

ALOS/PRISM画像を用いた地震による建物倒壊状況の抽出*

Detection of Complete Collapsed Building from ALOS/PRISM Satellite Image*

稲葉佳之**・大場章弘***・巖網林****

By Yoshiyuki INABA**・Akihiro OBA***・Wanglin YAN****

1. はじめに

地震のように広いエリアに大きな被害を与える災害の発生時には、救援や復旧を速やかに行うために、被害状況の迅速な把握が求められる。しかし、特に途上国などの場合、地震によるインフラの損傷や情報の基礎となる統計・地図データの不備などによって、この把握が容易に行えるとは限らない。そこで注目されているのが、航空写真や衛星写真を解析することで被害を把握する手法である。航空写真や衛星写真は、広域の変化を抽出することに優れており、これによって被害箇所の抽出、道路状況の確認、さらには避難・復旧計画の支援などを行うことができる。

航空写真や衛星写真を用いて地震被害を抽出する手法は近年研究が進み、光学センサを用いたもの、合成開口レーダ (SAR) などの可視光以外の波長のセンサを用いたものなど、多数の研究・実践例がある。近年、新たに 3 方向視を特徴とし、広域災害の状況把握をミッションのひとつとする陸域観測技術衛星：だいち (ALOS) が利用可能になり、比較的安価に広域の画像が入手できるようになった。本研究が対象とする四川地震においても、すでに山間部の地滑り部分の抽出などが行われ、発表されている¹⁾。しかし一方で、ALOS の PRISM センサは 2.5m の解像度を持ち、ある程度のサイズの都市構造物の全壊を色情報で判別することは可能であるとされているほか²⁾、DSM の作成に優れており³⁾、これらのデータを組み合わせることで高精度の建物被害抽出が可能になると考えられるが、事例は少ない。

*キーワードズ： GIS リモートセンシング 防災計画論

**学生員、政策・メディア修士、政策・メディア研究科

(神奈川県藤沢市遠藤5322 e509、
TEL/FAX 0466-49-3453、yi@sfc.keio.ac.jp)

**学生員、学士、政策・メディア研究科

(神奈川県藤沢市遠藤5322 e509、
TEL/FAX 0466-49-3453、perry@sfc.keio.ac.jp)

**正員、工博、環境情報学部

(神奈川県藤沢市遠藤5322 e502、
TEL/FAX0466-49-3453、yan@sfc.keio.ac.jp)

本研究が対象とする四川省都江堰市の市街地は、ある程度のサイズの中層程度の商業ビルおよび集合住宅が市域の建物の多数を占めており、ALOS/PRISM による被害抽出に適していると考えられる。

そこで、本研究では、四川大地震における都江堰市の市街地を対象に ALOS/PRISM の色・DSM 差分を用いた建物の全壊被害抽出の可能性の検証を目的とする。

2. 研究対象地

本研究は、中国四川省、成都、都江堰市の市街地を対象とする。都江堰市は四川省の省都である成都市の北西に位置する戸籍人口 60.9 万人、面積 1211.19k m²の市である。都江堰は歴史ある街で、紀元前に建設された農業用水を導くための堰と近郊の青城山地区がともに世界文化遺産に登録され、観光都市として栄えてきた。市の中心部は、明朝期より続く旧市街を中心に 3 本の環状道路が整備され、中心部の旧市街には観光・商業施設、外延部には新規に建設された集合住宅が 3~8 階建てで立ち並んでいる。この地域は、地質構造上、龍門山構造地帯の中南部に位置し、地震の多発地帯であるとされている。2008 年 5 月 12 日に発生した四川大地震では、学校をはじめとする多数の建物が倒壊し、大きな被害を受けている。地震当初、市当局からは、市街地の区画のレベルで 4 段階に示された被害状況が発表されたが、具体的な建物被害の状況、被災者数等の詳細は不明のままであった。



図 - 1 研究対象地：都江堰市

3. 研究の手法

本研究では、ALOS/PRISMの2時期間の差分を用いて建物倒壊被害を抽出する。この際、画素の色差分およびDSMの両者から倒壊建物を抽出、最後に都江堰市が2008年7月にまとめた建物倒壊状況の資料と対照しながら正答率を計算し、抽出状況の検証を行う(図-2参照)。

(1) 色差分による建物被害の抽出

石井らによれば、光学センサの色差分抽出の際、建物の倒壊部分の判別は、倒壊部分の特徴的な色の抽出、もしくは建物形状のエッジを抽出し、建物のエッジの方向性が失われたランダムな部分を抽出する手法で行われる²⁾。ALOS/PRISM と同等の 2.5m 解像度でエッジを検出した事例もあるものの²⁾、テストエリアによる適用が困難であったため、本稿では色差分のみによって倒壊箇所を抽出することとした。対象地域の建物は、旧市街・外延部の新市街ともに黒色の瓦屋根を用いたものが多く、画像の被害箇所が地面の白色との差分として抽出できると考えられる。

- a) 色補正: ALOS/PRISM の 2 つの画像について行った。2007 年の画像が雲などの影響によって色調および色域が 2008 年と大きく異なっていたため、Adobe Photoshop を使い、シャドウ (屋根部分) とハイライト (地面部分) の色を同じとし、できるだけこの間の色域が両者で同じになるよう調整した。
- b) 建物形状抽出: a)の画像が、特に郊外部において建物部分と道路・地面部分との判別が困難な箇所があったため、IKONOS (2006 年、撮影時期詳細不明、1m 解像度・カラー)より抽出した建物形状をマスクとして補助的に用いた。

抽出後、IKONOS を補助的に用いた目視判読によって倒壊建物を棟単位で特定した。

(2) DSMの差分による建物被害の抽出

2008 および 2007 年の ALOS/PRISM からそれぞれ空中三角測量、TIN 内挿法で DSM を作成し、2007 年から 2008 年の差分をとることで倒壊建物の抽出を行った。DSM の作成については、2007 年 RMSE 値は地上基準点で $(X,Y,Z)=(0.001,0.14,0.54)$ 、検証点で $(X,Y,Z) = (2.15,2.11,9.20)$ であり、総 RMSE は 0.02 であった。2008 年の RMSE 値は地上基準点で $(X,Y,Z) = (0.005,0.07,0.36)$ 、検証点で $(X,Y,Z) = (5.01,6.12,7.72)$ であり、総 RMSE は 0.22 であった。ALOS/PRISM は地上解像度が 2.5m であるため、どちらも統計計算上妥当な精度であると考えられる。Takaku et al は、建物の DSM 作成時に生じる RMSE は 4m であり、また、高石・田殿などは高層ビルを含まない都市で 3~5m であると示している^{3) 5)}。これらの既存研

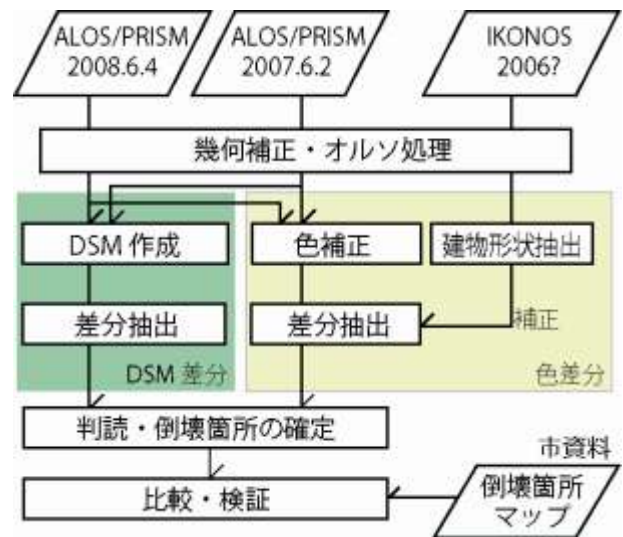


図-2 研究の流れ

究の値、および本研究における各年 RMSE の誤差が近い値を示していることから、DSM の差分で同様に 5m未満を誤差とし、中高層建物の高さおよび誤差を考慮して 40m を上限として抽出を行った。抽出後、道路と建物間、中層建物と高層建物間、雲などのオクルージョンによる誤差を考慮して、目視判読でエラー部分と建物倒壊部分と思われる部分を判別した。

4. 結果と考察

(1) 色差分による建物被害の抽出

判読の結果、114棟が倒壊建物として抽出された。形状についても、旧市街の中高層建築を中心として建物形状が判別できる程度に良好に抽出された。一方、郊外部の一戸建てを中心としたエリアおよび図中F・Gのエリアは形状の判別できないノイズしか検出されなかったエリアもある。資料中の2003年の航空写真との判読により、2003年以降に建設された建物でも倒壊が発生していることがわかった(図中D)。

(2) DSM差分による建物被害の抽出

雲の影響のため対象としないエリアを除いて、一部で 10~30m 程度の差が検出された。判読によると高層ビル等を原因とする 30m 程度のノイズ、また一部道路に沿ってノイズが発生しており、DSM 単独による判別は困難であった。そこで、目視で市資料と対照しながら判読すると、図中赤線内の建物が抽出された。

また、判読によって建物高さと DSM 差分高さを比較してみると、図中 A 枠内エリアは旧市街の低層建物であり約 10m 程度の差分、B・C のゾーンは 6~7 階建、20m 程度の建物であり、ほぼ建物の高さが抽出できていることがわかった。

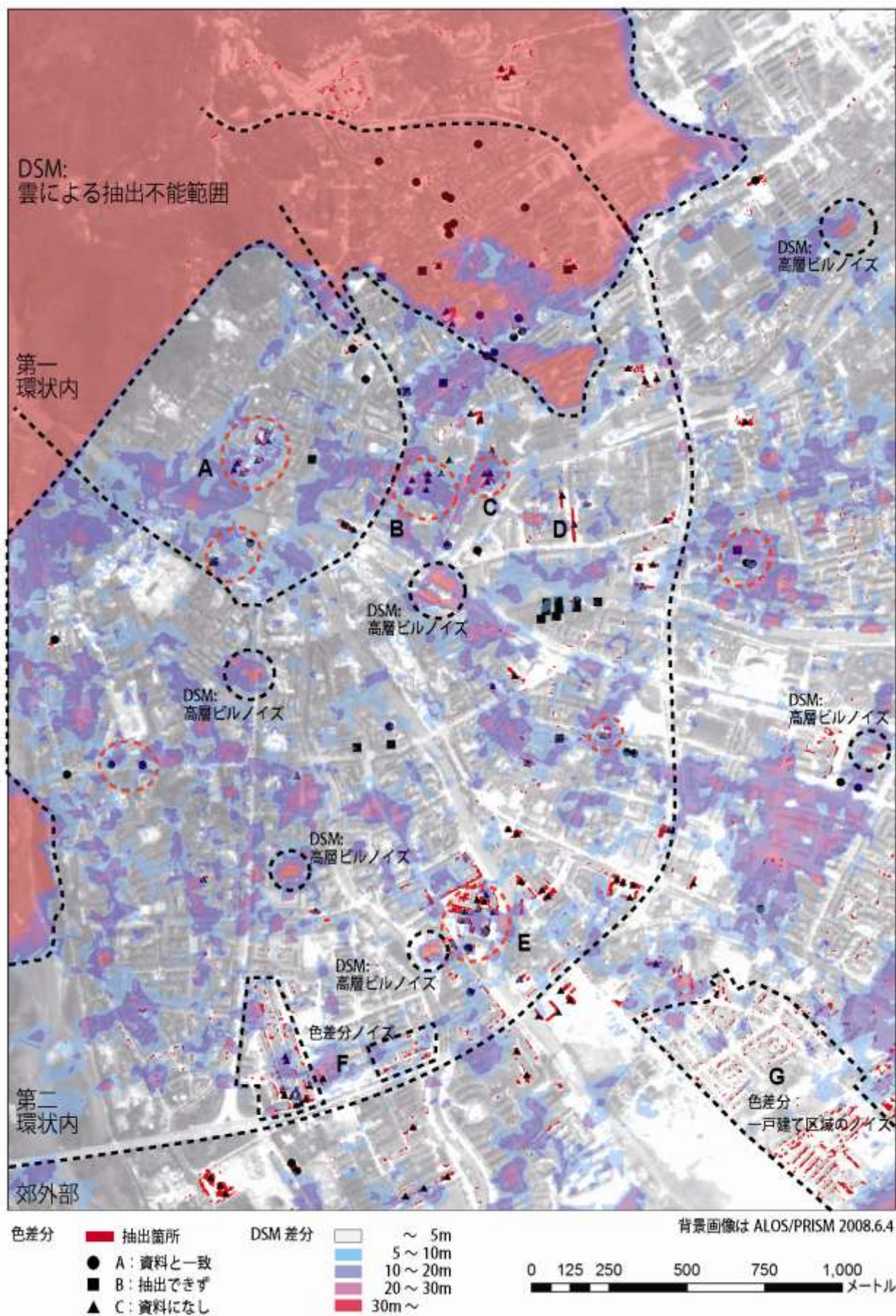


図-3 抽出と判読の結果

表一 色差分・DSM 差分の抽出結果と検証

地区	第一環状内	第二環状内	郊外部	合計
色差分	13	84	17	114
DSM 差分	2	20	7	29
市資料数	5	26	9	40
色正答率 記号：●	60% (3/5)	73% (19/26)	89% (8/9)	75% (29/40)
色空振り数 記号：■	2	13	1	16
色過検出数 記号：▲	10	65	9	84
DSM 正答率	40% (2/5)	77% (20/26)	78% (7/9)	73% (29/40)
色差分空振りのうち DSM 検出数	1	6	1	8

(3) 市資料との比較による検証

市資料との比較による抽出結果の正答率等を表 1 に示す。エリアによって多少違いがあるものの、おおむね資料に記された倒壊棟数のうち、双方とも 70%程度が抽出された(図中●記号)。また、色検出について、資料に記載があるのに抽出がされなかった空振り(図中■記号)も 13 棟検出された。これらは目視による判読では、どれも損傷が認められなかった建物である。ただし、そのうち 8 棟で、DSM による差分が検出されており、屋根形状を残したままの一部階の損傷が全壊と判断されている可能性もある。一方、色差分では市資料の倍程度の 90 棟が過検出された(図中▲記号)。これらは、図中 A~D のように、DSM でも高さの信頼性をもって倒壊建物が抽出されたエリアも多くあり、市資料が十分に倒壊建物を把握できていない可能性が示唆された。

5. 結論

本研究は、四川大地震で被害を受けた都江堰市の市街地を対象に、ALOS/PRISM の 2 時間間の色差分と DSM の差分を建物の全壊被害として抽出し、資料との比較検証によって利用の可能性を考察するものであった。結果として、

- a) 資料の倒壊建物との比較において、色差分で約 75%程度の棟数が、DSM による抽出分(約 70%)とあわせて、90%程度が抽出できた。
- a) さらに統計資料で把握されていない倒壊建物の存在の可能性を示した。

- b) 図中 A・B・C・D の範囲=色差分および DSM 差分の両方によって抽出された。また、DSM 差分の高さについて、各抽出ゾーンの推定建物高さとはほぼマッチしていた。
- c) 色差分の抽出では、本研究が対象とした中高層のビルディングへの適用可能性は高い。
- d) DSM による差分はノイズ等の影響による空振りの問題があるため、単独で用いるには十分な精度があるとはいえないが、補助的な利用可能性があるといえる。

今後、DSM については、適正な輝度補正を行い、ノイズの低減をさらに行う必要がある。また、過抽出などの問題は、現状ではこれ以上に確実なことはいえないため、グランドトゥルースの取得を行い、さらに検証する必要がある。

6. おわりに

本研究は、2008 年 6 月~7 月にかけて、四川省成都市人民政府の呼びかけに応じて行われた東京大学・慶應義塾大学・西南交通大学の共同プロジェクト「中国四川省大地震復興ランドデザイン」の一環として行われ、この成果を発展させたものである。最後に、震災で亡くなられた方の冥福と、被災者の方々の一日も早い復興を祈念する。

参考文献

- 1) ALOS 解析研究プロジェクト：陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)搭載のレバンド合成開口レーダ(PALSAR; パルサー)による中国四川省で発生した地震に関する観測結果について。
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_china_eq_080519.htm
- 2) 松岡昌志: ALOS による広域災害把握の可能性, 電子情報通信学会技術研究報告 SANE 宇宙・航空エレクトロニクス, vol.106, 107, pp.19-24, 2006.
- 3) 高久淳一・田殿武雄: PRISM による DSM/オルソ画像の作成, 日本リモートセンシング学会誌, vol.27 no.4, pp.372-385, 2007.
- 4) 石井真人, 杉山岳弘, 阿部圭一: 色情報とエッジを利用した航空写真からの対極的な地震被害の把握, vol. 127 26, pp. 171-176, 2001.
- 5) Takaku, J. Futamura, N. Iijima, T. Tadono, T. Shimada, M. Shibasaki, R. : High resolution DEM generation from ALOS PRISM data - simulation and evaluation, Geoscience and Remote Sensing Symposium Schuyler, 7, pp. 4548-4551, 2004