

衛星画像を用いた地震被害の早期把握技術とその利用

本多弘明* 宮武裕昭** 高宮 進***

1. はじめに

大規模地震が発生した際、各公共土木施設管理者は国民生活や経済活動に大きな支障を来す可能性のある施設被害に対して緊急措置を施したり、応急的に施設機能を確保するための処置を実施したりする。このような震後対応のために、施設の被害状況の調査が必要であるが、特に大規模な地震が発生した場合、職員の参集の遅延や住民対応等により調査に割ける人員が不足する他、交通網の寸断や通信網の途絶等により、甚大な被害が発生している地域にある施設の情報が発災後の一定期間得られない「情報空白」が発生する¹⁾。

情報空白が顕著であった例として、兵庫県南部地震の例が挙げられる。さらに、情報空白のもたらす問題としては、人員や資機材を優先的に投入すべき甚大な施設被害への対応が遅れ、結果として効率的な対応の妨げとなることが挙げられる。

大規模な海溝型地震である東海地震や東南海・南海地震、また、南関東直下の地震の切迫が指摘されているが、このような大規模地震時の効率的な災害対応のためには、情報空白への対応が喫緊の課題となっている。

一方で、現在、各種センサを取り付けた人工衛星（「地球観測衛星」）を利用して被災状況を捉える技術の導入についても議論されている²⁾。以下では、大規模地震発生時の情報空白への対応として、被災状況把握に向けた衛星画像の利用可能性について検討する。

2. 衛星画像による地震被害の早期把握

2.1 衛星画像の利用可能性の高まり

多くの地球観測衛星は、両極付近を通過する軌道、すなわち、地上から見て南北方向に周回する軌道上を飛行している。静止衛星のように上空の一点で停止して地上を観測するのではなく、ある地点の上空を南北方向に通過しながら観測する。

衛星が地球を一周する間に地球も自転するため、地上から見ると衛星は一周ごとに西の方角へとずれていく。ある地点の直上を通過してから再びその地点の直上を通過するまでの日数である「再帰日数」は、JAXAが保有する地球観測衛星ALOSの場合46日にもなる。

地球観測衛星にはカメラを傾けて撮影するポインティング機能が付加されており、衛星が撮影対象地域の直上を通過しない場合でも撮影が可能となっている。ここで衛星から同一箇所を再び撮影できるまでの日数を「再帰観測日数」と呼ぶ。近年の衛星では、ポインティング機能の向上により、再帰観測日数が減少している³⁾。1999年に打ち上げられたLANDSAT7の再帰観測日数は16日であるが、2006年に打ち上げられたALOSの再帰観測日数は2日である。また、画像の精度については、1970年代では約80mであった地上分解能が2000年代には約1mになっている⁴⁾。

このように、撮影可能性の向上と衛星画像の高精度化により、災害状況把握への地球観測衛星の利用可能性が高まってきている。

2.2 衛星画像の活用に向けた課題

しかし、災害対応の現場では衛星画像の利用は明確に位置づけられていない。それは、迅速性（災害対応のために必要なタイミングで衛星画像を入手可能か）と、確実性（災害時に確実に入手することを期待できるかどうか）の2点が実用化できるレベルまで達していないからである。

確実性の問題は、衛星の軌道が物理法則から決まるものであるため、単独の衛星の性能向上での解決には限界がある。そこで、複数衛星を組み合わせることで解決する方向に進んでいる。例えば、ある企業が運用する3機の衛星を組み合わせさせた場合、およそ3日に2日画像を撮影する機会があることが報告されている。

このような確実性の向上に向けた取り組みを踏まえ、本論文では残る迅速性の問題に絞って検討を実施した。

3. 被災状況把握に要する時間について

3.1 業務継続計画における被災状況把握の目標時間

国土交通省地方整備局では、災害対策業務のうち、重要度の高いものについては業務継続計画の中で業務を完了できなかった場合の影響度を考慮して完了目標時間を定めている。中部地方整備局の業務継続計画⁶⁾では、人命に関わるような甚大な社会的影響が生じないようにするための被災状況把握の目標時間として、本部室(24時間)、河川部(12時間)、道路部(3時間)が設定されている。

3.2 過去の大規模地震において被災状況把握に要した時間

実際の地震災害における被災状況把握にどの程度時間がかかったかを知るため、本節では、過去の大規模地震で被災状況把握に要した時間を調査した。対象は、兵庫県南部地震以降の大規模地震とし、記者発表資料等により、施設の種類毎に被災状況把握の時間について整理した。

その結果を図-1に示す。道路については、高速道路、直轄国道、県管理道路の順番に被災状況把握が完了していることが分った。この原因として、

点検に割ける人員や管理延長の違いが影響しているものと考えられる。高速道路や直轄国道については、多くの場合6時間以内で被災状況把握が完了し、道路網が広範囲に被災した兵庫県南部地震や能登半島地震や能登地方の主要幹線道路に被災が集中した石川県

能登半島地震でも、24時間程度で完了している。また、県管理の道路については、概ね24時間以内に被災状況把握が完了しているが、兵庫県南部地震の際は、10日以上要している。河川に関しては、国管理の河川については目標時間である12時間から24時間で被災状況把握が完了しているが、県管理河川についてはすべてのケースで24時間以上要し、2日間以上を要する場合もあった。砂防については、すべてのケースで被災状況把握に3日以上要している。

3.3 迅速性を評価する基準について

被災状況把握について、業務継続計画に記された目標と過去の災害における実績を整理すると以下ようになる。

直轄については、道路で3時間、河川で12時間、本部室で24時間が目標とされているが、過去の実績では、道路で6時間程度、河川で12~24時間程度となっている。県管理区間については、対象の多さや人員の問題などから直轄よりも大幅に遅れる傾向があり、実績として道路は24時間、河川は48時間、砂防は72時間程度以上要している。

以下の検討では、これらの目標および実績時間に対しての迅速性を検討する。

4. 被災状況把握に向けた衛星画像の利用可能性の検討

4.1 調査内容

衛星画像に関する既往調査や関係者へのヒアリング等を通じて、画像処理により、どのような情報が発災後の各段階で得られるかを整理することで、3.で設定した目標時間内での衛星画像を利用した情報収集が可能となるか検討する。

4.2 画像処理により得られる情報

画像処理については、目的に応じて様々な技術が開発されているが、以下では災害時を想定した比較的容易な処理についてまとめる。

1)「原画像」：衛星から受信したデータを画像化したものであり、最も早く提供される。斜め上空から撮影しているため、山岳や建築物などが高さに応じて倒れこんだ画像となり、標高差による歪も含まれている。そのため目視判読時に直感的な理解がしにくく、判読精度が劣る。

2)「オルソ画像」：原画像に対して、撮影対象の標高データを用いて補正処理を行い、真上からの

管理区分	地震名称	経過時間 [時間]											
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
河川													
直轄	中越												
	能登半島												
	中越沖												
	岩手・宮城 岩手北部												
県管理	中越												
	能登半島												
	中越沖												
	岩手・宮城 岩手北部												
砂防													
県管理	中越												
	能登半島												
	中越沖												
	岩手・宮城 岩手北部												
道路													
直轄	兵庫県南部												
	中越												
	能登半島												
	中越沖												
高速	岩手・宮城 岩手北部												
	兵庫県南部												
	中越												
	能登半島												
県管理	中越沖												
	岩手・宮城 岩手北部												
	兵庫県南部												
	中越												

図-1 被災状況把握に要した時間

あるかを整理したのが表-1である。

例えば、直轄管理の道路については、目標時間が3時間となっており、処理に要する時間などから原画像、被害概況図ともに提供する機会はない。直轄の本部室と県管理の道路の目標時間である24時間について考えると、0:00から7:00に発生した災害については、原画像、被害概況図ともに一回の撮影機会がある。しかしながら、前述の通り、衛星の撮影機会は、毎日あるわけではないので、発生直後に撮影可能な軌道を通らない場合は撮影できないことになる。現在の再帰撮影日数は2～3日程度であることから、目標時間内に撮影の機会が確実に回ってくるのは、現状では点検に72時間以上要している県管理の砂防施設のみ、と考えられる。さらにここで扱う光学センサーは、雲があると地上の撮影ができないため、さらに晴天であるという条件が付加される。

5. まとめ

大規模地震後の情報空白への対応を目的として、地上分解能の向上や撮影可能性の向上等、種々の条件が整いつつある地球観測衛星により撮影された画像の利用可能性について検討した。

特に、迅速性の面に注目し、具体的には、施設管理機関を対象として、業務継続計画における被災状況把握の目標時間と、過去の大規模地震時において被災状況把握に要した時間から、目標時間を設定し、衛星画像の入手時系列と比較することで迅速性を検討した。その結果、現状においては、県管理の砂防施設のように広範囲に多数の施設が散在するようなケースでの有用性があることがわかった。また、直轄施設についても、発生時間に

よっては、本部室における目標時間までに画像を提供できる場合もあり、通常の情報収集手段が機能せず、情報空白が発生するような場合に備えた予備的情報収集手段としては、利用の可能性があると考えられる。

今後の課題として、撮影の機会を増やすために複数の衛星を一定間隔で運行させて撮影をする日や時間帯をずらし、再帰撮影日数を減少させる「衛星フリート」の導入や悪天候でも撮影可能な**合成開口レーダ**の活用が考えられる。衛星画像の利用を現場の災害対応に組み込むためには、導入による効果を定量的に評価することが必要だが、撮影側の条件から撮影の可否が決まり、提供可能時間も日単位で幅を持つ画像の効果をどのように表現し、コストと比較するかの検討が必要である。

参考文献

- 1) 東北地方整備局道路部道路管理課、国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室：災害対応教訓集～災害対応経験者からのメッセージ～、pp.8～12、2005
- 2) 飯島哲二：地球観測衛星データ活用のためのユーザ支援プラットフォーム、JAXA「見上げる宇宙から使う宇宙へ」、2004
- 3) 国土交通省：大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方（提言）、2009
- 4) 国土交通省：国土交通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」総合報告書、2003
- 5) 松岡昌志：高分解能衛星による災害監視の可能性、予防時報、第217号、pp.8～13、2004
- 6) 中部地方整備局：業務継続計画(東海地震対策編)、2010
<http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/bcp/index.htm>

本多弘明*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 研究官
Dr. Hiroaki HONDA

宮武裕昭**



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官
Hiroaki MIYATAKE

高宮 進***



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター地震防災研究室長、博士(学術)
Dr. Susumu TAKAMIYA