

衛星画像を用いた影の変化による建物倒壊把握

07T2057W 岩崎 洋志
指導教員：山崎 文雄

1. 研究の背景と目的

地震などの災害時には正確な情報収集が困難となり、それが原因で国や自治体の対応が遅れ被害の拡大を招く恐れがある。このような事態を防ぐためにも、災害時には早急で正確な状況把握が必要である。しかし、災害発生時は交通ネットワークが麻痺し、早期に現地へ立ち入ることが困難となる可能性がある。また被害が広域にわたる場合には、情報収集にはさらに時間を要する。このような問題の解決策として、災害時の衛星による緊急撮影や、周期性、広域性といったリモートセンシング技術の利点の活用が考えられる。短時間で正確に被害状況を把握することで、緊急対応に役立てることが期待され、すでに多くの研究がなされている。

近年では解像度 50cm 程度の高解像度衛星画像によって、建物の詳細な形状を把握することも可能になった。得られた画像の解析による災害状況把握の精度向上が見込まれ、緊急対応における活用が期待されている。しかし、ほぼ直下視の衛星画像を用いた被害判読では、建物の上面しか確認することができず、中間層倒壊などの被害パターンは判読が困難なことが多い。

以上の背景より、本研究では建物により生じる日影を計測することで建物高さを求め、地震前後の高さの差を利用することで、倒壊などの形状変化をもたらすような大被害の把握を目的とする。

2. 使用データ

本研究では、2003年5月21日に発生したアルジェリア地震において建物倒壊が多数発生したブーメルデス市を対象として、地震前後の2時期の画像を用いて建物高さの変化計測を行う。この検討には、地震前後ともに高解像度光学センサ衛星 QuickBird による画像を用いた。表-1 に画像の諸元を示す。

3. 影計測による建物高さの算出

図-1 は衛星と太陽の位置関係を3次元的に表したものである。衛星画像上で表される建物や日影は、衛星センサの位置や首振りの角度によって見え方が大きく変わってくる。本研究では、画像上に投影された建物の頂点からその頂点に対応する影の先端までの長さを計測し、太陽、衛星、建物の位置関係、および太陽と衛星センサの高度と方位角を用いて、実際の建物高さを算出する。

図-2 は衛星画像上で表された建物と図-1 で表した

点との対応関係を表したものである。3次元での建物の Top が2次元衛星画像上の I 点に対応し、B 点、S 点がそれぞれ Base, Shadow に対応することが分かる¹⁾。以上より図-2 における L_{is} をそれぞれ3回ずつ測り、その平均値を(1)式¹⁾に用いることで建物高さ H を算出する。

$$H = \frac{L_{is}}{\sqrt{\frac{1}{\tan^2 \lambda'} + \frac{1}{\tan^2 \lambda} - \frac{2 \cdot \cos(\alpha - \alpha')}{\tan \lambda' \cdot \tan \lambda}}} \quad (1)$$

表-1 使用画像の諸元

	事前画像	事後画像
使用画像	QuickBird	QuickBird
撮影日時	2002/04/22 10:38	2003/05/23 10:36
衛星高度 λ	78.5°	64.2°
衛星方位角 α	352.6°	276.2°
太陽高度 λ'	61.3°	68.2°
太陽方位角 α'	144.2°	133.2°

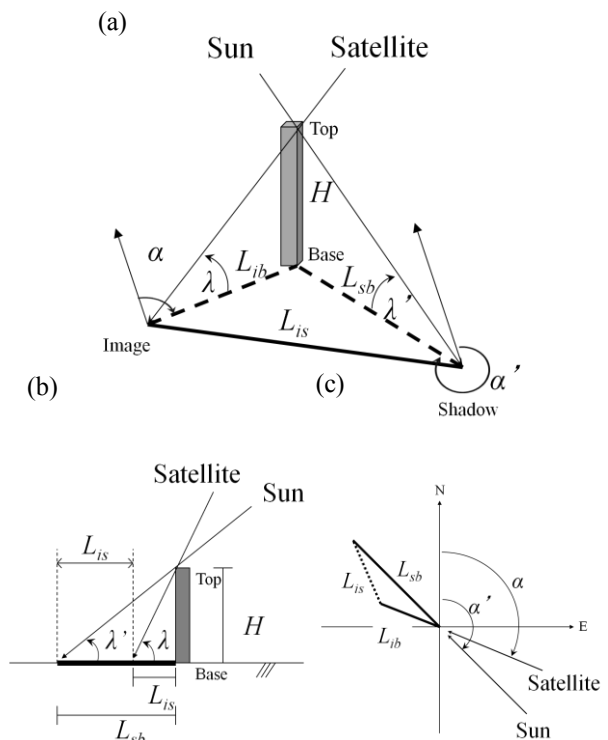


図-1 太陽、衛星、建物とその影の位置関係

(a) 3次元表示、(b) 建物と太陽方向または建物と衛星方向で構成される立面での寸法と角度、(c) 太陽、衛星、建物、影の平面上的位置関係

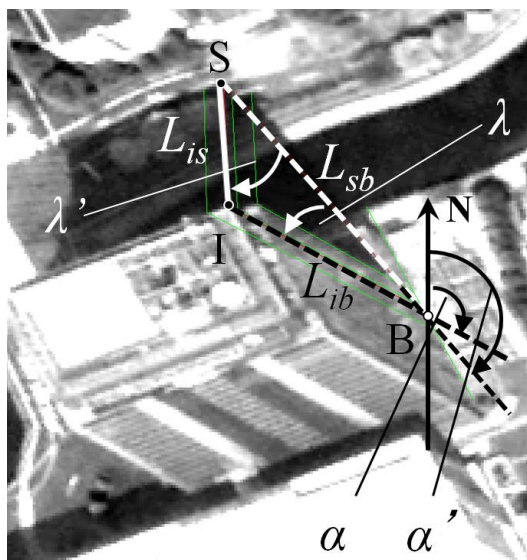


図-2 衛星画像上の影と建物の位置関係

4. 建物倒壊の推定結果

ブーメルデス市のとくに建物被害が多く出た地域に対し建物の影長さの測定を行った。本手法による被害推定の結果を検証するに当たり、A. Meslemの現地調査データと目視判読結果²⁾を用いた。

倒壊の判別には事前画像、事後画像でそれぞれ1pixelの計測誤差が出るとして考え、高さに換算すると事前画像で0.73m、事後画像で0.84m分の誤差となり計1.57mの誤差が無被害の建物でも生じることがわかった。そこで倒壊を判別する閾値として2mを用い、それ以上の差が出た場合を本研究では倒壊と判別することとした。図-4のように建物の周辺に計測の障害となるものがない建物は精度よく計測することができた。また、図-5に示す建物ではEMS-98³⁾に基づく現地調査では倒壊を示すGrade 5であったが、目視判読でGrade 4と判読されていた。しかし、高さ変化の算定からはGrade 5の倒壊であると判断され、当初の目的である目視判読の見逃しを確認することができた。しかし、周囲に木などの障害物がある場合などでは、影長さの計測が困難になるという問題点も明らかになった。目視判読に本手法を反映させたエラーマトリックスを表-2に示す。

5. まとめと今後の展望

本研究では、衛星画像上の建物の影の長さより建物の高さを推定し、その地震前後の変化によって、倒壊などの大被害の把握を試みた。2003年アルジェリア地震を対象に、現地調査結果と被害の目視判読で差異の生じた建物に関して、本手法により中間層崩壊等が検出できるか検討した。その結果一部の建物では、倒壊の見逃しを高さ測定より確認することができた。しかし、建物の密集した地域や周囲に障害物がある場合、計測ができないという問題も明らか

表-2 エラーマトリックス

		目視判読のみ						User's Accuracy [%]
目視判読	現地調査	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4	Grade 5	Total	
Grade 1,2		23	18	36	13	0	90	45.6
Grade 3		0	1	7	8	0	16	43.8
Grade 4		0	0	1	0	3	4	0.0
Grade 5		0	0	0	0	15	16	93.8
Total		23	19	44	21	18	126	
Producer's Accuracy [%]		100.0	94.7	15.9	0.0	83.3	Overall Accuracy[%]	50.0

		目視判読 + 影計測			User's Accuracy [%]
目視判読	現地調査	Grade 4	Grade 5	Total	
Grade 1,2		13	0	90	45.6
Grade 3		7	0	15	46.7
Grade 4		0	0	1	0.0
Grade 5		1	18	20	90.0
Total		21	18	126	
Producer's Accuracy [%]		0.0	100.0	Overall Accuracy[%]	52.4

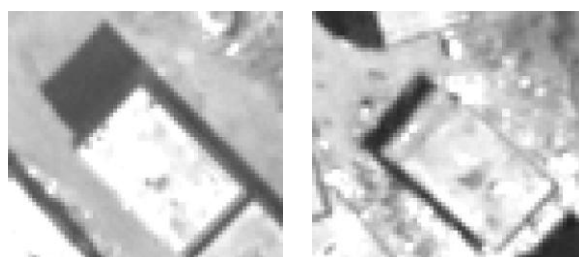


図-4 目視判読および本手法で倒壊が判読された建物

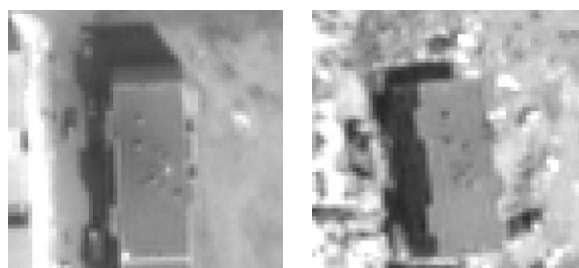


図-5 目視判読に誤りがあり本手法で倒壊が検出された建物

かになった。また、今回は考慮しなかったが地面の傾斜などの地形の問題、画像中心点と画像端部との解像度の違い等を考慮することで、精度の向上を図ることができると考えられる。

今後は目視で計測した影の長さを画像解析で求めることで時間を短縮し、より有用性のある被害把握手法としていきたい。

参考文献

- 1) X. Huang and L. K. Kwok: 3D Building Reconstruction and Visualization for Single High Resolution Satellite Image, Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp.5009-5012, 2007.
- 2) A. Meslem, F. Yamazaki, Y. Maruyama : Evaluation of Buildings Quality and Soil Condition in Boumerdes City Using Damage Data Following the 2003 Algeria Earthquake, Proceedings of the 9th International Conference on Structural Safety and Reliability, CD-ROM, pp. 3152-3159, 2009.
- 3) European Seismological Commission, 1998. European Macroseismic Scale 1998.