

Ⅱ-15 高分解能衛星を活用した災害復旧支援

水上 紀明 江本 平 服部 達也
Noriaki Mizukami Taira Emoto Tatsuya Hattori

【抄録】土砂災害等の災害発生時には、被災規模など様々な情報を短時間で収集・把握し、被災者の救済や復旧作業を安全かつ速やかに行う必要がある。一方、最近では衛星リモートセンシングデータの精度が向上し、広範囲かつ高精度な地表のデジタル情報が取得可能である。このため、現在用いられている現場写真などに加え衛星データを利用することで、よりの確に現場状況を把握し、二次災害を防止するとともに効果的な災害復旧計画を立案することが可能となった。本論文では過去の災害事例や衛星データについての文献調査、および各復旧段階で要求される情報特性の整理を行い、災害発生時における衛星データ利用に関する一考察を述べるものである。

【キーワード】衛星データ、災害監視、復旧支援、GIS、リモートセンシング

はじめに

土砂災害等の災害発生時には、被災箇所や規模など様々な情報を短時間で収集・把握し、復旧作業を安全かつ速やかに行う必要がある。一方、近年衛星リモートセンシング技術が向上しており、地表面のデジタル情報精度が飛躍的に向上している。

このため筆者らは、現在利用されている現場写真等の情報に地球観測衛星による地表面の観測データ（以下、衛星データという）を加え、よりの確に災害起因箇所や被災状況を確認する方法の提

案を行った。全体のイメージを図-1に示す。

本論文では、これまでに過去の災害事例および衛星データの利用に関する文献調査をもとに、災害対応における各段階の情報利用および衛星データの特徴を調査し、災害復旧計画立案への適用性に関する検討結果について報告する。

災害事例調査

文献調査の結果、実際に発生した災害復旧計画の検討課程において、災害発生現場と災害対策本部との情報交換内容や、データ取得に必要なとなっ

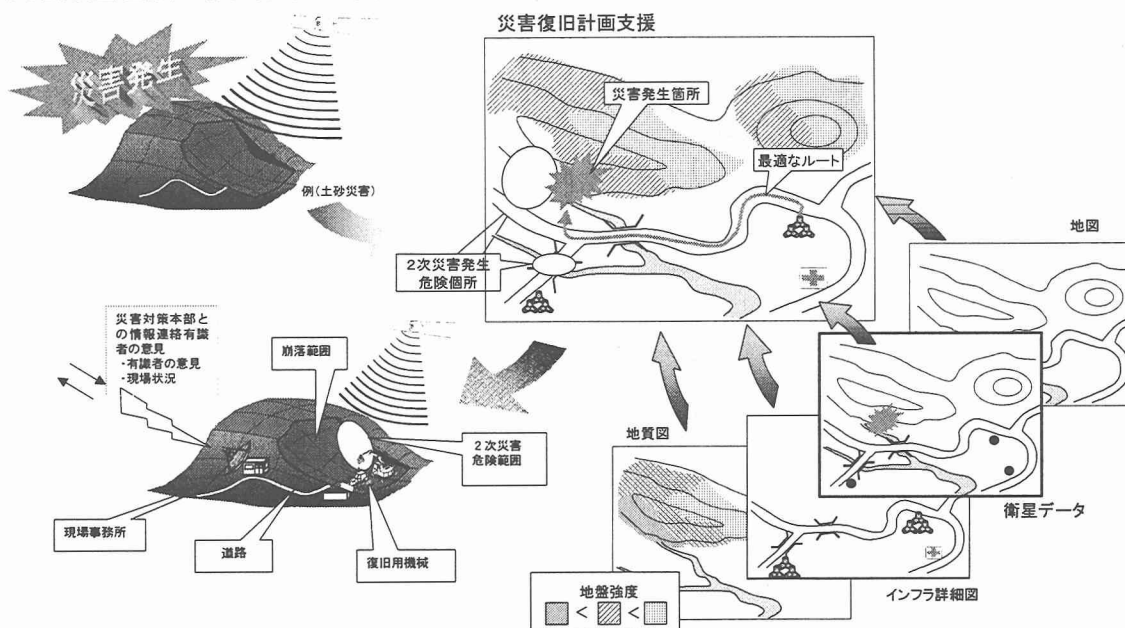


図-1 災害復旧における衛星データの利用イメージ図

茨城県つくば市旭1 建設省土木研究所材料施工部機械研究室

Tel 0298-64-4702 E-mail mizukami@pwri.go.jp

12h

24h

48h

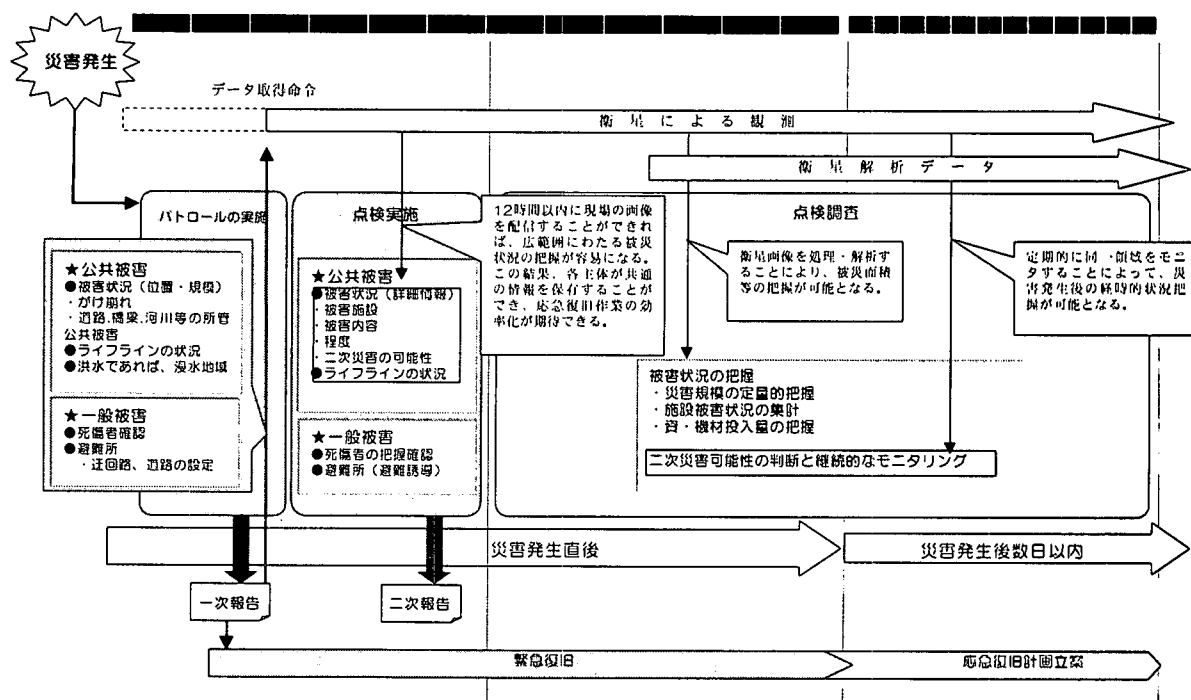


図-2 災害発生時の情報の流れ

た時間や、今後新規に必要と思われるデータを報告する文献は見られなかった。そのため災害対策施工を規定した文献¹⁾をもとに、衛星データの利用可能性を念頭において現在必要とされている情報を時系列で整理した。その結果を図-2に示す。

災害発生直後に扱われるデータは、被災状況・規模、公共施設の被災・死傷者の有無等が多い。これは災害発生要因による災害の危険性増加の有無や被害の拡大可能性を初めに検討するためと考えられる。

現在、これらの情報は周辺住民や現場管理事務所から派遣された視察者による状況報告やその際に撮影した写真等が多く用いられている。しかし、視察による状況報告は視察者毎の知見により情報が変化する要素を含んでいる。現場写真に関しても視察者の安全な位置からの近傍状況の写真しか取得できず、2次災害の危険性有無の判断に有効と考えられる災害発生起因箇所および災害被災箇所全体の状況報告は困難である。このため被災地域全体の情報を補うべく航空写真やラジコンヘリコプターも利用されているが、被災地が悪天候の場合は撮影不可能である。

次に災害発生後数日で扱われるデータは、災害への仮復旧作業工法選択や、使用する資機材の規格および搬入量判断のための情報が必要とな

る。具体的には、流出土量や流出先などの正確な災害内容、二次災害の発生危険性の有無判断に必要となる土質や植生分布状況、復旧作業を行う上で必要となる運搬・連絡用道路、資機材備蓄基地等の災害対策支援施設の稼働可否など、より多種多様な情報が必要とされている。現在は、写真等の他に測量や長年の経験により流出土量や土質の判断を行っていると考えられる。

衛星センサの特性調査

災害復旧に利用可能な衛星データとして、現在運用中あるいは今後運用予定の衛星で、分解能が100mより高い衛星を調査し、災害復旧作業への適用性を念頭において整理した。

地球観測衛星センサには、太陽光線から放射され地表面から反射した可視光線や熱赤外線を測定する光学センサと、衛星本体から地球へマイクロ波を放射し、その反射波で地表面を観測するレーダの2種類があり、観測するための光源の有無から前者を受動型、後者を能動型センサとも呼ばれている。衛星データの全般的な特性として、鉛直方向のみの視点であり、被写体の判別が単独では比較的困難であることの他に、センサの観測方式においても特性を有している。これら衛星データ固有の長所短所を補いながら利用することが

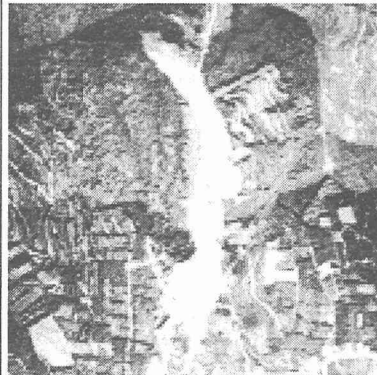
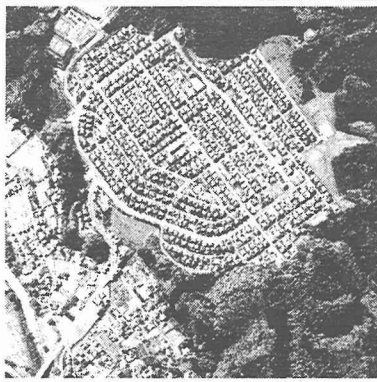
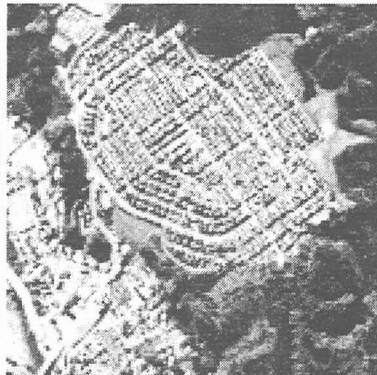
空間分解能	0.5m	1.0m	5.0m	10.0m
斜面災害発生箇所				
低層住宅地				
土砂崩壊状況の把握	災害発生箇所の外縁を区分でき、被災面積の把握が十分に可能。ステレオデータなら、土砂量も高精度で把握可能。被災家は正確な棟数まで把握可能。他の分解能も同様だが、流出家屋数などの把握には被災前との差分抽出が必要。道路については、車線区分などのマーキングを含め、かなりの精度で判読可能。道路被災状況もほぼ判読可能。農地などへの被災状況についても十分に判読可能。	多少のボケが出るが、斜面災害発生箇所の把握もかなりの精度で可能であると考えられる。被災家は、かなりのレベルで把握が可能。集団市街地などで隣接している家屋は、一部誤判断の可能性はある。道路については、マーキングが多少判読できるレベル。道路の災害についてもそれなりに判読可能。農地の被災状況に関しては、ほぼ判読可能。	被害地の規模によって異なるが、崩壊箇所の特定ならびに崩壊面積は、ある程度の精度で適用が可能。家屋の存在を判読可能だが、正確に家屋数を判読することは困難。被災範囲の端部においては、家屋が被災しているかどうかの判断も困難。道路の存在はほぼ確認できるが、正確に道路網を再現することも難しく、また被災しているかどうかの判別は困難。	ある程度大規模な崩壊箇所なら規模まで含めて把握可能。小規模崩壊の場合は、単独の画像からの検出は難しい。大きなビルなどは別として、一般的に家屋については、画像からの判読は非常に困難。2車線道路が7m前後の幅員であることも考慮すれば当然であるが、この地上分解能では、道路の判読自体がかなり困難。
被災施設の把握				
その他の地物判読	走行中あるいは駐車中の自動車の判読も可能である。	自動車の判読もある程度可能であるが、多少の誤判読の可能性有。	自動車の判読もある程度可能であるが、多少の誤判読の可能性。	自動車の判読もある程度可能であるが、多少の誤判読の可能性。

図-3 航空写真からのシミュレーション

重要である。

光学センサとは、通常の写真と同様に地表からの可視光線や赤外線をCCDカメラにより観測する方式である。このため分解能が1m以下の詳細な画像やカラー画像の撮影が可能である。航空写真からのシミュレーション結果を図-3に示す。このように1m分解能では土石流による被災状況規模・発災箇所の確認から道路・橋梁の状況把握まで比較的容易である。しかし、雲天時や夜間では可視光線や赤外線が大気中の水分による乱反射や光量自体の不足から被災地域の観測は不可能である。

現在の光学センサによる衛星データの運用体制は、撮影からデータ納入までの期間は2週間必要であるが、今年度中には2時間まで短縮される予定である。また、4箇所のデータ提供団体が存在しており、危険分散の面からも優れていると考えられる。

一方、レーダによる観測は植物や水、コンクリート等の被写体固有の反射強度や形状によるレーダ波の反射波の強弱を利用したもので、衛星からマイクロ波を放射し、地表面からの反射波の強度を観測して濃淡で表現している。レーダ波は雲などに対する透過が可能で、かつ衛星自体に観測波源を有しているため夜間や荒天時にも撮影可能であり、観測時間帯に制限がない利点がある。しかし、被写体の反射強度にのみ依存しているため、同一物でも表面状態や撮影方向により異なって表示される、分解能も10m程度と粗いなどの要因から、解析には経験が必要である。さらに位置の判断は反射時間に依存しているため、山頂部など標高が高い箇所は通常より早く受信され、その箇所の手前からの反射波と重複してしまうなどの問題がある。

また、現在の運用体制でも、比較的複雑なデータ処理が必要なためデータ納入期間が2週間程度と長く、緊急時の利用が困難である。また、データ提供団体は国内に1箇所しかない。

衛星データの災害復旧作業への適用性

衛星データでは、災害発生箇所の広域な地形データが取得可能であるので、災害の分布や被災範

囲が確認可能である。特に山間部や広域かつ複数箇所での災害発生時など、現場の視察が容易に行えない地域で発生した際には、正確かつ安全な情報取得手法のひとつと言え、災害対策本部と現場での災害状況に関する情報の輻輳防止や的確な資機材搬入が可能となる。特にレーダを利用すれば豪雨などの荒天時にも観測可能であるため、比較的情報の輻輳が発生しやすい夜間や荒天時の災害での利用効果は高いと考えられる。

また、衛星データの利用により、これまでに無い新たな情報を提供することも可能である。衛星は地球上の正確な軌道を周回しているので、災害発生前後の地図画像を正確に重ね合わせることが可能である。これにより地表面の水平方向の移動量や斜面の変動量から流出土量を割り出すことが可能である。また、衛星のカメラを側方にむけて地表面を斜めに撮影し、地形の高さ解析や斜面崩落後の傾斜角判読および地表面の3D解析が可能である。この地形情報に地質図等を重ね合わせることにより、斜面崩落危険箇所の抽出が可能となり、復旧作業中の二次災害危険防止に有効である。

まとめ

これまで衛星データの利点に着目して災害復旧計画立案への利用可能性を述べてきたが、衛星データにも撮影希望地域へのカメラの方向制御に時間が要することや、解像度や撮影頻度に限界があるという課題も有している。

今後は、現場写真等や衛星データ等の各種データを取捨選択し、状況毎に最適かつ効果的な情報の整理方法および復旧計画立案方法の検討を行う予定である。また、これらの検討で必要となる過去の災害対策で取り交わされたデータの特性分析や、衛星データへの要求仕様の検討も引き続き行う予定である。

参考文献

- 1) (財) 土木研究センター：建設省土木構造物の震災復旧技術マニュアル(案)
- 2) 水上紀明，江本平，服部達也：高分解能衛星データを利用した災害復旧支援，土木技術資料，VOL. 42，No. 8，2000. 8