

木曽川上流における画像解析を活用した 河川管理の高度化支援

おがわあいこ よしだせい かいほとおる きしだ おのうえたかひろ
小川愛子¹・吉田勢¹・海保 亨¹・岸田こずえ¹・尾上貴洋²

¹ (株) オリエンタルコンサルタンツ関東支社 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)

² (株) オリエンタルコンサルタンツ関西支社 (〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島3-2-18)

木曽川上流では、出水等による土砂移動と樹木繁茂の相互作用により河道の二極化が発生し、河川管理施設等への影響が懸念されている。

これら河道変化を適切に把握し、適時の対策判断を実施するため、効率的に河川管理者の対策判断を支援するAI画像解析等を活用したクラウドツール (SRiM) による状態把握・評価・対策を実施する手法を構築した。これにより、広域に対して客観的データで留意すべき変化を定量的に把握し、予防保全的対応を支援する。

Key Words : AI画像解析, 衛星画像, 航空写真, UAV, スクリーニング, クラウドツール, 二極化, 土砂堆積, 樹林化, 河川管理

1. はじめに

近年の気候変動に伴う災害の頻発化・激甚化に対応するため、洪水を安全に流下させるための河道の維持管理がますます重要となっている。

木曽川上流においても、流下能力を維持・向上させるため、樹木伐採や河道掘削を実施しており、対策後の河道変化 (樹木繁茂, 土砂の再堆積) にも留意した予防保全的対応が求められている。河川管理者は、樹林化や土砂堆積, それらに起因する侵食・洗堀等の河道の機能低下を迅速かつ効率的に把握し、適時に対策の必要性を判断することが重要である。

これまでの従来手法では、数年に1回の航空写真撮影や地形測量, 植生調査等の状態把握結果をもとに評価し、対策候補箇所を抽出し、対策計画を立案している。しかし、河道や樹木繁茂等の変化速度に対応した対策計画の見直しは困難であり、対策計画立案後に予算取得して対策を実施するため、対策候補箇所を抽出した時点と現状の対策時の河道状況に乖離が生じている場合がある。

本稿では、このような乖離を解消するため、衛星画像やUAV画像等のAI画像解析により、河道の経年的な変化の把握から対策候補箇所の抽出を一連で効率的かつ迅速に実施し、河川管理者の対策判断を支援する手法について、木曽川上流をフィールドに実施した成果を報告する。

また、これら状態把握, 対策判断に必要な各種画

像の一元管理と解析機能を有したクラウドツール (SRiM) について報告するものである。

2. 本手法の流れと使用する画像

河道の状態把握の効率化のため、本手法では、広域を対象に河道全体の経年的な変化の把握により対策候補箇所 (留意すべき箇所) を抽出する段階 (一次スクリーニング) と、抽出された箇所の詳細把握・分析の2段階で対応することとした。

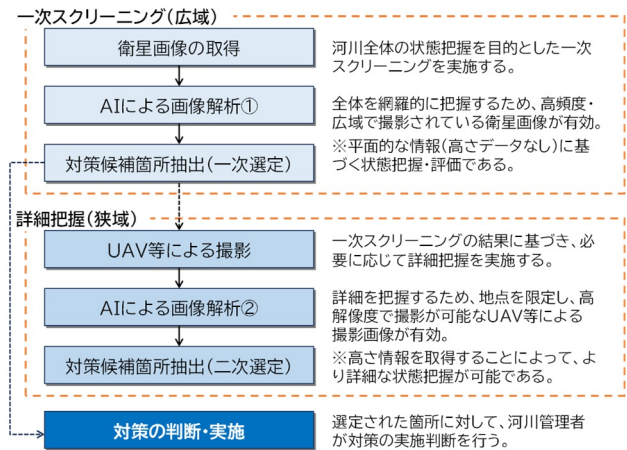


図-1 河道の変化把握から対策判断までの流れ

これらに使用する画像は、撮影手法の違いによる解像度・撮影範囲・撮影頻度等の特性を踏まえて採用する必要がある。広域の一次スクリーニングでは、河道全体の広域の変化を把握し、従来手法と比べ高頻度に状態把握を実施するため、以下条件を満たす衛星画像を用いる。

- ・地上解像度0.5~1.0m以下
- ・年1回以上撮影されている
- ・同一の光学衛星によって、撮影範囲が単年で木曾川上流区間の全体を網羅している頻度が高い

詳細把握には、狭域を高解像度（0.1m以下、可視光）で画像を取得可能なUAV画像を用いる。

本稿では、衛星画像を用いた広域の一次スクリーニングを主に報告する。

表-1 各種撮影手法の特性

特性項目	撮影手法		
	UAV	航空	衛星
解像度	高		低
撮影範囲	狭域		広域
3D	あり	あり	なし
	任意	定期測量 (1回/5年)	1回/年

3. AI画像解析による河道変化の把握

(1) 技術概要

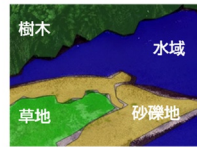
定量的かつ効率的に河道の状態を把握するため、AI画像解析を活用して、取得した位置情報を持った衛星画像のオルソ画像を「水域」「砂礫地」「草地」「樹木」に自動分類（セグメンテーション）できるAI解析モデル（以下、本モデル）を構築した。本モデルにより、分類することで、どこで、どのような変化が、どの程度生じたか見える化が可能である。

本モデルは複数の他河川で学習したモデル（セマンティックセグメンテーション）をもとに、木曾川上流の衛星画像を追加学習させることによって技術者の目視判読結果との整合度8割以上まで精度向上を図った。なお、本解析手法によるAIは、画像の解像度や色味、撮影時期等によって対象物の見え方が影響されるため、草地や樹木の見え方が大きく変わる冬季は適用対象外とした。

表-2 AI解析条件

項目	解析条件
対象物	河道状況（植生、水域、砂州）
解析手法	セマンティックセグメンテーション (面積や体積の定量化が可能な解析)
教師データ	空撮（UAV・航空写真オルソ+衛星画像） ※複数河川のデータを使用
判読クラス	・植生（樹木）※季節（冬季以外）も学習 ・植生（草地）※季節（冬季以外）も学習 ・水域 ・砂州（砂礫地） ※礫大きさ、色見の違いも学習

【学習】



【解析】

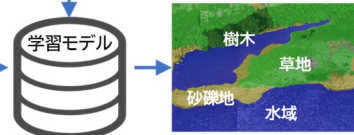
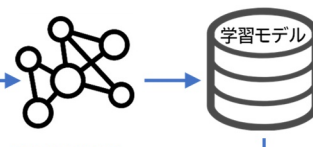


図-2 AI解析フロー

(2) AIによる衛星画像解析

本検討では、河道の経年変化を複数年把握するため、2012年、2016年、2018年、2020年の4か年の衛星画像を用いてAI解析を実施した。解析結果は距離標別等により見える化した。本結果より、対策必要候補箇所の抽出に必要な評価指標やアラートを検討した。

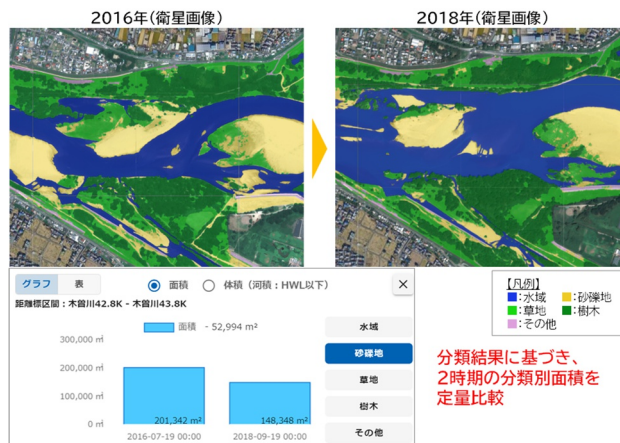


図-3 複数時期のAI解析結果と経年変化の定量的比較

4. 対策候補箇所の抽出

(1) 対策候補箇所抽出のための定量的評価の評価領域

一次スクリーニングにおいて、河道内で経年的に変化している箇所に着目し留意すべき箇所（≒対策候補箇所）を抽出する。変化の河道内の箇所や変化の遷移（水域⇒砂州、砂州⇒樹木など）によって、留意すべき変化となるか異なる。距離標区間単位での把握に加え、さらに細かく距離標区間を10m（河道中心）で分割した距離標分割ラインと堤防防護ライン等で区切られた評価領域を設定し、変化箇所や変化の遷移を把握できるように設定した。この評価領域は、以下の境界線によって設定した（図-4）。

- ・距離標分割ライン：距離標を10mピッチで分割
- ・堤防法線：堤防の川表法肩位置もしくは地形変化点（無堤部・堀込区間）で設定
- ・堤防防護ライン：河川整備計画に基づき設定
- ・低水路河岸ライン：低水路（概ね平均年最大流量程度が流下）の河岸位置で設定

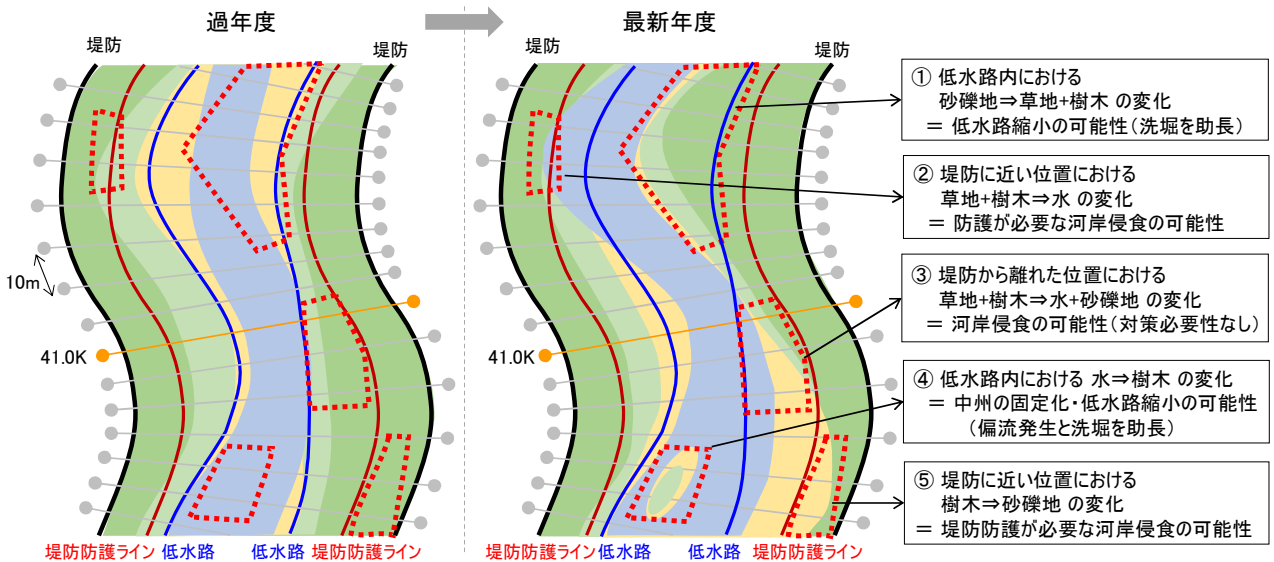


図-4 評価領域の設定イメージと変化箇所の解析イメージ

(2) 留意すべき時系列変化と評価フロー

河道の維持管理において評価すべき観点として、「河岸侵食」「河床洗堀」「流下能力低下」「河川管理施設への樹木侵入」等が挙げられる。木曾川上流で課題としている砂州の固定化や二極化、樹木繁茂に対して、機能低下状況を上空から把握する画像では直接的に把握することが困難な変化も考えられる。そのため、直接的な把握が困難な機能低下についてもできる限り抽出することを目指し、以下のスクリーニングを行った。

- ①過去に見られた機能低下につながる河道変化と、その際の河道地表面被覆の分類の変化状況を分析することにより、留意すべき分類パターンの時系列変化（変化パターン）を設定。
- ②複数年（3年以上）のAI画像解析結果を用いて、設定した変化パターンに該当する箇所を抽出。

具体的には、土砂堆積では、植生の遷移が進み、かつ数年にわたって維持されている箇所、樹木を抽出する。これらの留意すべき箇所の変化パターンを図-5に示す。

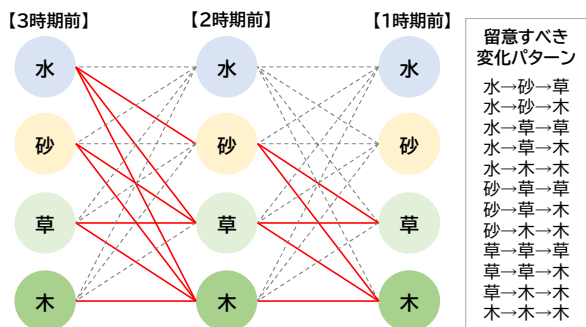


図-5 留意すべき変化パターン

上記の変化パターンの考え方に基づき、土砂堆積箇所及び樹木繁茂箇所の一次スクリーニングの評価フローを検討した。

ここでは土砂堆積箇所に対する評価フローを示す。土砂堆積が懸念される箇所は、河道の平面形状に大きく左右されるため、低水路幅の縦断的な拡張に着目し、当該箇所の低水路幅とセグメント区間ごとの平均低水路幅を比較し、低水路幅が相対的に狭い区間を評価対象とした。それら評価対象の変化パターン及び現況流下能力により、留意すべき箇所として注意箇所Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳを抽出した。

なお、これら箇所は対策を必須とするものではなく、現地確認状況や予算等を踏まえ、対策候補箇所として判断するものとする。

- ・急縮部：当該区間では流速増大により侵食・洗堀を助長し、上流側では流速低下を招く（堆積を助長）。
- ・急拡部：流速の低下により堆積が助長され、上流区間からの流れが偏流となって側方侵食を招く。

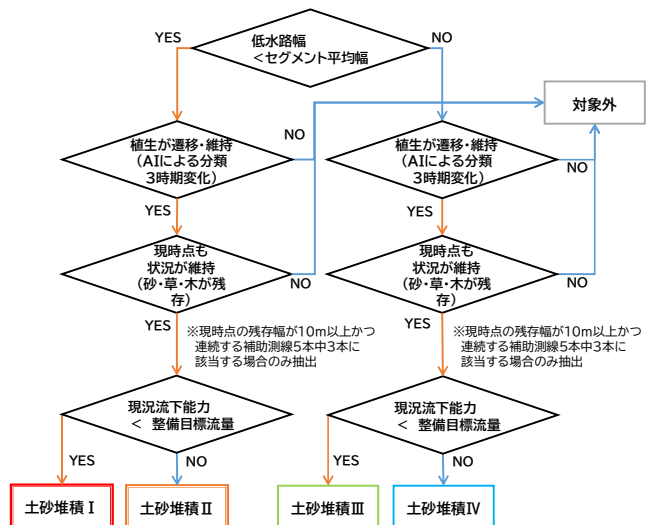


図-6 土砂堆積箇所の一次スクリーニング評価フロー

5. 対策判断支援ツール「SRiM」

前述したAI画像解析結果と合わせて、解析の元画像（衛星画像、航空写真、UAV画像等）や任意の撮影画像（デジカメ画像含む）、3D点群データ等を一元管理し、対策判断を支援するクラウドツールとしてSRiM（スリム）を構築した。

SRiMは、クラウドサービスのため、河川管理者のアカウントを作成し、ログインID・パスワードを入力することにより簡単に使用が可能である。

各種撮影画像の位置情報からマップに、複数時期・複数種類の画像を経年的に確認することができる。また、オルソ画像がある範囲においては、横断面の生成とcsvファイルによるダウンロードが可能で、平面的・横断的な形状を把握できる。

これら画像を用いたAI解析機能とアラート表示機能により、経年変化から留意すべき箇所、対策候補箇所を検討する情報を見える化し提供する。なお、UAV画像の活用も見据えて構築した。

表-3 SRiMの主な機能一覧

機能	概要
撮影画像登録	各種画像等を位置情報に基づいて登録
検索機能	登録した撮影データを日付、距離標、タグ（キーワード）などで簡単に検索できる。
オルソ生成	オルソ用画像をドラック&ドロップで簡単にオルソ画像を生成できる。
オルソ複数時期比較	登録したオルソ画像を複数時期の横並びで、比較することができる。
3D表示, DSM	三次元データをボタン切替で閲覧できる。
距離標表示	距離標を登録し、表示・検索できる
単画像の複数時期比較	UAV等で撮影した単画像を横並びにして、比較することができる。
横断面のCSVダウンロード	オルソ画像が登録されている範囲で任意の横断面を生成し、CSVダウンロードが可能。
報告様式出力	登録した撮影データ等にコメントなど記入し、所定の様式を出力できる。
AI解析機能	水域・草地・樹木・砂礫を自動判読して分類するAI解析機能。複数時期の解析を実施することで、経年的な差分表示が可能。
分類の面積算出機能	AI解析結果をもとに、AI分類ごとの面積を算出する機能。任意の距離標区間で変化量を算出可能である。
アラート機能	AI解析結果をもとに、河道の変化パターンごとの面積変化等からアラートする機能。

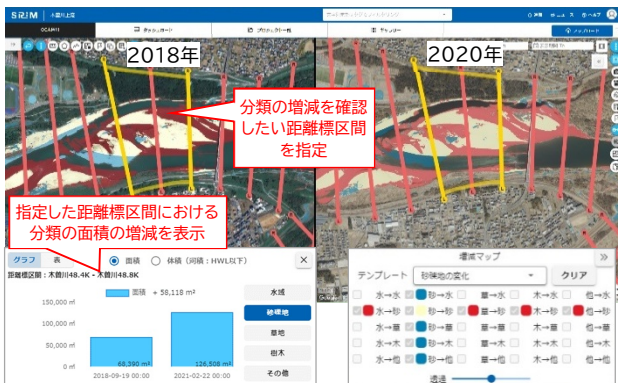


図-7 AI解析結果に基づく任意区間の変化量把握

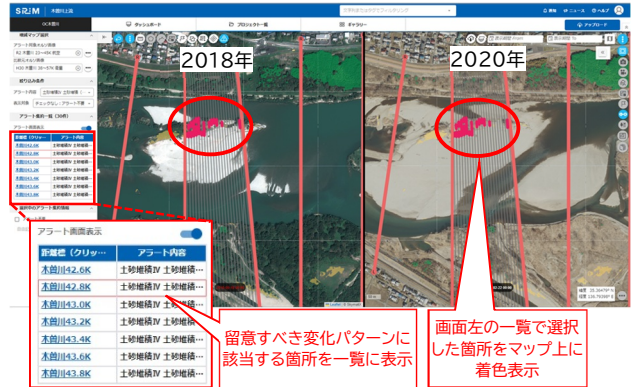


図-8 対策候補箇所（留意箇所）の抽出・アラート表示

6. 本手法による効果、今後の展開

本手法により、衛星画像を取得後、概ね1週間以内に対策候補箇所の一次スクリーニング結果を確認可能となる（木曽川35km²程度の場合）。河川管理者は、SRiM上でアラート箇所を確認し、対策箇所の絞り込みを簡便に実施可能となる。

従来手法での河道の状態把握から対策計画立案まで、さらに対策実施までのタイムラグが年単位で生じる。本手法では、状態把握～対策候補箇所の抽出までワンストップで実施するため、河川管理者の業務効率化、適時の対策判断に寄与することができる。

		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
従来手法	実施内容						
	航空写真撮影等	●					
	植生調査		●				
	河道等の評価			●			
	対策候補箇所の抽出				●		
対策の判断・実施					○	●	
		抽出～対策実施のタイムラグ					
		河道状況の乖離 (河道や樹木等の状況が異なる)					
本手法	実施内容						
	衛星画像の取得	●	●	●	●	●	●
	AIによる画像解析	●	●	●	●	●	●
	対策必要箇所の抽出	●	●	●	●	●	●
	UAV等による撮影						
AIによる画像解析							
対策候補箇所の抽出							
対策の判断・実施							
		必要に応じて詳細把握					
		状態把握～対策判断の乖離を解消し、適時に対策実施可能					
		対策判断の支援・情報提供					

図-9 従来手法と本手法の比較

今後は、河川管理者にて本手法の実運用を開始する。河道変化の予兆現象等を捉え、留意すべき箇所の抽出精度向上のため、AI画像解析による分類の詳細化を実施する。また、本稿では、木曽川上流を対象に手法を検討したが、他河川（長良川、揖斐川）への活用を検討する。

謝辞：本稿は、国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所より受託した業務成果である。本稿執筆にあたり、関係者皆様に厚く御礼申し上げます。