

- 研究開発項目 : 点検・モニタリング技術の研究開発
■研究開発テーマ : テーマ③ 維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの現場実証
■研究責任者 : 朝日航洋株式会社 鈴田裕三
■共同研究グループ : ー



研究開発の目的・内容

研究開発の目的

- 河道空間全体及び堤防の変状を抽出するモニタリングシステムを構築し、現場実証により改良する

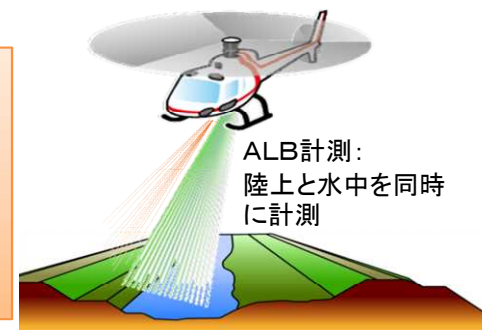
従来の河川点検



- 変状の判断基準の統一が困難
- 熟練の技術者の確保が困難
- 河川空間全体のモニタリングが困難

レーザ計測による河川空間全体の点検

- 一定基準で危険箇所の抽出が可能
- 機械化により労力と所要時間の低減が可能
- 水中部を含む河川空間全体のモニタリングが可能



研究開発の内容（平成26～29年度）

- ALB（レーザ計測）を使用したモニタリングシステムの開発
→ 河川空間全体の変状モニタリング（一次スクリーニング）を実現
- モニタリングシステムの現場実証（利根川上流部）
→ 変状と評価された箇所の現場検証を行い、パラメータを最適化

※水中計測に関わる研究開発についてはH28年度実施中

モニタリングシステムの開発

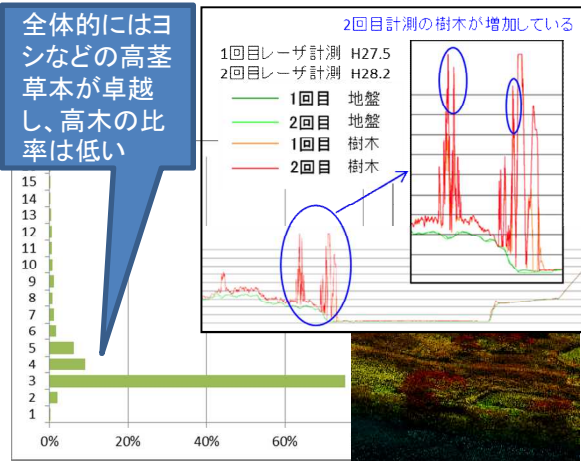
モニタリング結果の現場検証

モニタリングシステムの改良

現状の成果① (平成26～28年度に実施)

1. 河道全体のモニタリング

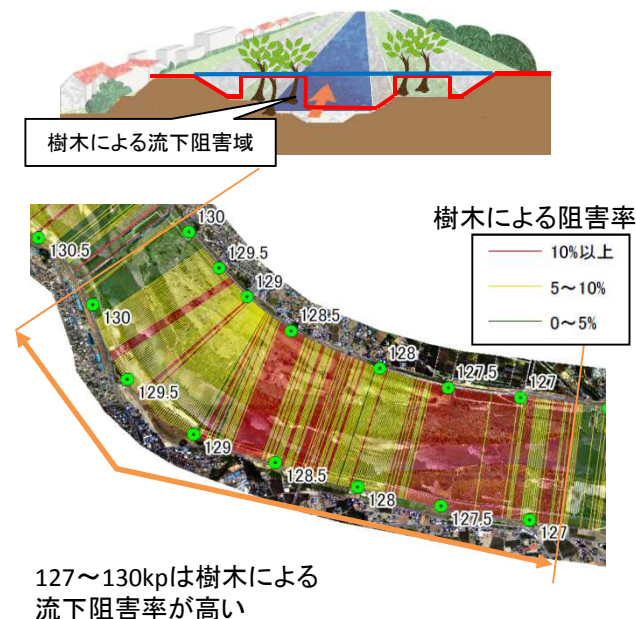
利根川上流部においてVOXEL解析を行い、樹木量を把握した。また、二時期のレーザデータから断面を比較し、河道全体の変化をモニタリングした。



- ・一定規模以上の変状抽出を実現
- ・今後はALB水中計測を行い、河床低下等の把握を実現する(H28実施中)

2. 流下断面の評価

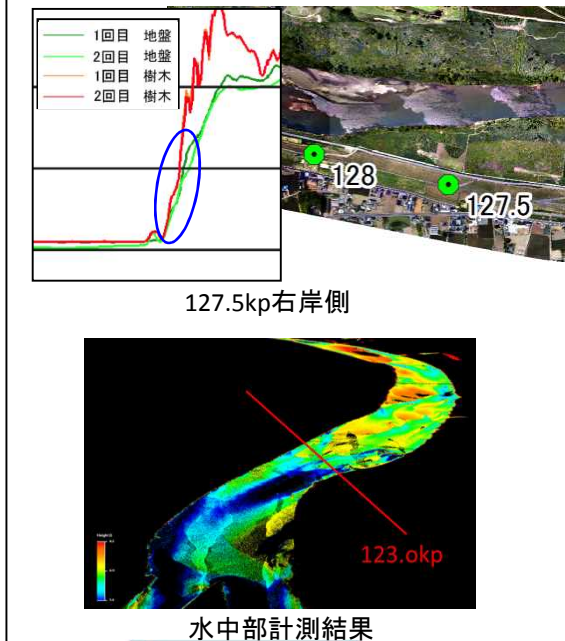
河道断面における樹木の占有率から、流下断面の阻害率を評価した。



- ・流下能力の簡易評価を実現
- ・河道内樹木の定量把握を部分的に実現

3. 河岸浸食等の把握

レーザ標高データの二時期比較より河岸浸食箇所の抽出を行った。

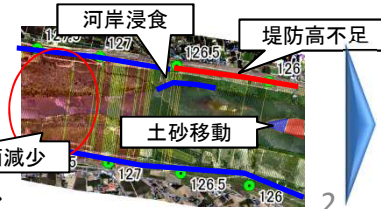


- ・河岸浸食や中洲の土砂移動の実態や傾向把握を実現

活用案

レーザ計測データからモニタリング及び変状抽出を行う作業を自動化し、スクリーニングマップを作成(本研究成果)

スクリーニングマップ(イメージ)→

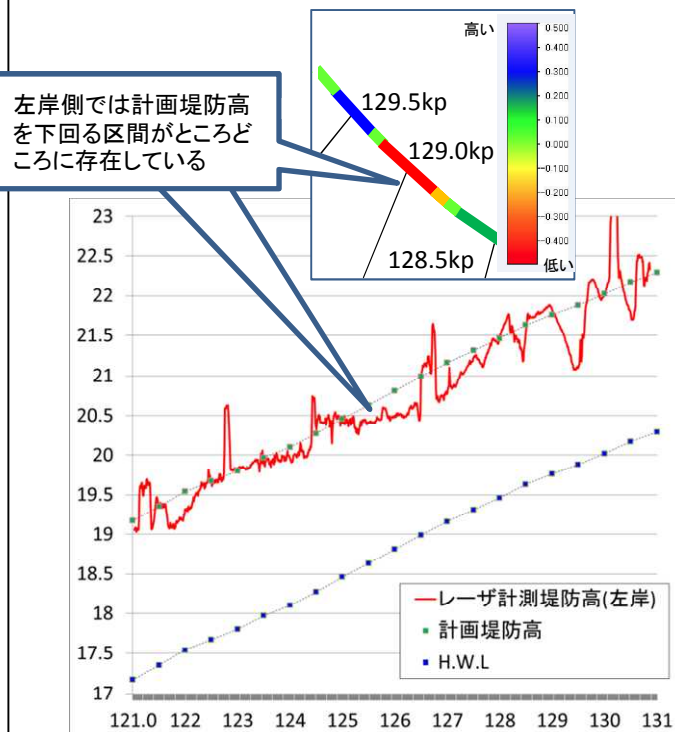


変状スクリーニングマップにより、重点箇所を絞った点検が可能

現状の成果② (平成26～28年度に実施)

4. 越水危険箇所の抽出

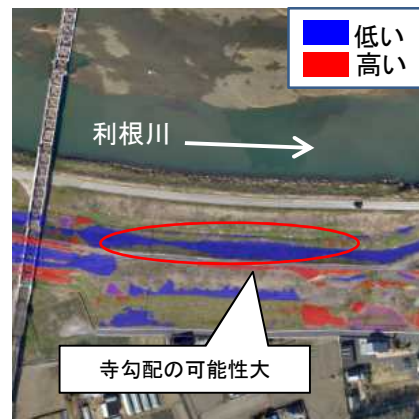
レーザ標高データと計画堤防高の比較により、堤防危険箇所の抽出を行った。
越水危険箇所は、縦断面図の他、平面図に
で地先単位の危険度を表した。



- ・従来把握できなかった詳細な堤防高不足箇所の把握を実現
- ・越水危険箇所の見落とし防止を実現

5. 堤防の変状抽出

寺勾配、はらみだし、法崩れ、陥没等の面的に比較的大きな変状を把握する。



計画断面との比較 128.0kp右岸



- ・一次スクリーニングにより点検の効率化、目視でわからない変状の把握を実現

成果の活用フロー

点検業務の発注【河川管理者】

計測、モニタリングの実施
スクリーニングマップの作成
【受託者】(本システム利用)

二次点検の実施【河川管理者】

予防保全対策の実施【河川管理者】

モニタリングシステムにより河川
点検の高度化、効率化を実現し、
維持管理計画の適切な運用を支援
することを実現

※ALBによる水中部を含めた3次元データは、定期横断測量の代替としての精度検証を進める

最終目標

最終数値目標

従来技術(空中写真、航空レーザ、スワス測深、定期横断測量)の組合せコストと同等以下を目指す。

目標: 40~80万円/km(※管理区域幅0.5~1.0kmで試算)

対象ユーザー

国交省河川事務所、都道府県河川課、建設コンサルタントなど(河川点検に関わる計画機関及び実施者)

使用方法・使用場所等

NETIS登録を行い、国土交通省が河川砂防技術基準(維持管理編)の推奨技術として例示した上で、河川維持管理計画の一環として各事務所で本モニタリングシステムを活用した点検業務を行う(基本的に5年毎、災害発生時は適宜実施することを想定)。



本点検成果を活用した効率的な二次点検(河川管理者が実施)

販売、利益創出等の流れ

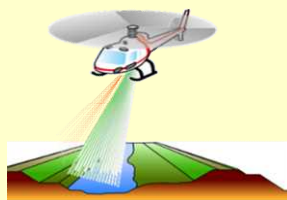
河川管理者が本システムを活用した河川点検業務を発注

建設コンサルタント、測量業者等が本システムを使用(技術的支援を実施)

提供サービスの概要

新技術により従来の河川点検の欠点を補い、効率化するモニタリングシステムを提供。

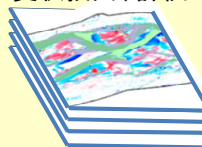
河川モニタ
リングシステム



データ計測

+

各種データから
変状抽出、評価



解析・モニタリング・評価

＜H29年度実施予定＞
・変状スクリーニングの対象規模を明確にする
・計測～解析に要する時間の短縮
・水中部DEM作成のマニュアル化

河川点検(一次スクリーニング)を行うと同時に、従来河川管理者が定期的の実施してきた空中写真、航空レーザ、スワス測深、定期横断測量等のデータを取得。

→ 河川点検のコスト低減、維持管理の高度化を実現

- 研究開発項目：点検・モニタリング技術の研究開発
 ■研究開発テーマ：CCTV画像処理・センサによる河川堤防モニタリングシステム
 ■研究責任者：建設電気技術研究所長 二階堂義則
 ■共同研究グループ：－



研究開発の目的・内容

研究開発の目的

- ・既存のCCTVカメラの画像処理やセンサネットワークによるモニタリングシステムを開発

従来の水位計測や巡回点検

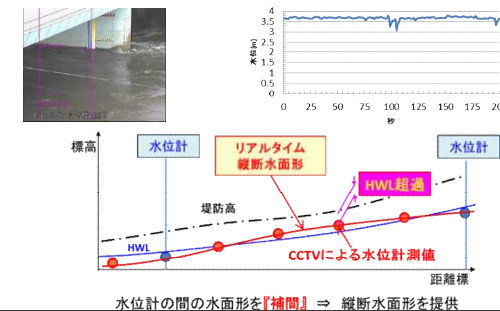


- ・既存CCTVカメラ映像の利用が不十分
- ・10km間隔の点の水
位計測
- ・リアルタイムな堤
防状態の把握が困難



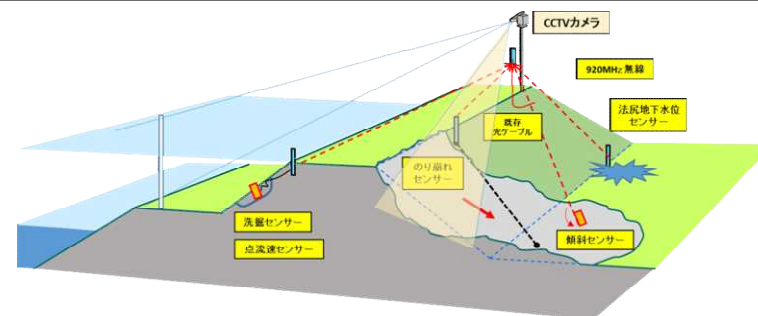
カメラ・センサによる水位計測やモニタ

- ・画像処理から各種データの取得が可能
- ・カメラ画像処理による水位計測が可能
- ・簡易センサで堤防モニタリングが可能



研究開発の内容（平成26～28年度）

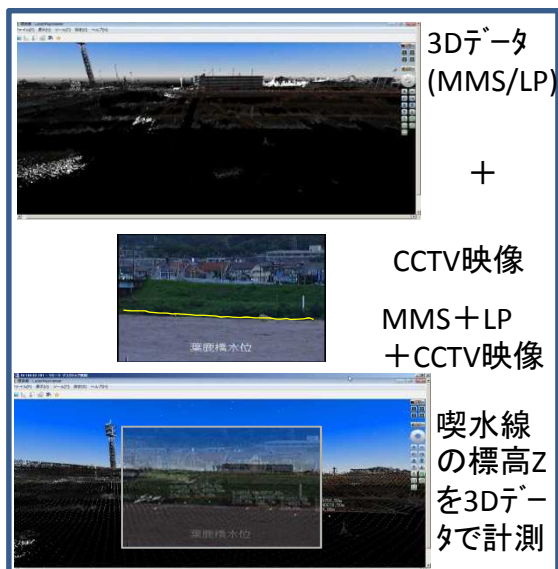
- ・画像処理による水位計測や変状検知システムの開発
→ リアルタイムな水位計測や変状検知を実現
- ・堤防環境で稼働するセンサネットワークの開発
→ 小型簡易センサによるモニタリングでIoTを実現
→ 画像処理とセンサを組み合わせた堤防モニタリング



現状の成果① (平成26～28年度に実施)

1. 画像による水位計測①

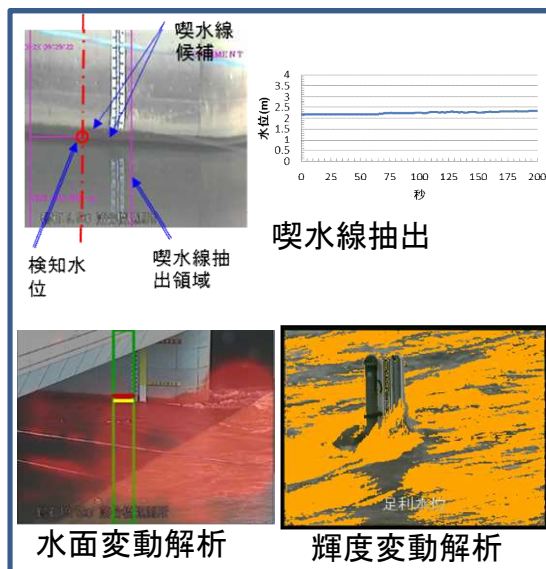
河川に設置されるCCTV映像と3次元データ(既存のMMS及び航空機LP等)の重ねあわせによる水位の計測実験を実施。



- ・画像とMMSによる水位計測を実現
- ・堤防3Dデータの利活用を実現

2. 画像による水位計測②

CCTV映像の画像処理における様々な計測アルゴリズムの現場実証を実施。アルゴリズムの改善、システム化を検討。

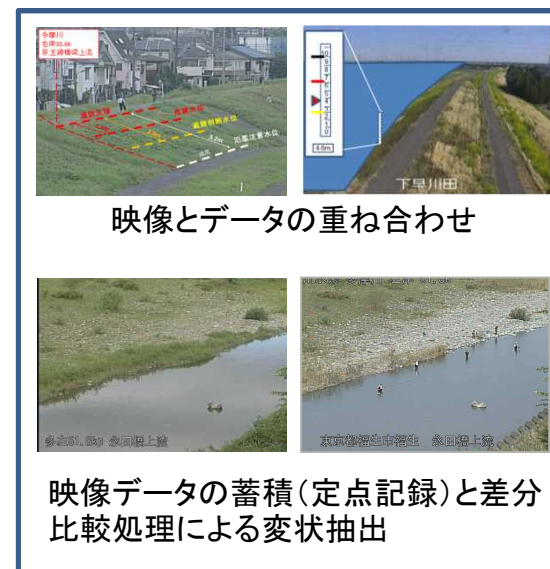


- ・画像処理による水位計測を実現
- ・既存CCTV利用システムを実現

3. 重畳表示・蓄積映像の活用

CCTV映像に危険水位や避難判断水位等のデータを重畳表示。

蓄積映像の差分処理等による変位抽出、環境変化把握等への適用。



- ・映像とデータの解り易い表示を実現
- ・蓄積データによる変動把握を実現

活用例

既存のCCTVカメラを活用して画像処理やカメラ制御機能を付加した画像処理システムを構成する。



既存CCTVや蓄積映像を活用した水位計測や変状把握等の業務支援が可能

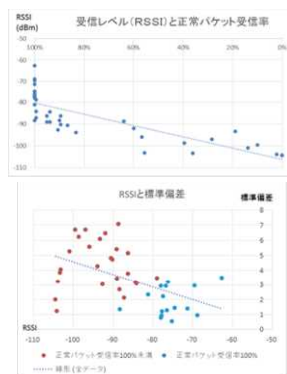
現状の成果② (平成26～28年度に実施)

4. センサネットワーク伝送実験

センサネットワークを構成する920MHz帯無線機の河川堤防における伝送能力の実証実験及びセンサを接続した伝送・中継実験を実施し、適用性の検証を行った。

無線機諸元

物理層	
規格	IEEE 802.15.4g
送信電力	20mW
周波数	922.5MHz
変調方式	2GFSK
変調指数	1
ビットレート	100kb/s
データホワイトニング	有り
データ長	100オクテット
誤り検出	2オクテットFCS
誤り訂正	無し
MAC層	
省電力方式	省電力スーパーフレーム
BO	9
ドレーン間隔	4.9s
SO	8
アクティブ期間長	77ms
ルーティング	ツリールーティング



堤防横断実験

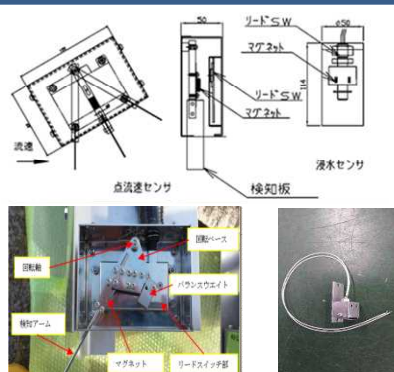


見通し区間で300m～500mの伝送遮蔽、環境ロス等の論理計算

- ・無線機の堤防環境での適用を実現
- ・堤防環境における無線設計を実現

5. 簡易センサの開発

堤防、河川内等の環境で動作する省電力の小型簡易センサ(点流速、浸水、水位等)を開発し、現場における計測実験を実施した。



点流速センサと浸水センサ



無線機

設置状況
センサ＋
無線機

- ・連続データ伝送を実現
- ・小型省電力センサを実現

成果の活用フロー

1. 現場実証実験の実施

2. 実験成果の取りまとめ

3. システム設計・導入ガイドライン (画像処理/センサネットワーク)

4. 河川堤防現場への適用・導入

5. インフラ分野への適用・導入

現場への画像処理システム／センサネットワークを導入しインフラ管理業務の支援、高度化を実現

最終目標

最終数値目標

河川の状況や堤防の状態にリアルタイムな把握を実現
災害発生時における迅速な状態把握を実現

対象ユーザー

河川管理者(国、地方自治体)、インフラ管理者 など

使用方法・使用場所等

国土交通省や地方自治体等が保有する監視カメラに画像処理機能を付加、センサネットワークを整備。

販売、利益創出等の流れ

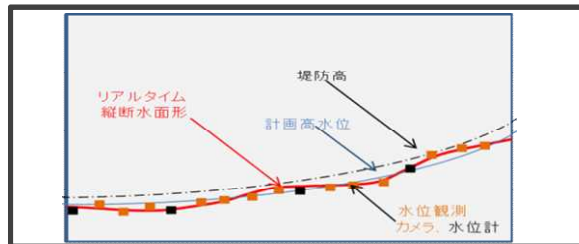
画像処理技術、センサネットワークの導入ガイドラインを提供

導入場所、システム導入の検討・設計
画像処理、センサネットワークの導入

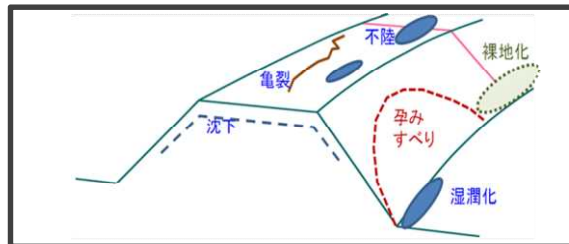
画像処理、センサネットワークの低価格化、普及・展開。

提供サービスの概要

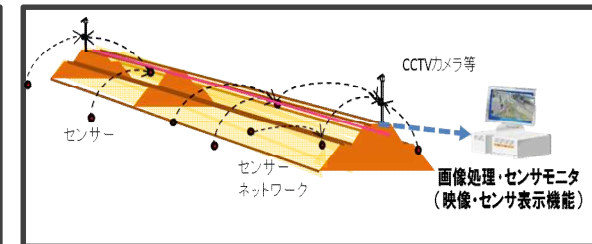
リアルタイムな河川状況を自動的、連続的に監視し、異常検出情報や蓄積データを提供。



縦断水位のリアルタイムな把握



堤防状態の変状把握(画像・センサ)



センサ低価格化、道路、斜面等へ展開

リアルタイムなインフラモニタリング、データ(映像・センサ)の蓄積が可能。

→ インフラモニタリング分野におけるIoTを実現

- 研究開発項目 : 点検・モニタリング技術の研究開発
- 研究開発テーマ : 車載及びラジコンヘリ搭載カメラ画像を活用した河川管理の高度化
- 研究責任者 : 東京大学大学院 情報学環 湧田雄基
- 共同研究グループ : 株式会社ソーシャル・キャピタル・デザイン
株式会社復建技術コンサルタント



研究開発の目的・内容

研究開発の目的

- 点検の高速/効率化、堤防及び河道の変状検出、災害の現場状況の早期把握等の河川管理の高度化を図る

従来の河道管理

- 出水前・後において河川堤防等の詳細点検を実施
- 堤防から見えない低水路は、船上巡視を実施
- 徒歩等によるためコスト・時間等がかかる
- 目視のため定量的に評価されない

車両・UAVによるモニタリング

- 点検の高速/効率化
- 河道一体画像による定量的管理
- 河道一体の最新/過去画像をDB化
- 災害の現場状況が把握可能



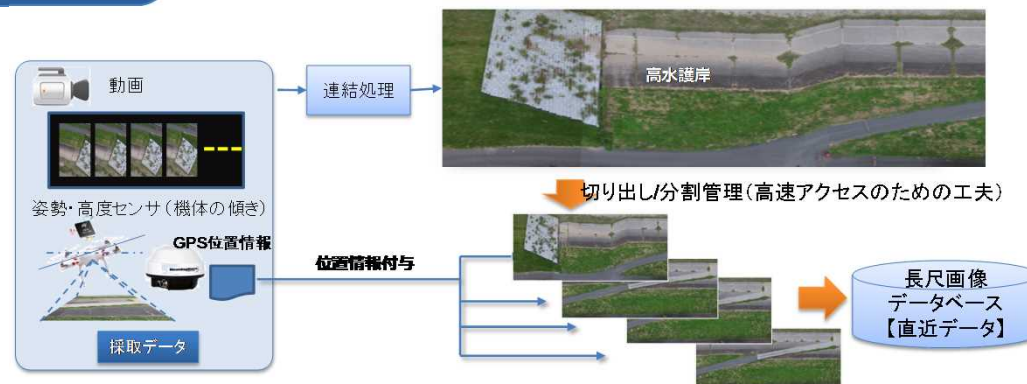
研究開発の内容 (平成26~30年度)

- 日常巡視の車両及びUAVにカメラを搭載し、堤体や河道の外観を撮影。精緻に繋ぎ合わせた「長尺画像」を生成し日常の目視点検を支援。
- 履歴画像と現在の画像とを比較し変状箇所を検出する機能等を開発。
- UAVによる撮影画像から3次元形状を合成する技術(SfM)により、河道の地形変化、樹木の繁茂状況を簡易に把握し、流下能力の低下箇所を早期に発見する方策の開発のために、計測精度の検証、治水安全度の評価に資するためのデータ活用方策の検討を行う。

現状の成果① (平成26～28年度に実施)

1. UAVによる長尺画像

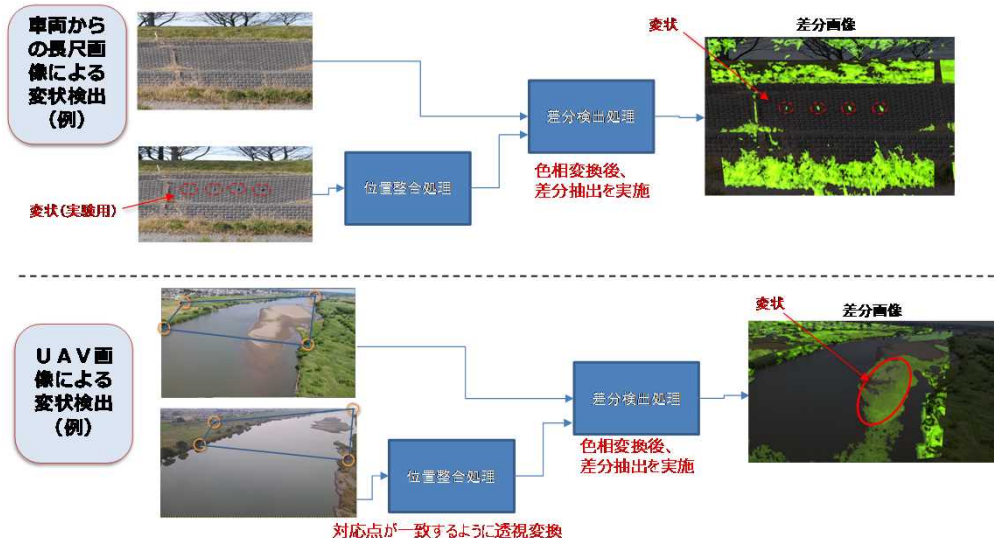
カメラを搭載した車両、UAVを用いて、カメラ機能、走行・飛行速度等の条件を変更してモニタリングを実施し、撮影画像から長尺画像生成及び河川堤体の変状検出の試行を実施。



・一連の画像で、経年履歴データとして網羅的に蓄積/管理することにより、変化の検出や有事の状況把握を実現

2. 画像データから変状検出

日時を変えて撮影した2つの長尺画像から、コンクリート構造物部分については破損などの検出を、植生・裸地部分については状況変化の検出を、それぞれ実施。



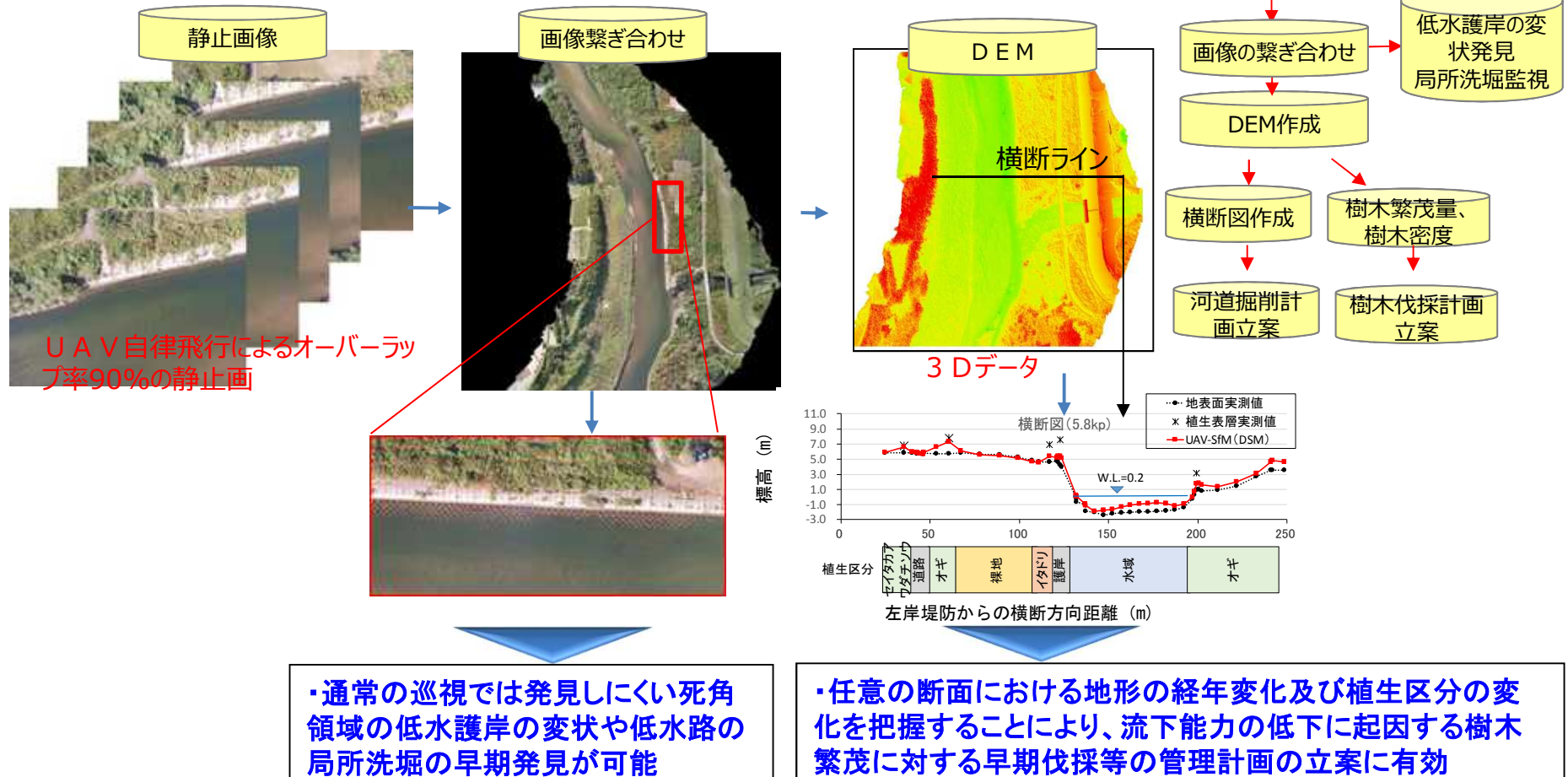
・可視化により、高水護岸のひび割れの進行具合の把握が可能。

・可視化により、出水前後の砂州の再堆積等の変化を把握することが可能

現状の成果② (28年度に実施)

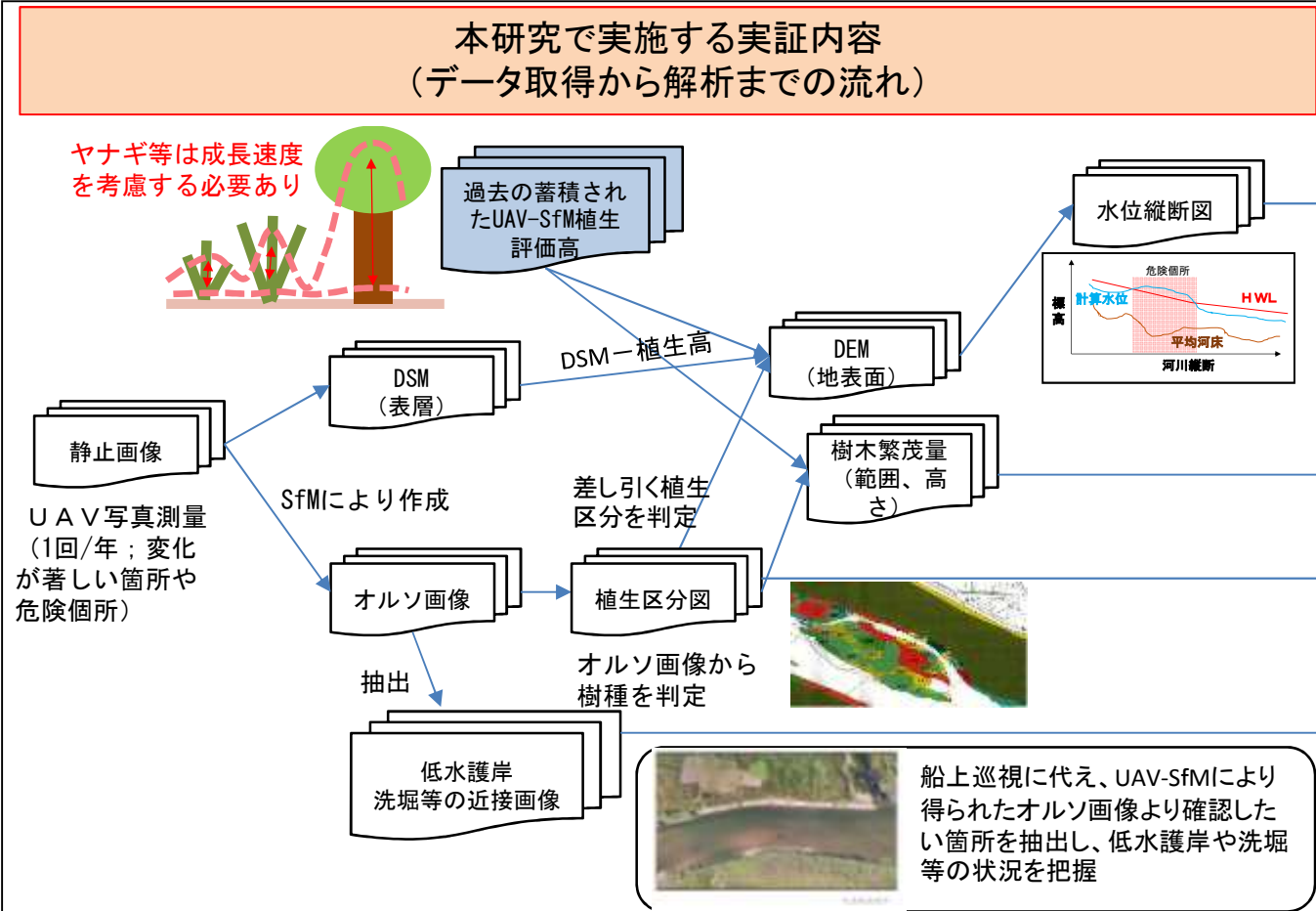
3. UAV写真測量による河道管理

- ✓ 多くの河川で課題として散見されている砂州の再堆積、河道内樹木繁茂による流下能力低下に対して、樹木管理へのUAV写真測量の有効性を検証を実施。
- ✓ 裸地、草地、樹林の各地表面の状態に対し、標高値の測定精度の差を検証。(正解データは従来の地上測量【定期横断測量】)



最終目標

本研究で実施する実証内容
(データ取得から解析までの流れ)



研究成果の活用(河川管理
における活用場面)

- ## 研究成果の活用(河川管理における活用場面)

 - 流下能力の感度分析
 - ✓ 時期；1回/年
 - ✓ 目的；流下能力が不足している箇所において、中小洪水による地形の変化、樹木繁茂の水位上昇の影響を把握し、洪水に対するリスク管理を実施
 - 樹木管理
 - ✓ 時期；1回/年
 - ✓ 目的；成熟する前に幼木等の段階から早期に対策を実施し、樹木伐採量のコスト縮減
 - 環境調査
 - ✓ 時期；1回/年
 - ✓ 目的；人為的インパクトに対する応答を把握。例えば、外来種の有無。
 - 船上巡視
 - ✓ 時期；1回/年
 - ✓ 目的；洗掘、異常堆積、低水護岸の陥没、流出等の把握

研究成果の活用の概要

- ✓ 堤防上から状況把握できない箇所や、流下能力が比較的小さく、地形等が変化しやすい箇所において、UAVにより、護岸の変状把握、地形変化、樹木の繁茂状況を把握し、河道掘削計画や樹木伐採計画の立案の基礎資料として活用。
- ✓ 護岸の変状は2D画像で管理、さらに平常時と被災時の画像比較により災害申請支援ツールとして活用、地形等については、3次元化により定量化し、流下能力の計算、河道掘削や樹木の伐採計画の数量として活用。

- 研究開発項目 : 点検・モニタリング技術の研究開発
- 研究開発テーマ : 河川堤防分野の維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの実証
- 研究責任者 : 日本工営株式会社 河川・水工部 次長 陰山 建太郎
- 共同研究グループ: 日本工営株式会社、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構



研究開発の目的・内容

研究開発の目的

- ・SAR干渉解析技術による堤防変形の広域把握とUAV詳細測量を組合せた堤防監視技術を開発

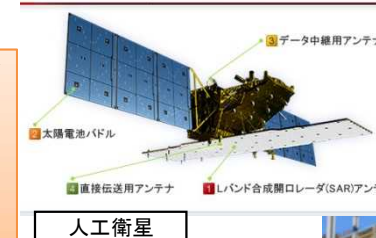
従来の堤防点検



- ・目視点検のため、変状の定量化が困難
- ・アクセスできない箇所の変状把握が困難
- ・広域監視を行う費用と時間が課題

衛星・UAVによる堤防監視技術

人工衛星 だいち2号 (ALOS-2) の形状や搭載パーツについて



人工衛星

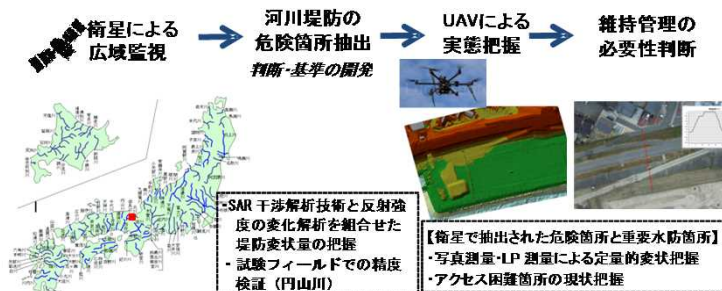


UAV

- ・変状量の定量化が可能
- ・アクセス困難箇所の変状把握が可能
- ・堤防点検のコスト縮減が可能

研究開発の内容 (平成26～30年度)

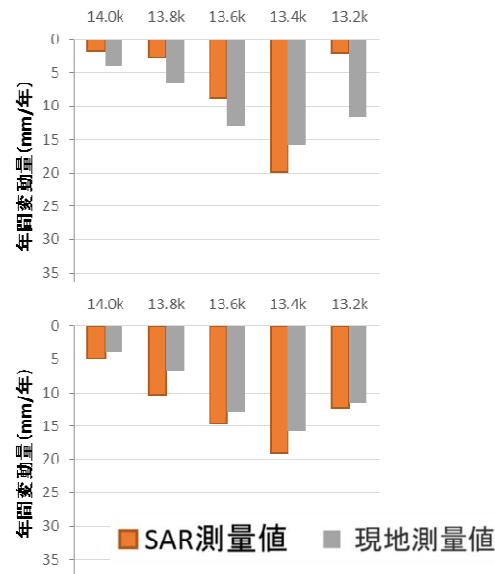
- ・衛星搭載のSARによる堤防変状量解析技術の開発
 - 堤防の広域変状量の監視を実現
- ・UAV測量技術による詳細監視技術の開発
 - アクセス困難箇所の監視・変状把握を実現
 - 変状の状態(画像)把握と定量化を実現



現状の成果① (平成26～28年度に実施)

1. アーカイブデータによる地形変形量把握

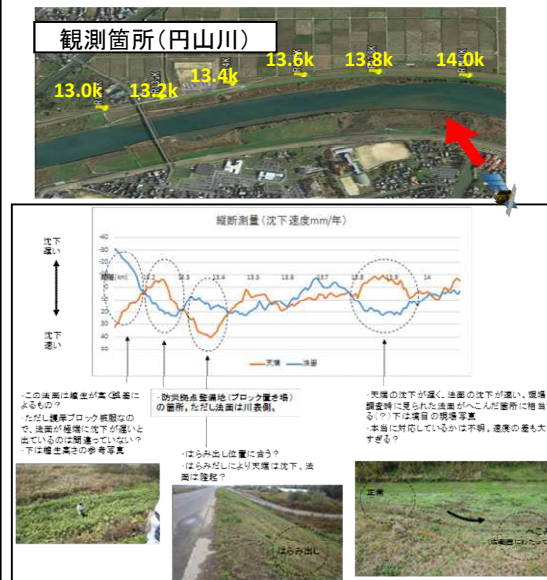
- 過去の衛星観測データを用いて差分干渉解析を実施し、堤防の変状観測との比較を実施(±1cm精度)



- 干渉解析での堤防変状量の把握を実現
- 軌道によって解析値が異なることを把握 (観測方向との関係)

2. 変状量解析からの変状形態予測

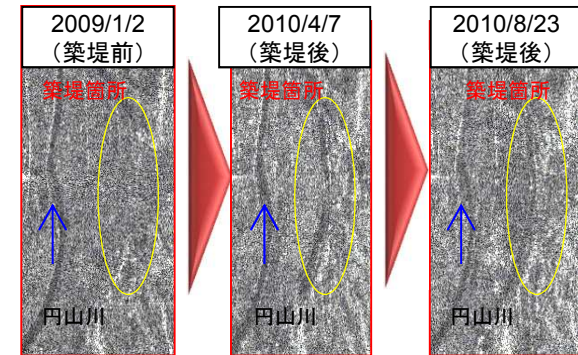
- 差分干渉解析結果から天端と法面の変状量から堤防変状形態 (はらみ・寺勾配) の把握を実施



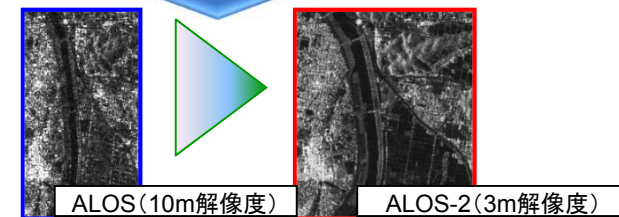
- 堤防の変状形態によって、天端と法面の変動量の傾向が異なる可能性があることを確認

3. 大規模変状の反射強度による地形変化予測

- 大規模な変動は、差分干渉解析のみでは把握しきれないため、地形変化による反射強度の変化による解析を組合せて実施



- 新規築堤、水路造成の確認を実現
- SAR干渉解析と組合せることで変形箇所の抽出精度の向上を実現
- 解析精度や判読性の向上を実現



活用例

- 衛星による広域監視結果
- UAVによるアクセス困難箇所の監視結果
- UAV測量による変状把握

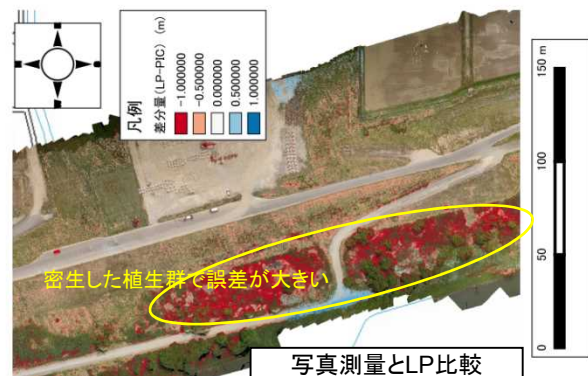
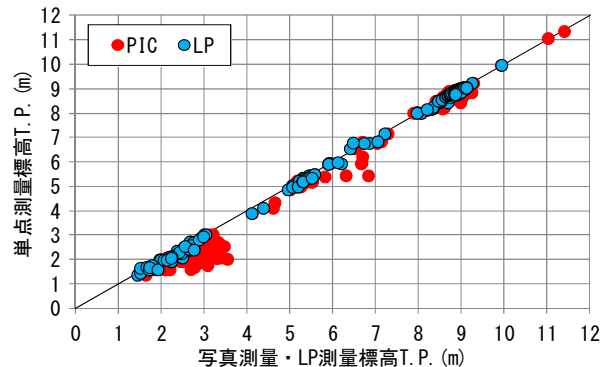


堤防点検の高度化・効率化によるコスト縮減、管理の平準化が可能

現状の成果② (平成26～28年度に実施)

4. UAV測量の精度検証

- ・ UAVを用いた写真測量、LP測量の精度検証を実施し、UAVによる測量精度を確認した。



- ・ 写真測量は、植生（密生）や水たまりの影響によって観測標高に誤差が生じるが、それ以外では、誤差5cm以下の精度で定量化を実現。
- ・ LP測量は、写真測量よりも精度が向上。
- ・ 除草後は問題なく、定量化を実現。

5. データ提供手法 (今後実施予定)

- ・ 広域変状量の解析結果から異常箇所の抽出
※漏れのない広域監視
- ・ UAVによる監視での変状観測
※定量的観測結果と画像

↓ データを提供



- 堤防管理の技術の平準化を実現
- 維持管理の高度化・効率化を実現
- 労働力、コスト低減を実現

成果の活用フロー

1. 広域監視の可能性を検証

2. 広域変状監視モデルの構築

3. 堤防変状の把握精度向上

4. UAV監視技術の確立

5. 変状判断指標と提供方法

堤防点検における変状の定量化とコストの低減を実現

最終目標

最終数値目標

SARデータによる堤防変状抽出システムについて、70%を実現
UAVによる詳細な堤防監視技術について、100%を実現

対象ユーザー

土木コンサルタント(国土交通省、地方自治体等の河川管理者発注の堤防点検業務)、堤防点検を請負う、財団等の法人 など

使用方法・使用場所等

- 衛星データを購入、SARによる変状判定解析(特許出願中)を実施
⇒広域の変状の確認、**重点点検箇所**や**定期測量の補完**
- 重点点検箇所**の画像をUAVで取得し状況を点検

販売、利益創出等の流れ

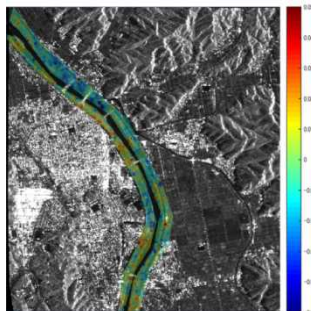
SARデータの分析ソフトの開発
SARデータの取得

解析ソフトの販売料・パテント料による収益
SARデータの購入(代理店)

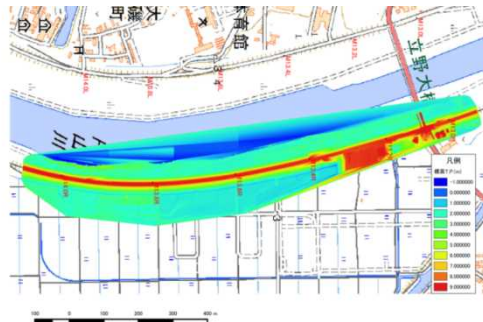
堤防監視システム利用業務による利益
危険箇所定量化(UAV)調査による利益

提供サービスの概要

広域の堤防変状状況データ、UAVによる地形状況詳細把握データを提供。



広域の堤防変状量の把握

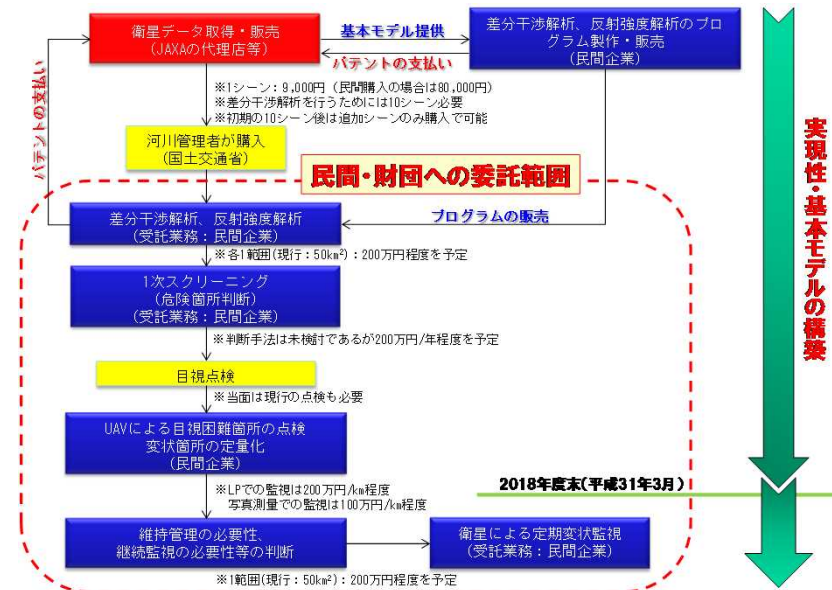


UAV測量による地盤高の把握



写真と測量成果を合成した
3Dデータによる現状把握

低コスト・短時間で広域の堤防変状量の把握が可能
→ 効果的・効率的な堤防点検・継続的な監視を実現



- 分野 : 河川堤防分野
- 採択テーマ : 堤体等の外観の変状の把握に係るモニタリングシステムの現場実証
- 提案名称 : 最新計測機器を用いたハイブリッド河川維持管理システムの構築
～重層的・多角的な観測データによる変状発見手法の提案～
- 研究責任者 : 一般財団法人国土技術研究センター 河川政策グループ 田村善昭
- 共同研究グループ : 一般財団法人国土技術研究センター、国際航業株式会社



研究開発の目的・内容

研究開発の目的

最新の可視化技術と最新の計測機器を複数種類用いることで河川堤防の変状に至る前の「変状の兆し」を早期発見できる技術の開発

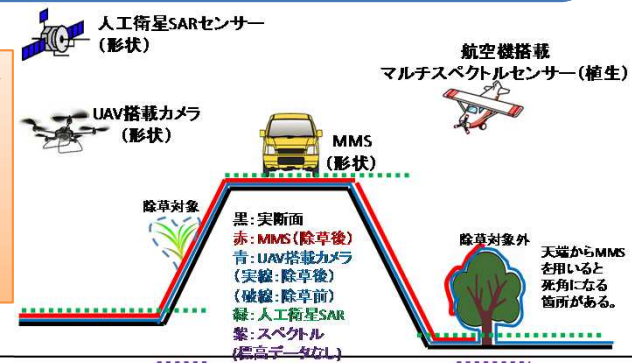
従来の堤防変状走査方法

- ・巡視は短時間・低精度
- ・点検は長時間・高精度
- ・MMSによる計測は計測機器の位置によって死角が生じる



複数の計測機器による計測データを活用

複数の計測データを組み合わせることにより、従来の堤防変状計測方法の弱点をカバーし、堤防の機能低下につながる変状をより確実かつ効率的に把握



研究開発の内容

- ・各種計測機器による計測データ取得
- ・植生モニタリングによる河川管理のあり方の検討
 - モグラ穴とからし菜分布の相関関係を検討することで、堤防の弱部となるモグラ穴を効率的に発見について
- ・堤防の機能低下につながる変状をより確実かつ効率的に把握する計測精度の検討
 - 堤防天端等の亀裂等の判読精度及び各堤防部位の変位の定量的精度を検討
- ・堤防の機能低下につながる変状をより確実かつ効率的に把握する分析手法の検討
 - 二時期以上の計測データを比較し、変状の兆しを早期発見できる手法を検討
- ・効率的・効果的河川維持管理システムの検討

現状の成果① (平成26～28年度に実施)

1. 各種計測機器による計測データの取得

【航空機マルチスペクトルカメラ】

計測日 H27.4.12
計測高度 約1,000m



【UAV】

計測日及び計測高度
①H27.2.20(高度50m)
②H27.11.16(高度100m,150m)
③H28.6.22(高度100m)



※この他に人工衛星SARによるデータを取得
※MMSによる計測データは貸与を受けている

2. 植生モニタリングによる河川管理のあり方の検討

航空機マルチスペクトルカメラによって植生分布を把握することは可能



UAVによってモグラ穴を判読することは可能



モグラ穴とからし菜分布の相関関係から効率的にモグラ穴を発見することは困難であるが、**UAVによる計測によって、直接モグラ穴を判読可能であることが判明**

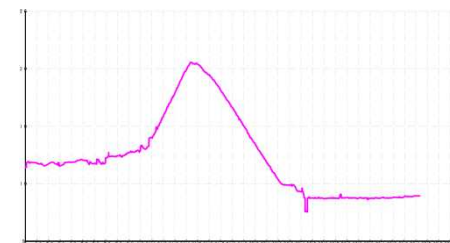
※MMSではモグラ穴を判読することは不可能
マルチスペクトルカメラによって一部の植生分布を把握することが可能であることが判明

3. 変状をより確実かつ効率的に把握する計測精度の検討

堤防天端の亀裂跡等をUAVによる計測データを活用することで、判読することが可能



各堤防部位の変位の定量的精度の検討は現地横断測量結果とUAVによるデータによって作成した横断面図との比較を実施予定



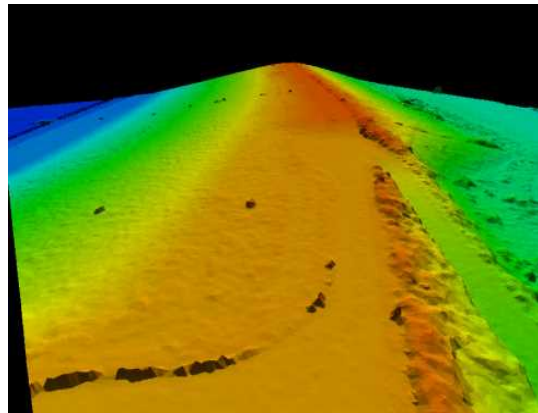
UAV(高度100m)による堤防横断面図

UAVによる計測精度がどの程度であるかを把握し、この結果を踏まえた活用方法を提案する

現状の成果②（平成26～28年度に実施）

4. 変状をより確実かつ効率的に把握する分析手法の検討

UAVによる計測データ(二時期以上)を活用し、差分を3次元モデルデータとして表示することで、堤防の変状(変状の兆し)傾向を把握



重要水防箇所等、計測データ以外のデータの活用

[illegible]

図.UAV計測データを用いた3次元モデルデータイメージ

図.利根川における重要水防箇所の一覧表の例

長期間、継続的な計測データ収集により、人間の目では認識が困難な、堤防の変状傾向を把握可能とし、重要水防箇所等のデータと複合することで堤防の弱点箇所を抽出し、確実かつ効果的な監視・点検に活かすことが可能となる可能性

活用案

- UAVによる縦横断測量成果
 - 定期縦横断測量結果の補完測量として活用
- UAVによる亀裂等の堤防変状データ
 - 巡視・点検の予備情報として活用
 - 地震等の大規模災害時の緊急点検として活用
- UAVによる堤防各部位の変位データ
 - 堤防の変状傾向を把握し、堤防の弱点箇所抽出に活用
 - 堤防維持管理の高度化の実現

成果の活用フロー

1. 継続的な計測データの収集



2. UAV計測精度の向上



3. 変状傾向の把握



4. 巡視・点検に活かせるデータの提供



堤防維持管理の 高度化を実現

最終目標

対象ユーザー

河川管理者、巡視者等

使用方法等

長期的・継続的なUAVの計測データを活用し、堤防の変状傾向情報と、亀裂等の変状情報、重要水防箇所等のデータを重ね合わせたDBを構築し、この情報をタブレット等により現地にて認識

提供サービス

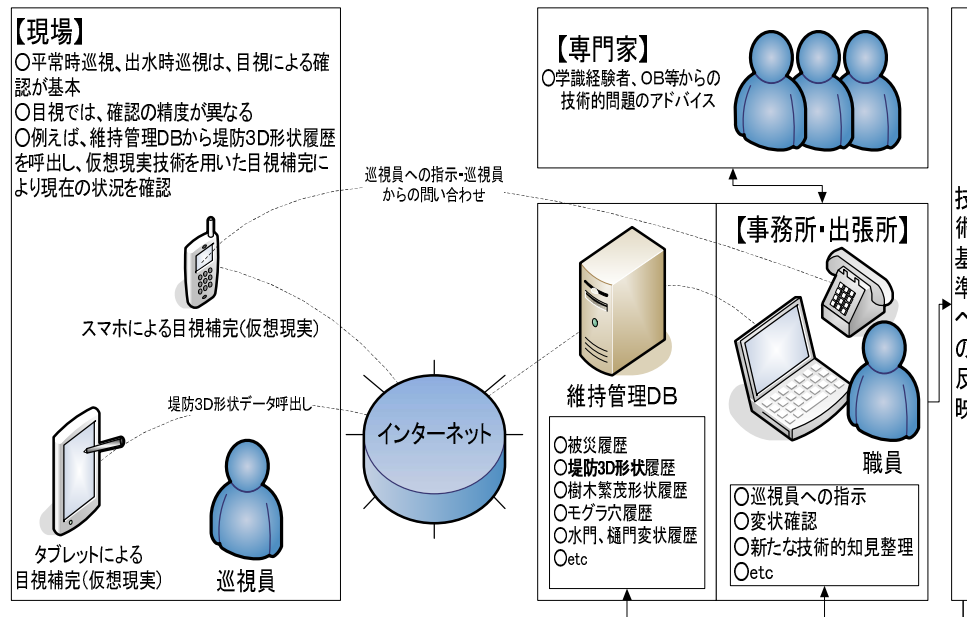
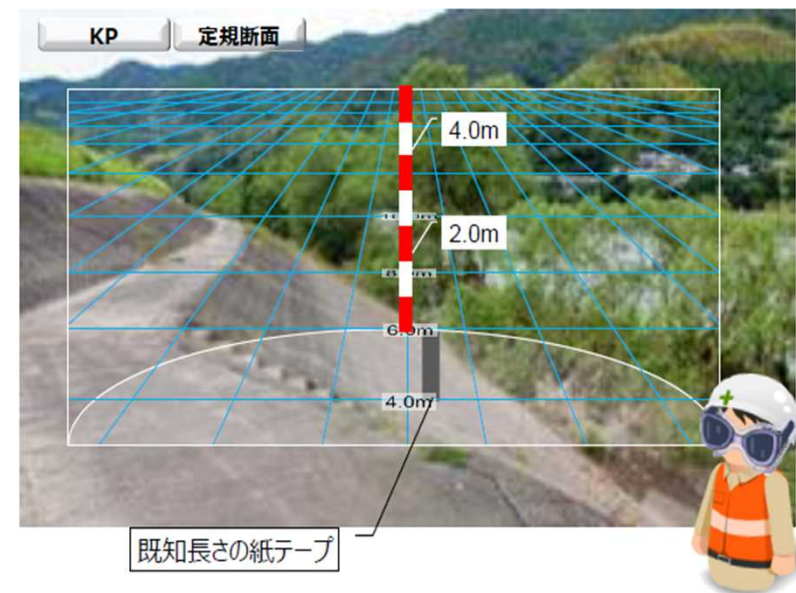


図. 将来的な活用イメージ
(効率的・効果的河川維持管理システム案)



※本研究においては、仮の維持管理データベースを構築し、この情報をタブレットに表示し、実際の巡視等に活用できるかを検証