

現場適用性を考慮したリモートセンシング技術による 道路被災状況調査方策の提案

梅原 剛・森 賢二・渡邊和宏・増田 仁・片岡正次郎

1. はじめに

国土交通省国土技術政策総合研究所では、インフラの被災情報を早期に収集するため、CCTVカメラや衛星SAR (synthetic aperture radar)、航空機、無人航空機 (UAV) 等のリモートセンシング技術を活用した技術開発¹⁾を実施している。また、道路管理者の被災情報のニーズを把握するため、災害対応の実態調査を実施し、現場で求められる情報の性能水準を整理している²⁾。しかしながら、現段階での性能水準評価は定性的なため、定量的なものとする事で、現場での利活用の判断をより容易にすることが求められる。また、被災状況の早期把握技術の適用性を道路管理に特化して整理したものもない。

そこで、本研究ではリモートセンシング技術に関して、道路の被災情報収集における適用条件の整理及び収集情報の性能水準を定量的に分析し、その結果を適用条件早見表として整理した。また、その結果を踏まえケーススタディとして、宮崎河川国道事務所管内におけるリモートセンシング技術を用いた地震災害時の道路被災状況調査方法の検討を行った。

2. 道路被災情報収集におけるリモートセンシング技術の適用条件の整理

道路被災情報収集におけるリモートセンシング技術の現場適用性を探るにあたり、実際の現場において、どのようなニーズがあるのか整理するとともに、それらのニーズに対して各技術がどこまで対応可能なのか整理することとした。

2.1 道路管理者の情報ニーズ

道路管理者の被災情報ニーズについて、直轄国道事務所、出張所に対するヒアリング調査や文献調査により、整理した結果を表-1に示す。

表-1に示すとおり、道路管理者の判断の目安としては、一般車両の安全な通行に支障がでる段差

表-1 応急対応時の判断目安の整理結果

管理対象物	計測内容	計測精度 (◎:判断の目安)
路面	段差	2cm(バーストの危険性が高くなる段差の高さ) 5cm(緊急点検で報告を行う目安) ◎15cm(安全な通行が困難になる段差の高さ)
	冠水	30cm (エンジンが停止する危険性がある深さ)
	ポットホール・陥没	20cm(一般車両のタイヤの幅くらい)
	障害物(放置車両)	◎3m(路上の車両放置の有無)
	障害物(電柱の倒壊)	◎10m(電柱等の倒壊による道路閉塞の有無)
橋梁	段差	15cm(安全な通行が困難になる段差の高さ) ◎50cm(土囊等で解消可能な橋台と路面の段差)
	落橋	発生の有無
トンネル	ひび割れ	発生の有無
	冠水	30cm (エンジンが停止する危険性がある深さ)
	崩落	発生の有無
法面	土砂崩落	発生の有無



写真-1 リモートセンシング技術の一例

(15cm) や応急処置を施し緊急車両の通行を可能とする程度の段差 (50cm)、また災害時の道路障害物として、路上への放置車両を想定した (3m程度)、電柱等の倒壊による道路閉塞を想定した (10m程度) 等を大凡の指標と考えられていることがわかった。

2.2 被災情報収集に活用可能性のあるリモートセンシング技術

道路震災対策便覧³⁾等によると、以下のリモートセンシング技術 (光学衛星、衛星SAR、航空写真、航空レーザ、UAV、自動航行UAV、CCTVカメラ、MMS (モービルマッピングシステム)、光ファイバーの断線情報 (以下「光ファイバー」という。) 等) の活用可能性があるとされている。そこで、各技術における適用条件 (天候、時間帯、気温、風速条件、通行条件等) や計測精度、計測

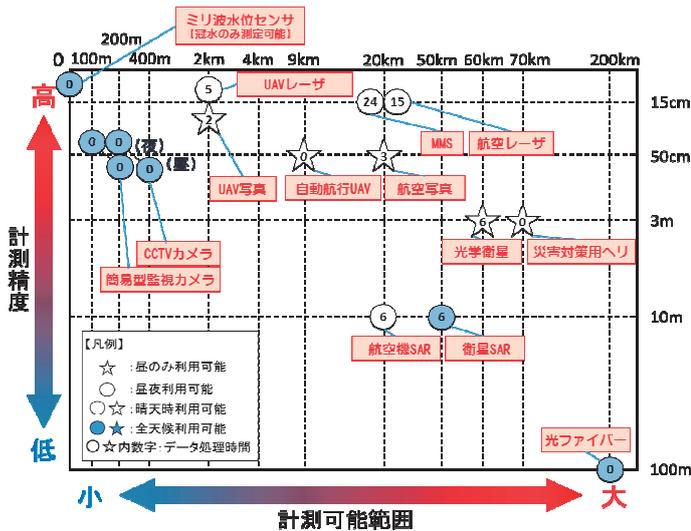


図-1 適用条件早見表

可能範囲、データ処理に要する時間について、文献調査や開発者・災害時における利用経験者へのヒアリングにより図-1のとおり整理した。

ここで、光学衛星とは、衛星に光学センサーを搭載し、通常の写真と同じように太陽を光源とし地上を撮像する技術である。衛星SAR、航空機SARは、衛星もしくは航空機に合成開口レーダー（SAR）を搭載し、電波を発射し、地上から跳ね返ってきた電波から地上を観測する技術である。自動航行UAVは、任意に設置したドローンポートから自動でUAVが飛行し、リアルタイムに映像配信を行い得る技術である。MMSは、走行しながら道路の形状や道路周辺の3次元位置情報を高精度で取得する技術である。

その結果、50km以上の広範囲の把握を行い得る技術は災害対策用ヘリ、衛星SAR、光学衛星技術等があるが、迅速性が必要とされる場合には災害対策用ヘリを、天候に左右されることなく広範囲の概略把握を必要とされる場合には衛星SARを用いることが最適と考えられる。また、数km程度以上の範囲の把握を行い得る技術には、UAVや航空機等を用いた技術がある。これらの技術は、衛星を用いた技術と比較すると、計測精度は高くなるものの、雨天時の利用は不可能となる。また、スポット的な事象を把握する技術としてCCTV等があるが、これらは全天候での利用が可能となる。

3. リモートセンシング技術を用いた道路被災情報の取得に関する検討

上記の整理結果を用いて、宮崎河川国道事務所

所管内におけるリモートセンシング技術を用いた道路被災情報の取得方法に関するケーススタディを行った。

3.1 宮崎河川国道事務所管理道路の概要

宮崎河川国道事務所では、図-2に示す国道10号、国道220号、東九州自動車道の一部の道路を管理している。なかでも国道220号の空港周辺は、津波浸水想定区域となっており、大規模地震発生時には津波警報が発令される可能性がある。また、当該国道は海岸沿いに走っており、道路斜面は雨に弱く崩れやすい地質となっているため、過去に多くの土砂災害が発生している。

この付近における最近の災害事例を調査した結果、地震による大きな被災事例はなかったが、2017年10月に発生した台風22号による被災事例があったので、図-2にその一例を加えて示した。

これらの状況を踏まえ、当該事務所道路管理区間のなかでも国道220号に着目し、災害時の被災情報取得方法の検討を行うこととした。

3.2 現状の道路被災情報の取得方法

図-3には、道路管理者等が日常管理において、災害に至る因子を早期に発見し、対策を適切に進



図-2 宮崎河川国道事務所の道路管理路線

めるために用いられる防災カルテに示される被害実績位置、宮崎県の津波浸水想定箇所等を管内図に整理するとともに、国道220号の海岸線部（約50km）におけるCCTV設置位置を示した。なお、図-3に示す巡回範囲の時間は、最近の比較的大きな地震である2019年5月10日に発生した日向灘沖の地震（宮崎で震度5弱）時の実績値を用いた。

道路管理では一般的に、CCTVカメラによる状況把握、道路巡回による状況把握、地域住民、警察等からの情報提供により道路被災情報等を取得している。なかでも道路の安全確保や施設管理等において特に情報収集が必要な箇所においては、CCTVカメラが設置されており、事務所内において、リアルタイムで確認可能な情報取得方法として用いられている。当該事務所の国道220号の海岸線部においてもCCTVカメラが40台程度設置されているが、それらのカメラで視認可能な範囲は、昼間においては管内海岸沿いの約16km（約32%）の範囲となる。さらに夜間になると管内海岸沿いの約8km（約16%）の範囲まで限定され、それ以外の箇所においては、1時間強の道路巡回等により、情報収集を行っているのが現状である。

3.3 リモートセンシング技術を用いた道路被災情報の取得方法の検討

現状では約1時間程度で、当該事務所管内の道路被災情報収集や道路通行可否の把握が可能であるが、いざ大規模地震が起きると、津波警報が発令される等、巡回不可能の事態が起こり得る。そこで、大規模地震時の国道220号の海岸線部において、津波浸水想定区域となる箇所（図-3①）と巡回に時間を要する箇所（図-3②）が課題となると考え、これら箇所に着目し検討した。

まず、国道220号の海岸線部全域をカバー可能な技術を確認すると、光ファイバー、光学衛星、衛星SAR、災害対策用ヘリがあるが、光ファイバーは断線情報のため、被災状況の詳細な把握は不可能である。また、衛星技術についてはデータ処理に時間を要するとともに、発災時の衛星の位置にも関係するため、被災情報の迅速な把握は困難となる。さらに、災害対策用ヘリについては、各地方整備局に1機配備しているものの、必ずしも被災現場付近に配備していることもなく、現地到着までの時間がかかるとともに、操縦者が基地まで到達するまでの時間もかかり、迅速な情報把握は難しいと考えられる。

次に数km程度以上の範囲の把握を行い得る技術を見ると、航空機に関する技術は上記と同様に現地到着までの時間がかかるが、自動航行UAVについてはリモート操作となり、迅速に精度良く被災情報の把握が可能であると考えられ、本技術を用いた効率的な情報把握方法を検討した。検討結果を図-4に示す。

自動航行UAVでは30分で9km程度の範囲の情報取得が可能であるが、被災現場では、その周辺を詳細に調査する可能性もあることから、図-4の①、②区間を含む約20kmの範囲において、同時に3機の自動航行UAVを活用することにより、50cm以上の応急処理が不可能な段差や土砂崩れ等の被災の早期把握が可能となる。ただし、一般車両の安全な通行に支障がでる段差（15cm）の把握は困難であるため、今後、高精度のカメラを搭載する等の計測精度の向上が求められる。また、現状は晴天時の昼間のみ使用可能な技術であるが、機体を全天候型UAVに変更することや赤外線カメラを用いることにより、雨天時や夜間時での活用にも期待できる⁴⁾。さらに、ドローンポー

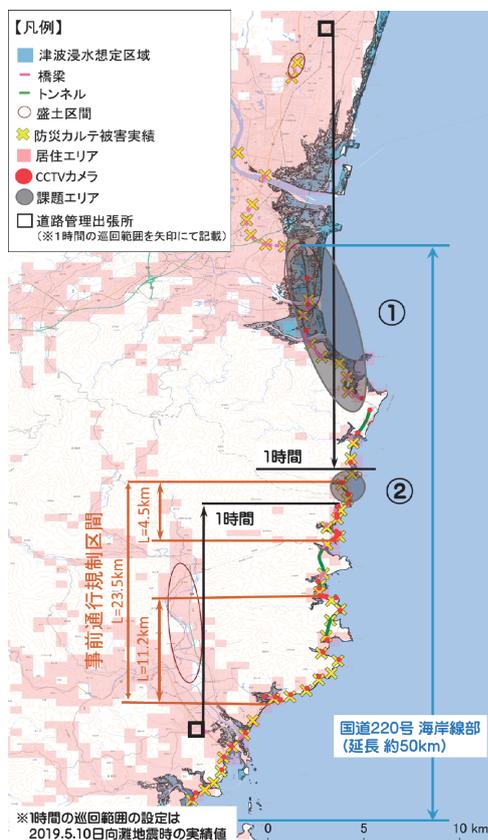


図-3 防災カルテや津波浸水想定区域等を整理した管内マップ

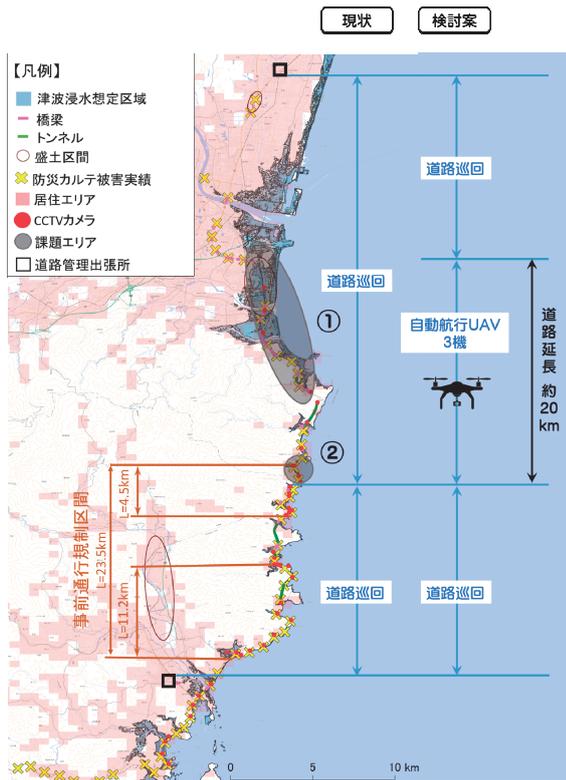


図4 リモートセンシング技術を用いた情報取得方法の検討結果の一例

解析等に時間を要することがわかった。また、CCTVカメラ、UAV等の状況把握技術では、応急処置を施し緊急車両の通行を可能とする程度の段差まで把握できるものの、状況把握可能範囲が限られることがわかった。一方で、雨天時や夜間時における情報取得技術は少なく、更なる開発の必要性が明らかになった。

また、ケーススタディの結果、国道220号のように曲がりくねり、迂回路の少ない道路では、災害直後の道路渋滞や被災による通行不能箇所の影響を受けず、短時間で画像情報を事務所等に送信できる自動航行UAVを用いることが有効であることが明らかになった。

今回は各技術の適用条件を整理するだけでなく、地震発生からの状況を考慮することで、現場での実際の活用に関する調査方策の提案を行うことができた。今後はこの机上検討の結果を踏まえ、実際の現場において実証実験を行うことで、被災情報の取得に関する情報把握精度の検討や運用に関する課題の整理を行っていく予定である。

トを車道脇や車両の荷台等に設置しておくことで、土砂災害等により通行不可能となった場合においても荷台から自動飛行し、災害箇所の映像を撮影して、車道脇に設置したドローンポートに着陸させる等の利用方法も考えられる。

4. まとめ

今回、道路の被災情報取得に関するリモートセンシング技術の整理やそれらを用いた道路被災状況調査方法に関して机上での検討を行った。その結果、衛星、航空機を用いた広範囲の状況を把握できる技術では精度面において限界があることや、

参考文献

- 1) 片岡正次郎:インフラ被災情報の収集・集約・共有技術の開発、日本地震工学会・大会-2017梗概集、4p、2017.11
- 2) 白石萌美、片岡正次郎：技術開発・社会実装に向けた災害把握技術の評価～熊本地震の災害対応時の情報ニーズに基づく分析～、土木技術資料、第60巻、第4号、pp.24～29、2018
- 3) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震災危機管理編）令和元年度改訂版、2019.7
- 4) 白石萌美：赤外線カメラ搭載UAVによる夜間のインフラ被災把握、土木技術資料、第60巻、第11号、pp.52～53、2018

梅原 剛



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路地震防災研究室 研究官
UMEBARA Takeshi

森 賢二



研究当時 国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所総括保全対策官、現 九州地方整備局鹿児島国道事務所 副所長
MORI Kenji

渡邊和宏



国土交通省九州地方整備局宮崎河川国道事務所 道路管理第一課長
WATANABE Kazuhiro

増田 仁



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路地震防災研究室長
MASUDA Hitoshi

片岡正次郎



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路地震防災研究室長、現 国土技術政策総合研究所道路構造物研究部道路構造物管理システム研究官、博士（工学）
Dr. KATAOKA Shojiro