

河川砂防技術研究開発【開発成果概要】

①開発事業者	組 織 名 (ふりがな)		開 発 代 表 者 名	役 職
	八千代エンジニアリング株式会社		天方 匡純	技術開発研究所 所長
②開発経費 (単位: 万円) ※端数切り捨て。	令和元年度	令和2年度	—	総 合 計
	903万円	1999万円	—	2902万円

③共同開発者氏名 (開発代表者以外の開発者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)

氏 名	所属機関・役職 (※令和3年2月26日現在)
小宮 憲太	テラドローン株式会社 UTM・空飛ぶクルマ事業部 日本統括責任者
杉田 博司	KDDI株式会社 経営戦略本部 ビジネス開発部 マネージャー
深田 雅之	株式会社ゼンリン 事業統括本部 IoT事業本部 ドローン推進課長

④開発の目的・目標 (様式革新-2に記載した開発の目的・目標を簡潔に記入下さい。)

【課題認識：データ取得面】

ドローン技術の進展と普及により、ドローンを用いた河川巡視の高度化(広域河川監視)が期待される。広域河川監視の実用化のためには 長距離・目視外の自律飛行運用 が求められ、そのための運航管理システムの開発や制度整備が進められている。これを実現するためのドローン運航管理システムが NEDO の DRESS プロジェクトの中で開発されているが、これを 河川巡視の現場に適用するためのデータ取得方法や安全管理手法 は未だ確立していない。

【課題認識：データ解析面】

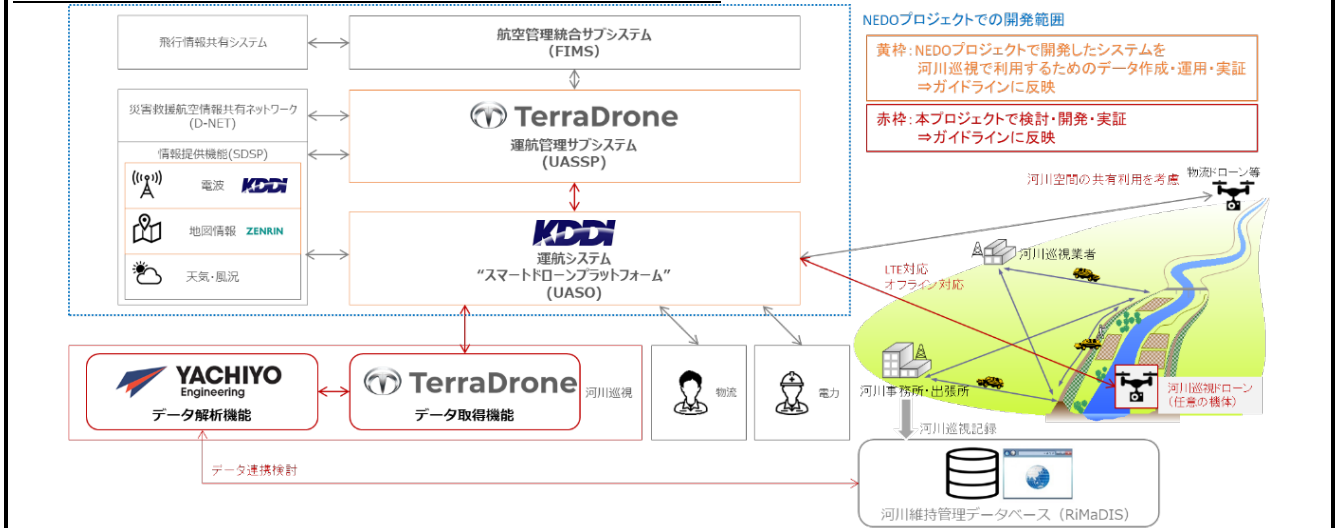
河川巡視における河川情報取得・異常箇所抽出は、技術的には画像解析(画像処理・深層学習)により実現できると考えられるが、そのためには 大量のデータが必要 となる。しかし河川などの社会資本は大規模・長大で気象条件や多様な周辺環境に影響を受けるため、一般的な深層学習で用いられるような均質な学習用データを確保することが 困難 である。既存の河川巡視記録のデータも存在するが、記録内容には 個人差が含まれ、写真もドローンから撮影する画像とは特徴が異なる ため、そのままでは AI 解析のための教師用データとしては適さない。

【開発の目的】

ドローンによる河川巡視の高度化に必要な データ取得技術とデータ解析技術の開発・実証 を行うことを目的とする。

【開発の全体像】

本コンソーシアムの構成員は NEDO プロジェクトにおいて、運航管理に関わるシステムの開発に携わっている。本プロジェクトでは これらのシステムを活用したアプリケーションとして、河川巡視のデータ取得・データ解析を行うための技術開発および実証 を行う。



⑤開発成果

(1) 河川巡視業務の自動化要件

現在の巡視は、河川巡視規程例に基づいて各地整が作成した巡視要領に則って、河川事務所とそこから委託された巡視業者によって実施されている。河川巡視は維持管理行為の一つであり、巡視記録は河川管理の PDCA サイクルを回すための基礎資料として利活用される。巡視記録は、河川維持管理データベース (RiMaDis) に蓄積されており、同地点の巡視・点検結果が時系列で記録されている。

これら河川巡視に関わる基準類や既存データを分析し、さらに河川巡視の実務者に対してヒアリングを行うことにより、河川巡視業務の業務フローを把握した。その上でドローン河川巡視を実現するためのガイドライン作成における、河川巡視業務上の検討条件を下記の通り設定した。

- 実現可能な一部の巡視項目から自動化を行うため、ドローン河川巡視は一般巡視・目的別巡視とは別の新たな巡視種別として実施する。それに伴い、河川巡視種別ごとの対象項目と頻度を再編する。
- ドローン河川巡視は委託巡視の中で実施するものとし、巡視業者がドローン河川巡視のオペレーションを行う前提で検討を行う。(中長期的には完全自律無人飛行も想定する。)
- 検出結果は河川維持管理の PDCA に組み込み、点検結果や工事履歴などに対応付けるため RiMaDIS に登録可能なフォーマットで出力する。

把握した河川巡視業務フローを基に、既存のドローン技術・AI 技術の適用可能性を検討し、データ取得技術・データ解析技術のそれぞれにおいて本プロジェクトでの開発・実証・検討内容を設定した。

表1 本プロジェクトで実施する内容

分類	ID	技術開発・実証内容	現場実証	現場実証	現場実証	現場実証	机上検討
			三峰川 1回目 2019.12	三峰川 2回目 2020.9	荒川 1回目 2020.10	荒川 2回目 2020.12	
データ取得	1_1	FP作成・実行(空撮フライト)	○ 変化領域 抽出目的	○ 変化領域 抽出目的	○ 3Dマップ 作成目的		
	1_2	FP作成・実行(巡視フライト)	○ 不法投棄 抽出目的		○ 異常箇所 抽出目的	○ 異常箇所 抽出目的	
	2	オンライン飛行 ・プロポ ・LTE通信網				○	
	3	オフライン飛行				○	
	4	SDSP:電波マップ					○
	5	SDSP:3Dマップ					○
	6	安全管理機能 飛行前:地表・障害物衝突 回避					○
	7	安全管理機能 飛行前:飛行計画干渉					○
	8	安全管理機能 飛行中:無人機衝突検知					○
	9	安全管理機能 飛行中:有人機連携					○
	10	任意機体への対応	○		○		
	11	河川空間の共有利用の考慮					○
	12	音量測定		○			
13	電波測定				○		
データ解析	1	空撮フライトからの変化領域の自動抽出 (砂州堆積、樹木繁茂など)	○	○			○
	2	空撮フライトからの変化領域の位置推定	○	○			○
	3	巡視フライトからの異常箇所の自動抽出 (不法工作物、河岸の状況、危険行為など)	○		○	○	○
	4	巡視フライトからの異常箇所の位置推定		○	○	○	○
	5	RiMaDIS連携内容検討			○	○	○
	6	教師画像作成手法					○
	7	教師画像蓄積手法					○

データ取得技術

巡視項目に応じたルートに基づき、ドローン管制による自律飛行により河川巡視データを自動で取得する。また、それを安全にかつ汎用の機材で実現する。
現場実証では、毎回同じルートを対象とする河川巡視項目の画像を自動で収集することができることを実証する。

データの精度・
仕様を要求

仕様に沿った
データの取得

データ解析技術

ドローンで取得したデータをもとに、河川巡視データを全自動/半自動で作成する技術を開発する。基本的に画像をベースとして「異常検出」と「位置推定」の技術を組み合わせて実現する。
現場実証では、画像から河川巡視項目を自動抽出し、その位置情報を付与できることを実証する。

図1 データ取得技術とデータ解析技術の関連

(2) 現場実証

本プロジェクトでは長野県三峰川、東京都荒川にて、それぞれ2回現場実証を実施した。

表2 現場実証実験場

	KP	日時	使用機体
長野県三峰川	6.2~7.8	2019年12月23日 2020年9月3日	DJI Phantom4 pro
東京都荒川	19.5~21.25	2020年10月1日 2020年12月21日	DJI Phantom4 pro, DJI Phantom4 pro RTK DJI Matrice300



図2 現場実証実施状況(左：三峰川、右：荒川)

図3 現場実証の巡視フライトプランマップ

表3 現場実証でのフライトプラン詳細 (一部)

フライト	必須	機体	オンライン オフライン	RTK	往路				復路					
					区間	飛行 位置	カメラ 角度	高度[m]	離隔[m]	区間	飛行 位置	カメラ 角度	高度[m]	離隔[m]
1	必須	Matrice300	LTE		C	河川上	45	30	30	X				
2	必須	Phantom4 Pro	オフライン		B	河川上	45	30	30	D	河川上	45	30	30
3	必須	Phantom4 Pro	オンライン		A	上流	45	30	30	A 上流	左岸	75	50	30
4	必須	Phantom4 Pro	オンライン	下流		A 下流								
5	必須	Phantom4 Pro	オンライン		A 上流	左岸	60	30	30	A 上流	左岸	60	50	30

現場実証では事前設定したフライトプランに基づき、すべて自律飛行により巡視項目の該当画像撮影を行った。なお現地に実在しない巡視項目はダミー対象物を撮影した。検証のため、対象物までの高度と離隔は複数パターンで行い、バリエーションを確保した。

(3) データ取得技術

ドローンの自律飛行・運航管理に関わるシステムとして、下表のシステムを用いて実証を行った。

表4 運航管理システムの構成

サブシステム・機能	役割	用いたシステム
運航管理サブシステム (UASSP)	<ul style="list-style-type: none"> UASSP 自身が管理する複数の UASO を安全に飛行させるための以下のサービスを提供することに責任を持つ。 UASO に対する運航管理サービス: 飛行計画作成/申請、飛行経路の最適化、飛行監視、機材・操縦者管理/飛行中の Conflict 情報 等安全運航に関する情報提供 	Terra Inspection
オペレータ (UASO)	<ul style="list-style-type: none"> UASO が管理する無人航空機(UA)を安全に飛行させる責任を持つ。 フライトに関して、計画段階から飛行中・飛行終了まで、UA の運航全般に関する責任を負う。(物件及び他 UA・有人航空機との間隔確保を行う) 	Terra UTM

【飛行前・飛行中】

現場実証のフライトプランは現地状況や障害物を確認の上、手作業で作成し UASO に登録した。それを基に UASSP・UASO による運航管理を実施し、フライトプラン通りに河川巡視に必要な画像が自律飛行で取得できることを実証した。

併せて UASSP・UASO により汎用の機体を使って、安全にフライトを行えることを確認した。



図4 UASO での監視状況

【飛行後】

離隔別・高度別の撮影画像を確認し、データ解析の検証で活用した。

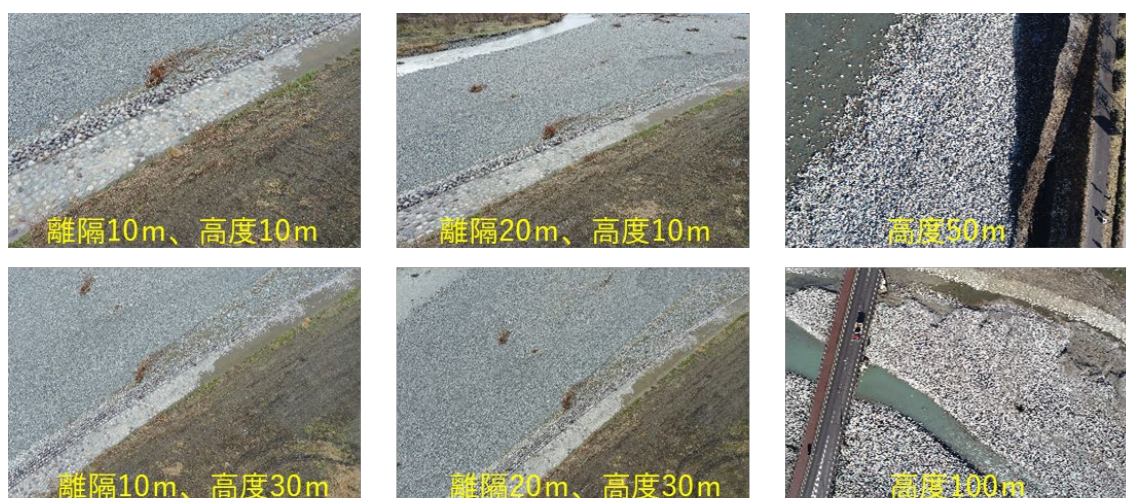


図5 離隔・高度別画像の例

データ解析用に SfM 解析結果をもとに座標情報を付与した DSM 画像・オルソフォトを作成した。これにより時系列の変化抽出や継続記録を可能とする。

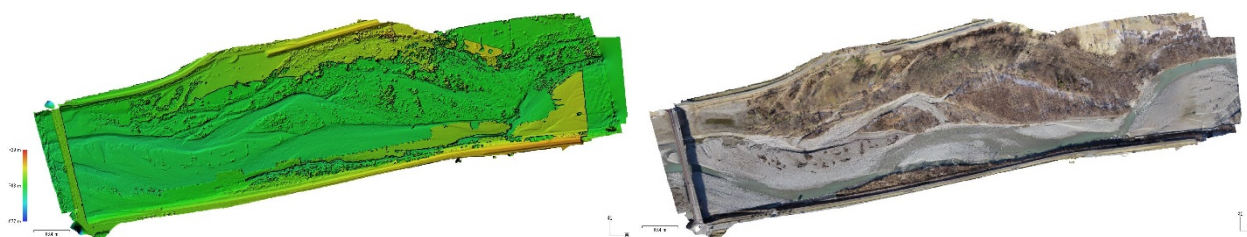


図6 DSM (左) とオルソフォト (右)

(4) データ解析技術

ドローン空撮画像より、河川巡視項目の目視による記録を、深層学習による画像認識によって代替する手法を2手法実証した。「ごみ等の投棄」などの異常箇所の検出を目的として ObjectDetection、「砂州堆積の状況」などの変化領域の抽出を目的として SemanticSegmentation の手法を適用した。

【異常箇所の検出 : Object Detection】

Object Detectionとは画像中の対象物の位置を検出し、矩形で表示する手法である。本プロジェクトでは教師画像が不足する課題に対応するため、RiMaDISに蓄積された「ごみ等の投棄」画像を活用し、教師画像を作成した。過去の河川巡視で記録された不法投棄画像が623枚を抽出しアノテーションを実施し、これらと空撮画像を交えて学習し、ドローン空撮画像から「ごみ等の投棄」を検出するモデルを構築した。

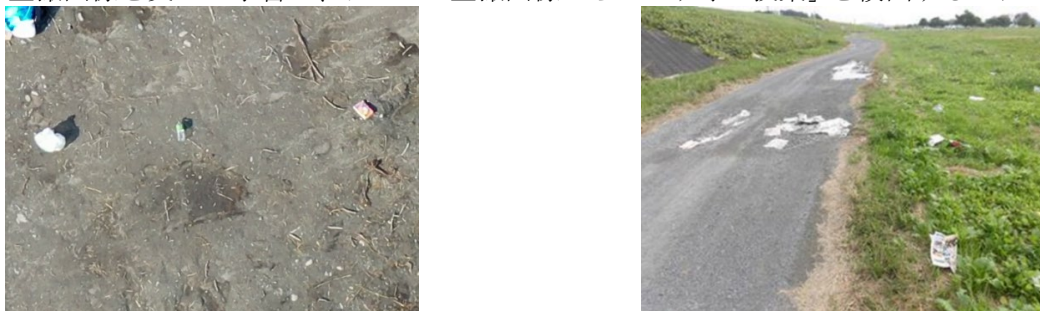


図7 教師画像の例（左：空撮画像、右：RiMaDISから抽出した地上画像）



図8 検出結果の例（左：三峰川、右：荒川）

【変化領域の抽出 : Semantic Segmentation】

Semantic Segmentationとは画像の領域をピクセルレベルで分類する手法である。検出結果は、ピクセル毎に物体名 (label) に対応して色表示される。本プロジェクトでは高度を分けた (50m、100m、150m) ドローン空撮画像に水面、砂州、樹木、草地・裸地、道路・護岸・その他人工物の5区分の色分けを施した教師画像140枚を作成し、河川領域の検出モデルを構築した。複数時期の写真に適用することで、滲筋・砂州・樹木等の河川空間内変件事象を検出することを想定する。

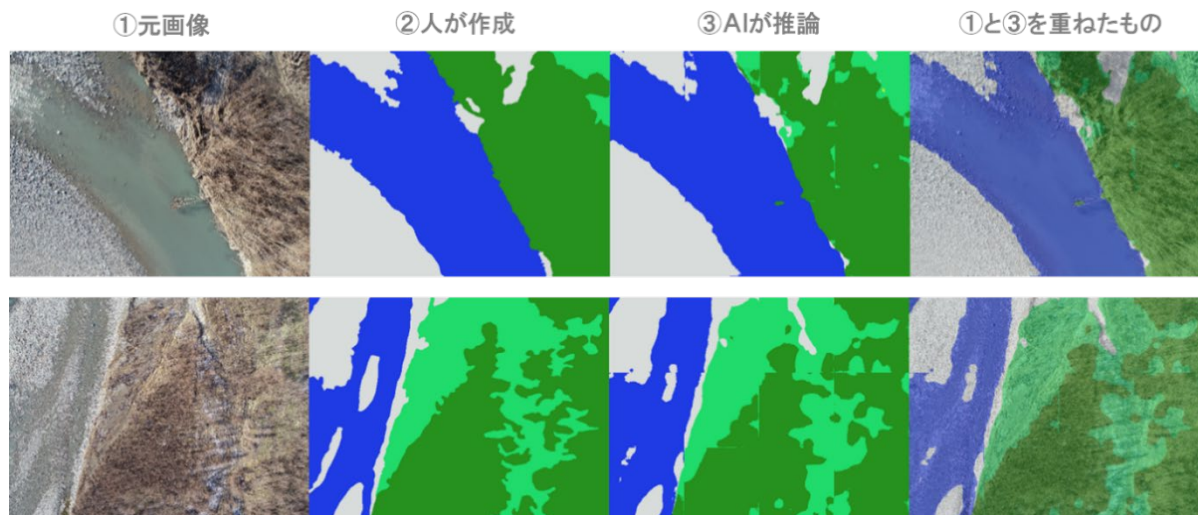


図9 人による分類②と機械による自動分類③