

衛星リモートセンシングを用いた土石流等災害監視システムに関する基礎的研究

広島工業大学
広島工業大学
中電技術コンサルタント(株)

正会員 〇菅 雄三
正会員 小川 博道
正会員 荒木 義則

1. はじめに

地球観測衛星による画像情報を用いることで、環境や災害等に関する情報が迅速かつ容易に把握できるようになった。本報告では、環境・災害に関する衛星画像情報を評価・利用するため、広域かつ簡易に大容量回線が構築可能な衛星通信を利用した地球観測衛星データの分散型データベースシステムの構築及び土石流災害監視システムの構築を試みた。

2. 衛星回線による衛星画像データのミラーリング法

通信衛星の同報性を生かした複数地点におけるデータサーバのミラーリング法の検討を主たる目的として、まず地上回線を利用した既存のミラーリング法の問題点を調査し、衛星回線の問題点の検討を行った。そして、衛星回線を利用したミラーリング(以下、衛星ミラーリングと略す)システムのプロトタイプを構築した。

衛星回線ではデータ誤りが必ず発生するという仮定に基づき、再送制御の時間や手間を軽減する目的で、初めから同じ内容のデータを連送する方法について検討した。この結果に基づき、データの連送回数、連送データ間の時間間隔、再送回数、伝送データのバケット長等の各種パラメータが変更可能な衛星ミラーリングシステムのプロトタイプを開発した(Fig.1)。開発したプロトタイプシステムの性能評価の試験を行うため、衛星画像の IMG 形式データ(6.5MB)及び TIFF 形式データ(6.1MB)を配信したところ、合計 2.5 分で誤り無く配信できることを確認した。

3. 衛星画像情報データベースの構築

環境・災害等の監視を目的とした分散型衛星画像情報データベースとして、広島県全域を研究対象とした衛星画像情報(SPOT/PA, LANDSAT/TM, JERS-1/SAR)を構築し、また衛星画像情報と従来の地図情報を対応させるための地図化システムを構築した。適用分野は、山地災害監視、農地災害監視、土石流等災害監視、地形解析のため数値地形モデルの作成と地図化システムである。

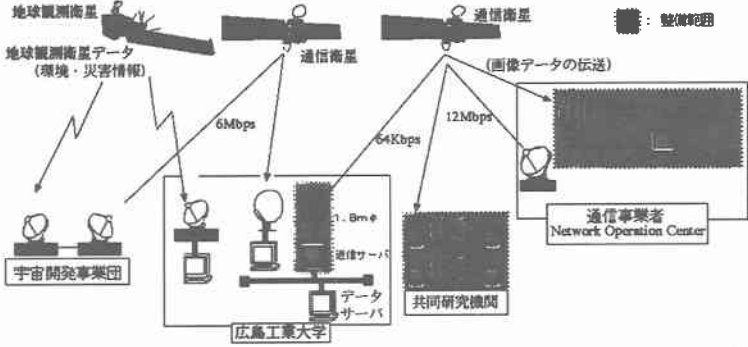


Fig.1 Satellite Transmission System for Environmental and Disaster Monitoring

4. 土石流災害監視システム

1999年6月29日に広島市を襲った集中豪雨は、市内各地で甚大なる土砂災害を引き起こした。広島県は、土石流危険渓流箇所が全国でも最多(4,930箇所)であり、山地斜面の管理は、防災上極めて重要な課題となっている。

ここでは、衛星リモートセンシングとGISによる災害モニタリングシステムの開発の一環として、SPOTデータとGISデータを用いて、土砂災害のモニタリングを試みた。

4. 1 対象地域及び使用データ

対象地域は、広島市佐伯区及びその周辺である。当該地域は、6月29日に1時間雨量にして40mm-70mmという短時間集中型の豪雨に見舞われ、土砂災害が発生した。当該地域の地形・地質構造は、可住地面積が少ない河口デルタ堆積地から急峻な山地・丘陵斜面に宅地開発が進行しており、黒雲母花崗岩を基盤として、これが風化してできたマサ土が山林の谷や沢沿いに表土化している。集中豪雨時には、マサ土は飽和しやすく崩壊の危険性が高い。今回使用したデータは、Table.1に示したとおりである。災害前後に観測されたSPOT/PAデータを用いて、土砂災害の被災地の検出を行った。また、TRMMが、当時の強度を観測していた。時系列のSPOT/PAからは被災地の土地被覆変化の検出を行った。災害後のRADARSATデータについては、被災地の判読の可能性を調べた。さらに、SPOT/XSデータそして当該地域のGISデータを作成して、斜面崩壊危険度の推定を試みた。

4. 2 土砂災害地の検出と斜面崩壊危険度推定画像の作成

(1) SPOT/PA画像による土砂災害被災地の検出

今回の土砂災害の被災地を検出するために災害前後にお観測されたSPOT/PAデータを用いた。土砂災害が発生した当該地域は山地部であり、高分解能のSPOT/PA画像による変化検出に際しては、回帰モデルを用いた標高歪みの補正を行った。直下視画像を基準画像としてDEM(10m)を用いて、回帰モデルは、20~40点のGCPから標高値の比例定数を一定にした近似式により行った。標定残差は、1画素以内であった。

土砂災害被災地の検出においては通常、被災地は輝度値が非常に高い領域として(すなわち画像上で明るい領域として)現れる。しかし、被災地以外にも元々輝度値の高い土地被覆が存在するので、被災地を検出するには、災害前後のPAデータを用いて、輝度値が高い地域を検出することが有効である。本研究においても、災害時の7月6日と災害前の1月31日のPA画像を重ね合わせることで、土砂災害の被災地を検出した。Fig.2では、これら2時期のPAデータによ

Table.1 Satellite Data and GIS Data

Satellite Data (Observation)	GIS Data
SPOT/PA (1987.1.17)	DEM(10m) interpolated
SPOT/PA (1999.1.31)	from the vector data
SPOT/PA (1999.7.6)	produced by digitizing
SPOT/XS (1998.2.6)	on 1:25,000 topographic
TRMM/PR (1999.6.29)	map
RADARSAT (1999.7.18)	

り被災地が明確に検出されている（赤色部分）。ただし、災害後のPAデータが、雲量が多く雲の間から識別された被災地のみが検出されている。この検出画像では、山肌に接する形で開発が進む住宅団地で土砂災害が発生したことを如実に示している。また、Fig.3に示した当時のTRMMの降雨強度画像からも当該被災地において極度の降雨強度の集中豪雨であったことが判読できる。一方、全天候型のRADARSAT/SARデータによる被災地の検出を試みたが、同定はできなかった。これは、当該被災地のように山林で急峻な谷及び沢地形での局所的な土砂災害ではCバンドSARデータによる検出が難しいものと考えられる。

(2) 衛星リモートセンシングとGISによる斜面崩壊危険度推定画像の作成

著者らは、衛星データとGISデータを併用した斜面崩壊危険度評価システムの開発を実施してきている。本研究では、当該地域を対象としてSPOT/XSデータから得られる土地被覆情報とGISにより作成したDEM(10m)を用いて斜面崩壊危険度の推定画像を作成した。降雨による流量が多く、かつ到達時間が短いほど崩壊の危険度が高いと考える。ここで、流量は上流の流域面積で表す。また、一定強度降雨下で斜面流量が定常状態に到達するまでの時間は、線形流出を仮定した追跡計算により求める。この両者をそれぞれ6段階の危険度にランク付けを行い、2次元マトリックスの集計によりFig.4に示した危険度推定画像を作成した。Fig.5は、被災地を対象とした以上の解析結果を合成した画像（土砂災害被災地〈赤色〉・危険度推定（危険度の高い地域が茶色）・土地被覆変化検出〈青色と黄色〉）である。その3次元合成画像をFig.6に示す。今回の被災地は、危険度推定画像上で危険度が高い地域と一致していることが確認できた。

5. まとめ

今回開発したプロトタイプシステムの性能検証は未だ不十分であるので、連送回数等の衛星ミラーリング 技術に必要不可欠と考えられるパラメータの設定法等を配信実験により確立する予定である。また、現在利用可能な衛星データから集中豪雨禍の土砂災害被災地の検出と危険度推定システムの構築を行った。災害時における被災地の的確な早期把握と危険度推定に基づく防災対策が必要である。なお、現段階では衛星データ取得後数時間以内で被災地の検出が可能である。本報告の解析例はその目的に対応できる支援システムの可能性を示したものである。

この度のSPOTデータの観測に際しては、宇宙開発事業団の協力を得て実施した。ここに記して感謝する。なお、本研究は通信・放送機構委託研究の一環として実施したものである。



Fig.2 Detection of slope failure devastation using SPOT/PA (before:1999.1.31, after:1999.7.6) in the western part of Hiroshima City (HIT, NASDA, ©CNES1999SPOT®)

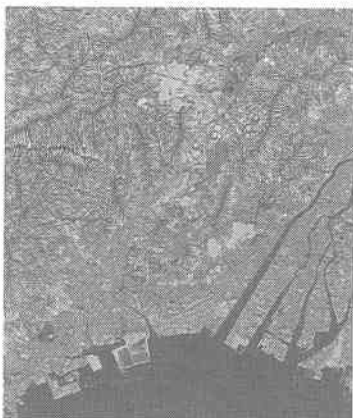


Fig.4 Hazard estimation map produced by SPOT/XS and GIS/DEM data in the western part of Hiroshima City



Fig.3 TRMM PR rain in west Japan (Horizontal cross section of rain at 2.00km height : 29 Jun. 1999. 6:57 - 7:00(UTC)) (NASDA, CRL, NASA)



Fig.5 Composite of hazard estimation map, slope failure devastation and land cover change detection in the western part of Hiroshima City



Fig.6 3-dimensional image consisted of hazard estimation map, slope failure devastation and land cover change detection in the western part of Hiroshima City