

# 高分解能衛星データの災害時利用に関する調査・研究 Research on utilization of high resolution satellite data for disasters

地理調査部 根本正美・宇根 寛・佐藤 浩・安藤恵美

Geographic Department

Masami NEMOTO, Hiroshi UNE, Hiroshi SATO, Emi ANDO

## 要 旨

本調査・研究は、建設省総合技術開発プロジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」（平成11～13年度）の個別課題として、災害発生後の被災概況を広域、迅速かつ的確に把握するために衛星データを利用すると想定した場合、どのような基本仕様に基づく衛星データが最適であるかをテーマにして、平成11～13年度の3カ年にわたって実施するものである。

把握する事例として、平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災における地震発生後の被災状況を取り上げた。既存人工衛星としてSPOT、打ち上げ予定の人工衛星としてALOSを選択し、プラットフォーム、センサ、受信時期等の仕様条件を種々に組み替えつつ、幾つかの震災情報の抽出手法を設定した。なお、空中写真から作成したシミュレーション画像をALOS画像として扱った。

様々な手法により震災情報を抽出したところ、SPOT画像の利用では概して困難、ALOSシミュレーション画像では震災後の概況把握がほぼ可能で、災害時利用には高分解能衛星が是非とも必要であるとの検討結果を得た。さらに、画像をステレオ化して立体視判読することが、単画像判読と比べて優位であるとの検討結果などを得た。

災害時に衛星データを利用する場合、衛星画像以外の地理情報を併用するか否かは仕様を大きく左右する条件となるが、本調査・研究では、まず地理情報を併用せず衛星画像のみを利用する場合を検討し、次いで衛星画像と地理情報を併用する場合を検討することとした。

今回は、地理情報を併用せず衛星データのみの利用による場合（平成11年度実施）の調査・研究結果を報告する。

## 1. はじめに

我が国は、少子・高齢化、高度情報化の急速な進展など歴史的な転換期を迎えており、建設行政においても戦後一貫して行ってきた「国土建設」から総合的な「国土マネジメント」への転換を進めてきている。そのためには、国土全体の状況を面的・広域的かつ定常的に監視・観測し、国土管理に必要な情報を一般的、包括的に収集、管理、分析及び提供する「国土管理技術」を確立する必要がある。

平成11年度より開始された建設省総合技術開発プロ

ジェクト「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」は、国土全体の状況、地形の変化を広域的、定常的に監視・観測することを目的としたリモートセンシング等の航空宇宙技術の利用を目指すものである。

本調査・研究は、この一環として、今後打ち上げが予定されている高分解能衛星データ等を災害時に利用することを想定するとき、どのような基本仕様に基づく衛星データが最適かを明らかにするものである。特に、最近、画像処理技術の向上とともに衛星データの高精細度化、多機能化が急速に進みつつあり、これらを生かした災害状況の把握への衛星データの利用可能性について、検討を行った。

## 2. 調査・研究の方法

### 2.1 調査・研究方法の概要

本調査・研究で把握する事例として、平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災における地震発生後の被災状況を取り上げた。そして、既存あるいは打ち上げ予定の人工衛星のプラットフォーム、センサ、受信時期等の仕様条件、画像の前処理や地理情報併用の有無などの条件を種々に組み替えつつ、震災情報抽出のためのさまざまな手法を幾つか設定し、それぞれにおける抽出結果の検討をもとに、災害時に最も効果が期待できる衛星画像の基本仕様を明確にする方法とした。

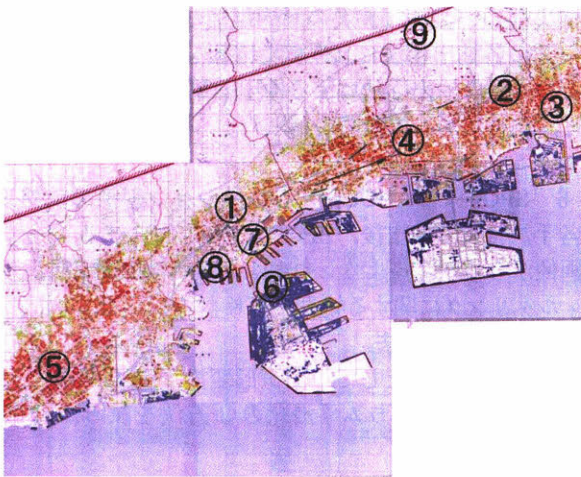
既存の人工衛星のセンサとして、SPOT/HRV-P及びHRV-XSを選択した。一方、打ち上げ予定の人工衛星のセンサとして、ALOS/PRISM及びAVNIR-II（西暦2002年打ち上げ予定）を想定し、空中写真をスキャンニング及びリサンプリングしてシミュレーション画像を作成した。なお、SPOT、ALOSとも立体視が可能である。

### 2.2 対象地域

建物倒壊、高架橋落下、延焼、液状化、沈下、山腹崩壊の6つの被災種類に着目し、表-1及び図-1に示す阪神・淡路大震災で特徴的に被災した9箇所の地域を、本調査・研究の対象地域とした。

表－１ 対象地域

|   | 被災種類      | 対象地域         | 面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 被災状況                         |
|---|-----------|--------------|--------------------------|------------------------------|
| ① | 建物<br>倒壊  | JR三宮駅周辺      | 3.0                      | 高層ビルの倒壊が顕著だった。               |
| ② |           | JR摂津本山駅周辺    | 3.5                      | 一般家屋の倒壊数が極めて多かった。            |
| ③ | 高架橋<br>落下 | 東灘区深江地区      | 2.7                      | 阪神高速道路の高架橋が約500mにわたって落下した。   |
| ④ |           | 灘区御影地区       | 3.4                      | 阪神電鉄の高架橋などが落下した。             |
| ⑤ | 延焼        | JR新長田駅、鷹取駅周辺 | 6.7                      | 地震後の火災により焼失が著しかった。           |
| ⑥ | 液状化       | ポートアイランド     | 3.4                      | 埋め立て地で、大規模液状化が発生した。          |
| ⑦ |           | J R 三宮駅南     | 1.9                      | 埋め立て地ではないが、道路上に小規模な液状化が発生した。 |
| ⑧ | 沈下        | メリケン波止場      | 1.9                      | 沈下により岸壁が崩壊した。                |
| ⑨ | 山腹崩壊      | 灘区住吉台地区      | 7.1                      | 多数の山腹崩壊が発生した。                |



図－１ 対象地域

### 2. 3 使用するSPOT画像及びALOSシミュレーション画像作成のための空中写真の受信・撮影年月日

#### (1) SPOT画像の受信年月日

平成3年11月7日、平成7年1月20日及び21日において各々受信されたHRV-P画像並びに平成4年1月25日及び平成7年1月21日に各々受信されたHRV-XS画像を使用した。

#### (2) ALOSシミュレーション画像作成のための空中写真の撮影年月日

一方、ALOSシミュレーション画像作成のための空中写真については、平成7年1月17日及び3月15日に撮

影されたものを使用した。

### 2. 4 調査・研究の全体計画

#### (1) 各手法による抽出結果の評価

各手法による震災情報の抽出結果を評価することで、この仕様条件下での衛星画像の利用可能性を検討する。

#### (2) 高分解能画像の必要性

SPOT画像及びALOSシミュレーション画像の抽出結果を比較し、高分解能画像の必要性を検討する。

#### (3) 画像のステレオ化の必要性

単画像判読及び立体視判読の抽出結果を比較し、画像のステレオ化の必要性を検討する。

#### (4) 画像の繰り返し受信の必要性

震災後のみの画像及び震災前後画像の重ね合わせの抽出結果を比較し、画像の繰り返し受信の必要性を検討する。

#### (5) 画像の多チャンネル化の必要性

パנקロ画像（1チャンネル）、マルチカラー画像（3チャンネル）及びパנקロ画像とマルチカラー画像の合成の各抽出結果を比較し、画像の多チャンネル化の必要性を検討するとともに、最適な波長帯域を明確にする。

#### (6) 地理情報の併用の必要性

衛星画像からの震災情報抽出に対して、地形図、主題図をはじめとする地理情報の併用の必要性を検討する。

#### (7) 画像前処理の効果

震災情報抽出の精度向上のために、色調補正、フィルタリング等の画像前処理が効果的であるかどうかを検討する。

#### (8) 震災情報の自動抽出の効果

震災情報抽出の速度向上のために、衛星画像からの震災情報の自動抽出が効果的であるかどうかを検討する。自動抽出の手法として、例えば画像間の差分、画像の自動分類等が挙げられる。

ただし、自動抽出が目視判読に取って代わるとは想定していない。目視判読の補助手段として、被災地域の概略分布を把握するためのものとする。

#### (9) 熱赤外域画像の有効性

一般的な衛星画像の波長帯域である可視及び近～中間赤外域に加え、熱赤外域の画像を利用することの有効性を検討する。特に、延焼地域の抽出などに有効ではないかと期待される。

### 2. 5 リファレンスマップとして引用する資料

阪神・淡路大震災の被災状況を示す資料として、国土地理院作成の「平成7年兵庫県南部地震災害現況図〔第Ⅱ版〕」（図－1で使用している。）などを引用し、いわゆるリファレンスマップとした。衛星画像からの抽出結果とリファレンスマップを比較することで抽出精度を求めることとした。

### 3. これまでの成果

#### 3. 1 画像の準備

##### (1) SPOT画像

2. 3に示すSPOT画像を準備した。パンクロ画像のHRV-Pセンサの分解能は10m, マルチカラーのHRV-XSセンサの分解能は20mである。

##### (2) ALOSシミュレーション画像

2. 3に示す空中写真を準備し, 空中写真の撮影諸元を元に空中写真をスキニング及びリサンプリングし, ALOSシミュレーション画像を作成した。

ALOSの分解能は, パンクロ画像のPRISMセンサが2.5m, マルチカラー画像のAVNIR-IIセンサが10mである。

##### (3) リファレンスマップ

リファレンスマップとした「平成7年兵庫県南部地震災害現況図 [第Ⅱ版]」などは紙地図なので, スキニングしてデジタル画像化した。

#### 3. 2 画像の幾何補正

準備した時点ではSPOT画像, ALOSシミュレーション画像, リファレンスマップともそれぞれ座標が異なるため, 単画像判読及び立体視判読に使用するSPOT及びALOSシミュレーション画像を幾何補正し, リファレンスマップの座標と一致させた。

#### 3. 3 震災情報の抽出手法の設定

SPOTあるいはALOSシミュレーションのセンサ, 受信時期及び判読手法の組み合わせを変えながら, 表-2のとおり震災情報の抽出手法を設定した。

なお, いずれの手法も地理情報を併用せず, 衛星画像のみを利用する手法である。

#### 3. 4 震災前後のSPOT画像の重ね合わせ

表-2の画像5及び6を作成するために, 幾何補正した震災前後のSPOT画像を重ね合わせた。幾何補正の前後で輝度値を保存する必要があるため, 幾何補正時のリサンプリング方法には最近接内挿法を採用した。

重ね合わせる際には, 震災前後のSPOT画像をRGBに割

り当てマルチカラー画像を作成する方法, 震災前後のSPOT画像間で比演算しパンクロ画像を作成する方法の2方法を試み, 比較検討した。

##### (1) 震災前後のSPOT画像をRGB割り当てにより作成したマルチカラー画像

震災後のSPOT/HRV-P画像をR(ed)に, 震災前のSPOT/HRV-P画像をG(reen)及びB(lue)に割り当て, 新たにRGBのマルチカラー画像を作成した。

##### (2) 震災前後のSPOT画像間の比演算により作成したパンクロ画像

震災前後のSPOT/HRV-P画像間で,

$$CCTr = (CCTa - CCTb) / (CCTa + CCTb)$$

CCTa: 震災後画像の輝度値

CCTb: 震災前画像の輝度値

CCTr: 比演算画像の輝度値

の比演算を行い, 新たにパンクロ画像を作成した。

この画像では, 震災前の輝度値に比べて震災後の輝度値が高い場合は高い値に, 低い場合は低い値になり, 画像上ではそれぞれ白っぽくあるいは黒っぽく表示される。

#### 3. 5 震災情報の抽出及び検討

被災種類の識別, 被災の面的規模などに着目しつつ, 表-2の各抽出手法により震災情報を抽出した。

そして, 各抽出手法による抽出結果を受けて, 2.4に記す検討項目に沿って検討を行った。

#### 3. 6 SPOT及びALOSシミュレーション画像の前処理

各手法による抽出後, SPOT及びALOSシミュレーション画像からの判読をよりしやすくするため, 色調補正及びフィルタリングに関する処理及び検討を行った。

##### (1) 色調補正の方法

色調補正の方法として, ①線形変換, ②標準偏差による変換, ③ヒストグラム平滑化の3方法を試み, 比較検討した。

##### (2) フィルタリングの方法

表-2 震災情報の抽出手法

|      | 使用する画像                                    | 分解能  | 判読方法  |
|------|-------------------------------------------|------|-------|
| 手法1  | 震災後のSPOT/HRV-P画像 (画像1)                    | 10m  | 単画像判読 |
| 手法2  | 震災後のSPOT/HRV-XS画像 (画像2)                   | 20m  | 単画像判読 |
| 手法3  | 震災後のSPOT/HRV-P及びHRV-XS画像の合成画像 (画像3)       | 10m  | 単画像判読 |
| 手法4  | 震災後のSPOT/HRV-P画像のステレオペア (画像4)             | 10m  | 立体視判読 |
| 手法5  | 震災前後のSPOT/HRV-P画像をRGBに割り当てたマルチカラー画像 (画像5) | 10m  | 単画像判読 |
| 手法6  | 震災前後のSPOT/HRV-P画像間で比演算して作成した画像 (画像6)      | 10m  | 単画像判読 |
| 手法7  | 震災後のALOS/PRISM画像 (画像7)                    | 2.5m | 単画像判読 |
| 手法8  | 震災後のALOS/AVNIR-II画像 (画像8)                 | 10m  | 単画像判読 |
| 手法9  | 震災後のALOS/PRISM及びAVNIR-II画像の合成画像 (画像9)     | 2.5m | 単画像判読 |
| 手法10 | 震災後のALOS/PRISM画像のステレオペア (画像10)            | 2.5m | 立体視判読 |

フィルタリングの方法として、①Edge Detect, ②Edge Enhancement, ③Low Pass, ④High Pass, ⑤Summaryの5方法を試み、比較検討した。

### 3. 7 熱赤外域データに関する調査

この他、地震発生後の被災状況の把握に対して熱赤外域画像の利用可能性を調査するため、阪神・淡路大震災に関しての熱赤外域データの有無を調査するとともに、熱赤外域データの活用事例を示した文献を収集した。

## 4. 得られた成果

### 4. 1 震災情報の判読抽出の結果

各手法による震災情報の判読抽出の結果を、以下に示す。なお、リファレンスマップとして使用した「平成7年兵庫県南部地震災害現況図[第Ⅱ版]」の凡例を、図-2

| 色区分                                                                                 | 災害の名称        |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|
|    | 家屋・建物の倒壊及び破損 | 倒壊及び大きな破損            |
|    |              | 倒壊及び大きな破損で、3階以上の高層建物 |
|   |              | 軽微な破損                |
|  |              | 軽微な破損で、3階以上の高層建物     |
|  | 火災(焼失範囲)     |                      |
|  | 道路・鉄道の破損等    | 道路・高速道路、鉄道の破損        |
|  |              | 鉄道等の不通区間             |
|  |              | 道路等の不通区間             |
|  | 斜面崩壊・地すべり    |                      |
|  | 地盤の液状化       |                      |
|  | 海岸堤防・岸壁の破損   |                      |
|  | 行政界          |                      |
|  | 調査範囲         |                      |

図-2 災害現況図の凡例

に示す。

また、図-3～図-30のいずれの画像とも対象地域と厳密に一致しておらず、対象地域の一部を抜粋表示している。

(1) 震災後の画像を利用した単画像判読による抽出結果

#### ①高層建物倒壊

個々の高層建物は、SPOT/HRV-P画像上でも1～数ピクセルに過ぎず、SPOT画像からの判読抽出は困難であった。

ALOSシミュレーションでは、PRISM及び合成画像においてごく一部の倒壊が認められたが、倒壊棟数の計測は困難であった。また、上空からの画像のため高層建物の中階が押し潰される被災を捉えられなかった。(図-3及び4参照)



図-3 JR三宮駅周辺における震災後 ALOS/PRISMシミュレーション画像 100m



図-4 図-3の地域における災害現況図 100m

#### ②中・低層建物倒壊

本山地区の中・低層建物は、JR三宮駅周辺の高層建物よりもさらに小さいため、SPOT画像からの判読抽出は困難であった。

ALOSシミュレーションでは、PRISM及び合成画像において一部色調やきめに異常があったが、分解能が低い

ため倒壊軒数の計測は困難であった。(図-5及び6参照)



図-5 JR 摂津本山駅周辺における震災後のALOS/PRISMシミュレーション画像 100m



図-6 図-5の地域における災害現況図 100m

### ③高架橋落下

東灘区深江地区では長さ約500mにわたって阪神高速道路の高架橋が落下した。高架橋落下の判読には形と陰



図-7 東灘区深江地区における震災後のALOS/PRISMシミュレーション画像 100m

影が重要なキーになった。

SPOTのHRV-P及び合成の画像において形や輝度に異常がみられたが、正確な境界は特定できなかった。

ALOSシミュレーションのPRISM及び合成画像から落下箇所を把握できた。落下箇所と非落下箇所の境界も明瞭であった。(図-7及び8参照)



図-8 図-7の地域における災害現況図 100m

一方、灘区御影地区の阪神鉄道などの比較的小規模な落下箇所の抽出については、SPOT画像では判読できなかったが、ALOSシミュレーションのPRISM及び合成画像では形やきめの異常を把握することができた。ただし、正確な落下箇所は把握できなかった。(図-9及び10参照)



図-9 灘区御影地区における震災後のALOS/PRISMシミュレーション画像 100m

### ④延焼

SPOTのいずれの画像でも長田地区の焼失箇所の輝度が非焼失箇所と比べて低くきめも一様な特徴があった。これをキーに延焼地域を大まかに把握できたが、境界が不明瞭で面積計測は不可能だった。(図-11及び12参照)

ALOSシミュレーションでは、いずれの画像でも延焼地域を把握できた。このうち、PRISM及び合成画像では延



図-10 図-9地域における災害現況図 100m



図-13 J R新長田駅、鷹取駅周辺における  
震災後のALOS/PRISMシミュレーション画像 100m

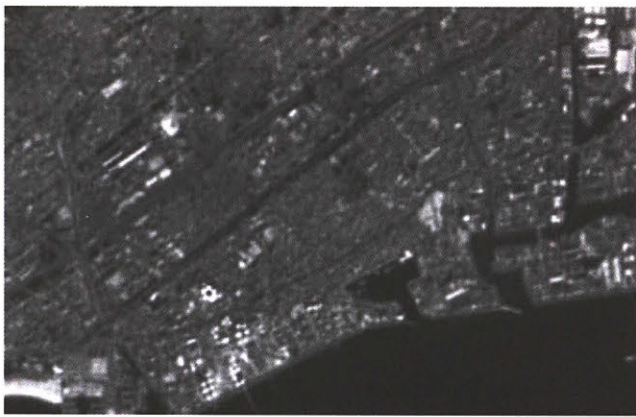


図-11 J R新長田駅、鷹取駅周辺における  
震災後のSPOT/HRV-P画像 400m



図-14 図-13の地域における災害現況図 100m

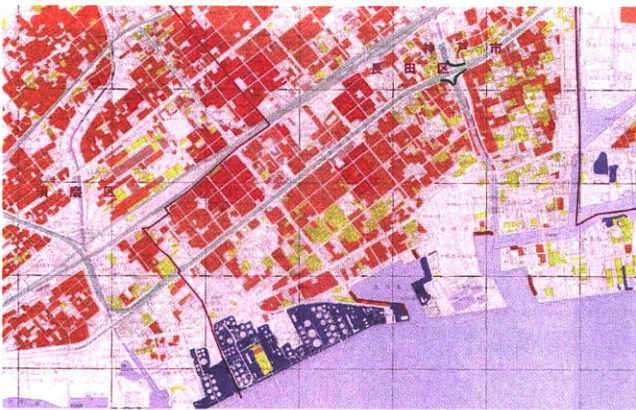


図-12 図-11の地域における災害現況図 400m

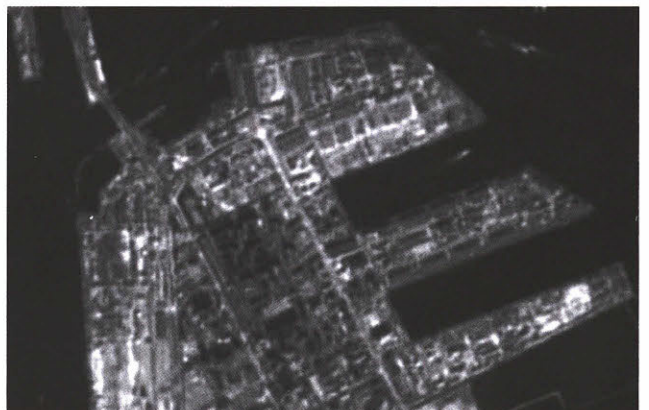


図-15 ポートアイランドにおける震災後の  
SPOT/HRV-P画像 400m

焼地域と非延焼地域の境界が明瞭で、高精度で計測可能と思われる。(図-13及び14参照)

#### ⑤液状化

SPOTの画像上でもポートアイランドの液状化箇所の輝度は非液状化箇所と比べて極めて高いことが読み取れ、これをキーに液状化地域を大まかに把握することができたが、境界が不明瞭で面積計測は不可能だった。(図-15

及び16参照)

同様に、ALOSシミュレーションのいずれの画像から、液状化地域を把握することができた。特に、PRISM及び合成画像は境界が明瞭だった。(図-17及び18参照)

また、ALOSシミュレーションのPRISM及び合成画像を比較したところ、カラー画像に優位性が認められた。パ

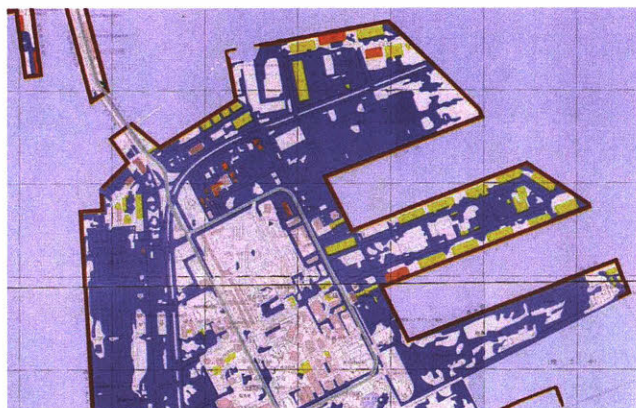


図-16 図-15の地域における災害現況図 400m



図-19 J R三宮駅南における震災後の  
ALOS/PRISMシミュレーション画像 100m



図-17 ポートアイランドにおける震災後の  
ALOS/PRISMシミュレーション画像 100m

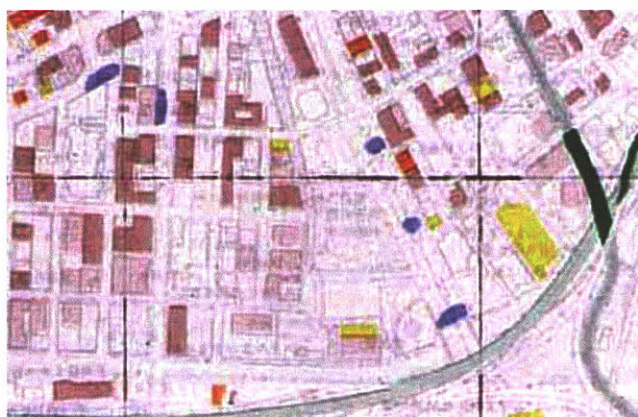


図-20 図-19の地域における災害現況図 100m

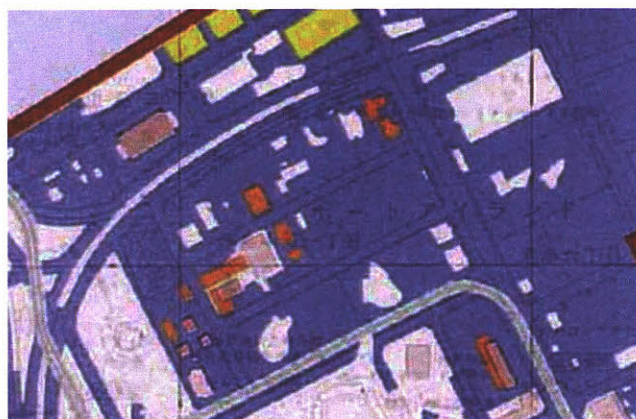


図-18 図-17の地域における災害現況図 100m

ンクロ画像では液状化地域と同等の輝度を持つ他の構造物を区別できないのに対して、カラー画像では区別しやすいためである。

三宮駅南の液状化箇所は規模が小さく、SPOT、ALOSシミュレーションのいずれの画像からも抽出困難だった。(図-19及び20参照)

#### ⑥沈下

メリケン波止場は沈下によって岸壁が損壊し海中に没している。よって、メリケン波止場の判読は、色と形が重要なキーとなった。

SPOTでは、HRV-P、合成の各画像で把握できた。ただし、分解能が低いため境界の特定や沈下量の計測はできなかった。

ALOSシミュレーションのいずれの画像でも沈下地域を把握でき、このうちPRISM及び合成画像では境界が明瞭で、高精度の計測ができると思われる。(図-21及び22参照)

#### ⑦山腹崩壊

灘区住吉台の山腹崩壊では色と形が重要なキーとなったが、SPOTのいずれの画像からも山腹崩壊箇所を把握できたが、境界は不明瞭だった。

また、ALOSシミュレーションのいずれの画像でも山腹崩壊地域を把握できた。しかし、震災後の画像のみでは崩壊地が震災によるものかどうかは判別できない。(図-23及び図-24参照)



図-21 メリケン波止場における震災後の  
ALOS/PRISMシミュレーション画像 100m



図-24 図-23の地域における災害現況図 100m



図-22 図-21の地域における災害現況図 100m



図-23 灘区住吉台地区における震災後の  
ALOS/PRISMシミュレーション画像 100m

## (2) 震災後の画像を利用した立体視判読による抽出結果

### ①高層建物倒壊

JR三宮駅周辺の高層建物倒壊に関するSPOT画像の結果は、分解能が低いため単画像判読の場合と同程度であった。

ALOSシミュレーション画像では横転したビルを判読で

き立体視判読の利点を認められる。しかし、建物の一部損壊や中階の押し潰れでは、立体視判読でも効果はなかった。

### ②中・低層建物倒壊

SPOT画像はおろかALOSシミュレーション画像の場合でも、中・低層建物の大きさに対して分解能に限界があるため、単画像判読と同程度の結果であった。

### ③高架橋落下

東灘区深江地区、灘区御影地区の高架橋落下とも、SPOT画像、ALOSシミュレーション画像のいずれの場合でも単画像判読と同程度の結果であり、立体視の効果は見い出せなかった。

### ④延焼

延焼地域は、焼失により色調ときめが大きく変化しており、SPOT画像の立体視判読は効果的であった。しかし、正確な延焼面積把握は分解能に大きく依存するので、単画像判読と同様、SPOT画像では困難であった。(図-25及び26参照)

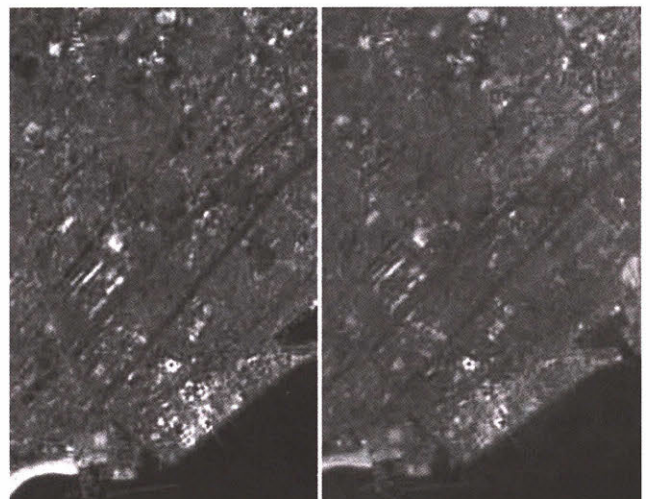


図-25 JR新長田駅、鷹取駅周辺における  
震災後のSPOT/HRV-P画像のステレオペア  
(リファレンスマップと合わせる幾何補正をしていない。) 400m

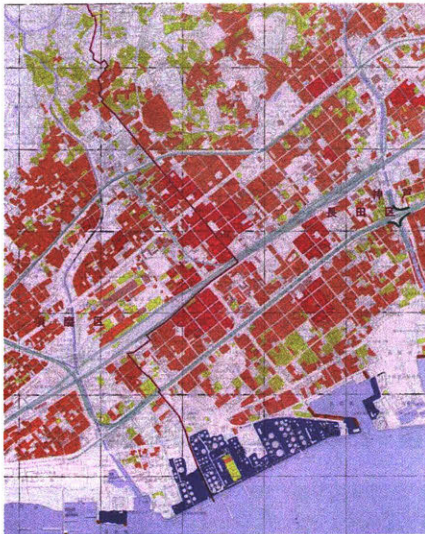


図-26 図-25の地域における災害現況図  
(図-25の画像とは座標系が異なるため、表示地域は一致していない。)

ALOSシミュレーション画像からは焼け残っている建物の高さも把握でき、焼失区域の境界を的確に把握することができた。しかし、焼失地域の特徴は色調に大きく現れるので、立体視判読することで抽出精度が飛躍的に増大するとは言えない。

#### ⑤液状化

ポートアイランドの液状化地域は色調が大きく変化しており、SPOT画像の立体視判読が効果的であった。しかし、正確な液状化面積の把握は分解能に大きく依存するので、単画像判読と同様、SPOT画像では困難であった。(図-27及び28参照)

ALOSシミュレーション画像による立体視判読では、液状化箇所と同じような色調を示す構造物を液状化箇所と立体的に区別できるので、誤判読を軽減できた。

一方、三宮駅南の液状化については、単画像判読と同様、SPOT、ALOSシミュレーションのいずれの画像からも抽出は困難であった。

#### ⑥沈下

メリケン波止場の岸壁の沈下に対するSPOT画像の立体視判読の結果は、単画像判読の場合と同程度だった。

ALOSシミュレーション画像では岸壁の高さが判読できた。震災前のALOSシミュレーション画像を入手できれば、震災前後の各々の判読結果を比較して、沈下量を推定できると考えられる。

#### ⑦山腹崩壊

SPOT画像の立体視判読は、単画像判読と同程度の結果であった。

ALOSシミュレーション画像では、崩壊箇所の起伏を読み取れた。震災前の立体視判読の結果と比較することで、崩壊土砂量の推定が可能になる。

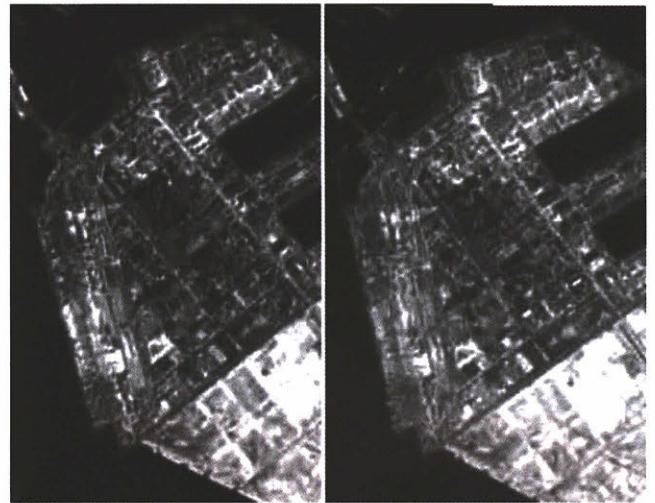


図-27 ポートアイランドにおける震災後のSPOT/HRV-P画像のステレオペア  
(リファレンスマップと合わせる幾何補正をしていない。)



図-28 図-27の地域における災害現況図  
(図-27の画像とは座標系が異なるため、表示地域は一致していない。)

### (3) 震災前後の画像の重ね合わせを利用した単画像判読による抽出結果

#### ①震災前後のSPOT画像をRGB割り当てにより作成したマルチカラー画像

SPOT画像で判読が可能だったJR新長田駅、鷹取駅周辺(延焼)、ポートアイランド(液状化)及び灘区住吉台地区(山腹崩壊)の3対象地域においては、震災前後の画像を重ね合わせる有効性を確認できた。

延焼地域は輝度値が低いため、マルチカラー画像では青色になった。焼失面積の概況把握には適した画像と言える。(図-29参照)

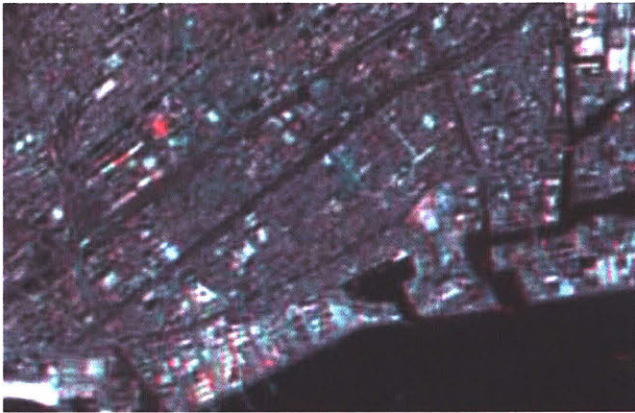


図-29 J R新長田駅、鷹取駅周辺における  
震災前後のSPOT／HRV-PのRGB画像  
(災害現況図は、図-12を参照。) 100m

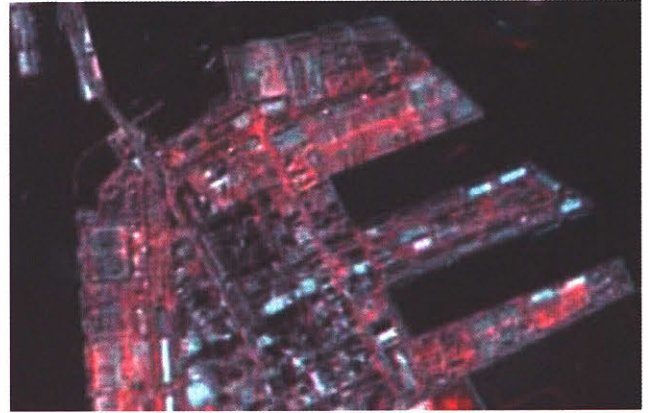


図-30 ポートアイランドにおける震災  
SPOT／HRV-PのRGB画像  
(災害現況図は、図-16を参照。) 100m

液状化地域は輝度値が高いため、マルチカラー画像では赤色になった。震災後の画像のみでは困難であった液状化箇所と建物の区別ができ、有効な手法である。(図-30参照)

崩壊箇所は輝度値が高いため、マルチカラー画像では赤色になった。震災後の画像のみでは困難であった裸地、人工改変地と崩壊地の区別、地震後に発生した崩壊地と地震前から存在した崩壊地の区別が容易になり、崩壊地の特定に有効な手法である。

#### ②震災前後のSPOT画像間の比演算により作成したパンクロ画像

この画像も地震発生前後の輝度値の差を活用した手法であるが、震災によって輝度値が低下する延焼地域では黒く、輝度値が上昇する液状化地域、山腹崩壊地域では白くなる。比演算によるパンクロ画像もRGBB割り当てによるマルチカラー画像と同じような特徴を有し、被災状況の抽出に効果を発揮した。

#### (4) 各抽出手法における抽出結果の評価

各抽出手法における被災種類毎の抽出結果を◎、○及び△を用いて評価したものを、表-3にまとめている。

表中の◎(判別可能)は「衛星画像からの判読抽出が可能」、○(判別やや困難)は「災害現況図などを用いて被災地があることを事前に認知していれば判読抽出は可能」、△(判別不可)は「衛星画像からの判読は不可能」とそれぞれ区分した。

#### 4. 2 画像の前処理の結果

##### (1) 色調補正の結果

SPOT単画像判読において震災情報の抽出が可能であったJR新長田駅、鷹取駅周辺(延焼)、ポートアイランド(液状化)及び灘区住吉台地区(山腹崩壊)の3対象地域に対して、色調補正の前処理を行ったところ、以下の結果であった。表-4に色調補正の結果をまとめている。

表-3 各抽出手法における震災情報の抽出結果

|      | 建物倒壊         |                | 高架橋落下       |            | 延焼                | 液状化          |             | 沈下          | 山腹崩壊        |
|------|--------------|----------------|-------------|------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|      | J R三宮<br>駅付近 | J R摂津本<br>山駅周辺 | 東灘区深<br>江地区 | 灘区御<br>影地区 | J R新長田駅、<br>鷹取駅周辺 | ポートア<br>イランド | J R三宮<br>駅南 | メリケン<br>波止場 | 灘区住吉<br>台地区 |
| 手法 1 | △            | △              | ○           | △          | ○                 | ○            | △           | ○           | ○           |
| 手法 2 | △            | △              | △           | △          | ○                 | ○            | △           | △           | ○           |
| 手法 3 | △            | △              | ○           | △          | ○                 | ○            | △           | ○           | ○           |
| 手法 4 | △            | △              | ○           | △          | ○                 | ○            | △           | ○           | ○           |
| 手法 5 | △            | △              | △           | △          | ◎                 | ◎            | △           | ○           | ◎           |
| 手法 6 | △            | △              | △           | △          | ◎                 | ◎            | △           | ○           | ◎           |
| 手法 7 | ○            | ○              | ◎           | ○          | ◎                 | ◎            | △           | ◎           | ◎           |
| 手法 8 | △            | △              | △           | △          | ○                 | ○            | △           | ○           | ◎           |
| 手法 9 | ○            | ○              | ◎           | ○          | ◎                 | ◎            | △           | ◎           | ◎           |
| 手法10 | ◎(一部)        | ○              | ◎           | ○          | ◎                 | ◎            | △           | ◎           | ◎           |

◎：判別可能 ○：判別やや困難 △：判別不可

ただし、手法1～10については、表-2に示すとおりである。

なお、これら3対象地域以外は、震災情報の抽出が不可能であったため、色調補正の効果は期待できないと判断した。

### ①線形変換

全体の色調を一律に調整するため、被災箇所の色調が異常に低い場合は効果があるが、被災箇所と非被災箇所の色調差が小さい場合は、効果は見られない。全体的に見て、あまり効果的でなかった。

### ②標準偏差による変換

画像濃度の平均値と標準偏差を用いるため、被災箇所と非被災箇所の色調差が小さい場合、変換後の色調差を増大させる効果があった。全体の色調バランスも良く、今回の色調方正の方法の中では最も判読に適した画像を作成できた。

### ③ヒストグラム平滑化

高頻度の色調部分が強調され低頻度の色調部分が圧縮されるため、変換後の色調差が強調された画像を得られたが、ハレーションが生じる可能性も高かった。画像、被災種類によっては効果が認められたが、標準偏差による変換よりは低い評価だった。

表－4 色調補正の結果

| 色調補正の方法   | 画像  | 延焼               | 液状化      | 山腹崩壊    |
|-----------|-----|------------------|----------|---------|
|           |     | JR新長田駅、<br>鷹取駅周辺 | ポートアイランド | 灘区住吉台地区 |
| 線形変換      | 画像1 | △                | △        | ○       |
|           | 画像2 | △                | △        | △       |
|           | 画像3 | △                | △        | ○       |
|           | 画像7 | ◎                | △        | ○       |
|           | 画像8 | △                | ○        | △       |
|           | 画像9 | △                | △        | ○       |
| 標準偏差      | 画像1 | ◎                | △        | ◎       |
|           | 画像2 | ◎                | ◎        | ◎       |
|           | 画像3 | ◎                | △        | ◎       |
|           | 画像7 | ◎                | △        | ◎       |
|           | 画像8 | ◎                | △        | △       |
|           | 画像9 | ◎                | △        | ◎       |
| ヒストグラム平滑化 | 画像1 | ○                | ◎        | ○       |
|           | 画像2 | ○                | △        | ◎       |
|           | 画像3 | ◎                | ◎        | ○       |
|           | 画像7 | △                | ○        | △       |
|           | 画像8 | ◎                | △        | △       |
|           | 画像9 | ◎                | ◎        | △       |

◎：非常に有効 ○：有効 △：効果は少ない  
ただし、画像1～9については、表－2に示すとおりである。

## (2) フィルタリングの結果

色調補正の場合と同一の対象地域に対して、フィルタリングの前処理を行ったところ、以下の結果であった。

表－5に色フィルタリングの演算子、表－6にフィルタリングの結果をまとめている。

### ①Edge Detect

この方法はエッジ抽出の効果があり、被災箇所と非被災箇所の境界を抽出できたが、不要なエッジも抽出するため、処理後の画像の解釈が難解となってしまった。比較的広く一樣な色調を示す被災箇所の抽出には有効であると思われるが、今回の場合、あまり効果は見られなかった。

### ②Edge Enhance

この方法はエッジ強調の効果があり、被災箇所と非被災箇所の境界を鮮鋭にできた。色調のバランスは残るため、判読の支援に有効な手法である。今回の5方法の中では最も効果が見られた。

### ③Low Pass

この方法はスムージングの効果があり、色調値のばらつきが大きい場合には効果があった。しかし、震災情報の抽出においては微細な色調差を広げてしまい、効果は低かった。

### ④High Pass

この方法はエッジ強調の効果があり、Edge Enhanceより強い強調効果があった。被災箇所と非被災箇所の色調差が小さい場合には効果があると思われた。ただし、ALOSシミュレーション画像の場合、影が強調されてしまい判読を阻害することとなってしまった。

### ⑤Summary

この方法は、Edge Enhanceより強いエッジ強調効果があった。High Pass同様、被災箇所と非被災箇所の色調差が小さい場合には効果があると思われた。ただし、やはりHigh Pass同様、ALOSシミュレーション画像の場合、影が強調されてしまい判読を阻害することとなってしまった。

表－5 各フィルタリングの演算子

| フィルタリングの方法   | 演算子 |    |    |
|--------------|-----|----|----|
| Edge Detect  | -1  | -1 | -1 |
|              | -1  | 8  | -1 |
|              | -1  | -1 | -1 |
| Edge Enhance | -1  | -1 | -1 |
|              | -1  | 17 | -1 |
|              | -1  | -1 | -1 |
| Low Pass     | 1   | 1  | 1  |
|              | 1   | 1  | 1  |
|              | 1   | 1  | 1  |
| High Pass    | -1  | -1 | -1 |
|              | -1  | 9  | -1 |
|              | -1  | -1 | -1 |
| Summary      | -1  | -1 | -1 |
|              | -1  | 10 | -1 |
|              | -1  | -1 | -1 |

表－6 フィルタリングの結果

| フィルタリングの方法   | 画像   | 延焼               | 液状化      | 山腹崩壊    |
|--------------|------|------------------|----------|---------|
|              |      | JR新長田駅、<br>鷹取駅周辺 | ポートアイランド | 灘区住吉台地区 |
| Edge Detect  | 画像 1 | △                | △        | ○       |
|              | 画像 2 | △                | △        | △       |
|              | 画像 3 | △                | △        | ○       |
|              | 画像 7 | ○                | △        | △       |
|              | 画像 8 | △                | △        | △       |
|              | 画像 9 | ○                | △        | △       |
| Edge Enhance | 画像 1 | ◎                | ○        | ◎       |
|              | 画像 2 | ◎                | ○        | ◎       |
|              | 画像 3 | ◎                | ○        | ◎       |
|              | 画像 7 | ◎                | ◎        | ◎       |
|              | 画像 8 | ○                | △        | ○       |
|              | 画像 9 | ◎                | ◎        | ◎       |
| Low Pass     | 画像 1 | ○                | ○        | ○       |
|              | 画像 2 | ○                | ○        | ○       |
|              | 画像 3 | ○                | ○        | ○       |
|              | 画像 7 | ○                | ○        | ○       |
|              | 画像 8 | ○                | ○        | ○       |
|              | 画像 9 | ○                | ○        | ○       |
| High Pass    | 画像 1 | △                | △        | ○       |
|              | 画像 2 | △                | △        | ◎       |
|              | 画像 3 | △                | △        | ◎       |
|              | 画像 7 | △                | ○        | ○       |
|              | 画像 8 | △                | △        | △       |
|              | 画像 9 | △                | ○        | ○       |
| Summary      | 画像 1 | ○                | △        | ○       |
|              | 画像 2 | △                | △        | ◎       |
|              | 画像 3 | ○                | △        | ◎       |
|              | 画像 7 | ○                | ○        | ◎       |
|              | 画像 8 | △                | △        | △       |
|              | 画像 9 | ○                | ○        | ○       |

◎: 非常に有効 ○: 有効 △: 効果は少ない

ただし、画像 1～9については、表－2に示すとおりである。

### 4. 3 熱赤外域データに関する調査の結果

熱赤外域データの特徴は、対象物の放射を捉えられることでありまた昼夜を問わず取得できるが、大気による吸収などの影響が大きい。

このため、熱赤外域データ解釈については未だ確立していないのが現状であった。

阪神・淡路大震災に関する熱赤外域データも、人工衛星のセンサに限らなくても非常に少ない。

また、熱赤外域データの活用事例を示した文献に関しては学会論文を中心に調査したところ、土砂災害、火山災害関係が何点かあったが、地震災害関係は少なかった。

## 5. まとめ

### (1) SPOT画像を利用した震災情報の抽出

SPOTレベルの分解能を持つ画像を利用した震災情報の抽出では、分解能が低いため、情報抽出は概して困難であった。延焼、液状化、山腹崩壊については画像の輝度、キメ、形などをキーにして大まかな領域は把握できるが、領域計測は不可能だった。

### (2) ALOSシミュレーション画像を利用した震災情報の抽出

ALOSレベルの分解能を持つ画像の場合、建物倒壊については一部判読抽出できたが、倒壊件数の計測は不可能だった。その他の延焼、液状化などについては、境界を明瞭に計測できた。

### (3) 高分解能画像の優位性

今回の震災情報抽出の結果、SPOTレベルの画像では震災情報の抽出が概して困難だったのに対して、ALOSレベルの画像では多くの被災種類に対して抽出が可能であったことから、高分解能画像の優位性が認められたとともに、震災後の概況把握には高分解能画像が必要であると考えられる。

### (4) 立体視判読の優位性

立体視判読では、SPOT画像の場合と比較して、ALOSシミュレーション画像において特に判読精度の向上が認められた。SPOT画像の場合、分解能が低く立体視判読の優位性を見いだす以前に問題があった。ALOSシミュレーション画像では、被災種類によっては立体視判読に伴い判読精度が向上した。このことから、立体視判読の優位性を明らかにできた。

### (5) マルチカラー画像の優位性

ともに分解能2.5mであるALOSシミュレーションのPRISM（パングロ画像）と合成（マルチカラー画像）の結果を比較した場合、各々の評価にほとんど差がなかった。阪神・淡路大震災の事例とした場合、パングロ画像に対するマルチカラー画像の顕著な優位性は見出せなかった。

### (6) 震災前後の画像重ね合わせの優位性

震災前後のSPOT画像の重ね合わせでは、延焼、液状化、山腹崩壊で、震災後のみ画像に対する優位性が確認された。特に山腹崩壊が地震に起因するものか否かの判別などは、震災前後の画像を利用することによってはじめて可能になり、画像の繰り返し受信の優位性も明らかにできた。

今回の調査・研究では、SPOTについてのみ震災前後の画像重ね合わせを行ったが、ALOSについてもSPOTの場合と同様の結果が得られると考えられる。

### (7) 画像前処理の効果

SPOT画像の前処理については、線形変換、標準偏差による変換、ヒストグラム平滑化及び各種のフィルタリングの各々について、被災種類によっては効果があることが確認された。

### (8) 熱赤外域データの有効性

収集した文献においては、土砂災害、火山災害関係が何点かあるが、地震災害関係は少ない結果であった。

熱赤外域データの有効性の検討は、今後も引き続いて検討項目とする。

地理情報の併用の必要性を検討することになっている。

また、熱赤外域データの災害時利用については、利用の現状を踏まえた上で、今後、さらに検討をすすめることにしている。

## 6. おわりに

今後、今回実施した各抽出手法に地理情報を併用し、

## 参 考 文 献

- 衛星データの実利用特別小委員会研究報告書，土木学会土木情報システム委員会，1998
- 航空・宇宙等先端技術を活用した災害監視等国土管理技術の調査検討，宇宙開発事業団・(社)日本航空宇宙工業会，1999
- 図解リモートセンシング，日本リモートセンシング研究会，1992，(社)日本測量協会
- (以下，熱赤外域データ調査に関して収集した文献)
- 震災情報の収集に対する熱赤外ビデオの適用性，川島一彦・杉田秀樹・加納尚史・飯田寛之，土木技術資料，33-1，p43～49，1991
- 震災情報の収集に対する熱赤外線ビデオの適用性 —熱赤外線画像に及ぼす風の影響—，川島一彦・中島 燈・杉田秀樹，土木技術資料，36-1，p68～73，1994
- シラス自然斜面の崩壊危険箇所評価における衛星画像熱赤外データの有効性，大林成行・小島尚人・亀井慎一郎・伊代田尚志，日本リモートセンシング学会第27回学術講演会論文集，p47～48，1999
- 兵庫県南部地震被害状況解析作業報告，竹内章司・見富 恭，兵庫県南部地震災害調査報告，p39～53，1995
- 航空機MSS等による阪神大震災と関わるトゥールースデータの収集，中日本航空(株)，兵庫県南部地震災害調査報告，p97～122，1995