

幾何的テクスチャ特徴を用いた空中写真からの市街地抽出技術

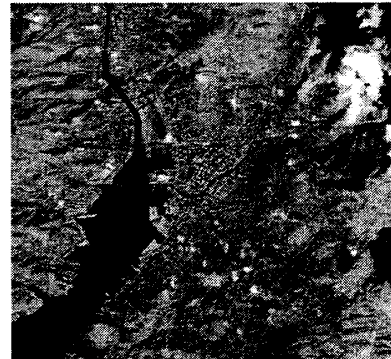
Urban Area Extraction Based on Geometrical Texture Features in Aerial Images

I-81

杵淵 哲也† 鈴木 章† 塩 昭夫* 有川 知彦†
Tetsuya Kinebuchi Akira Suzuki Akio Shio Tomohiko Arikawa

1. はじめに

人工衛星や航空機など上空から撮影した空中写真画像中から、市街地特有の幾何的テクスチャ特徴に着目することにより市街地領域を自動的に抽出する方法を提案する。空中写真から作製される土地被覆分類図は、都市計画や防災計画など広い分野で用いられている。従来、主にマルチスペクトル特徴に着目したりリモートセンシング技術により、空中写真から田畑や森林領域の自動抽出が行われていた[1]。しかし市街地領域の高精度な自動抽出は困難であり、抽出は主に人手作業により行われていた。本研究では市街地特有の幾何的テクスチャ特徴に着目し、これとマルチスペクトル特徴を併用することで高精度に市街地領域を自動抽出する技術を提案する。本技術で抽出される市街地領域を従来技術で抽出できる田畑など他の領域と組み合わせることにより、低コストでの土地被覆分類図の作製が可能となる。



©JSI

図1 IKONOS衛星写真(長崎市)

2. 市街地領域抽出方法

本研究では市街地領域を人工建造物が存在する領域と定義し、幾何的テクスチャ特徴とマルチスペクトル特徴を併用することにより市街地領域を高精度で自動抽出する。マルチスペクトル特徴は誤抽出されやすい森林領域の補正に使用する。空中写真の例として人工衛星 IKONOS で撮影したパングロマトリックの衛星写真(5km 四方)を図1に示す。

全体的な処理フローを図2に示す。入力画像は解像度 1m/pixel 程度の高分解能パングロマトリック画像(以下 P 画像)と、同一地点を撮影した解像度 4m/pixel 程度の可視光赤色画像(以下 R 画像)および近赤外線画像(以下 NIR 画像)である。これらの3枚の画像に対して輝度変換などの前処理を施した後、各特徴量にもとづき人工建造物領域および森林領域を抽出する。抽出されたこれらの領域を統合し、最終的な市街地領域を出力する。

2.1 幾何的テクスチャ特徴

市街地領域を安定的に抽出するため、市街地特有の幾何的テクスチャ特徴

- ・エッジパワーが大きい
- ・エッジ方向が直交する傾向が強い

に着目し、この特徴を定量的に表わす特徴量を建造物のサイズに応じ2種類考案した。市街地を構成する建造物はある程度の高さを持つため近傍に影が発生し、市街地領域は輝度コントラストが強く、エッジパワーの大きい領域となる。また、人工建造物は90°の頂点を持つ直方体を基本とし、さらに各建造物は同じ方向を向いて並ぶことが多いため、市街地領域でのエッジの方向は直交する傾向が強い。

また、人工建造物はサイズの変動が大きく、例えば一般

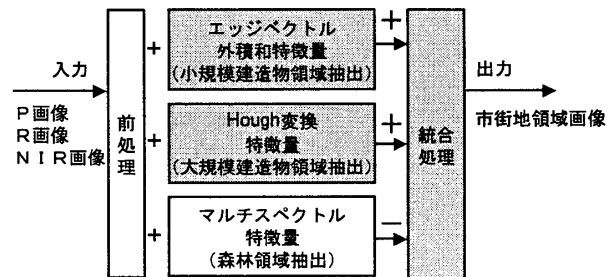


図2 市街地領域抽出処理フロー

的な家屋と工場ではそのサイズが大きく異なる。したがって1種類の特徴量で両者に対応するのは困難である。そこで建造物サイズに応じた2種類の特徴量

- ・エッジベクトル外積和特徴量(小規模建造物領域の抽出用)

- ・Hough変換特徴量(大規模建造物領域の抽出用)

を考案し、建造物サイズに応じて使い分けることとする。

幾何的テクスチャ特徴の取得と、これにもとづく市街地領域抽出処理では、解像度の高いP画像を用いる。

(1) エッジベクトル外積和特徴量

エッジベクトル外積和特徴量は、家屋など小規模建造物により構成される領域の抽出に有効な特徴量である。この特徴量の算出方法を以下に示す。

[step1]画像中の全画素においてエッジベクトルを取得する。エッジベクトルは横方向(以下X方向)および縦方向(以下Y方向)の2成分を持つ2次元ベクトルであり、隣接する左右上下の画素の輝度値を差分することにより算出する。

[step2]任意の画素を中心とする適当な大きさの局所ブロック内において、2つのエッジベクトルの組み合わせすべてについてベクトル外積の絶対値を計算し、その合計値を中心画素の特徴量とする。ベクトル外積の絶対値は、

$$|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \sin \theta$$

と表わされるため(\mathbf{a} , \mathbf{b} はそれぞれベクトル)、この合計値はエッジベクトルのパワーが大きく、かつ直交している

†日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所
NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation

*現在、エヌ・ティ・ティ アイティ株式会社

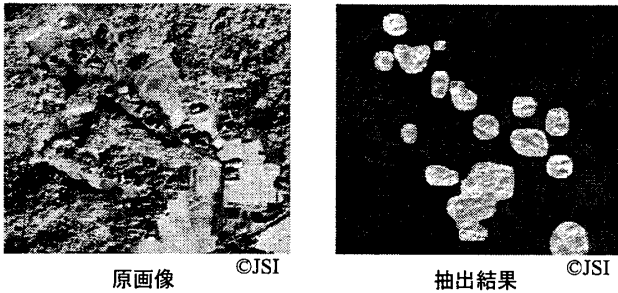


図3 エッジベクトル外積和特徴による抽出結果
(抽出結果は原画像に重畳して表示)

傾向が強いブロックほど大きな値をとる。したがって市街地領域ではこの合計値は大きな値として算出され、道路などエッジパワーは大きいエッジ方向が直交しない領域では小さな値をとる。局所ブロックの大きさは入力画像の解像度に依存する。

[step3] 着目画素を1画素ずつずらしながら順次 step1 と step2 を繰り返し、全画素に対して特徴量を算出する。

図3に、エッジベクトル外積和特徴量にもとづいて抽出した市街地領域(白い部分)を示す。

(2) Hough 変換特徴量

Hough 変換特徴量は、Hough 変換の多数決原理を導入することにより、微小ノイズに対するロバスト性が高く、工場などある程度の大きさを持つ大規模建造物により構成される領域の抽出に適した特徴量である。この特徴量の算出方法を以下に示す。

[step1] 入力画像を適当な大きさのブロックに分割し、各ブロックにおいてエッジ接線のパラメータを Hough 変換処理する。Hough 変換するエッジ接線パラメータは接線の法線ベクトル角度 θ を用いる(図4)。エッジベクトル外積和特徴量算出時に取得する2次元エッジベクトルからこのパラメータは簡単に求めることができる。また、投票する値は着目画素のエッジベクトルのパワーとする。以上の処理によって工場などの領域では、 90° 間隔を持つ2つの投票数のピークが投票空間に発生することとなる。ブロックの大きさは入力画像の解像度に依存する。

[step2] 着目ブロックをひとつずつずらしながら step1 を繰り返し、全ブロックについて処理を行う。

図5に、Hough 変換特徴量にもとづいて抽出した市街地領域を示す。投票空間に 90° 間隔の2つのピークが検出され市街地領域と判定したブロックを白く表示した。

2.2 マルチスペクトル特徴

R 画像と NIR 画像の輝度値の演算から求めることができるマルチスペクトル特徴量は、森林領域の抽出に有効な特徴量である。本研究では正規化植生指標[1]にもとづいて森林領域を抽出した。

2.3 統合処理

エッジベクトル外積和特徴量により抽出される小規模建造物領域と、Hough 変換特徴量により抽出される大規模建造物領域を足し合わせ、そこからマルチスペクトル特徴量により抽出される森林領域を差し引くことにより、最終的な市街地領域を得る。

3. 処理結果例

図1で示した衛星写真を処理対象とした市街地領域抽出結果を図6に示す。白く表示した部分が抽出領域である。

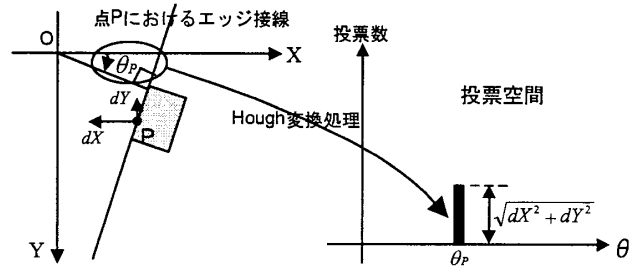


図4 Hough変換特徴量算出方法

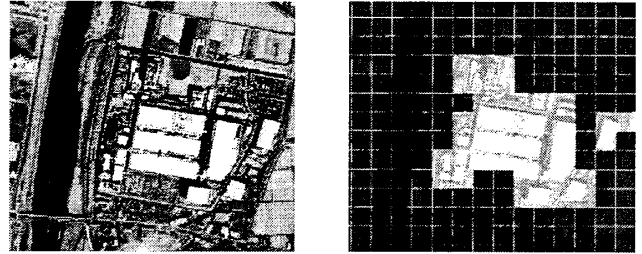


図5 Hough変換特徴量による抽出結果
(抽出結果は原画像に重畳して表示)

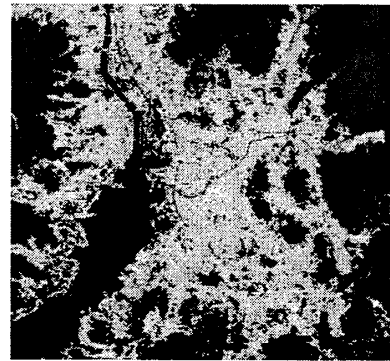


図6 市街地抽出結果
(抽出結果は原画像に重畳して表示)

市街地領域がほぼ正しく抽出されていることが分かる。3ヶ所の衛星写真を用いて市街地領域抽出を行い、この結果と人手による抽出領域を比較したところ、面積比で約90%の一致率が得られた。

処理速度は人手で領域抽出を行う場合と比較して1/50程度に短縮される。

4. まとめ

上空から撮影した空中写真から市街地領域を自動抽出する方法を提案した。市街地特有の幾何的テクスチャ特徴(エッジのパワー+エッジ方向の直交性)に着目し、さらにリモートセンシングの分野で実績のあるマルチスペクトル特徴を併用することにより、森林や道路などの誤検出を抑制し、精度の高い市街地領域抽出が可能である。3ヶ所の衛星写真を用いた評価の結果、約90%の抽出率を得ることができ、市街地領域抽出作業の効率化が図れることが分かった。

参考文献

[1] 日本リモートセンシング研究会, 図解リモートセンシング, 日本測量協会, 1992.