

U3 単独シーンの高解像度 SAR 画像を用いた低層建物の高さ推定

Height estimation for low-rise buildings from a single high-resolution SAR image

○リュウ・ウェン¹・山崎文雄¹

Wen Liu and Fumio Yamazaki

Abstract : Recently, the detection of building heights as a part of inventory information draws significant attention. Owing to the development of satellite sensors, it is possible to obtain building heights from high-resolution satellite images. In this study, the heights of low-rise buildings were estimated from a single TerraSAR-X (TSX) intensity image. According to the geometric characteristics of SAR, a building height is proportional to the length of its layover. An automatic extraction of building layover was proposed for the TSX image of San Francisco, California, USA. Comparing with Lidar data, the obtained results showed a reasonable level of accuracy.

Keywords : TerraSAR-X, building outline, layover, building height, backscattering intensity

1. はじめに

都市構造物の情報収集は、従来からリモートセンシング分野における重要な課題の1つである。建物高さは、都市発展の評価や災害時における建物被害の把握に有効な指標である。一方、近年センサ技術の発展により、高解像度光学画像と合成開口レーダ(SAR)画像が得られるようになった。そのため、衛星画像を用いた建物高さ推定が可能になった。岩崎ら¹⁾は、0.6m 解像度の QuickBird 画像と 3m 解像度の TerraSAR-X (TSX)画像から目視で建物高さを推定した。また、2枚の SAR 画像を用いた干渉処理による高さの推定も行われていた(Bolter and Leberl²⁾)。

本研究では、1シーンの高解像度 TSX 画像から建物の倒れ込み範囲を自動的に検出して、建物高さを推定する手法を提案する。また、TSX 画像と近い時期で撮影された航空機レーザー(Lidar)データを用いて、推定結果の精度を評価する。

2. 対象地域と画像データ

本研究では、Fig. 1(a)に示す米国サンフランシスコ市の一部を対象地域とする。対象地域内の建物は、主に低層(30m 以下)の商業施設や工場である。2011年10月9日に対象地域を撮影した WorldView-2 (WV-2)画像を Fig. 1(b)に示す。低層の建物が多いため、光学画像における建物の日影が短く、影を用いた高さ推定は困難である。

そこで、本研究では2011年10月13日に撮影された TSX 画像を用いて建物高さを推定を行う。TSX 画像は高分解能の HighSpot (HS)モードで、下降軌道から HH 偏波で撮影された。画像中心における観測角度は 39.88° であり、観測方向と進行方向における解像度はともに約 1m である。提供されたデータは Single-look Slant-range Complex (SSC) データであ

るため、アジマスとレンジ方向の圧縮などの前処理を行った。前処理後の地図投影された TSX 強度画像を Fig. 2(a)に示す。光学画像から作成された建物輪郭データを TSX 画像に重ねると、後方散乱係数の高い倒れ込み範囲が輪郭のセンサ方向にある。倒れ込みの長さが建物高さに比例するため、その範囲を検出することにより建物高さが推定できる。

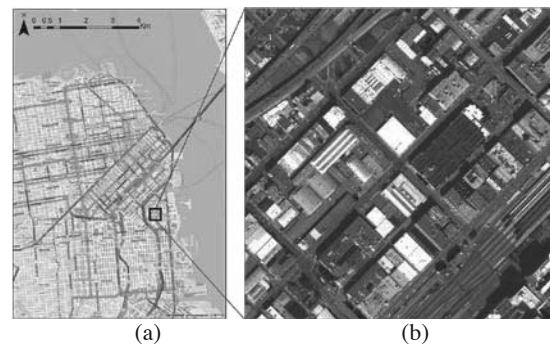


Fig. 1 The study area in the part of San Francisco, USA. (a); the WorldView-2 image of the target area taken in Oct. 9, 2011 (b)

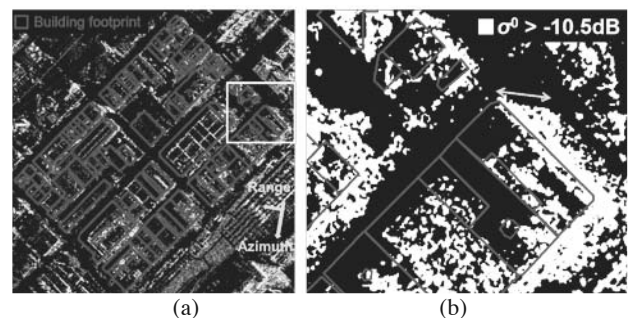


Fig. 2 TerraSAR-X image of the target area taken in Oct. 13, 2011, with the GIS data of building footprints (a); a close-up of the white frame in (a) after emphasizing the high backscattering areas that are considered as layover (b).

3. 建物高さの推定手法

倒れ込み範囲を抽出するために、画像全体の後方散乱係数の平均値である -10.5dB 以上のピクセルを倒れ込み範囲と見なして 1 に変換する。その他のピクセルを 0 とする。Fig. 2(a)の一部を拡大して、0-1

¹正会員 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻
(所在地 〒1263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)
(連絡先 Tel: 043-290-3528, E-mail: wen.liu@chiba-u.jp)

画像に変換した図を(b)に示す。これより、大きい建物の倒れ込み範囲は容易に計測できるが、小さい建物の倒れ込みの長さは目視で測ることが困難である。そこで、建物の輪郭データを用いて、倒れ込み範囲の長さを自動的に計測する手法を提案する。

まず、建物の高さが 1.5m と 2m の時における倒れ込みの長さを画像の撮影条件から算出する。建物輪郭をセンサ方向へ、得られた長さ分を移動する。移動した2つの輪郭の間を初期テンプレートとして作成する。つきに、建物高さが 0.1m 相当の倒れ込み長さを算出し、1 回分の移動距離とする。初期テンプレートをセンサ方向へ向かって、得られた移動距離分ずつを移動する。移動ごとに、テンプレートにおける倒れ込み範囲の占有率を計算する。テンプレートが倒れ込み範囲外であれば、移動を終了し、最終移動距離から建物高さを推定する。

本研究では、テンプレート内の倒れ込み範囲率が 40%以下になれば、検索を終了する。また、建物が必ず 2m 以上であるため、初期テンプレート内に倒れ込み範囲が存在しなければ、移動を開始しない。誤推定を小さくするため、建物輪郭内にあるピクセルはすべて倒れ込み範囲から除去した。この方法による倒れ込み範囲の抽出法を Fig. 3(a)に示す。

Fig. 3(b)に示すように、高さが異なる2棟の建物が隣接している場合、同時にテンプレートの移動を行うと、低い建物が高い建物の倒れ込み範囲を検索して高く推定される。そのため、建物はセンサからの距離の順に検索を行う。センサに近い方の建物から先に推定を行い、検索された範囲をマスクすることにより、以降検索されなくなる。

4. 推定結果と検証

Fig. 2(a)に示す TSX 画像を用いて、建物高さを推定した結果を Fig. 4(a)に示す。対象地域内にある 116 棟の建物のうち、86 棟の高さが推定された。推定できなかった建物は、主にセンサ方向に別の建物と隣接して初期テンプレートを作成できなかった。推定結果の精度を検証するため、Lidar データで得られたデジタル地表モデル(DSM)と DEM の差を建物高さとして求めて、Fig. 4(b)に示す。この両者による建物高さを比較すると、概ね一致している。

さらに、センサ方向(東南)における Lidar データの建物高さの平均値を算出し、推定結果と比較したものを Fig. 5(a)に示す。推定結果の平均誤差は 0.4m で、RMS 誤差は 2.5m である。普通の建物の階高である 3m より小さいため、本手法を用いた建物階数の推定に有効である。図に示す誤差が最も大きかった2棟の建物の写真を Fig. 5(b)に示す。建物 a は屋上に広告板があるため、これによる倒れ込み範囲が建物と見なされ、高く推定された。また、建物

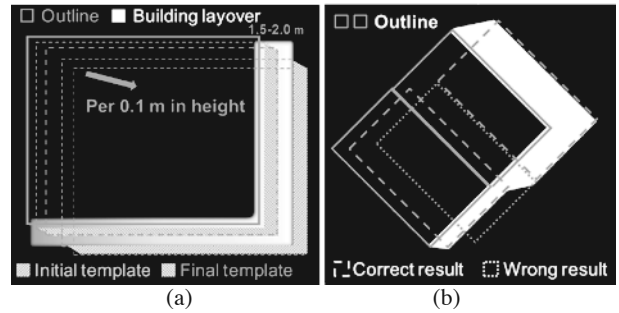


Fig.3 Simulation of the template for layover searching (a), and the definition of boundaries for two connected buildings with different heights (b).

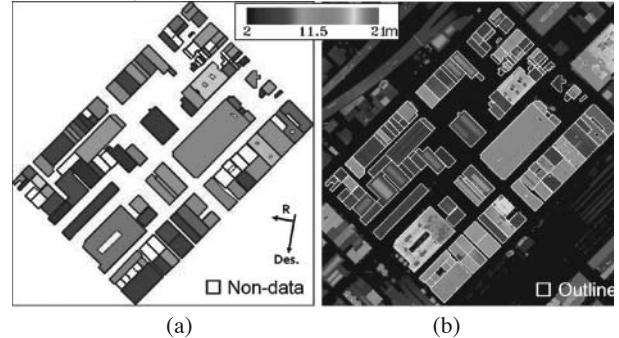


Fig.4 Detected heights by the proposed method (a); the reference heights obtained from the Lidar data (b).

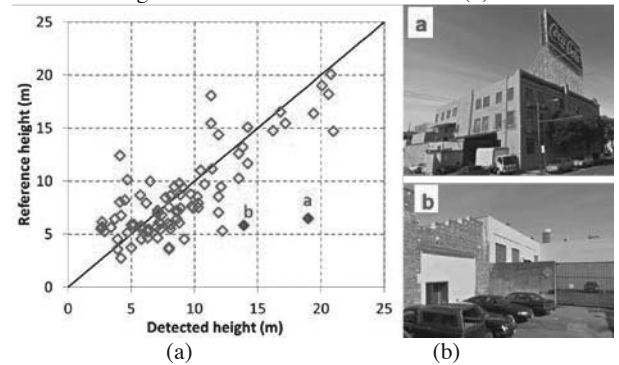


Fig.5 Comparison of the detected heights from the TSX image and the reference one from the Lidar data (a); two ground photos of the buildings that have the largest errors, cited from Google Earth (b).

b では、センサ方向に隣接する壁の反射が倒れ込み範囲として誤抽出されたため、高く推定された。

5. まとめ

本研究では、米国サンフランシスコ市の低層建物を撮影した 1 シーンの TSX 画像から、建物輪郭を用いて 3m 以下の誤差で建物高さを推定した。推定結果の精度は対象地域の周辺環境に影響されるため、今後は別画像への適用と手法の改善を行う。

【参考文献】

- 1) 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, pp.133-146, 2012.
- 2) R. Bolter, and F. Leberl, Detection and reconstruction of human scale features from high resolution interferometric SAR data, *In: Proc. 15th Int. Conf. Pattern Recog.*, Vol. 4, 2000, pp. 91-294.