航空写真の画像解析による高速道路地震被害の把握

千葉大学 工学部 都市環境システム学科　正会員　丸山　喜久，山崎　文雄
中日本高速道路株式会社　中央研究所　正会員　用害　比呂之，土屋　良之

１．はじめに　2004 年 10 月 23 日 17 時 56 分に発生した新潟県中越地震（M_{JMA} = 6.8）では，地震発生直後の 17 時 58 分から新潟県全域，長野県，群馬県の一部など広範囲にわたり通行止めが実施された．その後，地震によって発生した高速道路被害の応急復旧が行われた結果，11 月 5 日に関越自動車道の長岡 IC～小出 IC 間の片側一車線での開通をもって全線で応急復旧が完了し，11 月 26 日の 16 時に同区間で片側二車線での走行が可能となった．航空機，ヘリコプター，人工衛星などにより被災地の上空から得られる画像・映像情報は，その広域性・情報量から大規模な災害時に被害状況を把握するうえで非常に有効である．そこで本研究では，国土地理院によって撮影された航空写真を用いて，画像解析によって高速道路被害を把握する手法を検討した．

２．高速道路被害把握のための画像解析手法　国土地理院では，新潟県中越地震発生の翌日の 2004 年 10 月 24 日に長岡，小千谷，十日町地区の空中写真を，10 月 28 日に見附市，栃尾市，守門岳地区の航空写真を撮影している．一部の航空写真には高速道路も撮影されている．航空写真を用いると，高速道路被害箇所の目視判読を行うことが可能である [1]．しかし，目視判読には経験者が必要でかつ時間を要するため，画像取得の即時性を有効に使うことができない．そこで，画像解析をもとにした被害自動判読を試みる．

図 1 に，本研究の画像解析のフローを示す．ここでは，高速道路を中心とした空撮画像が地震発生直後に取得できたものと想定し，解析を進める．まず，対象とする航空写真を表色系 RGB から顕色系 HSI に変換する．一般に，デジタルカラー画像の表示や保存には RGB 表色系が用いられている．一方，人の感覚になじむといわれている顕色系では，色の種類を表す色相（Hue），色の濃さを表す色相（Saturation），明るいか暗いかを表す明度（Intensity）の 3 要素が扱われる．本研究では，HSI 変換によって得られる明度画像を用いて画像解析を行う．また，原画像には事前処理としてメディアンフィルタ [2]による画像の平滑化を行っている．

次に，対象画像に微分操作を行い道路路面を除去する．微分操作には，3×3 画素の Sobel フィルタ [2]による画像の空間領域のフィルタリングを用いた．車線やセンターラインなど画像に高速道路構成画素が含まれる場合，原画像の濃度値が急激に変化するため微分値の絶対値が大きくなる．しかし，道路路面のみの画像から得られる微分値は，画像全体の濃度変化が大きくないので-50~+50 という範囲に分布する（図 2）．以上の検討から，式(1)を用いて道路路面画素を判定することにした．

$$\left(|g_x| < cr\right) \cap \left(|g_y| < cr\right) \tag{1}$$

ここで，g_x，g_y は水平方向微分値，垂直方向微分値である．cr は，判定に用いた閾値である．

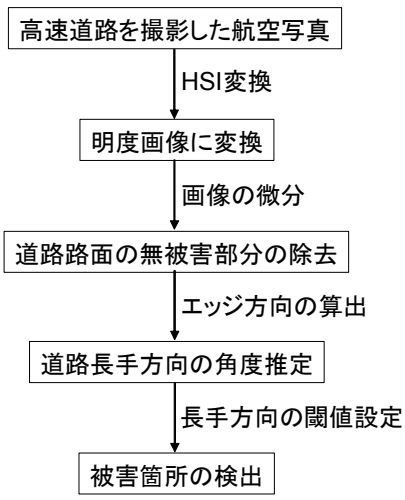
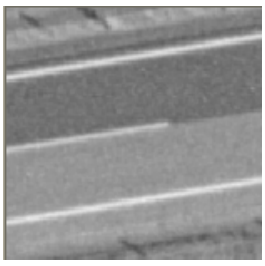
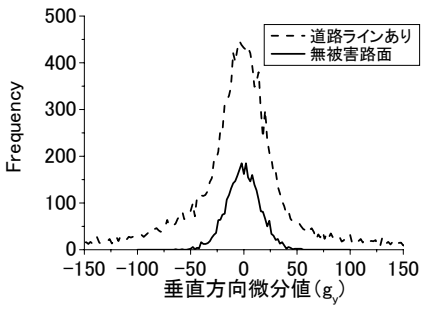


図 1　高速道路被害箇所抽出のための画像解析フロー



(a)　道路ラインを有する画像

(b)　無被害路面のみの画像



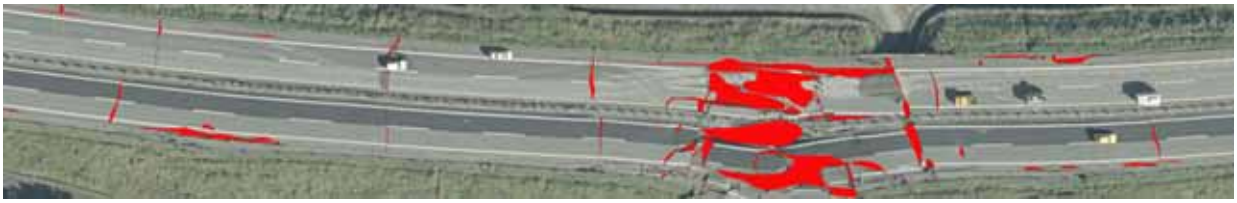
(c)　垂直方向微分値のヒストグラム

図 2　Sobel フィルタを施した画像と微分値のヒストグラム

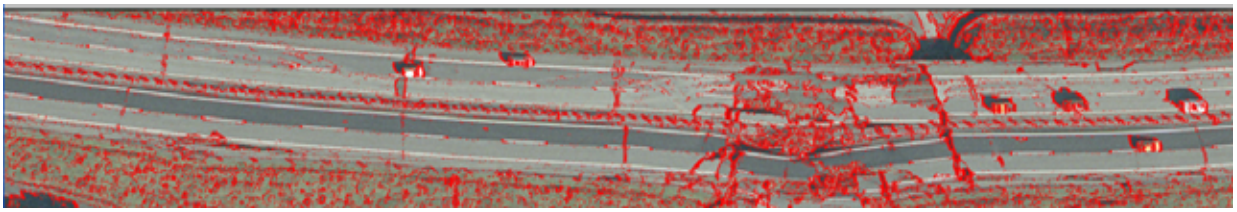
次に，路面除去を行った画像からエッジ（輪郭線）方向を算出し，道路長手方向の角度を推定する．エッジ方向を算出するには Prewitt オペレータなどを用いて 8 方向に分類する方法 [3]もあるが，ここでは Sobel フ

キーワード　航空写真　画像解析　新潟県中越地震　高速道路被害
連絡先：〒263-8522　千葉市稲毛区弥生町 1-33　Tel: 043-290-3528　Fax: 043-290-3558

(a) 214.5kp 周辺の航空写真



(b) 目視判読結果



(c) 画像解析結果

図 3 本手法による解析結果と目視判読結果の比較

ィルタによって得られる g_x, g_y から式(2)のように推定した [4].

$$\theta = \arctan(g_x / g_y) \tag{2}$$

推定された道路方向角度の±15°の範囲にある画素は，道路構成画素（センターラインなど）であるとし，その範囲外のエッジ方向を示す画素は，道路方向以外の輪郭線であるので地震によって生じた被害（路面のクラック，陥没など）と判別することにした．

３．画像解析手法の航空写真への適用 前章で述べた画像解析手法を新潟県中越地震後に撮影された航空写真に適用する．図 3 は，大規模な盛土崩壊が発生した関越自動車道の 214.5kp（越後川口 IC～堀之内 IC 間）付近をとらえた航空写真画像である．この画像に一連の処理を加えて，高速道路被害箇所を推定した．なお，図 3 には比較のために被害の目視判読結果も併せて示す．本手法では，高速道路以外の植生部のようにエッジ方向がランダムな場合と本線上に停車している車両は，道路長手方向以外のエッジ方向を示す画素を有しているため，被害箇所と判定されてしまうが，高速道路外であることは容易に判断できるので実用上の問題は無いと思われる．本手法による解析結果では，路面上に発生した被害については，目視で判読された被害はすべて画像解析結果でも被害と判定されている．ややノイズが見られる箇所もあり，検討課題は残されているが，地震直後の早期対応を支援するための大まかな被害分布を把握するのに役立つことができると思われる．

４．まとめ 本研究では，高速道路を撮影した航空写真を用いて，画像解析による新潟県中越地震で発生した高速道路被害の自動把握方法について検討を行った．高速道路周辺の植生や本線上の車両，影が被害と誤抽出されることが見られたが，本線上に発生した目視によって判読される被害はすべて抽出することができた．目視判読では被害の確認に時間を要するため，本手法で画像解析処理を施した結果を用いれば，高速道路のどの部分を重点的に検査する必要があるかなどを早期に適切に判断することが可能となると思われる．更なる被害推定精度の向上には，オブジェクトベースの被害把握の検討や画像解像度が被害抽出に与える影響などを検討していく必要がある．

参考文献

1) 丸山喜久，山崎文雄，用害比呂之，檜作正登，岡本拓：新潟県中越地震における高速道路被害状況と航空写真を用いた被害早期把握に向けた基礎的検討，土木学会地震工学論文集，Vol. 28, CD-ROM, 9p, 2005.
2) 安居院猛，長尾智晴：C 言語による画像処理入門，昭晃堂，2005.
3) 三冨創，松岡昌志，山崎文雄：最近の地震被害の空撮画像を用いた建物被害地域の自動抽出の試み，土木学会論文集，No. 703/I-59, pp. 267-278, 2002.
4) 佐治斉：航空画像を用いた被災地周辺の道路情報抽出，日本地震工学会大会－2005 梗概集，pp. 494-495, 2005.