

点群データを用いた道路防災点検の高度化と 災害査定への支援

道路防災におけるデジタルツイン技術の適用

田中義朗・平野順俊

近年の世界的な気候変動に伴う自然災害により道路被災が発生している中で、道路防災分野では新たな技術の活用によるスピーディーかつ効率的な現場対応の変革が求められている。本稿では、静岡県、大阪経済大学、法政大学、関西大学、摂南大学、大阪電気通信大学、(株)日本インシーク、日本工営(株)がメンバーとして取り組んでいる『静岡県「スマートガーデンカントリー“ふじのくに”モデル事業」のデータ利活用に関する共同研究（以下共同研究）』の中で研究している、最新の地形計測技術であるレーザ地形計測による点群データを活用した点検手法の高度化と災害査定への支援に向けた技術内容と適用方法について紹介する。

キーワード：道路防災点検、点群データ、三次元座標管理、災害復旧、災害査定

1. はじめに

国土交通省、地方自治体等が管理する国道、県道、市区町村道では、インフラの老朽化が進むなか局所的・集中的・突発的豪雨等の極端な気候変動により道路通行に支障をきたす自然災害が増加している。

道路防災においては、道路管理者が道路法面・斜面での対策として落石や崩壊を防止する対策工のハード整備を実施するとともに、道路防災点検により自然災害のハザードを調査して箇所を抽出し、箇所別での災害要因と影響度評価から判定レベルを設定、そのレベルに応じた定期的な点検や巡視パトロールが実施されている。

また災害復旧においては、公共土木施設が自然災害により被災した場合に国庫負担対象となるが、工事費を決定するために国の災害査定が行われる。その際に必要な資料作成を短時間で行うことで、迅速な災害復旧工事着手を行っている。

しかし、毎年のように災害により道路被災が発生している中で、従来の手法による道路点検や災害復旧にかかる申請手続き（災害査定等）においては、新たな技術の活用により精度が高くかつ確実な災害予防に効果を発揮する道路防災点検や災害復旧の在り方が求められている。一方で道路管理に関わる従事者（技術者・工事業者他）の人手不足も深刻となっており、これらの問題への対応が道路防災・災害復旧対策における大きな課題となっている。

2. 道路防災点検での現状と課題

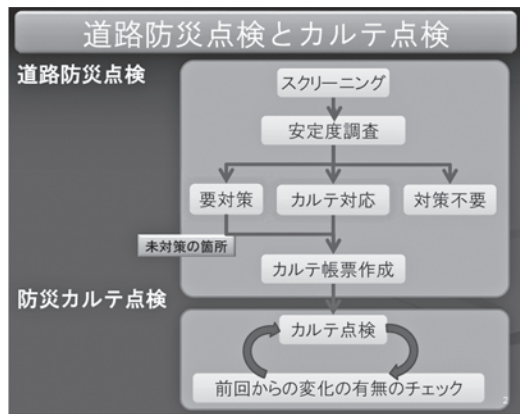
(1) 道路防災点検の経緯と内容

道路防災では、道路での危険箇所の状況把握を行う「道路防災点検」、経年的に危険箇所を追跡調査する「防災カルテ点検」、長大法面を対象に法令点検として定められた「特定道路土工構造物点検」等を通じ、道路利用者の安全を脅かす土砂災害の予兆を未然に発見・対応することで災害発生を防止している。

道路防災点検では、まずスクリーニングにより道路に面する斜面全体のハザード情報を基に危険箇所を抽出し、次に安定度調査ではそれらの危険箇所と道路施設および構造物の状態から、箇所別に「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」の3つに区分を行い、「カルテ対応」の箇所についてはカルテ帳票を作成する流れで実施される。防災カルテ点検は、このカルテ対応箇所を対象とし、道路管理者が防災管理を適切に実施できるようにするもので、災害に至る可能性のある要因として着目すべき事項等を記載したカルテにより、日常点検・定期点検時に対策工の必要性や緊急性を判断するために活用するものである。カルテ点検は道路種別にもよるが1～5年毎に実施し、前回点検時との変化を把握して整理するとともに、変化に応じて対策工の要否を判定している（図—1）^{1)～5)}。

(2) 道路防災点検（道路斜面）の課題

道路防災点検では、危険箇所の抽出と現地点検によ



図一 1 道路防災点検とカルテ点検の関係性

る確認が重要なポイントになるが、その精度は地図(地形図)の精度に依存するところが多い。

危険箇所を抽出するスクリーニングの段階では、従来の方法ではできる限り縮尺の大きい航測地形図と空中写真判読を組み合わせ、微地形の位置・分布・関係性などから災害要因を推定して、道路災害に結び付く可能性が高い斜面での危険箇所の抽出を行っている。地形の判読作業は主に専門技術者が行うが、道路延長が長い区間や山岳地の路線であるほど判読する斜面範囲が広くなり膨大な労力が必要である。また広範囲になるほど縮尺の小さい地形図(1/10,000～25,000)の精度での判読箇所の落とし込みのため、実際の現地状況に合っていないなどの問題が発生することが多く、危険箇所の見落としの原因にもなっていた。

また現地点検作業では、精度の低い地形図上に示されるカルテ箇所情報や、調査時に作成されたスケッチ図を頼りに点検ポイントを探し出すことが容易ではなく、点検員がカルテ点検箇所にたどりつけない、写真撮影ポイントが見つからないなど、作業上のボトルネックになっている。特に植生の繁茂が顕著な地域では点検箇所の位置特定や状況把握が難しく、効率的な点検作業を阻害する大きな要因となっている。

そのほか点検員が近づくことが困難な急斜面・崖地では、一般的に目視による点検にならざるを得ず、災害の兆候となるような変状を確認できないなど詳細・精緻な点検を行うこと自体が難しいという問題もある。

地図精度のもう一つの課題として位置の管理方法があげられる。カルテ点検では道路の距離標による位置管理が一般的で、座標を記入する欄はあるが法面施設等の範囲や点検ポイントでは精度の高い位置管理はできていない。座標位置による管理が進まない理由としては、山岳部や植生が繁茂した斜面ではGNSSによる位置確認作業も困難である。

3. 災害査定の実状と課題

(1) 災害査定プロセス改善の動き

公共土木施設が自然災害により被災した場合は、「公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法」に基づき、国庫負担による地方公共団体への支援が行われる。支援を受けるためには、国庫負担対象の工事費を決定するための手続きとして災害査定が行われるが、それに必要な資料作成を短時間で行う必要があり、技術系の職員不足も併せて自治体職員の負担が増えている。これらの状況を踏まえて、平成29年2月に大規模災害発生時に被災施設の早期復旧を促進し、被災地の早期復興をより一層支援することを目的として、「大規模災害時における公共土木施設災害復旧事業査定方針」⁷⁾が策定された。この方針により、効率化の内容を事前ルール化することで、被災自治体の災害査定に要する時間等を大幅に削減することが可能となる。しかしながら、管理者および受託者が本方針を適用した査定事務の効率化プロセスの理解や実務経験の不足のほか、作成資料の標準化や作成手法が確立していないことにより、その効果を十分に発揮できていない現状がある。

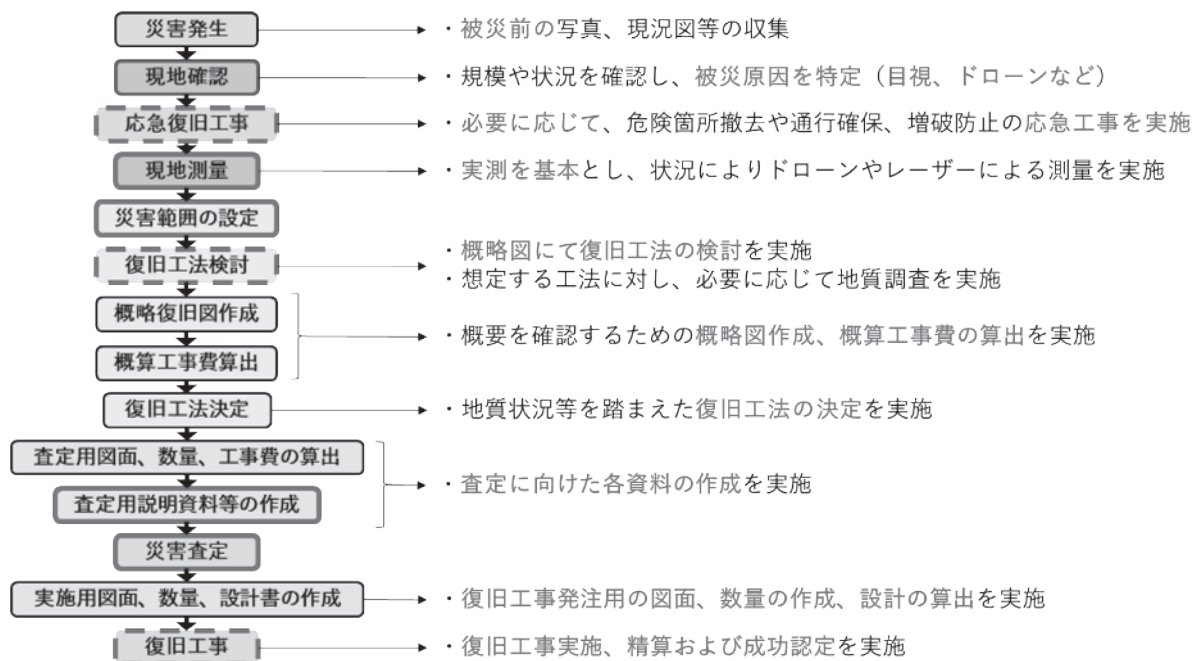
(2) 災害復旧までの流れ

公共土木施設の災害復旧事業は国庫補助事業として適切に執行される必要があることから、その採択においては適切な被災範囲の設定、被災原因、被災プロセスを明確にして申請を行う必要がある。また被災箇所が道路施設・構造物であった場合、適切な施工や維持管理が行われていたかを明確にする必要があり、現地で詳細調査とともに被災施設の履歴等の確認が重要となる。

一般的な災害発生から復旧工事完了までの作業をフロー示す(図一2)。これらの調査や資料作成は短期間に行う必要があり、前述の人員不足も相まって作業負担が課題となっている。また災害復旧は原型復旧が原則となるため、査定までに被災状況の保全が望ましいが、二次災害防止あるいは生活道路など応急復旧が必要な場合は、緊急復旧工事による現状改変を行う事態も発生する。これらの事象を勘案し、各プロセスにおける課題と対策・効果を整理した(表一1)。

(3) 災害査定における被災情報把握での課題

災害査定では、被災状況を地形測量や被災状況写真により妥当性のある災害復旧計画であることを説明する(図一3)。災害査定を行う査定官の人員や時間も限られているため、災害査定の手続きをスムーズに進



図一 2 災害復旧時の作業フロー

表一 1 災害復旧作業における課題と対策・効果

災害復旧の対象プロセス	現行の課題	課題への対策と ICT を活用による効果
災害発生	被災前（平常時）の情報（写真や現況図など）がない	対策：平常時の情報（点群データや写真など）蓄積 効果：日常点検や改築に流用可能
現地確認	広範囲の把握に時間を要し、また二次災害の危険を伴う	対策：SNS 等による住民情報やドローンなどの活用 効果：迅速な情報収集と安全性の確保
応急復旧工事	現場合わせの復旧計画および事前の作業数量把握が困難である	対策：ドローンなどによる情報（点群、画像）取得 効果：復旧計画に活用可能な詳細情報の取得
現地測量	広範囲の現地測量に時間を要し、また二次災害の危険を伴う	対策：取得情報による 3 次元空間構築と 2 次元図化 効果：詳細地形情報の取得と安全性の確保
災害範囲の設定	被災前及び被災直後の状況把握が必要	対策：取得情報による被災範囲の確認 効果：平常時との重畳による被災箇所の見える化
復旧計画・復旧工法決定	現状と測量図の相違や必要断面位置での計測結果の欠落	対策：詳細地形情報活用と任意断面の抽出 効果：現地での再確認、再計測が不要
査定用図面・数量等の作成	現状と測量図の相違や必要断面位置での計測結果欠落	対策：詳細地形情報活用と任意断面の抽出 効果：現地での再確認、再計測が不要
査定用説明資料等の作成	被災状況写真の整理作業増大や不足断面等による状況説明の不明瞭	対策：写真等の付加による 3 次元点群空間の構築 効果：写真位置の明確化や点群等による状況の見える化
災害査定	図面や写真が不足した場合の説明不足や従来図面による空間表現不足	対策：各種情報を付加した 3 次元点群空間を提示 効果：3 次元空間の見える化による説明性の向上
実施用図面・数量等の作成	現状と測量図の相違や必要断面位置での計測結果の欠落	対策：詳細地形情報活用と任意断面の抽出 効果：現地での再確認、再計測が不要
復旧工事	現状と設計図の相違や出来高管理、出来形寸法の把握が困難	対策：起工時、施工中、竣工時の ICT 機器による計測 効果：各段階での状況把握と最新情報の蓄積

めるためには、これらの情報を明瞭かつ網羅的に表現して説明を行う必要がある。特に、被災前の現況と被災直後の状況の変化を詳細に把握して、正確な被災範囲や数量に基づく災害復旧計画案を示すことが求められる。

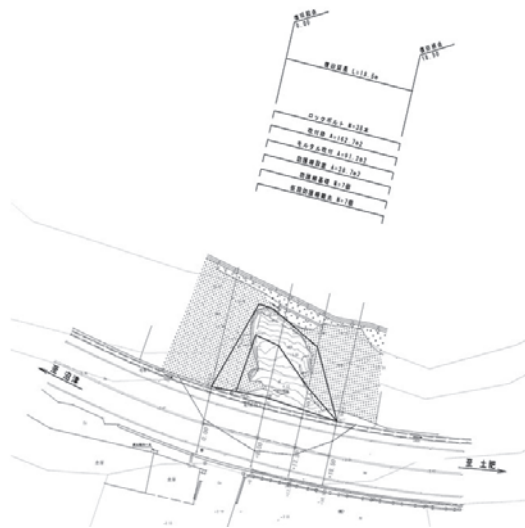
災害の実態把握では、被災状況の写真の撮影や現地測量を速やかに実施する必要があるが、被災直後の現場作業で二次災害リスクを考慮した安全な作業体制の確保が必須となる。また短期間でかつ撮り直しがきかない状況での確実な根拠写真撮影、および膨大な枚数



図一3 被災状況写真（左：断面形状，右：吹付損傷）⁸⁾

となる写真の整理と，図面との効率的な関連付けが課題となる。

測量作業では，災害復旧設計の実施に必要となる範囲での正確な元地形と地形変化等の情報の取得が必須となるが，従来測量での平面・断面（2次元図面）と状況写真のみでは，立体的な被災形状のイメージが掴みにくく，査定時に求められる任意の寸法計測や断面形状提示が出来る必要な地形情報の取得が課題である（図一4）。



図一4 復旧計画図（平面図）⁸⁾

4. 道路防災点検および災害査定での高度化の動き

(1) 新しい技術の適用

道路防災点検や災害査定では，昨今の新しい情報技術や地図情報技術などの目覚ましい発展により生み出された技術の適用の可能性が出てきている。特に点検や被災状況把握の精度面での障害となっていた地形情報取得では，精緻な航空レーザ測量（レーザプロファイラ図面(LP)・三次元点群データ）の技術が一般化し，

そのデータを元に作成される精緻な等高線図や立体地形図等，高低差のコントラストを強調し地形特徴をとらえやすい地図加工がなされた地図を活用することにより飛躍的に作業効率を上げることが可能になった。

(2) 航空レーザ測量等による点群データの活用

これまで道路防災点検でのスクリーニングにおける危険箇所抽出では空中写真や地形図の利用が一般的であったが，精緻な航空レーザ測量（レーザプロファイラ図面(LP)・三次元点群データ）を活用することで，これまでの地形図精度では見えなかった微地形の存在や分布状況が明瞭化され，専門技術者の判読技術や労力をかけることなく危険要因見極めから総合的評価による正確な危険箇所の抽出を行うことが可能となり，道路防災ハザードに関する情報の取得や精度が飛躍的に向上している。

また，ドローン(UAV)を用いたLP測量・高解像度画像撮影・熱赤外線撮影等各種調査手法や，車両に搭載した機器により道路および周辺域の各種データを取得するMMS（モバイルマッピングシステム）などの技術を組み合わせることにより，航空レーザ測量では点群データ取得が難しい急傾斜や擁壁のほか現地条件や重要度に応じた精度向上も可能になっている⁶⁾。

(3) 道路防災点検での取組

これまでの航空レーザ測量等で得られた点群データの道路防災点検での利用は，精緻な地形情報（精密な等高線図や立体地形図）による地形判読の精度向上という側面が強く，点群データそのものが持つポテンシャルを最大限活用するまでには至っていなかった。

特に点群データが持つ座標データに，斜面，植生，構造物等のアノテーション情報を付与し，それらをカテゴリ分類することで，特定のカテゴリの抽出・計測・分析のほか，データベース蓄積によるAI解析への展開などの高度利用の可能性が高まっている。

共同研究では、道路法面の自動抽出技術の開発および、その技術を活用した現場での適用方法について実証を進めている。具体的には静岡県が実施した航空レーザ測量等による点群データを基に、法面の構造的特徴や条件設定により法面と自然斜面（植生）を区分する技術を用いて道路区間における法面位置と、その法面の諸元（高さ、幅、平均勾配他）を自動的に抽出しようというものである。この技術により、これまで管理手法が確立できていなかった道路法面の位置や諸元情報を簡便に整理することができるだけでなく、定期的なレーザ測量の実施により、それらの経年変化の把握による効率的な施設の維持管理にも有用な技術になると期待している（図一5）。

現在、この技術の精度確認や検証を行っている段階であり、今後は道路防災点検での適用方法についてマニュアル等を作成して提案していく予定である。

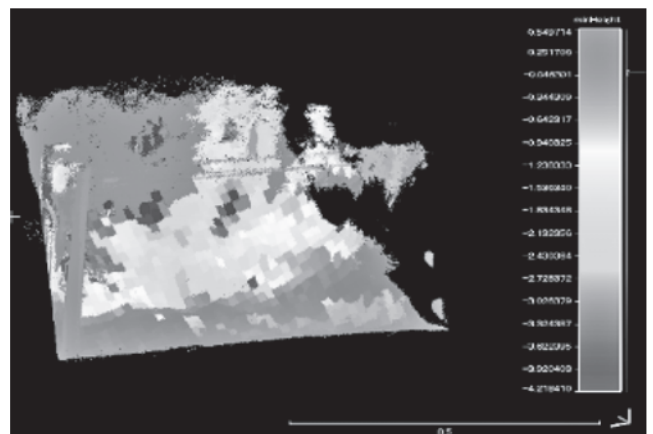
(4) 災害査定資料作成での取組

共同研究では、ICTを災害復旧事業に適用し、災害査定資料の高度化・効率化を図る実証を行っており、地形測量や被災状況写真撮影でドローン等のICT機器を活用し、被災直後の現場でも安全を確保した詳細な3次元点群データの取得や、目視では確認できない場所の写真撮影方法の検証を行っている。

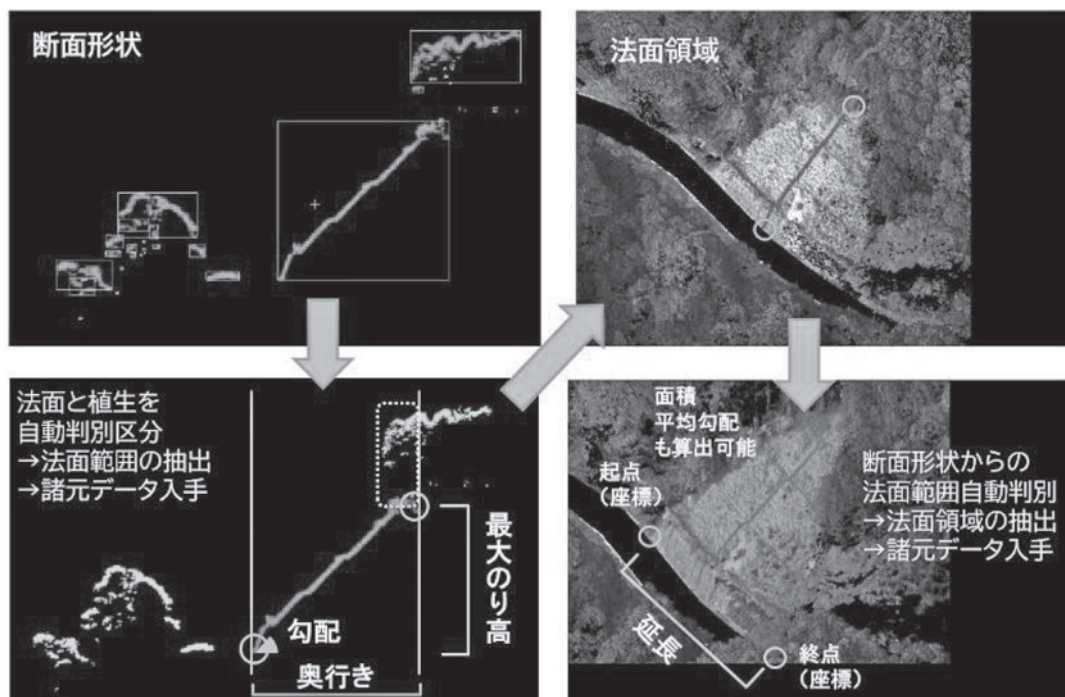
地形情報においては、被災前の点群データが存在すれば被災後の点群データと重畳し差分検出をすることで被災範囲の特定、崩壊土量の算出や対象物の変位量

など、被災状況の「定量的把握」と「見える化」が可能となる（図一6）。さらに、3次元地形データの取得により設計に必要となる位置での断面を点群データから任意に抽出できることから、従来のように現地で再測量をする必要がなく現場の負担が大幅に軽減可能となる（図一7）。

また点群ビューワーソフトを活用することで、被災範囲の点群データに各領域指定を行い、属性、写真、2次元図面など各種データを付与することで、PCやタブレット端末の画面上にて災害査定対象箇所の関係資料を表示しながら説明することが可能となる。例えば、被災範囲の起終点への仮想ポールや任意の損傷箇所へマーカーを図示し、それらの決定根拠写真や損傷写真などを付与することにより、領域と同様に関係資



図一6 2次期の点群データによる差分



図一5 点群データからの法面自動判別技術のイメージ



図一七 点群データからの断面抽出例

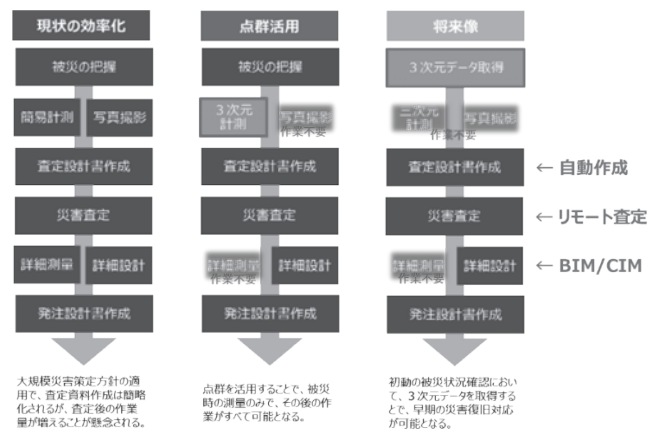
料の表示ができ、さらに被災区域内の仮設構造物や家屋などの支障物件が存在する場合には、支障物件毎に領域を設定し、必要に応じて非表示とすることにより被災箇所のみを表示することもできる。このように災害査定対象の被災箇所の3次元点群データによる「デジタルツイン」を構築することで、事務所内での協議時の説明に限らず現地においてタブレット端末の画面上で2次元図面（平面，縦横断図）と写真だけでは判り辛かった複雑な被災状況の詳細かつリアルな説明が可能となる。

今後の展開としては、あらゆる場面で3次元点群データを取得して、災害査定に関わる全ての情報をシステ

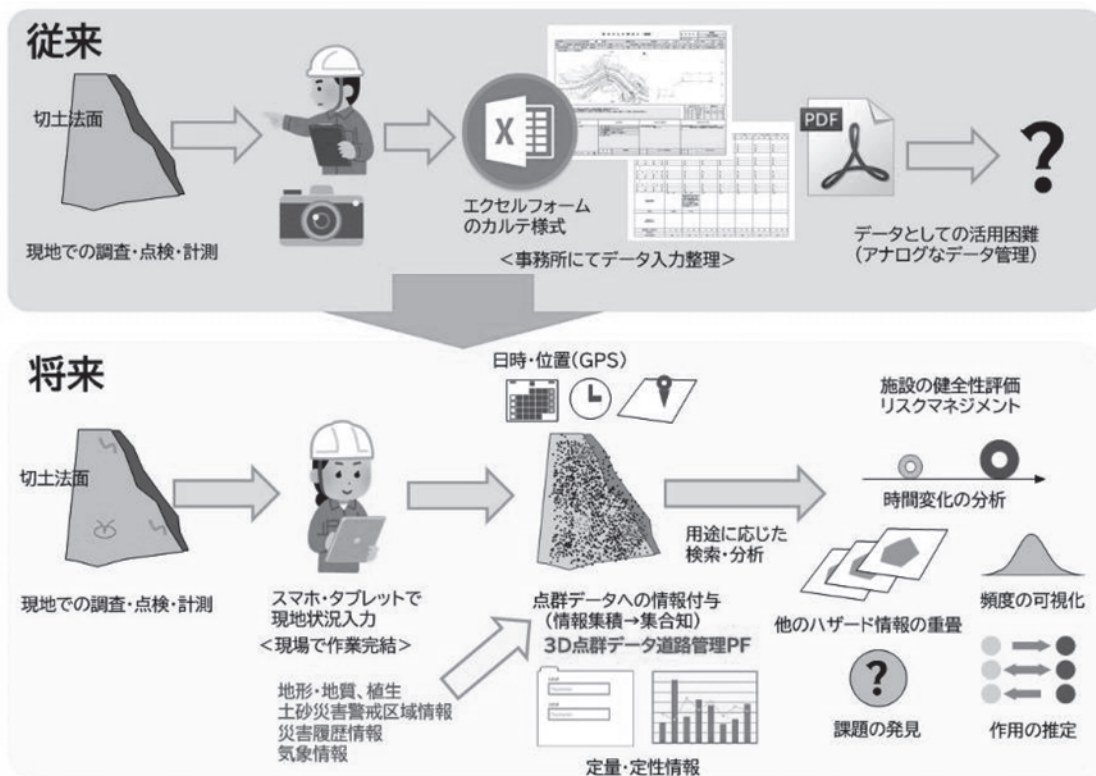
ムに統合することで、現地に赴かず遠隔地からの災害査定が可能な「リモート査定」、復旧数量計算や査定設計書作成の自動化による「デジタル朱入れ（工事費の決定）」、BIM/CIMに準拠した3次元モデルによる災害復旧設計および施工時やその後の維持管理への活用ができるような仕組みを構築し、災害復旧事業の高度化・効率化に寄与できればと考えている（図一八）。

5. おわりに

本研究では、点群データ活用によるデジタルツイン技術の道路防災点検と災害復旧支援での適用検証を進めているが、道路防災点検や災害査定の各プロセスで



図一八 災害対応の業務改善イメージ⁸⁾



図一九 道路防災点検の高度化のイメージ

のデジタル化を進め、効率的な作業を行う上でのボトルネックの解消や、それらの作業に従事する技術者や管理者の負担低減という、道路防災 DX での課題解決の方向性が明らかになった。また災害復旧においては、ICT 機器による計測および取得データの活用が作業の効率化と安全性の確保だけでなく、既存資料の高度化が図れることが明らかになった。それらを災害査定の説明資料として活用することにより、査定そのものが円滑化し迅速な災害復旧と適正な事業執行の両立への道筋が明らかになった。

これらの課題解決の実証を通して、道路防災にかかる既存情報や点検ノウハウをデジタル化および一元化し、3次元点群データをベースにした地図プラットフォーム上で可視化するとともに、蓄積された道路防災情報を基に、道路管理者の負担を軽減しつつ安全性を担保する仕組みを目指している(図9)。今後データを活用した道路インフラマネジメントの基盤づくりを起点にデジタルツイン環境の構築による安全安心な国土の構築に繋がれば幸いである。

JICMA

《参考文献》

- 1) (一社)全国地質調査業協会連合会, 道路防災点検要領, 平成18年9月
- 2) 国土交通省道路局, 総点検実施要領(案)【道路のり面工・土工構造物編】平成25年2月
- 3) 国土交通省道路局, 総点検実施要領(案)【道路のり面工・土工構造物編】参考資料 平成25年2月
- 4) 国土交通省総合政策局, インフラ維持管理における新技術導入の手引き(案), 令和3年3月
- 5) 宮武裕昭, 道路土工分野の技術基準と維持管理, 国立研究開発法人土木研究所第8回 CAESAR 講演会資料, 2015年8月
- 6) 山内聡, LP(レーザプロファイラ)データを活用した道路沿線斜面の潜在的災害危険箇所把握の高度化について, 令和2年度九州国土交通研究会資料集(WEB)
- 7) 国土交通省, 大規模災害時における公共土木施設災害復旧事業査定方針, 平成29年2月
- 8) 静岡県, 災害復旧事業資料, 令和2年11月

【筆者紹介】



田中 義朗(たなか よしろう)
日本工営(株)
国土保全事業部防災部
専門部長



平野 順俊(ひらの のぶとし)
(株)日本インシーク
技術本部 技術開発室
室長