

地球観測データを利用した 公共土木施設被災調査モデル実施実験について

An Experiment for Assessing Damage to Infrastructure due to a Natural Disaster Using Earth Observation Satellite

○片家 康裕¹, 栗 将倫¹, 郷右近 英臣², 近藤 伸也³
Yasuhiro KATAIE¹ and Masamichi KUWA¹ and Hideomi GOKON²
and Shinya KONDO³

¹和歌山大学 災害科学教育研究センター

Center for Research and Education of Disaster Reduction, Wakayama University

²東京大学生産技術研究所都市基盤安全工学国際研究センター

International Center for Urban Safety Engineering(ICUS), Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

³宇都宮大学 地域デザイン科学部

Faculty of Regional Design, Utsunomiya University

In the 2015 Kanto-Tohoku heavy rain and the 2016 Kumamoto earthquake, the affected areas were observed by remote sensing technology using satellites, airborne, and Unmanned Aerial Vehicles. The observed images were used for detecting damages due to these disasters. However, these remote sensing data have not been fully utilized for the emergency response, because its usefulness has not been fully understood. Therefore, this study verifies the effect of reducing time for emergency response using remote sensing technology under the assumption that the observation by remote sensing was successfully conducted.

Keywords : earth observation satellite, Daichi, ALOS, remote sensing technology, road patrol

1. はじめに

2015 年関東・東北豪雨や 2016 年熊本地震では、人工衛星や航空機、無人航空機等により災害被災地の緊急観測が行われ、リモートセンシングが災害被災地の被害把握に使用された¹⁾。近年、大規模な地震津波災害発生時において地球観測衛星が観測した情報を利用することで、迅速で的確な被害状況の把握を行うためのリモートセンシング技術の研究が行われており、撮影画像による被災地の被害把握技術は急速に発展しつつある²⁾。実際に大規模かつ広範囲に発生した大規模な土砂災害により河道閉塞災害の発見などに利用されるなど一定の成果も発表されている。しかし、これらの開発された技術を、災害発生時に基本的な対応を担う基礎自治体や都道府県が活用して災害対応を行ったとの事例は、航空測量会社や国土交通省などが提供する航空写真を用いた対応程度しか実績がないのが現状である。衛星技術を用いたリモートセンシング技術の有用性は高く評価され、長年にわたり研究が行われているにもかかわらず実用化が進んでいないことは非常に残念なことであり、整備に非常に高額な設備投資を伴う衛星技術の進歩と技術革新のためには、衛星を用いたリモートセンシング技術が社会で広く利用されることが重要である。

これらが利用されていない要因の一つとして、災害リモートセンシング技術の有効性が、行政による災害対応の現場で十分に認知されていないことが挙げられる。

そこで本研究では、リモートセンシング技術により被害把握を行うことができたという条件の基に、行政の災害対応業務の業務時間がどの程度軽減されるかの検証を

行うことを目的とする。

2. 災害発生が懸念される状況での自治体の対応

地方自治体において災害発生が懸念される気象条件が生じた場合は、施設管理マニュアルなどの事前に取り決められた対応手順と、過去の気象や災害経験を基に、管理する公共施設の被災の有無と調査点検を実施する。道路に着目した場合には、過去のデータや日常管理を通じて収集しているデータなどとの比較や、実際に管理路線を走行し、道路とそれに付随する施設などに異常がないかを目視点検を中心に実施される。

目視点検を中心に、被災箇所や被災が懸念される箇所が確認された場合には、その災害によって新たな災害や事故にならないよう迅速な対応が取られるとともに、被災の程度や場所によっては迅速に応急対策工事や事故防止のための通行規制が図られる。

地方自治体が迅速に被災箇所や被災懸念がある箇所を把握し、詳細な状況を調査し適切な対応策を行わなければ、被災による災害が関係し二次災害に結びつく可能性があるため、災害発生が懸念される気象条件が発生した場合にはその状況に応じて管理する道路のパトロールを実施して被災箇所の早期発見に勤めている。

3. 道路パトロールの基本ルール

パトロールの基本ルートは、区域内にある災害発生時に避難所や救助救援の拠点となる学校や公共施設などを結び道路を一巡するルートが基本ルートとなる。道路被害のパトロールは、道路の通行の可否を調査して、もし

被災している場合には、その状況に応じて二次災害の発生を防止すると共に、緊急に応急工事などの対応の必要性の有無や、応急対策を行う場合にはその被災の内容や規模を災害対策本部に伝えて、対策本部が対応策を実施できるように被災情報を伝えなければならない。

被災箇所から本部への情報伝達は、携帯電話や防災無線などが用いられているが、通信機器が利用できない環境では、その被災状況に応じてパトロールを中断して、対策本部に戻り被災状況を本部に伝えなければならない。こうした状況でのパトロールの中断や続行の判断は、現地調査に赴いた職員の判断に委ねられているため、対応した職員の判断力や経験により判断内容や対応に差が生じる原因でもある。

4. 検証モデルとルートの設定

今回の検証モデルは、和歌山市の紀の川北岸で加太地区、西脇地区、貴志地区などを中心とする県道15号線、県道752号線より西側の市内北西部を検証モデル区域として、地域内の主要な県道や住宅地内の生活道路で災害が発生し、被災調査のためのパトロールコースや班編制においてどのようなモデルが作成できるかを検証する。

検証用ルートには、和歌山市と大阪府岬町を結ぶ県道65号線や和歌山と大阪を結ぶ県道752号線など府県間を結ぶルートと、和歌山市内の主要な県道である県道7号線や県道15号線の沿線には、小学校から大学、警察署や消防署、広い駐車場を有する大型ショッピングセンターなどの流通施設、および製鉄所などの重要な産業施設もあり、大規模な災害が発生した場合には、重要な役割を担う地域である。

この検証モデルを基に、実際に災害の発生を想定して道路などの安全確認のためのパトロール実施をどのような考え方で企画し、実行するのかを確認するため、このモデル区域においてパトロールの実施が考えられる和歌山県、和歌山市の災害対策や公共土木施設を管理している行政機関等にヒアリング調査を実施し、被災情報が事前に無い場合の基本的なパトロールの巡回順序を調査し、基本となるパトロールルートを確定した(図1)。



図1 検証区域内の主要施設と基本ルート

5. 検証モデルの被災箇所の設定

今回の検証モデルでは、対象区域において過去の豪雨により土砂災害により道路の被災経験がある箇所、被災時に地球観測衛星の観測機器により、被災状況が観測されている現場を被災箇所とした。

検証モデル区域の和歌山市北西部においては、過去に6カ所の被災箇所が観測されており、被災後の現場と確認作業が行われている中から、比較的被害状況が把握し

やすい道路へ直接被害がおよんでいる2件と、衛星のアーカイブデータを利用した差分抽出で範囲が確認され、現地の住宅地に地盤変状が発生した地すべり災害をピックアップし、この3件の災害が同時に発生したと仮定して検証モデルを作成した。

6. 被災箇所の状況と衛星観測の状況

(1)被災箇所① 住宅地内の地すべり災害

住宅地と宅地内の生活道路を含んだ範囲において、地盤変状が確認されたため調査を実施した結果、大規模な地すべり災害の発生が懸念される状況が生じており、現在は地すべりによる地盤変動により道路面や住宅敷地、既存擁壁に亀裂などが発生していることが確認され、地すべり対策工事が実施された災害現場である(図2)。



図2 地すべり対策工事が行われた市道と法面

(2)被災箇所② 道路法面の崩壊

海岸に接する県道65号線で発生した土砂災害である。県道は海岸と山に挟まれた2車線道路で、山側に歩道があり海岸側は遊歩道として整備されている。本箇所は豪雨により山側の法面表層部の表層崩壊が発生し、崩壊土砂の一部は県道や防波堤を越えて海浜地に達して県道を閉塞し通行不能の状況が生じた。(図3～図4)



図3 左図：被災箇所②の表層崩壊法面(災害復旧工事後)、右図：被災箇所②の被災直後の状況

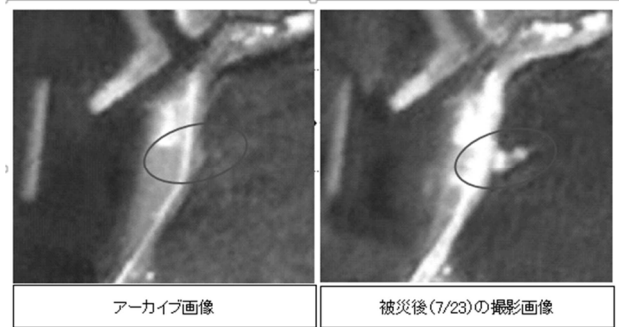


図4 被災箇所②の衛星観測画像

(3)被災箇所③ 法面崩壊による土砂流出

本被災箇所は、大規模災害時に救助救援の拠点となる和歌山県消防学校が近くに立地し、県道7号線の端部に

接続する市道の山側法面が豪雨により表層崩壊が発生し、発生した崩土が市道上を山から流れてくる路面排水により流れ出し、小石を含んだ大量の泥土が県道に流入し道路交通に支障が生じた災害である。(図5, 図6)

法面崩壊と路面の色から大量の泥土が県道側に流入していることが推測できる衛星画像(図7, 図8)であり、消防学校へのアクセス確保のため被災状況と県道の通行可否を判断するために現場確認が必要な状況である。



図5 被災箇所③の周辺状況



図6 被災箇所③の表層崩壊法面(災害復興工事後)

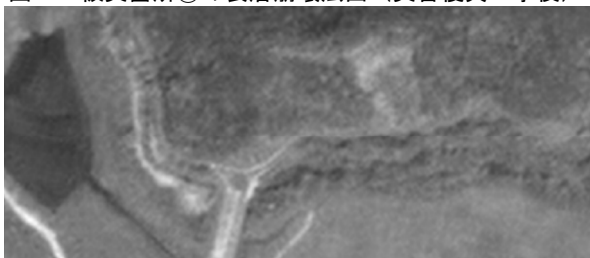


図7 被災箇所③の被災前の衛星観測画像



図8 被災箇所③の被災後の衛星観測画像

7. その他の条件設定

(1) 検証条件の設定

実際の道路パトロールにおいては、衛星データ以外に様々な条件が与えられる。単一の条件では、実際の道路パトロールにおいての有効性が不十分と考えられるので、いくつかの条件についても設定を行った。

(2) パトロール時の通信状況

地方自治体には防災無線の配置が進められており、被災調査に使用されるパトロール車両にも車載型の防災無線や可搬型無線機の利用などが行われている。しかし、複数の自治体に調査を行った結果、道路パトロールに使用される全車両に無線機を配備した自治体はなく、無線機を持たない車両の場合は調査員が持つ携帯電話による一般通信回線を利用した通信手段で対応されている。

2009年11月、和歌山市内で広範囲に浸水被害を発生させた豪雨災害においても、携帯電話による通信機能は不通とならず何らかの通信機能を有しており、パトロール調査に支障は生じていなかった。

しかし、他地域での過去の被災例では携帯電話などの一般通信機能が不通となる状況が発生しており、今回のモデル地域においても区域内には中央構造線が通っていることや、南海トラフ地震が発生した場合には、津波被害が想定されていることから通信途絶の発生は避けられないと想定される。

以上のことから、今回の検証ではパトロール時に被災箇所から現場の被災状況に対策本部に伝える連絡の可否を考慮して、2つのケースを検証することとする。

(3) パトロール時の班編制

道路パトロールは、調査が必要な範囲や被災の状況と、それに対応できる職員数などを基に一般的な乗用車タイプの車両で運転手と助手席での調査を担当する2名程度でパトロール班の編制を行い実施されている。

また、複数の地域で同時にパトロールを実施するため、狭い地域であっても多数の災害が発生している状況下では、他の区域の調査や災害発生箇所への対応に人員の確保が求められる。そのため調査段階では同一地区に多数の班を同時に出発させることは難しい。パトロールの初期段階では各地区に1つの班が調査を開始し、状況に対応して応援班を加える体制が取られている。

本検証においては、調査段階では1班態勢、災害が確認された場合に応援班を投入する場合と人員が確保出来ず最後まで1班のみの場合を検証する。

(4) 外部通報による被災情報の入手

パトロールは、災害を起こす気象状況が安定し、一般の乗用車でパトロールが可能となった状況下で開始される。その時点では一般市民の活動も同時に開始されるため、被災情報は住民通報の形で通知される場合が多く、そうした通報を受信した場合には可能な限り通報者より詳細な情報を入手し、被災現場の状況把握に努めて内容に応じてパトロール調査とは別に被災現場の確認と安全確保のための対策が取られている。本研究においては、こうした通報による情報の入手は、確実に入手できる情報ではないため、検証においては対象外とする。

8. 検証の方法

道路パトロールの基本ルートを参考に、被災箇所が3カ所発生している想定で、被災状況調査を開始する場合の巡回方法と応援班の組み合わせにより、どのような調査パターンが作成できるかを検討した。ルート検討には、検証を行う区域を所管する行政管理者からのヒアリング情報と、災害時の検証区域の道路パトロールを実施した経験者の情報を含め、組み合わせを整理した。

(主な組み合わせ条件)

①地球観測衛星が観測した情報を持たないグループと、

被災状況調査に出発する前に衛星情報を入手し、情報を基に調査体制を検討するグループ。

②被災状況調査に災害対策本部に連絡をする通信連絡が可能なグループと不可能なグループ。

③1 個班しか組織できないグループと 2 個班組織できるグループ。ただし、2 個班組織できたとしても調査は 1 個班を基本とし、災害発見時に無線通信や一時帰投により本部へ情報伝達ができただけの場合のみ、応援班の投入をするものとする。また、衛星情報が事前に入手出来ている班では、調査開始時より 2 個班態勢でパトロールを開始するケースも検討する。

④衛星情報を入手して被災状況を調査前に把握しているグループでは、被災箇所①は調査ルートから外れている生活道路のため通常調査では見落とされるところだが、衛星情報により、大規模な地すべりに発展した場合には甚大な住民被害が懸念されることが解るため、優先的に被災状況の調査を実施する。

上記の組み合わせにより調査パターンを検討した結果が表 1 である。

9. まとめ

本研究の被災状況調査のパターンは、行政機関が一般に取り組んでいる被災調査ルートを机上で検証して整理を行った。その結果、パターン数で 8 通りの組み合わせが確認された。

組み合わせから以下のことが推察できる。①基本ルートを上以外は見過ごされている重大な災害を事前に衛星情

報が提供された場合には早期に発見できること。②被災現場にて詳細な状況調査が行える。③迅速な対応を図り二次被害の防止などの対策が迅速に行える。④さらに衛星情報を事前入手することによって、道路上で通行止めが発生している可能性を被災調査の前に高い確度で推測できる。⑤そのため、調査開始時点から応援班を加えた調査が実施できることで効率的な被災調査が行える。

このことから、衛星情報の事前入手が、災害が発生している可能性のある自然現象の後の被災状況の調査実施において、有効な情報となっていることが解る。

本研究の今後の取り組みとして、検討を行った 8 つのパターンにおいて実際に走行実験を行う。それによりどの条件がどの程度の調査時間の短縮に繋がるのか検証を行い、地球観測衛星の観測した情報が道路などの被災状況調査にどの程度有益であるかを検証する。

参考文献

- 1) 国土地理院基本図情報部災害対策班・国土地理院ランドバード：3. 熊本地震の緊急撮影活動、写真測量とリモートセンシング、Vol. 55 (2016) No. 3 p. 152-153
- 2) Hideomi Gokon, Shunichi Koshimura and Masashi Matsuoka : Object-Based Method for Estimating Tsunami-Induced Damage Using TerraSAR-X Data, Journal of disaster research 11(2), 225-235, 2016-03

表 1 道路被災状況調査パターン

パターン番号	衛星情報の有無	現地と本部間の通信連絡の可否	調査方法 ①自前班 ②他班	災害現場①	災害現場②	災害現場③	パトロール 1 班の活動条件	パトロール 2 班の活動条件
				{被災状況} 住宅地内で地滑り災害	{被災状況} 法面崩壊による道路閉塞	{被災状況} 法面崩壊により車道へ崩土が流入		
パターン 1	なし	不能	①自前班 ② 2 班	道路パトのルート外であるため見落とされる。 [被災状況] 住宅地内で地滑り災害	現地で初めて道路閉塞状態を確認。被災箇所から群馬県までの間の調査が困難である。本部に衛星情報を受信し、調査開始を連絡。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部へは連絡ができないため、本部へ帰還後に報告し、パトロール業務を完了。	他の被災箇所把握のため道路状況を確認しながらの移動のため低効率で移動。本部に被災状況が把握されていなかったため最後までパトロールを続行。	第 1 班が現場②を確認後に本部に報告。その後第 2 班が活動を開始。
パターン 2	なし	不能	①自前班 ② 1 班	道路パトのルート外であるため見落とされる。 [被災状況] 法面崩壊による道路閉塞	現地で初めて道路閉塞状態を確認。被災箇所から群馬県までの間の調査が困難である。本部に衛星情報を受信し、調査開始を連絡。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部へは連絡ができないため、本部へ帰還後に報告し、パトロール業務を完了。	他の被災箇所把握のため道路状況を確認しながらの移動のため低効率で移動。本部に被災状況が把握されていなかったため最後までパトロールを続行。	第 2 班によるパトロールは実施しない。第 1 班が現場②を確認後にパトロールを続行。
パターン 3	なし	可能	①自前班 ② 2 班	道路パトのルート外であるため見落とされる。 [被災状況] 法面崩壊による道路閉塞	現地で初めて道路閉塞状態を確認。被災箇所から群馬県までの間の調査が困難である。本部に衛星情報を受信し、調査開始を連絡。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部へ被災状況を報告。	他の被災箇所把握のため道路状況を確認しながらの移動のため低効率で移動。本部に被災状況が把握されていなかったため最後までパトロールを続行。	第 1 班が現場②を確認後に本部に通報。第 2 班が活動を開始。
パターン 4	なし	可能	①自前班 ② 1 班	道路パトのルート外であるため見落とされる。 [被災状況] 法面崩壊による道路閉塞	現地で初めて道路閉塞状態を確認。被災箇所から群馬県までの間の調査が困難である。本部に衛星情報を受信し、調査開始を連絡。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部へ被災状況を報告。	他の被災箇所把握のため道路状況を確認しながらの移動のため低効率で移動。本部に被災状況が把握されていなかったため最後までパトロールを続行。	第 2 班によるパトロールは実施しない。第 1 班が現場②を確認後にパトロールを続行。
パターン 5	有り	不能	①自前班 ② 2 班	住民被害が想定されるため、乗換先で調査 [被災状況] 衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 2 班が同時に活動を開始。	衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 2 班が同時に活動を開始。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部へは連絡ができないため、本部へ帰還後に被災状況を報告。	他の被災箇所が事前に把握されているため道路状況の確認作業が必要ない。移動は一括交通の流れに応じた進捗で移動。	調査活動開始時に道路閉塞情報を入手しているため、第 1 班と第 2 班は同時に活動を開始。
パターン 6	有り	不能	①自前班 ② 1 班	住民被害が想定されるため、乗換先で調査 [被災状況] 衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 2 班が同時に活動を開始。	衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 2 班が同時に活動を開始。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部へは連絡ができないため、本部へ帰還後に被災状況を報告。	他の被災箇所が事前に把握されているため道路状況の確認作業が必要ない。移動は一括交通の流れに応じた進捗で移動。	調査活動開始時に道路閉塞情報を入手しているが、第 1 班のみ活動。
パターン 7	有り	可能	①自前班 ② 2 班	住民被害が想定されるため、乗換先で調査 [被災状況] 衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 2 班が同時に活動を開始。	衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 2 班が同時に活動を開始。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部による被災情報報告の調査は完了。他のパトロール業務に変更が可能。	他の被災箇所が事前に把握されているため道路状況の確認作業が必要ない。移動は一括交通の流れに応じた進捗で移動。本部へ被災状況を報告。衛星による被災情報報告の調査は完了。他のパトロール業務に変更が可能。	調査活動開始時に道路閉塞情報を入手しているが、第 1 班と第 2 班は同時に活動を開始。
パターン 8	有り	可能	①自前班 ② 1 班	住民被害が想定されるため、乗換先で調査 [被災状況] 衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 1 班が同時に活動を開始。	衛星情報により道路閉塞状態が事前に把握されている。被災現場の調査は調査開始時点で第 1 班が同時に活動を開始。	現地を確認し、重大な災害でないことを確認。本部による被災情報報告の調査は完了。他のパトロール業務に変更が可能。	他の被災箇所が事前に把握されているため道路状況の確認作業が必要ない。移動は一括交通の流れに応じた進捗で移動。本部へ被災状況を報告。衛星による被災情報報告の調査は完了。他のパトロール業務に変更が可能。	調査活動開始時に道路閉塞情報を入手しているが、第 1 班のみ活動。

※実施条件
 1. 一括住民からの被災通報は考慮しない。
 2. 通信可能な各パトロール班は、現場到着時に被災情報を本部に発信する。
 3. 本部は第 1 班の被災情報入手後に次の対応を開始する。
 4. 第 2 班の活動開始の時間ロスは考慮しない。