

## 衛星画像（近赤外）による、山火事跡地の森林被害調査

### —CGやGPSを利用した、ground truth手法の開発—

弓場 憲生

弓場 憲生：衛星画像（近赤外）による、山火事跡地の森林被害調査—CGやGPSを利用した、ground truth手法の開発—、広島県林技セ研報34：19～24,2002.2000年8月30日に広島県豊田郡瀬戸田町萩で発生した63haの山火事跡地を対象に、人工衛星SPOTの近赤外データを利用して被害状況を調査した。衛星データと現地の照合作業（ground truth）を簡略化するために、標高データを使ったコンピュータグラフィックによる鳥瞰図を作成したところ、非常に有効であった。またGPSによる位置データを使用することによって、現地における画素の特定が容易になりground truthの精度が飛躍的に向上した。

これらの手法の開発によって被災地の被害程度は、激害区、枯葉区、回復区、微害区の4つに区分された。また出火の翌日に観測された衛星データから、4ヶ月後の回復状況が予測できることが判明した。

[キーワード]

山火事、リモートセンシング、近赤外、標高データ、GPS

### 1. はじめに

瀬戸内海の生口島（広島県豊田郡瀬戸田町萩）で、2000年8月30日に林野火災が発生した。鎮火までに12日間を要し、被害面積は63haに及ぶ大規模なものであった。

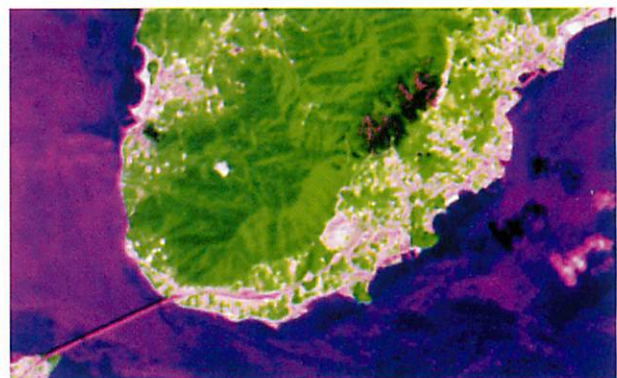
このような大面積の山火事被害が発生した場合、通常は、森林の早期回復を目的とした植栽工が行われる。この場合、全域の被災状況が短期間で正確に把握できれば、より効率的な施工計画樹立が可能になる。そこで近年では、これまでの現地調査に代わるものとして、衛星データの利用が試みられるようになった。（東ほか2000）

しかし対象が山岳地の場合、衛星データと現地状況の照合（ground truth）には、大変な労力が必要な上、現地における位置の特定が極めて困難である。これらのことは山火事跡地の調査に限らず、森林・林業分野における衛星リモートセンシングの実利用をすすめる上での隘路になっており、新たな技術開発が求められている。

本報は、生口島の山火事跡地全域の樹木を対象に行った、衛星データによる被災状況調査の結果をとりまとめたものであるが、ground truthの新しい手法として標高データを使用したCOMPUTER GRAPHICやGPSの利用を試みたので、その結果についても合わせて報告する。

なお、衛星データは通信・放送機構からの委託研究に

よって整備された配信システムを利用して、広島工業大学から広島県立林業技術センターに転送されたものを使用した（図-1）。（2000年8月31日SPOT（仏）撮影）



(c)CNES2000 reproduced by HIT under licence from SPOT IMAGE 受信解析：広島工業大学、協力：宇宙開発事業団

図-1 近赤外線による衛星画像

本文をまとめるにあたり、広島県農林水産部森林保全室の東敏生専門技術員には多くの助言をいただいた。厚く御礼申し上げる。

### 2. 衛星データのみを使った、被害範囲の抽出と被害分級図の作成

#### 2.1 方法

今回の山火事の被害範囲を特定するため、まずSPOTのXSデータのうち、BAND 2（赤）とBAND 3（近赤外線）による植生指標値を算出した。

（ただし、植生指標値(VI)は下式による。）

$$VI = ((\text{band3} - \text{band2}) / (\text{band2} + \text{band3}) + 1) \times 100$$

次にこの植生指標値で作成した画像と、BAND 3（近赤外線）だけを使った単バンド画像を比較したところ、近赤外線画像の方がコントラストが強く、被害範囲の抽出に適していた。

近赤外線データでは裸地と健全植生を誤認識しやすいため、裸地と健全植生の区分精度についても比較したが、特に顕著な違いは見られなかったため、解析には近赤外線だけを使うことにした。念のため、後に現地に行った際にも双眼鏡を使って、対象区域内に裸地がないことを確認した。

解析の手順は以下のとおりである。

- ① 被災地域を十分に含む島南半分の範囲（336ピクセル、212ライン）を使用して、BAND3の統計値を算出するとともに（表-1）、近赤外画像を作成した。

表-1 解析対象領域のBand 3の統計量

	最小値	最大値	平均値	標準偏差
Band3	7	175	55.46	42.76

- ② 図-1の画像全域の画素データについて、最小値0から最大値255までの間を便宜上8等分したカラー画像（反射の小さい方から、黒、赤、橙、黄、緑、青、藍、紫）を作成した。8等分した理由は、8段階程度なら目視による区別が可能な色数として適当と考えられたからである。
- ③ 上記②の画像と、図-1に示した近赤外線画像の重ね合わせを行ったところ、山火事の被害範囲と思われる色の領域は赤から緑（32～160）であった。
- ④ 上記③で抽出した、山火事の範囲と思われる被害箇所と識別される範囲だけについて、②と同様の手法で再度、8等分し、被害推察範囲内の8段階評価図を作成した。図-2にその作業行程を示す。

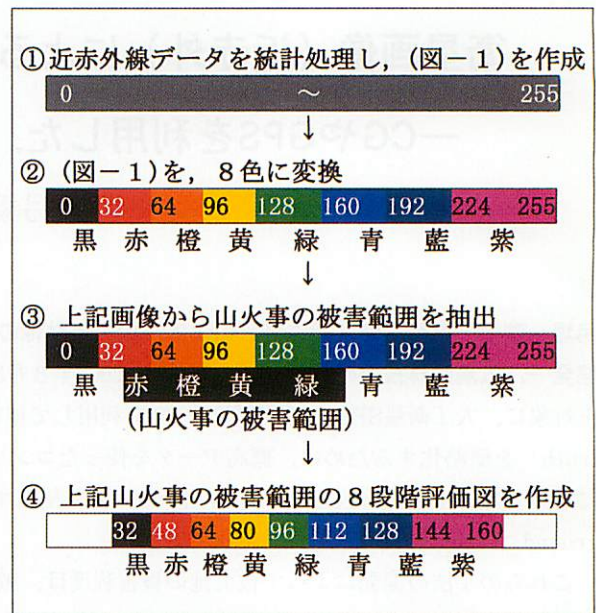


図-2 山火事被害範囲の8段階評価図の作成工程

## 2.2 結果

これら一連の作業により、山火事の被害範囲の抽出と、近赤外線の反射程度の分級を行った（図-3）。

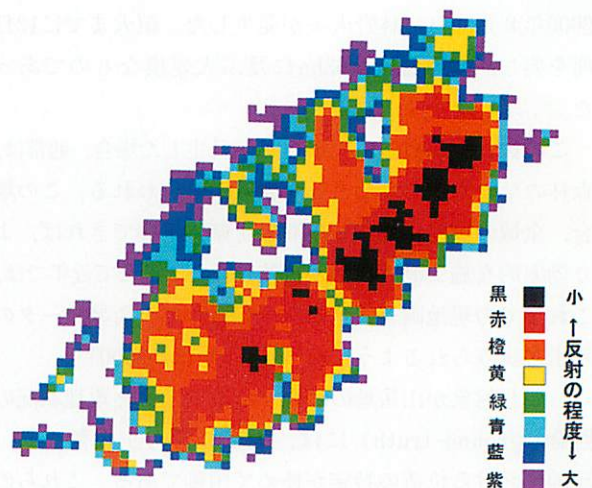


図-3 山火事被害範囲の8段階評価図

## 3. COMPUTER GRAPHICを利用した ground truthによる、8段階分級図の検証

### 3.1 方法

2. で作成した近赤外データによる8段階分級図の精度は、実際に現地に行き行って検証する必要がある。しかし、山岳地のground truthは容易ではないため、労力の軽減を目的にCOMPUTER GRAPHIC (以下CG) の利用を試みた。その方法は以下のとおりである。

- 1) 現場全域が見渡せる場所を探し、現場全域のパノラマ写真(写真-1)を撮影した。(外業)



写真-1 現場全域のパノラマ写真

- 2) 次に米国MicroImage社のTNTmips (Ver6.2) を使って、その位置から見た現場の立体モデルを作成した。この立体モデルの標高データには国土地理院の50mメッシュ標高データを使用した。こうして作成した立体モデルに、図-3に示した8段階評価図を貼り付けて、地上から見たCGを作成した(図-4)。(内業)

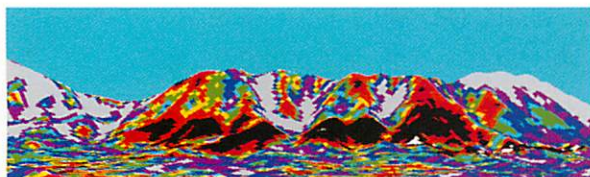


図-4 地上から見たCG

このCGと、図-2に示したパノラマ写真とは、同じ区域を同じ方向から見たものなので、比較が容易であり、これにより現地の全域にわたって、近赤外線の分級状態が確認できた(図-5)。



図-5 パノラマ写真とCGの比較

### 3.2 結果

上記手法(以下、立体CG法と呼ぶ。)によりground truthを行った結果、8色画像は以下の3段階にまとめるのが妥当であると判断された。

- 1) 激害区

被害が最も激しいと思われる、近赤外線の反射が小さい、黒・赤・橙に対応する箇所。

- 2) 中害区

近赤外線の反射が中程度の、黄・緑・青に対応する箇所。

- 3) 微害区

被害が軽微と思われる、近赤外線の反射が大きい、藍・紫の場所に対応する箇所。

## 4. GPSを利用した、1画素のground truthによる再検証

立体CG法によるground truthの結果、被害程度は一応3段階に区分されたが、その精度を検証するため、鎮火後約1ヶ月の9月25日にGPSを利用してground truthを行った。

山火事跡地は開空条件が良かったため、安価なGPS受信機の単独測位でも測位精度は2m~10m程度と良好で、解像度が20m四方のSPOT衛星画像に対するground truthには十分な精度であった。

### 4.1 方法

- 1) 衛星画像と地形図(国土地理院 1:25,000瀬戸田)を重ね合わせたもの(図-6)を作成し、あらかじめ立体CG法で選定しておいた各調査地点の緯度・経度を割り出した。

- 2) 携帯用のGPS受信機(米国Garmin社のGPS2+)を持って現地を歩き(図-7)、衛星画像の1画素に対応する現場の位置を特定した(表-2)。

- 3) 表-2に示した調査対象画素が、立体CG法で区分した激・中・微害の各区分に適合しているかどうかについて、特に樹木の生死に注目して、肉眼により詳細に観察した。

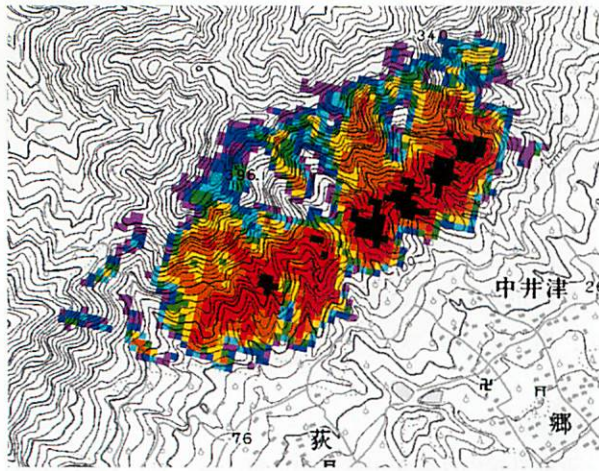


図-6 衛星画像と地形図を重ね合わせたもの

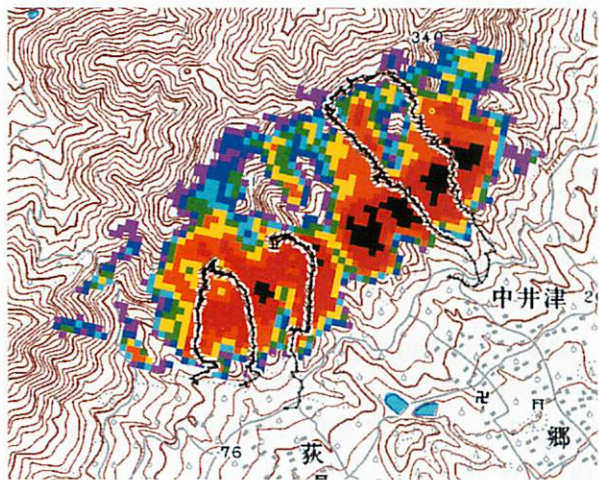


図-7 GPSの軌跡

表-2 GPSで特定した現地の箇所数

区分	調査画素数	合計
激害区	黒 11 赤 49 橙 55	115 画素(4.6ha)
中害区	黄 27 緑 15 青 10	52 画素(2.1ha)
微害区	藍 23 紫 7	30 画素(1.2ha)

#### 4.2 結果

GPSを利用した1画素内の詳細なground truthの結果、立体CG法で区分した黄・緑・青の画素で構成される中害区は、被災後1ヶ月に新芽が出ていた回復区(黄)と、出ていない枯葉区(緑・青)とに分けられた。

これは鎮火1ヶ月後に、現地でわずかな芽吹きが確認されたためであるが、衛星の近赤外線画像は、すでに出火翌日の撮影時点で、将来、新芽の出る被害の軽い画素と、そうでない画素とを明瞭に区分していたことが判明した。

以上の結果、被害区域は中害区を2つに分類し、最終的に以下の4つに区分された(図-8)。

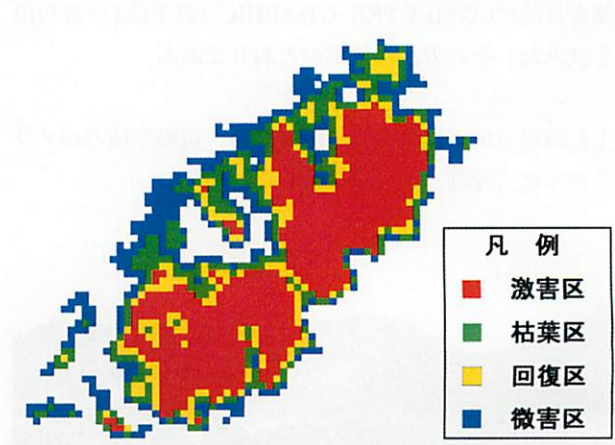


図-8 山火事森林被害の4段階評価

- 1) 激害区(黒・赤・橙)  
強い火勢で立木が完全に燃え尽きてしまったか、残っていても、内部まで炭化している箇所。
- 2) 枯葉区(黄)  
幹が焦げ、枯れた葉が付いている箇所。
- 3) 回復区(緑・青)  
葉は枯れているが、新芽が出ている箇所。
- 4) 微害区(藍・紫)  
ほとんど被害が認められない箇所。

#### 5. まとめ

- (1) 山火事による植生の被害程度の把握には、近赤外線情報の利用が効果的であり、とりわけ被害直後には目視観察では不可能な、枯葉区と回復区の区分が可能になったことで、山火事による樹木の被害程度予測が可能であることが示された。
- (2) これらの情報は、緑化回復工事のために、伐倒・植栽工事の必要な箇所と、工事が不要な箇所の選定を行う上で有効であると考えられた。
- (3) 地形データと衛星画像を使った立体CG法により、広範囲の衛星画像のground truthを効率良く行うことが可能となった。
- (4) GPSを使った現地踏査では、衛星画像1画素毎の現地が特定できるようになったため、ground truthの

広島県林技セ研報34(2002年)

- 精度が飛躍的に向上した。
- (5) 衛星情報の直接受信体制の整備と、今回行ったデータ処理手法によって、衛星画像撮影後、1～2日程度の間さまかな山火事被害範囲の抽出と、被害程度の把握が可能になった。

### 参考文献

東敏生・菅雄三(2000) 通信衛星によるリモートセンシングデータ配信システムの利用—林野火災による被災状況の把握と情報の提供—, 森林応用研究9(1): 165～168

**Research on damage caused by forest fire using  
infrared remote sensed data  
—New ground truth method with CG and GPS—**

NORIO Yuba

**Summary**

A forest fire occurred at Setoda Town, Hiroshima Prefecture on the August 30 2000. More than 63 hectares were damaged by the forest fire. In order to determine the damage degree of all the plants in the area, infrared remote sensed data of the area was analyzed. The remote sensed data was taken on the next day of the fire by the satellite SPOT. The procedure for finding ground truth between the remote sensed data and field investigations is simplified by creating a bird's-eye view diagram from elevation data using CG. By using the position data from GPS, it becomes easy to identify the pixel of the local terrain and this leads to great improvement in the accuracy of the ground truth. Damaged area was divided into four conditions which are classified as seriously damaged, moderately damaged, recovered, and slightly damaged. In addition, the degree of recovery of plants in the damaged area after one month was estimated by analyzing the infrared remote sensed data taken on the next day of the fire.

[Key words]

digital elevation model, forest fire, GPS,  
infrared, remote sensing