

# リモートセンシング技術を活用した地震被害施設の 検知に関する研究

真田晃宏<sup>1</sup>・村越 潤<sup>2</sup>・杉田秀樹<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番)

<sup>2</sup>正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 室長  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番)

<sup>3</sup>正会員 工博 独立行政法人建築研究所国際地震工学センター 主席研究員 (〒305-0802 茨城県つくば市立原 1 番)

地震発生後、早急に適切な震後対応を実施するためには、被害の全容を迅速に把握することが必要である。このため、リモートセンシング技術を活用した、地震被害の迅速な検知方法の確立を目指しているところである。活用にあたっては、施設管理者等が要求するリモートセンシングデータの精度、検知までの所要時間等の条件への適合が必要である。筆者らは、現在利用可能または今後利用が想定されるリモートセンシング技術を対象に、取得データの精度、データ処理技術、データ処理時間を調査し、適用可能性および利用手順に関する研究を実施している。今回は研究の一環として、阪神淡路大震災で被災した施設を対象にリモートセンシング撮影画像を模擬的に作成し、それを基に被害の検知可能性について検討したので報告する。

**Key Words** : Remote sensing technologies, Damaged facilities by earthquake, Detection

## 1. はじめに

地震発生後、早急に適切な対策体制を確立するとともに、復旧活動を展開するためには、被害の全容を迅速に把握することが必要である。このため、リモートセンシング技術を活用した迅速な被害施設検知方法の確立を目指しているところであり、現在利用可能又は今後利用が想定されるリモートセンシング技術を対象に、データ精度、データ処理技術、データ処理時間等を検討し、適用可能性及び適用にあたっての利用手順を検討している。検討対象のリモートセンシング技術は表-1の通りである。

表-1 検討対象のリモートセンシング技術

プラットフォーム	センサ
<ul style="list-style-type: none"> <li>・人工衛星</li> <li>・気球、飛行船 (成層圏プラットフォーム)</li> <li>・航空機</li> <li>・ヘリコプター</li> <li>・UAV (Unmanned Air Vehicle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光学系センサ カメラ</li> <li>ビデオカメラ</li> <li>スキャナ</li> <li>・合成開口レーダー</li> <li>・レーザー プロファイラー</li> </ul>

この検討の一環として、阪神淡路大震災の被災施設の航空写真を基に模擬的に高解像度衛星撮影画像を作成し、検知性能について検討したので報告する。

## 2. 高解像度衛星撮影画像による被害検知

平成 10 年 12 月に情報収集衛星の導入について閣議決定がなされ、大規模災害等への対応等の危機管理のために必要な情報の収集を主な目的として、平成 14 年度を目途に情報収集衛星が導入されることとなった。地震被害は広域に分布するため、適切な災害対策体制を早急に構築する上で、人工衛星等のリモートセンシング技術を活用し迅速に被害状況を把握することは有益であると考えられる。

そこで、今回は、地震によって被災した構造物や液化化等の変状のリモートセンシング画像を模擬的に再現した画像に基づき、地上解像度の違いによる被害の検出可能性への影響、様々な被害現象に対する画像処理技術の適用性等について調査した。

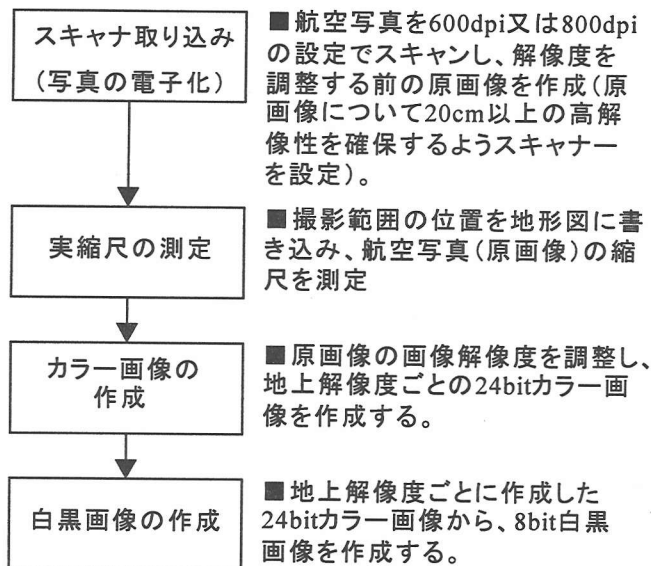


図-1 シミュレーション画像の作成方法

(1) 模擬的な撮影画像の作成

阪神淡路大震災の被災施設を撮影した航空写真をもとに、模擬的に高解像度衛星撮影画像を作成した。作成した模擬的な撮影画像は、24bit カラー及び白黒の地上解像度 10m、2m、1m、0.5m 及び 0.2m である。画像作成の流れは図-1 の通りである。

3. 被害検出方法

リモートセンシングデータから特定の情報を得るために使用される一般的な画像処理方法を分類したものが図-2 である。

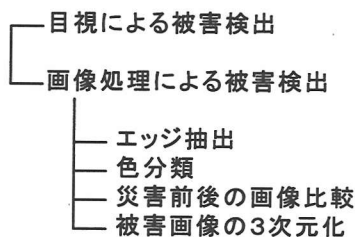


図-2 被害検出の方法

(1) エッジ抽出

地物の境界ではなく、隣り合う画素の色が変化している部分を抽出し表現する手法である。従って、地上解像度が低くなる(画素が粗くなる)につれてエッジ抽出された線は太くなり、被害状況の検出は困難になるものと考えられる。

(2) 色分類

教師データと各地点の色を比較し、各地点の被害の有無を判断する手法である。液状化や土砂災害等、

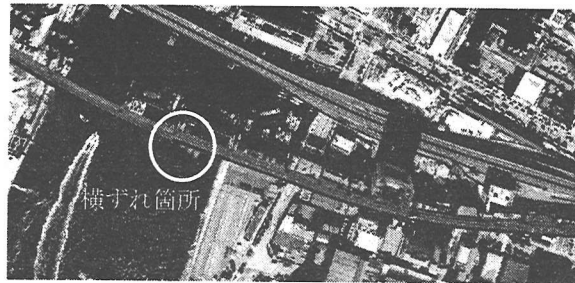


図-3 国道2号浜手バイパス被災状況(原画像)

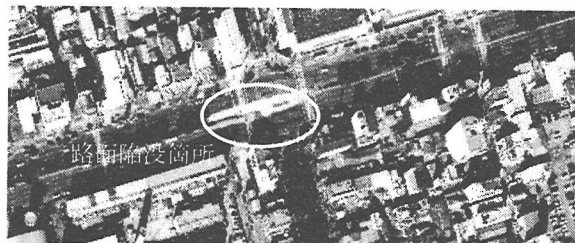


図-4 神戸高速鉄道大開駅被災状況(原画像)

被害地点と非被害地点との色の相違が明確な災害現象の検知に適する。

(3) 災害前後の画像比較

災害前画像と災害後画像を利用し、ある地点の色成分の差分を算出、差分が大きい画素を抽出する手法である。広範囲に広がる被災状況を抽出することに適する。

(4) 被害画像の3次元化

立体視可能な複数の画像をもとに画像を3次元化し、等高線図、鳥瞰図等を作成する手法である。これにより、災害状況をより具体的に把握できる。

今回は目視による被害検出、画像処理のうちエッジ抽出及び色分類についての検証結果を報告する。

4. 検証結果

(1) 目視による被害検出

2. (1)で作成した、カラー及び白黒各々につき5種類の地上解像度の画像に写る被害の状況について、肉眼での被害状況の検出可能性について検証を行った。検証対象施設は以下の4施設である。

a) 国道2号浜手バイパス

けたが支承より離脱して橋軸直角方向へ最大約2m程度横ずれした<sup>1)</sup>(図-3)。

b) 神戸高速鉄道大開駅

駅構内の中柱が被災し、その結果、地上部の国道28号路面が延長約90m、幅約23mにわたり最大2.5m程度陥没した<sup>1)</sup>(図-4)。

表-2 目視による被害判読（検出性）

検出性：被害箇所、状況等の情報は予め全く与えず異常箇所を検出できるかを調査した

被災施設	被害状況	地上解像度20cm		地上解像度50cm		地上解像度1m		地上解像度2m		地上解像度10m	
		カラー	白黒	カラー	白黒	カラー	白黒	カラー	白黒	カラー	白黒
西宮港大橋	落橋	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
浜手バイパス	高架橋横ずれ	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×
大開駅直上	路面陥没	○	○	○	○	△	×	×	×	×	×
神戸港中突堤	液状化	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
	土砂流出	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
	護岸被害	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×

○：検出可能 △検出おおよそ可能 ×：検出不可能

c) 阪神高速道路 5 号湾岸線西宮港大橋

橋長 52m、片側 3 車線の西宮港大橋の側径間単純桁桁橋部分の片端が約 25m 落橋した<sup>1)</sup> (図-5)。

d) 神戸港中突堤 (メリケンパーク)

重力式護岸が倒壊するとともに、液状化が発生した<sup>2)</sup> (図-6)。

検出に用いた画像の地上解像度と被害状況の検出状況を表-2 に示す。ここで検出状況とは、被害箇所、被害状況等の情報を予め与えない状況下で、画像から異常箇所を明快に抽出可能な場合を「検出可能」、懐疑的ではあるが異常箇所を抽出可能な場合を「検出おおよそ可能」、異常箇所を抽出できなかった場合を「検出不可能」としている。

a) 地上解像度 0.2m~0.5m

ほとんどの被害を十分検出できる。大開駅の崩壊に伴う路面陥没被害については、陥没しているか否かの検出は難しいが、路面亀裂等の変状を検出することは可能である。

b) 地上解像度 1m~2m

高架橋における規模の小さなずれは検出が困難になる。

c) 地上解像度 10m

ほとんどの全ての被害状況について被害箇所の検出が困難である。土砂の海域への流出はこの解像度レベルでもある程度判断可能であった。

(2) エッジ抽出

図-5 及び 6 は、各々、西宮港大橋の落橋被害、及び神戸港中突堤の液状化・護岸被害の模擬的な衛星画像とエッジ抽出処理を施した画像である。

西宮港大橋落橋箇所において、抽出されたエッジが乱れており被害が生じていることが確認できる。また、護岸の被災箇所においてもエッジが曖昧になっており、被害を確認することができる。しかし、抽出されたエッジに基づき液状化したエリアを確認することは困難である。これらのことから、施設形状が線状に広がるものについては、被災により線が

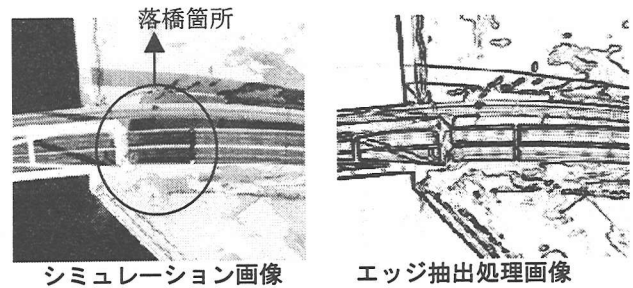


図-5 西宮港大橋落橋被災状況 (地上解像度 1m)

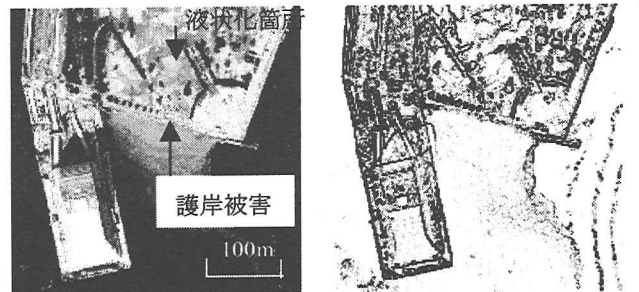


図-6 神戸港中突堤護岸被害・液状化被害 (地上解像度 1m)

乱れ抽出されるエッジが切れたり曖昧になったりすることにより被害を検知できるものと考えられる。しかし、液状化など面的に広がる被害現象に対してはエッジによる表現が困難であり、被害を検知することは困難であるものと考えられる。

図-7 は、図-5 に示す落橋被害の地上解像度を 4 段階に変化させた模擬的画像とそのエッジ抽出処理を施した画像である。解像度 1m 以上の高解像度の画像においては、落橋状況を確認することが可能であるが、地上解像度 10m の画像では被害箇所を判読することは困難である。

(3) 色分類

図-8 は、神戸港中突堤の液状化の模擬的画像及び色分類処理画像である。被害地域内で教師データを選択 (図-8 中の○印箇所) し、これをもとに、被害地域のエリアを判断した。地上解像度 2m 程度であれば、液状化エリアを特定できるものと考えられる。



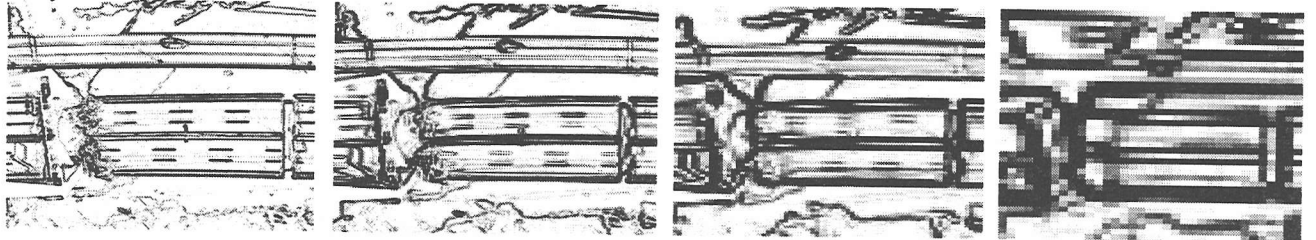
地上解像度 0.5m

地上解像度 1.0m

地上解像度 2.0m

地上解像度 10m

図-7 阪神高速道路 5号湾岸線西宮港大橋の落橋被害 (模擬画像)



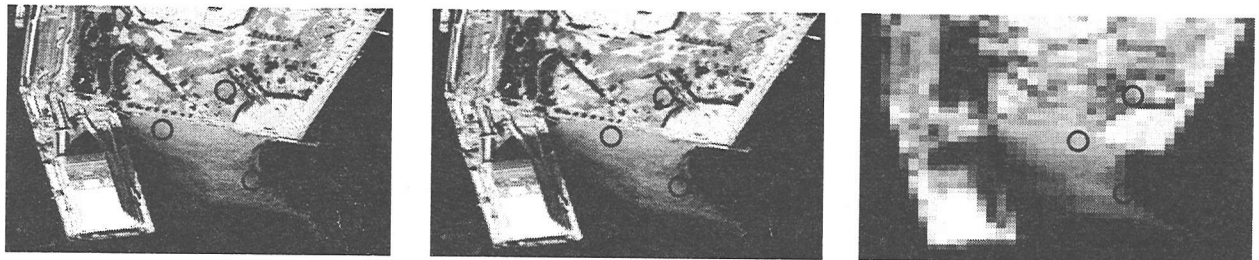
地上解像度 0.5m

地上解像度 1.0m

地上解像度 2.0m

地上解像度 10m

図-7 阪神高速道路 5号湾岸線西宮港大橋の落橋被害 (エッジ抽出処理画像)



地上解像度 0.5m

地上解像度 2.0m

地上解像度 10m

図-8 神戸港中突堤 (メリケンパーク) の液状化被害 (模擬画像)



地上解像度 0.5m

地上解像度 2.0m

地上解像度 10m

図-8 神戸港中突堤 (メリケンパーク) の液状化被害 (色分類処理画像)

## 5. まとめ

模擬的な高解像度衛星撮影画像を使用した落橋、液状化等の被害検知の可能性を調査した。調査結果は以下の通りである。

(1) 目視による被害の検知にあたっては、地上解像度 0.5m 程度であれば十分検知可能であるが、地上解像度 1m~2m 以上の粗さになると、被害施設及びその規模によっては検知が困難になるものがある。

(2) 画像処理による被害検知については、道路、

護岸等線的に広がる施設の被災の検知にはエッジ抽出処理が有効である。また、液状化等面的に広がる被害の検知には色分類処理が有効である。

今後、被災現象を的確に検知するデータ取得方法、取得データの適切な分析・表示方法等実用性の面からの要求性能の整理・検討を進めることとしている。

## 参考文献

- 1)建設省土木研究所：平成7年兵庫県南部地震災害調査報告、土木研究所報告第196号、1996
- 2)(社)土木学会：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害、1997