

高分解能リモートセンシング画像の領域分割による林分情報抽出に関する研究

環境リモートセンシング研究室 相場 映希
指導教員 力丸 厚

1 研究背景および目的

京都議定書が発効されて以来、国内外で森林資源情報の把握が急務となっている。しかし、我が国の林業は外材の輸入による価格低迷から収益性が低下し、経営が困難な状況である。手入れ・保全のなされない施業放棄林が増えており、林業技術者の減少や高齢化が問題とされている現状では、実測による森林資源情報の把握はほぼ不可能である。そこで、リモートセンシング技術を利用した森林資源量把握手法が各種提案されている。近年、1m×1m以下の高い分解能を持つ高分解能画像が登場し、目視で単木ごとの識別が可能ほど技術が向上している。しかし、森林資源量把握手法は従来の低分解能画像におけるミクセルを考慮した平均輝度値を用いた手法が主流であり、ピュアピクセルを有する高分解能画像を十分に活かされていないのが現状である。

本研究は、高分解能空中写真画像から、独立して立木している単木樹冠、単木樹冠が隣接している林冠、林冠内の単木領域を半自動で抽出することを目的としている(図 1 参照)。従来のスペクトル情報のみの分類手法ではなく、樹木領域の空間的スケール、輪郭、類似性に着目した 3 種類の領域分割手法によって樹木-非樹木領域の分割を行い、さらに形状特徴解析を組み合わせることで、より実態に近い樹木領域の抽出を検討した。

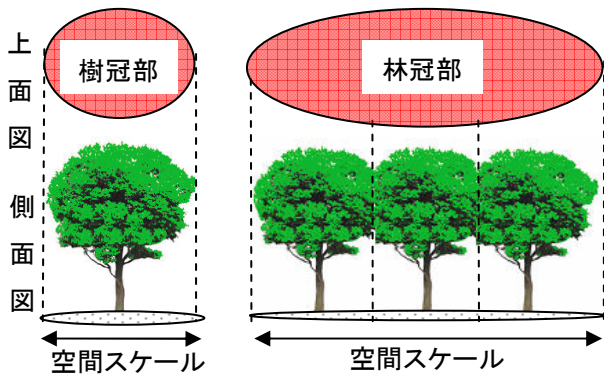


図 1. 単木樹冠と林冠

2 解析諸元

東京都練馬区光が丘地区を 2002 年 8 月 31 日に撮影した分解能 50cm と 1m の空中写真画像を用いて、樹木の領域分割を検討した。分解能 1m は、空中写真よりも汎用性のある IKONOS 等の高分解能衛星画像においても、本研究の手法が適用可能か検討するために用意した。

テストエリアを図 2 に示す。図 2 中のエリア A は独立して立木している梅の単木の抽出、エリア B は広葉樹の林冠の抽出と、林冠内の単木を個々に抽出することを目的としている。



3 研究方法

全体の流れとして、まず分解能 50cm と 1m の空中写真を領域分割手法によって樹木領域候補を抽出した。次に抽出された樹木領域候補に形状特徴量解析を実施することで単木樹冠と林冠の絞込みを行った。平行して、現地調査を実施し、分解能 10cm の空中写真から目視判読により単木樹冠と林冠のポリゴンデータを作成し、検証用データを作成した。

検証方法は、単木が認識されているかどうかの判定と、抽出された樹木領域の形状がどのくらい合致しているかの二段構成となっている。研究の全体像のフローチャートを図 3 に示す。

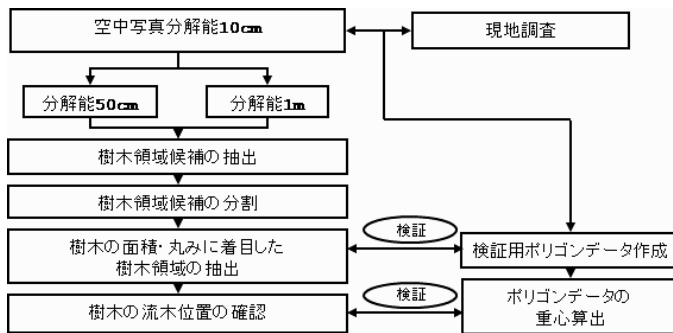


図 3. 研究の全体像

3.1 樹木領域候補の抽出

本研究では、まず植生と相関性の高い植生指標 (NDVI : Normalized Difference Vegetation Index) と、陰影指標 (SI : Shadow Index) と、近赤外バンドにレンジフィルタをかけた 3 指標を算出し、マルチレベルスライス手法によって樹木-非樹木領域の絞込みを行った。これは、樹木の領域分割の解析向上を目的としており、NDVI は(1)式によって、SI は(2)式によって算出した。ここで、Nir は近赤外バンド、Red は赤色バンド、Green は緑色バンド、Blue は青色バンドを示している。

$$NDVI = \frac{(Nir - Red)}{(Nir + Red)} \times 100 + 100 \quad (1)$$

$$SI = 3\sqrt{(256 - Red) \times (256 - Green) \times (256 - Blu)} \quad (2)$$

3.2 樹木領域候補の分割

本研究では①ゼロ交差法、②領域拡張法、③分水界法の 3 手法と、さらにこれら 3 手法の結果に④形状特徴量解析を組み合わせることで実態に近い樹木領域の抽出を検討した。

① ゼロ交差法

ゼロ交差法とは、ゼロ交差点を検出し、隣接する画素間の輪郭を追跡していき領域分割を行う方法である。ゼロ交差点とは画像中のエッジ部分に相当する部分であり、樹木の輪郭がそれに当たる。

② 領域拡張法

領域拡張法は、画像を任意の微小領域に分解し、それに隣接する領域が互いに同じ特徴を持つとき、1つの領域に統合する処理を順次実行し、目

的とする領域を抽出する方法である。

③ 分水界法

分水界法は、まず樹木の梢端(樹冠の頂点)を探索し、輝度値の勾配に沿って周囲の領域を形成する手法である。輝度値の勾配は隣接する画素間との境界値を設定することで決定される。

④ 形状特徴量解析

上記 3 手法によって分割された領域に対し、森林と相関性のある形状特徴量(森林面積、真円度)に基づき、森林領域の絞込みを行う手法である。

4 解析結果

3 手法のうち、領域拡張法と分水界法は、樹木領域の分割が目視により認められた。これら 2 手法の結果に、実測の樹木領域の形状特徴を基にして樹木領域の絞込みを実施した。領域拡張法と形状特徴量解析の組み合わせ結果を図 4 に示し、分水界法と形状特徴量解析の組み合わせ結果を図 5 に示す。領域拡張法によりエリア B の林冠内の単木領域を抽出した結果のみ、樹木-非樹木領域の形状特徴が類似していたために絞込みが行えなかったが、それ以外の結果では、非樹木領域の除去が行われた。

5 検証方法

領域分割手法と形状特徴量解析の組み合わせによって、得られた樹木領域から分布面積と立木位置の特定を行った。これらは着目している内容が質的に違うために評価方法も一義的に決定されない。そこで検証方法は、合致率と認識率の 2 つの観点から実施した。

合致率とは、領域分割手法と形状特徴量解析を組み合わせた樹木領域の抽出結果と検証用データをラスタ化し、(3)式によって双方の重なり合っている領域面積をテストエリア内の全画素数で乗じることで算出した。合致率算出のための正答テーブルを表 1 に示す。

樹木の立木位置の検証は、領域分割手法と形状特徴量解析を組み合わせた樹木領域の抽出結果から領域の重心点を求め、得られた重心点が、検証用

データの樹冠内に存在し、かつ検証用データの重心点が解析結果で得られた樹冠内に存在した場合、認識が成功されたと仮定し、(4)式より認識率を算出することで評価した。認識率の正答テーブルを表 2 に示す。

表 1. 合致率算出の正答テーブル

		解析結果	
		樹木領域	非樹木領域
目視判読結果	樹木領域	A	C
	非樹木領域	B	D

$$\text{合致率(\%)} = \frac{A+D}{A+B+C+D} \times 100 \quad (3)$$

表 2. 認識率算出の正答テーブル

		解析結果	
		樹木領域	非樹木領域
目視判読結果	樹木と判定	A	C
	非樹木と判定	B	

$$\text{認識率(\%)} = \frac{A}{A+B+C} \times 100 \quad (4)$$

5. 検証結果とまとめ

解析結果と検証用データの合致画像を図 6 に示し、算出した合致率の結果を表 3 に示す。解析結果と検証用データの樹木領域と重心の位置を双方で対峙させて重ね合わせた画像を図 7 に示し、算出した認識率の結果を表 4 に示す。

エリア A の独立して立木している単木樹冠を抽出した結果、表 3 の合致率の算出結果を見ると、領域拡張法、分水界法ともに形状特徴量解析を組み合わせることで、目視判読結果と約 9 割の合致率が得られた。また、同エリアで表 4 の認識率の算出結果を見ると、領域拡張法で約 5 割、分水界法

で約 6 割の認識率となった。

エリア B で林冠領域を抽出した結果、領域拡張法、分水界法ともに形状特徴量解析を組み合わせることで約 9 割の合致率となった。林冠内の単木認識率は、表 4 を見ると分解能 50cm の画像に分水界法を適用した結果で約 6 割となった。しかし、図 5 に示した解析結果を見ると必ずしも単木ごとに領域分割しているとは言えず、今回の手法による結果では林冠内の単木ごとの認識がとられていない結果となった。

今回の結果で最も樹木領域を抽出するのに最適な結果が得られたのは分水界法と形状特徴量解析を組み合わせた結果である。特に分水界法は分解能 1m の画像においても分解能 50cm の画像の解析結果と同様な傾向が得られ、空中写真よりも汎用性のある IKONOS 画像等からの樹木領域抽出可能性が示唆された。また、空間スケールや抽出したい形状のパラメータは樹木の樹冠直径の実測値を参考に設定することで半自動的に樹木領域抽出が可能となり、高分解能リモートセンシングが画像による資源量把握の効率化に繋がることが示唆された。

表 3 合致率の算出結果

	合致率(\%)					
	エリア A		エリア B			
	50cm	1m	50cm	1m	50cm	1m
対象	単木	単木	単木	林冠	単木	林冠
領域拡張法	92.0	92.1	—	95.5	—	93.2
分水界法	92.5	93.4	82.9	96.3	87.4	95.7

表 4 認識率の算出結果

	認識率(\%)			
	エリア A		エリア B	
	50cm	1m	50cm	1m
領域拡張法	48.6	19.2	—	
分水界法	59.1	62.0	60.0	33.3

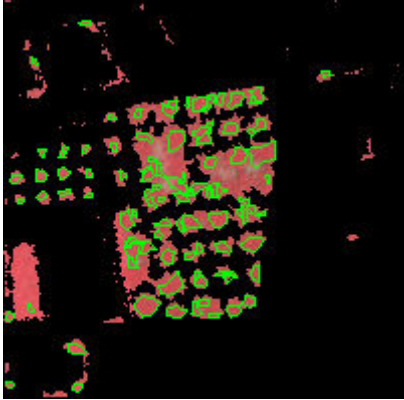
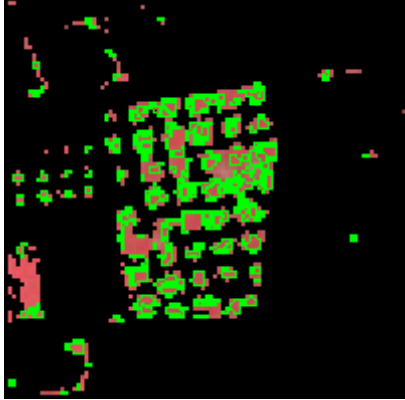
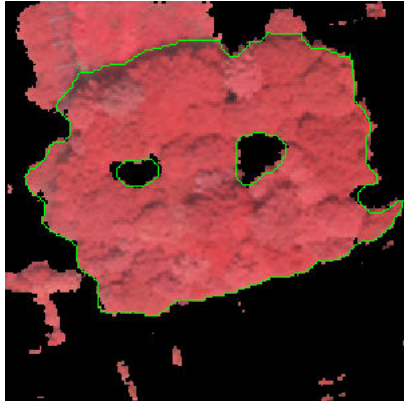
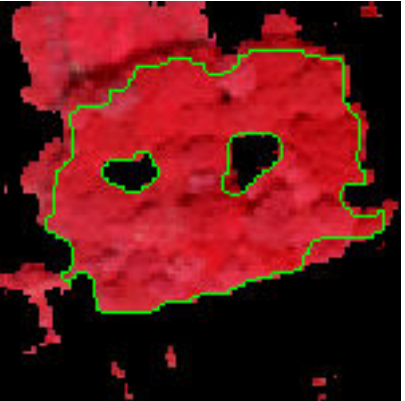
対象		分解能	
		50cm	1m
エリアA	単木樹冠	 <p>3×3 許容値2 面積：2.95～33.75m² 真円度：0.46～1 の条件で絞り込み</p>	 <p>3×3 許容値2 面積：2.7～13.5m² の条件で絞り込み</p>
		 <p>9×9 許容値5 面積：4410m²以下除去</p>	 <p>7×7 許容値4 面積：3735m²以下除去</p>

図4 領域拡張法と形状特徴量解析の組み合わせ結果

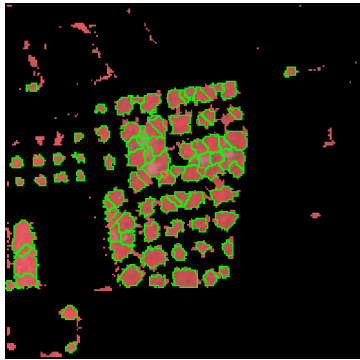
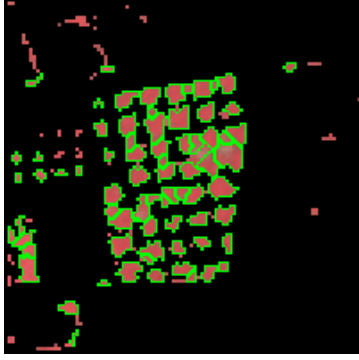
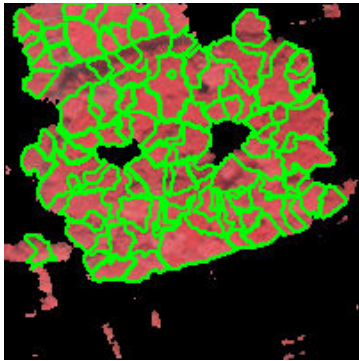
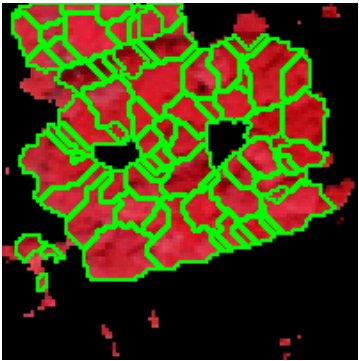
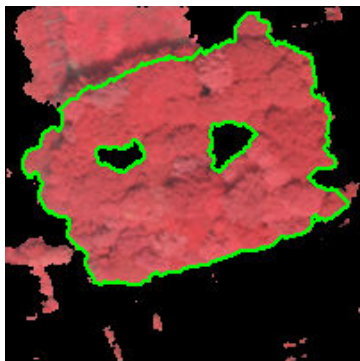

対象		分解能	
		50cm	1m
エリア A	単木樹冠	 <p>11×11 境界値1 面積：5.3～42m² 真円度：0.496_1</p>	 <p>5×5 境界値1 面積：6.59～54m² 真円度：0.55_1</p>
	単木樹冠	 <p>19×19 境界値2 面積：25～190m² 真円度：0.148～0.91</p>	 <p>11×11 境界値1 面積：10.9～254m² 真円度：0.23～0.836</p>
エリア B	林冠	 <p>19×19 境界値13 面積4209.5m²以下除去</p>	 <p>11×11 境界値18 面積4388m²以下除去</p>

図 5 分水界法と形状特徴量解析の組み合わせ結果

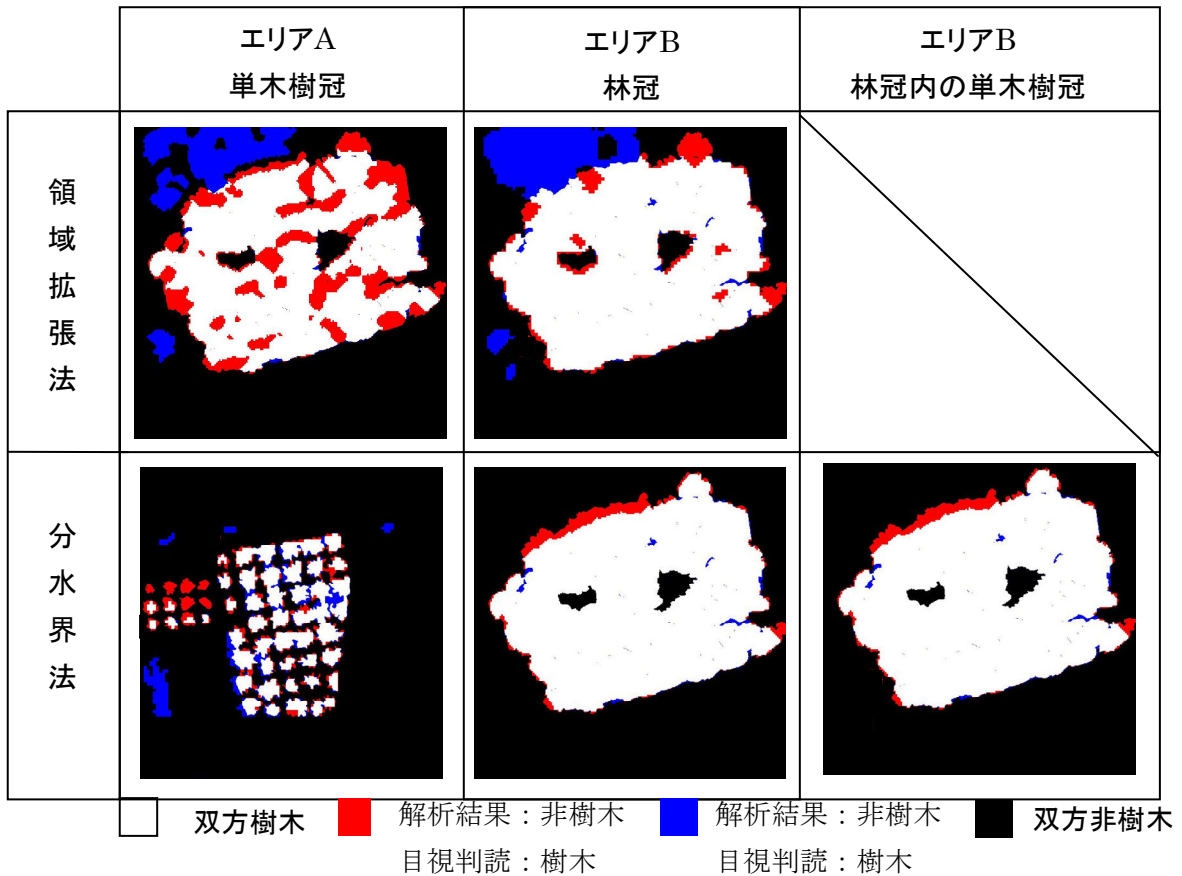


図 6 解析結果と目視判読の合致画像

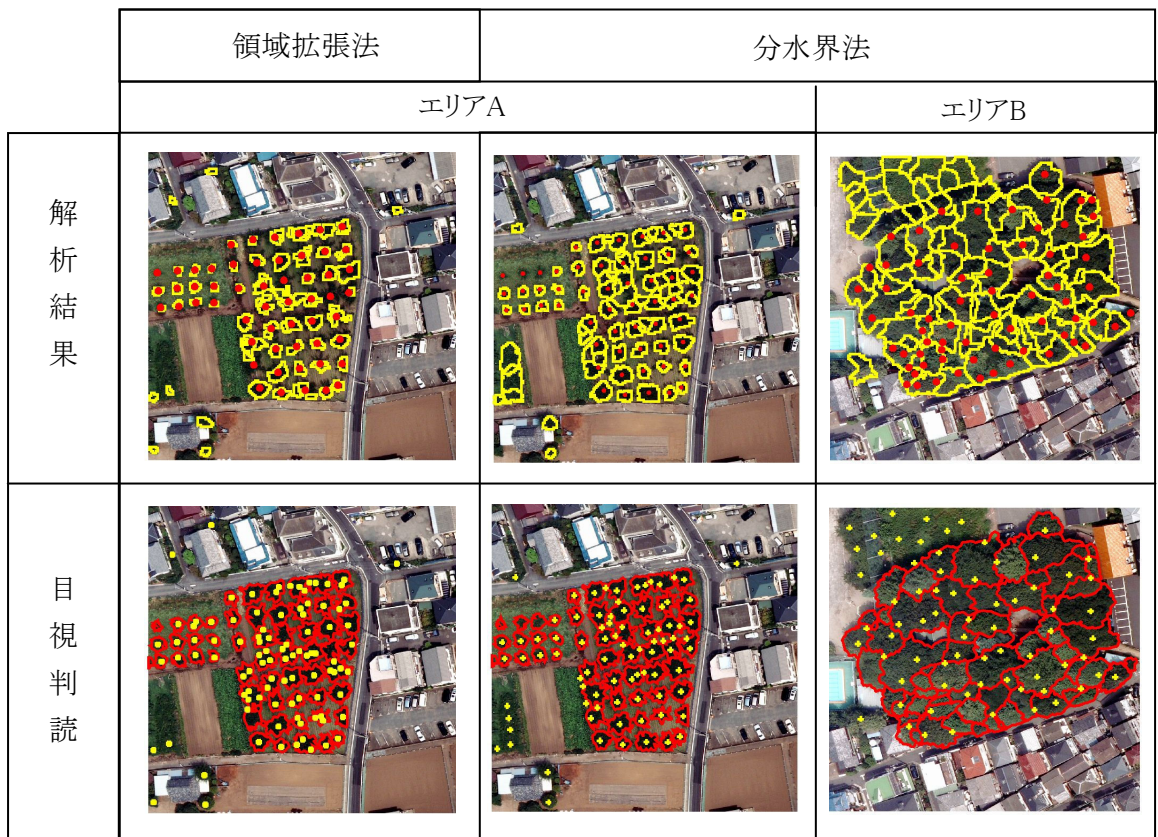


図 7. 解析結果と目視判読の立木位置の認識画像