

衛星画像を用いた災害の被害情報の取得と活用*

多 賀 直 恒 **
城 野 博 ***

The Acquisition of the Damage Information of the Disaster Which Used the Satellite Picture and Use

Naotsune TAGA and Hiroshi SHIRONO

ABSTRACT: When the disasters such as the earthquake broke out, it is a very important disaster prevention subject to gather information in the whole damage image and the outline of a stricken area region first. There is an occurrence of the information blank area of the damage of the urban area which is brought to the wide area over and mountainous region place area at the earthquake of past. The grasp of the full-length portrait of damage the difficult disaster is breaking out.

It is being made in the recent years that remote sensing technique is use as an information collection means of wide disaster. Wide area was examined there to the once about process and the analysis technique of the satellite picture which the grasp is possible. The information collection the each of ground, helicopter and the aircraft ability was examined. The cooperation of information makes to utilize effectively as an information collection means of first motion style system possible.

Key Words: Remote-Sensing, Emergency Response, Artificial Satellite Photograph, Geographical Information System, Information of Earth's Surface, Earthquake Disaster Prevention, Aerial Photograph, Image processing

1. はじめに

地震などの災害が発生し、まず行うことは発生した災害の被害把握である。火山の噴火や台風などのような被害をある程度予測できるような災害と違い突発性災害といえる地震では可能な限り早急に災害の全体像、すなわち影響圏被害の規模を知ることが重要である。実際、阪神大震災時の初動時の課題として起こった事象が直後には十分把握されなかった。結果として災害の全体像や被害

害状況が国の中枢で、十分に判断できなかった。近年、大地震における被災地域の早期把握手段として、リモートセンシングの利用に関する研究が進んでおり、2004年10月に発生した新潟県中越地震でも、多くの衛星画像や航空写真が被災地域の情報収集のために活用されている。今後発生すると予想される東海地震などの広域地震災害の被害把握では、リモートセンシング技術を活用した災害把握が有効であると予想される。そのためリモートセンシング技術を活用してその被害の範囲と規模を把握し、迅速に必要な行動や指揮などをとることが可能となるような大規模災害の緊急対応の方法を研究することである。

* 平成18年5月31日受付

** 福岡大学大学院工学研究科

*** 福岡大学大学院工学研究科博士後期課程

2. 福岡西方沖地震におけるリモートセンシング技術の活用

2005年3月に福岡県西方沖で発生したに発生した福岡県西方沖地震において航空写真を用いて、被害の最も大きかった玄界島の建物被害の目視判読を行う試みが行われている。松岡⁹⁾らによると、地震発生の翌日に撮られた垂直航空写真を用いて玄界島の建物被害の目視判読を行った。この結果を現地調査のものと比較し、目視判読による被害把握の精度を検証している。検証法方法として、垂直航空写真(地上解像度約17cm)を用いて被害の目視判読を行っている。被害判読には、玄界島というある程度狭い範囲内での被害判読であるので、より解像度の高い航空写真を用いている。被害判定の基準には、木造被害パターンを用いている。垂直航空写真による目視判読ではD0~D2までの軽微な被害を正確に判読する

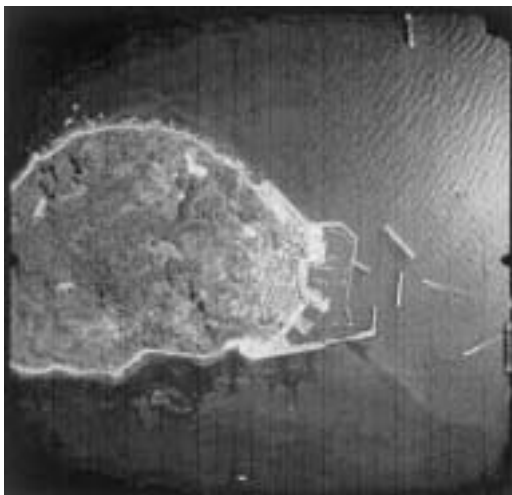


図1 玄海島一帯をとらえた航空写真



図2 木造建築の詳細破壊パターン

のは難しいので、D0~D2を一つのランクとし、D0~D2(無被害もしくは屋根瓦・壁面の剥落)、D3(柱・梁・壁の一部の構造的な破壊)、D4(内部空間の欠損)、D5(崩壊)の4段階で判読を行った。今回の判読において要した時間は約4時間であった。

結果は、現地調査によって得られた写真と斜め航空写真を併用して被害判定したものを比較した結果、垂直写真の被害判読結果に多少のばらつきがでたが、被害の早期概略把握といった面では十分な結果が得られた。玄界島というある程度限られた地域での被害把握であったため、比較的短時間で目視判読ができた。玄界島と同じような環境の地域で災害が発生した場合、早期に航空写真の入手が可能ならば、初期対応のための必要な情報源として十分に利用できると考えられる。

今後の課題として、災害の際の情報収集の手段として、航空写真や衛星画像がいっそう活用されるであろう。リモートセンシング技術を用いた被害把握については、判読精度や自動判読法などのより詳細な検討を行うことが重要である。

3. 衛星データから情報を得る

3.1 情報を得るための画像処理法

衛星データは、入手するときにデータ受信を行う機関で、コンピュータを使って地図と同じ投影法に合わせて画像化するという幾何補正を行っている。入手した衛星データは、デジタルデータであるために数字の羅列である。しかし、この数字の意味は、リモートセンシング衛星の光学センサが植物や土壌に反射した太陽光の大きさを観測し地表に送信してくる観測値であり、この反射光の強さに対応した数値である。この数値を濃度値(GrayLevel)とか、DN値(DigitalNumber)、CCT値(ComputerCompatibleTapeに記録された値という意味)などということが多い。衛星データを入手したときに得られるFDや磁気テープはこのようなデータが記録されたデジタル画像というものである。デジタル画像に記録された数値は、画素単位で記録されている。これは、図の2段目のような格子状の配列である。ランドサットTM画像では、一画素の寸法(空間分解能)が地表面で30×30mだから数字はこの範囲の反射光の大きさが数値に置き換えられたものである。ランドサットMSSは128階調(7ビットという)で、TMでは256階調(8ビット)で観測し記録している。

表1 垂直航空写真の目視被害判読結果

| 被害区分 | D0~D2 | D3 | D4 | D5 | 合計 |
|------|-------|-----|----|----|-----|
| 棟数 | 79 | 113 | 8 | 18 | 218 |



図4 デジタル画像とデータの可視化

この得られたデータを目的に応じて解析することになるが、解析の手順を図示すると次のようになる。手順を追って説明すると、

フォーマット変換

購入した画像データを、解析に使用するソフトウェアで扱える形式のデータに変換する(データの記録形式をソフトに合わせて変換する)。どのようなものであるか

というと、まずフォーマット変換については、データがどのように記録されるかという形式、あるいはデータが記録されている順番をフォーマットという。ランドサットデータはBIL, BSQあるいはMS-DOS形式で記録されている。購入したフロッピーをパソコンにセットし、直ちに解析にとりかかれるソフトウェアと、独自のフォーマットに変換して使用するソフトがある。購入したデータを自分が使用するリモートセンシング解析ソフトが扱う形式に変換することをフォーマット変換とよぶ。データのフォーマットをわざわざ変換する理由は、それぞれのソフトが扱いやすい形式にすることで計算速度を向上させたり、他の汎用ソフトや地理情報システムなどと共通のフォーマットにすることで、データを共有できるなどのメリットがある。通常はこのようなフォーマットを意識する必要はないし理解しておく必要もない。ただ、データを注文する際は、どれかの記録形式を指定しなければならないから、自分が使用するソフトウェアが対応している形式だけは確認しておく必要がある。

カラー合成画像表示、濃度変換

数値データを濃淡に置き換えると、どのような「絵」になるのか確認をする。原画像の濃淡が乏しく判読しにくい場合は、コントラストやヒストグラムの形を変えるなど、この段階で簡単な画像濃調をする。画像を表示する場合は、特定の一つの波長帯だけを取り上げて表示する単バンド画像表示やシュードカラー(濃淡に応じて色を割り当てる段彩表示)と、三つの波長帯のデータを赤・緑・青の3色に割り当てて合成するカラー合成画像がある。

「カラー合成画像」は、衛星画像は、波長帯ごとにデータを取得している。「波長帯ごとにデータを取得する」ことは、写真を撮るときに様々な色ガラス(フィルター)をレンズに付けて、特定の色の光を遮りコントラストや階調を変化させるのと同じような意味がある。例えば、赤いフィルターを通すと赤い色は遮断される。青や緑のフィルターについても同様のフィルターの色に該当する色が遮断される。このため、同色のフィルターを通すことで、該当する色の物は白く見える。ただし、同じ色でもフィルターの色の波長や階調でないと見た目は、同じ色に見えても「波長や階調」が違うため、白く見えないことがある。リモートセンシング衛星では、搭載されたセンサを使い様々な波長ごとに地表の物体を観測している。観測によって得られるデータをもとに「色のついた画像」を作成するのが「カラー合成画像」である。

三つの波長帯(赤・緑・青)のフィルターを通じて撮影した白黒写真と撮影したときのフィルターを使うことでカラー合成画像を作成することができる。このときに、フィルターを通じて撮影した「白黒写真」に重ね合わせる



図5 リモートセンシングデータの解析の手順

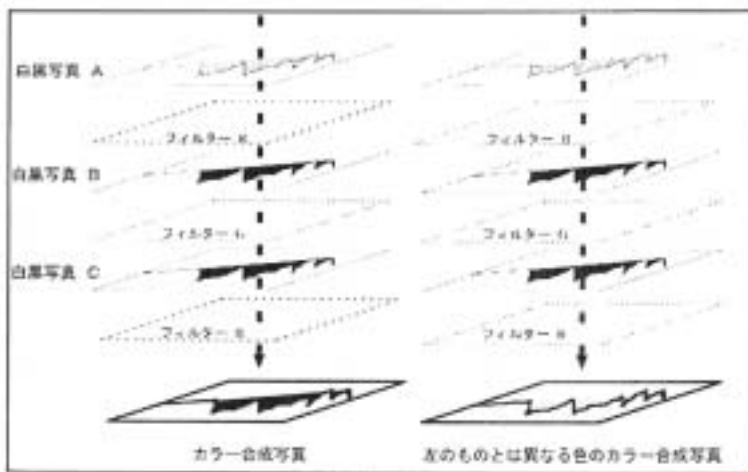


図6 白黒 カラー合成画像の作成の手順

フィルターの順番や、色の組み合わせなどを変えることにより様々なカラー写真を合成することができる。リモートセンシングデータにおいて色の合成で、植生が緑色に表現されている画像を「ナチュラルカラー」、現実の色にもっとも近い色に表現された画像を「トゥルーカラー」、

植生が赤色に表現された画像を「フォールスカラー」としている。

幾何補正

画像データを地図に合わせて並び替えること(画像データの歪みを補正すること)。あるいは多時期の画像間の

位置合わせをすることを指す。衛星はまっすぐ両極を通る軌道で南行あるいは北行している。しかし、真下の地球は常に西から東へ自転しているため、例えばランドサットの軌道は地軸に対して約9度東に傾くようになる。つまり南行の場合、経度線を右上から左下へ斜めに横切るように飛んでゆく。これを地図の座標と重ねると図のようになる。

エンドユーザが購入するバルク(システム)補正済データでは、このような位置の歪みは画像全体では修正されている。しかし、補正済みのデータであっても地球の曲率による影響や地表の高低によって生じる部分的な歪みが残存することが多いので、詳しい解析をするときはこれを補正しなければならない。解析ソフトによっては、このような補正を「アフィン変換」とよんでいるものもある。衛星データ(画像データ)と地図データを重ね合わせて使用する場合は、地図の投影座標系に合わせて衛星データを並び替える作業が必要である。同じように、時期の異なる複数の画像同士を合成したり、あるいは詳しく比較する場合もこのような一連の手続きをとることになる。このような作業を幾何補正とよんでいる。実際に幾何補正をするには、解析ソフトによって多少やり方は異なるが、多くの場合は次の方法を選ぶことができる。

3.2 情報を得るための画像解析法

画像を入手し、幾何補正などを行った後、目視などにより画像を解析する方法もあるが、画像の特徴を抽出することなどを目的とした数値的解析などを行う必要がある。ここでは、その解析の手順と松岡らが行った建物被害の抽出において用いた最尤法の概要について挙げる。画像解析の項目としては、

1) 画像の階調化

濃淡画像からしきい値をもとに複数の階調に画素値を区分して、階調画像(レベルスライス画像)を作成する方

法について解説する。この処理により画像の情報を減少させたり、画像の強調や抽出を行ったりすることができる。階調化した画像の主なものとして二値化画像とレベルスライス画像がある

2) フィルタリング

マトリックス演算子(オペレータ)を利用した画像の平滑化、鮮鋭化、エッジ強調などがある。

3) 領域分割

画像から一定の濃淡値をもつ領域をラインにより領域区分を行う。作成される画像は線画であるため、ベクタデータへの変換が可能である。

4) 画像間演算

マルチスペクトルデータを用いたバンド間の演算画像や異なる時期の画像を用いた差画像の作成など特別な画像を作成する場合に画像間演算を行う。

5) 画像分類

画像の特徴空間を領域分割して分類することで土地利用図や植生図などの主題図を作成するときに画像分類を行う。このときに、教師つき(教師なし)分類法などを用いて、分類を行う。

画像の階調化

二値化画像の二値化は濃淡画像から特定の対象物や領域を抽出したりする目的で行われる。例えば衛星データの近赤外バンドを用いて水域を抽出する場合や、雲などの部分を抽出する場合である。さらに抽出した画像は特定地域を切り抜く場合など、マスク画像としても利用される。二値化画像は、目年とする領域を抽出するために決められたしきい値を基準に、画素値がしきい値より小さい場合を0、しきい値より大きい場合を255などの値に割り当てて作成する(あるいはその逆)。

フィルタリング

元画像に対し画像の鮮鋭化やぼかし、あるいはノイズを除去したりエッジを強調させたりさせて出力画像を得

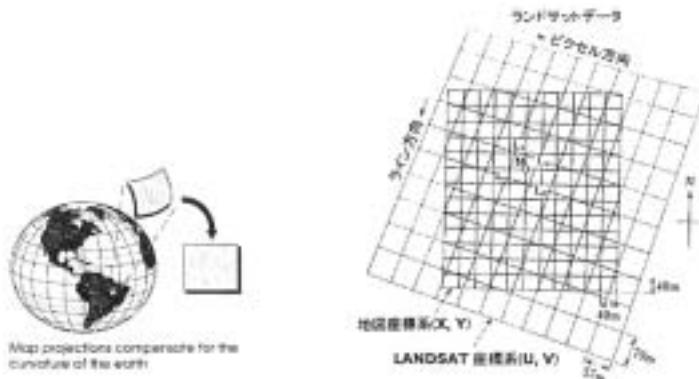


図7 幾何補正 画像データから地図座標への変換

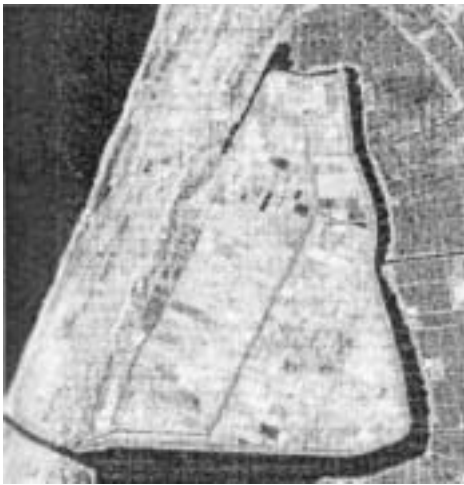


図8 オリジナル濃淡画像



図9 二値化画像 (閾値 = 64)

・プレウィットフィルタ

| | | |
|---|---|----|
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |
| 1 | 0 | -1 |

垂直方向

| | | |
|----|----|----|
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -1 | -1 |

水平方向

| | | |
|----|----|---|
| 0 | 1 | 1 |
| -1 | 0 | 1 |
| -1 | -1 | 0 |

斜め方向

| | | |
|---|----|----|
| 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | -1 |
| 0 | -1 | -1 |

・ソーベルフィルタ

| | | |
|---|---|----|
| 1 | 0 | -1 |
| 2 | 0 | -2 |
| 1 | 0 | -1 |

垂直方向

| | | |
|----|----|----|
| 1 | 2 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -2 | -1 |

水平方向

図10 1次微分のフィルタ

・ラプラシアンフィルタ

| | | |
|----|---|----|
| -1 | 2 | -1 |
| -1 | 2 | -1 |
| -1 | 2 | -1 |

垂直方向

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| 2 | 2 | 2 |
| -1 | -1 | -1 |

水平方向

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -1 | 2 |
| -1 | 2 | -1 |
| 2 | -1 | -1 |

斜め方向

| | | |
|----|----|----|
| 2 | -1 | -1 |
| -1 | 2 | -1 |
| -1 | -1 | 2 |

水平・垂直方向微分では一方のみの方向性が強調されてしまうがエッジ方向に依存しないオペレータもある。

| | | |
|----|----|----|
| 0 | -1 | 0 |
| -1 | 4 | -1 |
| 0 | -1 | 0 |

4近傍

| | | |
|----|----|----|
| -1 | -1 | -1 |
| -1 | 8 | -1 |
| -1 | -1 | -1 |

8近傍

図11 2次微分のフィルタ (ラプラシアンフィルタ)

る方法にフィルタリングがある。フィルタリングには空間領域のフィルタリングと空間周波数領域のフィルタリングの操作がある。ここでは空間領域のフィルタリングについて説明する。空間領域でのフィルタリングの操作は、小領域のマトリックス演算子(オペレータ)を用い濃淡画像との積和演算を行い、出力画像を得る手法である。これによって画像のエッジ抽出や強調処理ができる。ただし、分類などの解析にはこのフィルタリングを行った画像は用いない。画素間演算を行うためにオリジナル画素値を変えてしまうためである。代表的な空間フィルタを用いた操作方法を次にあげる。

1) エッジ強調

画像の中から濃度が急激に変化する場所や線を探しだし対象物を抽出することで、種々の領域や構造物を解析していく方法としていく方法がある。デジタル画像処理ではしばしば用いられる手法である。例えば地質構造や断層、リニアメント(線状構造)、山の稜線、水系、道路、建物の外形、農地の境界の抽出にこのエッジ強調画像が作成される。

カスタムフィルタデジタル画像でエッジ強調する場合、微分演算子(オペレータ)による差分をとることになる。実際の画像処理では畳み込みマスク(Convolution Mask)と呼ばれる行列をもとに画像が演算処理される。空間フィルタには一般に 2×2 、 3×3 、 5×5 、 7×7 ピクセルのウインドウオペレータがあり、元画像にこの小領域のオペレータをかけ近傍演算処理を行う。代表的な微分オペレータには次のものがある。

a) 1次微分(グラディエント)

この微分オペレータではエッジ処理後の画像は濃淡の境および線の部分のみが線状に明暗強調される。

b) 2次微分(ラブラシアン)

この微分オペレータでは、衛星画像の道路や河川といった線状物は明暗のエッジのペアとして検出される。この空間フィルタは雑音に弱く、エッジよりも線や孤立点に強く反応するためあらかじめ画像を平滑化しておくことがある。

2) 鮮鋭化

鮮鋭化処理は、不明瞭な画像をフィルタリングすることで鮮明な画像にする目的で用いる。画像判読を容易にしたり、写真などへの出力時にこの空間フィルタをかけ鮮明にしたりすることに利用される。PhotoShopでのこの鮮鋭化を行うときの各入力項目の概念図を示す。各項目については、適用量(シャープネスの強さ $1 \sim 500\%$)は数値が大きくなるほどエッジの強調の度合いが大きくなり、半径(ピクセル $0.1 \sim 100.0$)はエッジ強調の処理幅である。しきい値(レベル $0 \sim 255$)はしきい値以上のレベル変化に対して鮮鋭化を行う場合に設定する。同様な処

理は、次の代表的なオペレータを用いたフィルタリングでも行うことができる。行列内の数値の合計が1になるようにするか、数値の合計をスケール値にした空間フィルタである。

画像間演算

画像間演算では、同一シーンの異なるバンドを用いてその特徴を抽出することや2時期の衛星画像を用いて変化域を抽出することなどを行う。たとえば、大気の影響を除去するのにバンド間の比を用いたり、近赤外バンドと可視バンドを用いた演算処理により植生指数を算出したりするのに用いられる。あるいは、行政界や林境界など衛星データ以外の画像データとの理論演算を行うことで、特定域を抽出することに用いることができる。

画像分類

画像分類手法の種類画像分類とは、画素ごと、または、領域ごとを設定するクラスに分類(識別)、または、クラスをも設定して分類(自己組織化)する方法である。そのため、画像分類手法を大別すると、教師あり(識別)と教師なし(自己組織化)手法に分けられる。前者にはベイズの識別理論に代表される統計的手法として最尤法、最短距離法、単純類似度法等があり、後者には、数量化理論やクラスタリングと呼ばれる方法がある。画像分類の手順は、以下のようである

1. 分類クラスの設定

最終的に分類したいクラス(カテゴリ)をあらかじめ設定する。ただし、教師なし分類(後述)の場合は処理の最後に決定する。

2. 画像分類(識別)法の選択

統計的手法と構造的な手法があるが、現在よく使われている手法は統計的手法、特にベイズの決定則に従うものである。

3. 特徴抽出(観測空間から特徴空間への写像)

一般的に分類は対象画像のなんらかの特徴を用いて行われる。たとえば、多重分光画像(複数の波長帯で観測した画像データ)の場合、分光データ、空間特徴として面積、大きさ等の形態的特徴やテクスチャ、周囲画素の状態などである。そのため、特徴抽出が必要である。

4. 教師の標本(トレーニングサンプル)の抽出(識別の場合)

各クラスの分類の判別基準を見出すための標本の抽出を行う。教師付き分類では、最終的に分類したいカテゴリに基づいて決定される場合と、画像中の比較的均一な領域を指定する場合がある。教師なし分類では、一定の水準下で均一と見なされる画素の集合が抽出され、それを標本として用いる。この場合、クラスタリングがよく用いられる。

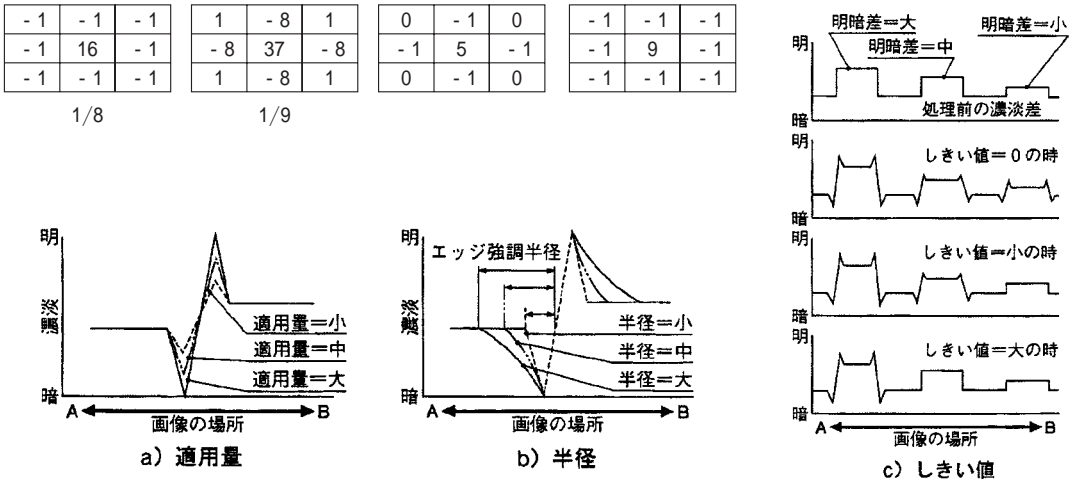


図12 「アンシャープマスク」のパラメータ入力値の概念

5. 母集団の統計量の推定

抽出された標本を用いて各クラスの母集団の性質を推定する。

6. 判別 (特徴空間から判別空間への写像)

これまでに得られたデータをもとに、あらかじめ選択された手法を用いて全画像データの判別を行う。

7. 精度評価

これまでに得られたデータをもとに、あらかじめ選択された手法を用いて全画像データの判別を行う。

8. 精度評価

可能な場合は判別結果の精度の検討を行う。十分な精度が得られなかった時には、1.~5.のうちの適当な段階に戻って判別をやり直す。

9. 後処理

1.~4.の段階において分類されたクラスと、最終的な分類カテゴリが一致していなかった場合は、この段階で両者間の対応づけがなされる。また、分類結果の修正や、各カテゴリの面積計算などが行われる。

基本的な分類手法として、教師あり(教師なし)分類の手法がある。過去の事例では松岡らが建物被害地域抽出のためにこの教師あり分類法で分類を行っている。ここでは、教師あり分類法について取り上げる。「リモートセンシングの画像処理 (星仰著)」によると、基本的な分類手順サンプルデータをデータの類似性で複数のクラスに分けることを分類するという。教師なし分類はクラス分けしたい数だけ与えて分類を行う。分類するには、あらかじめクラスタリングする種類とその性質がわかっている教師つき分類法と、データに対する何の情報も与えられていない教師なし分類法とがある。

4. 地上の情報と衛星(リモートセンシング)データとの情報共有

4.1 高度の違いによる情報収集能力

被害把握を行う方法は、職員などを派遣して災害現場で聞き取り調査などを行って情報を収集する現場調査、被災住民や被災地の行政機関から防災無線などによって報告された情報、航空機などから被災地を空中撮影することによって得られる情報、地球観測衛星などの衛星から撮影された画像からの情報がある。衛星のセンサーの搭載されている場所のことをプラットフォーム(platform)といい、各プラットフォームによって高度が違いため撮影範囲などが異なってくる。また、センサー

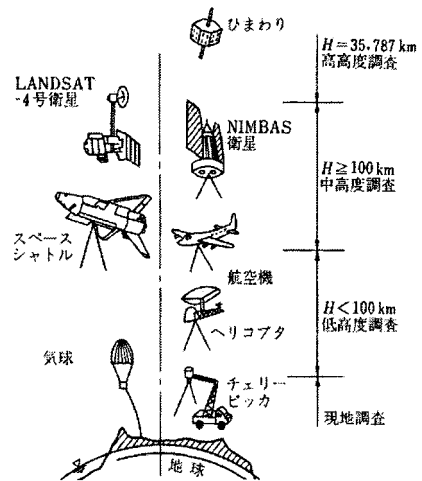


図13 高度別プラットフォーム

の種類によっても得られる情報が異なってくる。(表2)

各々の情報収集手段には次のような特徴が考えられる。

(1) 現場調査：実際の災害現場に行き、調査を行うため詳細な情報を得ることが可能である。このため目視などにより適切な応急対策などが可能になる。また、被災地域からの防災無線などの情報は、有用な情報であり且つ現場の状況の詳細に得るために有効な情報となる。調査範囲は、職員などの人間の行動範囲に限られる。現場調査の問題点は、新潟県中越地震のように山間部などで起こる土砂災害による道路途絶などにより現地に入ることが不可能または相当な時間を要すことや停電や建物崩壊による防災無線の使用不能などが挙げられる。

(2) 空中撮影：航空機やヘリコプターに搭載されたカメラやレーダーなどによって空中から現場を撮影した写真や画像から被害を把握する。また、決まった航路にしたがって平時から撮影されているため、前後比較が行いやすい。得られる空中写真撮影には、カメラの光軸の傾きを 5° 以内にして撮影し傾きが 0° の鉛直写真とカメラの光軸を傾けて撮影した斜め写真がある。空中撮影では、現場調査よりも広範囲で被害地域の情報を把握することが可能である。このため中規模の災害地域の把握には有効であると考えられる。問題点として、風などの気象条件や撮影者の技量などによって大きく左右されることや地形によっては情報を得ることができない場合もある。

(3) 衛星からの情報：近年では、地球観測衛星の画像データを利用した観測も行われている。阪神大震災発生当時の衛星の分解能は約30mであったが、IKONOSなどの高分解能衛星の開発・打ち上げにより分解能は約1mとなり建物などの把握が容易になっている。このIKONOSであるが、衛星の高度は地上から680Kmであり、撮影直下からの距離により解像度が0.82~1.50mとなっている。

また、IKONOSなどの衛星は、ある決まった軌道をもって地球を観測しているが、一般的に衛星画像の情報を取得している時刻は、日本では午前10時から11時ごろに撮影されたものである。IKONOS衛星は約98分で地球を一周し、1日に14周すると再び直接撮影圏に戻ってくる。翌日に飛来する衛星の軌道は、前日とは異なる軌道となるが、11日周期でほぼ元の衛星軌道位置に戻る。日本の上空を通過するのは11日間で6日~7日になる。

IKONOS衛星は1回の撮影で幅11km、長さ数百kmの広域撮影を行うことができる。そのため、航空写真に比べて繋ぎ目の少ない美しい画像を作成することができる。さらに高度680kmの宇宙から撮影するため建物などの倒れ方にバラつきがなく、歪みのない均一な画像を与えることが可能である。また、解像度も1mであるため自動車や家屋まで識別できる。解像度とは画像の画素1

点の表現している物体の大きさを表している。

IKONOSなどの高分解能衛星の画像からは、数十キロの範囲を把握することが可能であることから広域災害時の被害の全体把握においてもっとも有効であると考えられる。問題点は、

- ・高分解能のカメラ(センサー)を搭載した衛星が少ないこと。
- ・衛星は各々に地球の周りを飛ぶときに周期を持っている。このため地震などの災害が発生したときにその直後に衛星が発生現場を撮影できるとは限らないこと。
- ・仮に災害発生直後を撮影できたとしても、天候の関係、太陽高度、撮影条件によってはその撮影した画像が使用できない場合があることなどの問題が挙げられる。

以上のようにそれぞれに特徴や弱点があるが、発生が予想される東海地震など広域災害が発生時には、高分解能衛星での画像を用いることで被害地域と規模を特定し、災害現場への現地調査への交通手段等を検討し迅速にかつ効率的な現地調査を行うことができ緊急対応に大きく貢献できると考えられる。

4.2 各プラットフォーム相互の情報共有

地震災害などの被害把握に人工衛星から得られる情報を利用するためのコンピュータシステムの整備が進められている。これまで、国(政府レベル)が行ってきた、緊急対応に対する動きを見ると阪神・淡路大震災を教訓に、発災時における応急対策活動を円滑に行うための課題として、特に被災地の状況を迅速に把握するとともに、情報を統合化し、総合的な意思決定を行うことの重要性を指摘している。内閣府では、様々な防災情報を地理情報システム(GIS)を活用してコンピュータ上の数値地図と関連づけて管理し、事前対策、応急対策及び復旧・復興対策の各段階における防災活動を支援する「地震防災情報システム(DIS: Disaster Information Systems)」の整備を進めている。DISは、あらかじめデータベースに登録されている地形や地盤状況、道路・鉄道などの社会基盤施設、行政機関、防災施設などに関する情報と様々な被害情報をシステム上で重ね合わせることで、震災対策に求められる各種の分析や発災後の被害情報の管理を行うものである。

DISの機能を活用することにより、事前対策、応急対策、復旧・復興の各段階に応じて、[1]地震発生時の被害の想定の実施や被害想定に基づいた地震に強いまちづくり計画の作成等の支援、[2]地震発生後に送られてくる震度情報に基づく被害推計による被害規模のおおまかな把握や被災地の被害情報に基づいた緊急輸送、救助・

表2 情報収集における各プラットフォームの特徴
広域情報(マクロ)

| | 衛星写真 | 小型ジェット機 | ヘリコプター |
|--------------|------------------|------------------|----------------------------|
| | | (動画・静止画) | (テレビ映像) |
| 迅速性(画像の入手まで) | 0.5~2日 | 0.5~2時間 | 0.5~1時間 |
| データ取得範囲(広域性) | 約10km 四方 | 数十 km 四方の撮影に数10分 | 数十 km 四方の撮影に1~2時間 |
| データ取得範囲(狭小性) | 数十 m の物体を上空から確認可 | 数 m の物体を上空から確認可 | 小物体を上空から確認可 |
| 機動性 | | | |
| 撮影可能範囲 | 全国 | | 受信設備のエリアのみ可能 |
| 弱点 | 撮影時間が衛星周期に影響される | 高速伝送不可 | 山間部等, 地上無線遮蔽物の多い場所での情報入手不可 |

→狭域情報(ミクロ)

| | 移動車載局 | 固定車載局 | 可搬局 |
|--------------|------------------|-----------|-------------------|
| | (動画・静止画) | (動画・静止画) | (動画・静止画) |
| 迅速性(画像の入手まで) | 0.5~1時間 | | |
| データ取得範囲(広域性) | 車両移動可能 範囲 | 地球局設置場所周辺 | |
| データ取得範囲(狭小性) | 小物体を目線で確認可 | 状況詳細を確認可 | |
| 機動性 | | | |
| 撮影可能範囲 | 全国 | | |
| 弱点 | 移動範囲が車輛通行可能地域に限定 | | 移動の場合, 再設置に時間を要する |



図14 玄界島被害写真



図15 航空写真 (玄界島斜め写真)



図16 IKONOS の高度と距離による解像度の違い

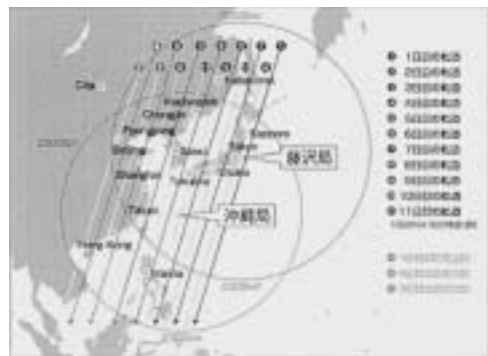


図17 IKONOS の日本上空撮影時の航路

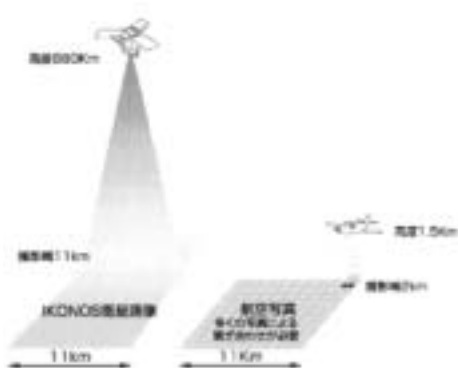


図18 IKONOS の撮影範囲

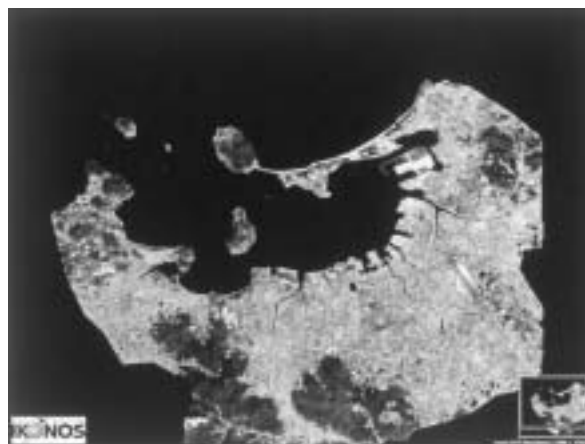


図19 IKONOS がとらえた福岡市内の衛星画像

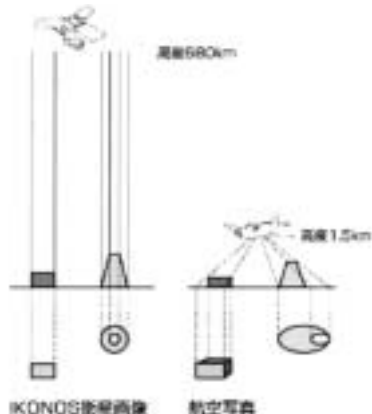


図20 IKONOS の建物の撮影方法

医療、避難、ライフライン、ボランティアなどの各種応急対策計画の策定の支援、[3]公共施設や輸送機関などの復旧・復興に有用な情報の提供や復旧・復興計画の進捗状況の適切な管理等が可能となり情報の統合的な活用による各種震災対策の充実が可能となる、

さらに、総理官邸をはじめとする関係省庁に DIS 端末を設置して、関係機関における防災情報の共有化を支援するほか、ライフライン業者など防災関係機関とのオンライン化によりライフライン施設の運転情報などの被害状況を早期に把握できるように努めている、

DIS は主に地震被害早期評価システム(EES)、応急対策支援システム(EMS)等から構成されている。

「応急対策支援システム(EMS=Emergency Measure Support System)」は、あらかじめ防災情報データベースに蓄積された情報と、発災後に防災関係機関から提供される実際の被害情報や応急対策の状況等に関する情報を GIS を用いて集約・整理し、関係省庁間で共有することにより、各種応急対策活動を支援するものである。こ

のうち、広域医療搬送活動については、「南関東地域の大規模震災時における広域医療搬送活動アクションプラン」に対応した機能の整備を行い平成11年度から稼働している。

また、平成14年度には、東京電力や東京ガスといったライフライン業者より停電情報、ガス供給停止情報といった被害情報をオンラインで受信する機能を追加した。

現在、政府が進めている、人工衛星などを活用した被害早期把握システムの構築では、この DIS に人工衛星の情報を加えて早期被害把握に結び付けようとする DIS の発展型といえる。概要として、人工衛星や航空機で撮影した被災前後の画像データを比較することにより、地震災害による建物倒壊や火山災害による流出物分布などの被害を判読するものである。人工衛星については、災害発生後、被災地の上空を一番早く通過する高分解能の地球観測衛星に対し撮像依頼を行い、データを手し次第システムに入力し、被災前後のデータの差分抽出をコンピュータが自動で行うことができるよう、整備を進めているところである。また、人工衛星からのデータばかりではなく、被災地上空を飛行する航空機からのデータも併せて活用することが考えられている。被災前後の画像データを比較し、その差分が多い地域を「被害の可能性あり」として地理情報システム(GIS)と組み合わせることで防災関係機関へ情報提供を行うことにより、その後の応急対策に生かされる。

このように、地上・航空機・人工衛星と連携が行われようとしているが、現状では、航空写真を用いて被害を把握し、詳細な情報については住民からの情報や GIS など地上の情報などで得ている。しかし、人工衛星を用いた被害把握に関しても高分解能衛星からの情報を得ることが可能になってから新潟県中越地震やスマトラ沖大

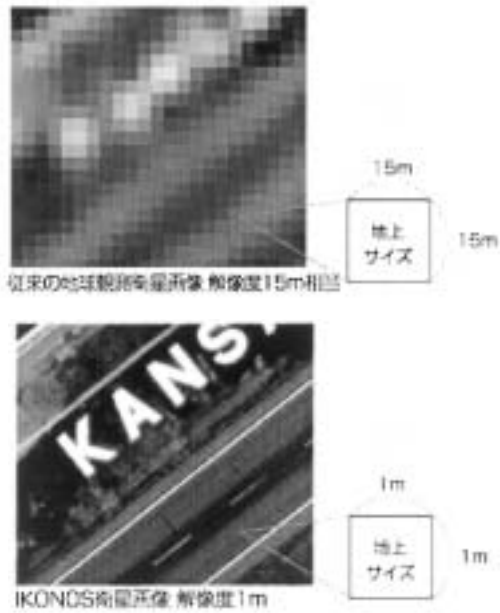


図21 解像度による物体の見え方の違い



図22 地震防災情報システム(DIS)の概要



図23 人工衛星などを活用した被害早期把握システムの構築のイメージ図

津波などの被害把握と災害復旧に用いられるようになった。今後は、緊急対応への活用に向けて今後昼夜を問わず衛星画像を取得し、画像を常に使えるような環境の整備、GISなどの地上の情報との連携などの強化が必要であると考えられる。また、衛星・航空機・地上の情報など

を集約することで、情報の錯綜や重複を防ぎつつ的確な災害救助活動が行えるようなシステムの整備も必要であると考えられる。

5. まとめ

地震災害発生時には、迅速に全体的な被害区域の特定や被害程度などの情報を把握して、救命救急などの体制をとる必要がある。特に広域的な被害の発生した事態にあつては、被害地域の範囲を特定することが重要な課題である。そこで、有効な手段として、最近注目されているリモートセンシングの技術を応用することをここでは検討した。衛星情報に関して、分解能が大きかったために被害抽出の限界があることや衛星画像が取得が容易でなかったなどの点があつた。これまで、都市部の広域災害や被害状況の情報空白域が発生して、救助活動や被害状況の把握に時間的な遅れを生じるような地震が発生している。新潟県中越地震では、災害発生後の翌日の衛星画像を用いて総覧的な被害把握を行い復旧活動の有効な情報として活用されている。このよう地上からの連絡が取れない地域の発見や全体状況の把握にはリモートセンシングの手段は有効の使用できることが推察される。今後の研究として、緊急対応時に活用することを念頭に、実際の衛星画像の取得・加工を行い、被害把握を行うことや専門家だけでなく緊急対応に携わる行政関係者なども容易に衛星写真から被害状況を把握できるようなシステムの構築を行う必要があると考える。

参 考 文 献

1. 三富創, 松岡昌志, 山崎文雄: 空撮画像を用いた汎用的な建物被害抽出方法に関する考察, 土木学会論文集, No.710/I-60, pp.413-425, 2002.7
2. 三富創, 松岡昌志, 山崎文雄: 最近の地震災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.
3. 松岡昌志: 空および宇宙から災害を観る, 第5回ワークショップ「災害を観る」, 京都大学防災研究所巨大災害研究センター, 2p. 2006.2.
4. 松岡昌志, 大倉博, 山崎文雄: 人工衛星 SAR データによる新潟県中越地震での被害地域の検出, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B2, pp.567-568, 2005.9
5. 矢野嘉久, 山崎文雄, 松岡昌志, 丸山喜久, 胡内健一: 航空写真による福岡県西の方沖地震での玄界島の家屋被害把握, 第28回地震工学研究発表会報告集, CD-ROM, ID225, 4p, 2005.8.
6. 山崎文雄, 松岡昌志: リモートセンシング画像とGPSを活用したタイ南部の津波被害調査, 2004年12

月26日スマトラ島沖地震報告会梗概集, 日本地震工学会, pp.49-56, 2005.4.

7. 市居嗣之, 柴山明寛, 村上正浩, 佐藤哲也, 久田嘉章, 生井千里: 平常時・災害時での利活用を目的とした防災情報共有支援 WEBGIS の開発, 日本建築学会技術報告集, 第22号, pp.553-pp558, 2005年12月
8. W.G Rees 原著, 久世宏明, 飯倉善和, 竹内章司, 吉森久共訳, リモートセンシングの基礎 (第2版), 森北出版, 2005.4
9. 星仰, リモートセンシングの画像処理, 森北出版, 2003.10

英 文 論 文

1. Hans-Gerd Maas and Uwe Hampel, Photogrammetric Techniques in Civil Engineering Material Testing and Structure Monitoring, PE&RS January 2006, VOLUME 72, NUMBER 1, JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
2. Rick Lawrence, Rebecca Hurst, T. Weaver, and Richard Aspinall, Mapping Prairie Pothole Communities with Multitemporal Ikonos Satellite Imagery, PE&RS February 2006, VOLUME 72, NUMBER 2, JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
3. PE&RS March 2005, VOLUME 71, NUMBER 3, JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
4. D.H.A. Al-Khudhairi, I. Caravaggi, and S. Giada, Structural Damage Assessments from Ikonos Data Using Change Detection, Object-Oriented Segmentation, and Classification Techniques, PE&RS July, 2005, VOLUME 71, NUMBER 7, JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing

