

# 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～

白石萌美・片岡正次郎

## 1. はじめに

大規模災害発生時には、インフラ管理者はただちに災害対応を進める必要がある。災害対応の内容は、体制の確立や職員の現場への派遣等からはじまり、現場の点検、応急復旧と時間とともに変化していく。これに合わせ、現場で必要とされる情報の内容等も変化する。インフラの被害を早期に把握する手段として、各種技術開発が進められているが、これらの技術を現場で活用するためには、災害対応の中で、個々の技術がいつどのように役立つかを明確にした上で技術の開発・利用を進める必要がある。

本研究では、実際の災害対応で「いつ、どこで、どのような情報が必要とされたか（以下「情報ニーズ」という。）を整理するとともに、個別技術を「災害対応の意思決定を支援するための情報として有用か」との観点から技術の現状を評価することを試みている。これは、どこでどのような技術が求められているのか、またそれぞれの技術の役割や改良の方向性を明らかにすることを意図したものである。

本報文では、情報ニーズを整理した流れと、その結果を述べるとともに、個別の災害把握技術の評価結果について報告する。また、これらを踏まえ、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）がSIP防災研究の中で実装を進める研究開発<sup>1)</sup>について紹介する。

## 2. 情報ニーズの明確化のための取組み

### 2.1 情報ニーズの整理の流れ

これまでも国総研では、発災直後の現場の対応と意思決定に用いる情報の関係について調査を実施してきたが<sup>2)</sup>、近年発生した大規模震災である平成28年の熊本地震を契機として、災害対応における情報ニーズを調査した。

情報ニーズの整理は、図-1に示す手順で実施した。まず、公表資料等をベースに、いつどのようなイン

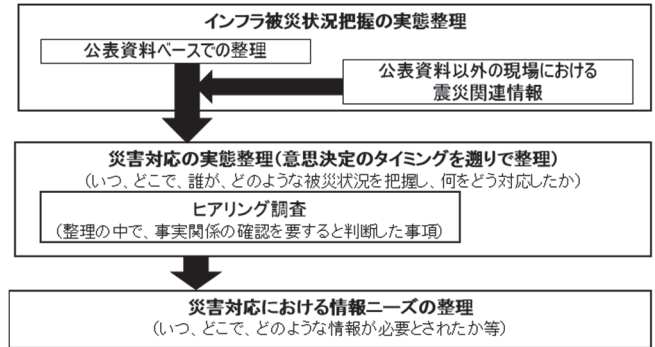


図-1 情報ニーズの整理の流れ

フラ被災状況が把握されたか実態を整理した。つぎに、整理結果をもとに、いつどこで誰がどのような情報に基づき意思決定を行ったかという災害対応の実態を整理した。その際、事実関係について確認する必要があると判断した事項には、震災対応従事者へのヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査は、平成28年熊本地震の災害対応に従事した九州地方整備局の災害対策本部、道路部、熊本河川国道事務所、阿蘇維持出張所（以下「災対本部」、「道路部」、「事務所・出張所」という。）の職員を対象とした。これらにより、インフラ被災情報がいつ、どこで、どのような情報が必要とされたかという、災害対応における情報ニーズを整理した。

### 2.2 情報ニーズの整理結果

ヒアリング結果をもとに情報ニーズが変化すると考えられる場面を設定し、時系列に沿い、主な災害対応、意思決定の判断材料となった情報、情報ニーズを整理した（表-1）。本研究では、情報が少ない初期の対応に着目し、本震発生（4月16日1:25）後から約12時間後までを整理対象とした。また、災害初期の各種緊急活動の中で、道路の通行可否情報が重要と考えられることから、本研究では、道路関係を担当する職員を中心にヒアリング調査を実施した。そのため、表-1では道路関係の項目が占める割合が大きいことに留意されたい。発災直後は、大凡の被害規模や被害箇所を把握するための情報が必要とされるが、CCTVカメラ映像や震度情報など、取得可能な情報は限られている。時間とともに、派遣

Assessment of Disaster Information Technologies Towards Further Development and Implementation Based on Analysis of the 2016 Kumamoto Earthquake Disaster Response

表-1 熊本地震本震発生時の震災対応における主な災害対応と判断材料となった情報と情報ニーズ

時系列	主な災害対応	判断材料となった情報	情報ニーズ
発災～ 30分 (1:25)	①防災ヘリ出動命令 ①リエゾン、派遣指示 ①TEC-FORCE 派遣指示 ①災害対策機械出動指示 ③緊急点検開始	○震度情報 ○CCTV カメラの映像情報	○派遣・点検等の指示を出すため、被災の規模感やおおよその位置が把握できる網羅性の高い情報 ○防災ヘリの飛行ルートを決断するため、阿蘇大橋落橋など優先して確認すべき箇所の情報
30分～ 3時間	①リエゾンの派遣 ②TEC-FORCE、災害対策機械の前線基地への移動 ③緊急点検実施	○前震発生時に既に派遣されていたリエゾンからの情報 ○警察からの通報情報(段差による通行止め等)	○リエゾンや TEC-FORCE 等の派遣ルートを決断するため、地方道を含めた道路の通行可否や渋滞状況の情報 ○被害箇所を確認するため、防災ヘリ等による上空からの映像情報
3時間～ 12時間	①飛行ルート判断 ①リエゾンの派遣 ①TEC-FORCE、災害対策機械の前線基地から現場への移動 ②地方道の啓開開始 ②孤立集落の把握	○リエゾンからの情報 ○防災ヘリの映像情報 ○警察からの通報情報 ○マスコミの報道	○飛行ルートや地方道啓開、TEC-FORCE や緊急点検の追加投入の判断のため、大規模被害発生箇所の詳細情報 ○リエゾン等への派遣ルートの指示や、孤立地域の早期解消のため、地方道を含めた道路の通行可否や渋滞状況の情報

震災対応の主体 ①:災害対策室 ②:道路課 ③:事務所・出張所

先までの経路選定のための道路の通行可否情報や、被害箇所の詳細情報など、より局所的で確度が高い情報が必要とされる。

### 3. 情報ニーズに基づく災害把握技術の評価

#### 3.1 技術の評価の流れ

図-2に、個別の災害把握技術の評価の流れを示す。まず、技術の評価項目を設定した。つぎに、情報ニーズを参考に、検討対象とする技術を選定した。そして、情報ニーズと比較検討しながら、評価項目について評価することで、個別技術の特徴を整理した。

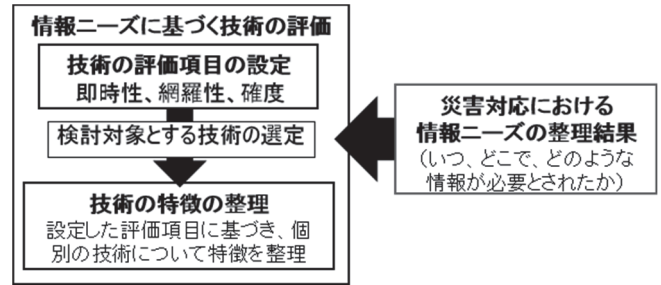


図-2 情報ニーズに基づく災害把握技術の評価の流れ

#### 3.2 技術の特徴把握のための評価項目の設定

技術の評価項目として、災害対応の意思決定を支援するとの観点から、表-2に示すように(1)即時性(2)網羅性(3)確度を設定した。各項目について、以下で述べる3段階の評価(高・中・低)を設定した。

表-2 即時性・網羅性・確度の評価

	即時性	網羅性	確度
高	発災後 30分以内	面の情報 (上空からの広域の画像情報など)	事実情報、または管理者および管理者と同等のものが確認済みの情報(視認性が高い画像情報など)
中	発災後 30分～ 3時間以内	線の情報 (道路等の連続的な区間の情報)	管理者の判断を要する情報
低	発災後 3時間～ 12時間以内	点の情報 (固定カメラなどの情報)	予測・推定情報のため、意思決定にリスク考慮が必要な情報

(1) 即時性：意思決定を支援するための情報は、必要な時間内に取得できるものであるかを評価する必要がある。地方整備局のBCPの整理結果(災对本部の立ち上げが概ね1時間以内、被災概況把握が概ね3時間以内、被災状況把握が概ね12時間以内)およびヒアリングの結果(発災後30分以内の派遣指示)をもとに、情報ニーズが変化すると考えられる場面を設定した。発災後30分以内を即時性が高、発災後30分から3時間以内を即時性が中、発災後3時間から12時間以内を即時性が低と区切り評価した。表-1の時間の区切りも同様になっている。なお、情報の取得までの時間が条件(時間帯、天候等)に左右されるものについては、最も早く取

得できる場合を想定した。

(2) 網羅性：時間の経過に従い災害対応が進むと、必要となる情報が全体の包括的な情報から局所的な詳細情報へと変化する傾向があるため、情報のもつ網羅性を評価する必要がある。評価の基準は、局所的な点の情報(固定カメラなど)は網羅性が低、連続した線の情報(道路の交通に関する情報など)は網羅性が中、広域の面的情報(全国の観測網情報、航空写真など)は網羅性が高と評価することとした。

(3) 確度：取得した情報が意思決定に用いることができるものであるか、その信頼性を検討する必要がある。取得した情報から、管理者の目視と同レベルのインフラ被害の推測が可能か、という観点から

評価した。従って、視認性の高い映像情報ほど確度が高い情報と評価している。

### 3.3 検討対象として選定した技術

熊本地震本震は夜間に発生したため、被災状況の把握を困難にした。また、大規模な被害を生じたため、日の出以降であっても、現場に人が立ち入り調査することは危険であった。

そこで、評価対象とする技術として、上空から観測可能であり、種類によっては夜間の観測も可能な技術として、リモートセンシングを選定した。中でも、衛星、航空機、災害対策用ヘリコプター（以下「防災ヘリ」という。）、UAVをプラットフォームとするものを対象とすることとした。なお、衛星については、防災ヘリの飛行が制限される条件下での補助的利用を想定し、夜間や悪天候下でも使用可能なレーダセンサのみを対象とした。

リモートセンシング技術以外にもインフラ被災状況把握のために有用であると考えられる技術として、例えば、道路や河川の管理に使用されているCCTVや、構造物監視に用いるセンサ技術などがある。これらを災害時にも活用することで、発災直後の情報が少ない時間帯に有用な情報となり得る。また、発災直後でも手に入る情報としては、プローブ情報や、SNSの情報なども利用の可能性があると考え、評価の対象とした。

### 3.4 技術の特徴整理

3.3で検討対象として選定した技術について、技術の概要、活用に関する課題、評価結果を述べる。また、評価に基づき、図-3に示すように、災害対応の場面ごとに評価した結果を図中へプロットした。

#### (1) CCTVカメラ（映像情報）

概要：一般カメラから映像出力装置までがケーブルで接続された、閉じた回路をもつテレビカメラシステムである。ここでは、国土交通省が直轄施設の監視を目的として、全国に2万台以上設置したカメラを対象とする。

課題：光学センサの場合、夜間の画像判読が困難である。映像範囲はカメラの画角に限定される。

評価：リアルタイムに確度の高い情報の取得が可能である。網羅性は限定的である。

#### (2) CCTVカメラ（映像受信可否情報）

概要：CCTVカメラと映像出力装置をつなぐ光ファイバケーブルの断線情報である。道路に沿って敷設されている光ファイバケーブルは、道路が被災

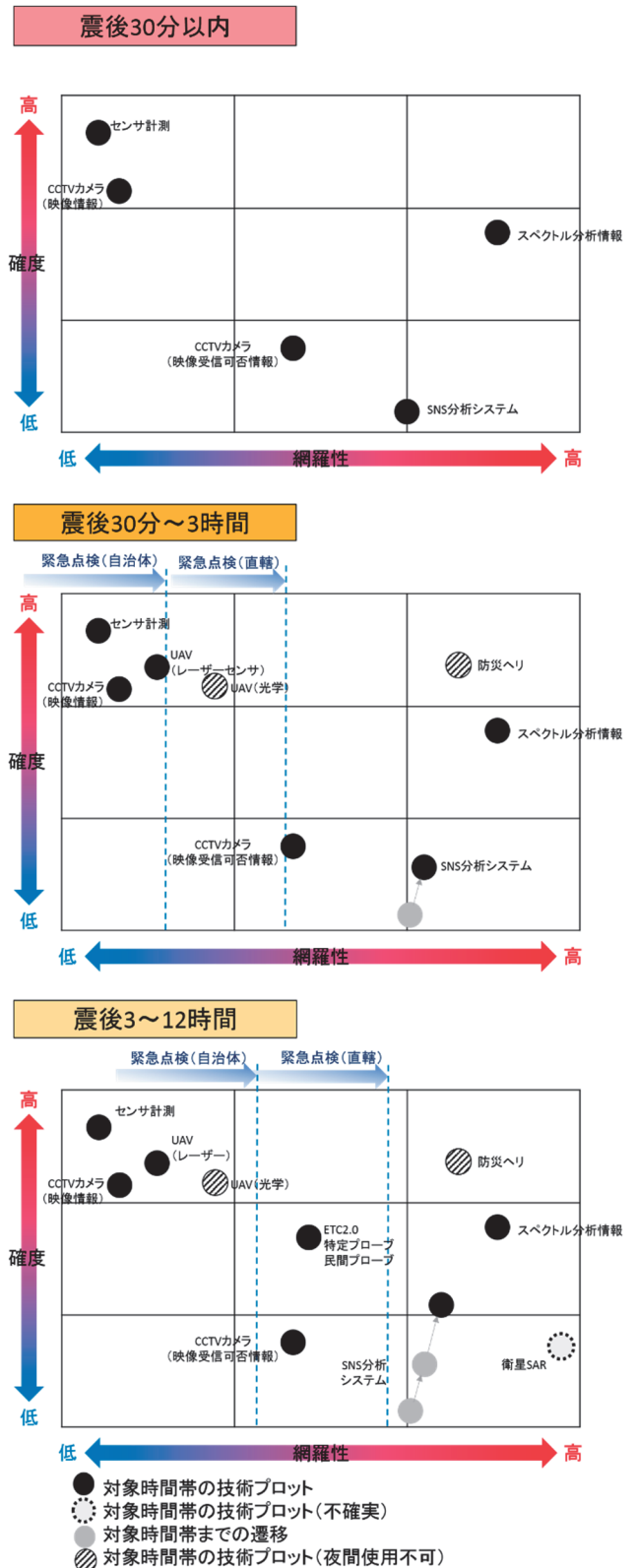


図-3 災害対応における個別技術の評価

した場合に断線する可能性がある。道路が被災し光ファイバケーブルに障害が発生すると、地方整備局に設置されている光ファイバケーブル線路監視装置により、おおよその被災箇所を検知することができる<sup>3)</sup>。国道57号の阿蘇地域では、光ファイバケーブル

ルの断線情報が本震発生の4分後の1:29にサーバを管理する九州地整本局で受信された。

課題：断線情報を災害対応の現場で活用できるような仕組みがない。

評価：確度は低い、即時性は高い。光ファイバケーブル上の線的情報であるため、網羅性は中とした。

### (3) センサによる計測

概要：センサには温度や振動など、各種要素を検知するものがある。ここでは、橋梁センサ<sup>4)</sup>など、発災時に被害を検知する目的でインフラ構造物に設置するものを対象とする。

課題：災害発生時のみに使用される技術であれば、普及が進まない。

評価：センサの設置箇所のみでの局所的な情報であるが、即時性は高く、確度の高い情報である。

### (4) SNS分析システム<sup>5)</sup>

概要：SNSを分析し、災害対応に必要な情報の自動抽出を行うシステムである。

課題：不特定多数のユーザーからの情報であるため、誤情報を含む可能性がある。

評価：全国のユーザーからほぼリアルタイムで情報が得られるため、網羅性と即時性は高いといえる。確度は比較的低い、フィルタ機能による誤情報の排除や、画像情報の添付により、確度は向上すると考えられる。

### (5) スペクトル分析情報<sup>6)</sup>

概要：全国に設置された強震観測網から取得される地震情報から、インフラ被災を推測する情報である。詳細は4.2で後述。

評価：観測網情報であるため網羅性は高い。出力情報は、既往地震の被害規模に基づいた推測情報であり、確度は中程度である。

### (6) 災害対策用ヘリコプター（防災ヘリ）

概要：国土交通省が地方整備局に配備する災害対策用のヘリコプターのことである。全国8地方整備局に配備されている。衛星回線を活用することで、山中や海上でも、リアルタイムで映像情報を共有することが可能である。

課題：防災ヘリは有視界飛行を条件とするため、夜間の飛行が制限される。本震発生時刻が夜間であったため、九州地方整備局配備の防災ヘリ「はるかぜ」は、日の出後に飛行を実施した。

評価：夜間・悪天候時などには飛行の制限を受け

るが、迅速に広域で確度の高い映像を取得することができる。

### (7) ETC2.0 プローブ<sup>7)</sup>

概要：路側機と車両搭載機器の双方向通信を行うことにより取得される走行履歴等の情報であり、国土交通省が管理・運用を行う。

課題：道路の通行可否を判断するための情報として扱うには、災害対応車両等の通行履歴を除く必要がある。

評価：災害発生から3時間後には、その時点での車両の通行実績を表示可能である。路線ごとの線的情報であり、道路の通行可否について確度のある情報が得られる。

### (8) 特定プローブ

概要：事前に国土交通省と契約等を締結した配送事業者等の車両に対し、個別の車両を特定した走行履歴等の情報である。

評価：線的情報であり、大型車両等の通行可否に関して確度のある情報が得られる。

### (9) 民間プローブ

概要：民間各社が車両の通行に関する情報を取りまとめたものである。

評価：路線ごとの線的情報であり、道路の通行可否について確度のある情報が得られる。

### (10) UAV

概要：無人航空機の総称である。ここでは、災害対応の現場で導入が進む、小型のマルチコプター型のものを対象とする。

課題：熊本地震では、阿蘇大橋の落橋箇所など、直接立ち入ることができない危険箇所の調査に活用された一方で、操縦者は調査対象区域の一定距離内に立ち入る必要があった。

評価：機動性が高く、確度の高い映像を比較的広域で取得することができる。光学センサの場合、夜間には使用不可である。レーザーセンサの場合、処理に時間を要するため広域の観測には向かないが、飛行さえできれば夜間でも観測が可能である。

### (11) 衛星SAR

概要：合成開口レーダー（SAR）は、自らマイクロ波を地上に照射し、反射した電磁波を受信することで情報を取得する。太陽光や雲の有無にかかわらず観測が可能である。

課題：衛星の軌道により、撮影可能な時間や領域が制限される。例えば、JAXAの陸域観測衛星「だ

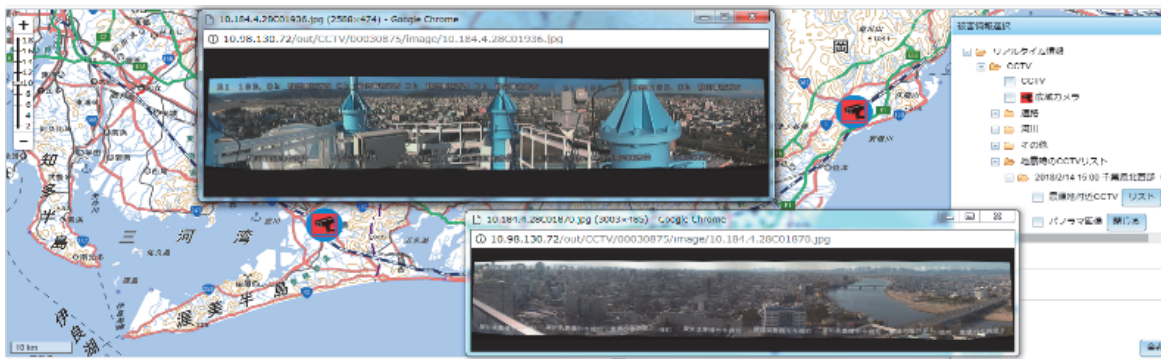


図-4 パノラマ画像のDiMAPS上での表示イメージ

いち2号」が本震発生（4月16日1:25）後に日本の陸域観測が可能となったのは、4月16日13:12であった。また、未加工のSAR画像は視認性が低いため、被害を判読するためには、画像処理が必要である。

評価：網羅性の高い広域の情報が得られる。生画像では、情報の確度は低い。

#### 4. 災害把握技術の開発の取組み

技術評価の結果を踏まえ、本章では、国総研がSIP防災研究の一環として実施している災害把握技術の開発について紹介する。技術開発にあたり、まずは一定の技術が確立されており、導入が進んでいるものを選定した。その中で、平常時から国土交通省が使用する既設のCCTVカメラや、人工衛星、強震記録を対象とすることとし、これらを災害時に効率的に活用することで、情報の即時性・確度・網羅性を高めるような技術開発を進めている。

##### 4.1 CCTVカメラ映像からの効率的な被災把握技術の評価

インフラ管理者が被害を確認する際に、CCTVカメラを1台ずつ操作し巡回させることでカメラの周囲を確認することができるが、時間と手間を要するため、即時性が低くなる。そこで、地震発生時にカメラを自動巡回させ、パノラマ画像を作成し共有する機能（図-4）の開発を進めている<sup>8)</sup>。自動巡回させるカメラは、気象庁の震度情報に基づき大きな震度を観測したエリアに位置するものを対象に自動で抽出する。

即時性をさらに向上させるため、自動作成したパノラマ画像から、自動で被害を検出する機能の開発を進めている。自動検出の手法としては、通常の画像と災害時の差分をとることにより被害を検知する、

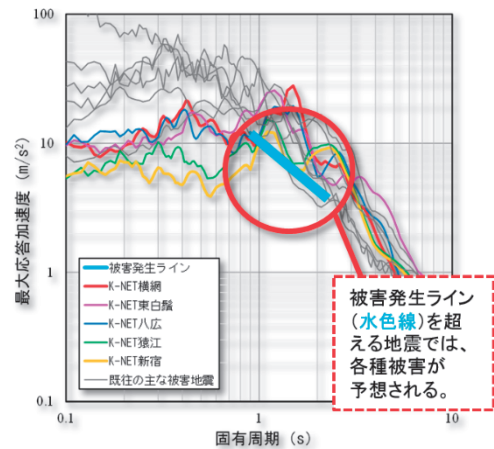


図-5 スペクトル分析情報

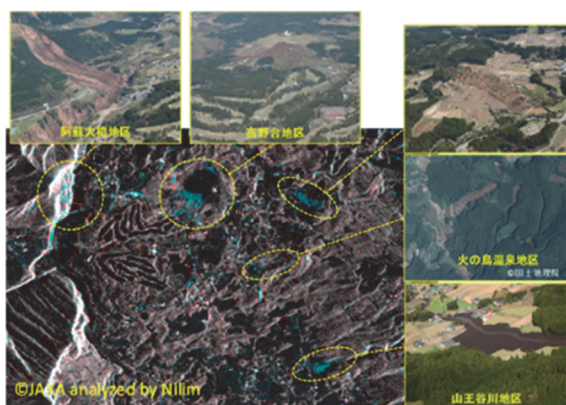
背景差分方式での検証を進めている。今後は、国土交通省のDiMAPS（統合災害情報システム）との連携により、国土交通省の災害初動での活用を目指している。

##### 4.2 スペクトル分析情報共有の迅速化

インフラの被災規模の推測には、震度情報のみではなく、最大加速度や構造物ごとに異なる固有周期等を考慮する必要がある。国総研では、地震発生後に強震記録から「スペクトル分析情報<sup>9)</sup>」（図-5）を作成し、インフラ被害規模の推測情報として、関係機関へ情報提供を行っている。作成したスペクトルは、既往地震の被害規模から設定した「被害想定ライン」と比較することで、インフラ被害の規模感を把握できる。従来は職員が手作業で作成していたが、自動作成・配信する仕組みを構築し、より即時性の高い情報とした（発災後15分以内）。平成29年4月から地方整備局を中心に試験配信を実施している。

##### 4.3 衛星画像の効率的な活用

3.4 (11) で述べた、衛星SAR画像の課題である判読性の低さを補うため、震災対応にあたる職員の



(震災前後で変位が生じた箇所には赤または青の着色)

図-6 平成28年熊本地震の判読結果

判読を支援し、判読性の向上と作業の迅速化を図る画像処理技術を開発した。図-6に本技術を用いた判読結果を示す。また、防災担当の職員等を対象に、本技術に基づくSAR画像判読支援システムを活用した判読方法の研修を実施し技術の普及を図っている。

衛星による観測が不可能な領域・時間をカバーするため、複数のプラットフォームを効率的に組み合わせた観測計画の検討を支援するWEBシステム<sup>9)</sup>の構築を進めている。発災後の迅速な調査観測計画の立案を支援することで、情報の即時性・網羅性を高めることができる。

## 5. おわりに

本報告では、国総研がSIP防災研究の一環として実施している、災害対応における情報ニーズの明確化および災害把握技術の評価の手法を紹介するとともに、技術開発の取り組みを紹介した。

今回の情報ニーズの整理および技術評価により、熊本地震の災害対応を踏まえて求められる災害把握技術の要件を明らかにした。一方、現段階ではある程度定性的な評価に留まっている。

今後は、災害対応の事実を定量的な情報として整理することにより、数値に基づく具体的な技術の評価を行うことで、技術開発目標のより明確な提示や、災害全般における技術活用の検討を進めていく予定である。

## 謝 辞

調査にご協力頂いた九州地方整備局の関係部局の皆様、インフラ事業者の皆様にお礼申し上げます。また、本報文は、科学技術イノベーション会議の「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の研究成果の一部である。

## 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) 長屋和宏、山影修司、金子正洋：東日本大震災における道路管理者の対応の記録、土木技術資料、第55巻、第4号、pp.30～33、2013
- 3) 猿渡基樹、前田安信、片岡正次郎：光ファイバ線路監視を活用した道路被災把握の可能性、インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム、6p、2018.1
- 4) 猿渡基樹、梶尾辰史、石井洋輔、片岡正次郎：地震被災の分析に基づく道路橋の被災状況把握システムの構築、土木技術資料、第60巻、第3号、pp.32～35、2018
- 5) 情報通信研究機構：DISAANA対災害SNS 情報分析システム<https://disaana.jp/rtime/search4pc.jsp>
- 6) 石井洋輔、中尾吉宏、片岡正次郎：地震発生直後の初動期における早期被災規模感推定の取り組み、第32回日本道路会議論文集、2p、2017.10
- 7) 国土交通省：車載器のID付きプローブ情報の利用及び取り扱い方針 [http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j.html/spot\\_dsrc/oshirase.html](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j.html/spot_dsrc/oshirase.html)
- 8) 今野新、前田安信、寺口敏生、関谷浩孝：CCTVパノラマ画像作成プログラムの検証、土木情報学シンポジウム講演集、Vol.42、pp185～188、2017.9
- 9) 鈴木大和、野呂智之、神山嬢子、阪上雅之、國友優：被災状況把握のための効率的な調査計画立案に向けた取り組み、土木技術資料、第59巻、第1号、pp.36～39、2017

白石萌美



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  
Moemi SHIRAIISHI

片岡正次郎



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  
Shojiro KATAOKA