

デジタル空中写真測量に基づく新潟県中越沖地震における建物倒壊の把握

06T0033M 田代 啓
指導教員：山崎 文雄，丸山 喜久

1. 研究の背景と目的

大規模な地震が発生した際、有効な対策を取るためには迅速な被害状況の把握が重要である。しかし災害発生直後には被災地への立ち入りが困難であったり、被害が広範囲に及んでいたりする 경우가多く、直接被害状況を把握することは難しい。そこで衛星画像や空中写真が被害状況を把握するのに有効な手段だと考えられる。我が国では、大規模災害が発生した際にはさまざまな機関が空中写真の撮影を実施し、種々の方法で被害の判読や抽出が試みられてきた¹⁾。しかし空中写真では対象物の上面のみしか映っていないため、例えば建物のある階層が潰れていても屋根の見た目に変化が少ない場合は、その被害を把握することは困難な場合が多い。そこで本研究では地震前後のデジタル空中写真を用いて空中三角測量を行い、建物の高さを取得することで、地震による建物倒壊を把握することを目的とする。

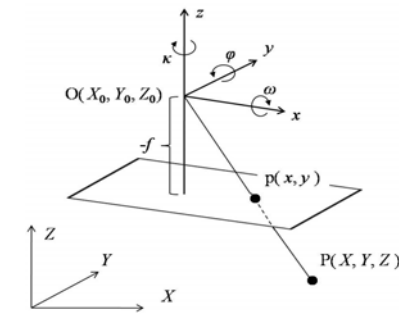


図-1 カメラの位置、傾きと共線条件

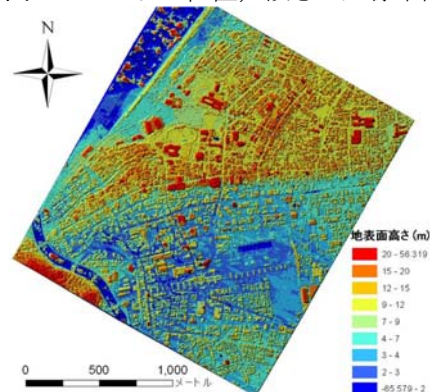


図-2 地震前の空中写真より作成した DSM

2. 使用データ

本研究では 2007 年 7 月 16 日に発生した新潟県中越沖地震において多大な被害を受けた柏崎市を対象地域とし、地震前の画像は同年 4 月 27 日に柏崎市が UCD (UltraCam-D) を用いて撮影したもの、地震後は発生 3 日後の 7 月 19 日にアジア航測(株)が DMC (Digital Mapping Camera) で撮影した画像を使用した。また、空中写真測量にはアジア航測の三次元数値図化システム「図化名人」を使用した。

3. 研究の手法

図化名人における空中写真測量の概要を示す。まず標定図に撮影主点を登録し、対地高度やカメラの焦点距離、レンズディストーション係数など撮影の基本情報や内部標定要素を登録する。このときデジタル空中写真であればスキニングの手間を省くことができ、内部標定要素のずれも無くなる²⁾。

次に写真が撮影された際のカメラの位置と傾きを求め、共線条件に基づき写真座標と地上座標とをバンドル法を用いて調整する³⁾。共線条件とは図-1のように地上の対象点 P と投影中心 O、写真上の像 p が一直線上に並ぶことで、カメラの地上座標での位置 (X_0, Y_0, Z_0) と航空機のロール、ピッチ、ヨーによる傾き (ω, ϕ, κ) を外部標定要素と呼ぶ。

撮影時に POS システム等が運用されていれば

GPS/IMU による数値を直接知ることができ、これを近くの電子基準点のデータを用いて同時調整することによって正確な外部標定要素を得られる。この外部標定要素が直接得られなかった場合は、図化名人上で写真をパスポイント、タイポイントで接続し相互標定を行い、さらに基準点と呼ばれる GCP を用いてバンドル標定を行うことにより算出する。

標定の結果を用いて写真の偏位を修正したのち、ステレオマッチングにより Digital Surface Model (DSM) を取得する。対象地の数値標高モデル (DEM) を用いれば、対象についての設定から計測までを全自動で行うことができる。こうして得られた標高値から ArcGIS 上で三次元のサーフェスを作成し、地震前後のデータの差分を計算する。

4. 崩壊建物の抽出結果

本研究で使用した地震前の画像については正確な外部標定要素が得られたが、地震後の撮影は被災状況を把握することが目的であったため、GPS/IMU による直接定位のデータしか得ることができなかった。今回に限らず大規模な地震の直後では地盤変位の影響で電子基準点データの使用が制限されることも多く、正確な外部標定要素を直接得られないこと

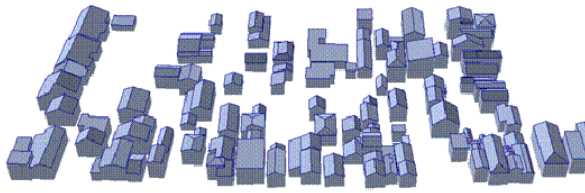


図-3 事前画像より取得した3次元建物モデル

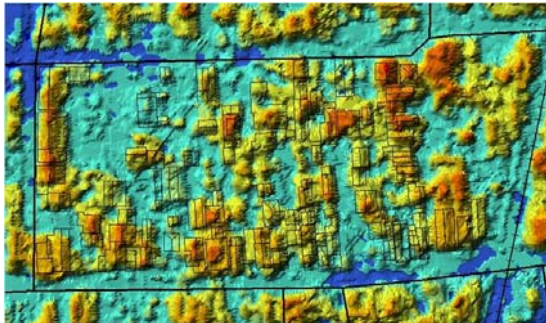


図-4 事後画像より自動取得したDSM

が想定される．そのため地震前のステレオモデルから地震前後で変状の見られない地物の座標を測定し，これを基準点として用いて地震後画像の標定を行い，外部標定要素を調整した．この際，十分な精度を確保するために公共測量に準じて基準点を配置した⁴⁾．

この結果得られたDSMを図-2に示す．ステレオマッチングによるDSMの取得は最も詳細な場合で4画素おきになるため，平坦な場所でも理想的に事前画像は約0.67m，事後画像で約0.48mおきの計測になる．また撮影方向や時刻の違いから，影，ハレーション，倒れこみ方向の違いなどを原因とするエラーを含んでいると思われる．このような理由から，とくに建物など人工物においてその形を完全には再現できていないため，自動計測のDSMの差分を取ると，建物が倒壊した場所では標高値の減少が確認できるものの，ノイズが非常に多く建物倒壊を把握することは難しい．

そこで地震前の建物の形状をハードブレークラインとして与えることにより，より正確なDSMを用意する．今回は建物倒壊が多かった東本町3丁目の2つの街区について建物上面の図化を行い(図-3)，このブレークラインを用いて不整三角形網(TIN)を作成した．地震後画像については，即時性を重視し自動取得のDSM(図-4)を用いて差分を計算すると，およそ階層の高さである2.5m以上標高値が減少した箇所は図-5のようになった．空中写真より目視で判断したものに加え，屋根上面の変状が少ない倒壊家屋も捉えることができ，対象範囲内の倒壊15棟は全て捉えることができた．しかし地震後のDSMに前述のエラーが含まれているため，エリア的にエラーの広がる部分(右上の四角)を除いても，建物面積の半分以上を倒壊と誤抽出したものが4棟，一部

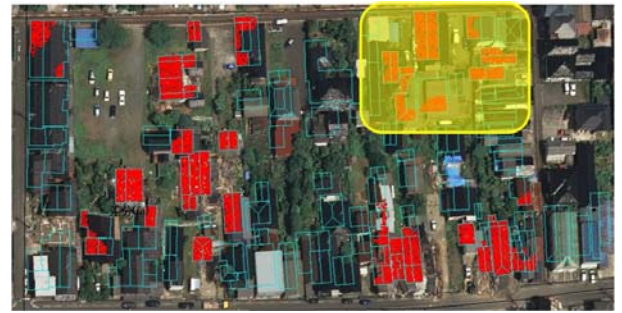


図-5 事前画像のみブレークラインを使用した場合の抽出結果
(右上は地震後DSMのエラーが大きいエリア)

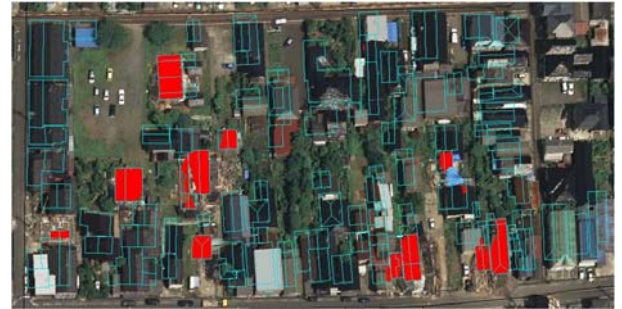


図-6 前後画像ともにブレークラインを使用した場合の抽出結果

を誤抽出したものは8棟ある．

また，地震後のステレオモデルに事前画像で作成した図化データを読み込み，地震後のブレークラインも取得した．図化機上で高さに変化のない建物では屋根の輪郭と図化データは一致するが，倒壊もしくは傾斜した建物では視差が変化するため，屋根の形状と図化データは一致しない．そのため自動で取得したDSMを用いる場合に比べ即時性に劣るが，正確に倒壊建物を把握することができる．この場合は図-6のように全ての倒壊建物をより正確に捉えることができた．

5. まとめ

本研究では地震前後のデジタル空中写真から写真測量を行い，地表面の高さを取得することで建物倒壊の抽出を試みた．自動計測によるDSMは誤差を多く含むため，事前に建物表面の形状をブレークラインとして取得しておくことで，地震後画像から自動で計測したDSMを用いてもある程度正確に判断することができた．

参考文献

- 1) 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(印刷中)．
- 2) 石垣智明：デジタル航空カメラ(DMC)の導入と運用，団法人日本測量調査技術協会 第26回技術発表会論文特集，2004．
- 3) 近津博文，熊谷樹一郎，佐田達典，鹿田正昭，淵本正隆：空間情報工学概論，社団法人日本測量協会，2005．
- 4) 国土交通省国土地理院：<http://psgs.v.gsi.go.jp/koukyou/download/download.html#sagyou>