

航空写真の画像解析に基づく墓石の転倒率の推定

02T0031K 日塔 哲広
指導教員：山崎 文雄

1. 研究の背景と目的

航空写真はその解像度の高さ（地上解像度：約10cm～50cm）と画像データの入手が容易になったことで、防災の分野においても大いに利用されるようになってきた。兵庫県南部地震（1995）や新潟県中越地震（2004）の地震発生直後にも多くの航空写真が撮影された。

また地震大国の日本において強震計がなかった時代、被災地の地震動の強さを推定するために『墓石の転倒率』は重要な一つの指標であった。強震計が存在する今日でさえも強い地震が発生すると専門家により墓石転倒率調査が行われている。

そこで本研究では新潟県中越地震の発生直後に撮影された、新潟県中越地方の航空写真画像を用いて、墓石の転倒率を画像解析により推定することを目的とする。全国各集落に必然的に存在するという墓地の普遍性を活かし、墓石の転倒率が空撮画像により推定できれば広い地域における密な地震動の強さの把握が期待される。

2. 画像処理の流れ

2-1. エッジ要素の抽出

デジタル画像処理において物体の認識や画像解析を行うためにまず線・輪郭を抽出することが多く、明るさが急激に変化し濃淡パターンが連続している部分を『エッジ』とよぶ。

一般に航空写真画像は三原色（赤緑青）の RGB 空間のカラー画像であるが、これを三属性（色相・彩度・明度）の空間に変換し、そこから明度の情報だけを取り出し、各ピクセルには輝度値（明るさの値）だけが含まれた画像を用いる。この画像中のあるピクセルを注目画素とした時に、そのピクセルを中心に最隣接する 8 個のピクセルとの輝度値の相関から計算によってエッジを検出する。これによって検出されたエッジは「大きさ」と「方向」をもつベクトル量であり、これから画像解析を行うにあたってこの 2 つのパラメータをもとに検討していく。

2-2. エッジ方向成分

一般的に各墓石は立方体に加工された石を基本に構成され、お墓は正面に対して水平に一定のラインで規則正しく並んでいる。つまり墓地の平面においてお墓の正面に水平な方向を x 方向、奥行き方向を y 方向とするならば、正常な墓石の画像から抽出

されるエッジには多くの x, y 方向の成分が含まれ、転倒している場合は x 軸, y 軸に対してある角度をもつ斜めのエッジの成分が多く含まれることが想定できる。そこで地震後の航空写真画像の墓石部分から得られるエッジの方向成分を「縦横」と「斜め」に分類し、これから転倒率の推定を試みた。



図1 正常な墓（左）と転倒した墓（右）

3. エッジ検出オペレータの適用

3-1. テンプレート型エッジ検出オペレータ

Prewitt の開発した 3×3 のウィンドウテンプレートを用いて検出されたエッジの方向成分はテンプレートによって 8 方向に分けられる。その方向成分を縦横（注目画素から 0, 90, 180, 270 度）と斜め（45, 135, 225, 315 度）に分類し比率をとった。

まず実際の航空写真画像に適用する前段階として、消しゴムを墓石に見立てたシンプルなモデルを 20 個用意し 4 個ずつ転倒させ（転倒率を 20% ずつ増加させ）真上からデジタルカメラで撮影した画像を用いてそれぞれについて比率をとった。表 1 の結果によると全体的に転倒率の増加とともに斜め成分が増加する傾向であると言える。ただし基準軸方向に転倒するなど転倒の仕方によっては縦横成分が増加することもある。

表1 消しゴムモデルの転倒率

転倒率 (%)	0	20	40	60	80	100
縦横 (%)	66.2	63.8	62.7	60.1	60.7	58.5
斜め (%)	33.8	36.2	37.3	39.9	39.3	41.5

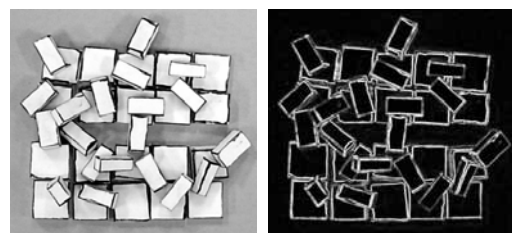


図2 消しゴムモデル（左）とエッジ強度画像（右）

次に解像度は航空写真画像よりも劣るが商業衛星としては最も高い解像度をもつQuickBird衛星(地上解像度:約60cm)により撮影された,イラン・バム地震(2003)によって被害を受けたバム市一帯を捉えた地震前後の画像を用いて,建物被害の大きい3地点(A,B,C)でそれぞれ比率をとった.表2の結果によると多くの建物が被害を受け瓦礫になりこれが細かいランダムな方向をもつエッジを生み出し,3地点ともに地震前後で斜め成分の増加につながったと言える.

表2 地震前後の建物被害

地点	A 前	A 後	B 前	B 後	C 前	C 後
縦横 (%)	64.3	60.1	63.7	59	63.4	62.6
斜め (%)	35.7	39.9	36.3	41	36.6	37.4

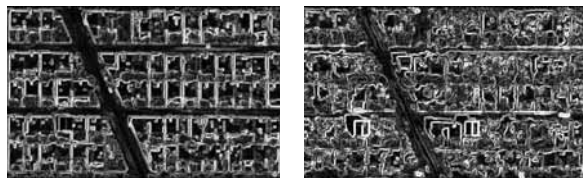


図3 バム市における地震前後のエッジ強度画像
地震前(左),地震後(右)

以上の検討をふまえて新潟中越地震直後に撮影された,堀之内の関越自動車道付近や小千谷市など被害の大きな地域における墓石の航空写真画像を用いて同様にエッジ方向の比率をとった.この地域からお墓の並びが一様で規則正しい墓地を10地点選び比較したところ,いずれの地点においても縦横成分が約6割,斜め成分が約4割という結果をえることができた.



図4 墓石の航空写真画像とエッジ強度画像
堀之内関越自動車道付近(上),小千谷市内(下)

3-2. 差分型エッジ検出オペレータ

Sobelの開発した 3×3 のウィンドウテンプレートを用いて検出されたエッジの方向成分は差分によってx軸となす角とすると -90° 90° になる.

画像にエッジフィルタを適用すると墓石の輪郭の

エッジ以外にも周囲に広がる強度の弱いエッジをも検出し方向頻度に大きく影響してしまう.そこでより精度の高い方向頻度を得るために,墓石の竿石にみたてた立方体のスチロールを用いてエッジ強度を算出し,図5のようにエッジ強度ヒストグラムから弱エッジとする閾値を決め除去した.

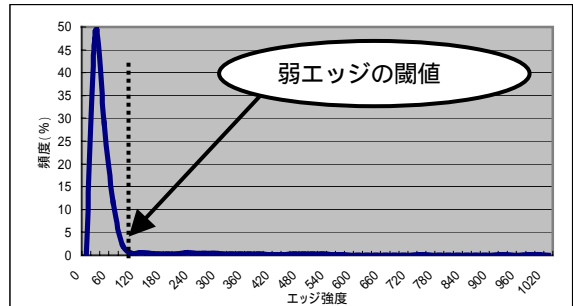


図5 エッジ強度ヒストグラム

以上のように弱エッジの閾値を決め除去し弱エッジ除去の前後による方向頻度の比較をした.図6は立法体をx方向から45度回転させた画像にエッジフィルタを適用させたものであり,表3の結果からも卓越すべき箇所での精度の高さがうかがえる.

表3 方向頻度比較(%)

弱エッジ除去	除去前	除去後
$(-50^\circ) < (-40^\circ)$	7.4	13.9
$40^\circ < 50^\circ$	10.8	63.3
計	18.2	77.2

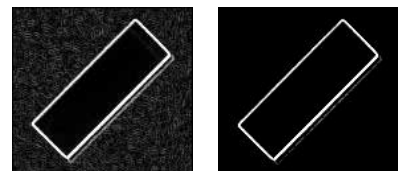


図6 エッジ強度画像 除去前(左),除去後(右)

4. まとめ

本研究では,航空写真の画像解析により,地震による墓石の転倒率を自動抽出する方法を検討した.モデルを用いてエッジに着目した画像処理を行うことで,墓石の転倒がエッジ方向に影響を与えることが分かった.さらに弱いエッジを除去することで抽出したい部分のエッジ方向の精度を高めることができた.今後はモデルを用いて解像度の違いや光の当たり方の違いによる検討を行う必要がある.

5. 参考文献

- 1) 高木幹雄・下田陽久:新編 画像解析ハンドブック,財団法人 東京大学出版会,2004
- 2) 田中邦一・青島正和・山本哲司・磯部邦昭:フォトショップによる衛生画像解析,株式会社 古今書院,2003
- 3) 岡田恒男・土岐憲三:地震防災の事典,株式会社 朝倉書店,2000