

空中写真を用いたオブジェクト指向の建物被害抽出手法の検討

Building Detections by Aerial Images in Urban Areas using Object-based Approaches

10TM0306 王 文君
Wen Jun Wang

指導教員 山崎 文雄

SYNOPSIS

Aerial images are used for rapid disaster responses and recovery actions because these can capture wide areas with high qualities. They are also utilized for urban and national land use planning by observing the wide areas cyclically. Current procedures for building detections in urban areas are mainly based on the visual interpretation or pixel-oriented approaches. It is also recognized that the object-oriented image analysis is effective for high quality images. This study investigates the building detections in urban areas using aerial images by combining the pixel-based and object-oriented methods. Improvements of detection accuracies are discussed regarding the combination of those methods. As a result, the characterization of urban areas is discussed by processing the building information such as direction and shape, which will be utilized for damage evaluates for urban areas.

1. はじめに

航空機から地表を撮影する空中写真は、高解像度の画像を広範囲で提供でき、緊急対応や災害復旧において効果的に利用されている。また、国土地理院や航空測量会社がデジタル航空測量カメラ等により国土を周期的に撮影することで、都市計画や国土計画に利用されている。このように、空中写真は有効なデータを大量に提供でき、機動性や即時性も優れている特徴がある。例えば、衛星画像を用いた地震による建物被害把握に関し、胡内ら¹⁾は2時期のQuickBird衛星画像を用いて2003年アルジェリア地震に対する建物被害の目視判読を行った。同様に、松崎ら²⁾は2007年ペルー・ピスコ地震に対して約10,800区画の建物被害把握を行った。

しかし高解像度画像を用いた従来の建物被害抽出法は、主に建物1棟ごとの目視判読や、ピクセル単位で事前・事後の画像を比較処理するため、対象地域が広範囲におよぶと時間がかかる。またピクセル単位での事前・事後の画像比較は、画像の撮影角度が異なると位置合わせが困難になり、広範囲への適用が難しくなる。一方、空中写真などの高解像度画像では、ピクセル単位の情報処理だけでなく、形状や空間情報に関するオブジェクト指向の情報処理も、精度よく利用できることが知られており、建物抽出や建物被害検出の自動判読にも成果が上がる³⁾ことが期待されている。

本研究では空中写真のスペクトル情報から、ピクセル分類とオブジェクト指向分類の異なる画像処理法を利用して、市街地の建物抽出を行う。その検出精度を評価し、異なる情報処理法を組み合わせることによる効果を検討する。また抽出結果より、方向や建物形状など、オブジェクト指向の建物情報を整理し、住宅地および被災地の地域特性や被災程度を特徴づける手法を検討する。

2. 対象地域

図1に2011年3月17日に千葉県への委託で京葉測量株

式会社がUltraCamXp WA型デジタル航空カメラで撮影した航空写真を示す。地上解像度は25cmである。図2(a)は千葉県浦安市鉄鋼通り付近、図2(b)は千葉市美浜区検見川浜駅付近の写真である。図より限られた地域に住宅地区、団地地区や工場地区が混在していることが分かる。これらの画像をもとに、図3(a), (b), (c)に住宅地区、団地地区、工場地区の画像を切り出した。図より、それぞれの地区で建物の大きさ、形、配置に異なる特徴があることが分かる。これらの画像をもとに、異なるエリアの建物抽出方法を検討する。

3. 建物抽出方法について

図4に建物抽出法の流れを示す。まず画像をオブジェクト単位に分割するセグメンテーションを行う。次に分割されたオブジェクトに対して、過剰な分割問題を解決するためにマーキングを行う。最後に生成されたオブジェクトに対し、スペクトル情報にもとづく正規化植物指数(NDVI)や平均輝度、また形状属性にもとづく面積、延長率を用い、建物抽出を行う。

3.1 セグメンテーション

セグメンテーションを行なうにあたり、Scale Levelというパラメータを設定する。このパラメータによりオブジェクトの大きさを決定し、値が大きいほど小さくオブジェクト単位に分割する。次にマーキングを行う。マーキングではMerge Levelというパラメータを設定し、セグメンテーションによって分割されたオブジェクトを結合する。値が大きいほど広い近隣の範囲で同じ特性を持つオブジェクトを結合する。1つのオブジェクトを効率よく抽出するため、これらのパラメータの組み合わせを検討した。

図5にセグメンテーションとマーキングの適用例を示す。図5(a)には団地のほか、駐輪所、植生、道路、裸地、車が確認される。図5(b)にセグメンテーションを行った

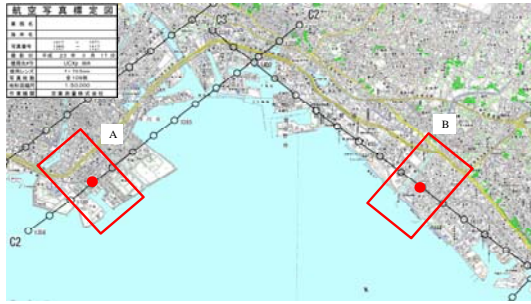
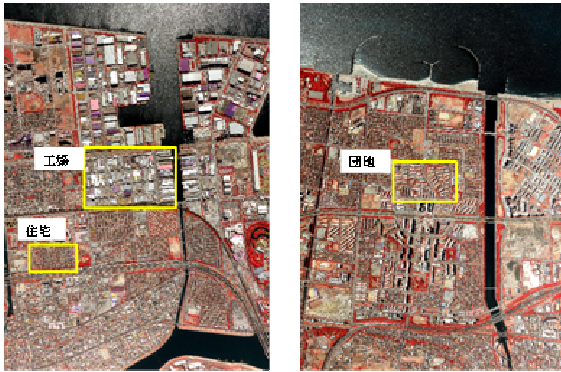


図1 使用するデジタル空中写真の撮影地域



(a) 浦安市鉄鋼通り (b) 千葉市美浜区検見川浜駅付近

図2 画像の撮影地域と切り出し範囲



(a) 住宅エリア



(b) 団地エリア



(c) 工場エリア

図3 異なるエリアの切り出した画像の拡大

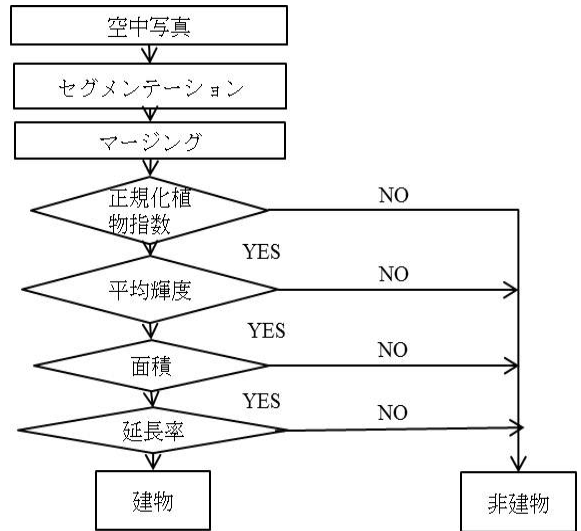
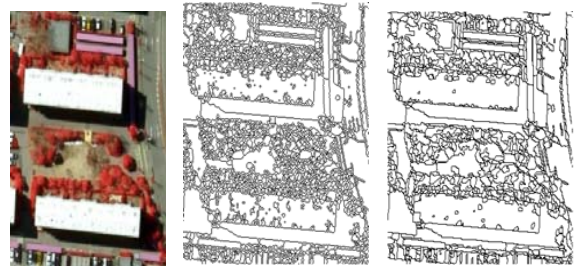


図4 オブジェクトベースの建物抽出の流れ



(a) (b) (c)

図5 セグメンテーションとマーキングの例

(a) 原画像, (b) セグメンテーション後の画像, (c) マーキング後の画像

後の画像を示す。適度なオブジェクト単位に分割しているが、団地は幾つかの細かなオブジェクトに分割されていることが分かる。図5(c)にマーキングを行った後の画像を示す。細かなオブジェクトに分割されていた団地が、1つのオブジェクトに結合されていることが分かる。本研究では Scale Level, Merge Level を10から100まで、10単位ごと増やすし、オブジェクトの分割程度を観察することで、それぞれの値を40と70に設定した。

3.2 オブジェクトの特徴量

分割されたオブジェクトには、スペクトル特性とオブジェクトの大きさや形状に関する特徴量がある。まずオブジェクトから、植物や影を取り除く目的で、スペクトル特性から得られる正規化植生指数(NDVI)と近赤外バンドの平均輝度を用いた。正規化植生指数(NDVI)とは植生分布状況や活性度を示す指標で、 $-1 \sim 1$ の範囲の値をとり、値が大きいほど植生が活性化している状態を表す。使用した画像の撮影条件はすべて同じなため、一定のNDVIの値を閾値として用いた。図6(a)に団地エリアのNDVIのヒストグラムを示す。この図より、0.3をNDVIの閾値として設定した。

次に影を取り除くため、オブジェクトの近赤外バンドの平均輝度のヒストグラムを用い、閾値を設定した。図6(b)に団地エリアの近赤外バンドから得られる輝度のヒストグラムを示す。この図より、ヒストグラムに建物とその影の2つの分布が現れることから、2つのピークの間値(DN=80)を影の閾値として設定した。

次にオブジェクトの形状特性として、建物面積を用い建物抽出を行った。図 6(c) に品川区の GIS データから得られた住宅エリアの建物面積のヒストグラムを示す。この図より、住宅エリアでは建物面積が主に 10 m² から 110 m² の間に分布していることが分かる。その結果、本研究で使用した画像の解像度は 0.25 m/pixel であるため、住宅エリアの建物面積の閾値を 200pixel ~ 2000pixel (12.5m² ~ 125m²) に設定した。さらに、団地と工場の建物面積は住宅面積を参考にし、建物抽出を何回か繰り返すことによって、団地エリアでは 4000pixel ~ 20000pixel (250m² ~ 1250m²)、工場エリアでは 4000pixel ~ 80000pixel (250m² ~ 5000m²) に設定した。

次にオブジェクトの形状特性として延長率を用い、建物抽出を行った。図 6(d) に延長率の定義を示す。延長率は地表物を囲んだボックスの最大直径と最小直径の比で決まる。そのため、生成されたオブジェクトが細長いほど延長率は大きくなる。道路などの地表物は建物より延長率が長いので、この閾値を用い取り除くことができる。閾値の値は、それぞれのエリアに対し、繰り返し検討することで設定した。また図 7 に示すように、住宅エリアでは屋根を分割して抽出した箇所があるため、再セグメンテーションを行い、隣接する小さいオブジェクトを結合させた。

3.3 誤抽出の除去と抽出精度

抽出結果を検討することで、主に 3 つの原因で誤抽出が起こっていることが分かった。1 つは道路が影に囲まれることにより、建物として誤抽出される場合。もう 1 つは、団地と工場は延長率が道路に近いので、道路を建物として誤抽出する場合。最後にスペクトルと形状情報が建物に近い裸地である。本研究では、抽出されたオブジェクトと周囲の影との距離から、建物の誤抽出を除去する方法を用いた。

図 8 に建物誤抽出除去法に用いた団地エリアの画像を示す。図 8(a) では団地と共に道路、裸地が誤抽出されていることが分かる。しかし団地は工場や住宅より、広い敷地に高い建物が建つ特徴があることから、図 8(a) から分かるようにはっきりと影が読み取れる。また、建物間の距離が長いので、一棟ごとに影が隣接している。したがって、建物と影の距離に数値誤差を考慮した閾値 3 を設定し、建物誤抽出を除去した。図 8(b) に誤抽出除去後の結果を示す。影を用いた誤抽出除去により精度があがっていることが分かる。

図 9(a) ~ (c) に異なる特性を持つ住宅エリア、団地エリア、工場エリアの建物抽出の結果を示す。特徴の異なるそれぞれのエリアに対し、精度よく建物が抽出されていることが分かる。表 1 に住宅エリア、団地エリア、工場エリアの建物抽出精度を示す。抽出精度の算出には Producer Accuracy (P.A.) と User Accuracy (U.A.) を用いた。P.A. とは、誤抽出の有無に関わらず、実際の建物をどれだけ抽出することができたかという抽出率を表す。U.A. は、自動抽出した建物のうち正しく抽出できた割合はどの程度かという正解率を表す。表から分かるように抽出精度は P.A., U.A. とともに、団地エリア、住宅エリア、工場エリアと精度がおちることが分かる。これは団地エリアでは建物誤抽出の除去が比較的容易であるのに対し、工場エリアでは難しいことと関係があると考えられる。

4. 建物情報をもとにした各エリアの特徴

抽出された建物に対して、方向角度や建物形状など、

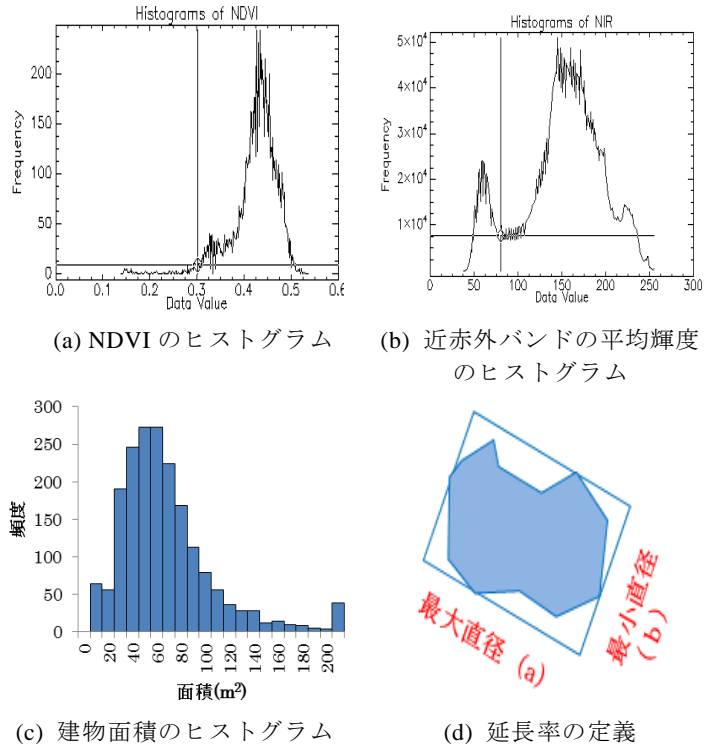


図 6 閾値で用いたパラメータのヒストグラムと延長率の定義



図 7 抽出されたオブジェクトの結合処理

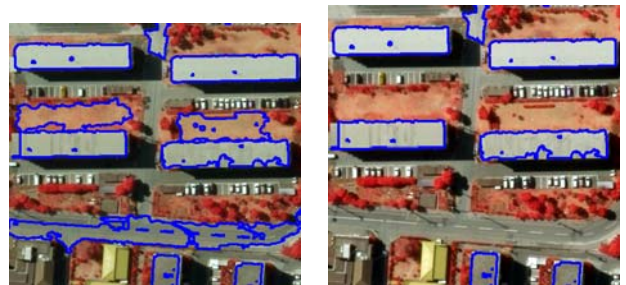
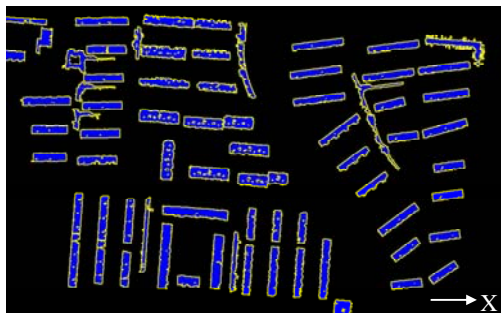


図 8 影を用いた誤抽出建物除去処理前後の比較

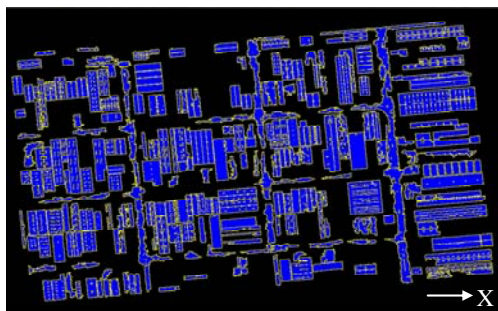
オブジェクト指向から得られる建物情報の整理を行った。図 10(a) ~ (c) に住宅エリア、団地エリア、工場エリアの建物方向角度のヒストグラムを示す。方向角度は、図 9 に示す X 軸から建物長軸方向への角度を右回りで定義した。住宅エリアと工場エリアの代表的な道路の方角はそれぞれ 86 (+90) 度で、団地の方角は 89 (+90) 度である。この図より、建物は道路の方向に垂直あるいは平行に立っていることが分かる。また住宅エリア (図 10(a)) は建物が密集して、延長率が小さいため、建物の方向角度の分布にバラつきがあることが分かる。一方、団地エリア (図 10(b)) では、比較的大きな道路が団地内を曲がって存在するため、建物角度が 10 (+90) 度と 150 度から 180 度の 2 つの分布に分かれていることが分かる。最後に工場エリア (図 10(c)) では、ほとんどの建物が 90 (+90) 度に分布し、道路に対し水平もしくは垂直に存在することが分かる。



(a) 住宅エリア



(b) 団地エリア



(c) 工場エリア

図9 異なるエリアの建物抽出の結果

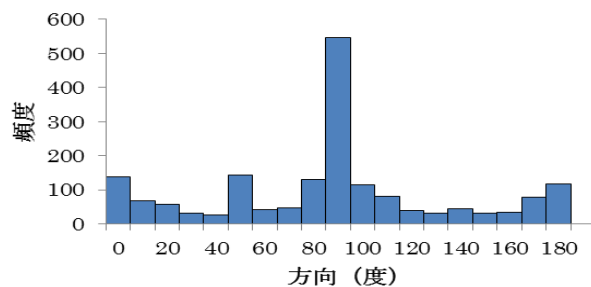
表1 異なるエリアの精度評価表(棟)

	Producer's Accuracy	User's Accuracy
住宅エリア	95.5%	75.8%
団地エリア	100%	78.4%
工場エリア	73.6%	70.9%

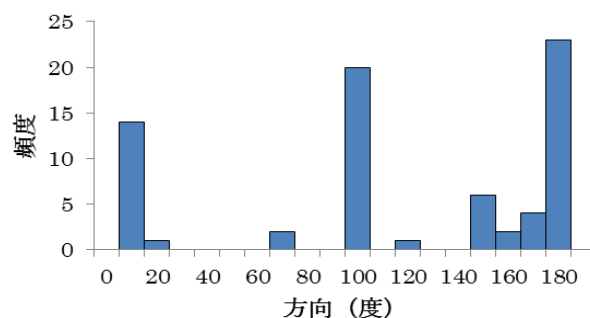
このようなオブジェクト指向から得られる建物情報の特徴は、都市を特徴づける指標として用いることが可能である。また地震などの災害時には、事前・事後の建物方向角度の変化量から、被害量を簡易に推定する方法を今後検討していく予定である。また建物面積や延長率を組み合わせることで、1棟の建物に対する被災程度の検出も検討する。

5. まとめ

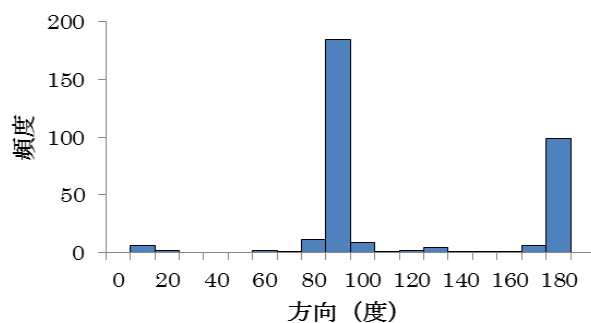
本研究では、千葉県浦安市、千葉市美浜区の空中写真をもとに、特徴の異なる住宅エリア、団地エリア、工場エリアで建物抽出を行なった。オブジェクト指向による画像解析手法から得られる形状情報とスペクトル情報を組み合わせ、それぞれの異なる地域に対し統一的な建物



(a) 住宅エリア



(b) 団地エリア



(c) 工場エリア

図10 抽出建物の長軸の方向

抽出を試みた。また建物誤抽出を取り除く方法として、建物と影との距離に閾値を用い抽出精度を改善した。抽出精度は比較的高く、特に建物の密集が少ない団地エリアでは高い精度が得られた。また抽出結果から建物方向角度を整理することで、それぞれのエリアの特徴を示し、地域を特徴づける方法を示した。この結果を、将来自然災害後の地域被害特性や建物被害状況の把握に利用することを検討する。今後の課題とし、建物抽出に最適な形状パラメータを構成し、精度を向上させることがあげられる。また空中写真だけではなく、その他のリモートセンシング画像にも適用し、その精度を検証する。

参考文献

- 1) 胡内健一, 小檜山雅之, 山崎文雄: 高解像度衛星画像を用いた 2003 年アルジェリア地震による都市被害の目視判読, 地域安全学会梗概集, No.13, pp.11-14, 2003.11
- 2) 松崎志津子, 山崎文雄, Miguel Estrada, Carlos Zavala: Quick Bird 衛星画像を用いた 2007 年ペルー・ピスコ地震の建物被害把握, 地域安全学会論文集, No.13, pp.407-413, 2010.
- 3) 松岡昌志: 高分解能衛星による災害監視の可能性, 予防時報, No.217, pp.8-13, 2004