

垂直航空写真の輪郭線指向特性に基づく建物瓦礫部の自動抽出に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○源 貴志 徳島大学大学院 正会員 成行 義文
本州四国連絡高速道路(株) 非会員 安部 真理子 徳島大学大学院 正会員 三神 厚

1. はじめに

兵庫県南部地震では、倒壊家屋の瓦礫や電柱の倒壊・傾斜等により比較的幅員の狭い道路が数多く閉塞した。これにより、災害時の緊急輸送車両の通行が妨げられ、迅速な救助・復旧活動に大きな支障をきたすことになった。この経験により、地震発生直後の被害状況を迅速かつ的確に把握することが防災上極めて重要であることが再認識されるようになった。しかし、一般に都市直下型地震などの大規模災害では被害が広域にわたるため、被害状況の把握に多大な時間と労力を要する。そこで本研究では、その広域性・即時性から大規模災害時において様々な被害状況の把握に有用であると考えられる垂直航空写真¹⁾の画像解析を行い、物体の輪郭線(エッジ)情報のみから建物瓦礫部を抽出する手法について検討した。

2. 瓦礫部抽出手順

図1に本研究の瓦礫部抽出手法の流れ(①→⑦)を示す。以下に、ステップ④～⑦について説明する。なお、ステップ①～③については参考文献2)等を参考にされたい。

3. 瓦礫部の目視判読と抽出精度評価式

本研究では、3種の教師画像(1, 2, 3)において目視により明らかに瓦礫であると認識される部分のみを目視判読の対象箇所とし、各カラー画像を32ピクセル×32ピクセルのメッシュに分解して、各メッシュ単位で瓦礫部か否かを判断した。

瓦礫部抽出精度は式(3.1)の抽出正答率(R)により評価した。ここに、 n_e ：抽出されたピクセル数、 n_c ：正しく抽出されたピクセル数。

$$R(\%) = 100 \times n_c / n_e \quad (3.1)$$

4. 輪郭線の特徴パラメータと方向成分の検出

輪郭線情報から得られる特徴パラメータを示す。すべての黒色画素は、図2の赤色セルに示される端点、分岐点、交差点と黒色セルの連結点で示される。本研究では、連結点以外を特徴点とし、画像中に含まれる特徴点の総数を特徴点数と呼ぶこととする。特徴点以外の輪郭線の特徴をみるため、特徴点間に特徴点から連結数が8ピクセルごとに代表点を設けた。また、代表点間の連結数が4ピクセルに満たない場合は、連結点に設けていた代表点を設けないこととした。無被害部分は瓦礫部分に比べて規則正しく直線的に並んでいることから、代表点間の線要素の方向成分について検討することで瓦礫部分を抽出することができると考えられる。そこで、代表点と次の代表点の座標値の勾配を基に水平方向に対する角度を算出し、その角度を16方向に分類し、ヒストグラムで表示を行った。横軸は方向をとり、縦軸は方向成分ごとの線分の頻度を表している。

5. 瓦礫部判定のための評価指標と閾値の設定

瓦礫部抽出のための評価指標及びその閾値についての検討を行う。フラクタル次元を用いた瓦礫部抽出手法²⁾を3種の教師画像に適用し、瓦礫部として誤抽出された無被害部の画像と瓦礫部を含む画像(以降、それぞれ「無被害部」、「瓦礫

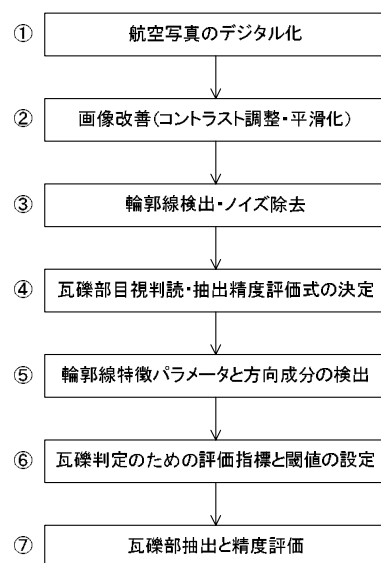


図1 瓦礫部抽出手法フロー

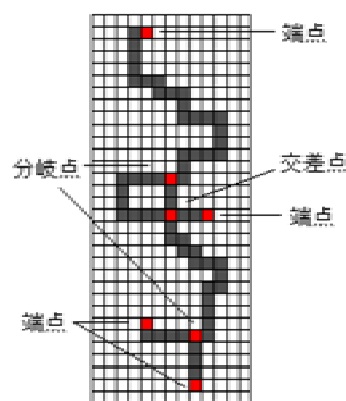


図2 特徴点

キーワード 瓦礫部抽出, エッジ情報, 特徴点, 兵庫県南部地震, 垂直航空写真

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地 徳島大学大学院先端技術科学教育部 源 貴志

Email:minamoto@ce.tokushima-u.ac.jp

部」とする)を例画像としてそれぞれ 24 枚と 12 枚作成した。これらの例画像を対象として 4. で示した各方向における輪郭線要素の個数のヒストグラムを作成するとともにそれらの標準偏差を求めた。図 3 に例画像とそれらの各ヒストグラムを示す。このヒストグラムの標準偏差の値を AI 値とする。また、無被害部は直線的な輪郭線を構成する線が多いと考えられるため、直線的な輪郭線のための代表点により算出された方向成分のヒストグラム(図 4)についても検討した。標準偏差 σ の値に大きな差は見られないが、瓦礫部のヒストグラム(図 4(b)右)は無被害部のヒストグラム(図 4(b)左)よりも緩やかに変化している。そこで、図 4 のヒストグラムの隣り合う方向成分の値の差から新たなヒストグラム(図 5)を作成した。これより、無被害部よりも瓦礫部の方が標準偏差が小さくなり、瓦礫部と無被害部の標準偏差に差異を生じさせることができることが分かった。このときの標準偏差の値を Ne 値とする。各画像の無被害部の AI 値と Ne 値をそれぞれ瓦礫部の AI 値と Ne 値と比較すると、瓦礫部は無被害部よりも小さい値をとることが多いが、あまり明確な差が出ていない。そこで、瓦礫部は無被害部よりも特徴点数が多い傾向にあることから、各画像の特徴点数(F)で Ne 値と AI 値をそれぞれ割った。図 6 は、評価値を特徴点数(F)で割った値の分布で、縦軸にそれぞれ AI/F 値と Ne/F 値をとり、四角形が無被害部、ひし形が瓦礫部の値を示している。値の分布が見やすいように示すように無被害部と瓦礫部の値をずらして表示している。ほとんどの画像で瓦礫部の Ne/F 値と AI/F 値が、無被害部よりも小さくなっている。このことから、各画像の特徴点数(F)で Ne 値と AI 値をそれぞれ割った値を評価指標値として用いる。次に閾値の設定を行う。3 種の教師画像に本手法を適用し、図 6 を参考に試行錯誤的に閾値を設定した。これにより閾値を AI/F 値、 Ne/F 値についてそれぞれ 0.044, 0.011 とした。設定した両閾値よりも値が小さければ瓦礫部として判定する。瓦礫部を抽出する際には、対象画像を 1 辺が 128 ピクセルの正方形に分割し検索を行う。また、瓦礫部として判定された場合は、その周辺についてもメッシュを一定距離ずらして検索し、瓦礫部の抽出を行う。

6. 瓦礫部抽出と精度評価

新潟県中越地震発生から三日後の柏崎市街付近の航空写真(1/10000 の縮尺で撮影後、二倍に引き伸ばされ縮尺が 1/5000 となっている。)から、1 辺が 3072 ピクセルの画像を作成し、本法を適用した。その結果、抽出正答率(R)は 75%であった。図 7 より、抽出部は目視判読部に近い分布となっているが、目視判読部の一部しか抽出されていない部分もあることが分かる。また、植生部において誤抽出が比較的多かった。

7. 結論

本研究は、兵庫県南部地震ならびに新潟県中越地震発生後に撮影された垂直航空写真を対象とし、それらの輪郭線画像の指向特性を考慮した評価指標を用いて、建物瓦礫部の抽出を行うとともにその抽出精度等について検討したものである。その結果、各メッシュ画像における輪郭線要素の指向特性を考慮した評価指標を用いることで、建物側面・自動車ならびに横断歩道等に見られる輪郭線形状と瓦礫部の輪郭線形状とを自動的に識別することができ、瓦礫部を比較的高い精度で判別できることが分かった。今後、瓦礫部と良く似た輪郭線指向特性を有する植生部を瓦礫部と識別する方法について検討する予定である。

参考文献: 1) アジア航測(株): 阪神・淡路大震災 航空写真, 1995. 2) 成行義文, 永井啓介, 平尾潔, 源貴志: 垂直航空写真を用いた木造建物倒壊箇所の自動抽出, 土木情報利用技術論文集, vol.4, pp145-156, 2005. 3) 安部真理子, 成行義文, 平尾潔, 源貴志: 地震時空中撮画像のエッジ情報に基づく建物瓦礫部の抽出に関する研究, 第十二回技術研究発表会講演概要集, pp96-97, 2006

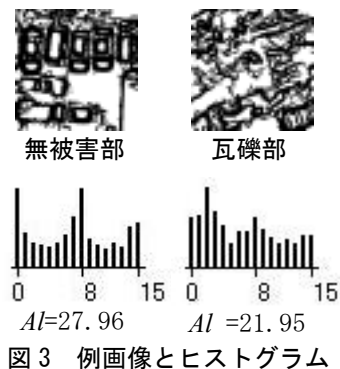


図 3 例画像とヒストグラム

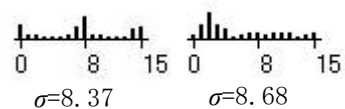


図 4 直線的な輪郭線のヒストグラム

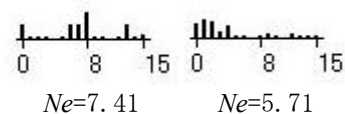


図 5 隣り合う方向成分の差によるヒストグラム

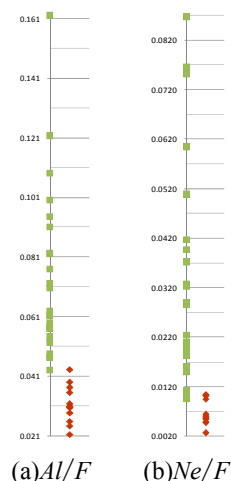


図 6 評価指標を特徴点数で割った値の分布

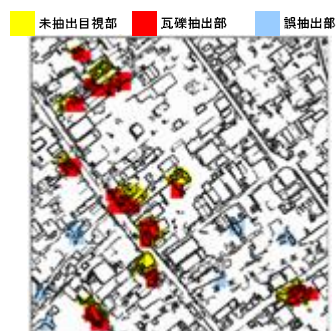


図 7 抽出結果