクセル内緑地率（樹林地、草地、農地）の平均との因果関係は次のように考察される。

- ・ 30m メッシュ内の樹林地面積率がおおむね 60%以上であれば、そのメッシュは樹林地（密）と認識される。
- ・ 樹林地（疎）は、40%程度で認識され、樹林地（密）よりは樹木密度が疎であることがこの数字に反映されている。
- ・ 草地は、LANDSAT/TM 分類結果と航空写真判読結果の整合性が高く、LANDSAT/TM で草地と分類された個所はおおむね草地であるといえる。
- ・ 農地・緑の多い住宅地には、農地に加え街路樹、屋敷林等の小規模な樹林地が含まれるため、樹林地面積率が 11%を占める。
- ・ 緑の少ない住宅地、密集市街地には、街路樹、屋敷林等の小規模な樹林地が含まれるため、樹林地面積率が 5～20%を占めている。
- ・ 裸地、水域はピクセル数が少ないため、図-2.29 の数字の信頼度がやや欠けるが、樹林地面積率が 10～25%程度を占め、街路樹、屋敷林等の小規模な樹林地が含まれることを示唆している。
- ・ なお LANDSAT/TM の分類結果と各土地被覆分類毎のピクセル内緑地率（平均）との関係検討は、1km×1km 全体の分類結果を用いて実施している。そのため位置精度の誤差は相殺されるものと考えられる。

表-2.18、図-2.29 の結果を表-2.12 の面積集計結果にフィードバックして面積の補正を試みた。ケーススタディエリア（1km×1km）の補正結果を表-2.19、図-2.30 に示す。

表-2.19 ピクセル内緑地率を用いて補正した緑地面積（ケーススタディエリア）

	LANDSAT/TM (補正前)	ミクセル補正	IKONOS	航空写真
樹林地面積(m ²)	269100	215108	246272	231251
樹林地面積率(%)	27.5	21.9	25.1	23.6
草地面積(m ²)	14400	33123	39776	35092
草地面積率(%)	1.5	3.4	4.1	3.6
農地面積(m ²)	198900	25566	84704	28988
農地面積率(%)	20.3	2.6	8.6	3.0

図-2.30 より、以下の効果が考察される。

- ・ 補正前には 27.5%と 4%ほど多めに算出していた樹林地は、21.9%に補正され航空写真判読結果との差が 1.5%ほどにまで改善されている。
- ・ 補正前には 1.5%と 2%ほど少な目に算出していた草地は、3.4%に補正され航空写真判読結果との差が 0.2%にまで改善されている。
- ・ 補正前には 20.3%と航空写真判読結果の 7 倍近い過大評価をしていた農地は、2.6%に補正され、航空写

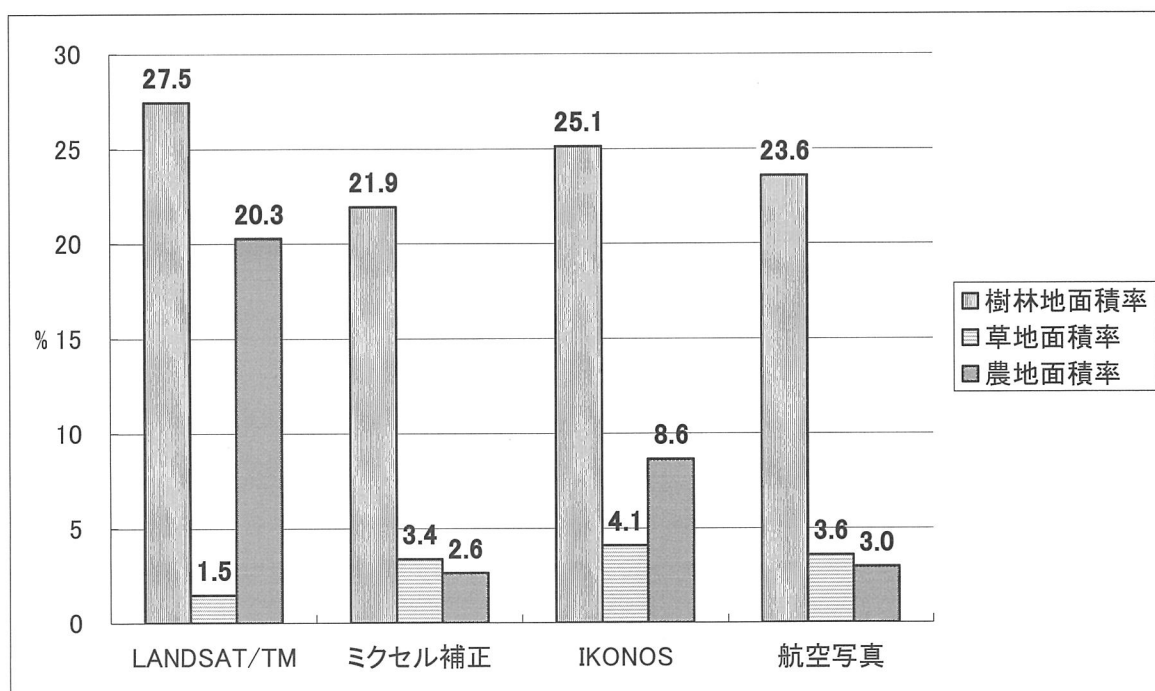


図-2.30 ピクセル内緑地率を用いて補正した緑地率 (ケーススタディエリア)

真判読結果との差が0.4%と大幅に改善されている。

次に、練馬区全体の補正結果を表-2.20、図-2.31 に示す。

表-2.20 ピクセル内緑地率を用いて補正した緑地面積 (練馬区全域)

	LANDSAT/TM (補正前)	ミクセル補正	既往調査
樹林地面積(ha)	619.47	765.56	584.94
樹林地面積率(%)	12.9	16.0	12.2
草地面積(ha)	67.59	176.46	123.09
草地面積率(%)	1.4	3.7	2.6
農地面積(ha)	1847.61	146.03	381.11
農地面積率(%)	38.5	3.0	7.9

図-2.31 より、以下の効果が考察される。

- ・補正前には12.9%と0.7%ほど多めに算出していた樹林地は、16.0%に補正され既往調査との差が4%ほどに拡大されている。図-2.30 に記したように対象が広域になると誤差が誤差を相殺して比較的高精度に樹林地面積を把握できるのに対し、狭域(1km×1km)で求めた補正係数を用いて広域を補正したために、誤差が拡大したと思われる。
- ・補正前には1.4%と1.2%ほど少なめに算出していた草地は、3.7%に補正され既往調査との差が1.1%に改

善されている。

- ・補正前には 38.5%と既往調査の 5 倍近い過大評価をしていた農地は、3.0%に補正され、既往調査との差が 4.9%と大幅に改善されている。

以上より、ミクセルの補正手法は、農地の過大評価を補正するのに大きな効果が得られることがわかった。

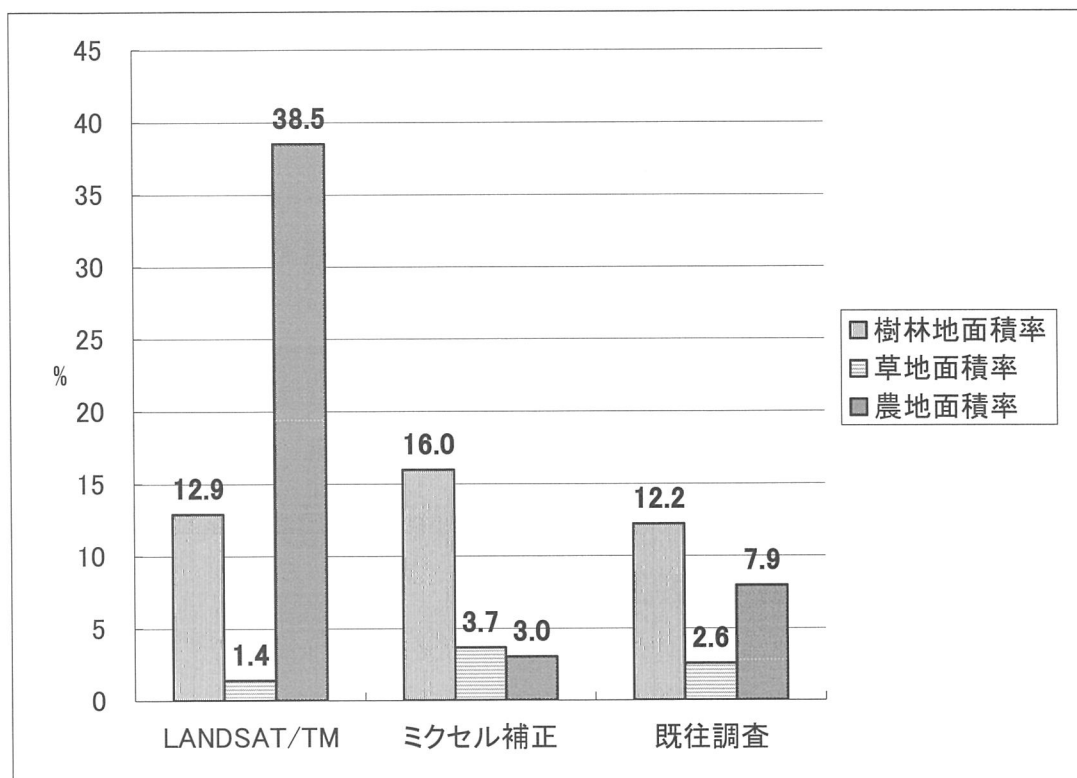


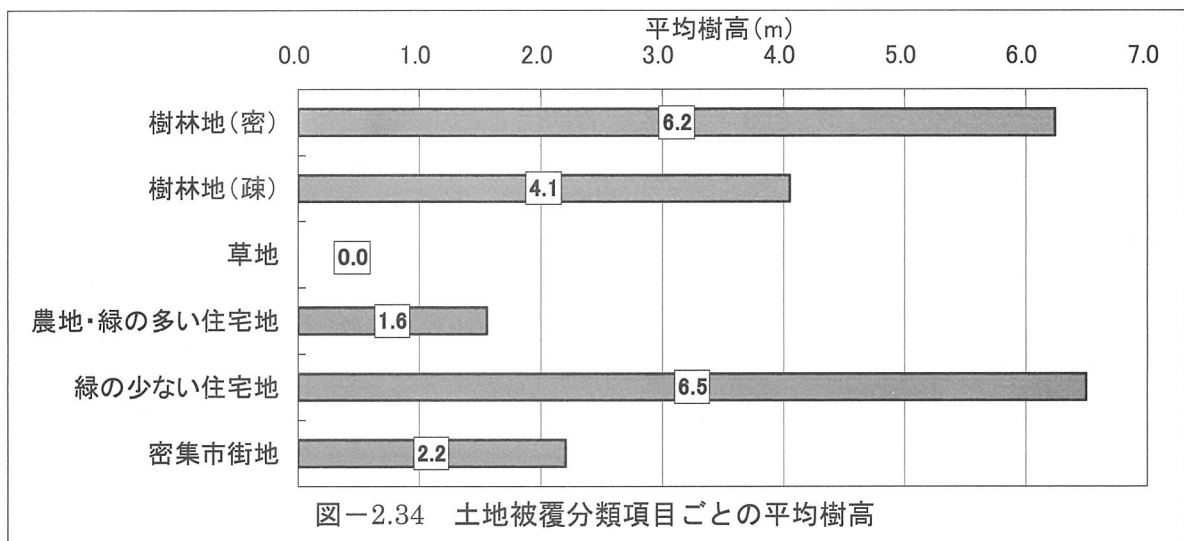
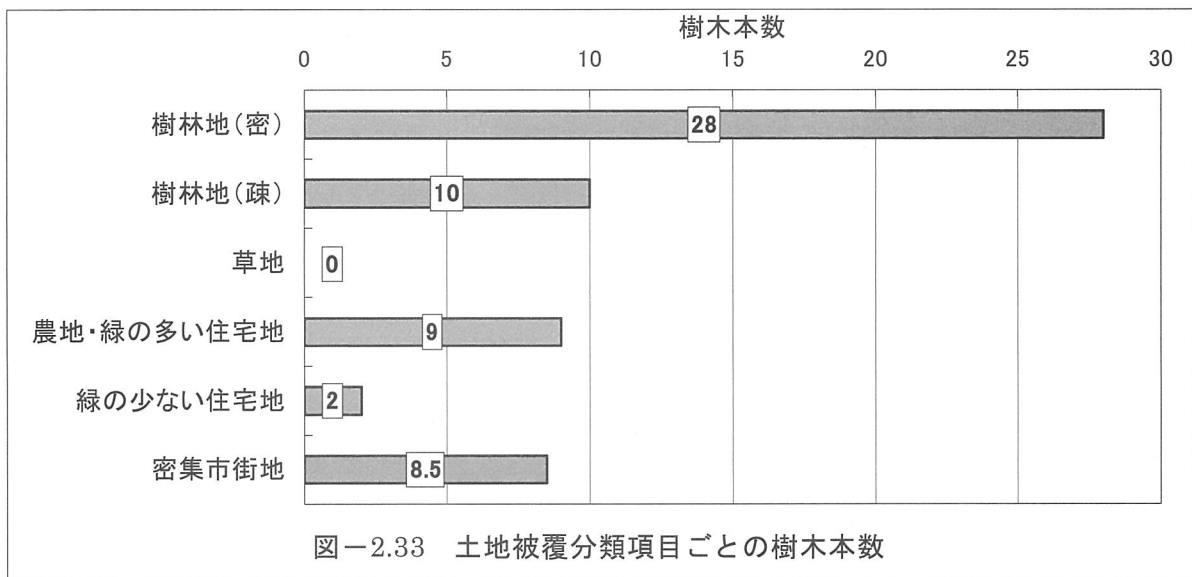
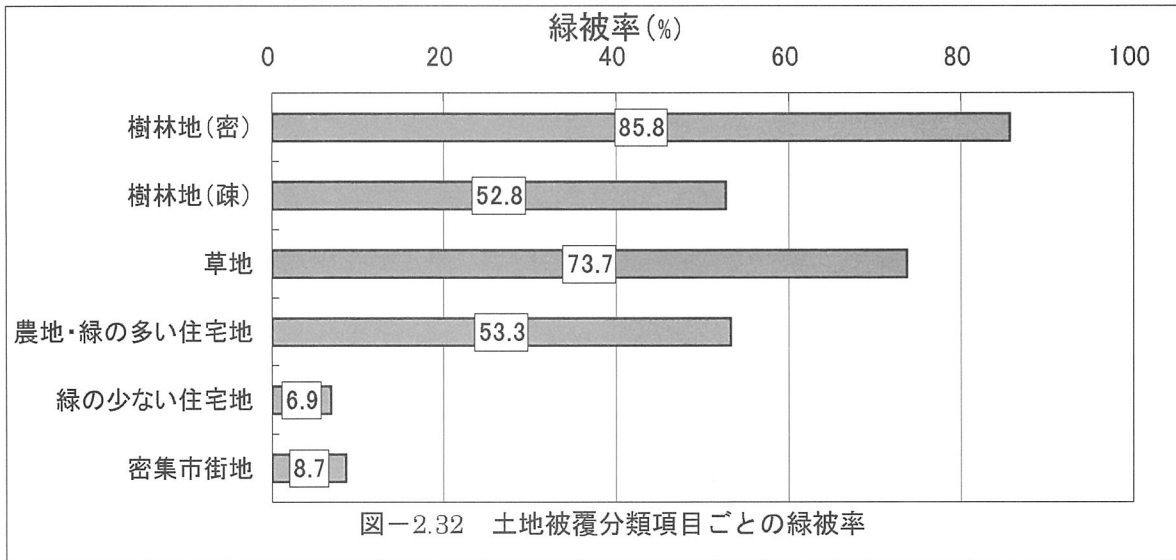
図-2.31 ピクセル内緑地率を用いて補正した緑地率（練馬区全域）

（3）土地被覆分類結果と樹木現地調査結果との比較

前述したように、リモートセンシング手法からは、樹木本数、樹種、樹高、胸高直径等を求めるのは困難である。そのため、LANDSAT/TM の土地被覆分類結果と現地調査結果を用いて、分類項目ごとの緑量を整理した。その結果を表-2.21 および図-2.32～図-2.36 に示す。

表-2.21 土地被覆分類項目ごとの緑量

	現地調査地点 No.	緑被率(%)	平均本数 (本)	平均樹高 (m)	平均胸高直 径(cm)	平均枝張り (m)
樹林地(密)	5, 7	85.8	28	6.2	31.3	4.4
樹林地(疎)	3, 10	52.8	10	4.1	34.8	4.3
草地	6, 8	73.7	0	—	—	—
農地・緑の多い住宅地	9, 11	53.3	9	1.6	17.2	2.9
緑の少ない住宅地	1, 4	6.9	2	6.5	90.0	4.3
密集市街地	2, 12	8.7	8.5	2.2	15.9	2.6



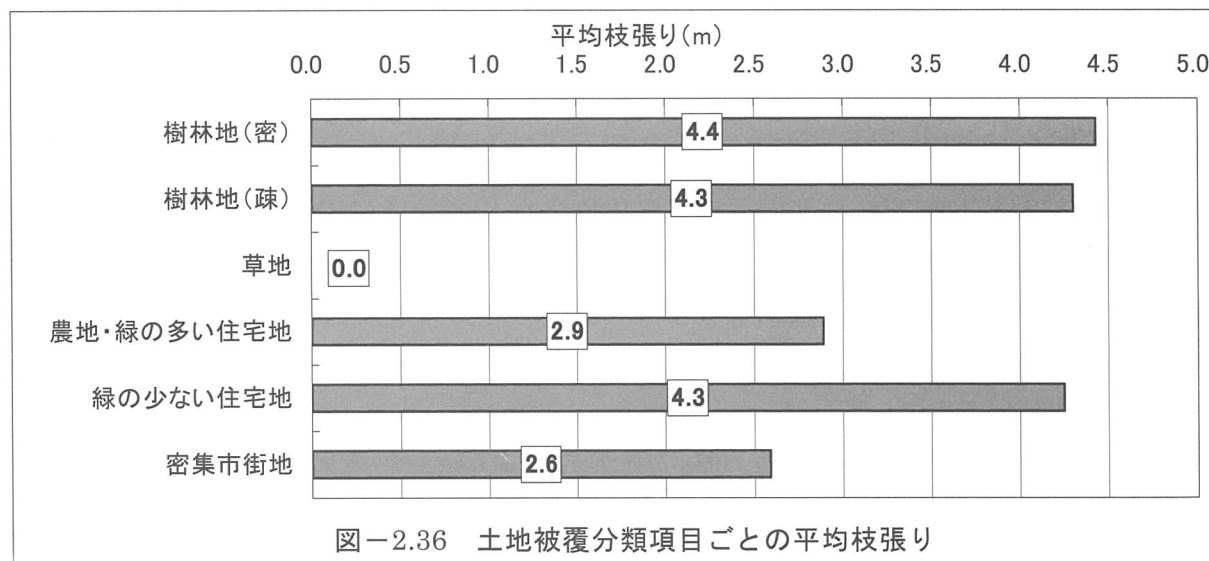
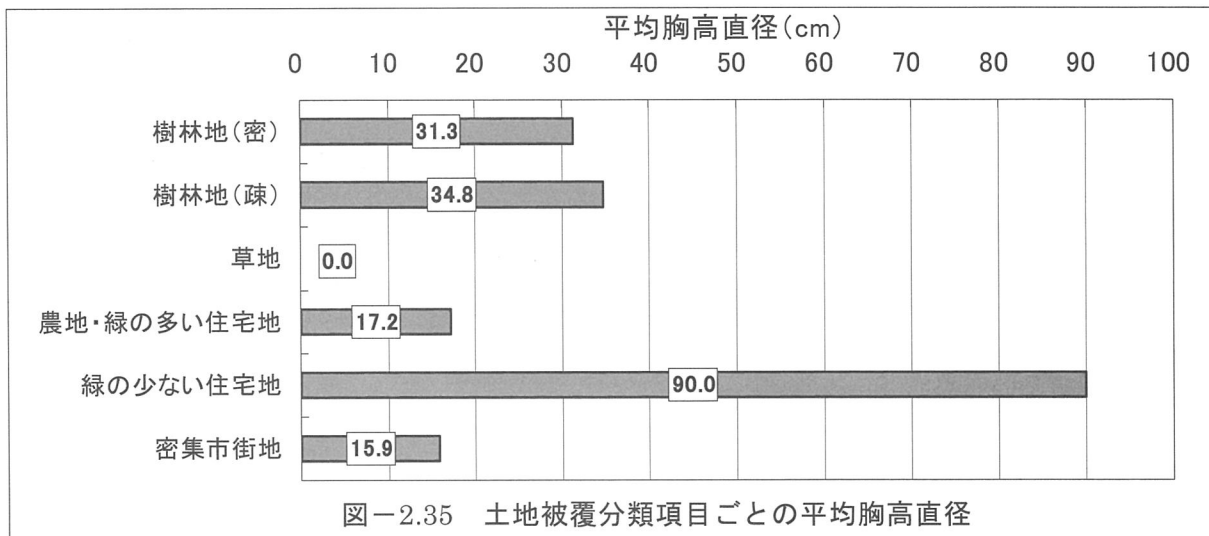


図-2.32 より、LANDSAT/TM の分類項目と現地調査による緑量との関連性を以下に記述する。

- ・緑被率は、樹林地（密）が 85.8% と最も多く、次いで草地の 73.7%、農地・緑の多い住宅地の 53.3%、樹林地（疎）の 52.8% となっている。この現地調査による緑被率の妥当性を検証するために、航空写真判読結果と比較を試みた。現地調査による緑被率は、図-2.32 の値であり、航空写真判読結果による緑被率は、図-2.29 の樹林地面積率、草地面積率、農地面積率を分類項目毎に集計した値である。その結果、図-2.37 のようになり、現地調査による緑被率算定結果と航空写真判読による緑被率算定結果の整合性がおおむね良好であることがわかる。ただし、農地・緑の多い住宅地については、農作物の生育状況に影響されるので整合性が低くなっている。

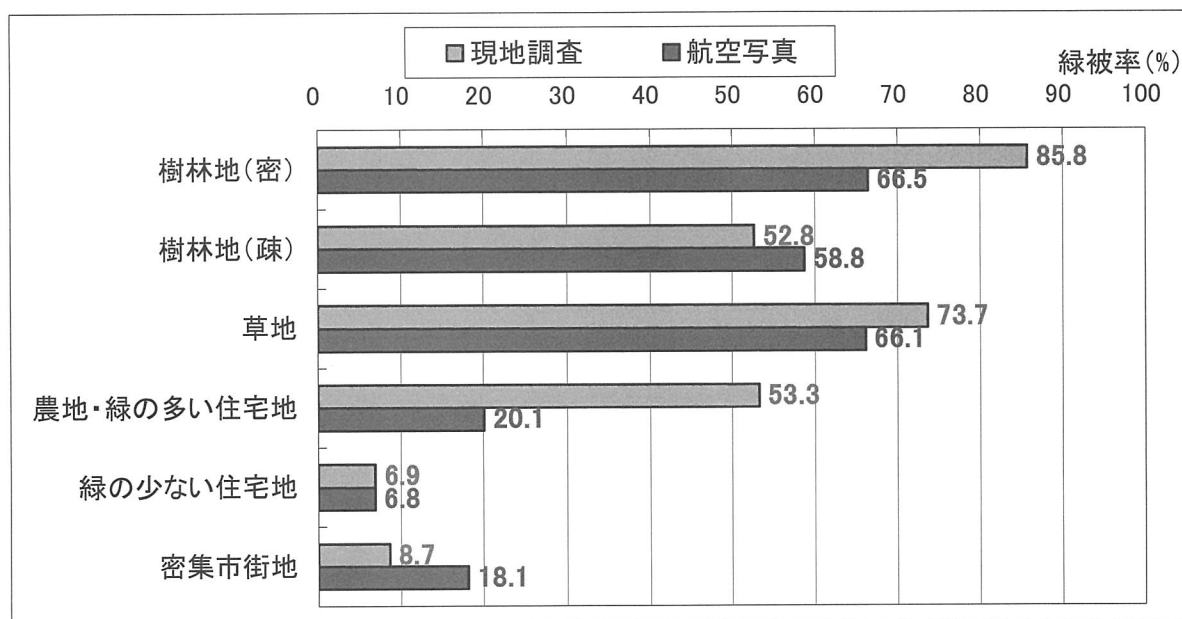


図-2.37 現地調査から求めた緑被率と航空写真判読から求めた緑被率の比較

(4) 経年変化の検討

表-2.12 および表-2.18 より、ミクセルの補正を1989年11月2日のLANDSAT/TM分類結果にも適用して、緑地の経年変化を検討した。ケーススタディエリア(1km×1km)における樹林地、草地、農地の2時期の面積率と、その変化量を表-2.22に示す。

表-2.22より作成した経年変化図を図-2.38に示し、その特徴を述べる。

表-2.22 LANDSAT/TM(ミクセル補正)および航空写真による緑地経年変化(ケーススタディエリア)

	LANDSAT/TM (1989/11/2)	LANDSAT/TM (1999/7/25)	変化量	航空写真 (1989年11月)	航空写真 (1999年8月)	変化量
樹林地	23.0	21.9	- 1.1	20.5	23.1	2.6
草地	4.6	3.4	- 1.3	2.8	3.5	0.7
農地	3.0	2.6	- 0.4	4.5	2.9	- 1.6

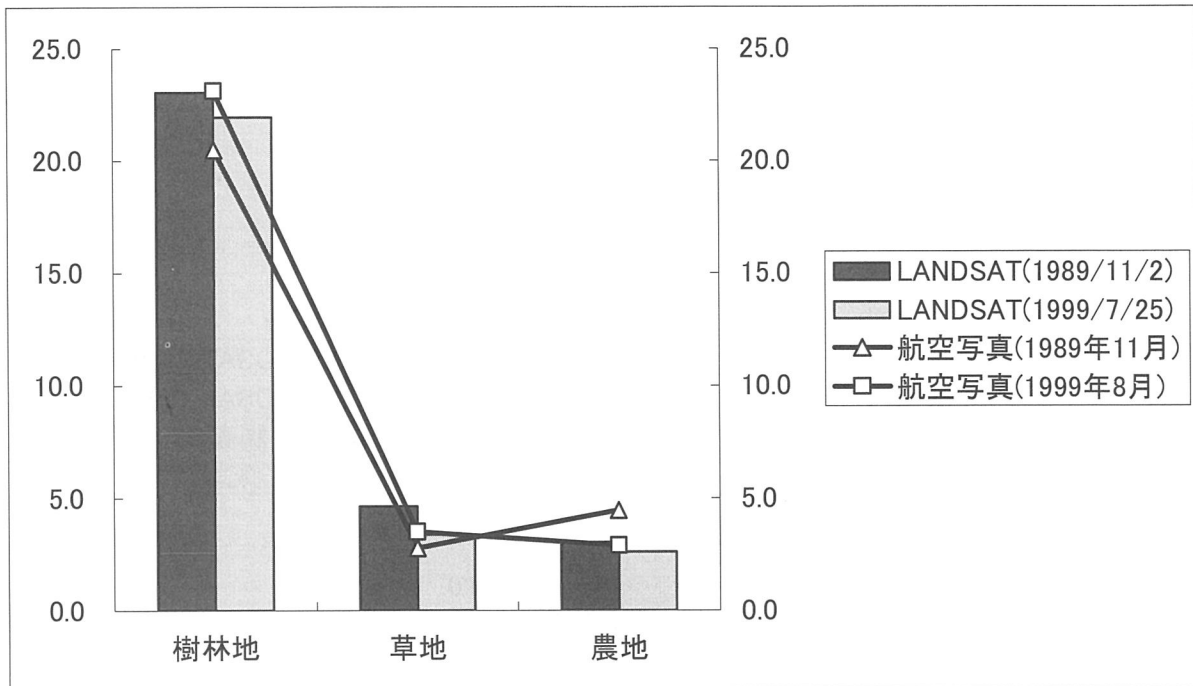


図-2.38 LANDSAT/TM（ミクセル補正）および航空写真による緑地経年変化図（ケーススタディエリア）

- ・LANDSAT/TMによる経年変化では、樹林地、草地、農地とも1989年から1999年の間に減少しており、減少量はあわせて2.8%（約28,000m²）である。
- ・航空写真判読による経年変化では、1989年から1999年にかけて樹林地、草地が増加しており、農地が減少している。変化量はあわせて+1.7%（約17,000m²の増加）である。
- ・以上のように、LANDSAT/TMと航空写真判読では、樹林地と草地の変化に異なる方向が示された。その原因は、1989年のミクセル補正を1999年のデータを用いたことが考えられるが、確認が必要とされる。

次に練馬区全域における樹林地、草地、農地の2時期の面積率と、その変化量を表-2.23に示す。

表-2.23 LANDSAT/TM（ミクセル補正）および既往調査による緑地経年変化（練馬区全域）

	LANDSAT/TM (1989/11/2)	LANDSAT/TM (1999/7/25)	変化量	既往調査 (1991年)	既往調査 (1996年)	変化量
樹林地	18.8	16.0	- 2.8	11.44	12.15	0.7
草地	5.1	3.7	- 1.4	1.93	2.56	0.6
農地	2.9	3.0	0.1	11.71	7.91	- 3.8

表-2.23 より作成した経年変化図を図-2.39 に示し、その特徴を述べる。

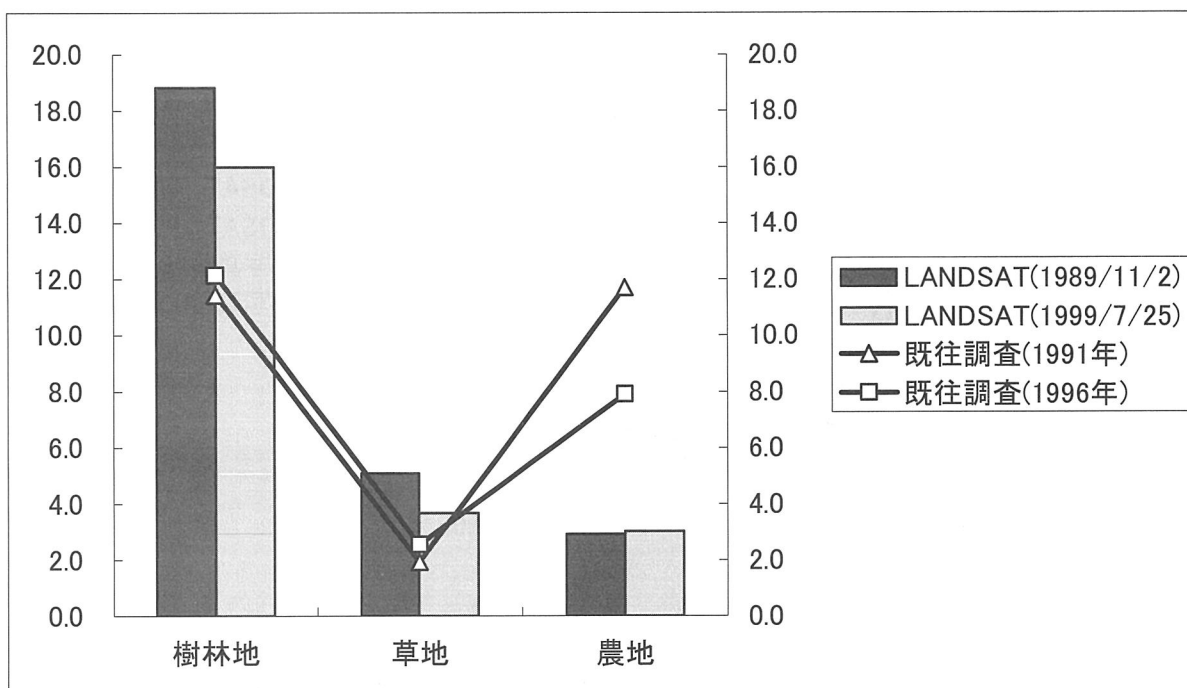


図-2.39 LANDSAT/TM（ミクセル補正）および既往調査による緑地経年変化図（練馬区全域）

- ・ LANDSAT/TM による経年変化では、1989 年から 1999 年にかけて樹林地、草地が減少しており、農地が増加している。変化量はあわせて-4.1%（約 197.46ha の減少）である。
- ・ 既往調査による経年変化では、1991 年から 1996 年にかけて樹林地、草地が増加しており、農地が減少している。変化量はあわせて-2.5%（約 120.40ha の減少）である。
- ・ ケーススタディエリアの場合と同様な問題が生じており、課題とされる。

（5）常緑樹、落葉樹の分類可能性の検討

航空写真判読で得られた常緑樹域、落葉樹域を用いて LANDSAT/TM および IKONOS のマスク処理を行ない、常緑樹、落葉樹の平均輝度値を求めた。その結果を図-2.40、図-2.41 に示す。また、ここで使用したデータは次のとおりである。

- ①LANDSAT/TM データ（1999 年 7 月 25 日観測）
- ②IKONOS データ（2000 年 2 月 23 日観測）
- ③航空写真判読画像（1999 年 8 月の写真の判読結果）

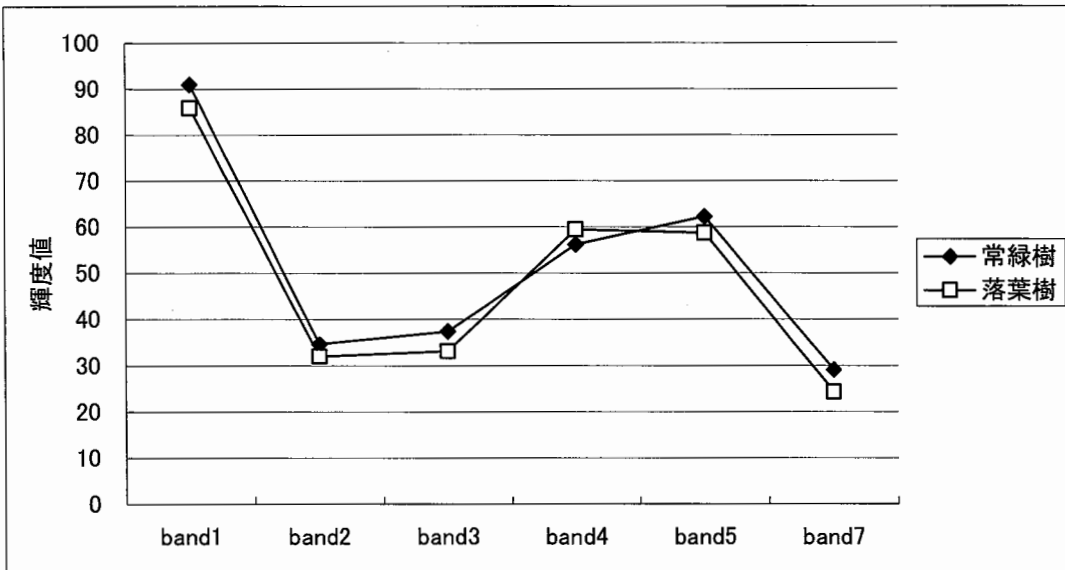


図-2.40 常緑樹・落葉樹の平均輝度値 (LANDSAT/TM : 1999年7月25日観測)

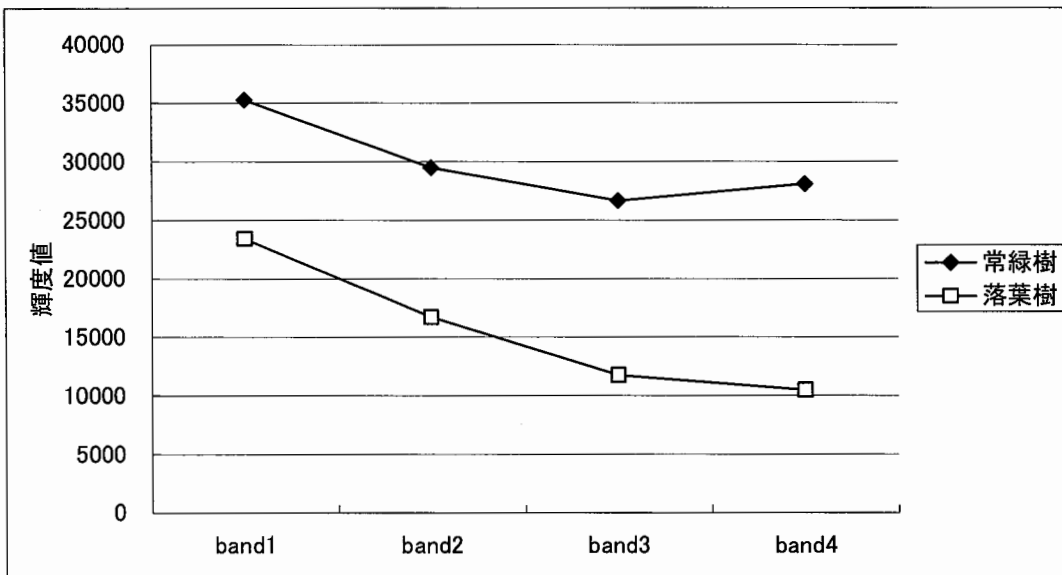


図-2.41 常緑樹・落葉樹の平均輝度値 (IKONOS : 2000年2月23日観測)

図-2.40 より、夏季の LANDSAT/TM データでは常緑樹と落葉樹の間には明瞭な輝度値の差がなく、これらを区分することは困難であるといえる。一方、図-2.41 の IKONOS データでは、常緑樹と落葉樹の間に明瞭な輝度値の差が存在する。これは、使用した IKONOS データが冬季のデータであるため、葉の有無によりスペクトル特性が異なることによると思われる。

これより、常緑樹・落葉樹を自動分類によって区分するためには、冬季のデータを用いることが望ましいと考えられる。ただし、冬季の落葉樹林は樹幹や土壌が露出しているため、誤分類が多く発生する(図-2.25 参照)。したがって、誤分類を避け精度向上を図るためには、複数時期の衛星データを用いて重ね合わせを行うことが望ましいと思われる。

3. 教師付き分類による都市緑地の抽出精度向上の検討

3.1 概要

本章では、第2章で課題となった農地の抽出について、教師付き分類による方法で、再度抽出を試み、さらに、IKONOS 画像からは、農地の細分化（普通畑、果樹畑、苗木畑、芝畑）を試みた。

IKONOS による都市緑地の抽出と精度検証の流れを図-3.1 に、LANDSAT/TM 画像によるものを図-3.2 にまとめた。詳細については次節以降で述べる。

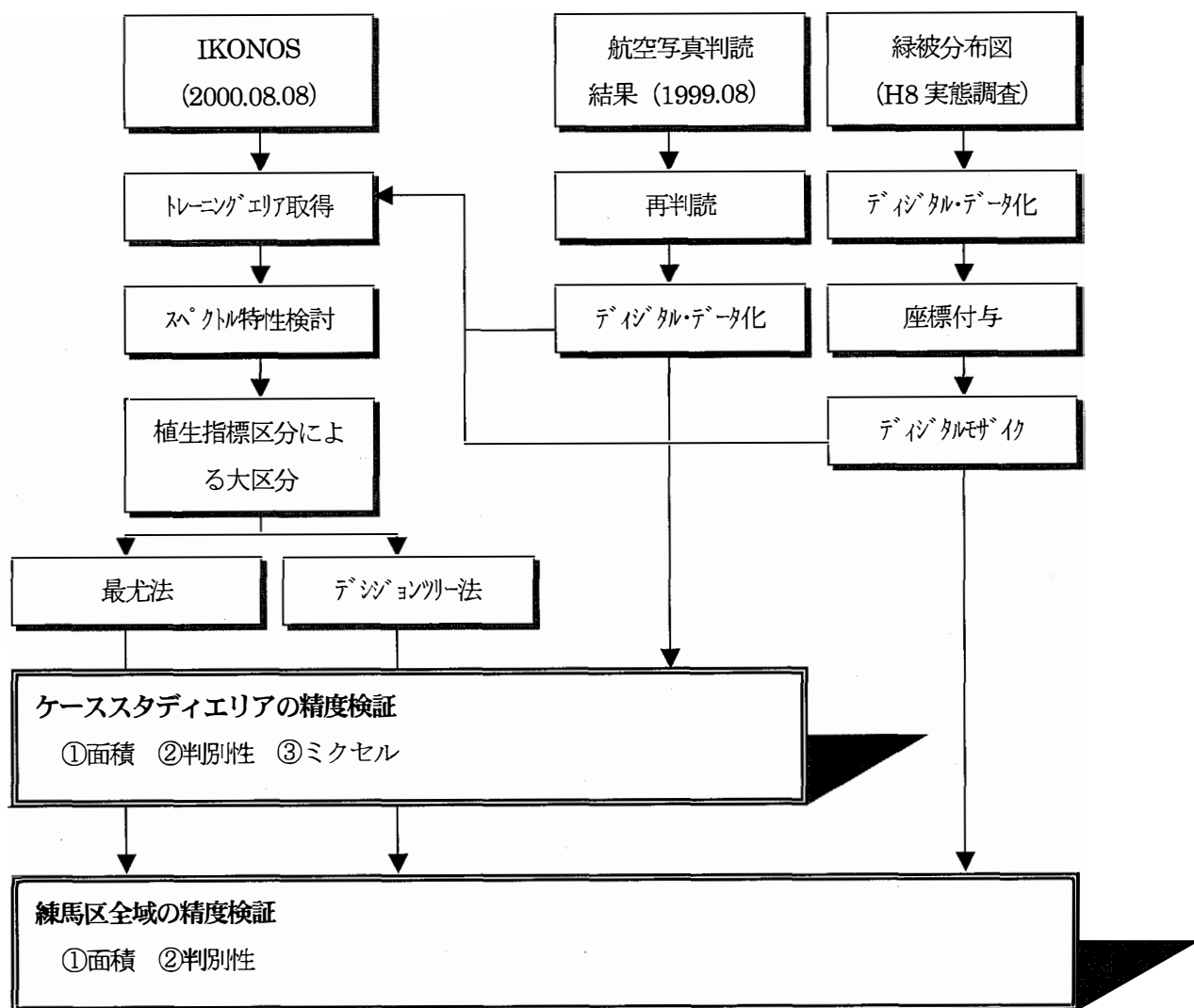


図-3.1 IKONOS による都市緑地の抽出と精度検証の流れ

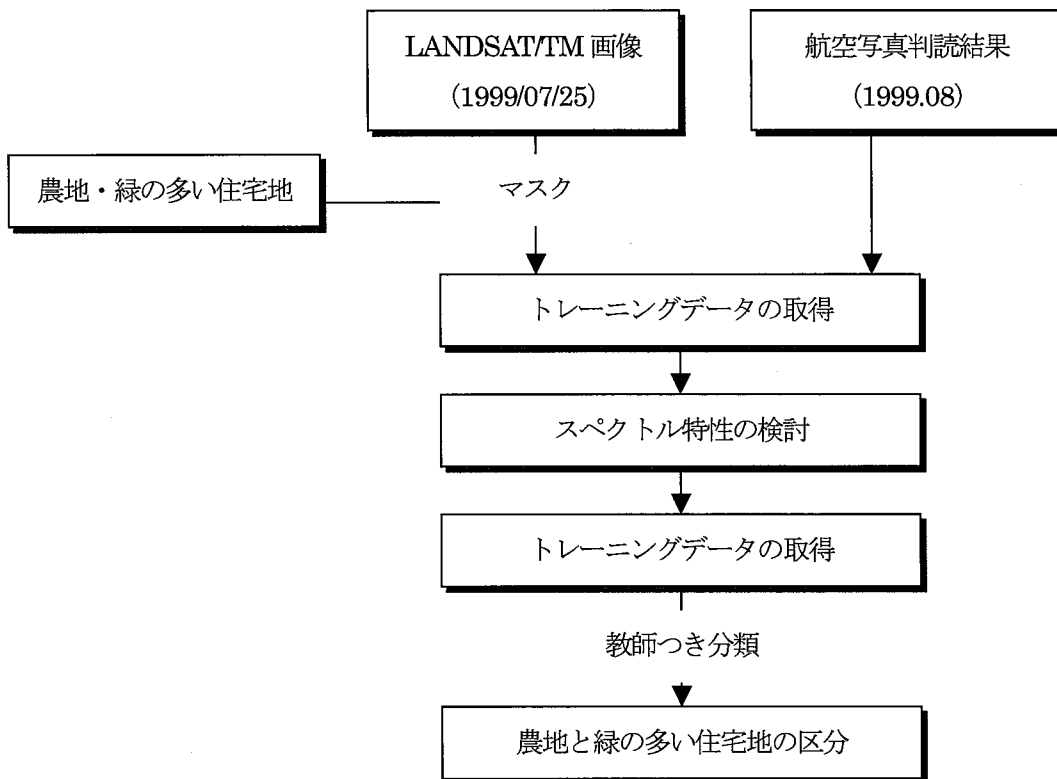


図-3.2 LANDSAT/TM 画像による都市緑地の細分化の流れ

3.2 検証用画像の作成

(1) ケーススタディエリア

第2章で用いた航空写真判読による検証用画像は、ここで検証用画像として用いるには次の課題があった。

- ①判読項目の設定が、みどりの実態調査に整合していない。
- ②最小読み取り精度を5m×5mとしていた。

本調査ではこれらの課題を解決するために、以下の手順で判読の修正を行い、ケーススタディエリアの検証用画像とした。

- ①東京都環境保全局の「緑被率標準調査マニュアル⁵⁾」に準じ、水準Iレベル（最小読み取り：1m）で再判読を行った。判読項目は、練馬区みどりの実態調査（H8）の緑被分布図を参考に、表-3.1のように設定した。

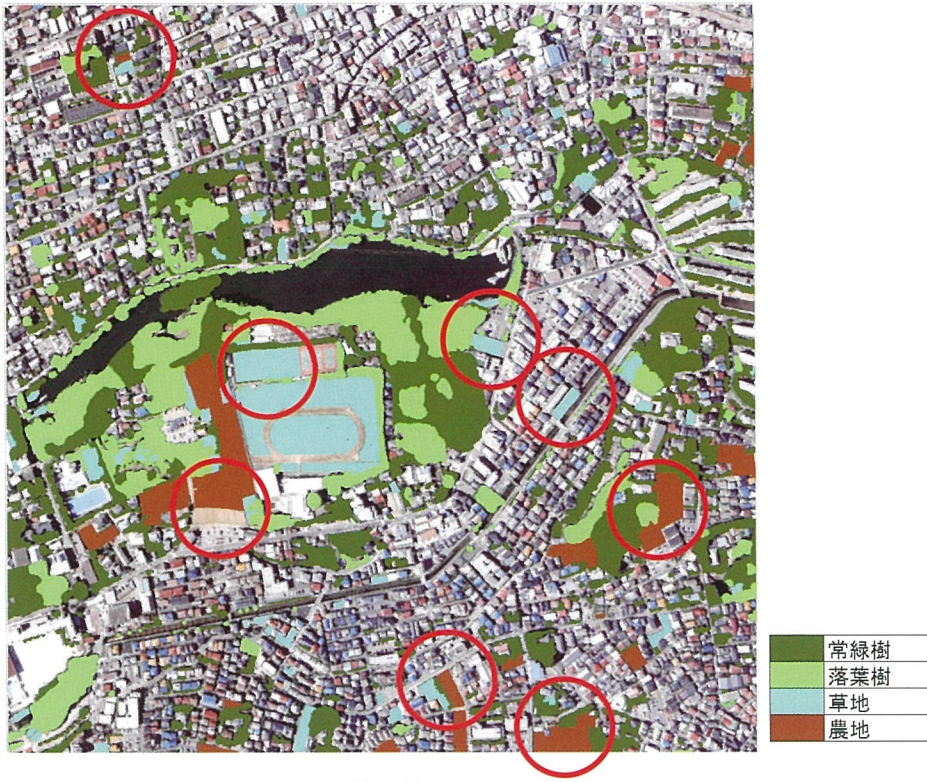
表-3.1 航空写真の判読項目

大項目	中項目	小項目
緑被地	植生被覆地	樹木※
		雑草地
	農地	普通畑
		果樹畑
		苗木畑
		芝畑

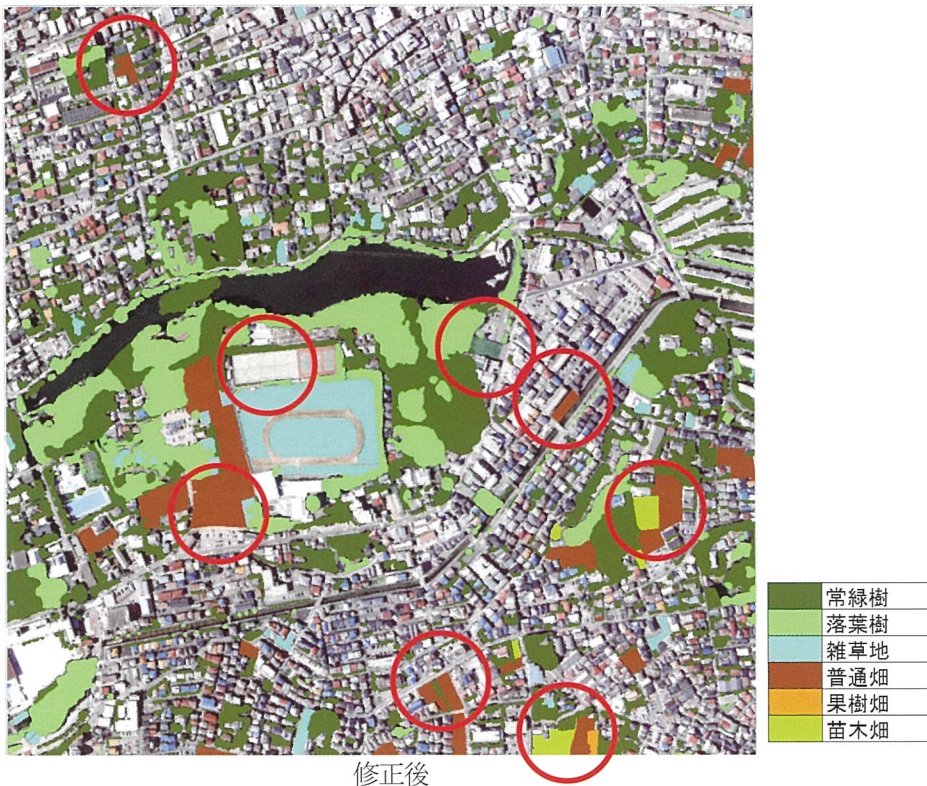
※樹木は、常緑樹と落葉樹に区分した。

- ②再判読結果を練馬区みどりの実態調査（H8）の緑被分布図にオーバーレイし、明らかに誤判読である箇所（例えば、果樹畑を樹林地と読んでいる等）を修正した。
- ③現地を踏査し、大まかな確認を行った。

作成した検証用画像を図-3.3に示す。



修正前



修正後

図-3.3 検証用画像（ケーススタディエリア）

(2) 練馬区全域

練馬区全域の検証用画像として、平成 8 年度 練馬区みどりの実態調査で作成された緑被分布図を利用した。この緑被分布図は、1/2,500 の地形図の上に色鉛筆で色分けし、アナログで作成されている。したがって、緑被分布図をスキャナによりデジタル・データ化し、座標を与えデジタル・モザイク処理したものを検証用画像とした。なお、練馬区全域の検証項目は、緑被面積と判別性とし、検証用画像に記載されている項目毎のポリゴン化は行わなかった。

緑被分布図の図郭を表-3.2 に、作成した検証用画像を図-3.4 に示す。

表-3.2 1/2,500 緑被分布図 図郭

	朝霞駐とん地	成増		
中通	大泉学園	土支田	北町	上板橋
下保谷	大泉	谷原	早宮	小茂根
南大泉	石神井公園	貫井	練馬	小竹町
東伏見	石神井	井草	鷺宮	長崎
吉祥寺	善通寺			

計. 24 面

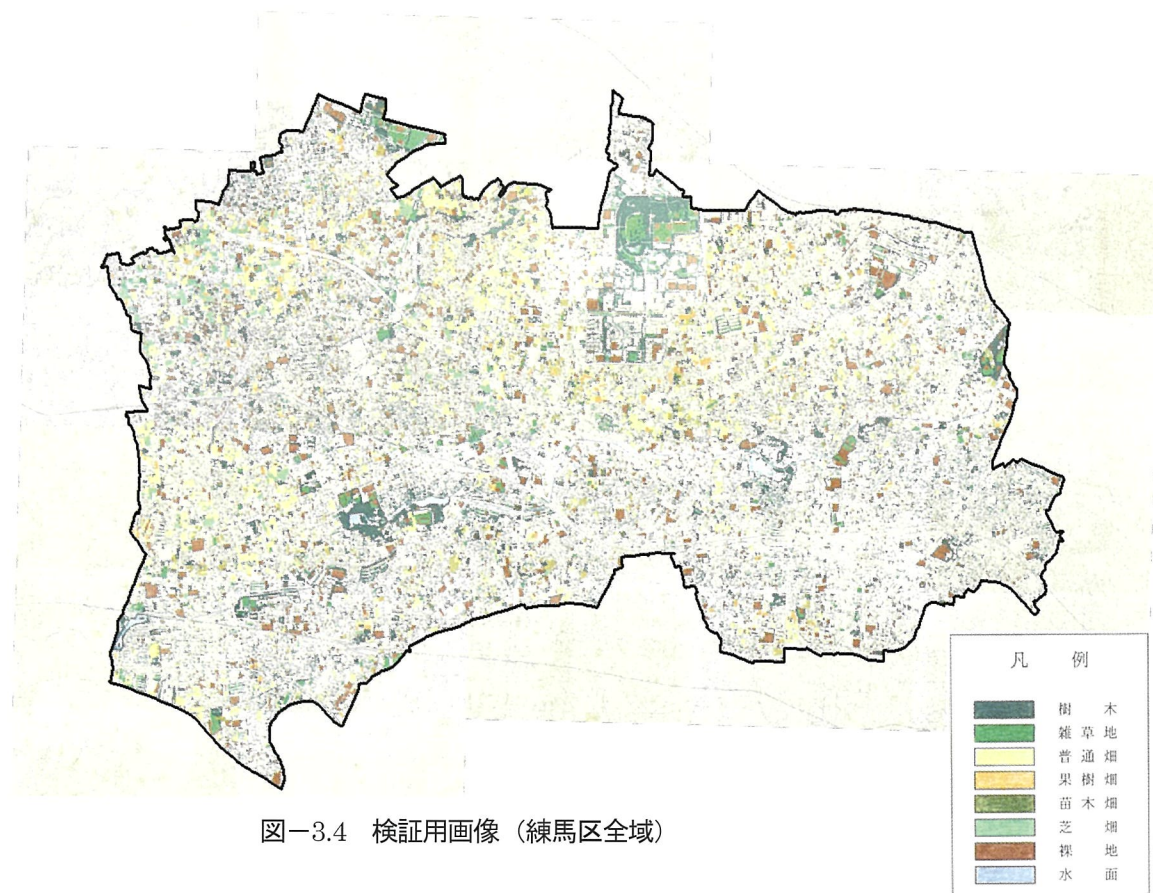


図-3.4 検証用画像（練馬区全域）

3.3 IKONOS 画像による都市緑地の抽出

(1) トレーニングエリアの取得

練馬区全域の検証用画像を参照し、スペクトル特性の検討および教師付き分類に使用するトレーニングエリアを取得した。分類項目は、練馬区みどりの実態調査（H8）の緑被分布図を参考に、表-3.3のように設定した。トレーニングエリアは、1項目あたり10点ずつ取得した。取得したトレーニングエリアを図-3.5に示す。

表-3.3 IKONOS の分類項目

大項目	中項目	小項目
緑被地	植生被覆地	樹木
		雑草地
	農地	普通畑
		果樹畑
		苗木畑
		芝畑
非緑被地		裸地
		水面
		その他

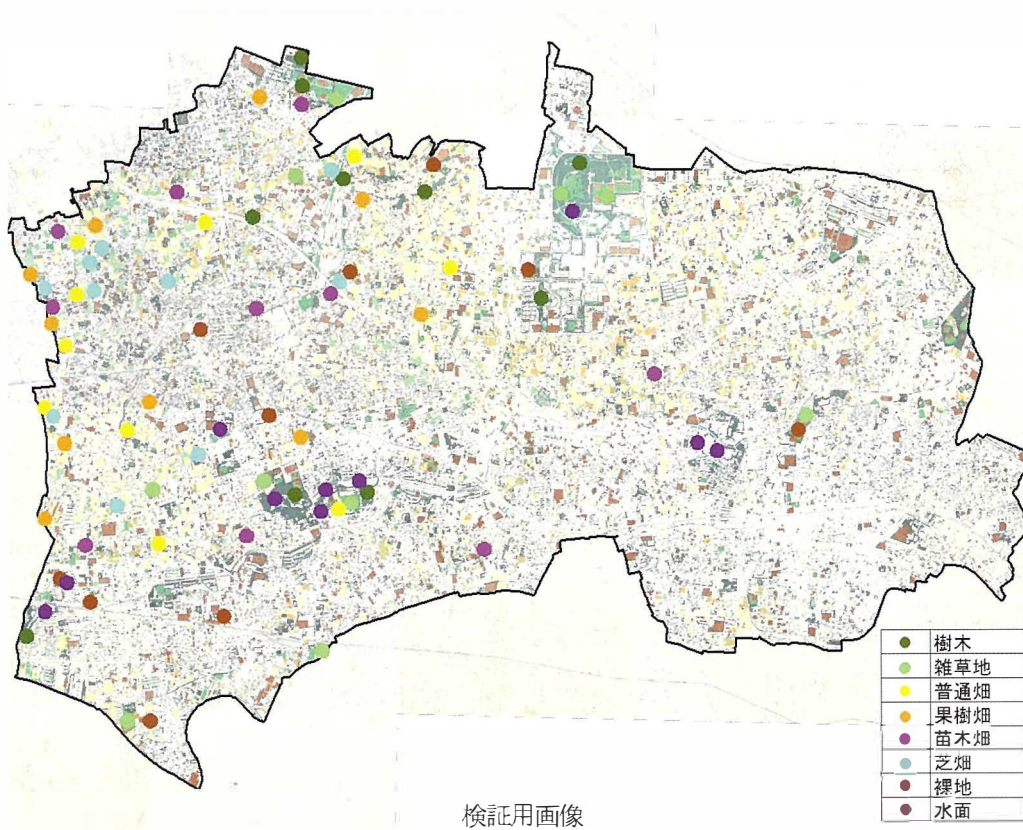
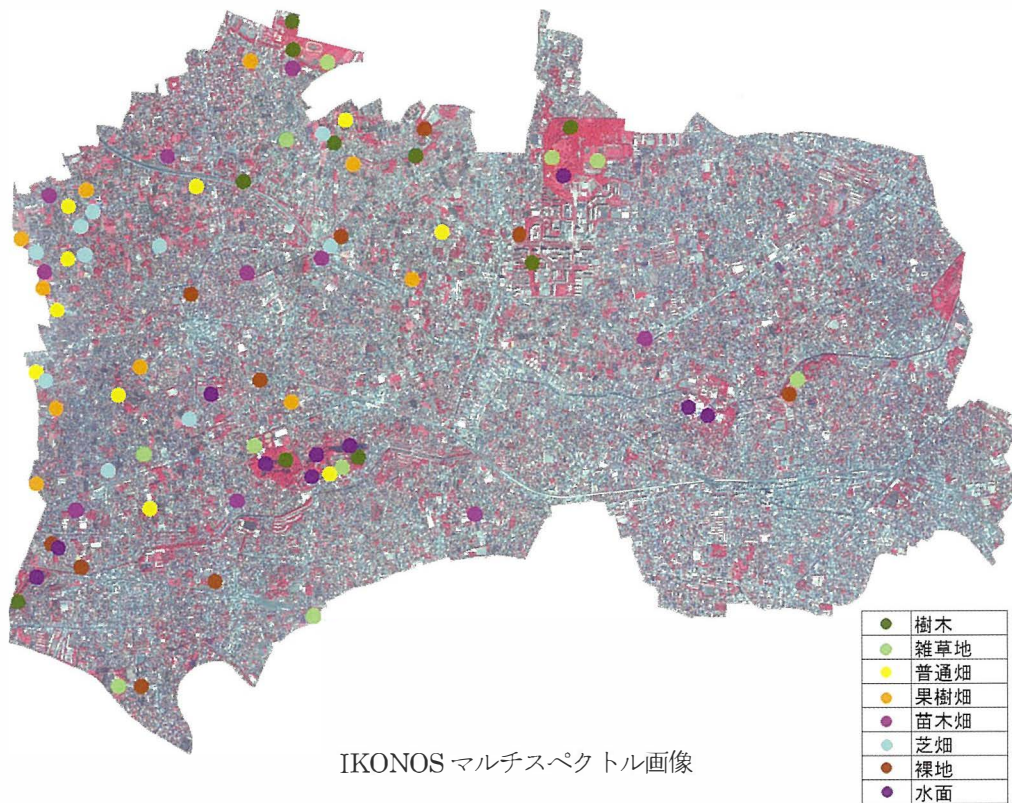


図-3.5 IKONOS 画像による都市緑地の抽出に際して取得したトレーニングエリア

(2) スペクトル特性の検討

(1) 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、分類項目ごと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-3.6 に、分類項目ごとに平均したスペクトル特性を図-3.7 に示す。

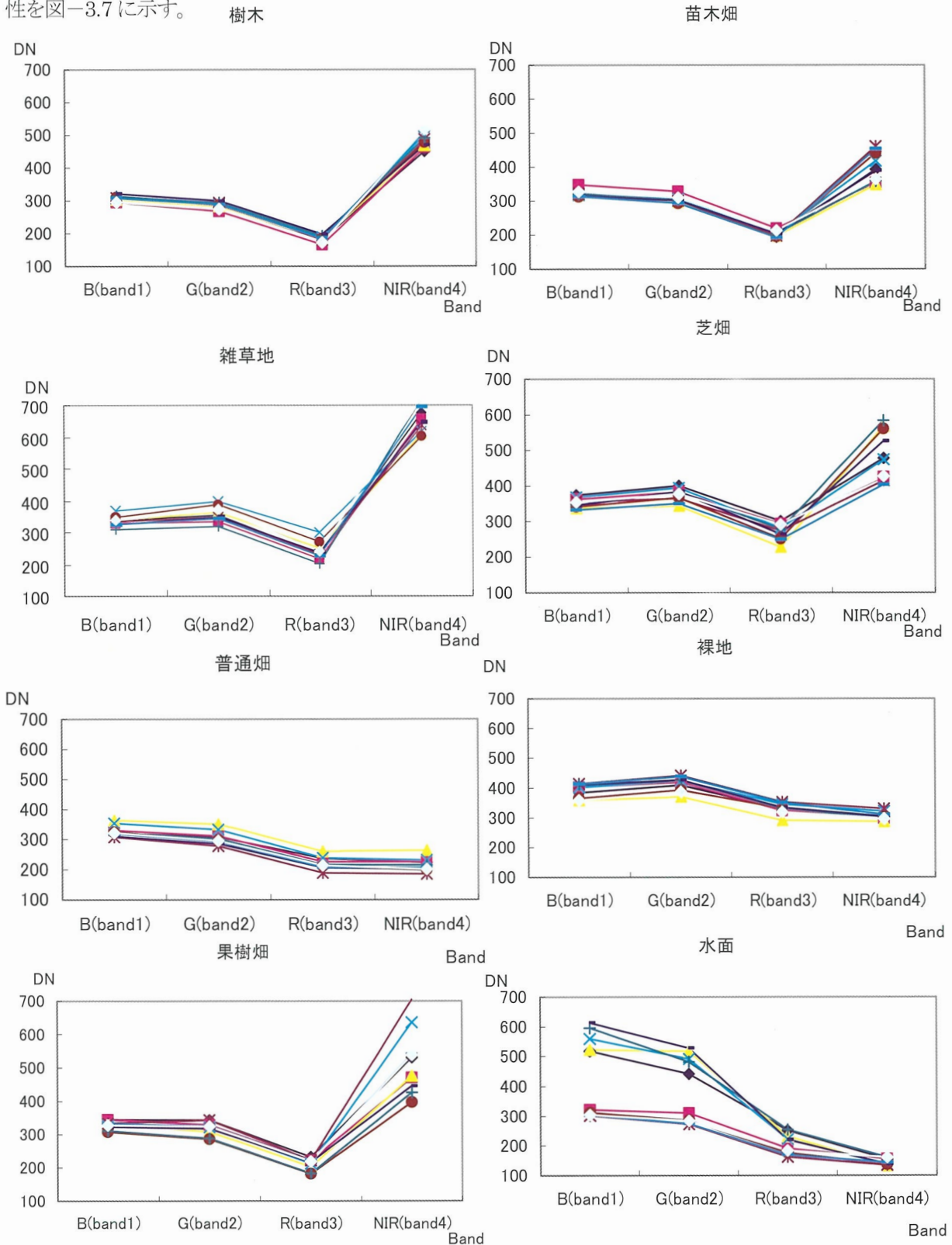


図-3.6 各トレーニングエリアのスペクトル特性

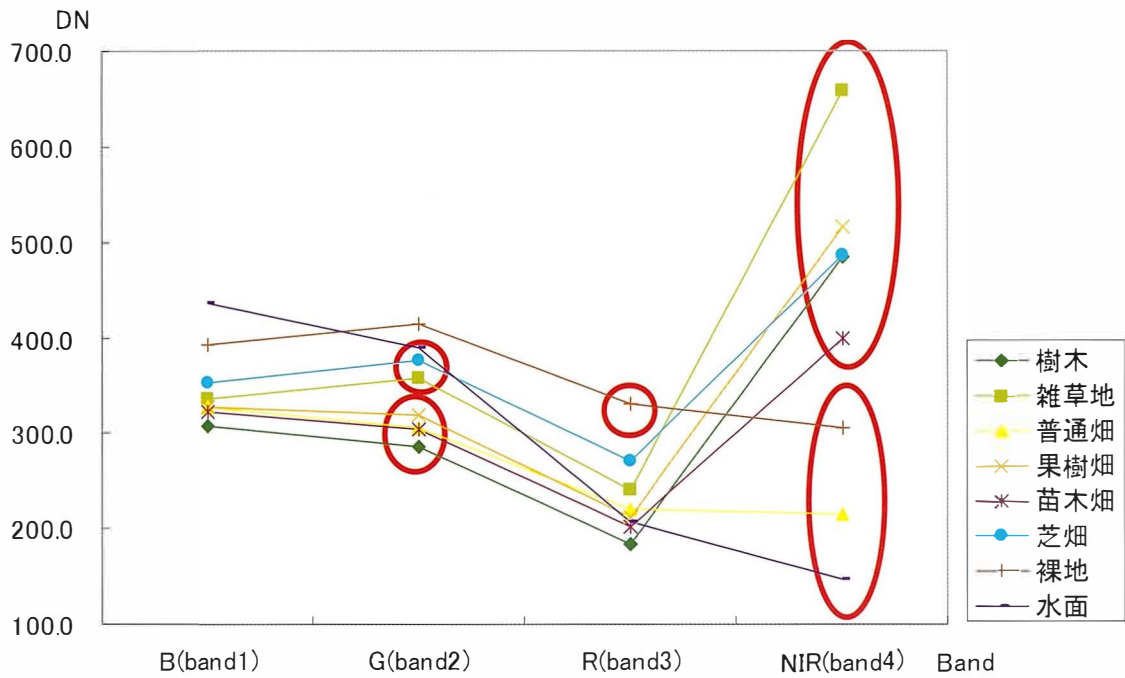


図-3.7 都市緑地の分類項目のスペクトル特性

これより分類項目ごとのスペクトル特性には、表-3.4のような傾向が認められた。

表-3.4 分類項目ごとのスペクトル特性検討結果

分類項目	特徴的なスペクトル特性
樹木	・ NIR(band4)の値が高い。
雑草地	・ NIR(band4)の値がきわめて高く。他バンドとの差が大きい。 ・ B(band1)より G(band2)の値が高い。
普通畑	・ R(band3)、NIR(band4)の値が低い。
果樹畑	・ NIR(band4)の値が高い。
苗木畑	・ NIR(band4)の値が高い。
芝畑	・ NIR(band4)の値が高い。 ・ B(band1)より G(band2)の値が高い。
裸地	・ B(band1)、G(band2)、R(band3)の値が全体的に高い
水面	・ B(band1)の値がきわめて高い。 ・ NIR(band4)の値がきわめて低い。 ・ B(band1)と G(band2)の分散が大きい。プール等の人工水面は値が大きく、河川・湖沼等の自然水面は値が小さい。

(3) 緑地抽出手法の検討

(2) のスペクトル特性を踏まえ、次の2つの手法により緑地の抽出を試みた。

①取得したトレーニングエリアを用いた最尤法分類

最尤法は最もよく用いられる分類手法の一つで、各分類項目に対する画素データの尤度を求め、尤度最大の項目にその画素を分類する方法である。尤度とは、画素データ x が観測されたとき、それが分類項目 k から得られたものである事後確率のことである。

最尤法を用いると、分類結果に確率統計的な意味をもたせることができるなど、優れた特徴を持っている。図-3.8に最尤法の概念を示す。

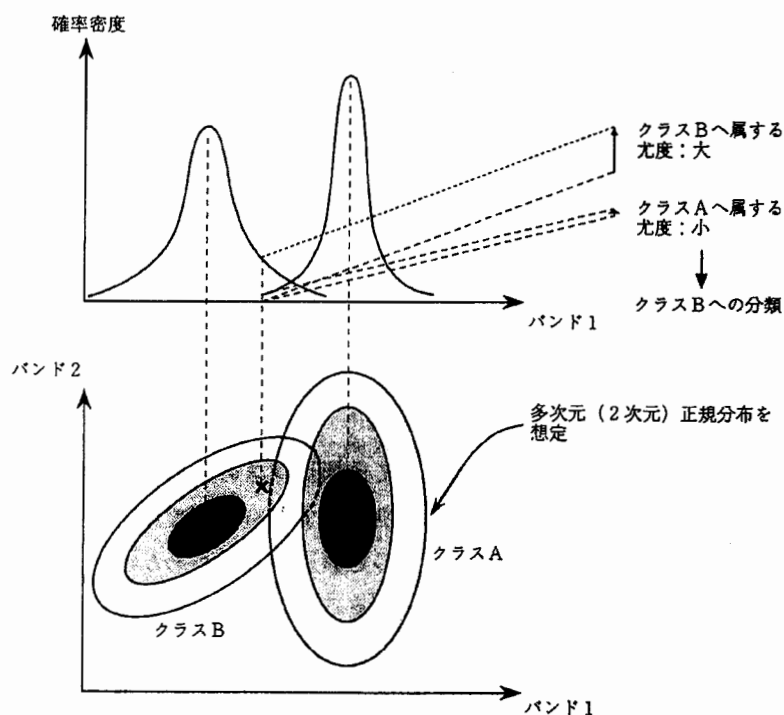


図-3.8 最尤法の概念¹⁾

本調査では、最尤法の適用前に植生指標による大区分を行ったため、処理の流れは図-3.9のようになる。

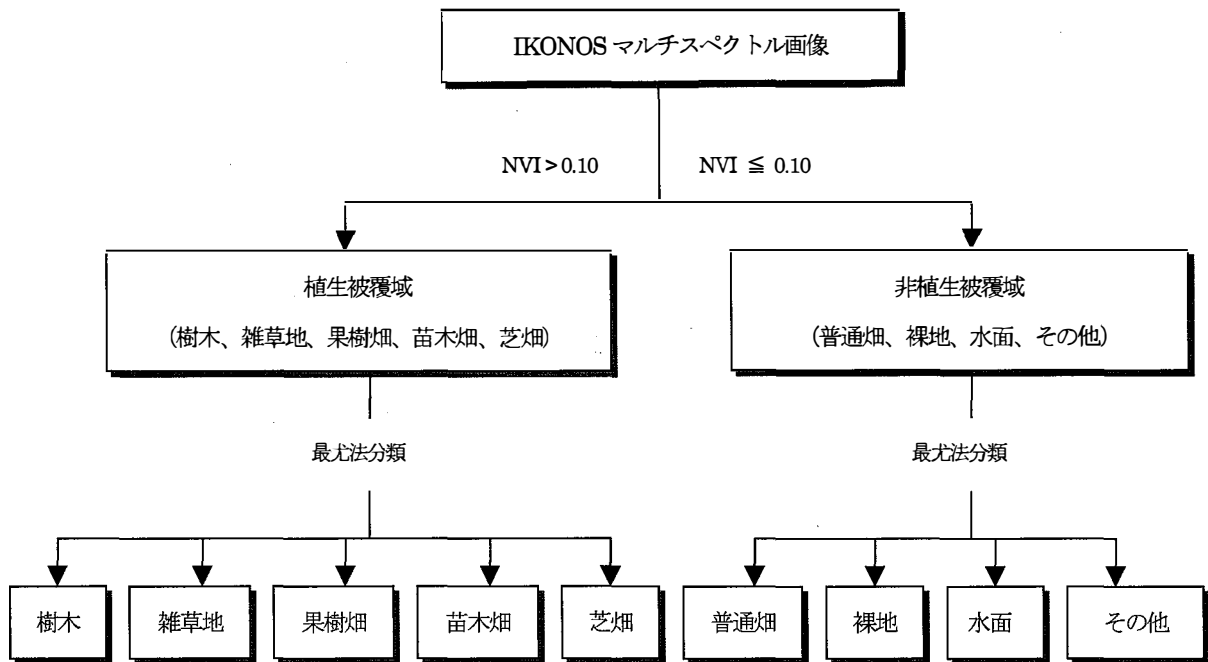


図-3.9 本調査における最尤法分類処理の流れ

②スペクトル特性を活用したデシジョンツリー法分類

デシジョンツリー法は、各画素の特徴値を設定された基準値と階層的に次々と比較することで分類する手法である。デシジョンツリー法は、演算のほとんどが大小比較のみで構成されるため、複雑な計算式を用いる最尤法に比べて短時間で分類処理が実行できるという利点がある。図-3.10 にデシジョンツリー法の概念を示す。

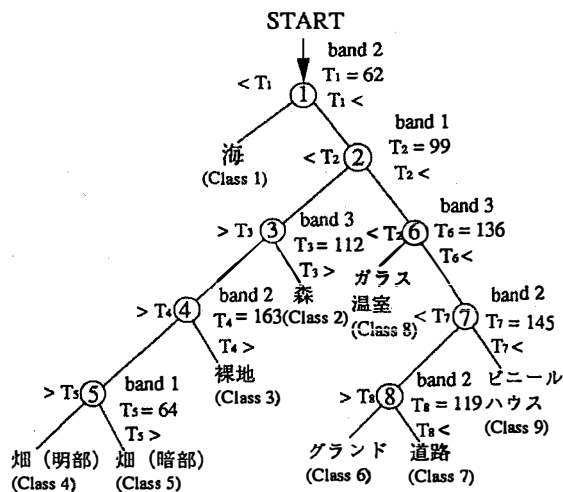


図-3.10 デシジョンツリー法の概念¹⁾

本調査におけるデシジョンツリー法の処理の流れは、表-3.4 に示すスペクトル特性を参考に、図-3.11 のように設定した。

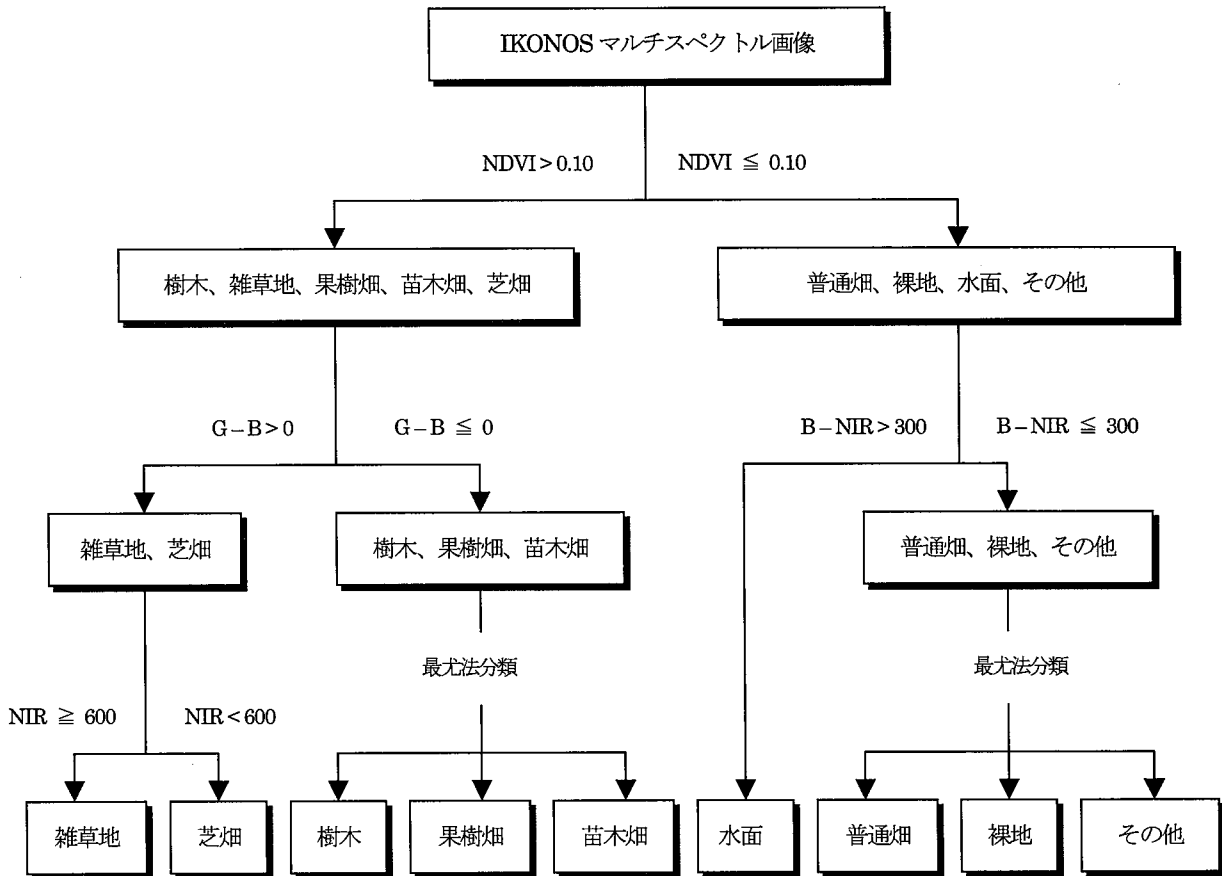


図-3.11 本調査におけるデシジョンツリー分類法の流れ

(4) 植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index) による大区分

最尤分類法およびデシジョンツリー分類法を実施するにあたり、分類精度を向上させるため、植生指標による大区分を行った。植生指標は、植生の有無、多少、活性度を示す代表的な指標で IKONOS の場合、バンド3 とバンド4 を用いて以下の式で求められる。

$$NDVI = (band4 - band3) / (band4 + band3)$$

ここでNDVIは、 $-1 \leq NDVI \leq 1$ の値をとるため、8ビットの画像データとして取り扱うには0~255の値になるように線形変換する必要がある。線形変換には以下の式を用いた。

$$NDVI_{8bit} = (NDVI \times 100) + 128$$

作成した練馬区全域の植生指標画像を図-3.12 に示す。

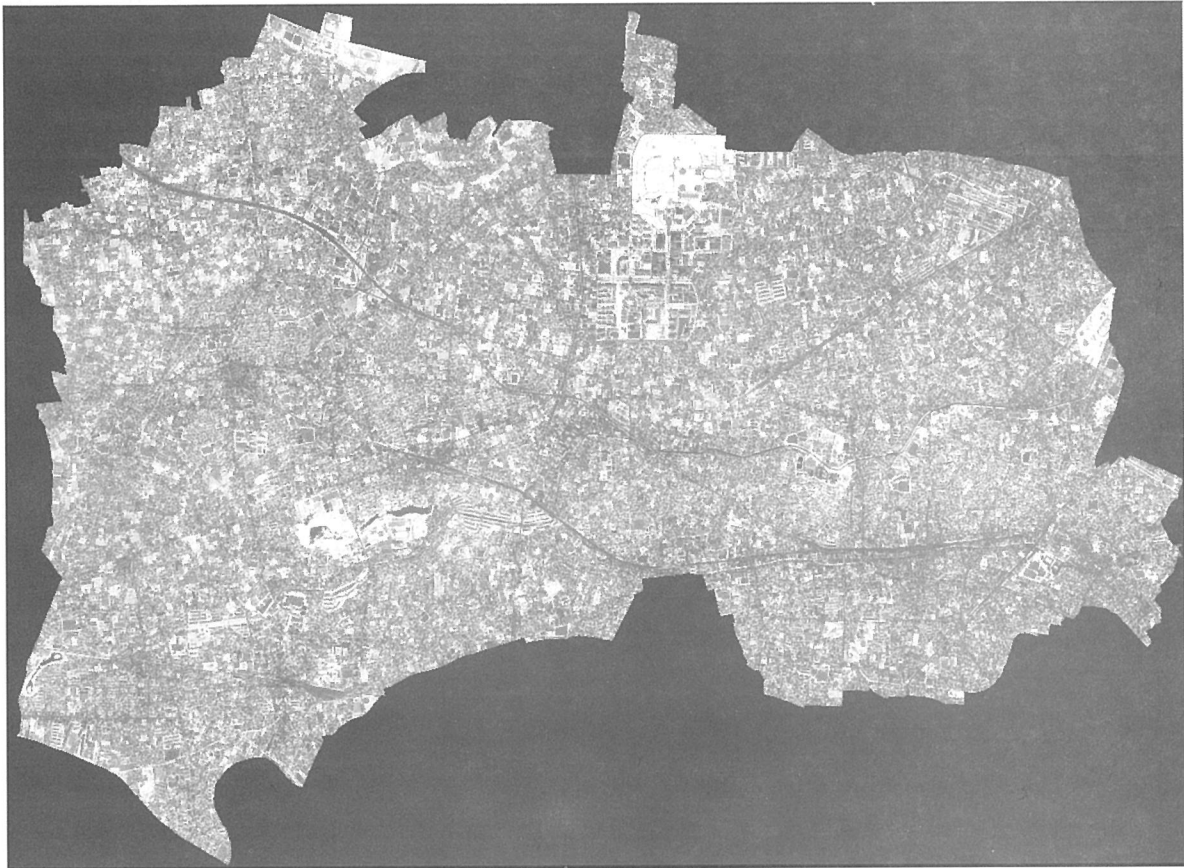


図-3.12 植生指標画像（練馬区全域：2000年8月8日観測）

次に図-3.4 で取得したトレーニングエリアの植生指標値をサンプリングし、グラフ上に展開することによって、植生被覆域（樹木、雑草地、果樹畑、苗木畑、芝畑）と非植生被覆域（普通畑、裸地、水面、その他）のしきい値を求めた。サンプリング結果を図-3.13 に示す。

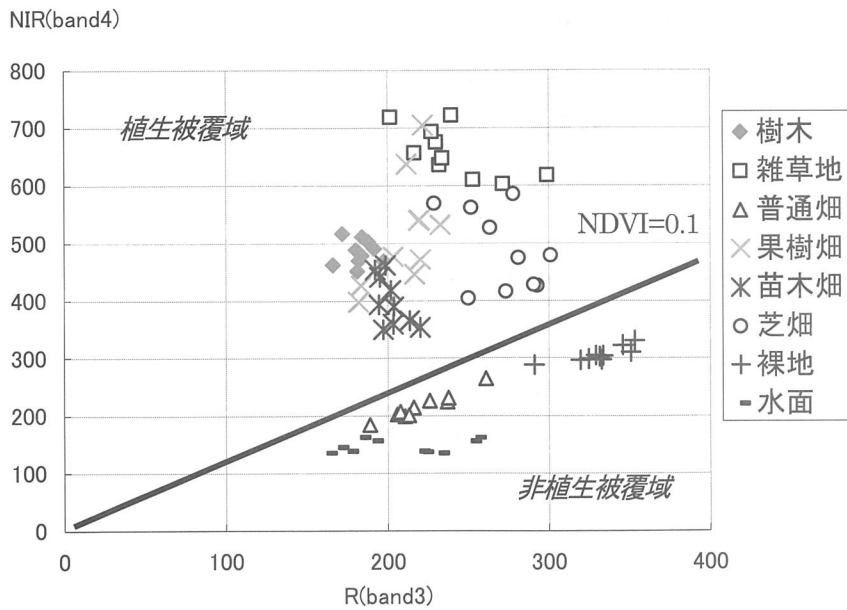


図-3.13 トレーニングエリアの植生指標値サンプリング結果

図-3.13 より、 $NDVI=0.1$ ($NDVI_{8bit}=138$) 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大区分した結果を図-3.14 に示す。



図-3.14 植生指標による植生大区分結果

(5) 緑地抽出結果

(3) で設定した2パターンの緑地抽出手法（最尤法、デシジョンツリー法）を用いて、緑地の抽出を行った。抽出結果を図-3.15および図-3.16に示す。

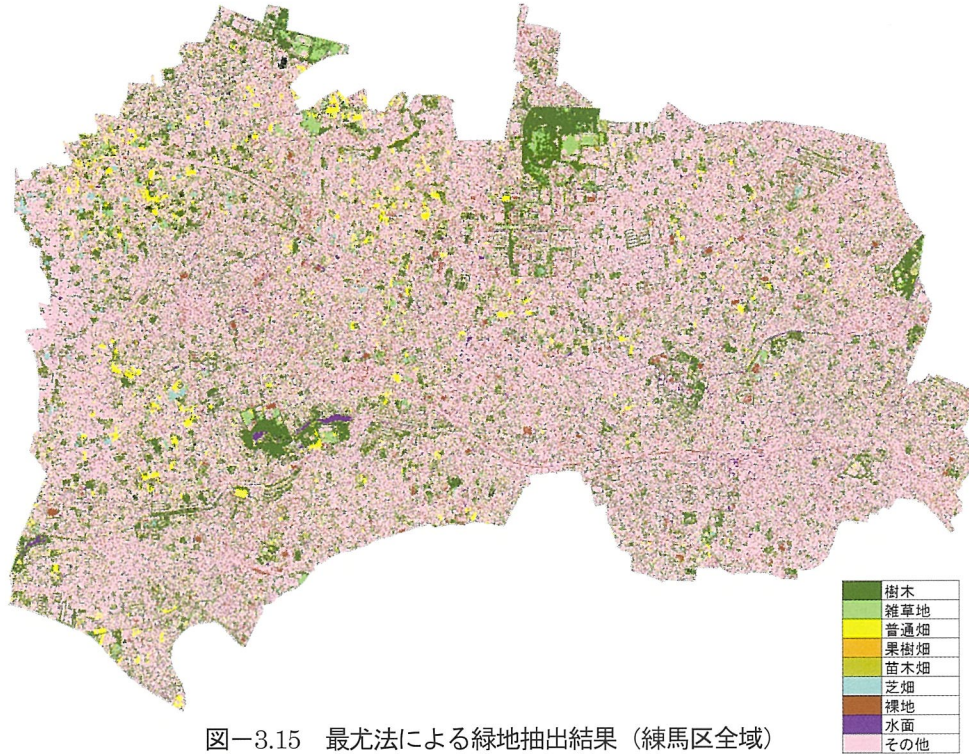


図-3.15 最尤法による緑地抽出結果（練馬区全域）

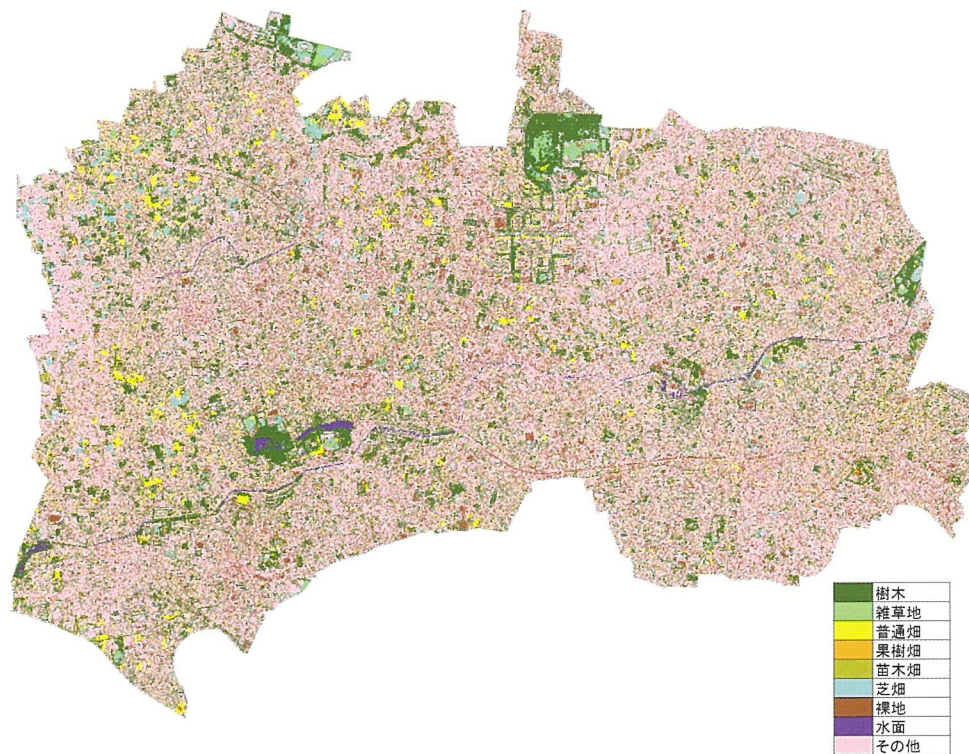


図-3.16 デシジョンツリー法による緑地抽出結果（練馬区全域）

また、ケーススタディエリアの緑地抽出結果を図-3.17、図-3.18に示す。

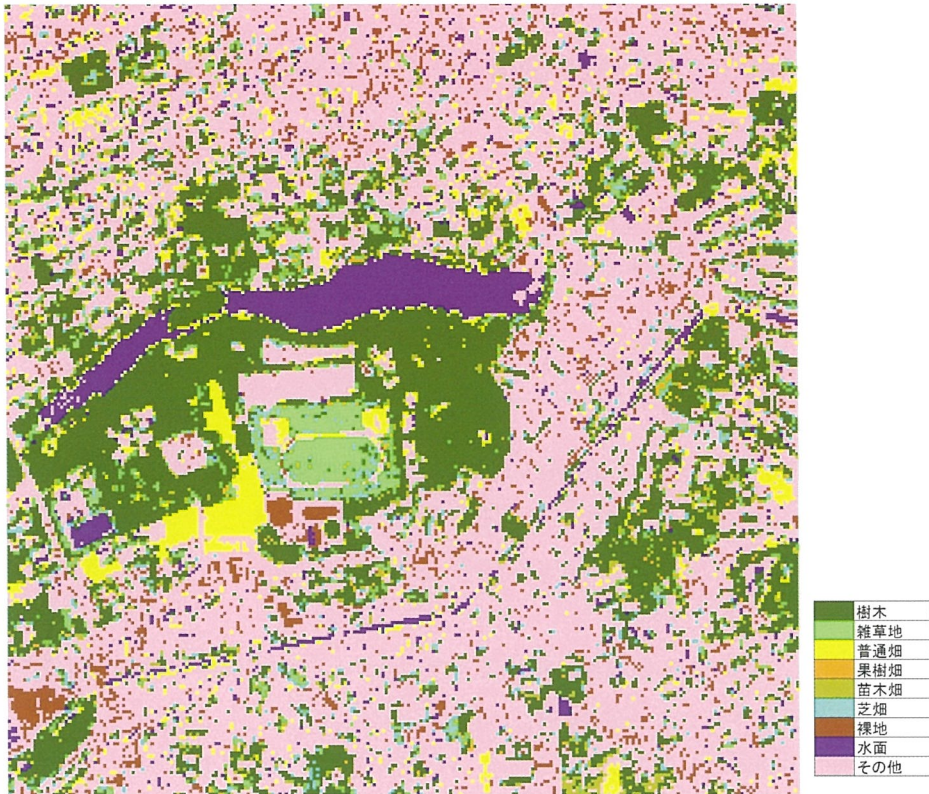


図-3.17 最尤法による緑地抽出結果（ケーススタディエリア）



図-3.18 デシジョンツリー法による緑地抽出結果（ケーススタディエリア）

3.4 緑地抽出の誤差の検討

3.2 で作成した検証用画像および 3.3 の緑地抽出結果を用いて、緑地抽出誤差の検討を行った。

(1) 練馬区全域

練馬区全域における緑地の面積集計結果を表-3.5、図-3.19 に示す。これより、最尤法、デシジョンツリー法ともに、樹木面積をやや過大に抽出する傾向が見られた。また、最尤法では水面を多めに抽出しており、デシジョンツリー法では雑草地を少なめに、芝畑と裸地を多めに抽出していた。普通畑、果樹畑、苗木畑はどちらの手法もおおむね妥当な面積を抽出していた。

判別性を検討した結果を表-3.6 に示す。

- ・ 樹木はおおむね判別性が高かった。とくに公園の芝地内の樹木が高精度で抽出されており、周辺に地物が密集していない大径木は単木レベルで抽出が可能であることが確認できた。
- ・ 雑草地もおおむね判別性が高く、グラウンド等は高い精度で抽出できた。しかし、一部で芝畑との誤分類がみられた。
- ・ 普通畑は比較的面的規模の大きいものは正確に抽出できた。しかし、小規模な普通畑は誤分類が多く、とくに影に誤分類される例が目立った。影との誤分類はデシジョンツリー法で多かった。
- ・ 果樹畑は樹木と雑草地の中間のスペクトルを呈するため、両者との誤分類が多かった。また、樹木と普通畑に分離されて識別される例が目立った。
- ・ 苗木畑は、果樹畑同様に樹木、普通畑、果樹畑などに誤分類されることが多かった。
- ・ 芝畑は雑草地に誤分類される例が多かった。
- ・ 裸地は明度の高いコンクリート裸地などは抽出精度が高かったが、建物との混同がみられた。
- ・ 水面は、デシジョンツリー法では高い判別性を示したが、最尤法では影に誤分類されることが顕著であった。

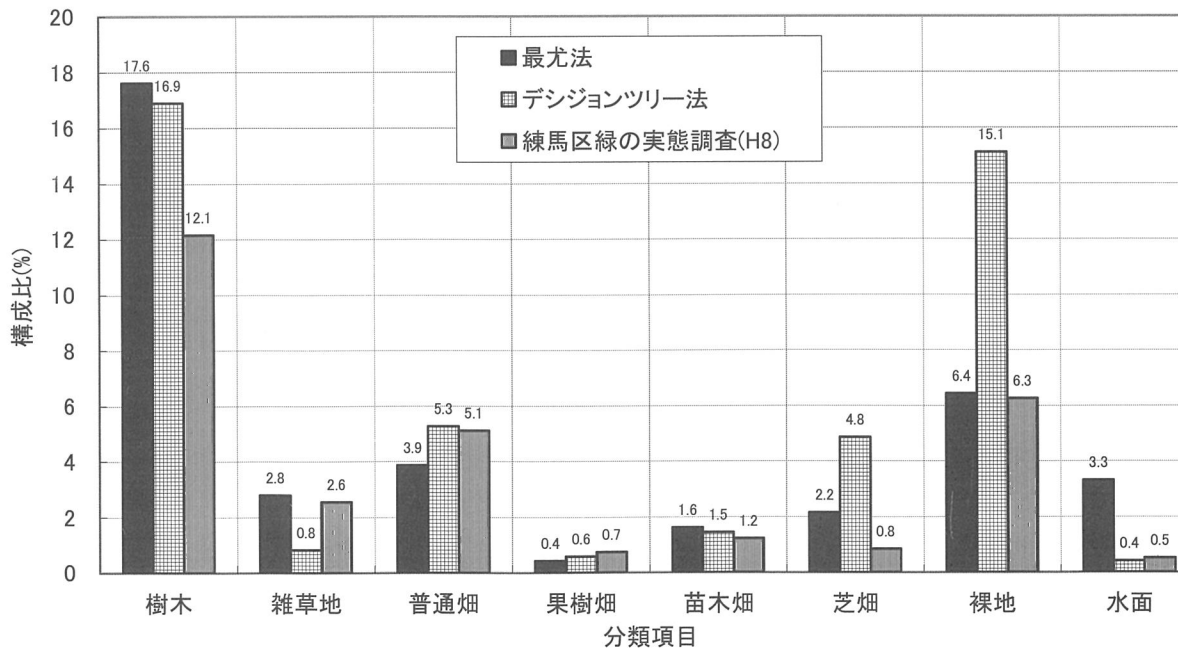
以上より分類項目の妥当性を考察すると、果樹畑、苗木畑は樹木と裸地から構成される土地利用であり、土地被覆を捉える IKONOS 画像による高精度な判別はやや困難であると考えられる。雑草地と芝畑は、土地利用は異なるものの土地被覆は類似しているため、両者の判別も困難であると考えられる。したがって、IKONOS を用いる場合の分類項目は、樹木（樹木+果樹畑+苗木畑）、草地（雑草地+芝畑）、農地（普通畑）程度が妥当であると思われる。

以上を踏まえ、分類項目を樹木、草地、農地に統合し、面積を集計した結果を表-3.7、図-3.20 に示す。樹木をやや面積を多めに見積もる傾向があるが、おおむね近い面積で抽出されていることがわかる。

また、分類手法の特徴を整理すると、最尤法とデシジョンツリー法とで判別性に差異があることがわかった（表-3.8）。

表一3.5 練馬区全域の緑地面積集計結果

	最尤法		デシジョンツリー法		練馬区緑の実態調査(H8)		
	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	
樹木	848.73	17.6	814.09	16.9	584.94	12.1	
	134.57	2.8	40.20	0.8	123.09	2.6	
植生被覆地	983.29	20.4	854.29	17.7	708.03	14.7	
農地	普通畑	186.44	3.9	253.53	5.3	246.36	5.1
	果樹畑	20.78	0.4	28.16	0.6	35.42	0.7
	苗木畑	78.54	1.6	70.17	1.5	58.86	1.2
	芝畑	103.63	2.2	233.55	4.8	40.47	0.8
農地	389.40	8.1	585.41	12.2	381.11	7.9	
緑被地	1372.70	28.5	1439.70	29.9	1089.14	22.6	
裸地	309.57	6.4	727.64	15.1	301.38	6.3	
水面	159.74	3.3	19.31	0.4	25.10	0.5	
自然面	1842.01	38.2	2186.65	45.4	1415.62	29.4	
人工面	2973.99	61.8	2629.35	54.6	3400.38	70.6	
計	4816.00	100.0	4816.00	100.0	4816.00	100.0	



図一3.19 練馬区全域の緑地面積集計結果

表-3.6(1) 判別性検討結果 (練馬区全域)

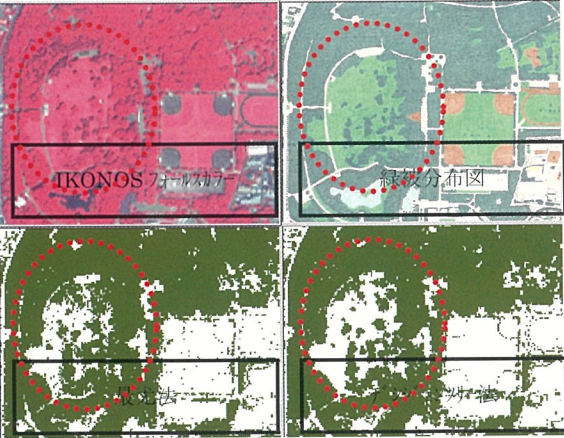
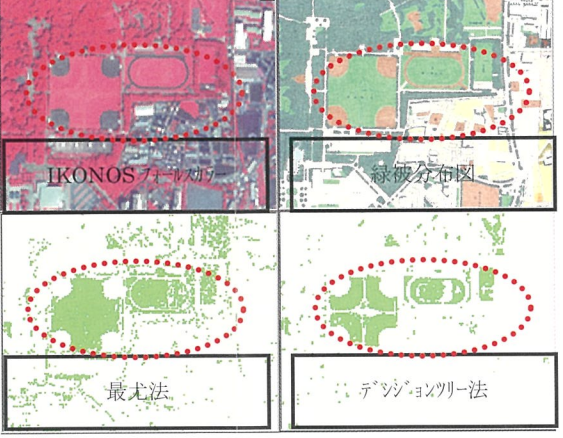
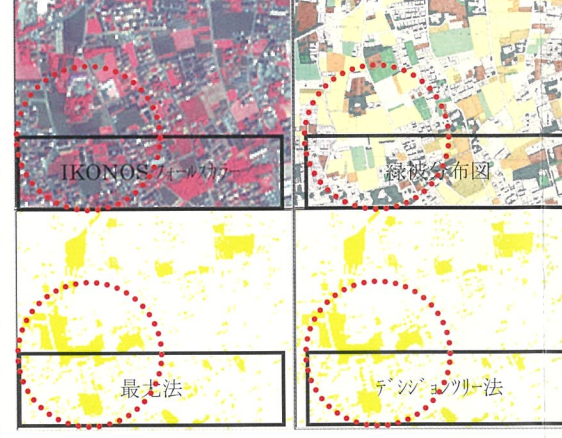
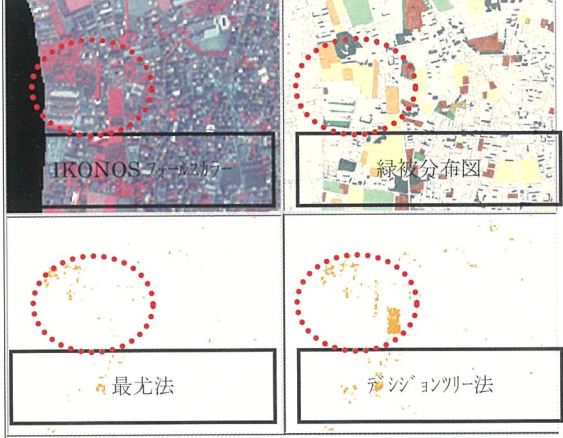
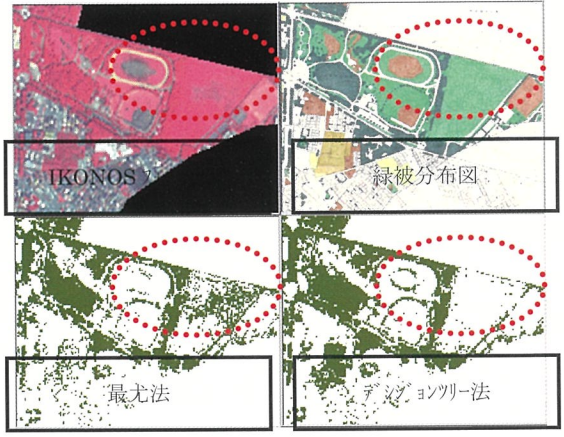
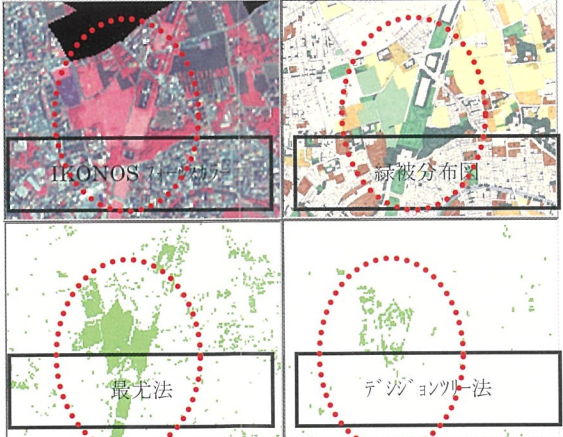
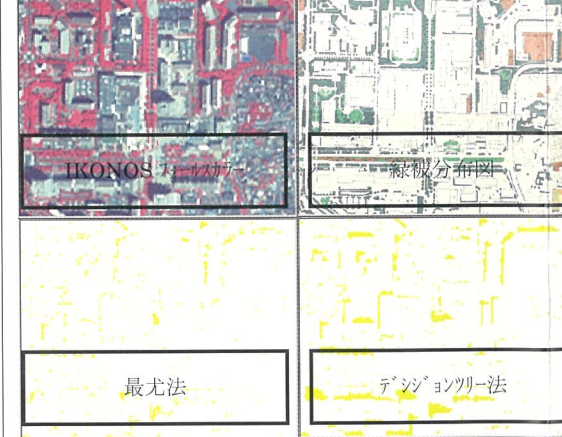
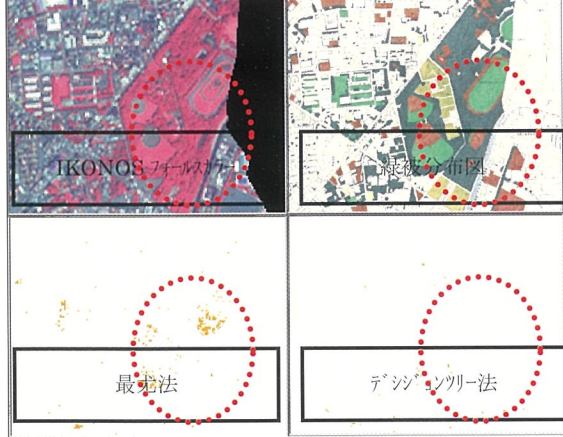
分類項目		樹木	雑草地	普通畑	果樹畑			
面積	最尤法	○	◎	△	○			
	デジコン法	○	○	○	○			
判別性	最尤法	○	◎	○	△			
	デジコン法	◎	○	△	△			
整合例								
	<p>光が丘公園内の単木の樹冠が比較的正確に抽出されている。精度はデジコン法の方が高い。</p>		<p>光が丘公園内の雑草地が比較的正確に抽出されている。精度は最尤法の方が高い。</p>		<p>面的規模の大きい普通畑は比較的正確に抽出されている。精度は最尤法の方が高い。</p>		<p>樹木と雑草地・芝畑の中間的な色調を有する果樹畑は比較的正確に抽出されている。</p>	
不整合例								
	<p>大泉中央公園内の草地を樹林と誤判別している。誤判別は最尤法が多い。</p>		<p>最尤法では分離帯の雑草地と隣接する芝畑を混同しており、デジコン法では芝畑を雑草地と誤判別している。</p>		<p>建物の影を普通畑を誤判別している傾向が強い。誤判別はデジコン法が多い。</p>		<p>最尤法では雑草地を果樹畑と誤判別する例が多い。果樹畑を樹木と誤判別する例も多い。</p>	

表-3.6(2) 判別性検討結果 (練馬区全域)

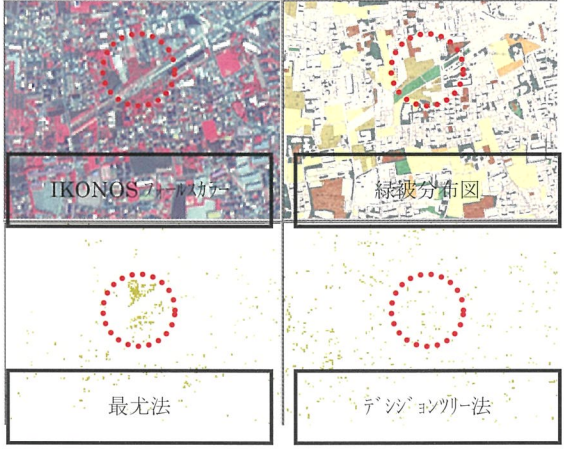
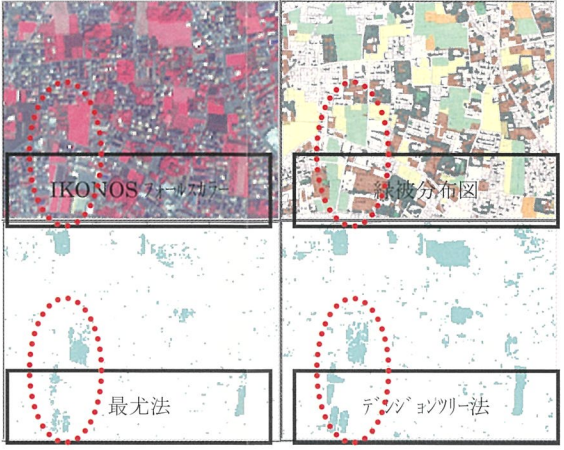
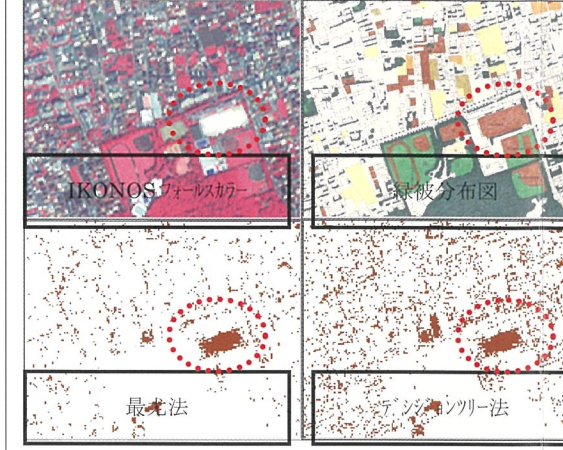
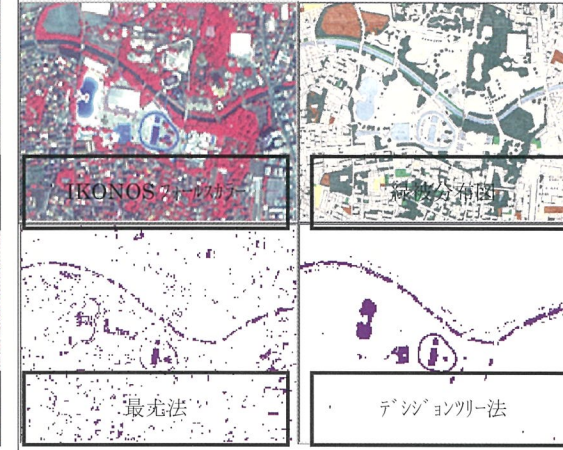
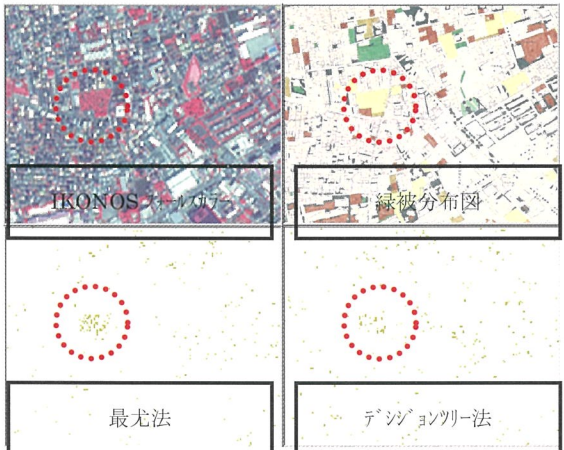
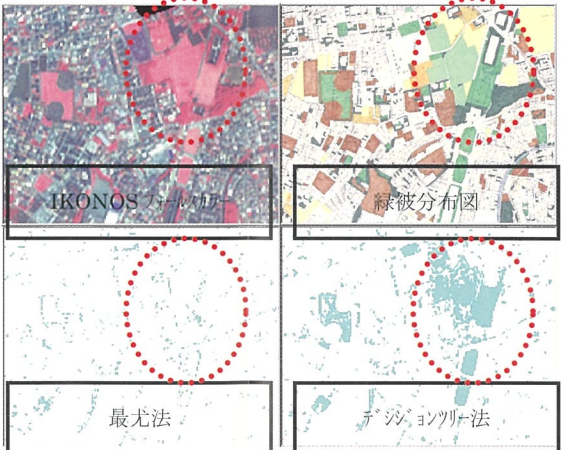
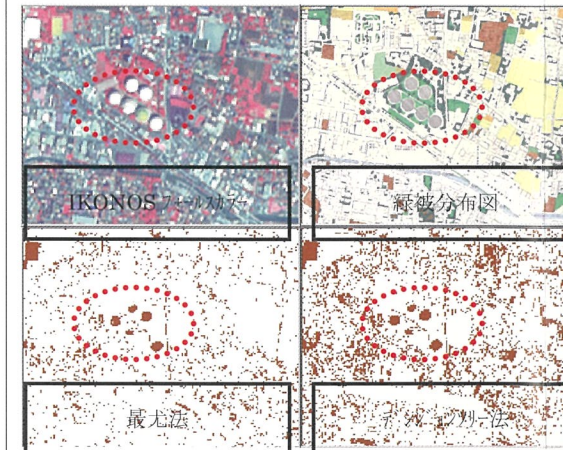
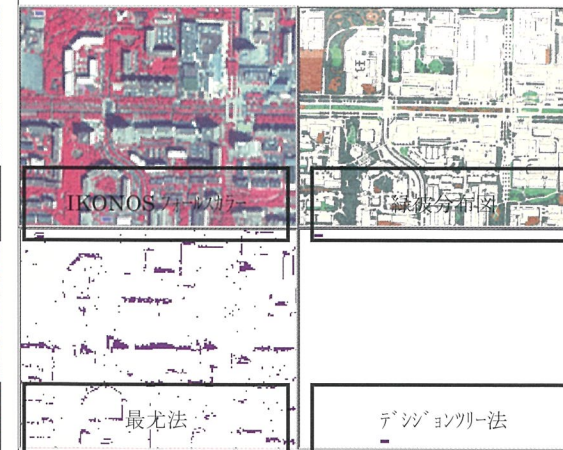
分類項目		苗木畑	芝畑	裸地	水面			
面積	最尤法	○	○	○	△			
	デジコン法	○	△	△	◎			
判別性	最尤法	△	○	△	△			
	デジコン法	△	○	△	◎			
整合例								
	<p>面的規模の大きい苗木畑は最尤法で比較的正確に抽出されている。</p>		<p>明度の低く面的規模の大きい芝畑は比較的正確に抽出されている。</p>		<p>明度の高い裸地（コンクリート裸地と思われる）は比較的正確に抽出されている。</p>		<p>デジコン法では、河川・湖沼等の自然水面もプール等の人工水面も高精度に抽出されている。</p>	
不整合例								
	<p>苗木畑は、普通畑、果樹畑、樹木などと誤判別されることが多い。</p>		<p>明度の高い芝畑は雑草地と誤判別されることが多い。</p>		<p>建物の屋上が裸地に誤判別されることが多い。</p>		<p>最尤法では建物の影が水面と誤判別されることが多い。</p>	

表-3.7 項目統合後の練馬区全域の緑地面積集計結果

	最尤法		デシジョンツリー法		練馬区緑の実態調査 (H8)	
	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)
樹木 (樹木+果樹畑+苗木畑)	948.05	19.7	912.42	18.9	679.23	14.1
草地 (雑草地+芝畑)	238.20	4.9	273.75	5.7	163.56	3.4
農地 (普通畑)	186.44	3.9	253.53	5.3	246.36	5.1

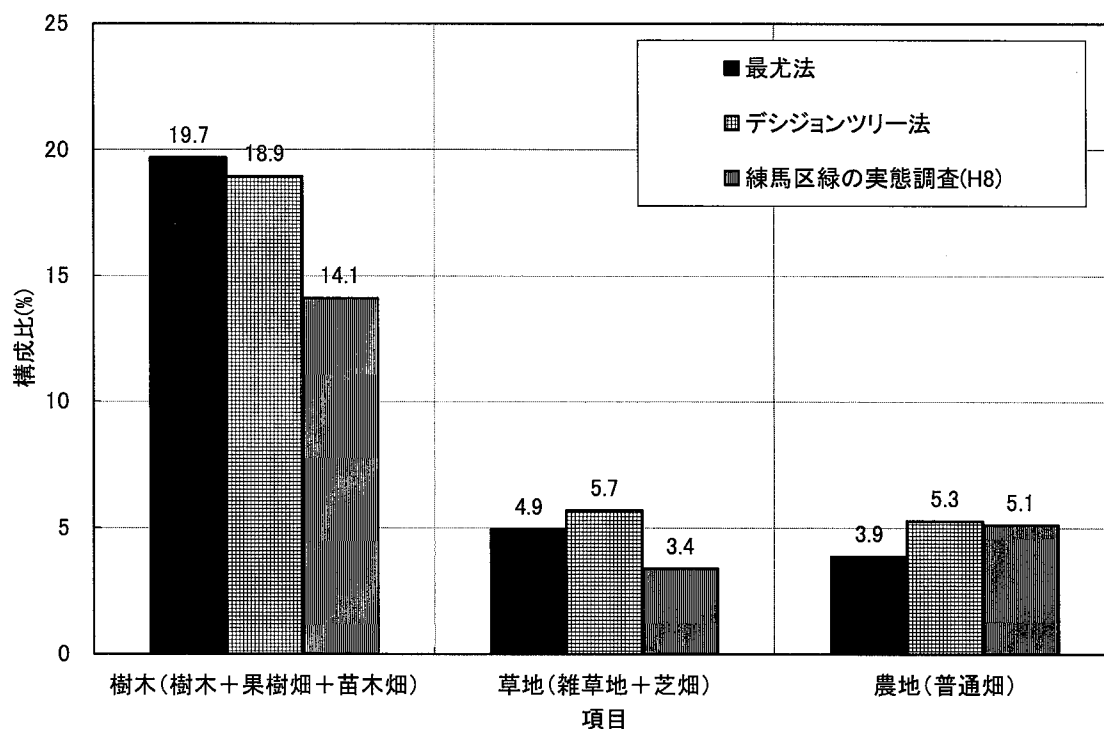


図-3.20 項目統合後の練馬区全域の緑地面積集計結果

表-3.8 最尤法とデシジョンツリー法の判別特性

分類項目	最尤法	デシジョンツリー法
樹木	やや過大に抽出。	最尤法より高精度。
雑草地	デシジョンツリー法より高精度。	芝畑に誤分類される例が多い。
普通畑	デシジョンツリー法より高精度。	建物の影を誤抽出する例が多い。
果樹畑	樹木、苗木畑に誤分類される例が多い。 雑草地を誤抽出する例が多い。	樹木、苗木畑に誤分類される例が多い。
苗木畑	樹木に誤分類される例が多い。 デシジョンツリー法より高精度。	樹木に誤分類される例が多い。
芝畑	デシジョンツリー法より高精度。	雑草地を誤抽出する例が多い。
裸地	デシジョンツリー法より高精度。	建物の影を誤抽出する例が多い。
水面	建物の影を誤抽出する例が多い。	最尤法より高精度。

(2) ケーススタディエリア

ケーススタディエリアにおける緑地の面積集計結果を表-3.9、図-3.21 に示す。樹木は、デシジョンツリー法でやや過大に抽出する傾向が見られた。農地（普通畑、果樹畑、苗木畑、芝畑）の正確な抽出がやや困難で面積にばらつきがみられ、なおかつ多めに抽出する傾向が顕著であった。

この傾向を定量的に評価するために、検証用画像に対する正答率を分類手法別にまとめた結果を表-3.10 に示す。

- ・ 樹木は最尤法、デシジョンツリー法ともに正答率が約 70%であり、おおむね良好な抽出精度を示している。
- ・ 雑草地は最尤法では約 50%でまずまずの精度だが、デシジョンツリー法では約 27%と低く、芝畑との誤判別が約 35%と高かった。
- ・ 普通畑は両手法とも 40%程度で、樹木あるいはその他の土地被覆との誤判別が 25%程度あった。
- ・ 果樹畑、苗木畑は正答率がきわめて低く、樹木との誤判別が顕著であった。

これより、IKONOS を用いる場合の分類項目は、練馬区全域の場合と同様に樹木（樹木+果樹畑+苗木畑）、草地（雑草地+芝畑）、農地（普通畑）程度が妥当であるといえる。

以上を踏まえ、分類項目を樹木、草地、農地に統合し、面積を集計した結果を表-3.11、図-3.22 に示す。樹木、草地、農地ともやや面積を多めに見積もる傾向があるが、おおむね近い面積で抽出されていることがわかる。

次に、判別性を検討した結果を表-3.12 に示す。

- ・ 樹木はおおむね抽出精度が高かった。とくに面的規模の大きい公園は高精度で抽出されていたが、作付けされている農地が樹木に誤分類されている例もあった。
- ・ 草地は規模の大きいグラウンドは比較的正確に抽出されたが、草地以外の箇所を誤分類している例が多かった。
- ・ 農地は樹木や草地に比べてやや精度が低く、農地以外の箇所を誤分類している例が多かった。

また、ケーススタディエリアのようなさまざまな土地被覆が密集している区域では、ミクセルの影響が大きいことが知られている。土地被覆の境界部において、ミクセルの影響を検討した結果、表-3.13 のような誤分類パターンが明らかになった。ミクセルによる誤分類パターンは相互に影響を及ぼしあっており、これを分解するためには一層精緻な検討を要すると思われる。

表-3.9 ケーススタディエリアの緑地面積集計結果

	最尤法		デシジョンツリー法		航空写真判読		
	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	
植生被覆地	樹木	24.99	25.0	26.33	26.3	24.93	24.9
	雑草地	3.54	3.5	0.98	1.0	2.51	2.5
		28.53	28.5	27.31	27.3	27.45	27.4
農地	普通畑	4.60	4.6	5.01	5.0	3.11	3.1
	果樹畑	0.35	0.4	0.66	0.7	0.04	0.0
	苗木畑	2.71	2.7	1.40	1.4	0.39	0.4
	芝畑	1.69	1.7	3.90	3.9	0.00	0.0
		9.35	9.3	10.98	11.0	3.54	3.5
緑被地		37.87	37.9	38.29	38.3	30.99	31.0
裸地		5.04	5.0	12.37	12.4	—	—
水面		4.92	4.9	4.16	4.2	—	—
自然面		47.83	47.8	54.82	54.8	—	—
人工面		52.17	52.2	45.18	45.2	—	—
計		100.00	100.0	100.00	100.0	100.00	100.0

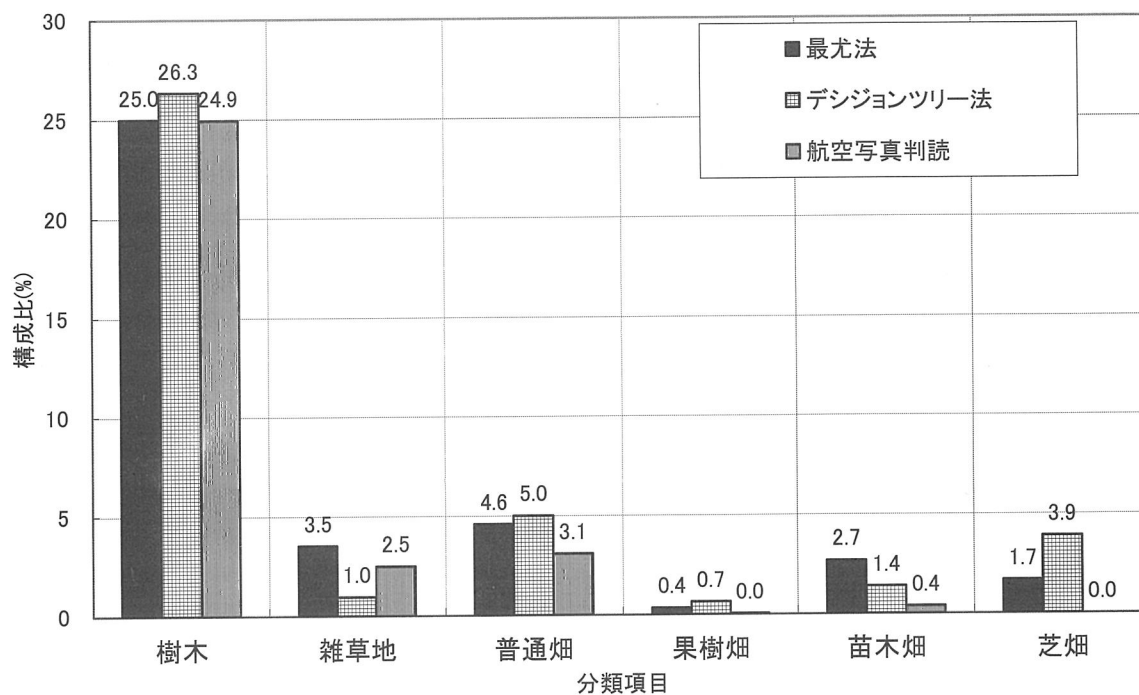


図-3.21 ケーススタディエリアの緑地面積集計結果

表-3.10 ケーススタディエリアにおける緑地抽出正答率

【最尤法】

(%)

最尤法	検証用				
	樹木	雑草地	普通畑	果樹畑	苗木畑
樹木	66.7	24.3	21.1	74.9	46.8
雑草地	4.0	48.8	4.0	0.0	3.1
普通畑	2.8	5.4	41.1	3.0	0.6
果樹畑	0.7	3.0	0.9	0.0	0.7
苗木畑	5.5	2.0	3.9	16.5	24.0
芝畑	1.7	7.3	1.2	0.0	0.4
その他	18.6	9.2	27.7	5.6	24.4
計	100	100	100	100	100

【デシジョンツリー法】

(%)

デシジョンツリー 法	検証用				
	樹木	雑草地	普通畑	果樹畑	苗木畑
樹木	69.5	21.9	25.2	84.4	66.6
雑草地	0.4	27.0	1.9	0.0	0.0
普通畑	2.2	5.4	41.8	3.0	0.8
果樹畑	2.1	0.7	0.5	3.6	1.3
苗木畑	2.8	0.7	1.3	3.5	5.3
芝畑	3.8	35.0	2.4	0.0	1.8
その他	19.2	9.2	27.0	5.6	24.2
計	100	100	100	100	100

表-3.11 項目統合後のケーススタディエリアの緑地面積集計結果

	最尤法		デジジョンツリー法		航空写真判読	
	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)	面積(ha)	構成比(%)
樹木 (樹木+果樹畑+苗木畑)	28.05	28.0	28.40	28.4	25.37	25.4
草地 (雑草地+芝畑)	5.23	5.2	4.88	4.9	2.51	2.5
農地 (普通畑)	4.60	4.6	5.01	5.0	3.11	3.1

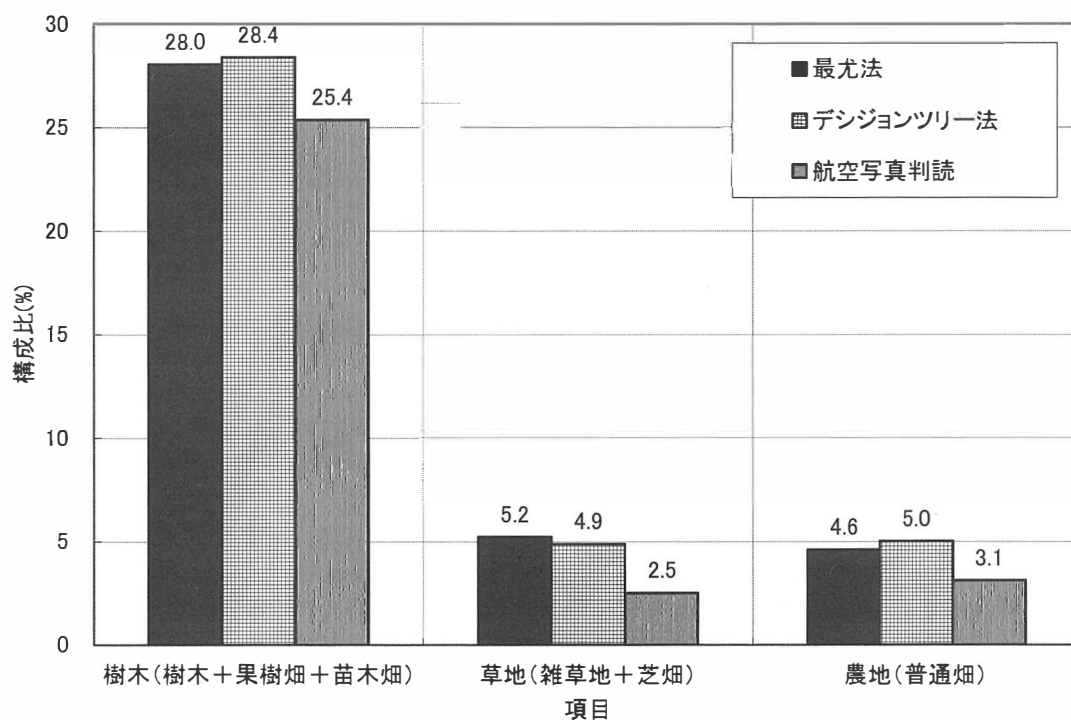


図-3.22 項目統合後のケーススタディエリアの緑地面積集計結果

表-3.12(1) 判別性検討結果 (ケーススタディエリア)

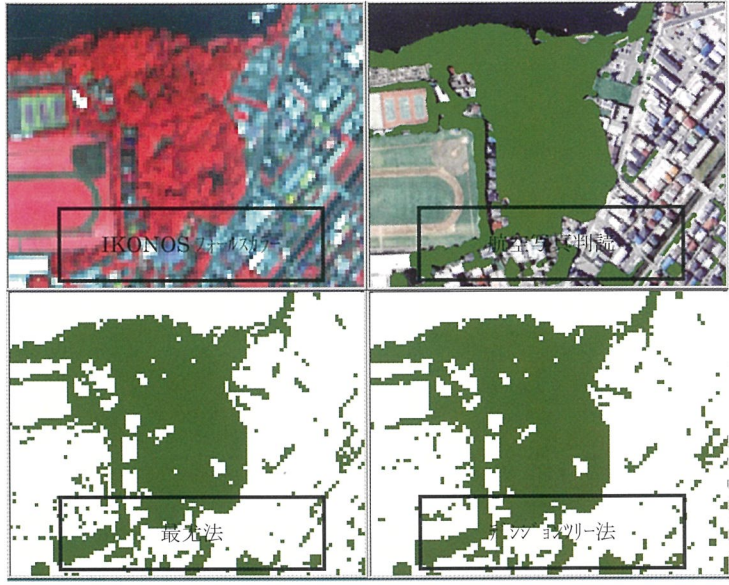
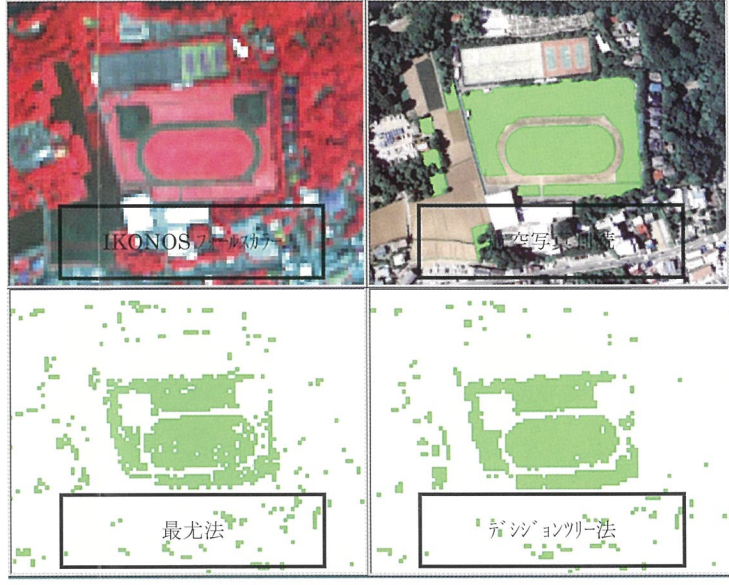
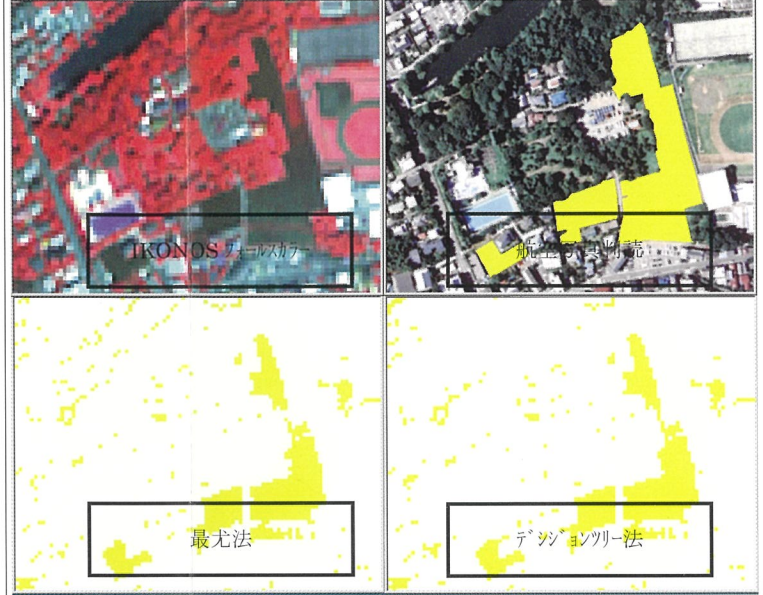
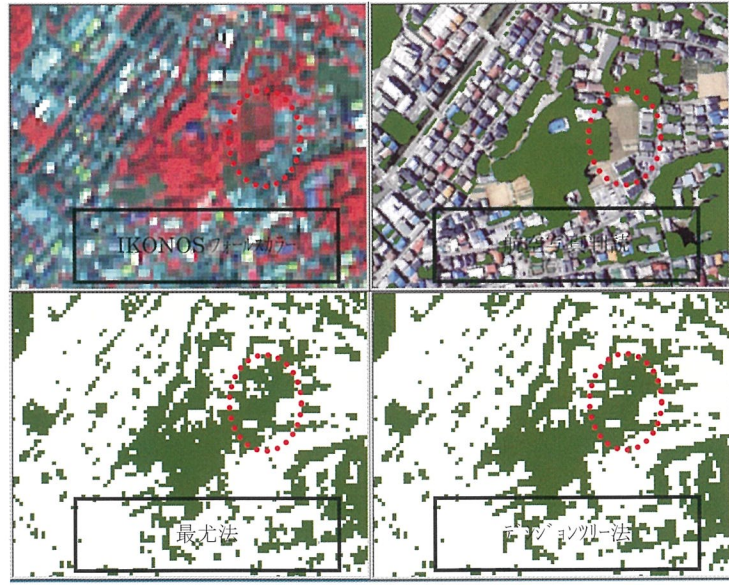
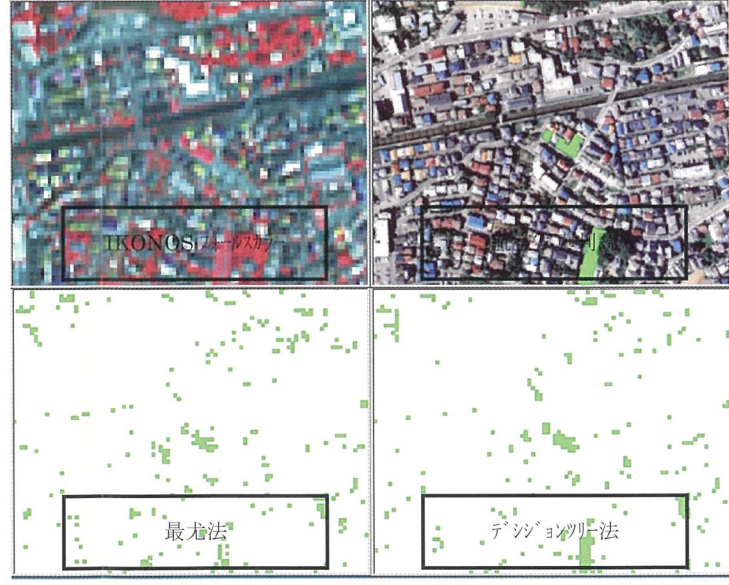
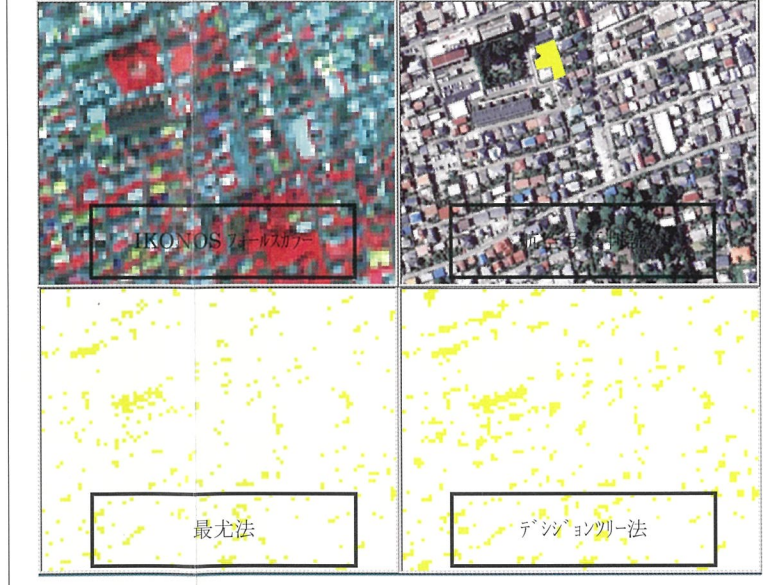
分類項目		樹木 (樹木+果樹畑+苗木畑)	草地 (雑草地+芝畑)	農地 (普通畑)
面積	最尤法	◎	◎	◎
	デジコンツリー法	◎	◎	◎
判別性	最尤法	○	○	△
	デジコンツリー法	◎	○	○
整合例		 <p>面的規模の大きい公園緑地は高精度に抽出されている。</p>	 <p>グラウンド等の面的規模の大きい草地は高精度に抽出されている。</p>	 <p>面的規模の大きい農地は高精度に抽出されている。畦道等も正確に分離されている。</p>
不整合例		 <p>作付けされている農地が樹木に誤分類されている。</p>	 <p>草地以外の箇所を多数草地に誤分類している。</p>	 <p>農地以外の箇所を多数農地に誤分類している。</p>

表-3.12(2) 判別性検討結果 (ケーススタディエリア)

分類項目	樹木 (樹木+果樹畑+苗木畑)	草地 (雑草地+芝畑)	農地 (普通畑)
ミクセルの影響例①	<p>IKONOS フォールカラー</p> <p>航空写真</p> <p>最尤法</p> <p>デシジョンツリー法</p>	<p>IKONOS フォールカラー</p> <p>航空写真</p> <p>最尤法</p> <p>デシジョンツリー法</p>	<p>IKONOS フォールカラー</p> <p>航空写真</p> <p>最尤法</p> <p>デシジョンツリー法</p>
	<p>樹木と水面が混在したピクセルは、明度が低下するため農地に誤分類されることがある。</p>	<p>草地と農地が混在したピクセルは、明度が低下するため樹木に誤分類されることがある。</p>	<p>農地と建物が混在したピクセルは、明度が上昇するため農地としての抽出が難しい場合がある。</p>
ミクセルの影響例②	<p>IKONOS フォールカラー</p> <p>航空写真</p> <p>最尤法</p> <p>デシジョンツリー法</p>	<p>IKONOS フォールカラー</p> <p>航空写真</p> <p>最尤法</p> <p>デシジョンツリー法</p>	<p>IKONOS フォールカラー</p> <p>航空写真</p> <p>最尤法</p> <p>デシジョンツリー法</p>
	<p>樹木と建物が混在したピクセルは、明度が上昇するため草地に誤分類されることがある。</p>	<p>草地と裸地が混在したピクセルは、明度が低下するため樹木に誤分類されることがある。</p>	<p>農地と道路が混在したピクセルは、明度が上昇するため実際の幅員より広めの道路として抽出されることが多い。</p>

表-3.13 ミクセルの影響による誤分類パターン

本来の 土地被覆	誤分類箇所	要因	誤分類結果
樹木	水面との境界	明度の低下	農地
	建物との境界	明度が上昇	草地
草地	農地との境界	明度が低下	樹木
	裸地との境界	明度が低下	樹木
農地	建物との境界	明度が上昇	その他（市街地）
	道路との境界	明度が上昇	その他（市街地）

3.5 LANDSAT/TM 画像による都市緑地の細分化

(1) トレーニングエリアの取得

ケーススタディエリアの検証用画像に基づき、農地、緑の多い住宅地のトレーニングエリアを各 10 箇所選定し、夏季の LANDSAT/TM 画像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-3.23 に示す。

LANDSAT/TM 分類画像



検証用画像



図-3.23 都市緑地の細分化に際して選定したトレーニングエリア

(2) 「農地・緑の多い市街地」のスペクトル特性の検討

(1) で選定したトレーニングエリア内のスペクトル値をサンプリングし、バンドごとのスペクトル特性を検討した。結果を図-3.24 に示す。その結果、ほぼ同一の特性を有するが、農地の赤外域 (band4,5,7) と可視域 (band1,2,3) の差がわずかに大きい傾向が把握できた。

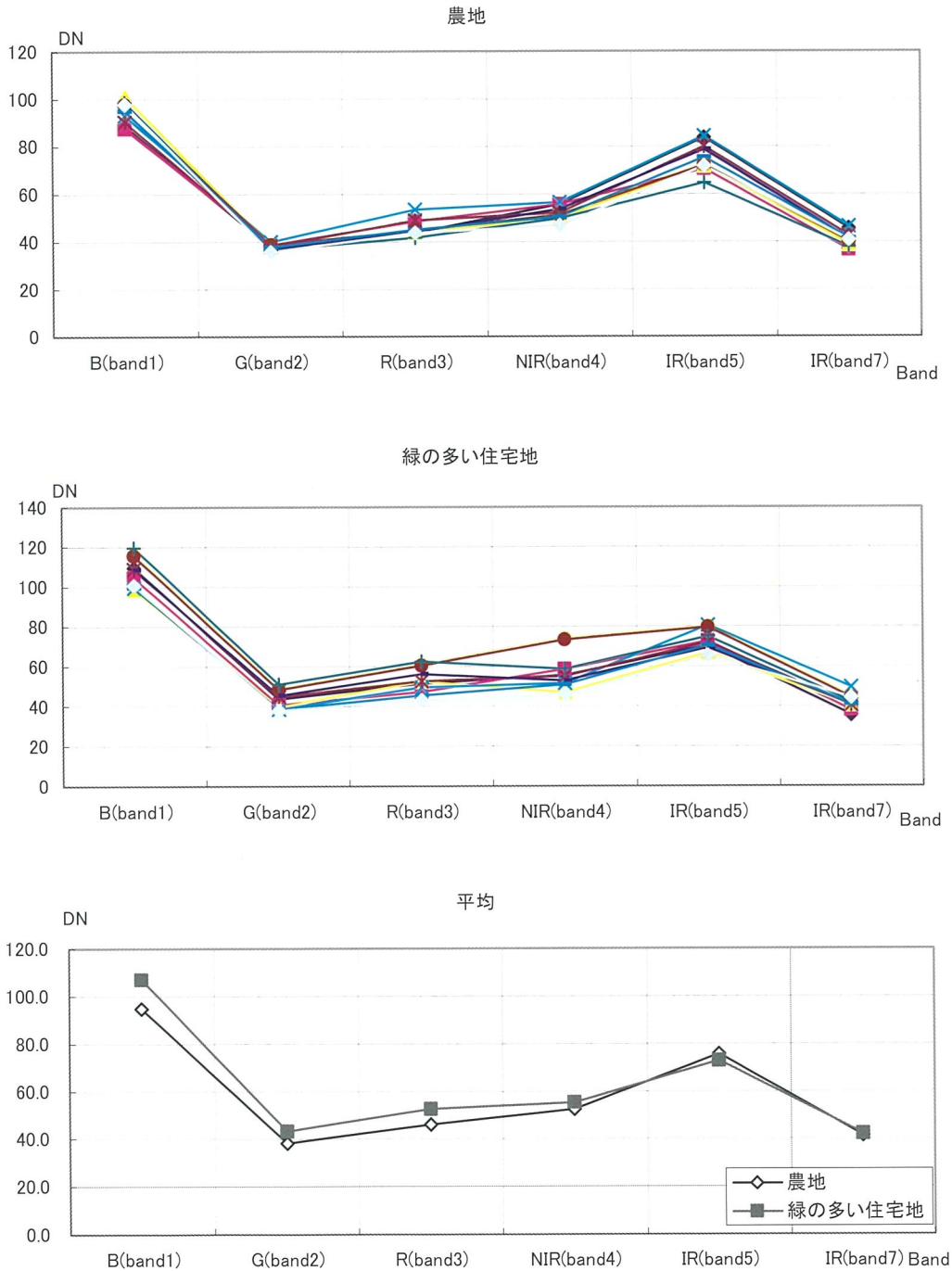
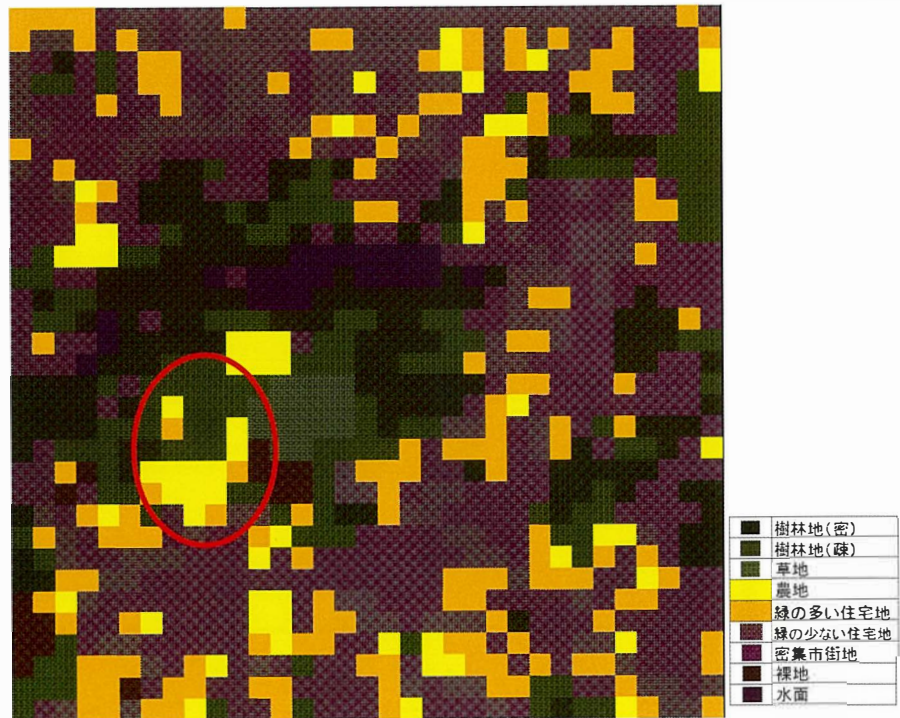


図-3.24 農地、緑の多い住宅地のスペクトル特性

(3) 「農地・緑の多い住宅地」の再分類結果

トレーニングエリアのスペクトル特性に基づき、最尤法により農地と緑の多い住宅地を分類した。結果を図-3.25に示す。検証用画像と比較すると、面積の大きな農地は比較的正確に区分されたが（図中赤丸）、スペクトル特性に大きな差がないため誤分類も多く、結論として分類は困難であった。

再分類結果



検証用画像

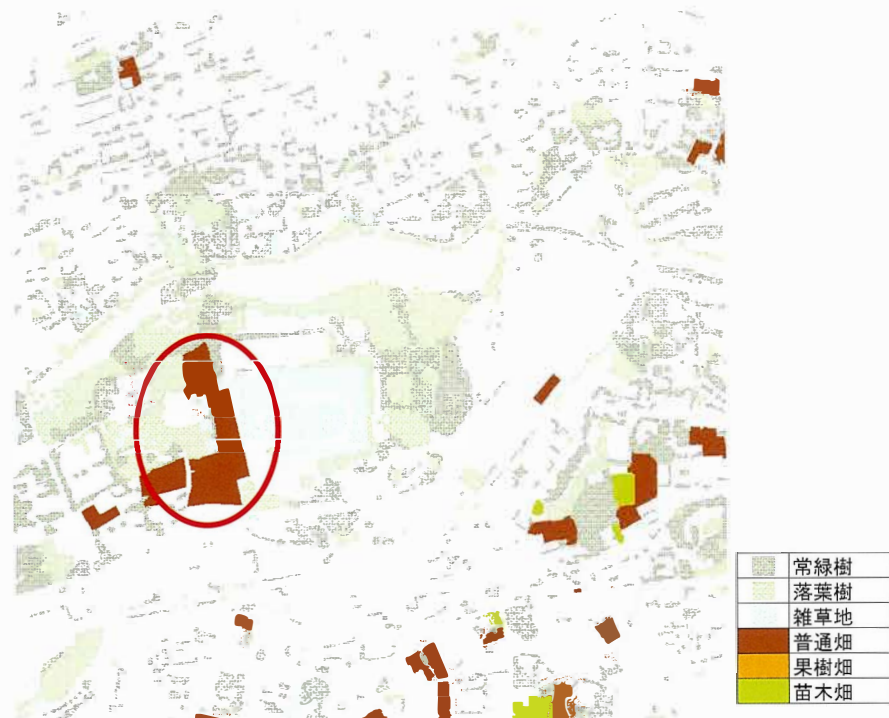


図-3.25 農地・緑の多い住宅地の細分化結果

4. 緑被分布図、小樹林地分布図の作成

4.1 概要

本章では、都市緑地調査のアウトプットとして作成される緑被分布図と小樹林地分布図（まとまりのある緑被分布図）の試作を行ったので、その過程と結果について述べる。

従来自治体の実施する緑地調査では、航空写真判読結果を既存の地形図上に移写し、色鉛筆で塗色した緑被分布図がアウトプットとして作成されている。この作業は、移写、塗色がすべて手作業で行われるため、多大な労力を必要とする。また、近年は判読結果をデジタルデータ化して、GIS上で管理する手法も多くとられているが、デジタルデータ化は手作業によるデジタイズで行われるので、こちらも多大な労力を要する。

そこで、本調査では3章にて IKONOS 画像から抽出された緑被データと既に整備済みであるデジタルマッピングデータ（以下、「DM データ」という。）を用いて効率的に緑被分布図を作成することを目的として試作を行った。

また、練馬区みどりの実態調査では、都市緑地保全法における市民緑地の面積の指定基準を満たす 300m²以上の緑被地を、まとまりのある緑被として抽出し、アウトプットとしてまとまりのある緑被分布図を作成している。この作業は、従来プラニメーターあるいは緑被分布図のスキヤナ入力より求めた各緑被地の面積からフィルタリングして、該当する緑被地を抽出する手法をとっており、多大な労力を要している。本調査で抽出した IKONOS 画像に基づく緑被データは、GISに展開することによって検索、抽出といった機能を容易に用いることができ、まとまりのある緑被地の抽出にも効果を発揮する。

本調査では GIS を用いて緑被データから面積 300m²以上の小樹林地を抽出し、DM データと重ねることによって小樹林地分布図を試作した。

緑被分布図と小樹林地分布図の作成の流れを図-4.1 にまとめた。

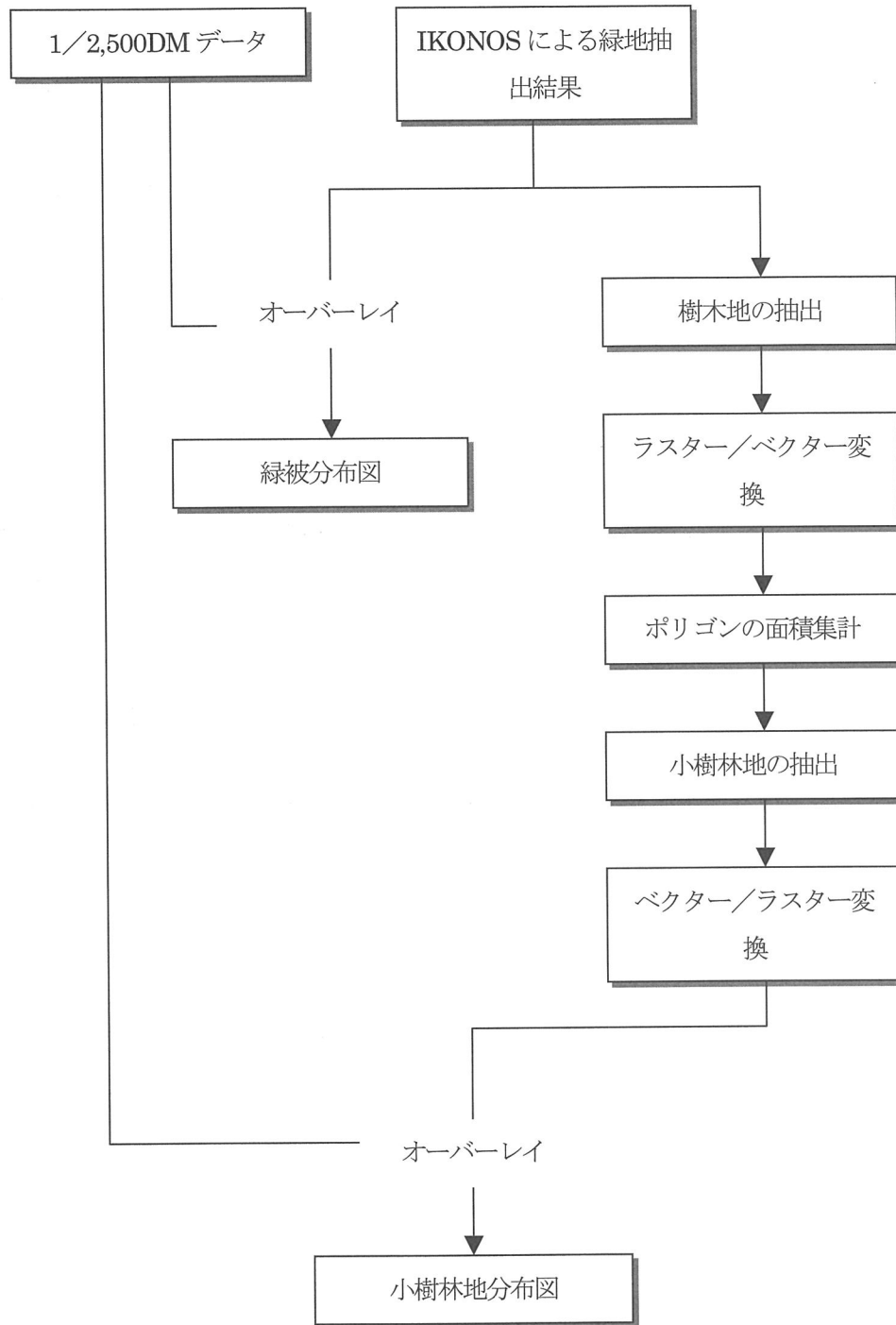


図-4.1 緑被分布図、小樹林地分布図作成の流れ

4.2 緑被分布図の作成

IKONOS 画像より抽出した緑被データと DM データを重ね合わせ緑被分布図を作成した。使用した DM データの諸元を表-4.1 に示す。

表-4.1 使用した DM データの諸元

名称	東京都縮尺 2,500 分の 1 地形図標準データファイル
作成機関	東京都都市計画局
申請機関	国土技術政策総合研究所 環境研究部 緑化生態研究室
申請番号	国総研環第 15 号
承認番号	13 都市施交第 89 号

緑被分布図の試作にあたっては、DM データをラインのベクターデータ (shapefile) に変換し、IKONOS 画像より抽出した緑被ラスターデータ (ERDAS IMG) にオーバーレイし、出力した。緑被ラスターデータは 4 章で実施したデシジョンツリー法による緑被抽出結果を樹木 (樹木+果樹畑+苗木畑)、草地 (雑草地+芝畑)、農地 (普通畑) に統合したものであるが、農地の抽出精度が悪いため、緑被分布図に盛り込む情報としては、樹木、草地の 2 項目とした。

出力仕様は練馬区全域、ケーススタディエリアそれぞれに全体図と分割図を出力することとした。練馬区全域の全体図は縮尺 1/10,000、用紙サイズ A0、分割図は縮尺 1/10,000、用紙サイズ A3 として全 10 枚とした。練馬区全域分割図の図郭を図-4.2 に示す。ケーススタディエリアの全体図は縮尺 1/2,500、用紙サイズ A1、分割図は縮尺 1/2,500、用紙サイズ A3 として全 2 枚とした。ケーススタディエリア分割図の図郭を図-4.3 に示す。

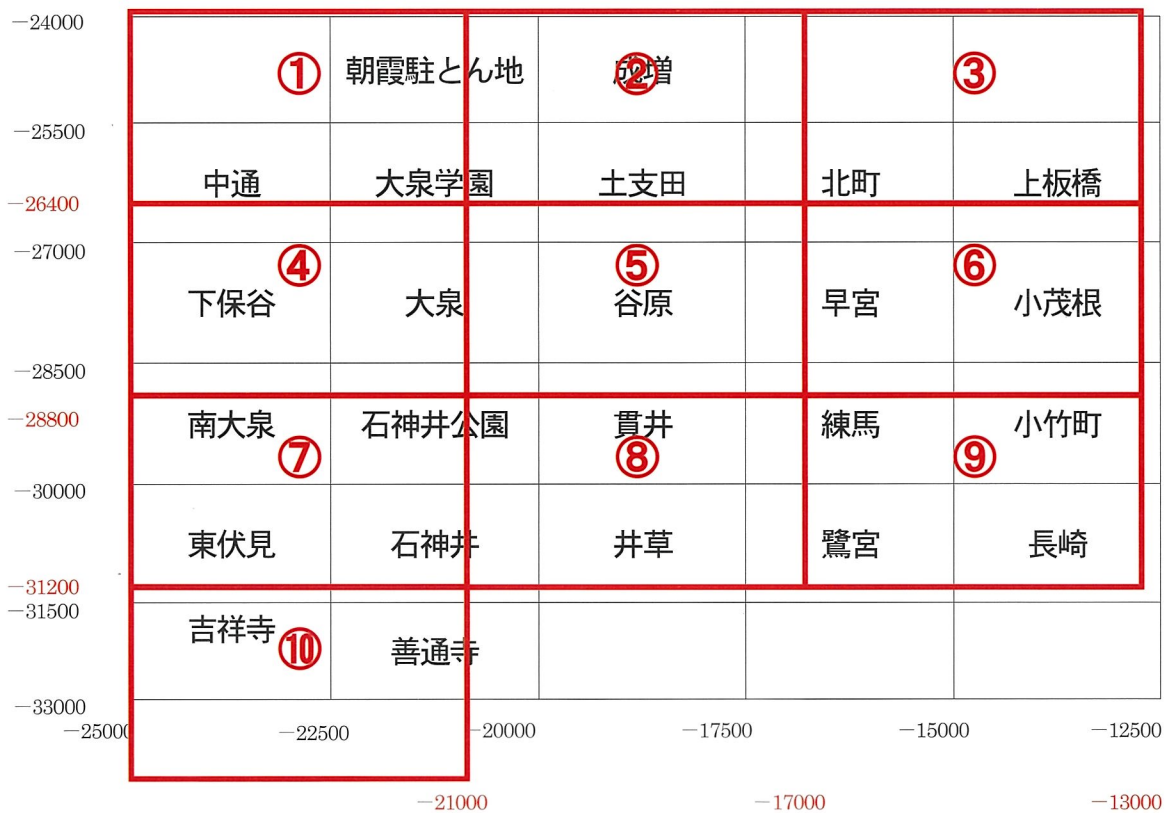


図-4.2 試作した緑被分布図の図郭（練馬区全域分割図）

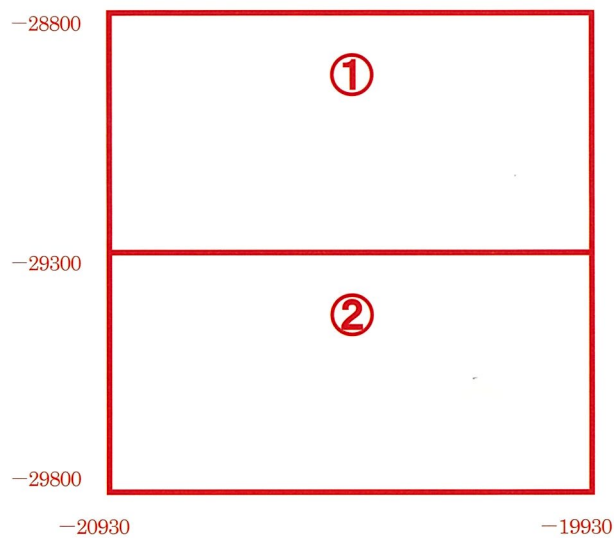


図-4.3 試作した緑被分布図の図郭（ケーススタディエリア分割図）

試作した緑被分布図のうち、練馬区全域分割図⑤とケーススタディエリア分割図②を例として、それぞれ、図-4.4、図-4.5 に示す。

緑被分布図⑤



Scale 1:10,000

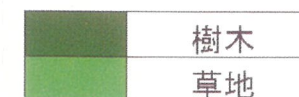
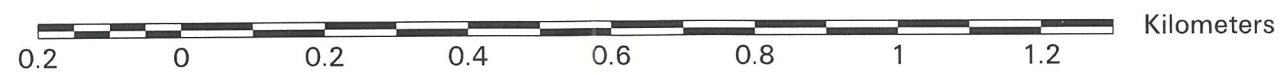
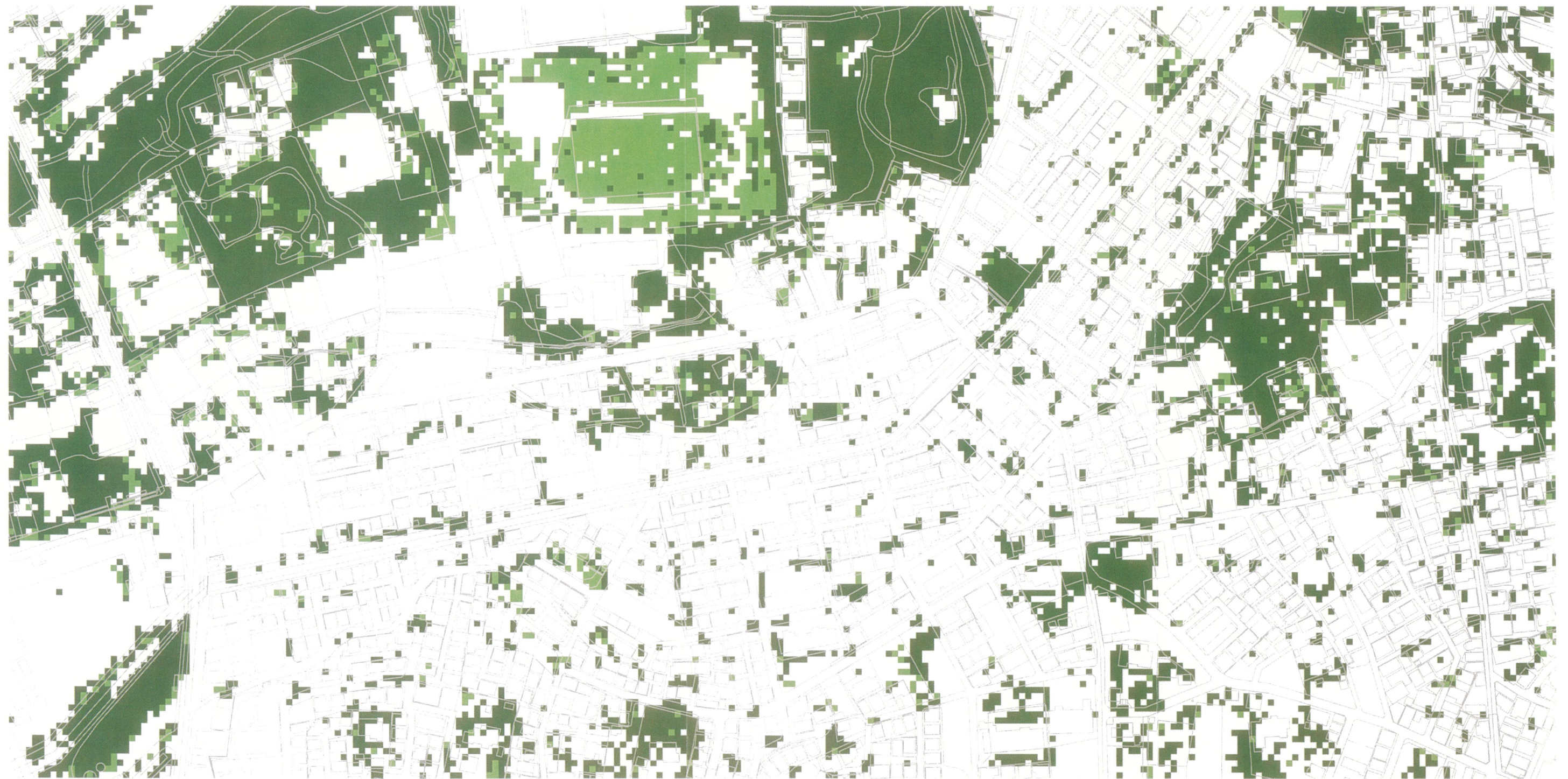


図-4.4 試作した緑被分布図の一例（練馬区全域分割図）

緑 被 分 布 図 ②



Scale 1:2,500

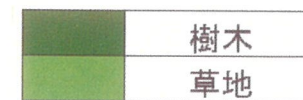
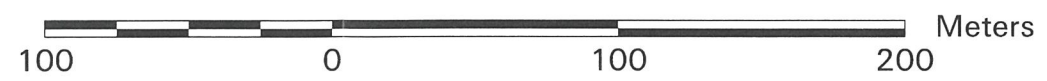


図-4.5 試作した緑被分布図の一例（ケーススタディエリア分割図）

4.3 小樹林地分布図の作成

小樹林地とは、300m²以上のまとまりをもった樹林地をさす。300m²以上のまとまりをもった樹林地は平成7年に改正された都市緑地保全法で市民緑地指定の面積要件を満たしている。そのため、緑地調査において小樹林地分布図を作成することは、市民緑地の分布あるいはまだ指定されていない市民緑地可能地を把握する上で重要である。

IKONOS 画像から抽出した樹林地は 4m メッシュの画像（ラスター）データであるが、ラスター／ベクター変換を施し GIS 上で検索・抽出機能を用いることによって、小樹林地の抽出を行うことができる。ラスター／ベクター変換の概念を図-4.6 に示す。

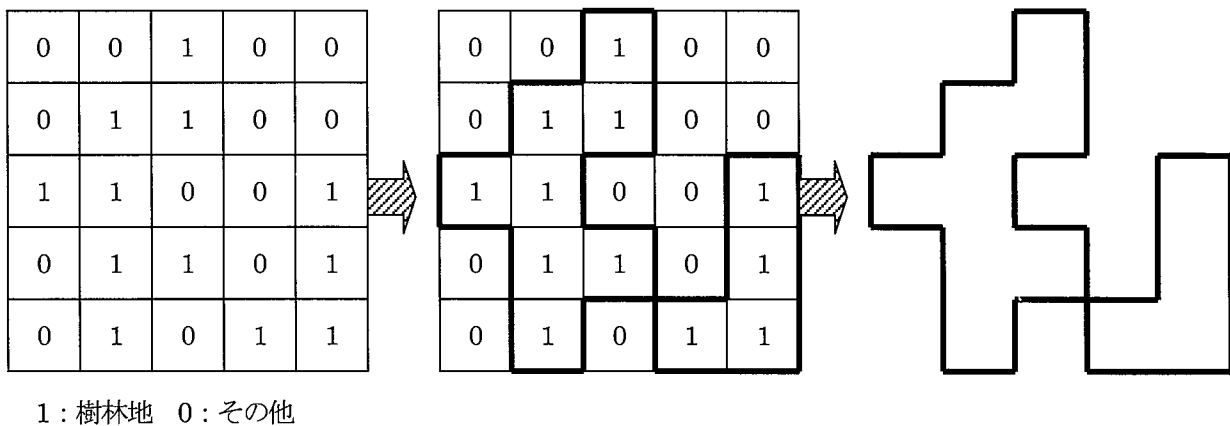


図-4.6 ラスター／ベクター変換の概念図

このように抽出した小樹林地データをベクター／ラスター変換して得られた小樹林地ラスターデータ（ERDAS IMG）に DM のベクターデータ（shapefile）をオーバーレイし、小樹林地分布図として出力した。

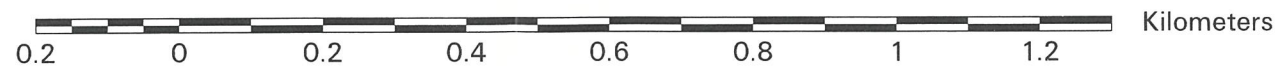
出力仕様は、緑被分布図と同様に練馬区全域、ケーススタディエリアそれぞれに全体図と分割図を出力することとした。練馬区全域の全体図は縮尺 1/10,000、用紙サイズ A0、分割図は縮尺 1/10,000、用紙サイズ A3 として全 10 枚とした。ケーススタディエリアの全体図は縮尺 1/2,500、用紙サイズ A1、分割図は縮尺 1/2,500、用紙サイズ A3 として全 4 枚とした。

試作した小樹林地分布図のうち、練馬区全域分割図⑤とケーススタディエリア分割図②を例として、それぞれ、図-4.7、図-4.8 に示す。

小樹林地分布図⑤



Scale 1:10,000

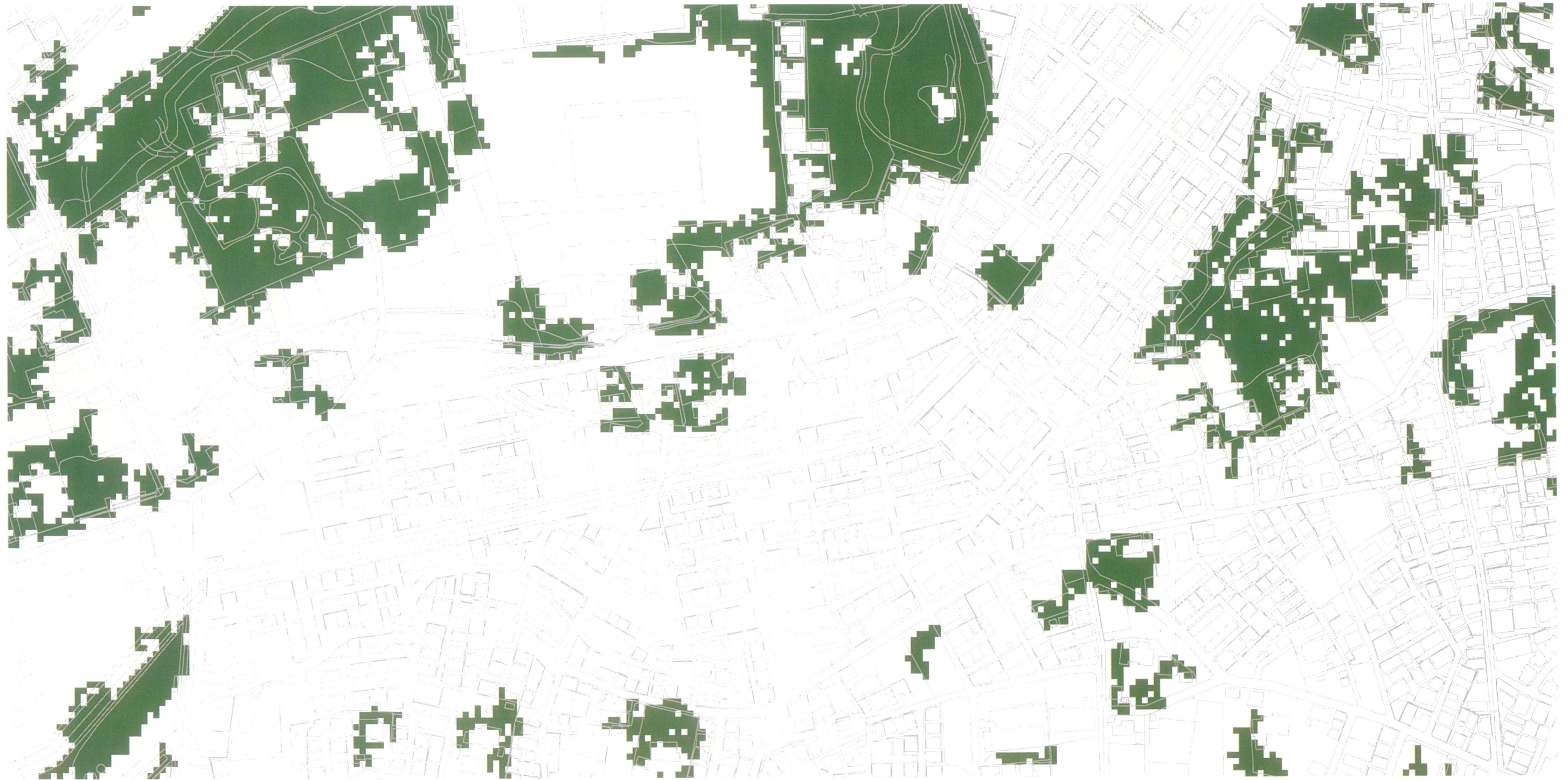


まとまりのある樹林



図-4.7 試作した小樹林地分布図の一例 (練馬区全域分割図)

小樹林地分布図②



Scale 1:2,500



まとまりのある樹林



図-4.8 試作した小樹林地分布図の一例 (ケーススタディエリア分割図)

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。

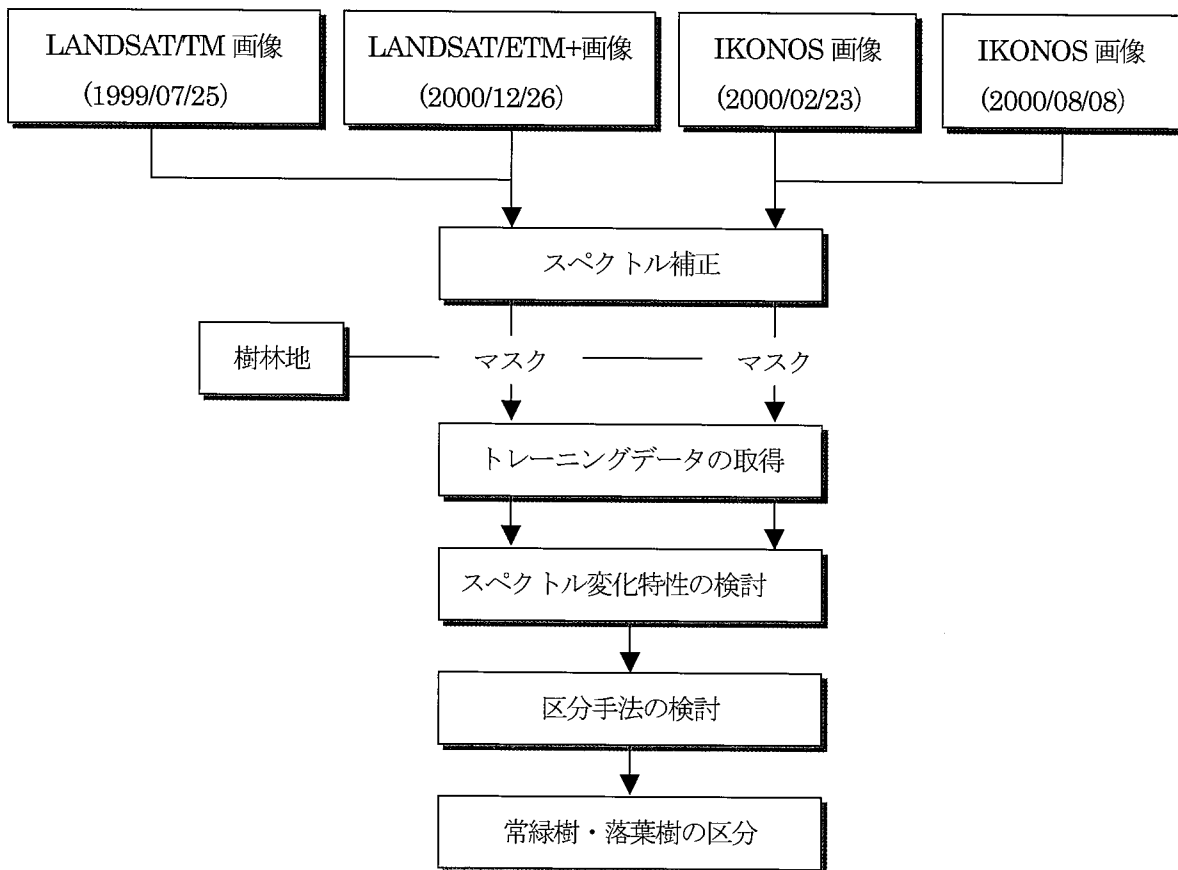


図5.1 LANDSAT 画像および IKONOS 画像による常緑樹・落葉樹の区分の流れ

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。

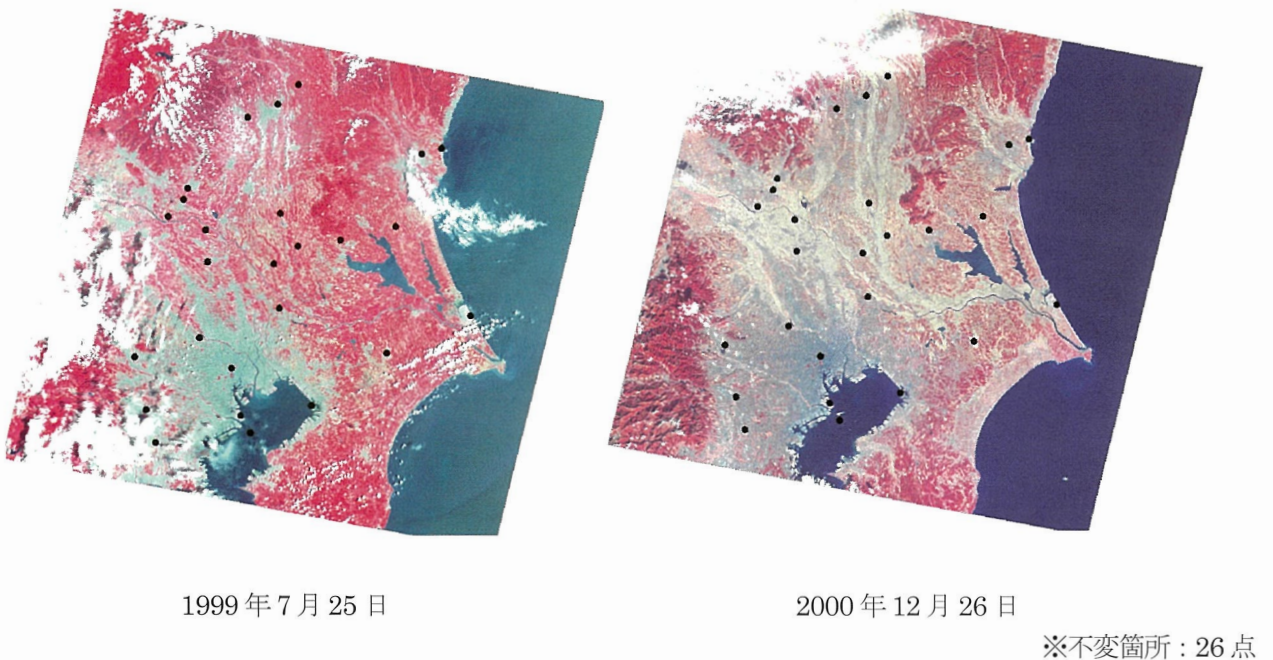


図-5.2 スペクトル補正のためにサンプリングした不変箇所 (LANDSAT)

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。

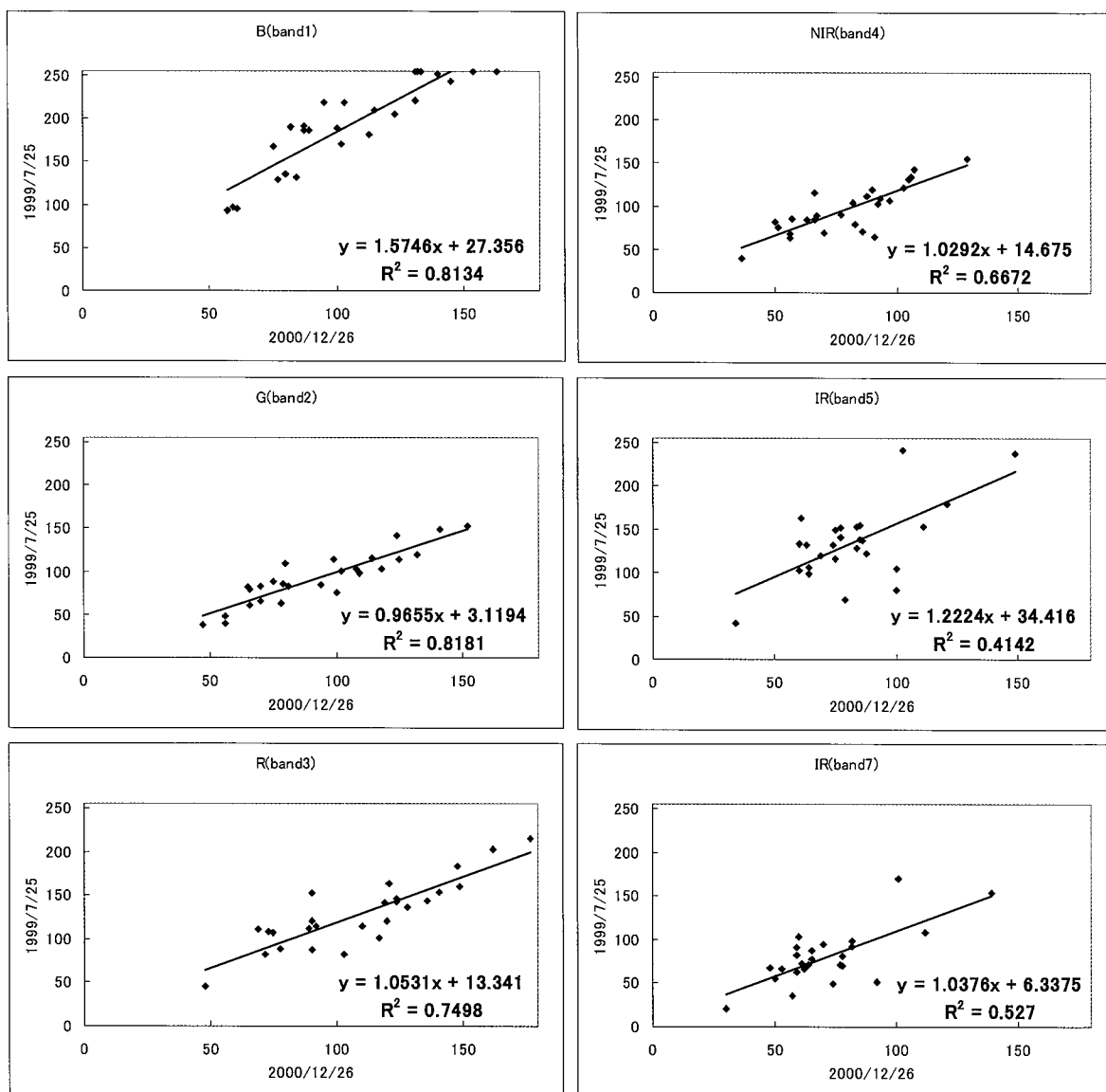


図-5.3 回帰分析結果 (LANDSAT)

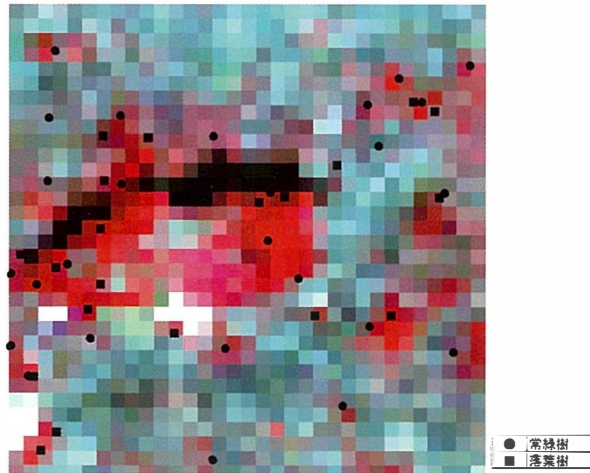
表-5.1 1999年7月25日の画像を基準とした場合の回帰分析結果 (LANDSAT)

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	$Y=1.038X+6.338$

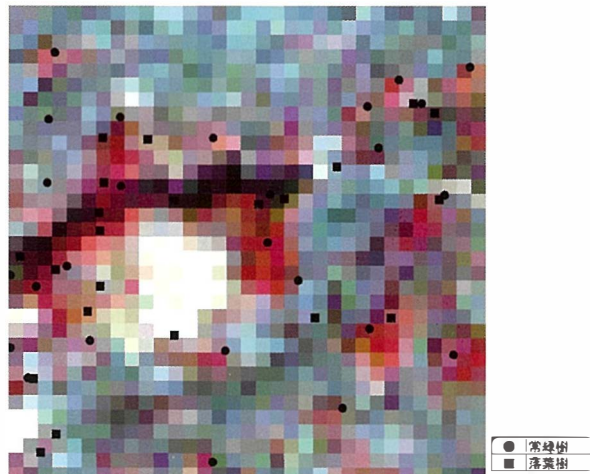
(2) トレーニングデータの取得

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。

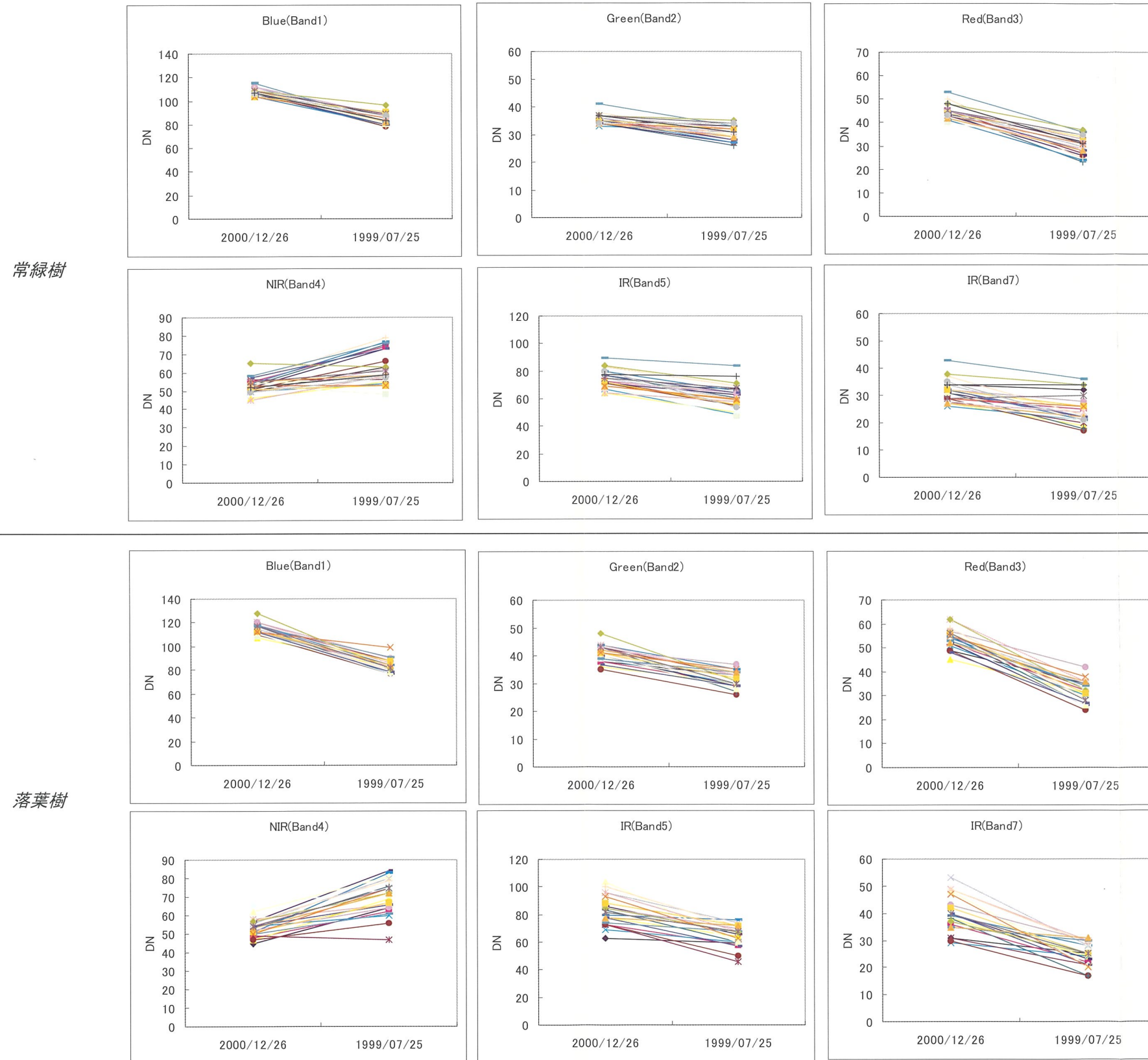


図-5.5 常緑樹・落葉樹のスペクトル変化特性 (LANDSAT)

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。

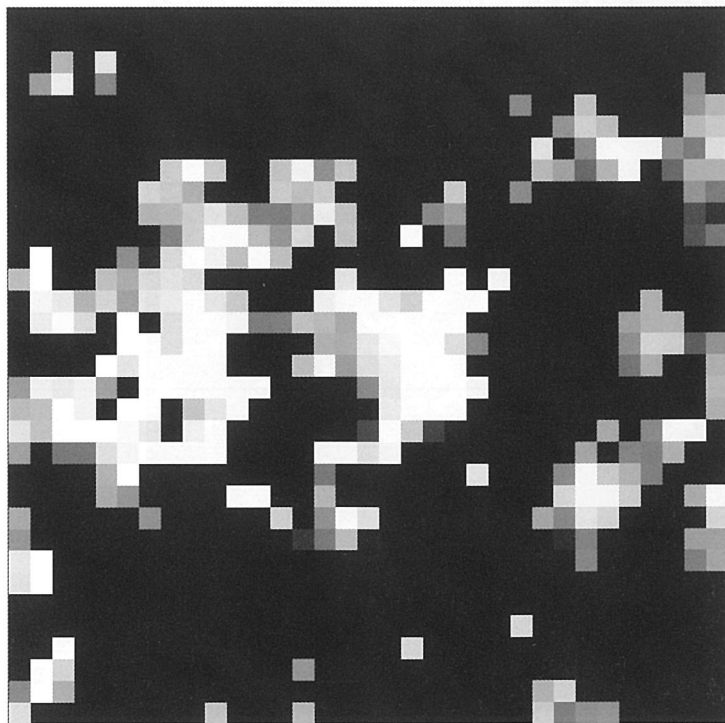


図-5.6 常緑樹・落葉樹区分 Index 画像 (LANDSAT)

(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。

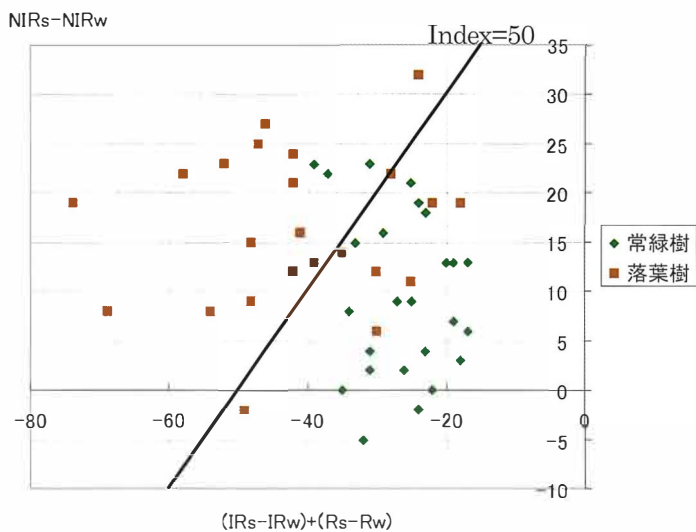


図-5.7 トレーニングエリアのIndex値サンプリング結果 (LANDSAT)

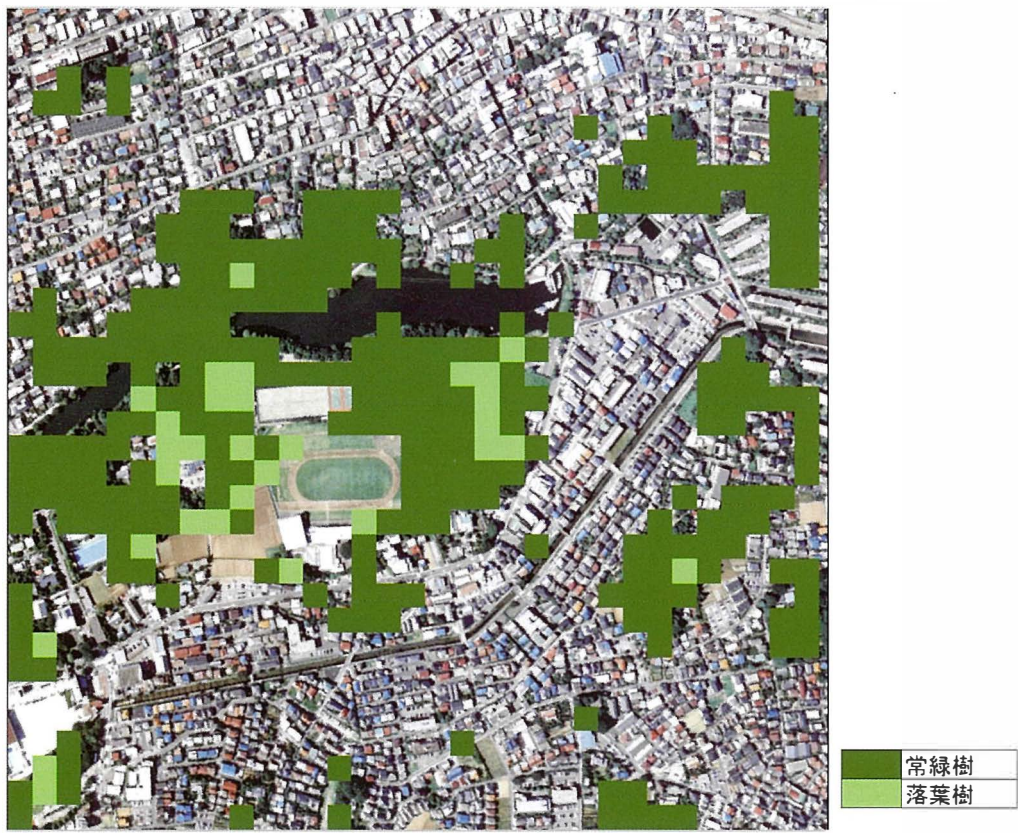


図-5.8 常緑樹・落葉樹区分結果 (LANDSAT)

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。

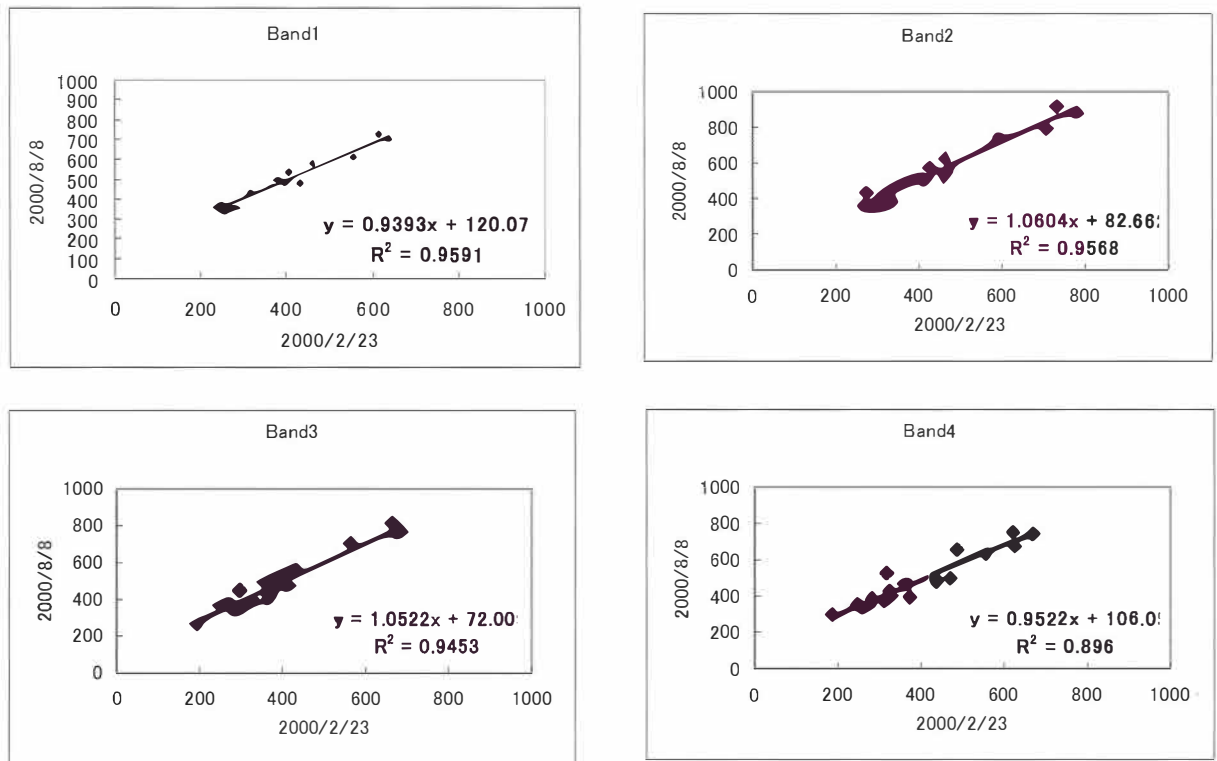


図-5.10 回帰分析結果 (IKONOS)

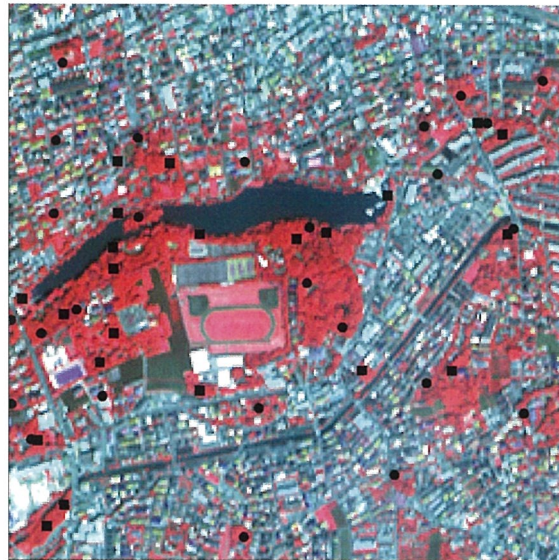
表-5.2 2000年8月8日の画像を基準とした場合の回帰分析結果 (IKONOS)

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



図一5.11 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。

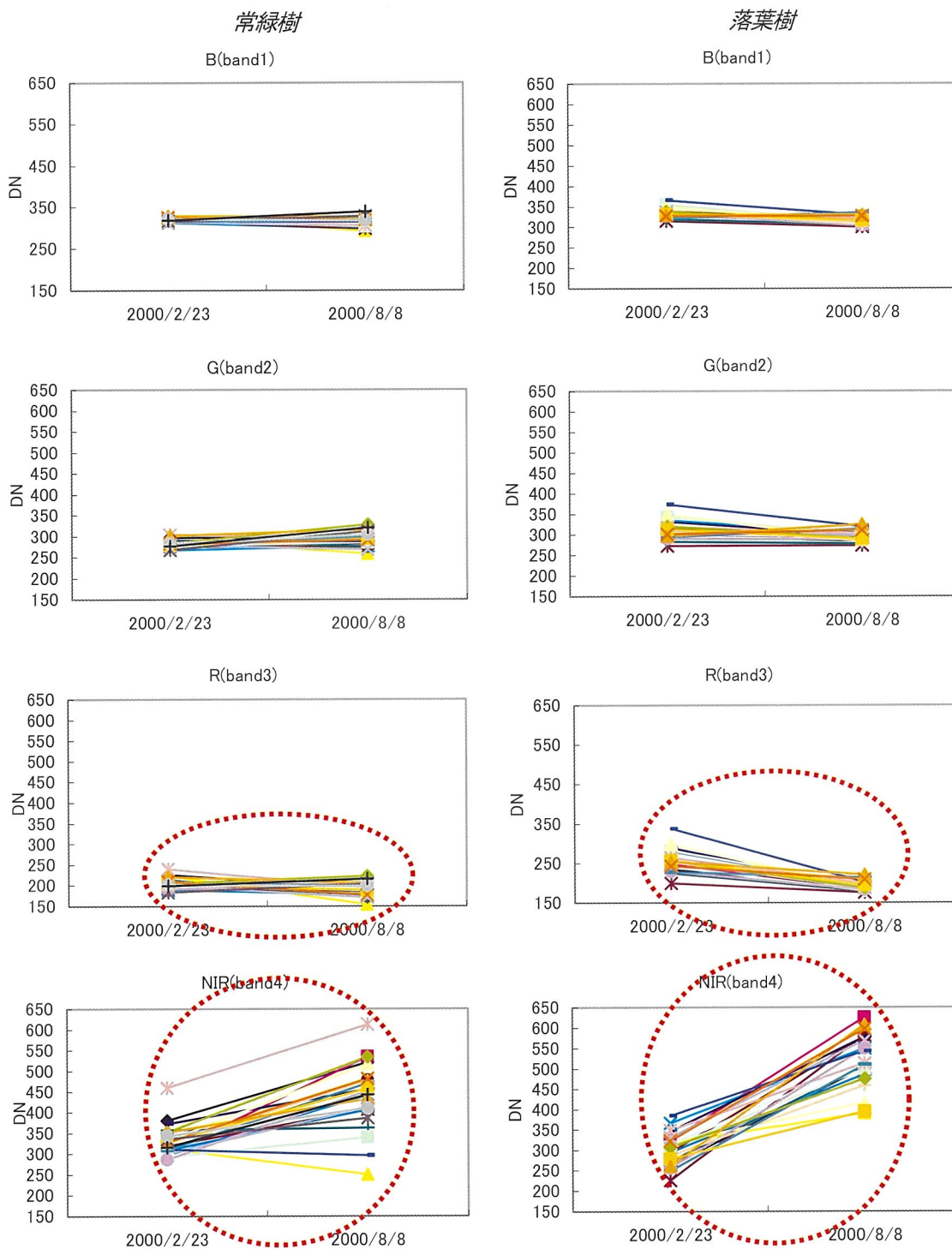


図-5.12 常緑樹・落葉樹のスペクトル変化特性 (IKONOS)

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。

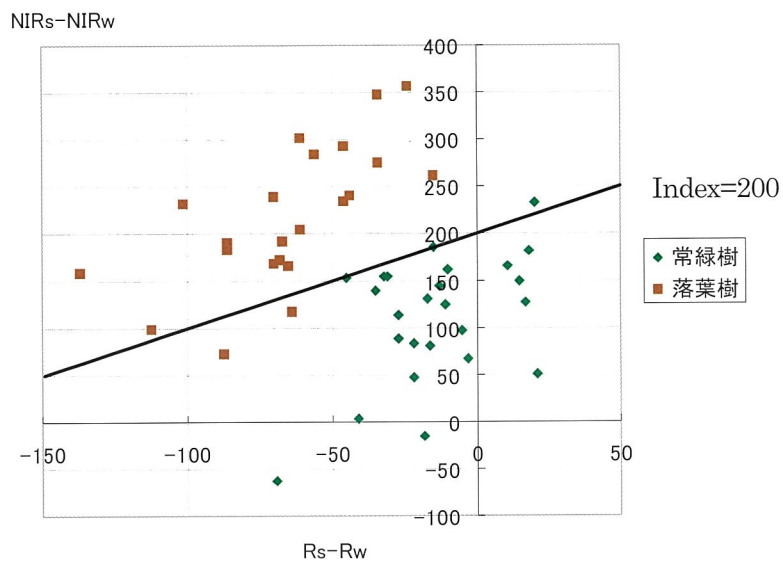


図-5.14 トレーニングエリアのIndex値サンプリング結果 (IKONOS)



図-5.15 常緑樹・落葉樹区分結果 (IKONOS)

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。

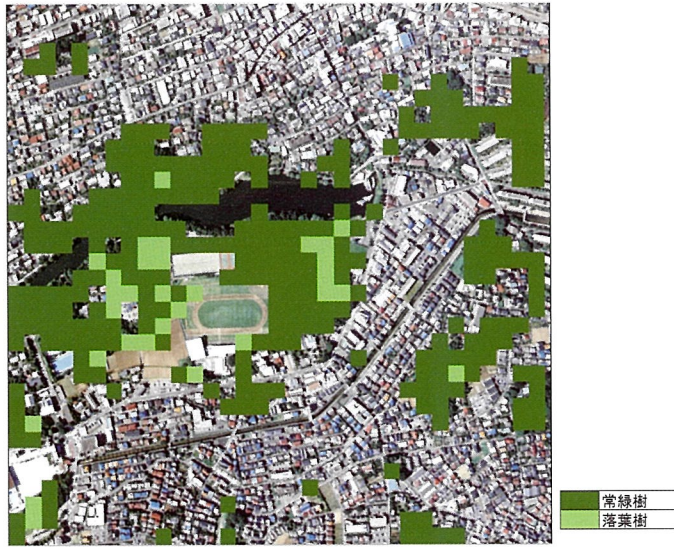


図-5.16 常緑樹・落葉樹区分結果 (LANDSAT)



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

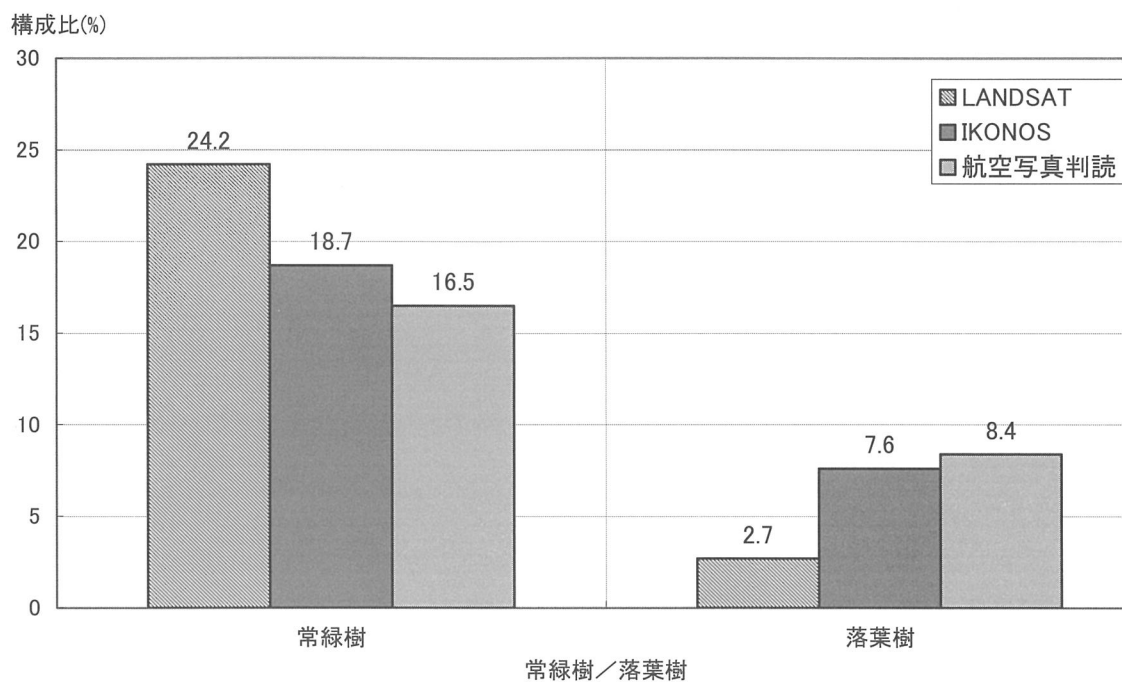
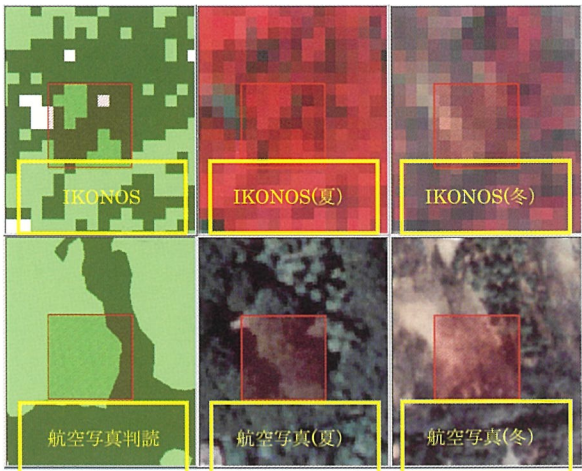
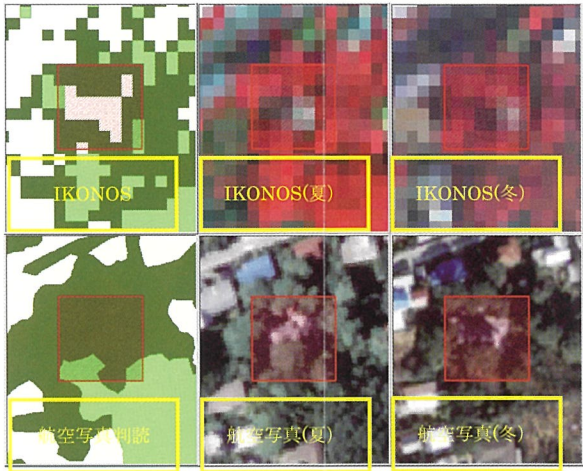
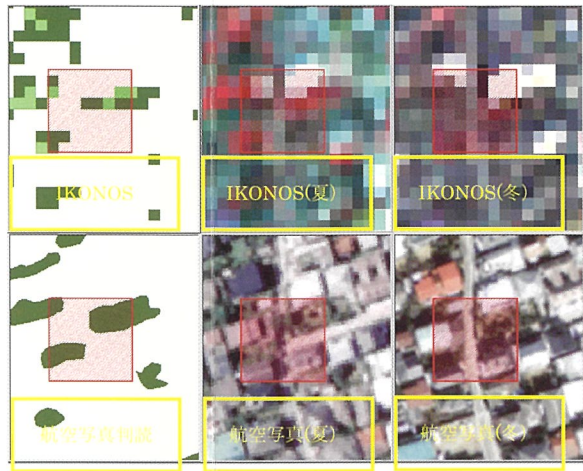
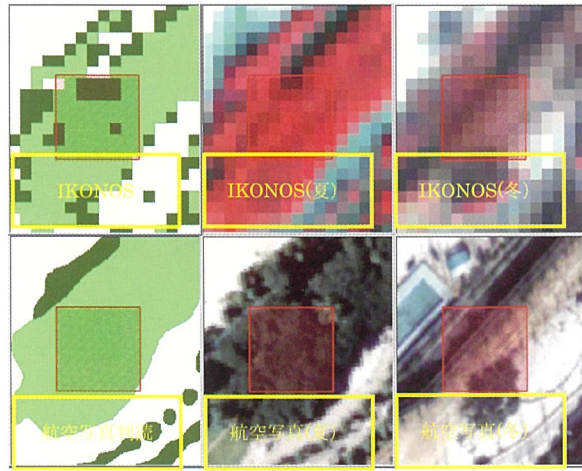
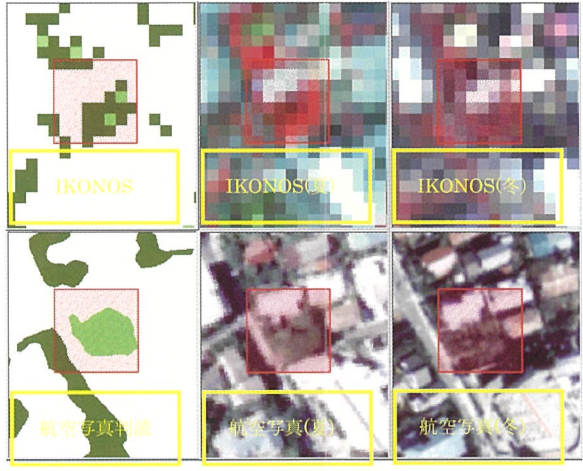
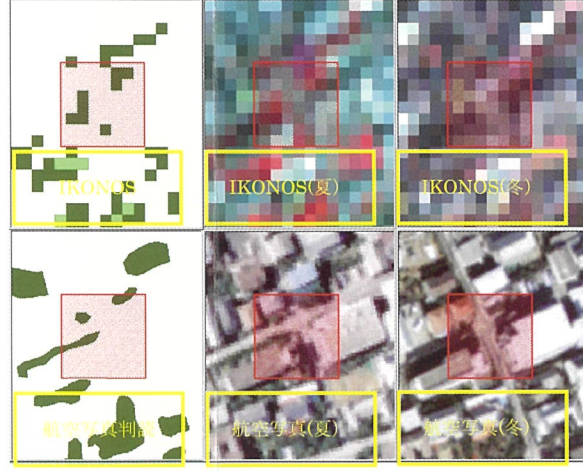
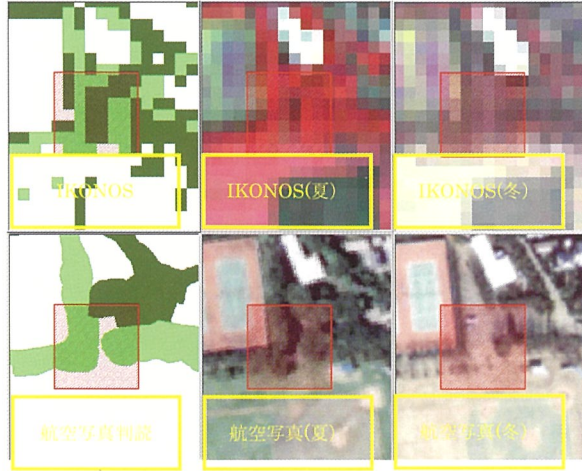
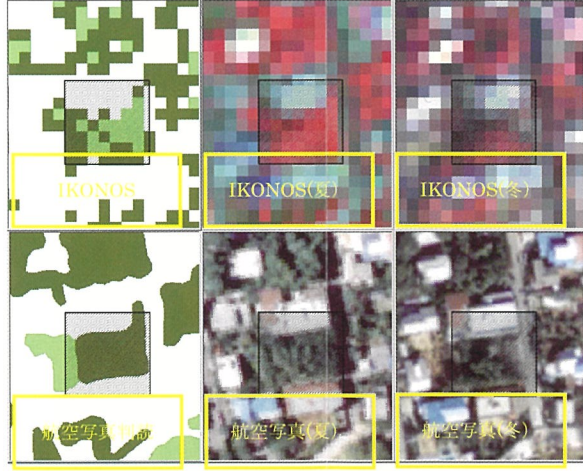
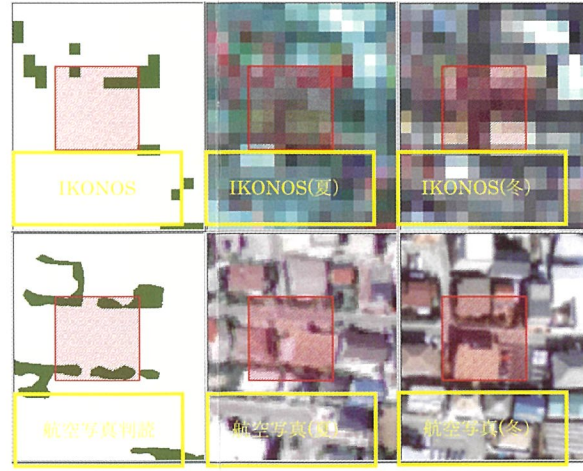


図-5.19 常緑樹・落葉樹面積集計結果

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>

6. 都市緑地調査への適用性の検討

6.1 概要

本章では、都市緑地調査に対する IKONOS 画像の適用性の検討として、従来から実施されている航空写真判読による緑地抽出と、本調査で試みた IKONOS 画像による緑地抽出の比較検討結果について述べる。比較検討は、精度とコストの側面から行った。

検討項目を表-6.1 に示す。

表-6.1 都市緑地調査への適用性の検討内容

検討側面	検討項目	検討内容
精度	位置精度	緑被分布図作成時に生じる各手法の位置ずれ
	緑地抽出精度	緑地の抽出時に生じる各手法の誤差
コスト	データ取得コスト	航空写真/IKONOS データの入手に関するコスト
	データ解析コスト	データを解析し、緑被分布図の作成までに生じるコスト

6.2 精度からみた適用性の検討

6.2.1 位置精度の検討

(1) 航空写真判読

東京都の緑被率標準調査マニュアル(1988)⁵⁾によると、航空写真判読による手法では撮影された航空写真を縮尺1/2,500程度に拡大し、透明フィルム上に緑被地の区域を写し取り、1/2,500の地形図に移写して緑被分布図を作成している。この場合、考えられる誤差要因は移写時に使用したペンの太さのみである。同マニュアルでは、太さ0.2mm内外のペンの使用を推奨しており、太さ0.2mmは1/2,500スケールでは0.5mに相当する。したがって、位置精度はきわめて高く誤差は0.5m程度と考えられる。

一方、航空写真をあらかじめデジタルデータ化して幾何補正し、モニタ上で判読して緑被ポリゴンを作成する方法もある。本調査で作成したケーススタディエリアの検証用画像はこの手法を用いているが、幾何補正時に生じた誤差は表-6.2に示すように1m前後である。

以上より、航空写真判読手法の位置精度は良好で、誤差は1m以内におさえられると想定される。

表-6.2 航空写真の幾何補正時に生じた誤差

	GCP※1数	RMSE※2	ピクセルサイズ	推定誤差
航空写真(1992年2月撮影)	108	4.26	0.25m	1.1m
航空写真(1999年8月撮影)	59	4.29	0.25m	1.1m

※1 GCP : Ground Control Point (地上基準点)

※2 RMSE : Root Mean Square Error。平均2乗誤差の正の平方根に等しい。

$$RMSE = \sqrt{(1/N) \times \sum (x_i - x_0)^2}$$

N : 観測値数

x_i : N回の観測値 (i=1~N)

x_0 : 真値

(2) IKONOS

本調査では、日本スペースイメージング株式会社(以下JSI)から提供されているIKONOSプロダクトのうち、デジタルオルソ・ライト/マルチスペクトル画像とデジタルジオ/マルチスペクトル画像を使用した。

デジタルジオ画像は、2次元的な幾何補正のみ行われた画像で、水平誤差は平地で数m~数10m、山地で数10m~100m程度(参考値)と公表されている⁴⁾。高さ方向の補正を行っていないため、地表面の標高差により位置精度は大きく異なる。

デジタルオルソ・ライト画像は、デジタルジオ画像の幾何補正に加え、地上測量による地上基準点(GCP)と標高データによる正射投影補正を行っており、水平誤差は±3.5m(マルチスペクトルは理論上4m)と公

表されている⁴⁾。

また、本調査では使用していないが、デジタルオルソ・ライト画像の1ランク上にデジタルオルソ・エキスパート画像が提供されている。デジタルオルソ・エキスパート画像は、デジタルジオ画像の幾何補正に加え、地上測量による地上基準点(GCP)と精密な標高データによる正射投影補正を行っており、水平誤差は±1.75m(マルチスペクトルは理論上4m)と公表されている⁴⁾。

IKONOS プロダクトの比較表を表-6.3に示す。

表-6.3 IKONOS プロダクト比較表⁴⁾

製品名	デジタルジオ画像	デジタルオルソ・ライト画像	デジタルオルソ・エキスパート画像
位置精度 (水平誤差)	対象外 (数m~100m程度)	±3.5m (マルチスペクトル画像は理論上 4m)	±1.75m (マルチスペクトル画像は理論上 4m)
幾何補正	補正あり	補正あり	補正あり
標高データ(DTM)補正	補正なし	補正あり	補正あり
地上基準点(GCP)補正	補正なし	補正あり	補正あり
画像間接合	×	○ (位置精度の範囲内)	○ (位置精度の範囲内)
画像間色調整	×	○ (自動処理の範囲内)	○ (自動処理の範囲内)
提供可能エリア	国内・海外	国内	国内
主な用途	地表の状況を見る場合 など	ある程度正確な位置情報 を必要とする場合など (1/5,000 地形図レベル)	正確な位置情報を必要 とする場合など(1/2,500 地形図レベル)
納期(ライブラリーの場合)	通常注文から10日以内 (海外画像は40日以内)	通常注文から30日以内	通常注文から30日以内

出典：日本スペースイメージング株式会社HP(2001年時点)

デジタルオルソ・ライト/マルチスペクトル画像およびデジタルジオ/マルチスペクトル画像と1/2,500のDMデータとの整合性を確認した結果を表-6.4に示す。

表-6.4 IKONOS 画像と 1/2,500DM の整合性


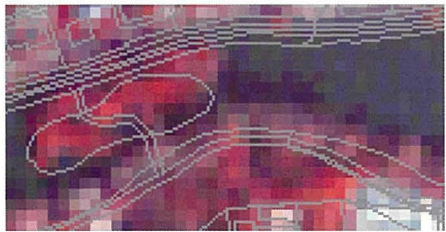







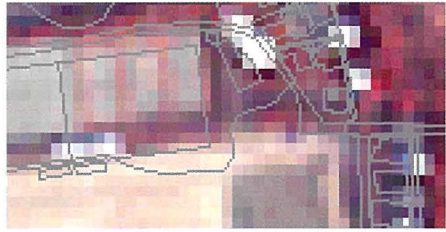
	デジタルオルソ・ライト/マルチスペクトル画像	デジタルジオ/マルチスペクトル画像
水面		
	おおむね整合	1~2ピクセル程度のずれ
プール		
	おおむね整合	1~2ピクセル程度のずれ
道路		
	おおむね整合	おおむね整合
建物		
	おおむね整合	数ピクセルのずれ
グラウンド		
	おおむね整合	1~2ピクセル程度のずれ

表-6.3、表-6.4 より IKONOS 画像による都市緑地抽出では、デジタルオルソ・ライト画像を用いると航空写真に匹敵する位置精度を得られると思われる。

6.2.2 緑地抽出精度の検討

(1) 航空写真判読

東京都の緑被率標準調査マニュアル(1988)⁵⁾によると調査の水準は表-6.5のような3段階に分かれている。練馬区みどりの実態調査では、表-6.6のような仕様で調査が実施されており、水準Ⅰと水準Ⅱの中間の読み取り精度で判読が行われている。また、判読では同マニュアルの緑被地の考え方(図-6.1)が参照されている。

航空写真判読による手法では単木の街路樹や小面積の植栽地まで抽出が可能で、高い抽出精度を有しているといえる。

表-6.5 調査水準⁵⁾

調査水準	使用する写真のスケール	最小読み取り精度	作成する図面のスケール	想定する調査対象
水準Ⅰ	1/2,500	1m	1/10,000	街路樹、生垣などの小さな緑被地まで計測する調査水準 (小規模な緑被地の構成割合が大きい区部及び市部を想定)
水準Ⅱ	1/5,000	3m	1/10,000	大きな街路樹による緑被地程度までを計測できる調査水準 (小規模な緑被地の構成割合が小さい市及び町部を想定)
水準Ⅲ	資料図面を使用	—	1/50,000	山林など大規模な緑被地を中心として計測する調査水準 (ほとんどが山林などに占められている町及び村部を想定)

表-6.6 練馬区みどりの実態調査（H3、H8）の調査仕様^{6) 7)}

平成3年度（1991年）調査の手法⁶⁾

航空写真の諸元	縮尺	1/5,000
	撮影年月日	平成3年11月4日
	撮影コース数	10コース
	撮影枚数	189枚
	使用フィルム	赤外カラーフィルム
緑被抽出手法	図化手法	1/2,500 地形図に移写
	抽出最小単位	10m ²
	面積集計手法	スキャナ入力によるデジタル処理

平成8年度（1996年）調査の手法⁷⁾

航空写真の諸元	縮尺	1/5,000
	撮影年月日	平成8年6月5日・20日
	撮影コース数	10コース
	撮影枚数	234枚
	使用フィルム	天然カラーフィルム
緑被抽出手法	図化手法	1/2,500 地形図に移写
	抽出最小単位	10m ²
	面積集計手法	—

6.3 コストからみた適用性の検討

6.3.1 データ取得コストの検討

(1) 航空写真判読

平成3年度および平成8年度に実施された練馬区みどりの実態調査の調査仕様(表-6.6)を参考に、航空写真の撮影から焼き付けに係るコストを試算した。

【平成3年度】	
・ 運航費：300,000円×10コース=3,000,000円	
・ 赤外カラーフィルム代：50,000円	
・ 赤外カラー現像費：40,000円	
・ 赤外カラーネガ作成費：10,000円×189枚=1,890,000円	
	計. 4,980,000円
【平成8年度】	
・ 運航費：300,000円×10コース=3,000,000円	
・ 天然カラー現像費：4,000円	
	計. 3,004,000円

ただし、この試算結果は2001年段階の標準的なコストであり、過去の調査で要した費用、あるいは今後調査を実施する場合に要する費用とも異なる可能性がある。

(2) IKONOS

IKONOS画像を用いる場合、要求される位置精度、緑地抽出精度によってさまざまな組み合わせが考えられる。ここでは、表-6.7の組み合わせを想定して試算を行った。

表-6.7 想定される IKONOS 画像の組み合わせ

No.	プロダクト名	センサ	撮影方法	位置精度	緑地抽出精度	時期選択性
①	デジタルジオ	マルチスペクトル	ライブラリ	△	△	△
②			新規撮影	△	△	○
③		マルチハイパノクロ	ライブラリ	△	○	△
④			新規撮影	△	○	○
⑤	デジタルオルソ・ライト	マルチスペクトル	ライブラリ	○	△	△
⑥			新規撮影	○	△	○
⑦		マルチハイパノクロ	ライブラリ	○	○	△
⑧			新規撮影	○	○	○
⑨	デジタルオルソ・エキスパート	マルチスペクトル	ライブラリ	○	△	△
⑩			新規撮影	○	△	○
⑪		マルチハイパノクロ	ライブラリ	◎	○	△
⑫			新規撮影	◎	○	○

【CASE①】

- ・データ購入費：5,500 円/km²×48.16^{*1}=264,880 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 266,380 円

【CASE②】

- ・データ購入費：5,500 円/km²×121^{*2}=665,500 円
- ・新規撮影料：1,200,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 1,867,000 円

【CASE③】

- ・データ購入費：(5,500 円/km²×2) ×48.16=529,760 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 531,260 円

【CASE④】

- ・データ購入費：(5,500 円/km²×2) ×121=1,331,000 円
- ・新規撮影料：1,200,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 2,532,500 円

【CASE⑤】

- ・データ購入費：16,000 円/km²×48.16=770,560 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 1,172,060 円

【CASE⑥】

- ・データ購入費：16,000 円/km²×121=1,936,000 円
- ・新規撮影料：1,200,000 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 3,537,500 円

【CASE⑦】

- ・データ購入費：(16,000 円/km²×2) ×48.16=1,541,120 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 1,942,620 円

【CASE⑧】

- ・データ購入費：(16,000 円/km²×2) ×121=3,872,000 円
- ・新規撮影料：1,200,000 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 5,473,500 円

【CASE⑨】

- ・データ購入費：24,000 円/km²×48.16=1,155,840 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 1,557,340 円

【CASE⑩】

- ・データ購入費：24,000 円/km²×121=2,904,000 円
- ・新規撮影料：1,200,000 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 4,505,500 円

【CASE⑪】

- ・データ購入費：(24,000 円/km²×2) × 48.16=2,311,680 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 2,713,180 円

【CASE⑫】

- ・データ購入費：(24,000 円/km²×2) × 121=5,808,000 円
- ・新規撮影料：1,200,000 円
- ・GCP 設置料：400,000 円
- ・送料及びパッケージ料：1,500 円

計. 7,409,500 円

※1 48.16 km²は練馬区の面積

※2 121 km²は新規撮影時の最低注文面積

ただし、この試算結果は 2001 年段階の標準的なコストであり、今後調査を実施する場合に要する費用と異なる可能性がある。

(3) まとめ

(1) および (2) の試算結果を表-6.8 および図-6.2 にまとめた。位置精度と緑地抽出精度を満足させるためには、デジタルオルソ・ライトあるいはデジタルオルソ・エキスパート画像のマルチ+パンクロを使用するのが望ましい。ライブラリが使用可能であればデジタルオルソ・ライト、デジタルオルソ・エキスパートとも天然カラーの航空写真を下回り、IKONOS の利用価値が高まる。よりよい位置精度を考えると、デジタルオルソ・エキスパート画像を選択するのが望ましい。東京都区内などの都市部では、優先的にライブラリの整備が進んでおり、可能性は高いと思われる。仮に適当なライブラリがなく、新規撮影を必要とする場合には、デジタルオルソ・エキスパート画像にすると天然カラーの航空写真の 2 倍以上のコストがかかる。表-6.4 よりデジタルオルソ・ライト画像でも位置精度に大きな遜色は見られないため、新規撮影をする場合にはデジタルオルソ・ライト画像を選択するのが現実的であろう。

表-6.8 データ取得コストの検討結果

使用データ	データ種別	センサ	撮影方法	位置精度	緑地抽出精度	時期選択性	全費用
航空写真		天然カラー		◎	◎	◎	3,004,000 円
		赤外カラー		◎	◎	◎	4,980,000 円
IKONOS	デジタルパノ	マルチスペクトル	ライブラリ	△	△	△	266,380 円
			新規撮影	△	△	○	1,867,000 円
		マルチパノクロ	ライブラリ	△	○	△	531,260 円
			新規撮影	△	○	○	2,532,500 円
	デジタルマルチライト	マルチスペクトル	ライブラリ	○	△	△	1,172,060 円
			新規撮影	○	△	○	3,537,500 円
		マルチパノクロ	ライブラリ	○	○	△	1,942,620 円
			新規撮影	○	○	○	5,473,500 円
	デジタルマルチエキスパート	マルチスペクトル	ライブラリ	○	△	△	1,557,340 円
			新規撮影	○	△	○	4,505,500 円
		マルチパノクロ	ライブラリ	◎	○	△	2,713,180 円
			新規撮影	◎	○	○	7,409,500 円

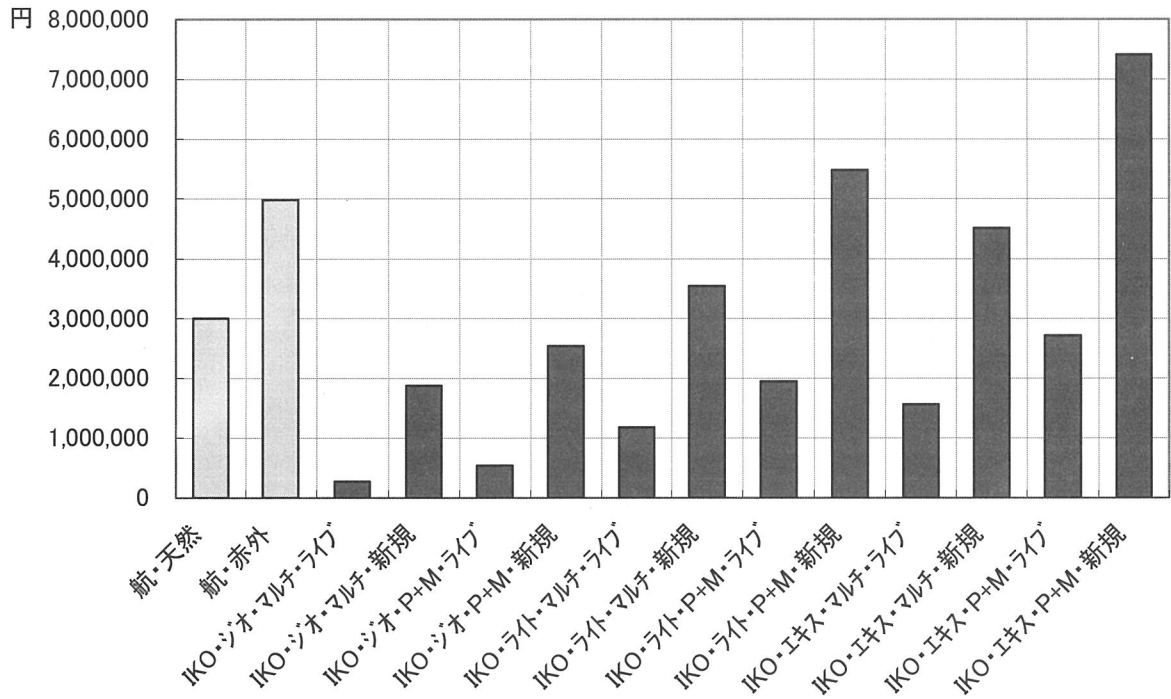


図-6.2 データ取得コストの比較

6.3.2 データ解析コストの検討

(1) 航空写真判読

東京都の緑被率標準調査マニュアル(1988)⁵⁾によると、航空写真判読による緑被分布図の作成は、写真判読(透明フィルム上)→緑被分布図作成(地形図上への移写)→緑被地の求積という流れで行われる。

- ・写真判読

… 表-6.6より、練馬区の場合200枚程度の航空写真を判読することになる。1日1枚としても200人日程度を要することになり、コストはおおむね数百万オーダーであると考えられる。

- ・緑被分布図作成

… 地形図への移写は写真判読と同じくらいの作業量があるため、コストはおおむね数百万オーダーであると考えられる。

- ・緑被地の求積

… 緑被地の求積は、判読した透明フィルムをスキャニングし、ピクセル数をカウントすることにより行われる。ピクセル数のカウントはほぼ自動処理で迅速に行われるが、スキャニングの作業量があるため、コストはおおむね数十万オーダーであると考えられる。

(2) IKONOS

IKONOS画像による緑被分布図の作成は、教師つき画像分類による緑地抽出→パンシャープン画像の判読による修正→緑被分布図作成(DMデータとの重ね合わせ)→緑被地の求積という流れで行われる。

- ・教師つき画像分類による緑地抽出

… 画像分類はシーン単位で行われるため、一度に練馬区全体を処理することができる。したがって解析コストはおおむね数十万オーダーであると考えられる。

- ・パンシャープン画像の判読による修正

… 画像分類による緑地抽出誤差を補正すべく、パンシャープン画像の判読によって修正を行うのが望ましい。作業イメージは、パンシャープン画像の上に画像分類により抽出された緑地画像を重ね、透過させながらモニタ上でデジタル化し、緑地画像を修正していくイメージである。この場合、作業量は航空写真判読の写真判読と類似しており、コストはおおむね数百万オーダーであると考えられる。

- ・緑被分布図作成

… IKONOSによる緑被分布図作成は、緑地画像データとDMデータの重ね合わせを想定する。両データはいずれも座標が付与されているため、図郭割りをして出力する程度の作業量である。したがって、コストはおおむね数十万オーダーであると考えられる。

- ・緑被地の求積

… 緑被地の求積は、緑地画像データのピクセル数のカウントで行われる。ピクセル数のカウントはほぼ自動処理で迅速に行われるため、コストはおおむね数万オーダーであると考えられる。

以上より、IKONOS画像を用いた場合、緑被分布図作成および緑被地の求積に大きな効果が認められる。全体的には航空写真判読に係るコストの半分程度で解析を行うことが可能であると考えられる。

7. まとめ

7.1 本調査のまとめ

(1) 従来型人工衛星 LANDSAT/TM 画像による緑地抽出

- ・従来型人工衛星 LANDSAT/TM による緑地分布抽出では、公園緑地等のまとまりのある緑地はおおむね抽出することができたが、街路樹や屋敷林等の小規模な緑地の抽出は分解能の限界により困難であった。(第2章)
- ・従来型人工衛星 LANDSAT/TM による緑地抽出面積は、樹林地、草地は比較的妥当な面積を算出することができたが、農地と緑の多い住宅地の区分が困難で農地面積を過大に算出する傾向があった。(第2章)
- ・従来型人工衛星 LANDSAT/TM による緑地抽出結果を航空写真判読結果で補正することにより、面積精度を大幅に向上することができた。(第2章)

(2) 高分解能衛星 IKONOS 画像による緑地抽出

- ・高分解能衛星 IKONOS による緑地分布抽出では、街路樹や屋敷林等の小規模な緑地の抽出も可能であったが、影の影響を強く受けることがわかった。(第2章)
- ・高分解能衛星 IKONOS による緑地抽出面積では、従来型人工衛星 LANDSAT/TM で困難だった農地の抽出精度が向上し、比較的妥当な農地面積を算出することができた。(第2章)
- ・IKONOS データによる教師付き分類の都市緑地の抽出では、みどりの実態調査で設定されている農地の細分が困難であったが、樹木、草地、農地といったレベルの区分では高い精度で抽出することができた。(第3章)
- ・都市緑地抽出の誤差要因は、影の影響、スペクトル特性の類似性、ミクセルの影響などが挙げられた。中でもミクセルの影響は大きく、異なる土地被覆の境界付近で誤分類が多くみられた。(LANDSAT/TM、IKONOS) (第2章、第3章)

(3) 緑被分布図、小樹林地分布図の作成 (IKONOS)

- ・緑被分布図、小樹林地分布図の作成では、既存の 1/2,500DM データを用いることで効率的に作図を行うことができた。(第4章)

(4) 常緑樹・落葉樹の区分と精度の検証

- ・IKONOS データによる常緑樹と落葉樹の区分では、おおむね類似した傾向に区分することができたが、誤判読も多かった。また、特に、単純林、単層林では精度が高かった。(第5章)
- ・常緑樹・落葉樹区分の誤差要因は、樹冠の影、複層林、ミクセルの影響などが挙げられた。中でも樹冠の影の影響が大きかった。(第5章)

(5) 都市緑地調査への適用性の検討

- ・ IKONOS の位置精度、緑地抽出精度を考慮すると、IKONOS データの画像分類のみでは、小樹林地の把握に対しては実用可能なレベルにあるが、緑地の把握に対してはパンシャープン画像の判読などで補完する必要があると考えられた。(第6章)
- ・ データ取得コスト分析の結果、航空写真の代替として IKONOS 画像を用いる場合、新規撮影であればデジタルオルソ・ライト画像のマルチ+パンクロ、ライブラリ使用であればデジタルオルソ・エキスパート画像のマルチ+パンクロを用いることが現実的であると考えられた。(第6章)
- ・ データ解析コストについては、航空写真の代替として IKONOS 画像を用いると、航空写真の半分程度の解析コストで調査を行うことができると示唆された。(第6章)

7.2 都市緑地調査における IKONOS 画像の実利用シナリオ

6章で分析した入手コストおよび解析コストをふまえ、都市緑地調査における IKONOS 画像の実利用シナリオを検討した。検討結果は従来の手法（航空写真判読）と対比する形でフローチャートにまとめた。

平成8年度の練馬区みどりの実態調査を参考にまとめた従来の手法（航空写真判読）の流れを図-7.1に、提案する IKONOS 画像の実利用シナリオの流れを図-7.2に示す。

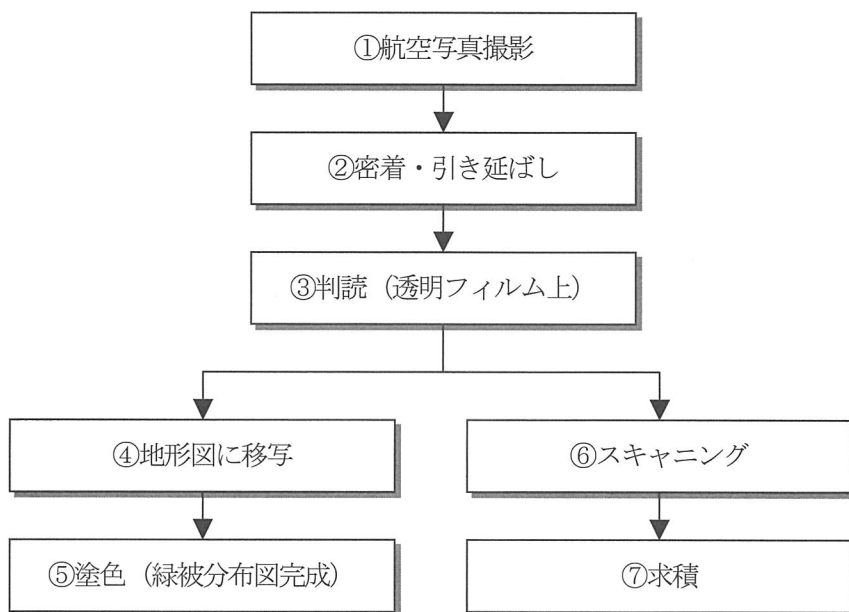


図-7.1 従来の手法（航空写真判読）の流れ

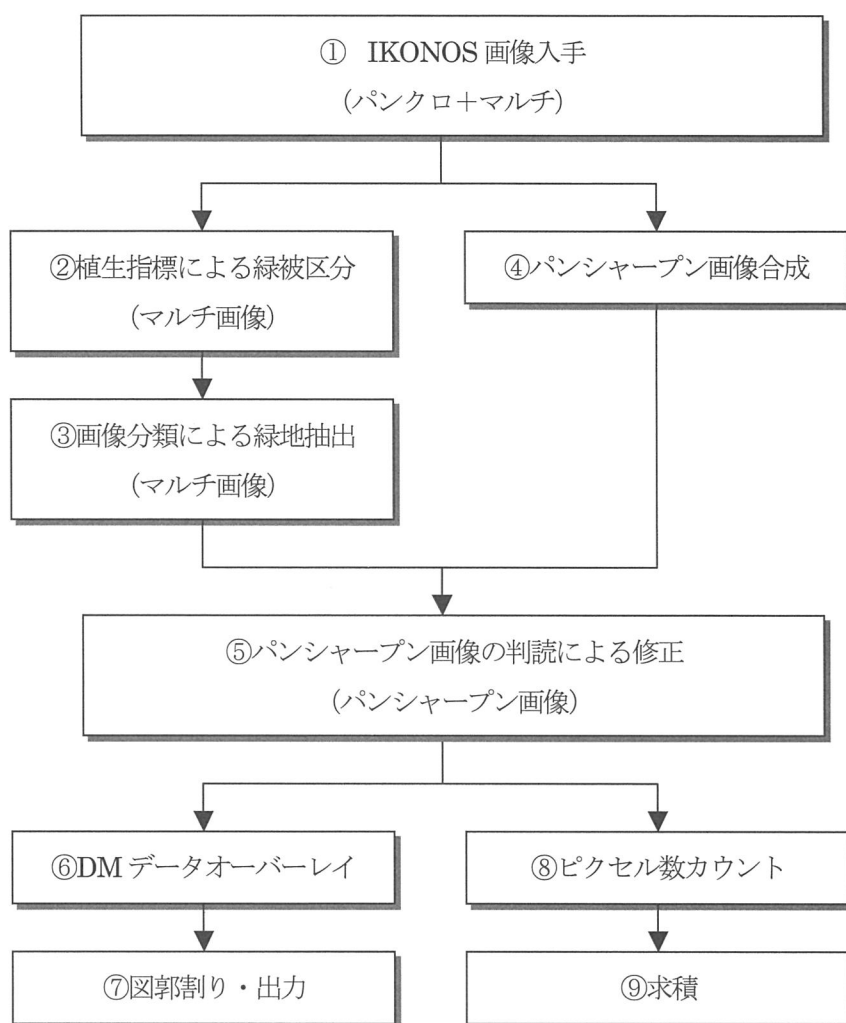


図-7.2 提案する IKONOS 画像実利用シナリオの流れ

7.3 今後の課題

(1) 都市緑地調査手法の開発

高分解能人工衛星という意味では、IKONOSより高分解能なQuickbirdの画像が提供され始めている。また、航空機搭載レーザープロファイラーを用いることにより都市緑地の立体形状を把握し、樹高、樹木本数の把握できる可能性がある。さらに、現在では、航空機搭載ではあるが数十～数百のバンド数を持つハイパースペクトルセンサーを用いた場合、スペクトル特性から得られる情報量が増加することによって、識別能力は飛躍的に向上し、樹種の判別の可能性がある。このような、多様なリモートセンシング手法を活用することにより、これまで航空写真判読や現地調査で行われてきた都市緑地調査の効率化を図ることが今後の課題である。

(2) 衛星データとGIS情報をリンクさせた緑地抽出手法の開発

本調査の第5章でも説明したが、パソコンを用いることにより、比較的簡単に、衛星データと土地情報等をGISを用いてリンクさせることができる。衛星データによる緑地情報としては、緑地分布、経年変化などが上げられ、GIS上で利用可能な土地情報(数値情報)としては、市販されているものでも、標高、傾斜、公有地、地価、人口密度、都市計画、土地利用規制などがある。これらをGISを用いて分析が可能で、緑地の増減傾向の把握、緑化可能地の推定(屋上緑化、校庭芝生化等)の分析が可能である。

(3) 人工衛星を利用した都市緑地のCO₂固定量算定モデルの開発

現在、地球温暖化防止対策としても重要視されている緑地によるCO₂固定であるが、緑地面積や樹木形状(高さ、胸高直径)等をCO₂固定量に変換する原単位を設定することにより、CO₂固定量を算定することが可能である。第6章で説明した常緑樹・落葉樹の区分は都市緑地のCO₂固定量算定の精度を上げる上で重要であった。CO₂固定量算定のためには、(1)の都市緑地調査手法の開発に加え、NDVI等の衛星画像データより直接CO₂固定量を直接算定する手法の検討を行うことが必要である。

資料編 1

「調査に使用した人工衛星データと航空写真」

1. 調査に使用した人工衛星データと航空写真

1.1 概要

本調査には、従来型人工衛星 LANDSAT/TM データ、高分解能衛星 IKONOS データ、航空写真の3種の画像を用いた。

それぞれのデータの本調査での使用目的を表-1.1 に示す。

LANDSAT/TM/および LANDSAT/ETM+データは、広域性とデータの蓄積にすぐれているため、調査対象範囲 (1km×1km) および練馬区全域の緑地抽出精度検証、経年変化量算出および常緑樹・落葉樹区分に利用した。データは、調査地域をカバーするシーンについて、観測時期、画質、雲量等を検索し、1989年11月2日、1999年7月25日、2000年12月26日の3時期のデータを(財)リモートセンシング技術センターを通じてCD-ROMにて入手した。

IKONOS データは、打ち上げ直後でデータの蓄積が少ないため、日本スペースイメージング(株)を通じて調査対象範囲をカバーするよう観測要求を提出し、良好なデータ取得に成功した2000年2月23日および2000年8月8日のデータをCD-ROMにて入手した。

航空写真は、調査地域をカバーする写真を検索し、1989年11月、1992年2月、1999年8月に撮影された写真を(財)日本地図センター等を通じて入手した。

表-1.1 本調査で使用した人工衛星データ、航空写真

使用したデータ	対象	目的	観測・撮影年月日
LANDSAT/TM LANDSAT/ETM+	調査対象範囲 (1km×1km)	①緑地抽出精度検証	1999年7月25日
		②経年変化量算出	1989年11月2日 1999年7月25日
		③常緑樹・落葉樹区分	1999年7月25日 2000年12月26日
	練馬区全域	①緑地抽出精度検証	1999年7月25日
		②経年変化量算出	1989年11月2日 1999年7月25日
IKONOS	調査対象範囲 (1km×1km)	①緑地抽出精度検証	2000年2月23日 2000年8月8日
		③常緑樹・落葉樹区分	2000年2月23日 2000年8月8日
	練馬区全域	①緑地抽出精度検証	2000年8月8日
航空写真	調査対象範囲 (1km×1km)	①緑地抽出精度検証	1999年8月
		②経年変化量算出	1989年11月 1992年2月 1999年8月

1.2 従来型人工衛星 LANDSAT

本調査では、バンド数が多く、植生域判別に有効な近赤外波長を持つことから、従来型人工衛星データとして LANDSAT/TM を利用することにした。

(1) LANDSAT の諸元

LANDSAT は、地球観測を目的とした衛星で、1972 年に打ち上げられ、現在は 1999 年に打ち上げられた 7 号が観測を続けている。LANDSAT 4 号、5 号は、セマティックマップパー (TM : Thematic Mapper) と呼ばれるセンサを搭載している。LANDSAT 7 号はこれを改良したエンハンストセマティックマップパープラス (ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus) と呼ばれるセンサを搭載している。LANDSAT 衛星は高度約 700 km を約 99 分かけて地球を一周し、16 日間で全地球を観測する。地上解像度は 30m で、7 つのスペクトルバンドを持つ。ETM+からは 15m 解像度のパンクロマティックバンドが新たに追加されている。図-1.1 には LANDSAT 衛星の外観図を、表-1.2 には諸元を示す。

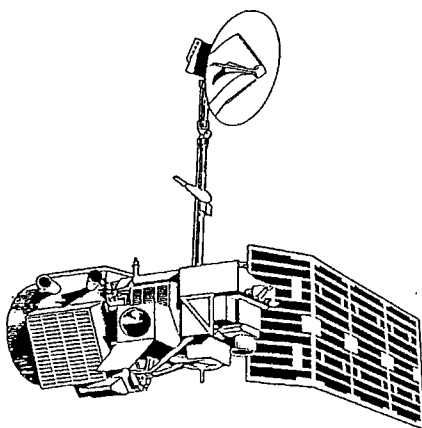


図-1.1 LANDSAT 4、5 号の外観⁸⁾

表-1.2 LANDSAT 衛星の諸元¹⁾

項目		諸元		
軌道要素		LANDSAT 1～3号 飛行高度約 900 km、18 日周期 LANDSAT 4～5号 飛行高度約 705 km、16 日周期 LANDSAT 7号 飛行高度約 705km、16 日周期		
センサ	MSS	LANDSAT 1～3号 MSS : Multi spectral scanner 地上分解能 80m		
	TM	LANDSAT 4～5号 TM : Thematic Mapper 地上分解能 30m		
	ETM+	LANDSAT 7号 ETM+ : Enhanced Thematic Mapper Plus 地上分解能 30m (マルチスペクトル) 地上分解能 15m (パンクロマティック)		
観測幅		185 km		
観測諸元	MSS	4	0.5-0.6 μm	緑色
		5	0.6-0.7 μm	赤色
		6	0.7-0.8 μm	近赤外
		7	0.8-1.1 μm	近赤外
	TM	1	0.45-0.52 μm	青色
		2	0.52-0.60 μm	緑色
		3	0.63-0.69 μm	赤色
		4	0.76-0.90 μm	近赤外
		5	1.55-1.75 μm	短波長赤外
		6	10.4-12.5 μm	熱赤外
		7	2.08-2.35 μm	短波長赤外
	ETM+	1	0.45-0.52 μm	青色
2		0.53-0.61 μm	緑色	
3		0.63-0.69 μm	赤色	
4		0.75-0.90 μm	近赤外	
5		1.55-1.75 μm	短波長赤外	
6		10.4-12.5 μm	熱赤外	
7		2.09-2.35 μm	短波長赤外	
8		0.52-0.90 μm	緑～近赤外 (パンクロ)	

(2) LANDSAT 衛星を用いた理由

データの蓄積が豊富な従来型人工衛星としては、米国の LANDSAT と仏国の SPOT が主なものとしてあげられる。その中で本調査では LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+を用いたが、その理由は以下のとおりである。

①広い観測幅

LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+は 1 シーンの観測幅が 185km 四方と SPOT の 60km 四方と比べて約 3 倍の広さがある。全国域への適用を考慮した場合、1 シーンの観測幅が広い LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+を使用することにより、効率的な都市緑地の把握が期待されるため、LANDSAT/TM お

よびLANDSAT/ETM+を使用した。

②豊富なバンド数

LANDSAT/TMおよびLANDSAT/ETM+は、可視～熱赤外にかけての7バンドでデータを取得している。一方のSPOTは可視～近赤外の4バンドでデータを取得している。本調査では、分類処理による緑地抽出を念頭においており、分類を行う際には、バンド数が多いほど精度が向上するといわれている。そのため、バンド数の多いLANDSAT/TMおよびLANDSAT/ETM+データのほうが本調査への適性が高いと判断した。

(3) 前処理

人工衛星のオリジナル・データは、地理的な歪みを生じているため、幾何補正（地理補正）処理を行い歪みを除去する必要がある。

幾何補正の方法には大きく分けて次の2種類がある。

①系統的補正

画像の幾何学的歪みを除去するための理論的補正式がわかっている場合に、その式に含まれるセンサ構造に関するキャリブレーションデータ（焦点距離など）やセンサの位置や姿勢などの計測値を理論的な補正式に与え幾何補正を行う方法。多くの場合、センサの位置や姿勢の計測値の精度は十分ではない。

②非系統的補正

与えられた画像座標系と地図座標系間の座標変換式を、GCP（Ground Control Point：地上基準点）における画像座標と地図座標の対応関係を用いて近似的に決定する方法。座標変換式の係数は、GCPの画像座標値と地図座標値から最小自乗法によって求められる。

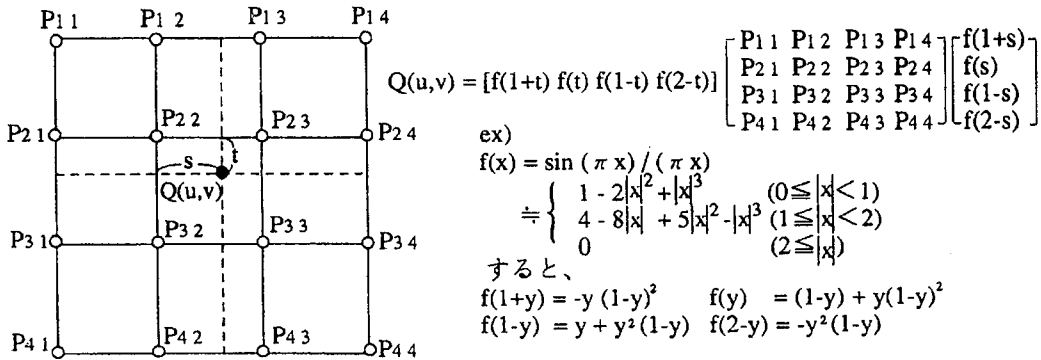
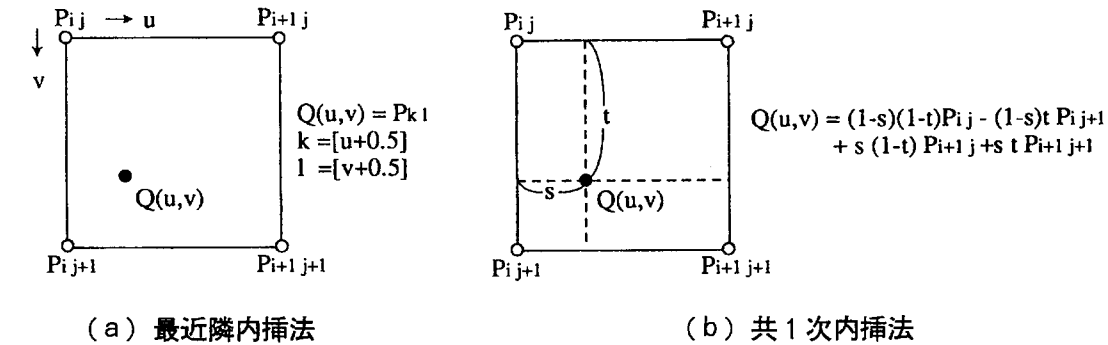
入手したLANDSAT/TMおよびLANDSAT/ETM+データは処理レベル4（バルク補正）データであり、ラジオメトリック補正および系統的幾何補正は実施されているが、十分な補正精度とは言い難いため、多数点のGCPを用いた非系統的補正を実施した。補正に使用した地図は既存の1/5万地形図である。使用したGCP数は表-1.3のとおりである。

表-1.3 LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+データの幾何補正に使用した GCP 数

観測年月日	GCP 数
1989年11月2日	24
1999年7月25日	35
2000年12月26日	33

次に、GCPの画像座標値と地図座標値から求めた座標変換式を用いて、画素の再配列を行った。入手したLANDSAT/TMおよびLANDSAT/ETM+データは既に簡易的な幾何補正が行われているため、座標変換式は2次元のアフィン変換式とした。

画素の再配列には、最近隣内挿法 (Nearest Neighbor)、共 1 次内挿法 (Bi-Linear)、3 次たみこみ内挿法 (Cubic Convolution) の 3 種類の内挿法がある。それぞれの内挿法の概念図を図-1.2 に示す。



(c) 3 次たみこみ内挿法

$Q(u,v)$: 内挿する点の位置 (u,v) とその画像データ (P)
 P_{ij} : 観測された画像データとその位置 (i,j)
 $[\]$: ガウス記号 (整数部分をとる)
 $s = u - [u], t = v - [v]$

図-1.2 内挿法の概念図¹⁾

これらの内挿法は、精度や処理時間などにそれぞれ特徴がある。内挿法の特徴を表-1.4 にまとめる。

表-1.4 内挿法の特徴¹⁾

内挿法	長所	短所
最近隣内挿法	元の画素値を壊さない 処理速度が速い	位置誤差が最大 1/2 画素生じる。
共 1 次内挿法	平均化のためスムージングの効果がある。	元のデータが壊れる。 処理速度が遅い。
3 次たみこみ内挿法	平滑化と鮮鋭化の効果があり、高い画質が得られる。	元のデータが壊れる。 処理速度が遅い。

本調査では、分類処理により緑地の抽出を試みるので、元の画素値を保存する必要がある。よって画素の再配列には、最近隣内挿法を適用した。

(4) カラー合成画像

LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+画像には、リアルカラー画像、ナチュラルカラー画像、フォールスカラー画像の3つのカラー合成画像がある。リアルカラー画像は、可視域のバンド1(青)、バンド2(緑)、バンド3(赤)のデータをそれぞれ青、緑、赤にわりあてた画像であり、人間の目で見たイメージに最も近い色調を呈する。ナチュラルカラー画像は、バンド2(緑)に青、バンド3(赤)に赤、バンド4(近赤外)に緑をわりあてた画像であり、植生が強い緑色で示される。フォールスカラー画像は、バンド2(緑)に青、バンド3(赤)に緑、バンド4(近赤外)に赤をわりあてた画像であり、植生が強い赤色で示される。本調査では、緑地を対象としており、植生を細かく見る必要があるため、フォールスカラー画像を作成した。

本調査で作成した2時期のLANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+データのフォールスカラー画像を、図-1.3~図-1.6に示す。

フォールスカラー画像では、植生に被われた地域が赤系統の色で示される。森林は濃赤色であり、草地や農地は明るい赤色となる。特に新緑の時期では赤が鮮明になり、反対に冬は枯れた草は黄みがかってくる。表-1.5に一般的なフォールスカラー画像上の色調と土地被覆分類項目の対応を示す。

表-1.5 フォールスカラー画像上の色調と土地被覆分類項目の対応

土地被覆分類項目	フォールスカラー画像上の色調
1. 草地	クリーム～ピンク色を示し、水分の多い場合はやや濃く暗い色調を示す。
2. 樹林地	赤～赤褐色を示す。密生林は比較的鮮明な色を示し、疎林は暗く薄い赤色を示す。
3. 耕作地	水田は水色を示す。区画された形状は判読され、水が少ない場合は草地または裸地と同様の色調を示す。 畑地は作物の有る場合は草地とほぼ同様の色調を示すが、区画された形状から判読される。
4. 市街地	淡水色を示す。人工構造物はやや白っぽい色で、裸地に近い色調である。
5. 裸地	白～クリーム色を示す。やや植生のある場合は水色を示す。
6. 水域	青色を示し、やや濁りのある場所は水色を示す。

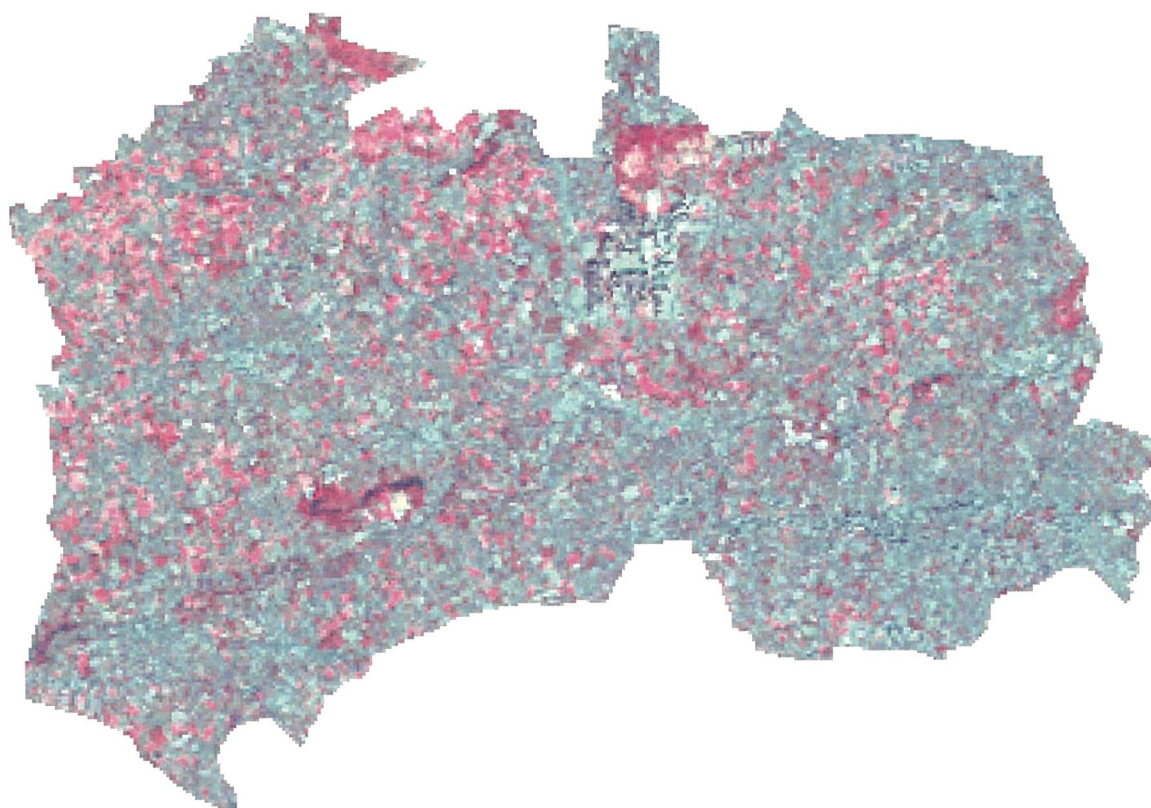


図-1.3 LANDSAT/TM フォールスカラー画像（練馬区全域：1989年11月2日観測）



図-1.4 LANDSAT/TM フォールスカラー画像（練馬区全域：1999年7月25日観測）



図-1.5 LANDSAT/ETM+フォールスカラー画像（練馬区全域：2000年12月26日観測）

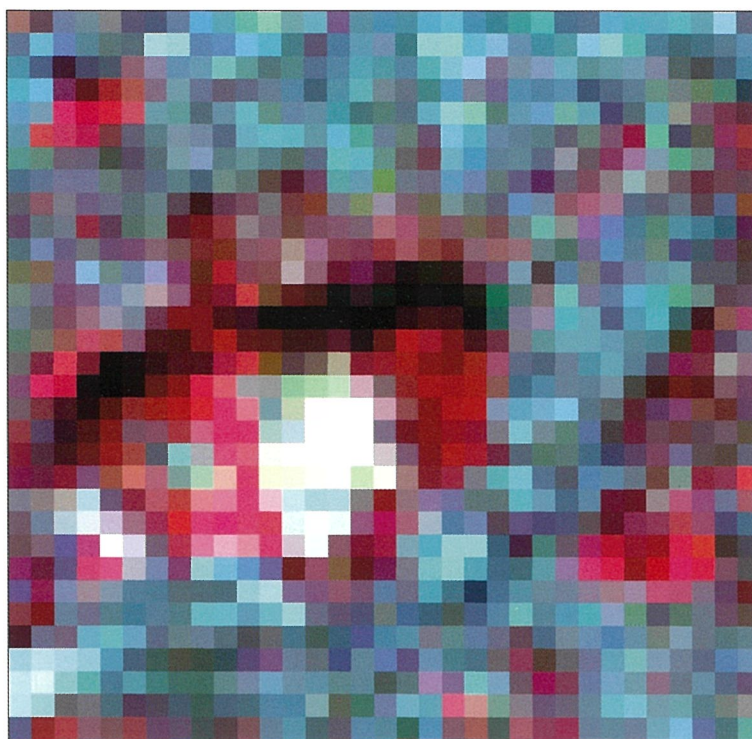


図-1.6 LANDSAT/TM フォールスカラー画像（ケーススタディエリア：1989年11月2日観測）

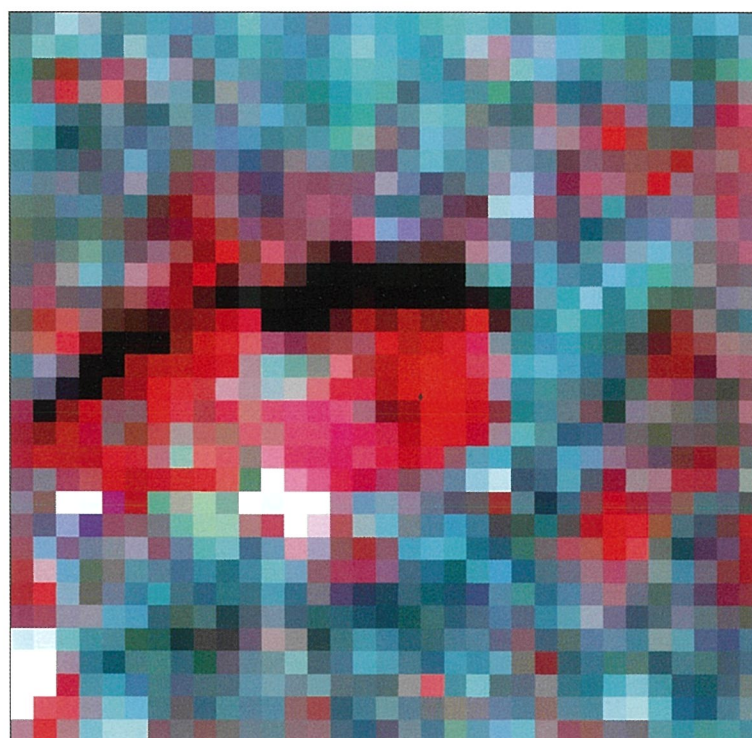


図-1.7 LANDSAT/TM フォールスカラー画像（ケーススタディエリア：1999年7月25日観測）

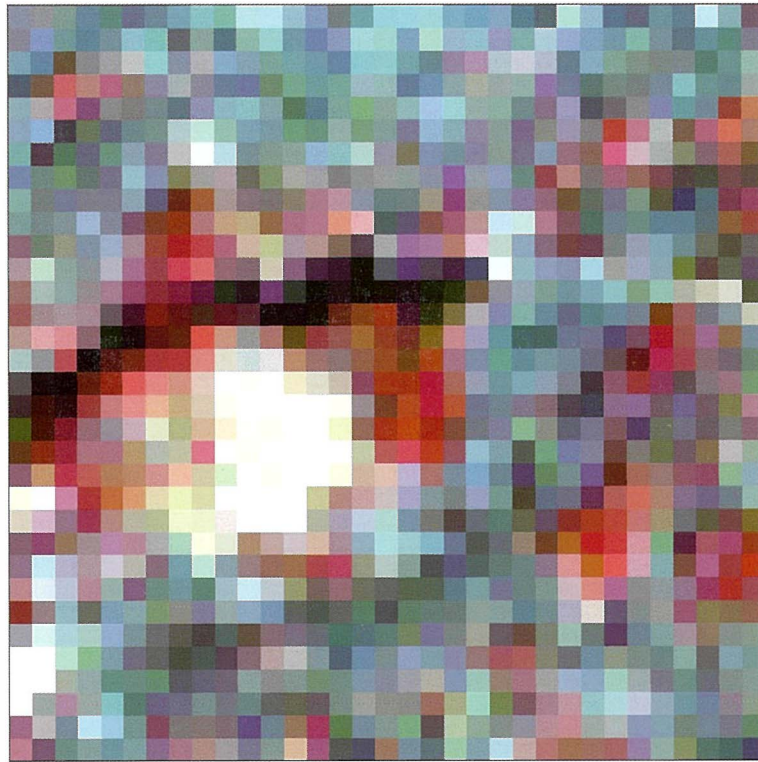


図-1.8 LANDSAT/ETM+フォールスカラー画像（ケーススタディエリア：2000年12月26日観測）

調査対象地域の LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+フォールスカラー画像（図-1.3～図-1.8）の特徴を表-1.6 にまとめた。

表-1.6 本調査で作成した LANDSAT/TM および LANDSAT/ETM+ フォールスカラー画像の特徴

観測対象	観測年月日	特徴
練馬区全域	1989年11月2日 (図-1.3 参照)	11月に観測されたデータであるため、植生の活力が減退しており、図-1.3 と比べて赤色の彩度が低い。また、太陽高度が低いため、高層ビルの影が画像上に現れている(画像中央部の光ヶ丘団地)。
	1999年7月25日 (図-1.4 参照)	画像左部の保谷市との境界付近に雲が存在しているが、おおむね良好な画像である。7月に観測されたデータであるため、図-1.2 と比べて赤色の彩度が高い。また、太陽高度が高いため、図-1.2 で現れていた光ヶ丘団地の影が現れていない。
	2000年12月26日 (図-1.5 参照)	12月に観測されたデータであるため、3つの画像の中で最も植生の活力が減退している。また、太陽高度が低いため、高層ビルの影が画像上に現れている(画像中央部の光ヶ丘団地)。
調査対象範囲 (1km×1km)	1989年11月2日 (図-1.6 参照)	11月に観測されたデータであるため、植生の活力が減退しており、図-1.5 と比べて赤色の彩度が低い。画像中央の白色域は図-1.5 を見ると鮮やかな赤色を呈しており、枯れた草地であることが類推できる。
	1999年7月25日 (図-1.7 参照)	7月に観測されたデータであるため、図-1.4 と比べて赤色の彩度が高い。
	2000年12月26日 (図-1.8 参照)	12月に観測されたデータであるため、3つの画像の中で最も植生の活力が減退している。画像中央の白色域は図-1.7 を見ると鮮やかな赤色を呈しており、枯れた草地であることが類推できる。

1.3 高分解能衛星 IKONOS

高分解能衛星データは、従来の地球観測衛星データに比べて、解像度が飛躍的に向上している。本調査では、高分解能衛星のうち、すでに運用が開始されている IKONOS を使用した。

(1) IKONOS の諸元

高分解能衛星 IKONOS は、軍事技術の導入により従来の人工衛星とは大きく異なる特徴を有する。以下に IKONOS の特徴を記す。また、図-1.9 に IKONOS 衛星の外観図を、表-1.7 に IKONOS 衛星の諸元を示す。

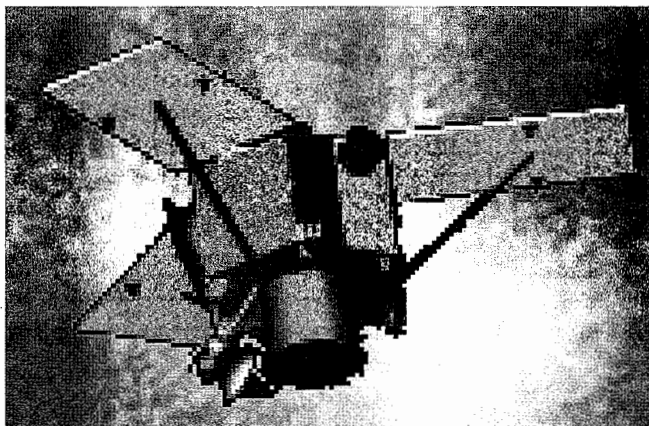


図-1.9 IKONOS 衛星の外観

表-1.7 IKONOS 衛星の諸元

項目		諸元	
軌道要素		飛行高度約 680 km、11 日周期	
センサ	パノクロマティック	地上分解能 直下	0.82m
		オフナディア 26°	1.0m
センサ	マルチスペクトル	地上分解能 直下	3.3m
		オフナディア 26°	4.0m
観測幅		直下	11.3 km
		オフナディア 26°	13.8km
観測諸元	パノクロマティック		0.45-0.90 μm 青色～近赤外
	マルチスペクトル	1	0.45-0.52 μm 青色
		2	0.52-0.60 μm 緑色
		3	0.63-0.69 μm 赤色
		4	0.76-0.90 μm 近赤外

①高い解像度

IKONOS では、パノクロモードとマルチモードの観測ができる。パノクロモードは1m解像度のデジタル画像が得られるが、単バンド画像でありカラー情報を得ることができない。一方マルチモードは、4m解像度のデジタル画像であるが、可視～近赤外の4バンドのデータを収集するためカラー情報を得ることができる。また、パノクロモードとマルチモードを合成したパンシャープンという形態もあり、1m解像度のカラー画像が得られる。ただし、パンシャープンの場合、波長帯ごとの色調の物理的な意味は失われる。以上のように、IKONOS 画像は「パノクロ画像」「マルチ画像」「パンシャープン画像」の3種の形態で提供されている。これらのデータは将来的に整備されるアーカイブシステムにより、日本全国シームレスに取得することができる。

②頻繁な撮影機会

1日で地球を14周回するため、2.1m以下の解像度であれば毎日同じ場所を撮影可能である。ただし、斜め観測を実施した際は画像の倒れこみが発生するので、補正が困難になる。

③広範囲の均一なデータ取得

衛星全体を振りながら撮影する技術により、最大 5,000 平方キロメートルのエリアを一度に撮影可能である。

④地図と重なる位置精度

GCP を用いた非系統的幾何補正で 1/2, 500 相当の水平位置精度を持つ。GCP なしの系統的幾何補正の場合、1/25, 000 相当の位置精度が保証されている。

⑤豊富なデータ量

従来の画像データが 8bit であったのに比べ、IKONOS 画像は 11bit で画像データを取得する。このため、従来の衛星データと比べ地物の反射特性が細かくデータに反映される。

(2) 前処理

入手した IKONOS データは、2000 年 2 月 23 日および 2000 年 8 月 8 日の 2 時期のデータである。

2000 年 2 月 23 日のデータは、パンクロおよびマルチのデジタルジオ画像である。このデータは、ラジOMETリック補正および非系統的幾何補正が実施されており、地図座標をもったデータとなっているが、2 次元での補正であり精度は低い。本調査では、LANDSAT/TM データなどと座標系を統一する必要があるため、再度多数点の GCP を用いた非系統的補正を実施した。補正に使用した GCP 数は表-1.8 のとおりである。

表-1.8 IKONOS データの幾何補正に使用した GCP 数

観測年月日	GCP 数
2000 年 2 月 23 日	30

また、座標変換式は 2 次元アフィン変換、再配列は最近隣内挿法を適用した。これらは LANDSAT/TM データの処理と同様の手法である。

2000 年 8 月 8 日のデータは、マルチスペクトルのデジタルオルソ・ライト画像である。このデータは、地形データを用いたオルソ補正がなされており、高精度の地図座標をもったデータとなっている。したがって、再補正は行わずにオリジナルデータを使用した。

(3) カラー合成画像

IKONOS 画像には、(2) の①で記したようにパンクロ画像、マルチ画像、パンクロマティックとマルチスペクトルを合成したパンシャープン画像の 3 種の画像がある。マルチ画像、パンシャープン画像には、それぞれリアルカラー画像、ナチュラルカラー画像、フォールスカラー画像といったカラー合成画像がある。本調査では、緑地を対象としており、植生を細かく見る必要があるため、LANDSAT/TM 同様フォールスカラー画像が適している。

IKONOS のパンクロ画像、マルチ画像、パンシャープン画像を図-1.10～図-1.14 に示す。なお、マルチ画像、パンシャープン画像はフォールスカラー合成した画像である。

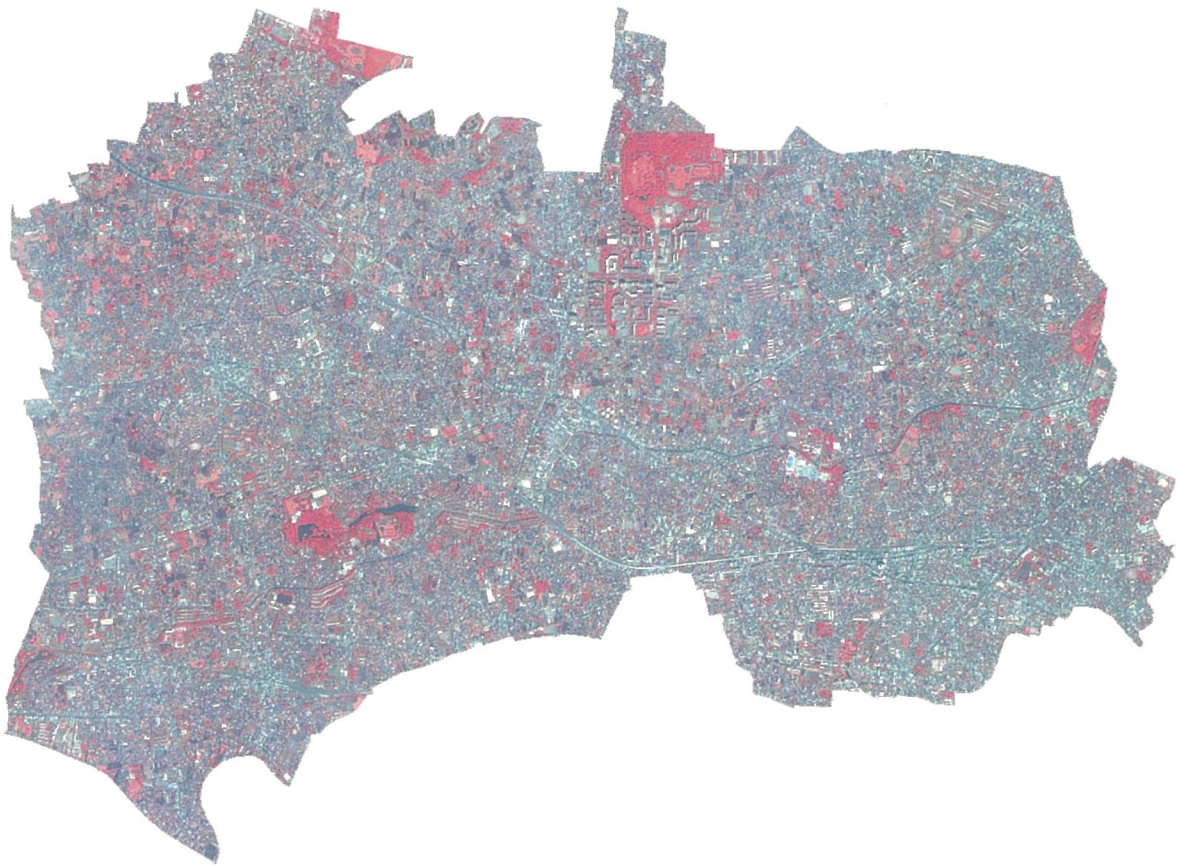


図-1.10 IKONOS マルチ画像（練馬区全域：2000年8月8日観測）

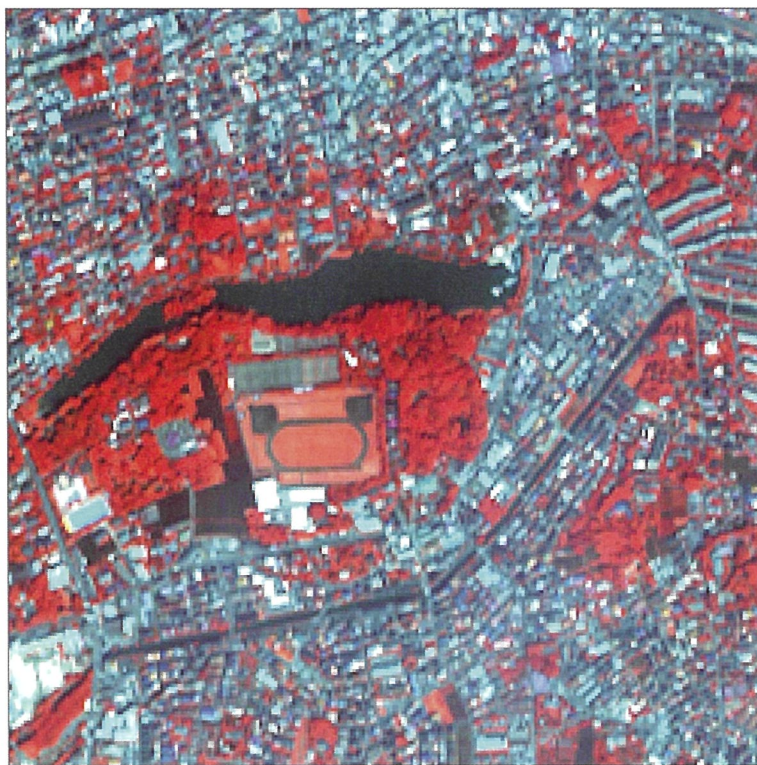


図-1.11 IKONOS マルチ画像（ケーススタディエリア：2000年8月8日観測）



図-1.12 IKONOS パンクロ画像（ケーススタディエリア：2000年2月23日観測）



図-1.13 IKONOS マルチ画像（ケーススタディエリア：2000年2月23日観測）



図-1.14 IKONOS パンシャープン画像（ケーススタディエリア：2000年2月23日観測）

図-1.10～図-1.14 について、それぞれの画像の特徴を表-1.9 にまとめた。

表-1.9 本調査で作成した IKONOS 画像の特徴

観測対象	画像種別	特徴
練馬区全域	マルチ画像 (図-1.10 参照)	地上分解能が約 4m と LANDSAT と比べて高いため、図-1.3~図-1.5 と比べると細かなパターンが現れていることがわかる。
調査対象範囲 (1km×1km)	マルチ画像 (図-1.11 参照)	地上分解能が約 4m とパンクロ画像より劣るため、家屋などの小さな地物の形状が不明瞭である。一方、色情報が存在するため、植生の有無は明瞭に区別可能である。
	パンクロ画像 (図-1.12 参照)	約 1m という高い地上分解能のため、家屋や道路といった地物の形状が明瞭である。一方、色情報が欠けているため、裸地と家屋の屋根、あるいは砂地と農地などの区別が困難である。
	マルチ画像 (図-1.13 参照)	地上分解能が約 4m とパンクロ画像より劣るため、家屋などの小さな地物の形状が不明瞭である。一方、色情報が存在するため、植生の有無は明瞭に区別可能である。また、冬季の画像であるため、図-1.11 と比べると、植生を示す赤色域が大幅に少ないことがわかる。
	パンシャープン画像 (図-1.14 参照)	パンクロとマルチの合成により約 1m の地上分解能と色情報を併せもつ。そのため、地物の形状や植生の有無を見るには最も適した画像である。一方、画素値が壊れるため自動処理には使用できない。そのため、判読に適した画像であるといえよう。

1.4 航空写真

航空写真は、判読を行うことにより、地質、森林、地形、気象、土木、災害などの各種調査に用いられている。緑地調査分野においても、樹種、樹冠の判読や材積量調査などに広く利用されている。

本調査では、従来型の緑地調査手法を踏襲し、人工衛星データによる調査手法との比較および検証に用いた。

(1) 使用した航空写真

航空写真判読による緑地調査では、通常夏季の写真を用いて判読が行われる。本調査でもこれにならない、夏季の写真でなおかつ1990年と2000年の2時期に近い時期の写真を検索した。また、常緑樹と落葉樹を判別するには、夏季の写真と冬季の写真を比較することが望ましいため、冬季の写真を1時期分検索した。

その結果、使用した航空写真は表-1.10に示す3時期6枚の航空写真である。

表-1.10 使用した航空写真

撮影年月	撮影機関	撮影縮尺	番号	コースNo.	写真番号
1989年11月	建設省国土地理院	1/10,000	CKT-89-3	C-2	13~14:2枚
1992年2月	国際航業株式会社	1/9,000		C-7A	6~7:2枚
1999年8月	共立航空株式会社	1/11,000		C-7	5~6:2枚

(2) 前処理

航空写真をスキャナ入力し、航空写真画像データを作成した。スキャンピッチは、400dpiである。画像データは幾何補正によりLANDSAT/TM、IKONOSと座標を一致させた。座標変換式、画素の再配列法はLANDSAT/TM、IKONOSと同一の手法である。幾何補正後の画像データは、同一時期の2枚の画像をモザイクし、1時期あたり1枚の画像データを作成した。この画像は、判読結果画像の幾何補正、各リモートセンシング手法の比較検討に用いることを目的とする。

幾何補正に使用したGCP数を表-1.11に示す。

表-1.11 航空写真画像の幾何補正に使用したGCP数

撮影年月	GCP数
1989年11月	64
1992年2月	108
1999年8月	59

(3) 時期別の航空写真の特徴

作成した航空写真画像を図-1.15 に示す。



(1) 1989年11月



(2) 1992年2月



(3) 1999年8月

図-1.15 作成した航空写真画像

図-1.15 について、それぞれの画像の特徴を表-1.12 にまとめた。

表-1.12 本調査で作成した航空写真画像の特徴

観測対象	撮影年月	特徴
調査対象範囲 (1km×1km)	1989年11月 (図-1.15(1)参照)	晩秋の写真のため、落葉樹の中には色が変わっているものもある。画像中央部の芝地は枯れており、同一時期の LANDSAT/TM 画像 (図-1.3) も芝枯れによるものと類推できる。
	1992年2月 (図-1.15(2)参照)	冬季の写真のため、落葉樹には葉がなく、全体に緑量が少なくなっている。同一時期の IKONOS 画像 (図-1.13) と比べると、石神井池南東部の林地で IKONOS、航空写真ともども地肌が露出している様子がわかる。
	1999年8月 (図-1.15(3)参照)	夏季の写真のため、図-1.15(2)と比べ緑量が多い。常緑樹と落葉樹の区別は困難であり、樹木本数の判読も密集樹林地では困難である。

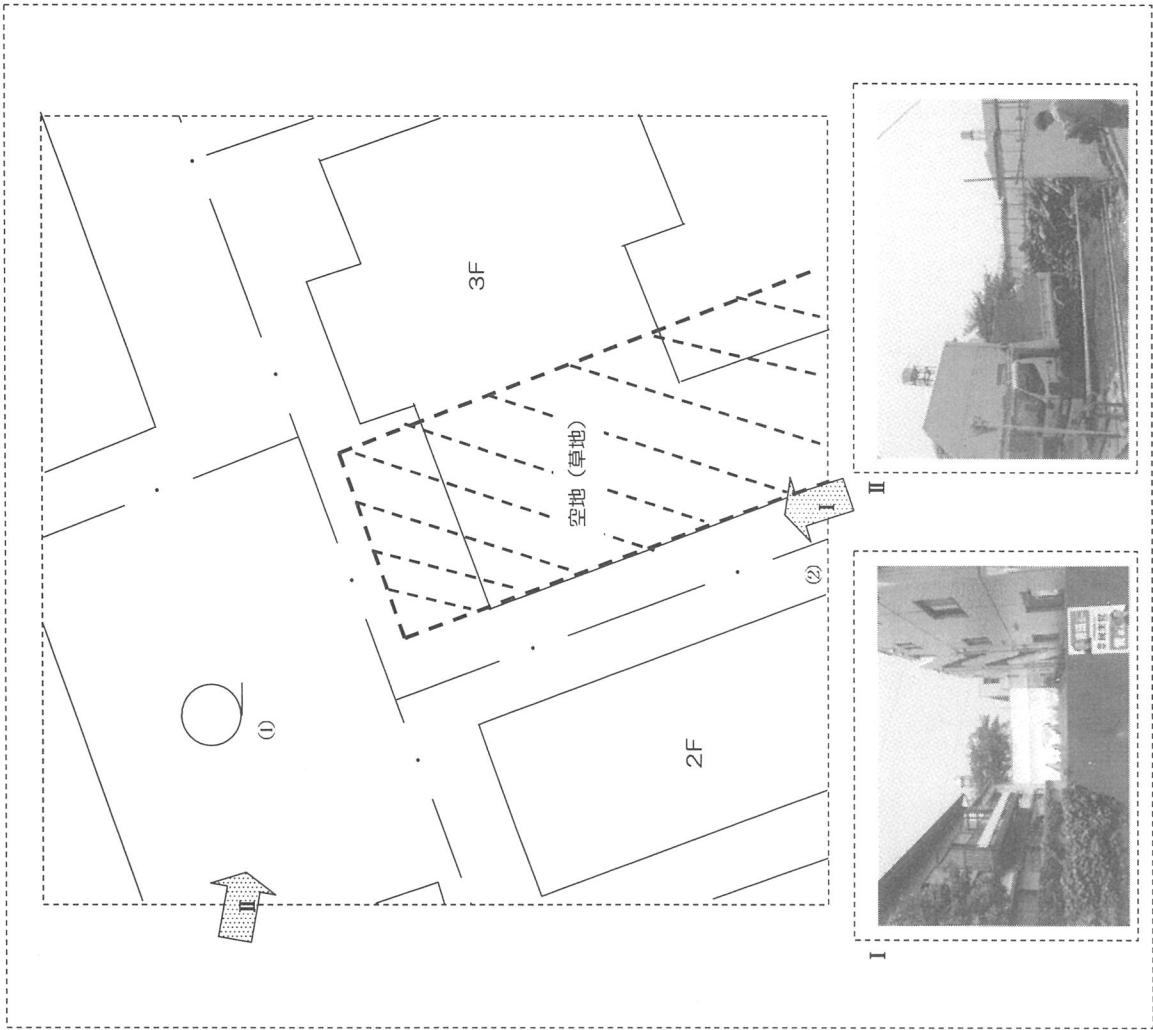
資料編 2

「現地調査票」

現地調査票

調査地点名 緑の少ない住宅地

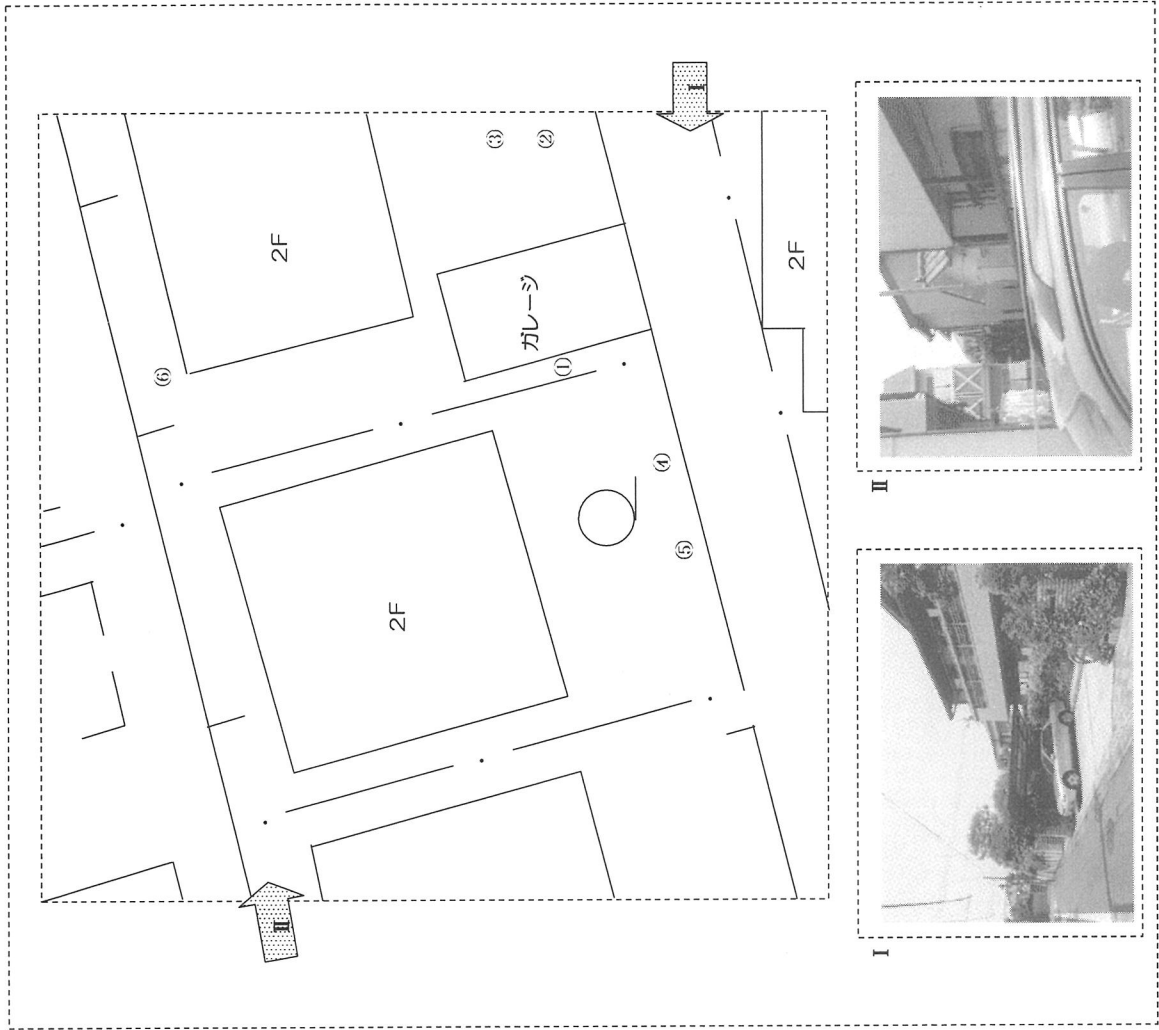
No.	1		調査者	柴田、今井			
場所	練馬区石神井町6丁目						
概要	地形	平坦地					
	緑被率	13.8%					
	樹木本数	2本					
	樹木種別	常緑樹 落葉樹 混交林 (単木)					
	主要構成樹種						
	平均樹高	6.5m		平均胸高直径	90cm		
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝振り	備考
	1	常・落・単	不明	10m	1~2m	6~7m	目測
	2	(常)落・単	ナンテン	3m	30cm	2m	目測
	3	常・落・単					
	4	常・落・単					
	5	常・落・単					
	6	常・落・単					
	7	常・落・単					
	8	常・落・単					
	9	常・落・単					
	10	常・落・単					
	11	常・落・単					
	12	常・落・単					
	13	常・落・単					
	14	常・落・単					
	15	常・落・単					
	16	常・落・単					
	17	常・落・単					
	18	常・落・単					
	19	常・落・単					
	20	常・落・単					
	21	常・落・単					
	22	常・落・単					
	23	常・落・単					
	24	常・落・単					
	25	常・落・単					
	26	常・落・単					
	27	常・落・単					
	28	常・落・単					
	29	常・落・単					
	30	常・落・単					



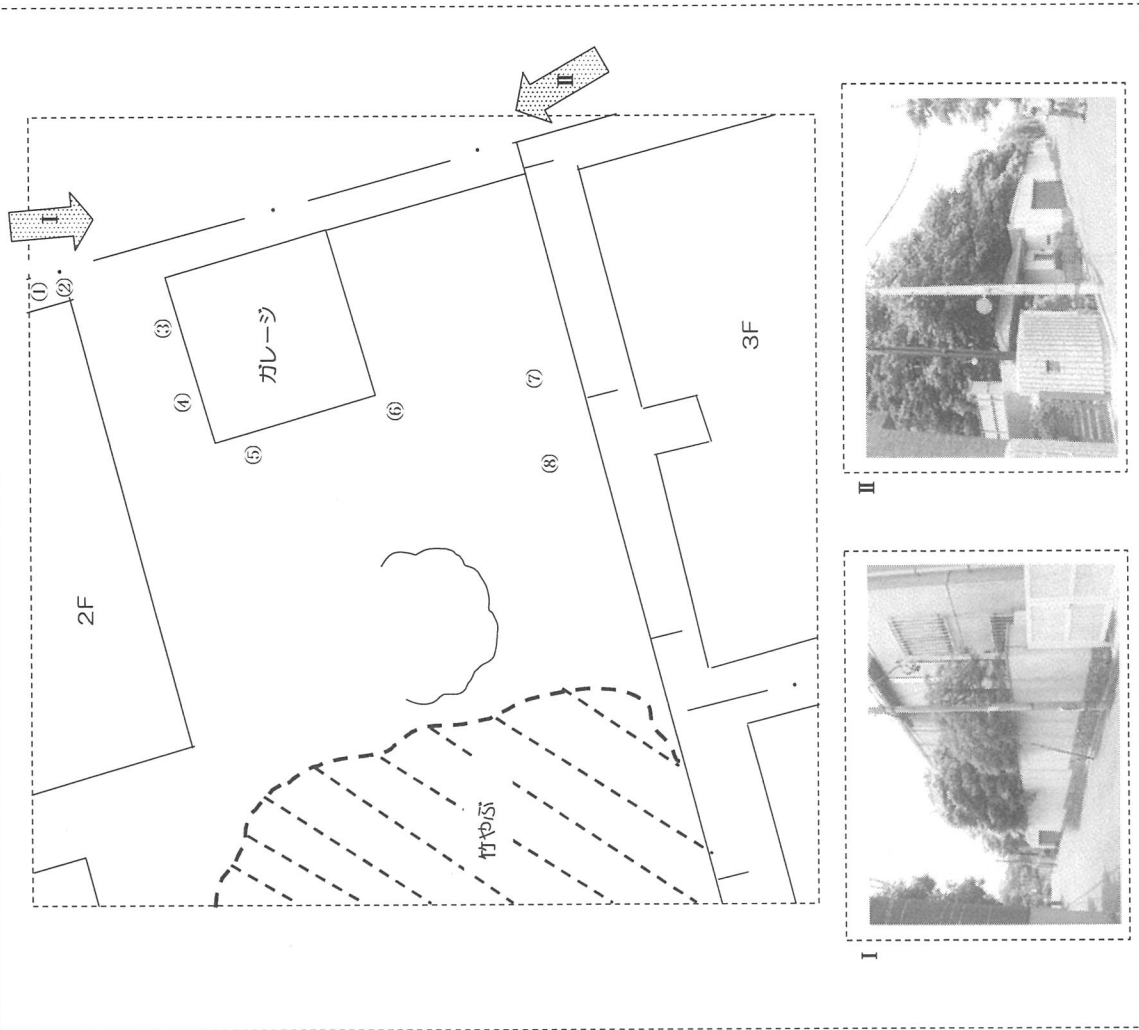
現地調査票

調査地点名 密集市街地

No.	2	調査者	柴田、今井					
場所	練馬区石神井町6丁目							
概要	地形 平坦地							
	緑被率 3.7%							
	樹木本数 6本							
	樹木種別 常緑樹 落葉樹 混交林 (単木)							
	主要構成樹種 カエデ、ナンテン							
	平均樹高	2.7m	平均胸高直径					
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	25cm	枝振り	備考
	1	常・落・単	マツ	3m	30cm	3m	3m	目測
	2	常・落・単	カエデ	2m	20cm	3m	3m	目測
	3	常・落・単	カエデ	2m	20cm	3m	3m	目測
	4	常・落・単	ナンテン	3m	30cm	3m	3m	目測
	5	常・落・単	ナンテン	3m	30cm	3m	3m	目測
	6	常・落・単	ヒヨ	3m	20cm	3m	3m	目測
	7	常・落・単						
	8	常・落・単						
	9	常・落・単						
	10	常・落・単						
	11	常・落・単						
	12	常・落・単						
	13	常・落・単						
	14	常・落・単						
	15	常・落・単						
	16	常・落・単						
	17	常・落・単						
	18	常・落・単						
	19	常・落・単						
	20	常・落・単						
	21	常・落・単						
	22	常・落・単						
	23	常・落・単						
	24	常・落・単						
	25	常・落・単						
	26	常・落・単						
	27	常・落・単						
	28	常・落・単						
	29	常・落・単						
	30	常・落・単						



現地調査票

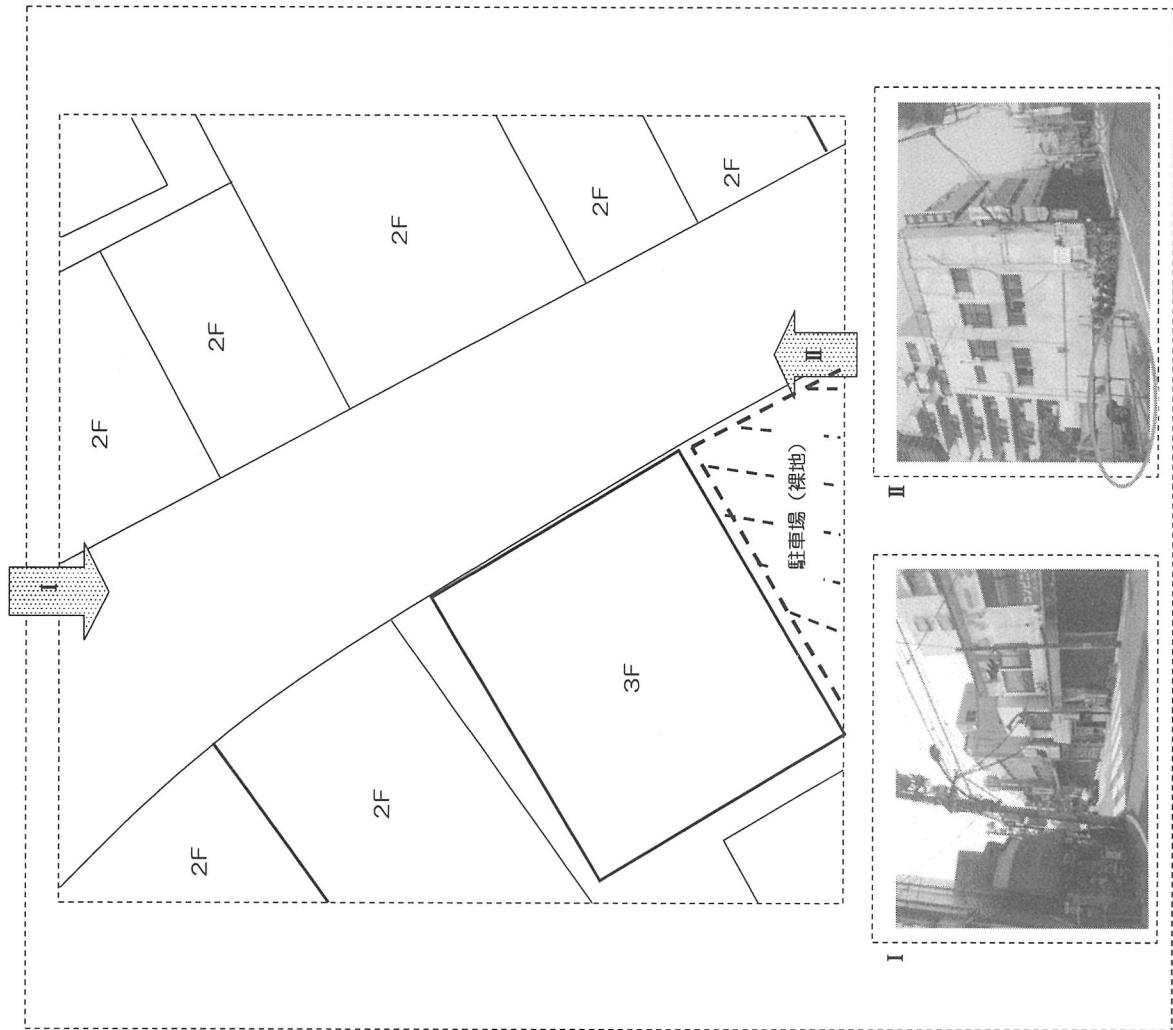


No.	3	調査者	柴田、今井				
場所	練馬区石神井町 6 丁目						
概要	南方の石神井公園に向かって緩やかに傾斜している						
緑被率	55.2 %						
樹木本数	8 本						
樹木種別	常緑樹 (落葉樹) 混交林 単木						
主要構成樹種	サクラ						
平均樹高	5.5 m						
平均胸高直径	45 cm						
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝張り	備考
	1	常落・単	マツ	1m	20cm	4m	目測
	2	常落・単	カエデ	5m	50cm	5m	目測
	3	常落・単	サクラ	6~7m	50cm	5m	目測
	4	常落・単	サクラ	6~7m	50cm	5m	目測
	5	常落・単	サクラ	6~7m	50cm	5m	目測
	6	常落・単	サクラ	6~7m	50cm	5m	目測
	7	常落・単	サクラ	6~7m	50cm	5m	目測
	8	常落・単	サクラ	6~7m	50cm	5m	目測
	9	常落・単					
	10	常落・単					
	11	常落・単					
	12	常落・単					
	13	常落・単					
	14	常落・単					
	15	常落・単					
	16	常落・単					
	17	常落・単					
	18	常落・単					
	19	常落・単					
	20	常落・単					
	21	常落・単					
	22	常落・単					
	23	常落・単					
	24	常落・単					
	25	常落・単					
	26	常落・単					
	27	常落・単					
	28	常落・単					
	29	常落・単					
	30	常落・単					

現地調査票

調査地点名 緑の少ない住宅地

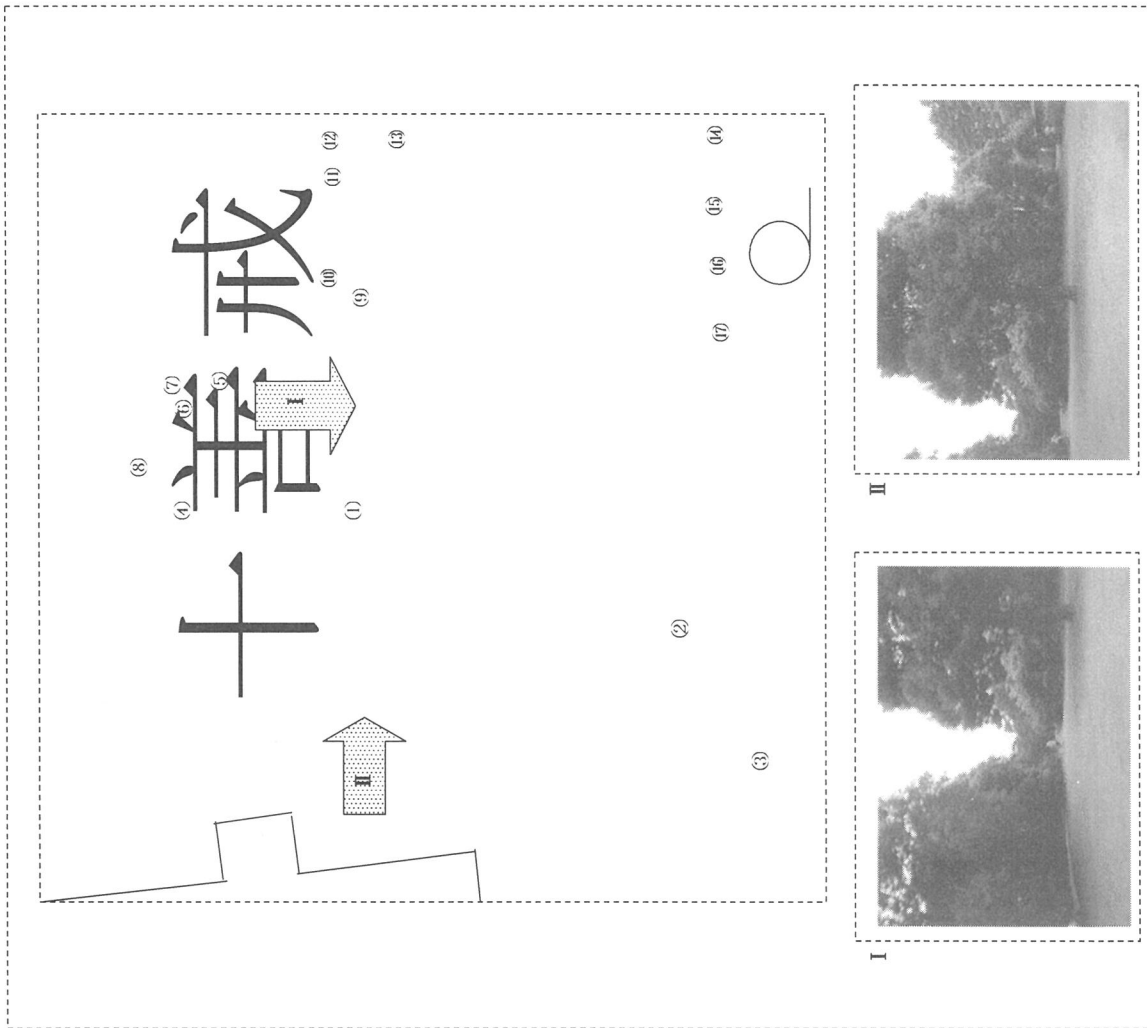
No.	4	調査者	柴田、今井
場所	練馬区石神井町3丁目		
概要	地形 平坦地		
	緑被率	0 %	
	樹木本数	0 本	
	樹木種別	樹木なし	
	主要構成樹種	樹木なし	
	平均樹高	樹木なし	平均胸高直径
		樹木なし	樹木なし
詳細	<p>・ 当現地調査区域は、石神井公園駅前の商店街に位置し、中小ビルが林立している。</p> <p>・ ビルは木造2階建てあるいは木造3階建てがほとんどである。</p> <p>・ 建物は密集しており、樹木は皆無である。</p> <p>・ 南端の駐車場は、未舗装であり、砂利が敷かれている。</p> <p>・ 駐車場と道路との間に設けられた柵（右写真Ⅱの赤丸）のあたりに雑草が点在しているが、これが当現地調査区域の唯一の植生である。</p>		



現地調査票

調査地点名 樹林地(密)

No.	5	調査者	柴田、今井				
場所	練馬区南田中5丁目						
概要	地形	平坦地					
	緑被率	71.5%					
	樹木本数	17本					
	樹木種別	常緑樹 落葉樹 (混交林) 単木					
	主要構成樹種	クス					
	平均樹高	5.4m	平均胸高直径 48.6cm				
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝振り	備考
	1	常・落・単	クス	8m	67cm	10m	実測
	2	常・落・単	シキミ	2m	18cm	4.5m	実測
	3	常・落・単	クス	8m	36cm	8m	実測
	4	常・落・単	クス	8m	1m	12m	実測
	5	常・落・単	カエデ	8m	28cm	4m	実測
	6	常・落・単	カシ	2m	20cm	3m	実測
	7	常・落・単	クス	8m	1m	12m	実測
	8	常・落・単	マツ	3m	20cm	3m	実測
	9	常・落・単	クス	8m	54cm	6m	実測
	10	常・落・単	カシ	5m	40cm	4m	実測
	11	常・落・単	カシ	6m	40cm	6m	実測
	12	常・落・単	カシ	4m	56cm	6m	実測
	13	常・落・単	クス	8m	67cm	8m	実測
	14	常・落・単	カシ	2m	27cm	3m	実測
	15	常・落・単	カシ	2m	26cm	3m	実測
	16	常・落・単	クス	8m	1m	7m	実測
	17	常・落・単	シキミ	2m	27cm	5m	実測
	18	常・落・単					
	19	常・落・単					
	20	常・落・単					
	21	常・落・単					
	22	常・落・単					
	23	常・落・単					
	24	常・落・単					
	25	常・落・単					
	26	常・落・単					
	27	常・落・単					
	28	常・落・単					
	29	常・落・単					
	30	常・落・単					

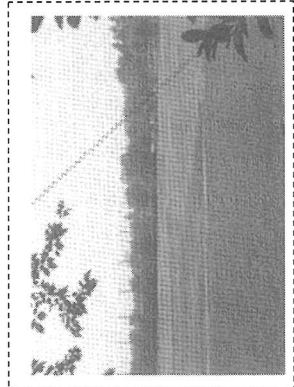
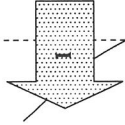


現地調査票

調査地点名 草地

No.	6	調査者	柴田、今井	
場所	練馬区石神井町5丁目			
概要	地形	平坦地		
	緑被率	55.3%		
	樹木本数	0本		
	樹木種別	樹木なし		
	主要構成樹種	樹木なし		
詳細	平均樹高	樹木なし	平均胸高直径	樹木なし
	<p>・草地のため、樹木はなし。 ・グラウンド内は芝生になっており、生育状況は良好。 ・グラウンドの走路はアンツーカーになっている。 ・当現地調査区域では、芝生が大部分を占めており緑被率は55.3%と高い。</p>			

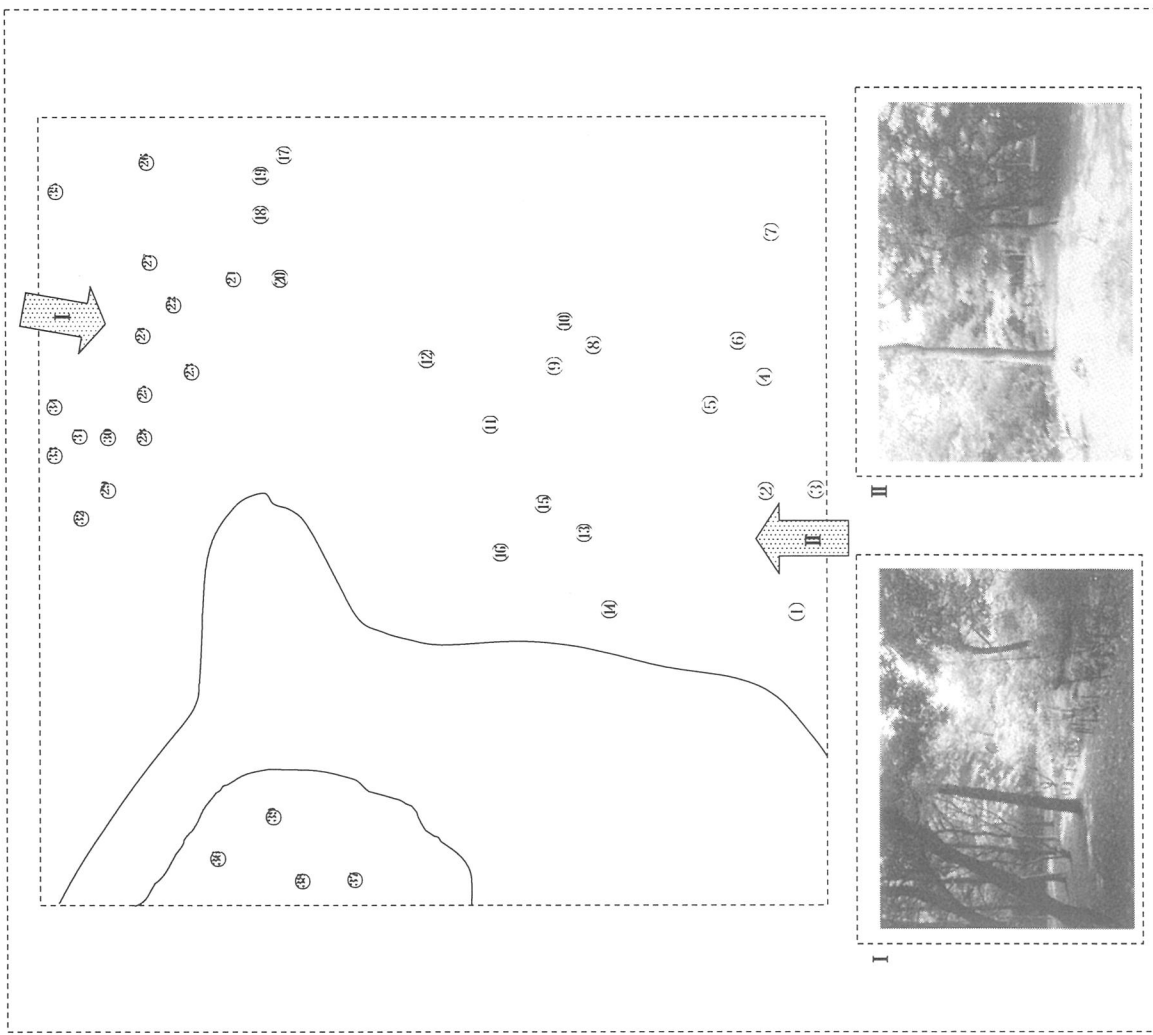
動場



現地調査票

調査地点名 樹林地(密)

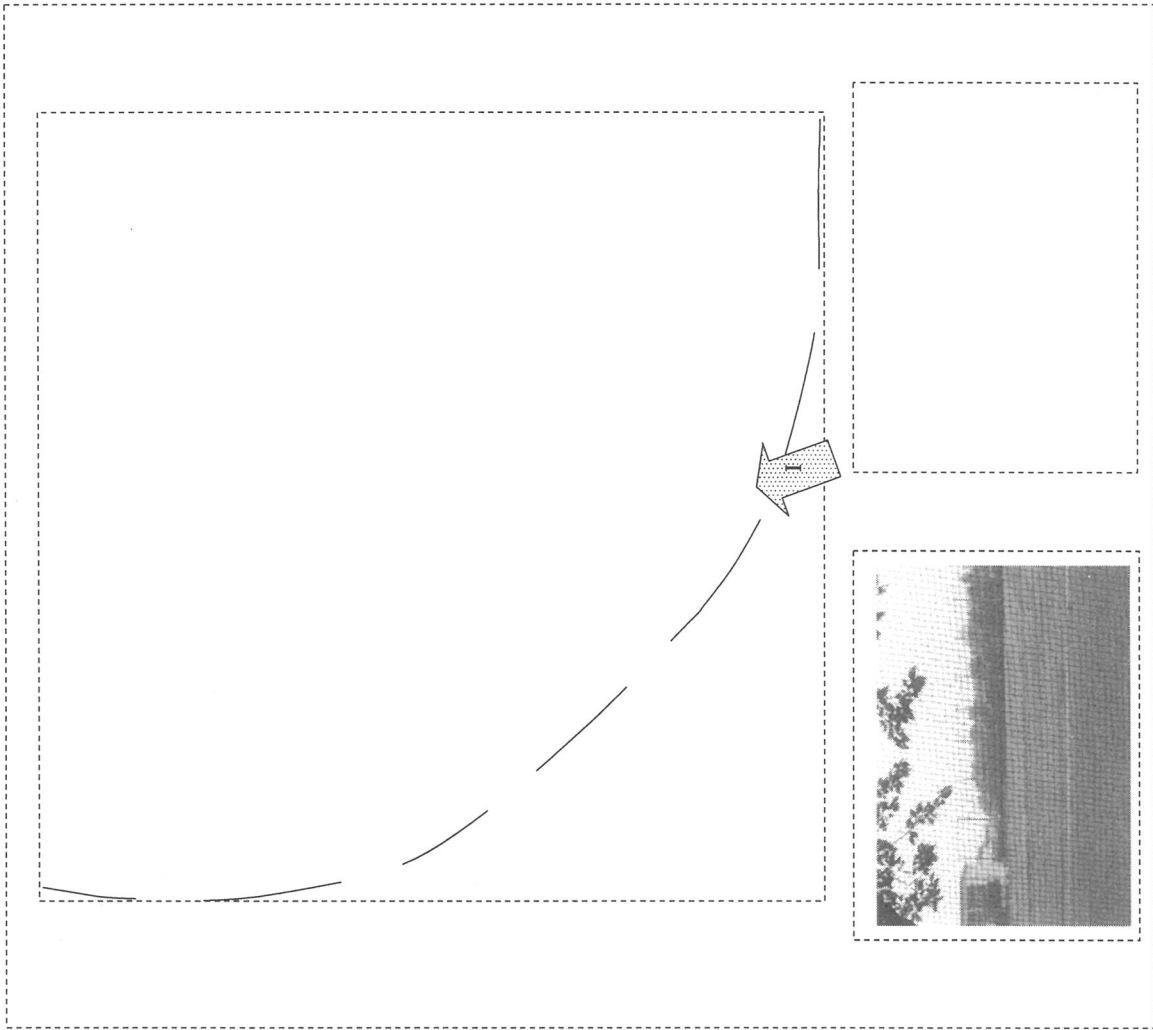
No.	7	調査者	柴田、今井				
場所	練馬区石神井町5丁目						
概要	地形 おおむね平坦だが小さな高まりがある。						
	緑被率 100%						
	樹木本数 39本						
	樹木種別 常緑樹 落葉樹 (混交林) 単木						
	主要構成樹種 カエデ、サクラ、マツ、クス						
	平均樹高 6.6m						
	平均胸高直径 23.7cm						
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝振り	備考
	1	常落→単	ブナ	2m	25cm	8m	実測
	2	常落→単	マツ	3m	37cm	8m	実測
	3	常落→単	カシ	5m	40cm	10m	実測
	4	常落→単	カシ	8m	34cm	10m	実測
	5	常落→単	マツ	8m	43cm	1m	実測
	6	常落→単	ハギ	8m	23cm	5m	実測
	7	常落→単	マツ	8m	41cm	1m	実測
	8	常落→単	ケヤキ	8m	15cm	5m	実測
	9	常落→単	ケヤキ	8m	11cm	4m	実測
	10	常落→単	マツ	8m	35cm	1m	実測
	11	常落→単	モクセイ	6m	45cm	8m	実測
	12	常落→単	カエデ	6m	9cm	2.5m	実測
	13	常落→単	サクラ	8m	33cm	4m	実測
	14	常落→単	マツ	8m	33cm	1m	実測
	15	常落→単	カエデ	6m	8cm	2.5m	実測
	16	常落→単	サクラ	8m	22cm	4m	実測
	17	常落→単	サクラ	3m	50cm	4m	実測
	18	常落→単	カエデ	6m	9cm	2.5m	実測
	19	常落→単	サクラ	8m	38cm	4m	実測
	20	常落→単	カエデ	2.5m	20cm	5m	実測
	21	常落→単	ケヤキ	8m	41cm	6m	実測
	22	常落→単	カエデ	8m	9cm	3m	実測
	23	常落→単	ケヤキ	8m	16cm	3m	実測
	24	常落→単	マツ	8m	22cm	1m	実測
	25	常落→単	ケヤキ	8m	24cm	4m	実測
	26	常落→単	カエデ	6m	26cm	2.5m	実測
	27	常落→単	モクセイ	8m	5cm	3m	実測
	28	常落→単	ケヤキ	8m	23cm	4m	実測
	29	常落→単	クロガネモチ	8m	14cm	3m	実測
	30	常落→単	カエデ	6m	6cm	2.5m	実測



現地調査票

調査地点名 草地

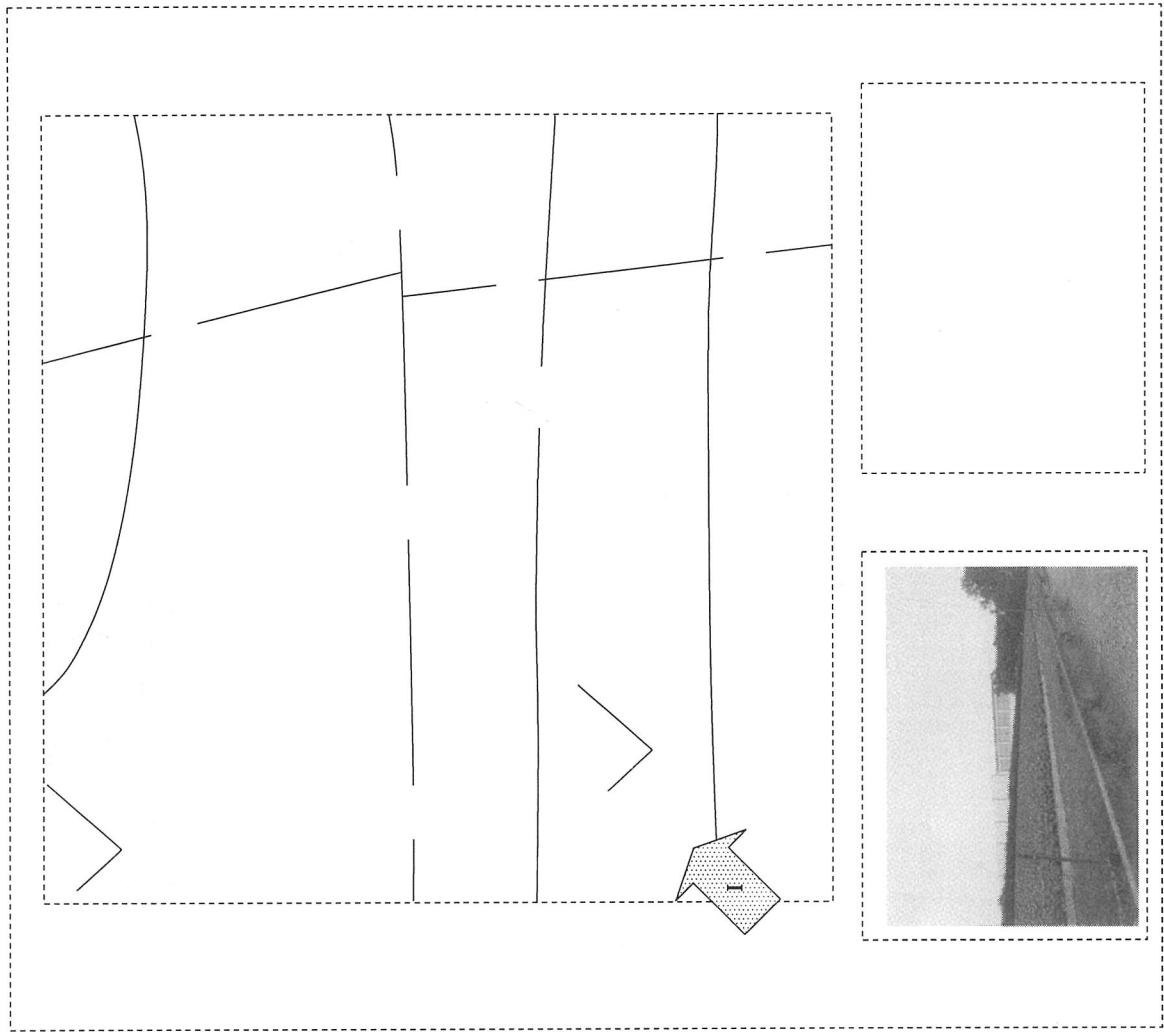
No.	8	調査者	柴田、今井	
場所	練馬区石神井町5丁目			
概要	地形	平坦地		
	緑被率	92.1%		
	樹木本数	0本		
	樹木種別	樹木なし		
	主要構成樹種	樹木なし		
詳細	平均樹高	樹木なし	平均胸高直径	樹木なし
	<ul style="list-style-type: none"> ・草地のため、樹木はなし。 ・グラウンド内は芝生になっており、生育状況は良好。 ・グラウンドの走路はアンツーカーになっている。 ・当現地調査区域では、芝生が大部分を占めており緑被率は92.1%と高い。 			



現地調査票

調査地点名 農地・緑の多い住宅地

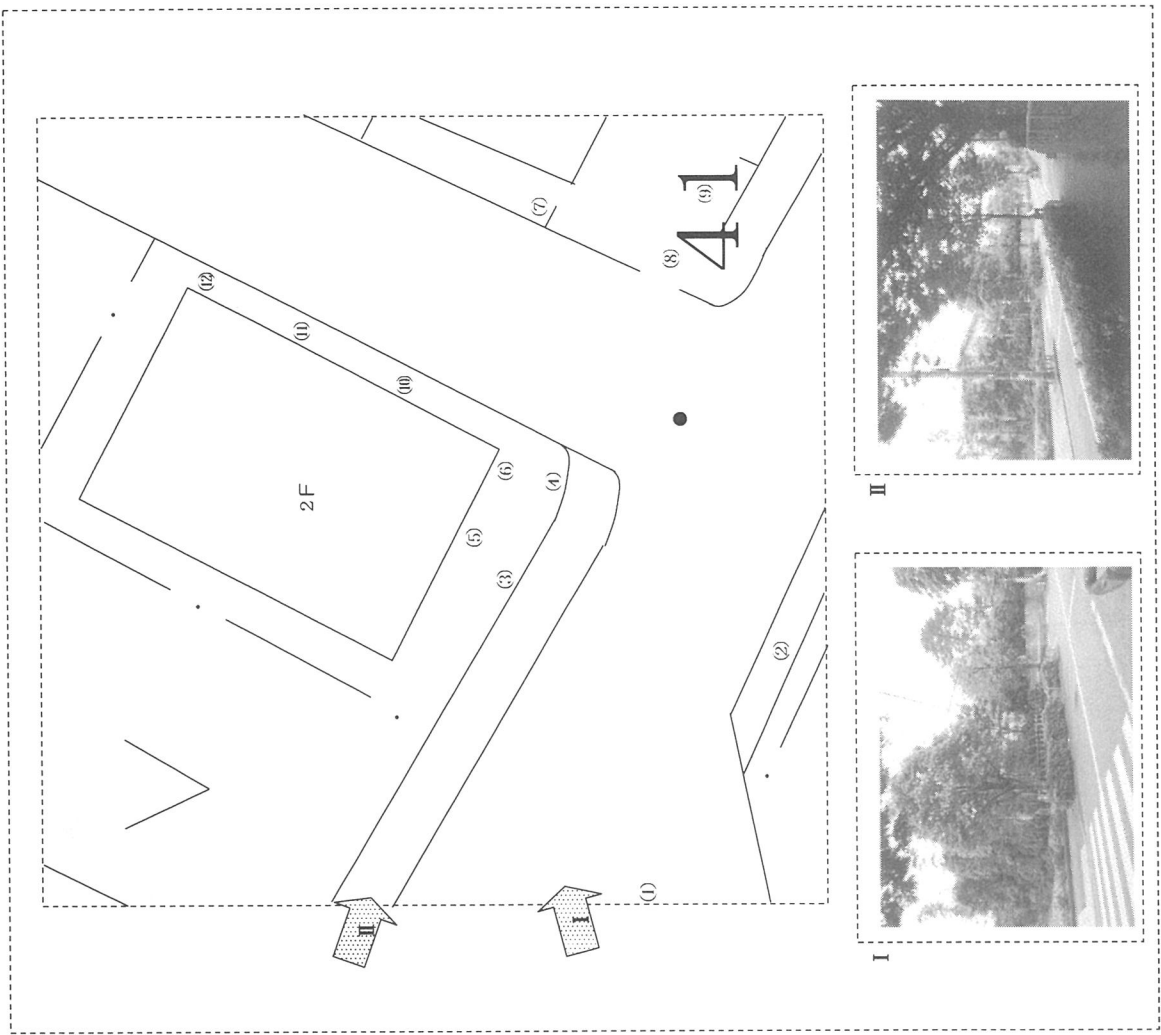
No.	9	調査者	柴田、今井	
場所	練馬区石神井町5丁目			
概要	地形	南に傾斜		
	緑被率	89.2%		
	樹木本数	0本		
	樹木種別	樹木なし		
	主要構成樹種	樹木なし		
	平均樹高	樹木なし	平均胸高直径	樹木なし
詳細	・畑地のため、樹木はなし。 ・一面に葉菜類が栽培されており、緑被率は89.2%と高い。			



現地調査票

調査地点名 樹林地(疎)

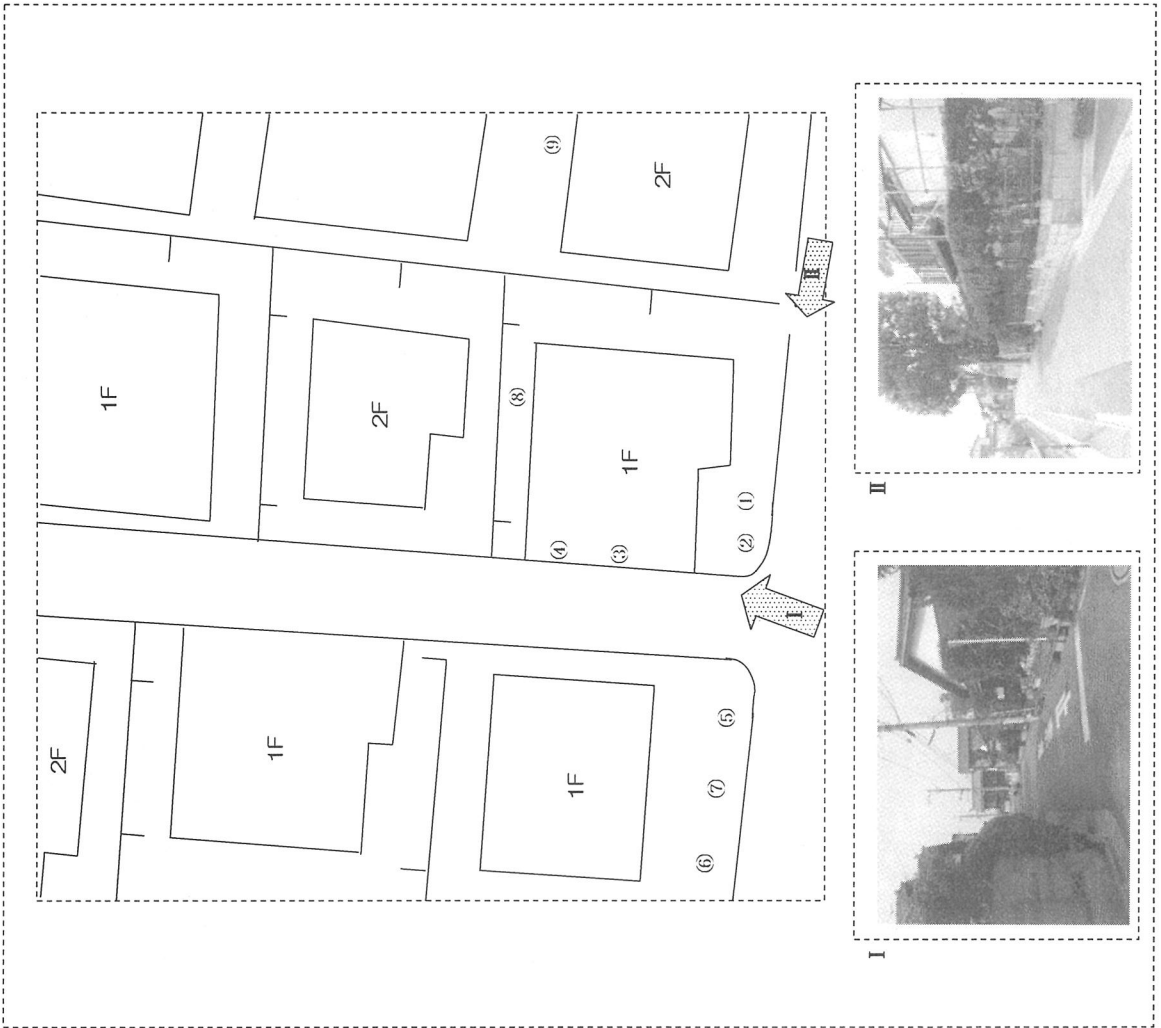
No.	110	調査者	柴田、今井				
場所	練馬区石神井町1丁目						
概要	地形	平坦地					
	緑被率	50.3%					
	樹木本数	12本					
	樹木種別	常緑樹 落葉樹 混交林 (単木)					
	主要構成樹種	ケヤキ					
	平均樹高	3.0m	平均胸高直径	27.1cm			
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝振り	備考
	1	常落	ケヤキ	10m	53cm	8m	実測
	2	常落	ケヤキ	2m	32cm	4m	実測
	3	常落	ケヤキ	2m	28cm	4m	実測
	4	常落	ケヤキ	1m	22cm	3m	実測
	5	常落	カエデ	4m	30cm	4m	目測
	6	常落	サルスベリ	3m	40cm	4m	目測
	7	常落	キンモクセイ	3m	10cm	3m	目測
	8	常落	カシ	3m	20cm	4m	目測
	9	常落	キンモクセイ	2m	10cm	3m	目測
	10	常落	サザンカ	1m	30cm	3m	目測
	11	常落	サザンカ	3m	30cm	4m	目測
	12	常落	サルスベリ	2m	20cm	3m	目測
	13	常落	単				
	14	常落	単				
	15	常落	単				
	16	常落	単				
	17	常落	単				
	18	常落	単				
	19	常落	単				
	20	常落	単				
	21	常落	単				
	22	常落	単				
	23	常落	単				
	24	常落	単				
	25	常落	単				
	26	常落	単				
	27	常落	単				
	28	常落	単				
	29	常落	単				
	30	常落	単				



現地調査票

調査地点名 農地・緑の多い住宅地

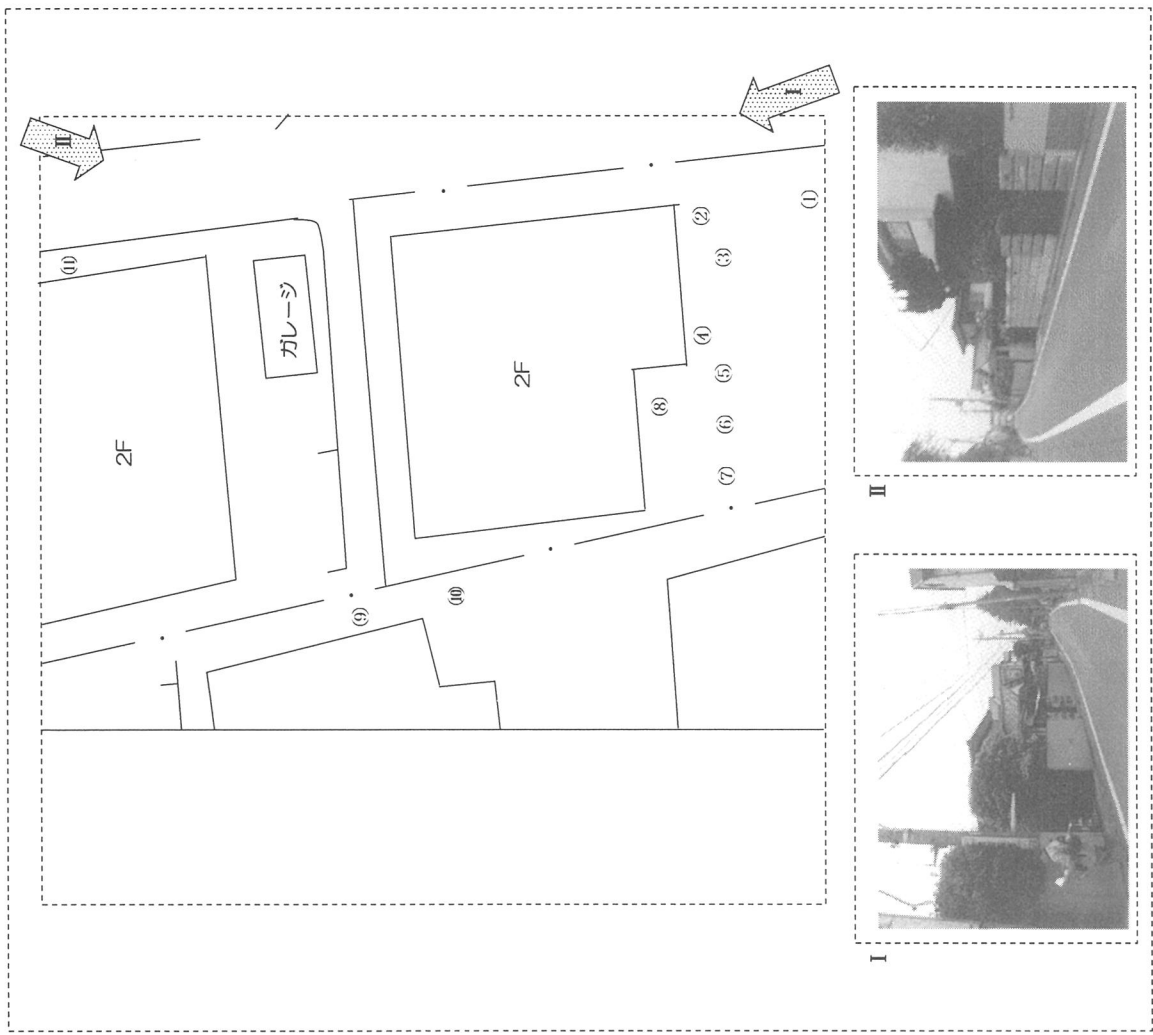
No.	1 1	調査者	柴田、今井				
場所	練馬区石神井町6丁目						
概要	地形	平坦地					
	緑被率	17.4%					
	樹木本数	9本					
	樹木種別	常緑樹 落葉樹 混交林 <u>里木</u>					
	主要構成樹種	サザンカ					
	平均樹高	1.6m	平均胸高直径	17.2cm			
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝振り	備考
	1	常・落・単	カシ	3m	20cm	6m	目測
	2	常・落・単	キンモクセイ	1m	15cm	3m	目測
	3	常・落・単	サザンカ	1.5m	20cm	2m	目測
	4	常・落・単	サザンカ	2m	30cm	3m	目測
	5	常・落・単	シユロ	50cm	15cm	2m	目測
	6	常・落・単	キンモクセイ	1m	10cm	3m	目測
	7	常・落・単	サルスベリ	2m	10cm	2m	目測
	8	常・落・単	サザンカ	2m	30cm	3m	目測
	9	常・落・単	カエデ	1m	5cm	2m	目測
	10	常・落・単					
	11	常・落・単					
	12	常・落・単					
	13	常・落・単					
	14	常・落・単					
	15	常・落・単					
	16	常・落・単					
	17	常・落・単					
	18	常・落・単					
	19	常・落・単					
	20	常・落・単					
	21	常・落・単					
	22	常・落・単					
	23	常・落・単					
	24	常・落・単					
	25	常・落・単					
	26	常・落・単					
	27	常・落・単					
	28	常・落・単					
	29	常・落・単					
	30	常・落・単					



現地調査票

調査地点名 密集市街地

No.	1 2	調査者	柴田、今井				
場所	練馬区下石神井3丁目						
概要	平坦地						
	緑被率	13.6%					
	樹木本数	11本					
	樹木種別	常緑樹 落葉樹 混交林 (単木)					
	主要構成樹種	カエデ、キンモクセイ					
	平均樹高	2.0m	平均胸高直径 10.9cm				
詳細	No.	樹木種別	樹種	樹高	胸高直径	枝張り	備考
	1	常・落・単	キンモクセイ	1.5m	10cm	2m	目測
	2	常・落・単	キンモクセイ	2m	10cm	2m	目測
	3	常・落・単	ナンテン	1.5m	10cm	2m	目測
	4	常・落・単	カエデ	2m	10cm	2m	目測
	5	常・落・単	カエデ	2m	5cm	2m	目測
	6	常・落・単	サクラ	3m	15cm	2m	目測
	7	常・落・単	マツ	1.5m	10cm	2m	目測
	8	常・落・単	ウメ	3m	10cm	2m	目測
	9	常・落・単	カエデ	1.5m	20cm	4m	目測
	10	常・落・単	キンモクセイ	2m	10cm	3m	目測
	11	常・落・単	マツ	1.5m	10cm	3m	目測
	12	常・落・単					
	13	常・落・単					
	14	常・落・単					
	15	常・落・単					
	16	常・落・単					
	17	常・落・単					
	18	常・落・単					
	19	常・落・単					
	20	常・落・単					
	21	常・落・単					
	22	常・落・単					
	23	常・落・単					
	24	常・落・単					
	25	常・落・単					
	26	常・落・単					
	27	常・落・単					
	28	常・落・単					
	29	常・落・単					
	30	常・落・単					



資料編 3

「練馬区みどりの実態調査の調査手法」

本調査で使用した既往調査資料である「練馬区みどりの実態調査」の調査手法について以下に記す。

本調査で使用した「練馬区みどりの実態調査」は平成3年（1991年）と平成8年（1996年）の2時期であるが、いずれも航空写真判読によって緑被の抽出および面積集計が行われている。この手法はいずれも、東京都環境保全局「緑被率標準調査マニュアル」（昭和63年）に準拠している。

「緑被率標準調査マニュアル」による緑被の考え方を図資-1に示す。

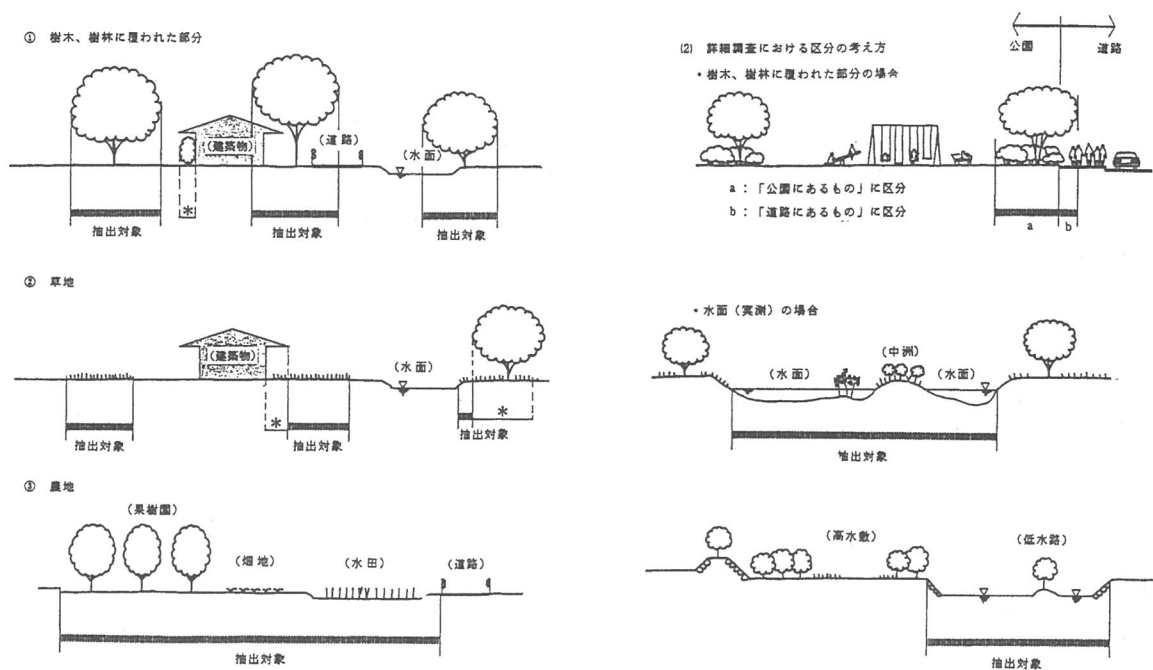


図-1 緑被地の考え方

(凡例) *：抽出の対象とならない緑被地

- (注)
- 1) 農地は、端境期などで作物が栽培されてなくても農地とする。
 - 2) 水面や、中洲にある植物群落は、水面とみなす。また、河川の低水路内は、その現状が緑被地や裸地であっても、水面とする。
 - 3) 造成地の雑草などのように、担保性の高いものについては、緑被地として取り扱わない。
 - 4) 屋上緑化（屋上庭園など）については、抽出の対象とする。ただし、プランターのように簡単に移動できるものは対象としない。

出典：東京都環境保全局「緑被率標準調査マニュアル」

図資-1 緑被の考え方

次に、平成3年度調査、平成8年度調査で使用した航空写真の諸元と緑被の抽出単位について表資-1、表資-2にまとめた。

表 資－1 平成3年度（1991年）調査の手法

航空写真の諸元	縮尺	1/5000
	撮影年月日	平成3年11月4日
	撮影コース数	10コース
	撮影枚数	189枚
	使用フィルム	赤外カラーフィルム
緑被抽出手法	図化手法	1/2500 地形図に移写
	抽出最小単位	10m ²
	面積集計手法	スキャナ入力によるデジタル処理

表 資－2 平成8年度（1996年）調査の手法

航空写真の諸元	縮尺	1/5000
	撮影年月日	平成8年6月5日・20日
	撮影コース数	10コース
	撮影枚数	234枚
	使用フィルム	天然カラーフィルム
緑被抽出手法	図化手法	1/2500 地形図に移写
	抽出最小単位	10m ²
	面積集計手法	

参考文献

- 1) 日本リモートセンシング研究会 編：改訂版 図解リモートセンシング、2001
- 2) 長谷川 均：リモートセンシングデータ解析の基礎、古今書院、pp.81、1998
- 3) 日本リモートセンシング研究会：画像の処理と解析、共立出版(株)、pp.168、1981
- 4) 日本スペースイメージング株式会社 HP：
<http://www.spaceimaging.co.jp/seihin/seihin1.html>
- 5) 東京都環境保全局：緑被率標準調査マニュアル、1988
- 6) 練馬区：平成3年度 練馬区みどりの実態調査 報告書、1991
- 7) 練馬区：平成8年度 練馬区みどりの実態調査 報告書、1996
- 8) 日本リモートセンシング研究会 編：図解リモートセンシング、1992
- 9) IPCC：Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories、1996

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
NO. 68 March 2003

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
