



## 衛星画像を用いたペルー・タクナ市における 地震被害想定のための建物インベントリデータ構築に向けた試み

鈴木賢太郎<sup>1)</sup>、リュウ・ウェン<sup>2)</sup>、松岡昌志<sup>3)</sup>、山崎文雄<sup>4)</sup>

- 1) 非会員 JFEエンジニアリング株式会社（元 千葉大学大学院生），修（工）  
e-mail : k.suzuki.1991@gmail.com
- 2) 正会員 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻，助教 博（工）  
e-mail : wen.liu@chiba-u.jp
- 3) 正会員 東京工業大学大学院総合理工学研究科，准教授 博（工）  
e-mail : matsuoaka.m.ab@m.titech.ac.jp
- 4) 正会員 千葉大学大学院工学研究科建築・都市科学専攻，教授 工博  
e-mail : fumio.yamazaki@faculty.chiba-u.jp

### 要 約

想定地震による被害予測を行うためには、建物インベントリデータが必要である。しかし、発展途上国ではデータが整備されていない地域が多く、現地踏査によるデータの構築には多くの労力を伴う。一方、リモートセンシングは現地に行かずに広域を観測できる利点があり、近年地上分解能が1m以下の光学衛星が多く打ち上げられている。これにより、建物を詳細に把握できる高解像度衛星画像が取得できるようになった。本研究では、地震国ペルーにおいてタクナ市を対象地域として、WorldView-2衛星画像のオブジェクト分類を用いた建物インベントリの構築手法を検討した。

キーワード： WorldView-2, 建物インベントリ, 建物抽出, 被害予測

### 1. はじめに

想定地震による建物被害予測を行うためには、地震動や建物被害推定式とともに、構造や築年区分を考慮した地区やメッシュ単位の建物棟数（以下、「建物インベントリデータ」と呼ぶ）は、不可欠なものである<sup>1)</sup>。しかし、この建物インベントリ（台帳）データを構築するには、多大なコストや労力を要する。また、データの構築手法は、一般に、課税台帳からの集約や地上調査結果を用いることが多い。しかし発展途上国等では、地震被害想定に用いることができる形式で建物インベントリデータが整備されていない場合が多い。そのため、現在、Global Earthquake Model (GEM) Foundation<sup>2)</sup>がリモートセンシングと地上調査による建物インベントリ情報の共有化を推進するため、Inventory Data Capture Tool (IDCT)プロジェクトを推進している<sup>3,4)</sup>。

一方、近年地上分解能が1m以下の高解像度衛星が多く打ち上げられた。1999年に打ち上げられたIkonosは地上分解能1.0mを有し、2001年に打ち上げられたQuickBirdは地上分解能0.6mである。これらの衛星は高解像度衛星の第一世代と位置づけられる。さらに、2008年に打ち上げられたGeoEye-1と2009年に打ち上げられたWorldView-2はともに地上分解能0.5mとさらに高分解能となり第二世代に分類される。

これらのマルチスペクトルセンサによって得られた画像を用いて、都市のモニタリングや災害による被害把握の研究が数多く行われてきた。Miura and Midorikawa<sup>5)</sup>は、Ikonos画像を用いてフィリピンのマニラの地震被害想定に用いるGISデータの更新を行った。その結果、中高層建物は画像解析により抽出することが可能であったが、低層の密集住宅地域では土地被覆分類によって建物数を推定した。Sarabandi<sup>6)</sup>は、ロンドンにおいて高解像度衛星画像とMIHEA (Mono Image Height Extraction Algorithm)ツールを用いることで建物の高さや形状などを抽出した。Marangoz<sup>7)</sup>は、トルコにおいてIkonos画像を用いてピクセルベースとオブジェクトベースによる土地被覆分類を行い、オブジェクトベースの方がピクセルベースより誤差が少ないことを示した。災害前後の2時期の画像を用いたオブジェクトベースによる建物被害の抽出は、QuickBirdを用いたインドネシアの2006年ジャワ地震における研究<sup>8)</sup>や航空写真を用いた2007年新潟県中越沖地震における研究などがある<sup>9)</sup>。これらの研究においても、ピクセルベースとオブジェクトベースの解析が高解像度衛星画像に適用され、結果の比較が行われている。

本研究では、ペルー南部のタクナ市を対象地域として、WorldView-2画像を用いた地震被害想定のための建物インベントリの構築手法を検討する。タクナを含むペルーとチリの沿岸部では、1868年にMw8.8の海溝型地震が発生し<sup>10, 11)</sup>、一帯で約25,000もの死者を出した。また今後も、この地域で巨大地震の発生が懸念されている<sup>12)</sup>。はじめに、タクナ市の土地利用を把握するために、ピクセルベースの土地被覆分類を行う。ピクセルベースの分類を高分解能光学画像に適用した場合、細かい誤分類が出ることは既に知られているが<sup>8, 9)</sup>、地域特性の影響が大きく、この地域に対する適用事例は見当たらないので、試みることにする。次に、この分類結果と国勢調査データから、市街地域ごとの植生割合と人口密度を求め、建物抽出を行う代表的な住宅地と商工業地域を対象地域として選出する。最後に、オブジェクトベース分類を対象地域に適用し、目視判読の結果と比較して精度の評価を行う。

## 2. 対象地域と使用する衛星画像

建物インベントリデータ構築の試みとして、ペルー南部のタクナ市を対象とする。図1に示すタクナ市は、人口約24万人、平均標高552mのタクナ州の州都である。また、チリと国境を接しており、周りを砂漠と太平洋に囲まれている。

タクナ市を選んだ理由は、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」(SATREPS)の一環として、2009年より「ペルーにおける地震・津波減災技術の向上に関する研究」が日本とペルーの研究者の

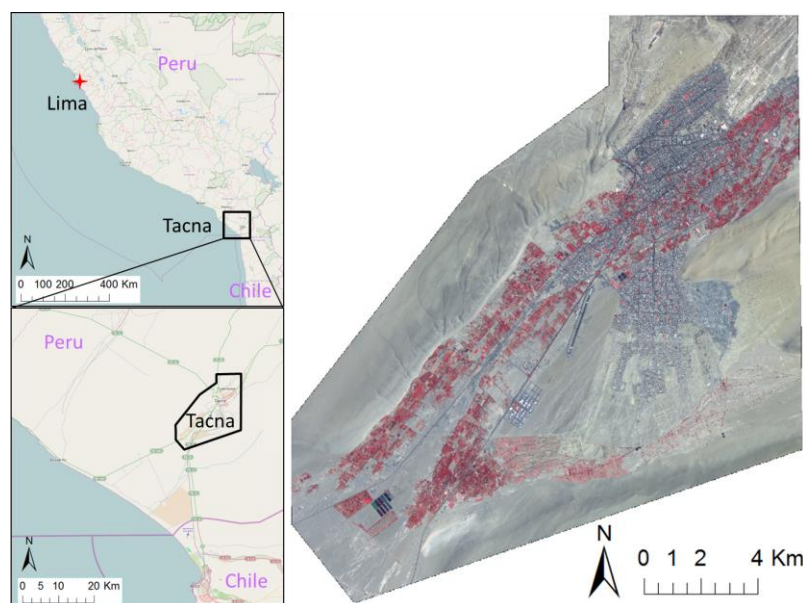


図1 ペルーにおけるタクナ市の位置 (左) と使用する WorldView-2 フォールスカラー画像 (右)

間で実施されたが<sup>13)</sup>、このプロジェクトの対象地域として、首都リマ市<sup>14)</sup>とタクナ市が選定された。このような背景から、本研究では、地震被害想定のためのタクナ市の建物インベントリ構築に向けた検討を行った。なお、本研究では、高分解能光学衛星画像と国勢調査データに基づいた建物輪郭の抽出（低密度地区）と街区抽出（高密度地区）を行うが、被害想定用のデータとしてはこれだけでは充分とはいえない。衛星画像から建物の高さを推定するには、日影の長さ<sup>15)</sup>やSAR画像での倒れ込みの計測<sup>16)</sup>が必要である。また、構造材料と耐震性能の把握は、衛星画像からでは困難で、地上調査や統計データなどの併用が必要となるが、これらは本研究では扱わず今後の課題としたい。

本研究で用いるWorldView-2画像は、2010年3月6日に撮影されたものであり、図1(右)に示すタクナ市街地を検討対象とする。地上分解能はパンクロマチック(PAN)バンドが0.5m、マルチスペクトル(MS)バンドが2.0mである。WorldView-2のMSバンド数は8であるが、ここでは主要な4バンド(Blue, Green, Red, NIR-1)を用いる。最初に、MSバンド画像とPAN画像を用いて、パンシャープン処理により、分解能0.5mのMS画像を作成した。このパンシャープンMS画像を以下の画像解析に使用する。

### 3. 土地被覆分類と比較対象地域の選択

ペルーにおいては一般に、建物インベントリデータは、地震被害想定に用いることができるGIS形式では整備が進んでいない。そのため、インベントリデータの構築は重大な課題となっている。SATREPSプロジェクトにおいては、Estradaら<sup>17)</sup>や松岡ら<sup>18)</sup>が高解像度衛星画像(WorldView-2)と多時期のLandsatやデジタル標高モデル、国勢調査などのGISデータを用いた建物インベントリ構築手法を提案した。これらの手法をリマ市に適用して、部分的な現地調査結果や高分解能衛星画像の目視判読結果と比較している。しかし、現地調査等による検証データが未だ充分とはいえず、実用化のためにはさらなる検討が必要である。このことから本研究では、リマ市に比べ都市の規模が小さくデータ収集が容易なタクナ市を対象として、同様に高解像度衛星画像を用いた建物インベントリの構築手法を検討する。

建物抽出をオブジェクト単位で行うには、建物用途・形式（戸建て住宅、集合住宅、工場など）や周辺環境（市街地、郊外、農地など）を考慮した、適切なパラメータ設定が必要である。そこで、タクナ市街地の建物の空間的特徴を把握するために、WorldView-2画像を用いて、まずピクセル単位の土地被覆分類を行う。

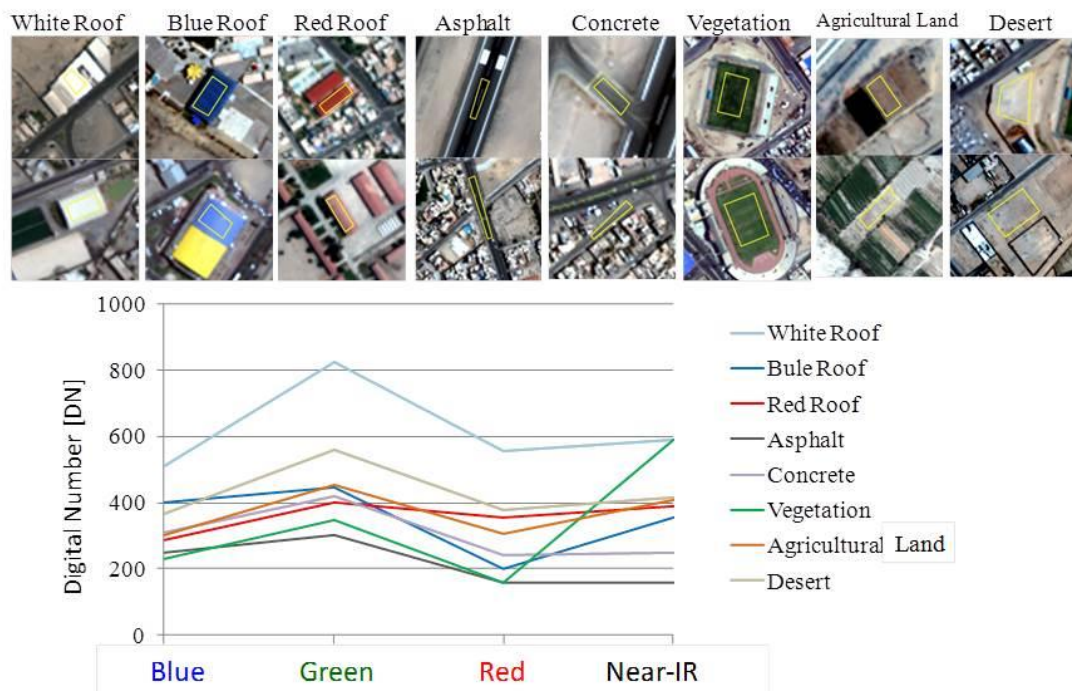


図2 対象とした土地被覆とそのトレーニングデータの範囲、および4バンドのDN値の平均

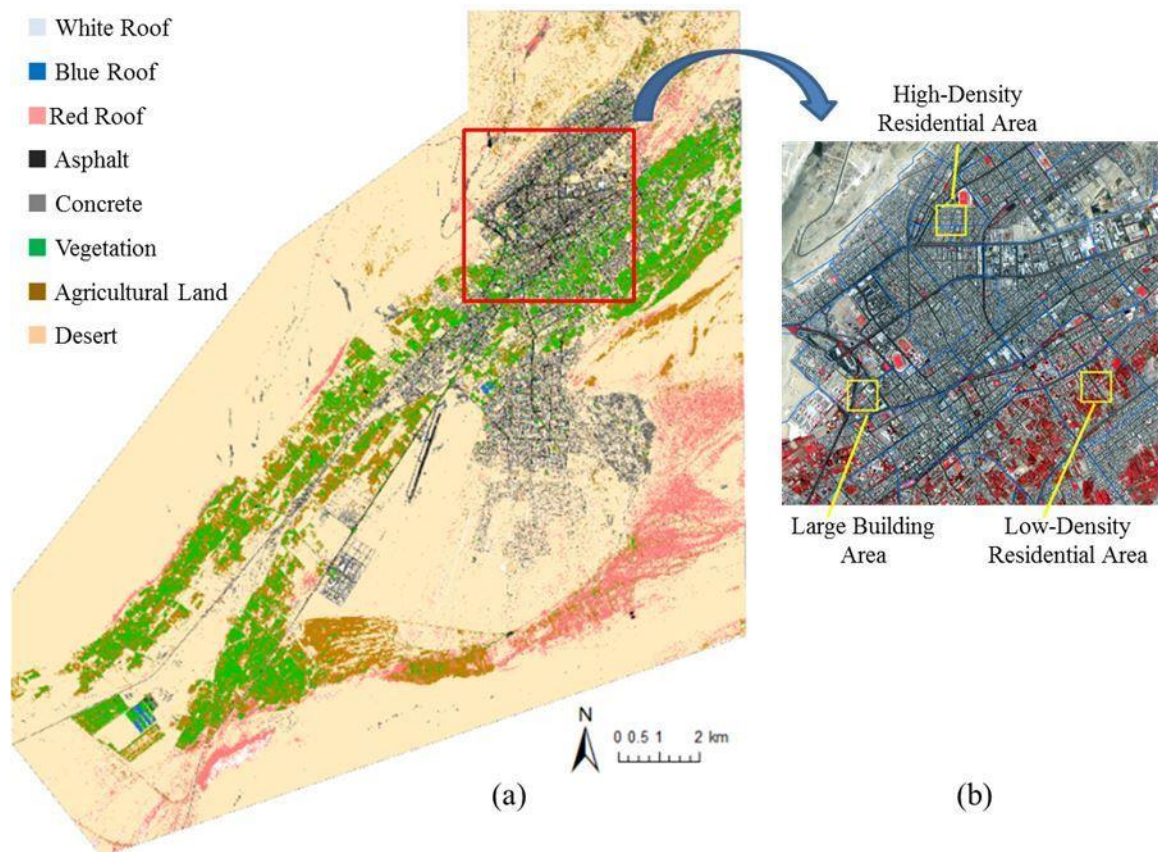


図3 ピクセルベースの教師付き土地被覆分類結果 (a) とタクナ市街地の詳細検討範囲 (b)

第一段階として、クラス数を与えて自動的に分類を行う教師なしの土地被覆分類 (K-means法) をクラス数を変えながら行った。その結果、クラス数を8とした場合 (white roof, blue roof, red roof, asphalt, concrete, vegetation, agricultural land, desert) が、最も目視判読の結果に近い分類が得られ、これを教師付き分類のクラス数に決定した。教師付き分類は、トレーニング (教師) データに対する各バンドの平均輝度値と分散を用いて、対象とする地物をスペクトルデータ (デジタルナンバー: DN値) により分類する手法であり、多次元正規分布を仮定する最尤法が最も一般的なものである。図2に、対象とした8つの土地被覆分類とそのトレーニングデータの範囲、および4バンドのDN値の平均値を示す。バンドごとのDN値の変化形状を見ると、植生(vegetation)は近赤外バンド(Near-IR)で急激に増加するという特徴を示すが、他のクラスは人工物や土・砂であるため比較的平坦で、色による違いが多少見られるくらいである。

図2に示す範囲をトレーニングデータとして、タクナ市街地を含む検討範囲に対してピクセルベースの土地被覆分類 (最尤法) を行った。図3に分類結果を示すが、対象地域を北東から南西に流れる川沿いに、植生が多く分布することがわかる。また市街地と植生を除く大半は砂漠に分類されている。

この結果から得られた植生の面積割合を、市街地のブロックごとに求めた (図4(a))。この図より、植生の割合は市の中心部で高く、南部では非常に少ないことがわかる。次に、国勢調査を用いて市街地ブロックの人口密度を求めた (図4(b))。この図より、人口密度が高い地域は市の北部に多く、逆に低い地域は南部に多いことがわかる。

この観察結果から、まず人口密度によって、タクナ市の市街地を低密度地域 (1,1250人/km<sup>2</sup>未満) と高密度地域 (1,1250人/km<sup>2</sup>以上) に分類する。次に低密度地域は、植生の面積割合の低い (15%未満) 商工業地域と、面積割合の高い (15%以上) 郊外住宅地に分類する。以上の考察と現地調査によって、本研究ではタクナ市の代表的な市街地を以下の3パターンに分類し、図4(c)に示す。

- (1) 大きな商業施設・工場などが立地する商工業地域 (人口密度小, 植生小)
- (2) 郊外住宅地 (人口密度小, 植生大)

(3) 低層密集住宅地（人口密度大）

図4(c)に従って、図3(b)に示すように300m x 300mの地域をこれらの地域の典型的な詳細検討地区として、オブジェクト分類による建物抽出を行った。

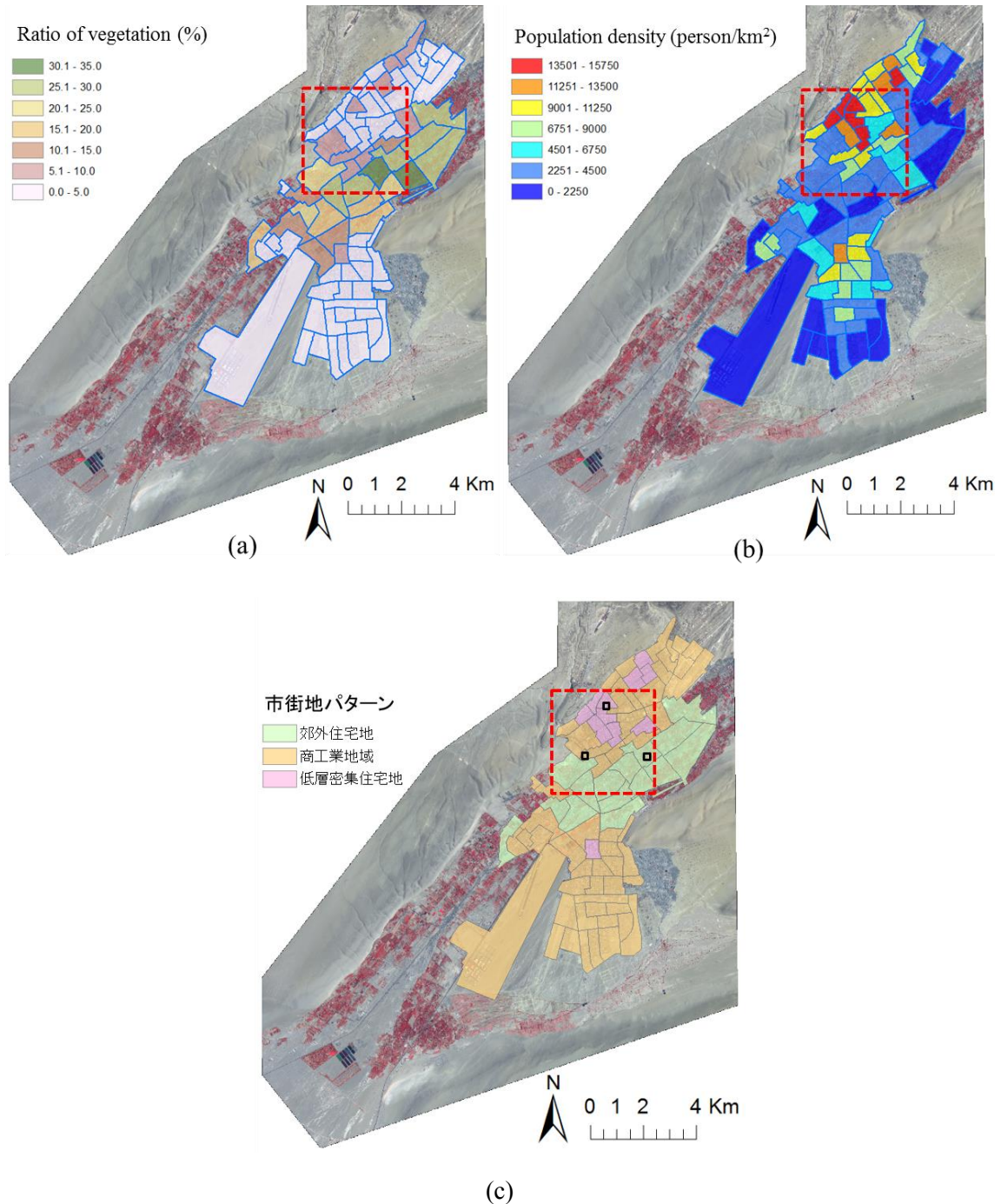


図4 土地被覆分類から求めた市街地ブロックごとの植生の割合 (a)と国勢調査から求めた市街地ブロックごとの人口密度 (b) ; この2つ条件で市街地を3パターンに分類した結果と各地域の典型的な詳細検討地区 (c)

#### 4. オブジェクト分類

オブジェクト解析にはDefiniens Professional 5を用いた。まず、画像に対してセグメンテーションを行い、「オブジェクト」を作成した。セグメンテーションはLayer Weight, Compact Weight, Smooth Weight, Shape Factor, Scale Parameterの5つのパラメータを定義する。Scale Parameterはオブジェクトのサイズを決定するパラメータであり、対象エリアの建物の大きさに合わせて決定する。本研究ではScale Parameterは、既往の研究の成果<sup>9)</sup>を参考とし、本対象地域における建物の大きさによる試行検討結果より、商工業地域、郊外住宅地、低層密集住宅地にそれぞれ150, 100, 80と設定した。Shape Factorはセグメンテーションを画像のスペクトル特性を重視するかエッジを重視するかを決めるパラメータである。本研究では、建物の形状をオブジェクトとして抽出することが目標なので、Shape Factorは画像のエッジを最も重視する0.9に設定した。Layer Weightはスペクトル特性を利用する際のバンドごとの重みを決めるパラメータであり、本研究ではすべてのバンドに対して1を与えた。一方、Compact WeightとSmooth Weightはエッジの抽出を行うパラメータである。Compact Weightを大きくするとオブジェクトは丸型に近づき、Smooth Weightを大きくするとオブジェクトは直線型になる。本研究では、建物の輪郭は直線であるためCompact WeightとSmooth Weightを0 : 1に設定した。これらのパラメータによりセグメンテーションされた画像を図5(左)に示すが、青線で囲まれた範囲が各セグメントである。

次に、セグメンテーションにより作成されたオブジェクトに対して、近傍(Nearest Neighbor)法を用いたオブジェクトベースの教師付き分類を行った。分類数は商工業地域と低層密集住宅地は7、郊外住宅地は水(water)を付け足した8とした。結果は図5(中央)に示す。商工業地域の結果では、屋根の色が均一な集合住宅と工場は正確に抽出されている。郊外住宅地の結果では、建物の輪郭内すべてが抽出されていないが、建物の位置を推定することができる。低層密集住宅地の結果では、さまざまな形状や色をした建物が非常に密集して存在しているため、建物の抽出はオブジェクト分類においても目視判読においても困難である。そのため、低層密集住宅地においては建物を抽出する代わりに街区を囲む道路を抽出することにした。被害想定などにおいて、もし街区ごとの建物数が必要になった場合は、現地調査や国勢調査データを街区に併用して推定することを考えている。

#### 5. 建物抽出と精度の評価

建物抽出の精度を評価するため、商工業地域と郊外住宅地では建物輪郭を、低層密集住宅地では街区輪郭(すなわち対象範囲から道路を除いた部分)をオブジェクト分類の結果から抽出し、目視判読で作成したこれらの輪郭と比較を行った(図5(右))。抽出精度の評価は表1~3に示すエラーマトリクスで表した。総合精度は、正しく分類された割合を示す指標であるが、ここでは建物とそれ以外の2分類のみでの照査なので、商工業地域と郊外住宅地において、一般的な分類結果の採用基準とされる80%<sup>19)</sup>を超える高い値となっているが、それほどの意味は無い。ユーザ精度はオブジェクト分類により抽出した輪郭が正解データである目視で抽出した輪郭と一致した割合を表し、プロデューサ精度は正解データである目視で抽出した輪郭がオブジェクト分類で抽出された割合を表す。これらに関しても、80%を以下における精度の目安と考えることにする。

商工業地域ではユーザ精度は87.6%と非常に高く、プロデューサ精度も75.7%と高い結果になった。この結果から、建物が画像の分解能よりも十分に大きく、密集せずに建っていればオブジェクト分類による建物抽出の精度は高いことが考えられる。郊外住宅地では、ユーザ精度が75.2%と高い一方、プロデューサ精度が47.6%と低い結果となった。これは、多くの建物が様々な屋根の色や材質を持っているため、道路や地面と混同されたことが原因として考えられる。低層密集住宅地では、実際は道路の抽出を行い、対象範囲で道路を除いた残りを街区として抽出したが、それでも図に示すように、街区内に道路と分類される領域が多く出現し、街区のプロデューサ精度が68.3%と低い(すなわち、道路のユーザ精度が58.8%と低い)結果となった。この結果から、密集住宅地では街区抽出ですら、道路の抽出に更なる工夫を施さないと難しいことを示している。高分解能光学画像を用いた市街地の土地被覆分類に関しては、既往の研究<sup>8,9,19)</sup>でも指摘されているように、スペクトル特性や平面形状のみに基づく手法は十分に機能しないことも多い。道路上の車両や日影<sup>20)</sup>などの影響も大きいことが考えられ、今後の課題は残

されている。

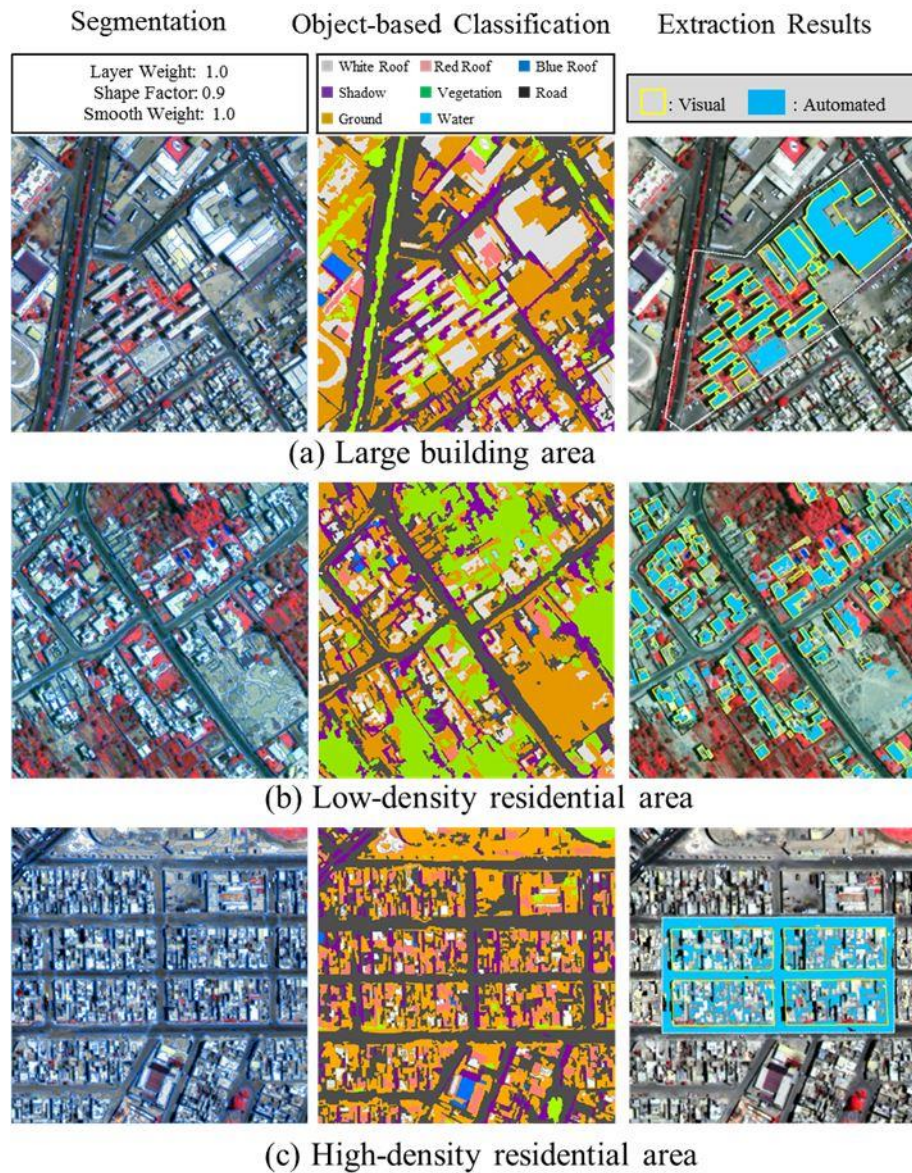


図5 各スタディエリアのセグメンテーションの結果（左）とオブジェクト分類の結果（中央）、オブジェクト分類と目視判読から抽出した領域（右：(a)、(b)に関しては建物領域、(c)に関しては道路領域を抽出）

表1 商工業地域におけるエラーマトリクス

		Visual Inspection (m <sup>2</sup> )			User's Accuracy
		Building	Others	Sum	
Extraction Result (m <sup>2</sup> )	Building	7874	1112	8986	87. 6%
	Others	2526	19818	22344	88. 7%
	Sum	10400	20930	31330	
Producer's Accuracy		75. 7%	94. 7%	Overall Accuracy	88. 4%

表2 郊外住宅地におけるエラーマトリクス

		Visual Inspection (m <sup>2</sup> )			User's Accuracy
		Building	Others	Sum	
Extraction Result (m <sup>2</sup> )	Building	6904	2274	9179	75. 2%
	Others	7608	73213	80821	90. 6%
	Sum	14512	75488	90000	
Producer's Accuracy		47. 6%	97. 0%	Overall Accuracy	89. 0%

表3 低層密集住宅地におけるエラーマトリクス

		Visual Inspection (m <sup>2</sup> )			User's Accuracy
		Building Block	Road	Sum	
Extraction Result (m <sup>2</sup> )	Building Block	12435	1456	13891	89. 5%
	Road	5771	8253	14024	58. 8%
	Sum	18206	9708	27915	
Producer's Accuracy		68. 3%	85. 0%	Overall Accuracy	74. 1%

## 6. まとめ

建物インベントリは地震被害想定を行う際に必要な重要なデータである一方、発展途上国では整備されていない場合が多く、データの構築には多大な労力とコストが発生する問題がある。そこで本研究では、ペルーのタクナ市を対象地域として、高分解能衛星のWorldView-2画像を用いた建物インベントリの構築に向けての検討を行った。まずはじめに、市街地の土地利用と土地被覆を調べるため、マルチスペクトル画像を用いてピクセルベースの土地被覆分類を行った。この結果から、市街地ブロックごとの植生の面積割合を求め、同じく国勢調査から市街地ブロックごとの人口密度を求めた。これらの結果の比較からタクナ市の代表的な市街地を1)商工業地域、2)郊外住宅地、3)低層密集住宅地の3地域に分類した。そしてこれらの分類に対する詳細検討地区を選出し、オブジェクト分類を行った。オブジェクト分類では検討地区の建物の大きさに合わせてセグメンテーションの値を設定し、オブジェクトを作成した。さらにこのオブジェクトに基づく教師付き分類を行い、商工業地域と郊外住宅地では建物輪郭を抽出し、低層密集住宅地では街区抽出して目視判読結果と比較した。これらの結果から、大きな建物は1棟レベルでも抽出可能だが、小さな建物や密集街区の抽出は困難が伴うことが確認された。今後は本研究の成果を生かして、現地調査や他のデータと組み合わせた建物インベントリ構築手法を考案する必要がある。

## 謝辞

本研究の一部については、JSTとJICAによる地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)の「ペルーにおける地震・津波減災技術の向上に関する研究」、および科学研究費補助金(課題番号:24241059;26882009)の助成を受けた。関係各位に記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 岩瀬早綾、山崎文雄：地域危険度測定調査データに基づく建物倒壊危険量の簡易推定、日本地震工



- 学会論文集、特集号「第14回日本地震工学シンポジウム」その1、第15巻、第7号、2015年、pp.378-389.
- 2) GEM Foundation, Available online: <http://www.globalquakemodel.org/>
  - 3) Inventory Capture Tools, Available online:  
<http://www.globalquakemodel.org/what/physical-integrated-risk/inventory-capture-tools/>
  - 4) Wieland M., Pittore M., Parolai S., Zschau J.: Remote sensing and omnidirectional imaging for efficient building inventory data-capturing: Application within the Earthquake Model Central Asia, 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2012, pp.3010-3013.
  - 5) Miura H., and Midorikawa S.: Updating GIS building inventory data using high-resolution satellite images for earthquake damage assessment: application to metro Manila, Philippines, *Earthquake Spectra*, 22(1), 2006, pp.151-168.
  - 6) Sarabandi P., Chung H-C., and Adams B.J.: Remote sensing for building inventory updates in disaster management, *Proc. of SPIE*, (6178) 10, 2006.
  - 7) Marangoz A. M., Oruç M., Karakış S., Şahin H.: Comparison of pixel-based and object-oriented classification using IKONOS imagery for automatic building extraction – Safranbolu testfield, Fifth International Symposium "Turkish-German Joint Geodetic Days", Berlin Technical University, 2006, pp.28-31.
  - 8) 松本和貴、Tuong Thuy Vu、山崎文雄：2006年ジャワ島中部地震における高解像度衛星画像を用いた建物被害域の抽出、日本リモートセンシング学会第41回学術講演会論文集、2006年、pp.55-56.
  - 9) 鈴木大輔、丸山喜久、山崎文雄：デジタル航空画像を用いた新潟県中越沖地震の建物被害抽出、日本地震工学会論文集、第10巻、第3号、2010年、pp.33-45.
  - 10) Sladen A., Tavera H., Simons M., Avouac J. P., Konca A. O., Perfettini H., Audin L., Fielding E. J., Ortega F., and Cavagnoud R. : Source model of the 2007 Mw 8.0 Pisco, Peru earthquake: Implications for seismogenic behavior of subduction megathrusts, *Journal of Geophysical Research*, 115, B02405, 2010.
  - 11) Pulido N., Aguilar Z., Tavera, H., Chlieh M., Calderon D., Sekiguchi T., Nakai S., Yamazaki F. : Scenario source models and strong motion for future mega-earthquakes: Application to Lima, Central Peru, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 105(1), doi: 10.1785/0120140098, 2015, pp.368-386.
  - 12) Okal, E.A., Borrero, J.C., and Synolakis, C.E.: Evaluation of Tsunami Risk from Regional Earthquakes at Pisco, Peru, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 96(5), 2006, pp.1634–1648.
  - 13) Yamazaki, F., Zavala, C. and Estrada M.: Special Issue on Enhancement of Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technology in Peru (II), *Journal of Disaster Research*, 9(6), 2014, pp.915-924.
  - 14) Matsuoka M., Miura H., Midorikawa S., and Estrada M.: Extraction of urban information for seismic hazard and risk assessment in Lima, Peru using satellite imagery, *Journal of Disaster Research*, 8(2), 2013, pp.328-345.
  - 15) 岩崎洋志、リュウ・ウェン、山崎文雄：光学センサ画像における日影長さとSAR強度画像における倒れ込み量に基づく建物高さ地震による倒壊の検出、日本地震工学会論文集、第12巻、第6号(特集号)、2012年、pp.33-45.
  - 16) Liu, W., Yamazaki, F., Adriano, B., Mas, E., and Koshimura S.: Development of Height Data in Peru from High-Resolution SAR Imagery, *Journal of Disaster Research*, 9(6), 2014, pp.1042-1049.
  - 17) Estrada M., Miura H., Yamazaki F., and Midorikawa S.: Land use evaluation using satellite imagery for urban inventories, 8th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2011, pp.93-96.
  - 18) Matsuoka, M., Mito, S., Midorikawa S., Miura, H., Quiros, G. L., Maruyama, Y., and Estrada, M.: Development of Building Inventory Data and Earthquake Damage Estimation in Lima, Peru for Future Earthquakes, *Journal of Disaster Research*, 9(6), 2014, pp.1032-1041.
  - 19) 萱場真太郎、越村俊一：高分解能衛星画像のオブジェクトベース解析による津波被災地マップの作成と建物被害評価、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、第66巻、第1号、2010年、pp.1421-1425.
  - 20) リュウ・ウェン、山崎文雄：高解像度衛星画像における日影の抽出と補正法の提案、土木学会論文集D3 (土木計画学)、第67巻、第3号、2011年、pp.359-366.

(受理日: 2015年3月17日)

## **Development of Building Inventory Data for Earthquake Damage Assessment in Tacna, Peru Using Satellite Imagery**

SUZUKI Kentaro <sup>1)</sup>, LIU Wen <sup>2)</sup>, MATSUOKA Masashi <sup>3)</sup>  
and YAMAZAKI Fumio <sup>4)</sup>

1) Non-member, JFE Engineering Corporation (former Graduate Student of Chiba University), M. Eng.

2) Member, Assistant Professor, Department of Urban Environmental Systems, Chiba University, Dr. Eng.

3) Member, Associate Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

4) Member, Professor, Department of Urban Environmental Systems, Chiba University, Dr. Eng.

### **ABSTRACT**

In conducting damage assessment for scenario earthquakes in high seismic risk regions, building inventory data are required as well as building fragility functions and strong-motion distributions. But inventory data with the locations and characteristics of buildings are not so easy to construct, especially for developing countries. Hence in this study, an approach to construct building inventory data is sought as an alternative of cadastral data and field surveys. Using a high-resolution optical satellite image acquired by WorldView-2, this paper tries to develop building inventory data for earthquake damage assessment in Tacna, Peru. First, Pixel-based classification was carried out to examine basic land-cover and land-use of the urban area. Object-based building extraction was then conducted for three selected areas as an attempt to develop building inventory data.

*Keywords: WorldView-2, building inventory, building extraction, damage assessment*