

# CalSok (SIP技術) を活用した堤防点検の省力化・省人化に向けた取り組み

関 晃伸・岩井 昭・田中 良宏・民野 孝臣・杉山 史典・白井 正孝・伊藤 優美  
(朝日航洋株式会社)

## 1. はじめに

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の助成により研究開発したCalSokを円山川に試行的に導入し、3次元点群データの活用による堤防の維持管理の有効性について検証した。円山川を選定して理由は、次の通りである。

兵庫県豊岡市を流れる円山川は過去に度々洪水が発生しており、堤防の安全性の確保が重要課題となっている。円山川の堤防は、地域の地盤特性である軟弱地盤に構築されていることから年々沈下傾向にある。そのため、堤防のかさ上げや拡幅などの強化が繰り返されている。小さな異常が大きな影響をもたらす危険性があるため、堤防の外観点検による日常の状態把握が特に重要である。

その他に円山川では、広範囲を一度に計測できる航空レーザ測量やMMS (Mobile Mapping System) 等による3次元点群データを用いた堤防管理を実施している。しかし、一般的に堤防法面を航空レーザ測量やMMS等で取得するには、次の課題があげられる。

- ・植生が密に繁茂している法面は、地盤面の正確な形状取得が困難である。

- ・MMSが堤防天端道路を走行する場合に、法尻付近の点群の密度が低くなる傾向にある。
- ・河道形状、堤防天端道路の交通状況等を考慮した計測計画の立案が必要となる。

これらの課題を解決する方法として、除草後の計測や高水敷からの補完計測等があるが、時期が限定されること、コストが増大すること等の別の課題が内在する。このような背景を踏まえて、筆者らは、計測時期に左右されることなく、堤防法面上から至近距離で計測できるCalSokによる計測を実施した。

## 2. CalSok (SIP技術) の特長

CalSokは、電源ユニット・収録ユニット、レーザスキャナ (2基)、デジタルカメラやGNSS/IMUで構成された計測システムである (表1、表2)。CalSokの特長は、大型除草機の後部に簡易に装着することができ、除草・集草直後の堤防法面を計測できるという点である。

CalSokの計測結果から評価可能な変状は、国土交通省水管理・国土保全局河川管理課の「堤防等河川管理施設の点検結果評価要領H29.3」に記載される堤防評価の土堤の変状種別12項目である (一部、変状種別は除く)。

表1 計測機器概要

センサ	項目	スペック
レーザスキャナ	発射点数	57,000点/秒
	計測可能距離	0.7m ~ 80m
	照射角度	190度
	反射強度データ	取得可
デジタルカメラ	台数	2台
	画素数	1.9M×1台
GNSS/IMU	位置精度	2 ~ 5cm
	Roll, Pitch精度	0.025度
	Heading精度	0.08度

表2 スペック表

スペック表	
全重量	35kg (計測機器: 35kg)
消費電力	120w
点群密度	10,000点/m <sup>2</sup>
距離精度	±0.7cm ※地点: 1m ~ 10m
オルソ解像度	1mm
位置精度	水平: 8cm、標高: 15cm
データ容量	約15GB/hour



図1 機器構成及びレーザー入射角

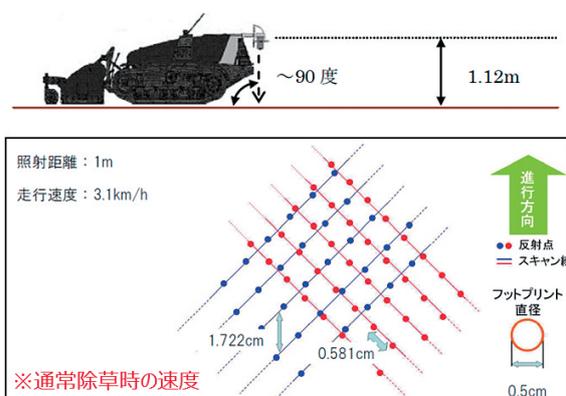


図2 照射角度と点群

図1、図2のCalSokの外観に示すように地面から約1.1mという高さにレーザースキャナを設置し、レーザ光の入射角が90°になるよう垂直方向に設置しているため、モグラ等の小動物の穴、侵食(ガリ)、不陸や陥没等の小さな変状、さらに、はらみ出し、寺勾配等の大きな変状まで3次元点群データ等の計測結果から捉えることができる。

### 3. CalSokによる計測・解析

#### 3.1 計測概要

計測区間は、豊岡河川国道事務所と協議した結果、円山川の比較的変状の多い区間の川表・川裏法面とした(図3)。計測時期は、比較検討ができるように、出水前(2017年6月)、出水後(同年10月)の2時期で実施した。計測は、除草・集草作業と同時に行い、レーザースキャナ

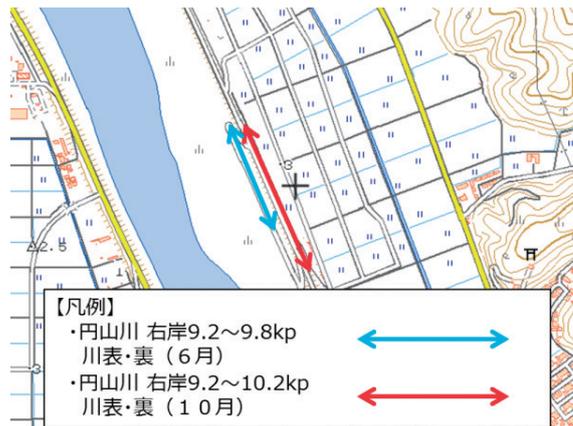


図3 計測位置図



図4 計測実施状況

で除草・集草直後の堤防法面の地盤地形、カメラ画像で法面状況をそれぞれ取得した。計測の実施状況を図4に示す。

#### 3.2 データ解析

広大な法面を複数コースで取得した計測データに、植生や空気中の塵等のノイズ処理を実施し、計測幅単位のデータを統合処理して図5のように連続した3次元点群データにとりまとめた。3次元点群データで捉えた特徴的な堤防法面の変状とそれに対応する現地写真を図6、図7に示す。3次元点群データから作成した陰影図を図8、対応する現地写真を図9とし、丸で侵食(ガリ)箇所を示す。図8、図9から確認できるように法面上の侵食(ガリ)が陰影図に明瞭に表現されており、表現方法の選択によって適切に変状を抽出することが可能となる。



図5 解析処理後の3次元点群データ



図6 不陸の検出状況

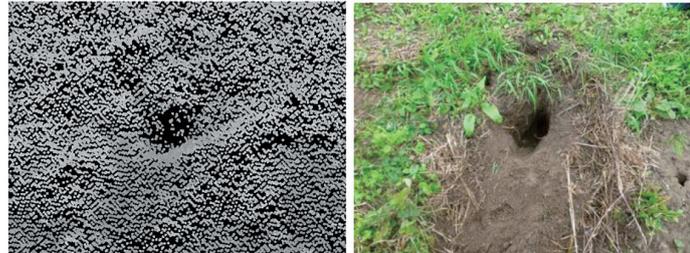


図7 モグラ等の小動物穴の検出状況

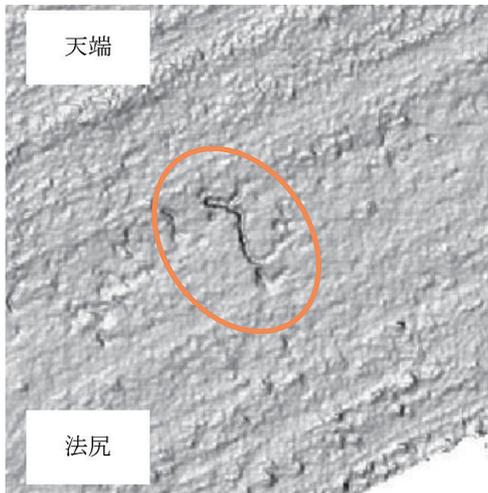


図8 陰影図による法面の状況



図9 対応する現地状況

これらの結果から、CalSokによる至近距離の計測が、従来の航空レーザ測量、MMS等の計測と比較して堤防法面の地形形状を詳細に捉えることを確認できた。

#### 4. 3次元点群データを活用した変状の自動抽出(1次スクリーニング)

本試行では、詳細な法面の形状把握以外に効率的な堤防変状箇所の抽出を目的として、変状種別に対応したパラメータ設定に基づく自動抽出の有効性を検証した。

具体的には、6月に計測したデータを対象に

自動抽出(初期パラメータ設定値)を行うと共に、目視点検に同行して現地で確認した変状箇所から大きさ等を基にパラメータ設定値を調整した。パラメータは、変状毎に高低差や面積などを設定しており、今回の検証で、はじめてパラメータの調整(高低差や面積などの調整)を実施した。調整前後における抽出状況を図10、図11に示す。図11から判断されるようにパラメータ調整後は、変状の候補の大幅な絞込みが可能となった。変状候補の絞込みをした理由は、自動抽出(初期のパラメータ設定値)では、抽出結果が過検出であった。そのため、パラメー

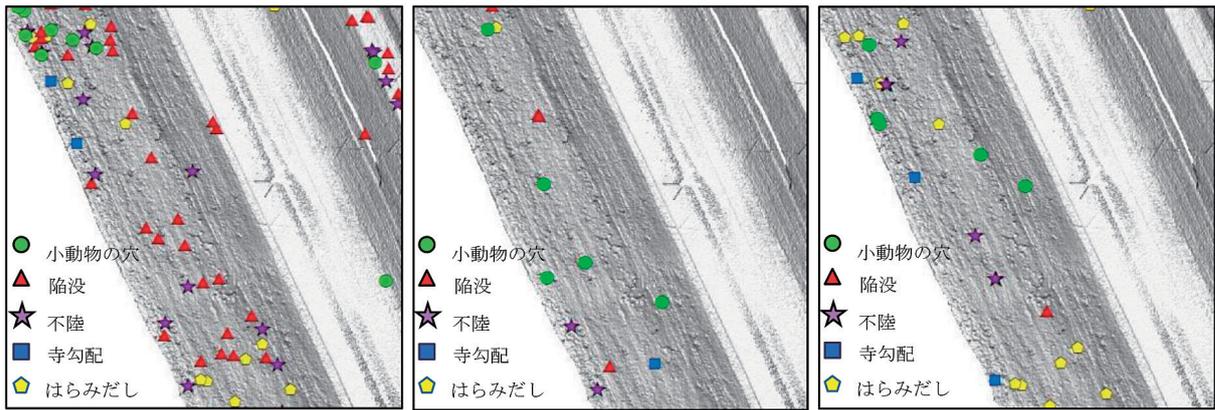


図10 パラメータ調整前(6月)

図11 パラメータ調整後(6月)

図12 パラメータ調整後(10月)

表3 パラメータ調整前後の自動抽出処理結果の比較

堤防点検項目		小動物の穴	陥没	不陸	はらみだし	寺勾配	その他	総数
パラメータ	計測時期							
調整前	6月	1753	264	149	47	54	120	2387
調整後	6月	16	9	5	1	2	2	35
調整後	10月	23	12	10	12	14	2	73

タを調整し絞込みを行うことで、目視点検者の検出結果に近い内容を表示することができるようになった。

6月と10月の計測データに対して調整後のパラメータで自動抽出した結果を比較して表3にまとめた。その結果、10月の計測データは、6月計測データと比較して全体的に抽出箇所数が多い結果となった。これは10月の台風21号の影響で高水敷まで水位が上昇し、堤防法面が大きな被害を受けたため、その被害の度合いが自動処理の抽出件数の増加として表れたと推察される。

自動抽出処理の結果は、1次スクリーニング結果として、目視点検業務に提供する。そのため計測後1週間を目途に解析を終了し、1次スクリーニング結果を提供する必要がある、迅速性が課題となる。そこで計測箇所を左右されることなくデータ解析・閲覧を可能とするため、本業務ではクラウド型解析プラットフォーム(計測データを自動解析できるクラウド)を使用し、パラメータ設定に基づく自動抽出処理から計測データ・解析結果をクラウド上で管理・迅速に

閲覧する仕組みまでを構築することを試みた。その結果、自動処理フローの確立、効率的な閲覧方法等の改善すべき事項も多いが、約1週間で解析を終了するための基本的なフローを確立することができた。

## 5. 本技術による目視点検の高度化・省力化の効果検証

目視点検で抽出対象となる変状が、自動抽出の結果にどの程度含まれているのかを検証した。対象とした変状は、モグラ等の小動物の穴、陥没や不陸、はらみ出し、寺勾配、その他であり、陥没と不陸は別扱いとして、計6種別の変状を抽出した。

10月に実施した計測データを基に6種別の変状について自動抽出を行い、それぞれ9箇所を現地検証用サンプルとして選定し、通常目視点検で河川カルテへの記載対象となる変状数を確認した結果を表4に示す。現地検証用のサンプルは、自動抽出の結果からランダムで選定した。

検証用サンプルとして特定した45箇所の変状

表4 自動抽出と目視点検との比較結果

堤防点検項目	自動抽出結果	検証サンプル	現地で確認した変状	カルテへの記載候補
小動物の穴	23	9	9	8
陥没	12	9	9	5
不陸	10	9	9	1
はらみだし	12	9	8	0
寺勾配	14	9	8	2
その他	2	—	—	—
総数	73	45	43	16

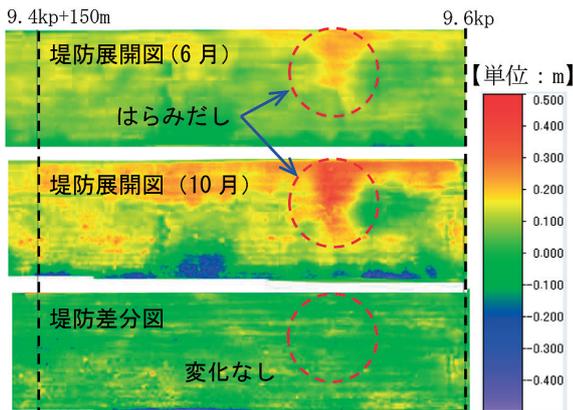


図13 堤防展開図・堤防差分図

は、ほぼ現地で目視確認することができた。しかし、はらみ出しと寺勾配は、それぞれ1箇所ずつ現地で確認することができなかった。この要因は、自動抽出による過検出の可能性がある一方で、目視では判読が困難な変状を捉えている可能性があった。それゆえ、定期的な計測と目視点検を併用したモニタリングの実施が重要である。

自動抽出の妥当性を確認するため、2時期のデータのはらみ出しが確認された9.4kp+150mから9.6kpの区間で堤防展開図（堤防法面を垂直投影後、凹凸を段彩図として可視化した）を作成し、その差分を同様に可視化した堤防差分図を作成した（図13）。その結果、この期間内での大きな変化を確認することはできなかった。しかし、河川管理者や目視点検者の評価より、堤防展開図・堤防差分図が定期的なモニタリングに有効であることを確認できた。

## 6. まとめ

本試行によってCalSokの計測結果から、モグラ等の小動物の穴、陥没、不陸、はらみ出し、寺勾配等を自動抽出によって検出することができた。特に判読が困難な規模の堤防変状も抽出できたことから、目視点検では、CalSokの計測データから作成した堤防展開図、堤防差分図を使用することにより、点検の効率性向上に一定の有効性があることを確認した。しかし、自動抽出による過検出の可能性や短いモニタリング期間であったことから、引き続き、検証が必要であると考えられる。

CalSokは、除草・集草作業と同時に計測が行え、別途計測作業が不要なため、計測時期・計測コースの設定等、従来の航空レーザー測量・MMS計測に必要な計測計画が不要なため、計測計画から計測までのコストの削減効果が期待できる。

なお、解析処理から得られた成果では、クラウド型解析プラットフォームによる自動解析処理、閲覧機能を構築することにより、解析処理時間の短縮、データの利便性向上等に一定の効果を得ることができた。引き続き、機能改善に取り組み、更なる利便性の向上を図りたい。

一方、本試行で検出した変状の自動抽出の有効性について、引き続き、他の河川の堤防法面で計測を実施し、設定したパラメータの適用範囲等の検証（パラメータの精度の向上や、地域の特長に合わせた調整）を重ねる必要がある。また、CalSokによる計測データの容量が非常に大きいことから、現地で迅速にデータ処理と解析結果を可視化するシステムや、CalSokの解析結果による目視点検業務の効率性向上を図るための拡張現実（AR）ツールの導入についても検討中である。

最後に、CalSok（刈測）のNETIS登録が2018年7月になされた（NETIS番号：KT-180041-A）。これを機会に多くの河川管理者に活用して頂き、

堤防法面の維持管理に貢献できれば幸いである。また、今後も計測から解析、データ運用までを含めて全体的に最適化を図ることにより、河川堤防の維持管理の高度化・効率化に貢献する所存である。

#### ■謝辞

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」によって実施されたものである。本研究では、国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所に計測フィールドの提供、また、株式会社近畿地域づくりセンターに点検等の協力を頂いた。ここに深く謝意を表す。

#### ■執筆者

関 晃伸 (せき あきのぶ)  
朝日航洋株式会社



(共著者) 所属は執筆者に同じ

岩井 昭 (いわい あきら)

田中 良宏 (たなか よしひろ)

民野 孝臣 (たみの たかおみ)

杉山 史典 (すぎやま ふみのり)

白井 正孝 (しらい まさたか)

伊藤 優美 (いとう まるみ)