

ファジィ推論を用いた空撮画像における瓦礫部抽出

ESRI ジャパン株式会社 正会員 ○中野 敦人
徳島大学大学院 正会員 佐藤 弘美

徳島大学大学院 正会員 成行 義文
徳島大学大学院 学生員 加賀谷 俊介

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、被害状況を正確かつ迅速に把握できなかったことが、自治体や国の初動対応の遅れを招き、それが被害拡大の一因となった。今年3月11日に発生した2011年東北地方太平洋沖地震のように被害地域が極めて広い場合には被害状況全体の把握はさらに容易ではない。今後、東海、東南海、南海地震等の海洋型巨大地震の発生ならびにその連動が懸念されており、いずれにしても被害が広範囲に及ぶことは避けられないと思われる。従って、地震発生後、広域の被害状況を迅速かつ正確に把握し得る手法の開発は喫緊の課題である。これまでも瓦礫部等の被害箇所を抽出するための様々な手法が研究・提案されているが、本研究では、ファジィ推論を用いてあいまいだが確かな人の感覚に近い抽出能力を有する瓦礫部抽出法について検討した。

2. 瓦礫部抽出指標

本研究では、兵庫県南部地震直後の空撮画像¹⁾を対象とし、参考文献2)、3)で使用されたフラクタル次元とエッジ方向成分の特徴を検討した。

フラクタル次元は、複雑さを定量的に評価する指標で、複雑であるほど次元は高くなる。往々にして、瓦礫部ほど複雑に見えることから採用された。算出方法は参考文献2)もしくは4)を参照されたい。実際に図1に示す(i)では1.18、(ii)では1.38となる。しかし、横断歩道やマンションの窓などのエッジが密になる箇所では、フラクタル次元が高くなり瓦礫部と判断される(図2)。この問題を解決するため、人工物は規則的な直線成分で構成されているものがほとんどであることに着目し、次に説明するエッジの方向成分を導入することとした。

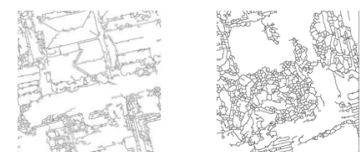
図3のようにエッジ上の各画素において、端点、分岐点、交差点および角点の特徴点、そして特徴点間に設ける代表点を作成し、それらの隣り合う2点から得られる方向成分の分布を算出する。これらの分布から標準偏差等を算出し、エッジ指標(式(1.1)、(1.2))を試行錯誤的に作成した。式中 F_{σ} は特徴点のみ、 R_{σ} は代表点も加えた場合の標準偏差、 Num_B は特徴点のみ、 $NumFRep$ は代表点も考慮したときの2点一組としたエッジ線の総数、 Ave_BL はその2点間の直線距離の平均である。図4は3種類の画像の各指標値をプロットしたもので、図のような傾向が見て取れた。なお、図4(ii)は低解像度に当てはまる特徴である。

瓦礫部に対するフラクタル次元とエッジ指標の傾向は次のようである。

- ・ 瓦礫部ではフラクタル次元は高くなる傾向がある。
- ・ エッジ指標1は低くなり、エッジ指標2は他との中間的な値を持つ傾向がある。

3. ファジィ推論とメンバーシップ関数

ファジィ推論とは、ファジィ集合を用いて人の日常的推論を模擬する方法である。これまでの手法では異なる画像に対して統一的に瓦礫部を判断することは困難であった。教師画像を集めれば解決されるかもしれないが、それには教師画像



(i) 非瓦礫部 (ii) 瓦礫部

図1 非瓦礫部と瓦礫部のエッジ画像



(i) 横断歩道 1.41 (ii) 瓦礫部 1.38

図2 横断歩道と瓦礫部のフラクタル次元

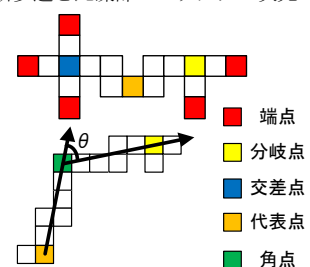
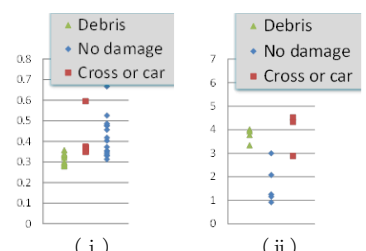


図3 エッジ特徴点および代表点

$$\text{エッジ指標1 } I_1 = \frac{F_{\sigma} \times Ave_BL}{Num_B} \quad (1.1)$$

$$\text{エッジ指標2 } I_2 = \frac{R_{\sigma} \times F_{\sigma}}{NumFRep} \quad (1.2)$$



(i) エッジ指標1 (ii) エッジ指標2

図4 エッジ指標の特徴

キーワード：ファジィ, エッジ, フラクタル次元, エッジ方向成分, 空撮画像, 地震

連絡先：〒東京都品川区小山 ESRI ジャパン株式会社 中野敦人

E-mail:the_tears_of_stars@yahoo.co.jp

が必要であり、それも困難である。しかし、人は多少状況が違っていても対応することができる。それは人が有する不確かだが、正確な判断基準によるものであり、本研究ではそれに着目し、ファジィ推論を導入した。その際、判断基準をファジィ集合で定義する必要がある。ファジィ集合とは、メンバーシップ関数によって、通常の集合のように2値的判断ではなく、一般的に1から0の間の実数値により帰属の程度を表現することができる。この表現によってあいまいな感覚を定義付け、これに従い瓦礫部を判断させる方法となる。

本研究では2で紹介したフラクタル次元及びエッジ指標と結論に関して、瓦礫部か否かのファジィ集合を図6に示す。手法はmin-max 重心法^{4), 5)}を用い、得られる結論を瓦礫度合いとして捉え、瓦礫部を抽出する。

4. 抽出結果

抽出結果を図6に示す。図中のカラーバーは赤いほど瓦礫度合いが高いことを示している。図よりわかるように、目視瓦礫部をほぼ捉えている。また、2で紹介したフラクタル次元が高くなる横断歩道などは、エッジ指標によって抽出を防ぐことができている。しかし微小ながら抽出された箇所も多々あり、このままではどの部分を信頼すべきかが示されないため、次に示す瓦礫部評価方法を提案する。

5. 瓦礫部評価方法の提案

本研究で提案する手法では、エッジが存在しない箇所は抽出されない。ゆえに、もしエッジが出現しない屋根を残した瓦礫部ならば、抽出されない。しかし瓦礫部はある程度の広がりをもっていると考えられるため、その部分の周辺の瓦礫部は抽出される可能性が高い。その場合、通常の評価では誤抽出として判断されがちであるため、本研究では瓦礫部と判定された領域の周辺を考慮した評価を下すことにする。それは、比較的連続する瓦礫部群をひとつの領域として捉えたとき、その重心を中心とした楕円エリア（以下 瓦礫部評価エリア）で周辺を考慮するという方法である（図7）。過大評価を避けるため、形状（細長いなど）を考慮すると楕円がより良いと判断した。その結果の一例を図8に示す。そして、この瓦礫部評価エリアがどれだけ、目視瓦礫部を捉えられているかを評価してみると、この例では正抽出率 75%、誤抽出率 58%となる。

6. 結論

本研究では、ファジィ推論を用いた空撮画像における瓦礫部抽出方法について検討した。その結果、本手法は、フラクタル次元とエッジ指標の両者の特徴を総合的に処理することで、より妥当な範囲で評価し得る手法であることが分かった。また、現在様々な入手可能な情報もファジィ推論に組み込むことは可能で、より汎用性と精度を上げることが可能である。今後、評価結果は瓦礫部の可能性を表すとの立場から、抽出箇所を数種のカテゴリーに分別し、災害対応の基準として示す予定である。

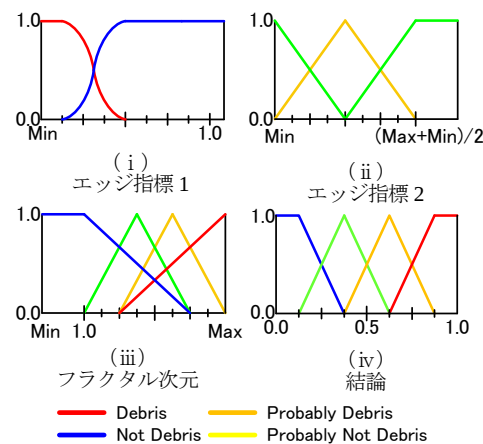


図5 メンバーシップ関数

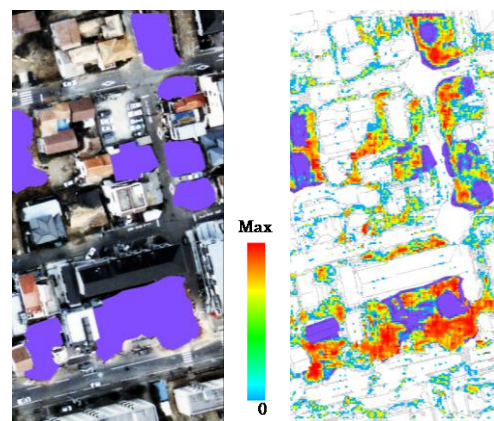


図6 抽出結果

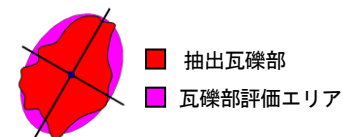


図7 瓦礫部評価エリア

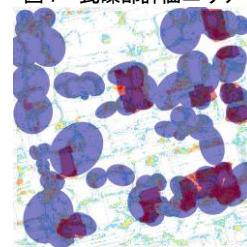


図8 瓦礫部評価結果

$$\text{正抽出率} = \frac{\text{目視瓦礫領域内の瓦礫部評価エリア面積}}{\text{目視瓦礫領域総面積}} \quad (2.1)$$

$$\text{誤抽出率} = \frac{\text{目視瓦礫領域以外の瓦礫部評価エリア面積}}{\text{瓦礫部評価エリア総面積}} \quad (2.2)$$

参考文献：1) アジア航測(株)：阪神・淡路大震災 航空写真，1995。2) 竹下裕也、成行義文、安部真理子、源貴志：地震災害空撮画像に基づく建物被害エリア判定手法の改良に関する研究，土木学会四国支部第14回技術研究発表会講演概要集，pp.90-91，2008。3) 源貴志、成行義文、安部真理子、佐藤弘美：航空写真におけるエッジ方向特性を利用した建物被害部の自動判別に関する基礎的研究，土木情報利用技術論文集，Vol.17，pp.233～242，2008。4) 中野敦人、成行義文、源貴志：ファジィ理論に基づく空撮画像における瓦礫部抽出法，第13回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.612-619，2010。5) 日刊工業新聞社，日本ファジィ学会編集：講座ファジィ5，ファジィ制御，1993。