

## 第2章 研究報告

### 1. リモートセンシングデータの防災に関わる検出レベルの検証

山本義幸・森田匡俊

#### 1. はじめに

災害時の被災状況の把握では、航空機や人工衛星で取得したリモートセンシングデータの利用場面を目にする機会が増えてきている。東日本大震災においては、さまざまな地球観測衛星の撮影画像が提供されて、被害状況の可視的把握を支援した。このとき、撮影画像は、インターネット上などで広く公開されたが、被災エリアがひとくくりで包括的に示されたものがほとんどだった。それゆえ、具体的で詳細な被害箇所やその状況の明示においては、十分とはいえないものであった。近年のリモートセンシングの空間分解能力および画像処理アルゴリズムのレベルから考えると、さほど複雑な処理を施さなくても、詳細な被害箇所の明示は難しくないとされる。

本研究は、リモートセンシングデータの防災に関わる検出レベルの検討として、高分解能衛星 GeoEye-1 データと航空レーザデータを利用して、データセットの作成法を提案し、東日本大震災での津波等による被害家屋の検出レベルについて、検証したものである。

#### 2. 使用データ

本研究では、衛星データ、航空レーザデータおよび基盤地図情報の3つの空間データを使用した。表1は、これらのデータの観測日と作成日の一覧を示している。以下に、これらのデータの詳細を記述する。

##### 2.1 衛星データ

衛星データは、高分解能衛星 GeoEye-1 の観測データを使用した。東日本大震災前後の2つの観測データとなっている。表2は、GeoEye-1 データの諸元の一覧である。パングロマトリックとマルチスペクトル（可視光青、可視光緑、可視光赤、近赤外波長帯）の2つのセンサーによる観測データで構成されている。空間分解能は、50cm 分解能のパングロマトリックと 2m 分解能のマルチスペクトルとなっており、パンシャープン処理 (C.H.Chen, 2012) によってマルチスペクトルデータを 50cm 分解能として使用した。

##### 2.2 航空レーザデータ

航空レーザデータは、東日本大震災前後に国土交通省東北地方整備局と国土地理院が計測したものをを使用した。いずれもメッシュ化される前のオリジナルデータであるが、被災前のデータは 5m メッシュ標高データ、被災後のデータは 2m メッシュ標高データの作成用に計測されたものである。よって、被災前後のデータは、レーザ点群密度が異なっている。樹木等ではなく、できるだけ建物や地表面からの反射データを使用するためにラストパルスのデータを使用した。

##### 2.3 基盤地図情報

基盤地図情報は、既存の家屋の位置情報を参照するために、建築物の外形線のデータを使用した。これらのデータは、国土地理院のホームページからダウンロードした。

表1 使用データの種類と観測日および作成日

データの種類	データ名	観測日および作成日
衛星データ	GeoEye-1	2010年4月4日観測 2011年3月19日観測
航空レーザデータ	宮城県石巻地区沿岸部レーザデータ一式 復旧・復興 2m 標高データ	2009年観測 2011年観測
基盤地図情報	建築物の外周線	2005年作成

### 3. 解析手法

研究対象地は、図1に示す宮城県東松島市の沿岸域における約1.5km<sup>2</sup> (1.3km × 1.2km) のエリアである。解析処理は、大きく二つのパートで構成している。一つはデータセットの作成、もう一つは作成したデータセットからの被害家屋の検出である。以下に、それらの概要について記述する。

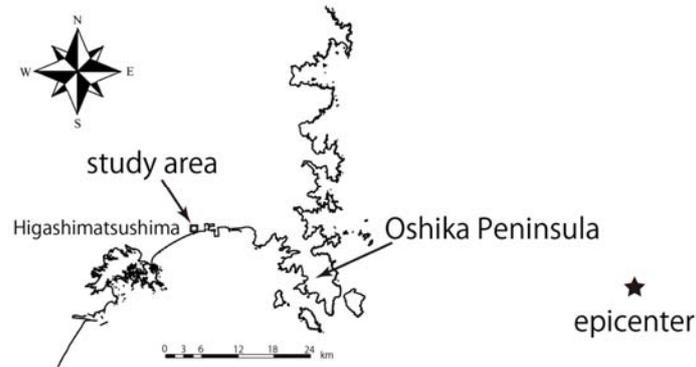


図1 研究対象地域

表2 GeoEye-1 の仕様

回帰日数	11日
再訪日数	3日
衛星高度	681km
撮影時刻 (日本上空)	午前10時30分～午前11時頃
波長域 (バンド)	パングロマティック…450～800nm 可視光青……………450～510nm 可視光緑……………510～580nm 可視光赤……………655～690nm 近赤外……………780～920nm
地上分解能	パングロマティック / 撮影角度 90° (直下) ……0.41m 撮影角度 60° ……………0.50m マルチスペクトル / 撮影角度 90° (直下) ……1.64m
撮影幅	撮影角度 90° (直下) ……15.2km

#### 3.1 データセットの作成

衛星データ、航空レーザデータを利用して被害家屋を検出するためのデータセットの作成法を3つ提案し、これらによる解析結果の比較検証を行った。その3手法は、被災前後のデータに対して、差分演算、比演算、正規化の計算を基本としている。次式が、3手法の基本式である。

$$\Delta CV_{ijk} = V_{ijk}(\text{PRE}) - V_{ijk}(\text{POST}) \quad (1)$$

$$\Delta CV_{ijk} = \frac{V_{ijk}(\text{PRE})}{V_{ijk}(\text{POST})} \quad (2)$$

$$\Delta CV_{ijk} = \frac{V_{ijk}(\text{PRE}) - V_{ijk}(\text{POST})}{V_{ijk}(\text{PRE}) + V_{ijk}(\text{POST})} \quad (3)$$

ここで、 $\Delta CV_{ijk}$  はピクセル値の変化量、 $V_{ijk}(\text{PRE})$  は被災前画像のピクセル値、 $V_{ijk}(\text{POST})$  は被災後画像のピクセル値、 $i$  は画像の行数、 $j$  は画像の列数、 $k$  は画像のバンド数を示す。

被災前後のリモートセンシングデータを、上述の基本式によって計算しデータセット化する手法を図2、図3に示す。図2は、基本式で計算する前に使用する空間データの幾何情報の整合を図るための処理(幾何補正)を示したフロー図である。図3は、リモートセンシングデータを基本式で計算しデータセットを作成するフロー図である。以下に、これらの処理の概要を記述する。

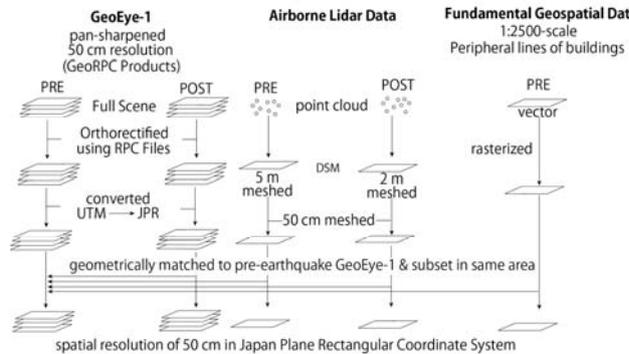


図2 空間データの前処理のフロー

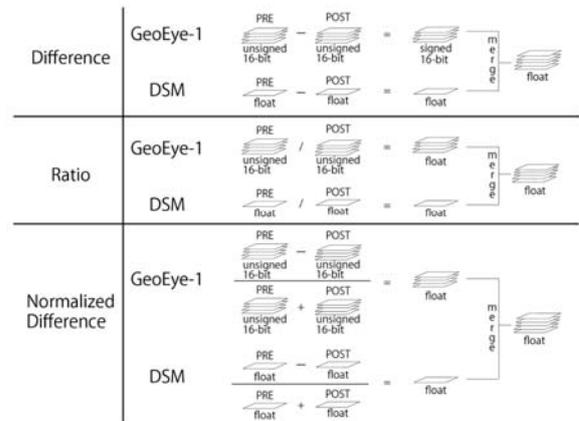


図3 被災前後の高分解能衛星と航空レーザデータのデータセットの作成手法

### (1) 幾何補正処理

GeoEye-1 データは、付属の RPC(Rational Polynomial Coefficient) ファイルを利用してオルソ幾何補正を施した (James, 2004)。座標系は、UTM 座標系から平面直角座標系に変換した。これは、他の空間データが平面直角座標系で定義されているため、一致させるために実施した。航空レーザデータは、5m メッシュ、2m メッシュ標高データ作成用に計測されたものだが、GeoEye-1 の分解能に合わせて 50cm メッシュとした。また、被害家屋の検証用に使用する基盤地図情報も整合性を持たせるために 50cm メッシュの画像データに変換した。

### (2) データセットの作成

上述のように、データセットの作成においては、3手法を実施した。被災前後の GeoEye-1 データならびに航空レーザデータともに基本式 (1)(2)(3) で計算して統合し、それぞれ一つのファイルデータとした。なお、GeoEye-1 データのデータ型は unsigned 16-bit、航空レーザデータのデータ型は float であるが、統合するファイルデータのデータ型は float とした。

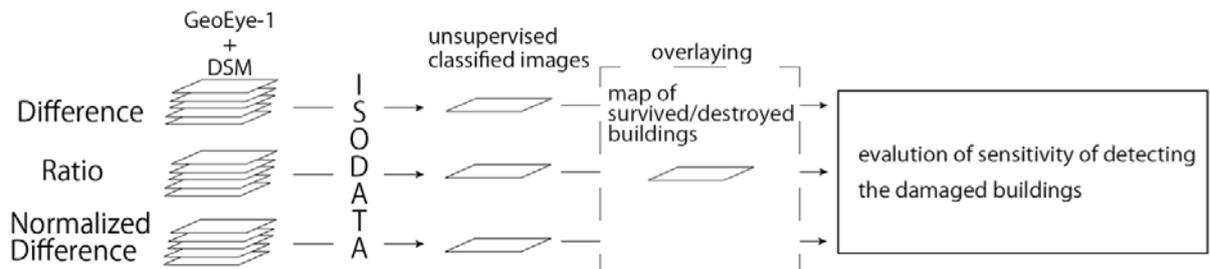


図4 高分解能衛星と航空レーザデータを利用した被害家屋の検出レベルの評価手法

## 3.2 被害家屋の検出

図4は、作成したデータセットから分類処理を行って結果の検証を行うフローを示している。3つの手法から作成したデータセットそれぞれに対して、代表的な教師なし分類法の ISODATA 法 (K.C.Clarke, 2005) によって 10 クラスに分類した。その結果において、被災前後の GeoEye-1 データならびに航空レーザデータを判読して、被害家屋を最も抽出できているクラスを選定し、その結果を基盤地図情報の建築物の外形線から作成した既存家屋位置データと重ねあわせて検出レベルを評価した。

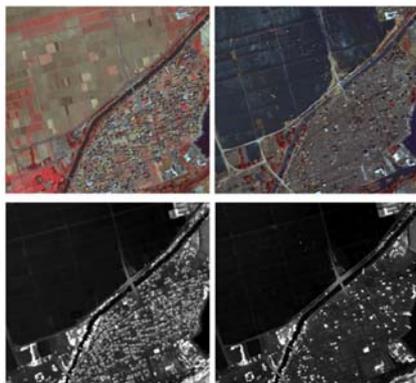


図5 被災前後の高分解能衛星と航空レーザデータ



図7 被害建物の参照データ

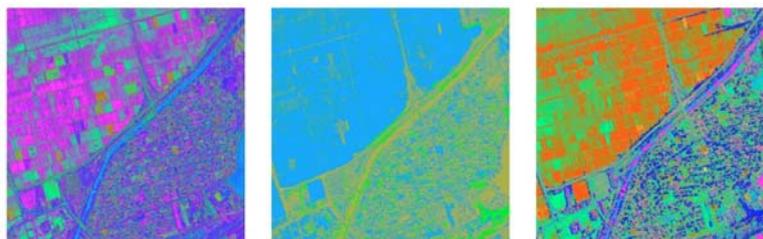


図6 3手法によるデータセットの分類結果

表3 3手法によるデータセットによる被害建物の検出レベル評価（合致率）

Condition of buildings	D-method	R-method	ND-method
Destroyed	83687 (84%)	225674 (82%)	68383 (99%)
Survived	16200 (16%)	50151 (18%)	1021 (1%)

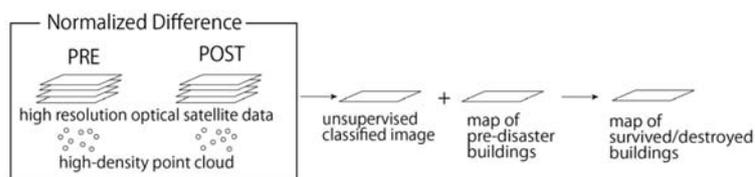


図8 空間計測データを利用した被害建物検出手法

#### 4. 解析結果

図5は、被災前後のGeoEye-1（上側）と航空レーザ画像（下側）である。いずれも左側が被災前、右側が被災後の画像である。農地が津波で浸水している状況や多くの家屋が消失された状況が判読できる。図6は、基本式(1)(2)(3)で作成した差分演算、比演算、正規化によるデータセットによる分類結果である。いずれも分類した10個のクラス別に色付けし表示している。図7は、被災前後の高分解能衛星と航空レーザデータから判読して、基盤地図情報に被害建物（黒色）と現存建物（赤色）を示した参照データである。表3は、図6の分類結果と図5の被災前後のデータを目視判読から判断した被害建物を最も分類できているクラスと図7の被害建物の参照データの合致率を示したものである。表3から分かるように、提案した3手法全てにおいて被害家屋の検出レベルは高かったが、正規化によるデータセットを利用した場合が最も高く99%の合致率を示した。

#### 5. まとめ

本研究は、リモートセンシングデータの防災に関わる検出レベルの検討として、高分解能衛星と航空レーザを利用した被害建物の検出手法の検証を実施した。結果として、提案する正規化によるデータセットを利用した場合、被害建物の検出レベルが最も高いこと確認した。なお、この結果は、対象地域の被害レベルが関係するものと想像されるため、被害レベルの異なる地域を対象に継続研究を実施する予定である。

#### 参考文献

- 1)C.H.Chen, Signal and Image Processing for Remote Sensing, P533-548, New York, 2012 ,CRC Press.
- 2)James Lutes, Accuracy Analysis of Rational Polynomial Coefficients for IKONOS Imagery, Proceedings of ASPRS 2004 Conference, Denver, May 23-28, 2004.
- 3)K.C.Clarke, Introductory Digital Image Processing, P383-389, NJ, 2005, Pearson Prentice Hall.