

河川砂防技術研究開発【成果概要】

①研究代表者		氏 名（ふりがな）	所 属	役 職	
		市川 健（いちかわけん）	株式会社復建技術コンサル タント 技術センター	課 長	
②技術研究 開発テーマ	名称	中小河川を対象とした UAV 写真測量による流下能力評価手法に関する 技術研究開発			
③研究経費 （単位：万円） ※端数切り捨て。		令和 1 年度	令和 2 年度	令和 3 年度	総 合 計
		1,003 万円	994 万円	一万円	1,997 万円
④研究者氏名 （研究代表者以外の研究者の氏名、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 年3月31日現在）			
那須野 新		株式会社 復建技術コンサルタント 技術センター 主任			
⑤研究の目的・目標 （様式河水-1、河水-2に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。）					
【目的】 安価かつ簡易な UAV 写真測量による中小河川の流下能力評価について、1)水位計算結果や地形情報について必要最低限の精度の確保、2)計測・解析における技術的な扱いやすさ、3)河川維持管理業務のトータルとしての負担軽減の観点から最適な手法を開発する。					
技術面の開発要素として 1)2)については、流下能力評価に必要な地形の標高や植生情報を把握するために、UAV 写真測量における撮影方法や、得られた UAV 写真画像の合成による 3 次元の点群の加工方法を現地実証により開発する。運用面の開発要素として 3)については、現在実施の河川巡視等の業務を UAV 写真測量に置き換えることなど代替可能性を検証し、現地実証により計測から業務活用までの業務フロー（技術パッケージ）を開発する。					
【目標】 （1 年目） ・複数の中小河川における UAV 写真測量の実施結果の評価 複数の中小河川において UAV 写真測量を様々な条件設定で実施し、得られた 3 次元点群の精度特性を評価する。セグメントや植生の繁茂状況、除草の有無などの河道特性が異なる河川において、最適な写真撮影方法の検証や植生繁茂下の地形の標高が把握できるか検証する。具体的には、複数の中小河川において①撮影高度、②カメラ角度など異なる撮影条件で実施し、得られた 3 次元点群の評価として流下断面、堤防高、植生繁茂下の地表面標高、橋梁桁下高等を捉えられるかを整理する。撮影高度とカメラ角度の組合せを整理（50m・0 度の写真に点群精度が最適となる斜め写真の組合せを把握）する。					
・自治体における維持管理業務の UAV 写真測量への代替について 現在実施の河道監視等を UAV 写真測量に置き換えることなど代替可能性を検討する。					
（2 年目） ・UAV 写真測量から得た 3 次元点群を活用した流下能力評価手法の検討 UAV 写真測量から得られる 3 次元点群から、流下能力計算に必要な各種情報の推定方法を確立させる。具体的には、複数の中小河川において、水位計算に必要なデータ作成手法の検討、水位計算手法及び計算結果評価手法の検討、等について様々な条件で実施し、それぞれの作業時間やコスト、正確性、技術的な扱いやすさ等を整理する。					
・点群取得から平面二次元不定流解析までの効率化の検討及び関係機関との意見交換・ヒアリング UAV 写真測量を活用した流下能力評価手法について、各種条件設定した結果について、最適な手法を整理し、作業フロー（技術パッケージ）を開発する。					

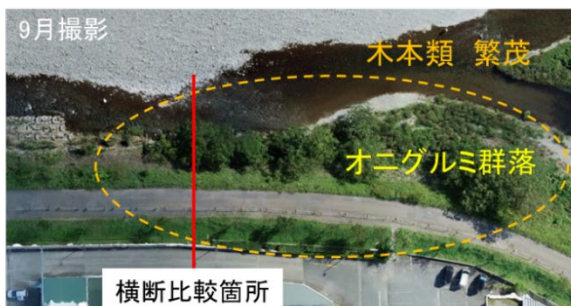
⑥研究成果

(具体的にかつ明確に記入下さい。4ページ程度。)

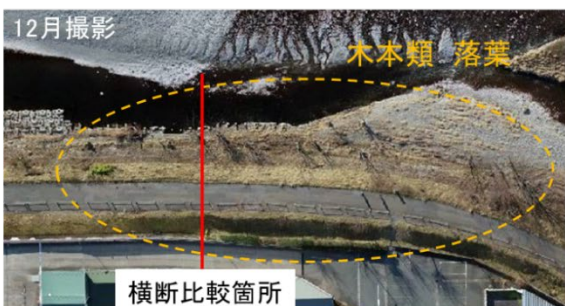
(1) UAV 撮影時期と地表面を捉える点群

- ・木本類直下でも、落葉により地表面標高を捉える点群が多く確認された。

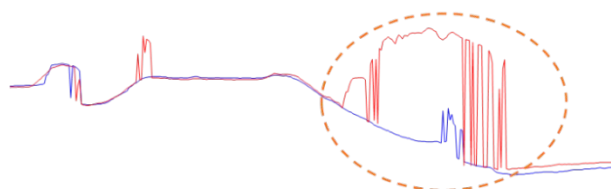
(甲子川 夏季撮影オルソ画像)



(甲子川 冬季撮影オルソ画像)



(甲子川 横断面図)



○対象木:オニグルミ(胸径:10cm)
※ヤナギについても同様の結果を把握

赤線:夏季撮影データ
青線:冬季撮影データ

夏季撮影データ ⇒ 木本類繁茂により地表面標高の取得が困難
冬季撮影データ ⇒ 落葉により地表面標高の取得が可能

(2) 計測精度の目標値設定と有用性の確認

【目標値設定】

・目標とする精度は県へのヒアリングやマニュアル類を踏まえ国総研と相談し、流量観測精度や粗度設定等計算パラメータの設定精度との関係を考慮して設定した。また、ヒアリングを複数回実施し、当該研究成果の有用性を確認した。

○堤防目標:10cm(精度・解像度※堤防の小さな変形等を2時期計測の比較等で把握することは精度上困難。主に堤防の低い箇所の抽出、経年的な沈下や災害時等の大きな変状を把握できるレベル)

○河道目標:河積(平均河床高)で7%程度(※マニング則を適用すると流下能力で10%程度、水深5mの河川で30cm程度に相当。水面下や植生等で河床が捉えきれない箇所による誤差も含めての目標)

【有用性の確認】

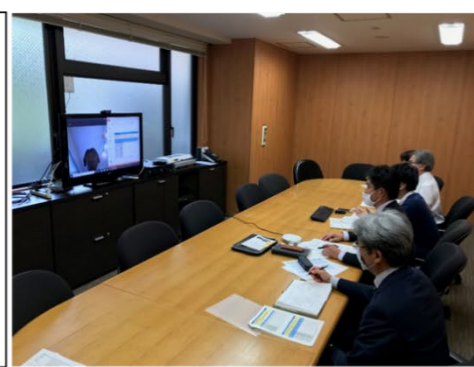
- ・有用であるとの意見が得られた。
- ・今後の課題として他社でも活用できるようマニュアル化の要望があった。



ヒアリング状況



マニュアル類



国総研との打合せ状況

(3) 点群精度とカメラ角度の関係性把握

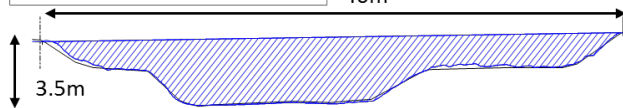
・冬季撮影データを用いて高度 50m 垂直写真と高度 40m 俯角 70 度の写真を SfM に使用した場合、流下断面面積、堤防、橋梁桁下高、樹木下の地表面標高等を最も精度よく再現可能であった。

(※地上解像度：1.5cm/pix、SfM 点群発生密度：400 点/m²)

・これらの結果から、垂直写真に挿入する写真の撮影角度としては斜め 70 度程度が妥当と考える。

●流下断面面積比較結果(例) 【多田川(3+20)】

黒線：実測値、青線：UAV値

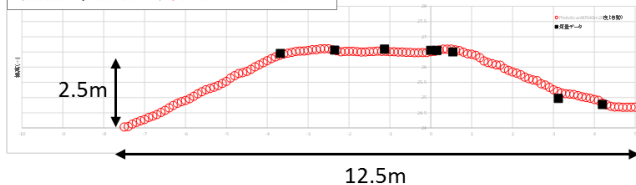


流下断面面積比較結果

- ・流下断面面積(実測値)：103.5m²
- ・流下断面面積(UAV値)：101.8m²(実測値との差：1.7%)

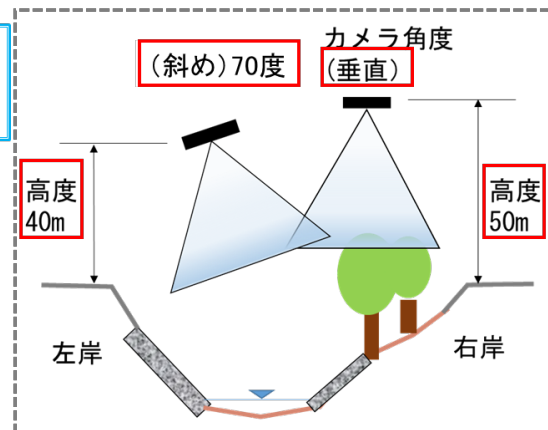
●堤防天端高比較結果(例) 【多田川(2+50)右岸】

黒点：実測値、赤点：UAV値



堤防天端高比較結果：0.07m(RMSE)

(撮影条件)



9

高度50m鉛直下方写真と組み合わせる斜め写真

【堤防天端高】

対象河川				精度検証項目		撮影方法
						鉛直下方 40m20度
甲子川	植生有(無)	植生枯死	礫河床	堤防天端高	RMSE(m)	0.08
多田川	植生有(無)	植生枯死				0.07
新川	植生有(無)	植生枯死				0.07
七北田川	植生有(無)	植生枯死				0.10
平均RMSE(m)						0.08

撮影高度・カメラ角度	流下断面面積 (RMSPE(%))	堤防天端高 (RMSE(m))	評価
45m・80度	4.7	0.10	○
40m・70度	4.4	0.08	◎
35m・60度	4.7	0.19	×

【流下断面面積】

対象河川				精度検証項目		撮影方法
						鉛直下方 40m20度
甲子川	植生 有(無)	植生枯死	礫河床	流下断面積	RMSPE(%)	3.5
多田川	植生 有(無)	植生枯死				4.2
新川	植生 有(無)	植生枯死				8.8
七北田川	植生 有(無)	植生枯死				1.1
平均RMSPE(%)						4.4

10

(4) 点群発生密度の違いによる精度検証

- ・点群発生密度（低 ⇒ 中）：精度が向上する傾向が見られる
- ・点群発生密度（中 ⇒ 高）：同程度の精度
- ・解析時間と精度の関係から、点群発生密度はケース②中（400 点/m²）を提案

対象河川	区 分	ケース①	ケース②	ケース③
		50m鉛直下方 40m俯角70度 点群密度: 低 90~100点/m ²	50m鉛直下方 40m俯角70度 点群密度: 中 300~400点/m ²	50m鉛直下方 40m俯角70度 点群密度: 高 1,400~1,600点/m ²
七北田川 (n=18)	堤防天端高 RMSE(m)※1	0.10 △	0.07 ○	0.07 ○
	解析時間(h)	2.6	11.3	41.1
	解析時間比率※2	1.0	4.4	15.8
多田川 (n=48)	堤防天端高 RMSE(m)※1	0.04 ◎	0.05 ◎	0.05 ◎
	解析時間(h)	1.0	4.0	14.5
	解析時間比率※2	1.0	3.9	14.1
新川 (n=21)	堤防天端高 RMSE(m)※1	0.07 ○	0.04 ◎	0.04 ◎
	解析時間(h)	1.1	4.2	16.3
	解析時間比率※2	1.0	4.0	15.5

※解析時間比率: 各河川にてケース①の時間を1として、比率を算出

◀ ▶

(5) 点群精度と撮影高度の関係性把握

- ・撮影高度の上昇に伴い、精度の低下が見られる。撮影高度の上限は堤防天端高の計測要求精度に応じて変更することを提案、河川ごとのバラつきも考慮し、現時点では高度 70m 以下を推奨値と考える。

推奨高度 ←

対象河川	区 分	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
		高度50m (1.5cm/pix) 点群密度 400点/m ²	高度70m (2.0cm/pix) 点群密度 400点/m ²	高度90m (2.5cm/pix) 点群密度 400点/m ²	高度110m (3.0cm/pix) 点群密度 400点/m ²
七北田川 (n=150)	堤防天端高 RMSE(m)※1	0.07 ○	+0.02 ○	+0.03 △	+0.03 △
	解析時間(h)	11.3	4.7	2.1	1.2
	解析時間比率※2	1.0	0.4	0.2	0.1
多田川 (n=150)	堤防天端高 RMSE(m)※1	0.05 ◎	+0.02 ○	+0.02 ○	+0.02 ○
	解析時間(h)	4.0	3.4	2.5	2.1
	解析時間比率※2	1.0	0.8	0.6	0.5
新川 (n=125)	堤防天端高 RMSE(m)※1	0.04 ◎	+0.02 ○	+0.02 ○	+0.04 △
	解析時間(h)	4.2	3.4	2.7	2.2
	解析時間比率※2	1.0	0.8	0.7	0.5

(6) 橋梁桁下高

- ・流下断面積と同程度の精度で橋梁桁下高の計測も可能な場合がある。張出長が桁厚よりも大きい橋梁で精度が低下（U A Vで桁が見えにくい）。精度は桁形状に左右される可能性が大きい。

【橋梁桁下高】(撮影条件: 50m鉛直+40m70度)

対象河川	断面位置	桁材料	桁厚(m)	張出(m)	左・右岸	照査位置	RMSPE(%)	評価
甲子川	礼ヶ口橋	鋼	08	1.0	左岸	上流側	8.4	△
		鋼	08	1.0	右岸	上流側	11.5	×
多田川	上柳橋	コンクリート	05	1.0	右岸	上流側	11.3	×
	平田橋	鋼	08	0.8	左岸	上流側	2.8	◎
		鋼	08	0.8	右岸	上流側	3.2	◎
	羽山橋	コンクリート	1.1	0.0	左岸	上流側	4.9	◎
高野川	高野二号橋	コンクリート	1.1	0.0	右岸	上流側	1.3	◎
		鋼	1.5	1.1	左岸	上流側	2.2	◎

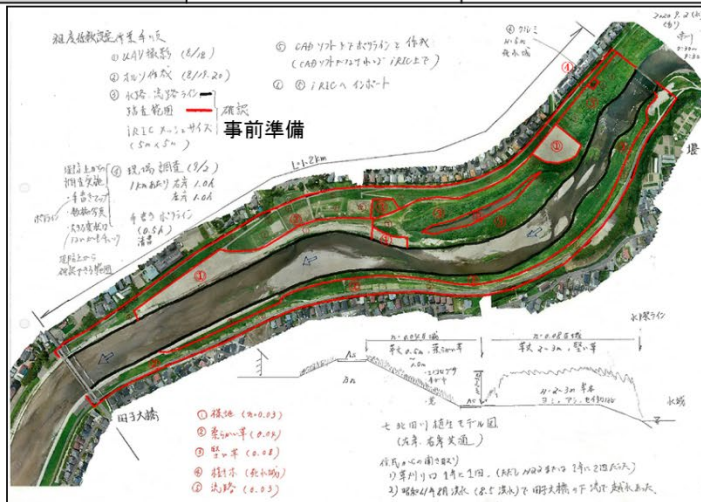
(7) 点群取得から平面二次元不定流解析までの効率化の検討

・点群取得から平面二次元不定流解析までの効率化の検討として「UAV 写真測量データを活用した粗度係数設定の効率化」および「水理計算の精度や効率性に優れた計算メッシュの設定方法の検討」を実施した。

・「UAV 写真測量データを活用した粗度係数設定の効率化」では、UAV 写真測量データ（オルソ画像）を活用することで効率的な地被区分の分類が可能であった。

・「水理計算の精度や効率性に優れた計算メッシュの設定方法の検討」では、水理計算の要求精度を堤防天端高計測精度同様に 5～10cm と仮定し、河道形状、解析精度、解析時間の関係から当該河川では川幅の 1/20 程度の 5m メッシュが最適と考える。

	UAV写真測量	現地踏査(徒歩)	内業(地被区分)	計
作業時間(h)	2.0	2.0	1.5	5.5

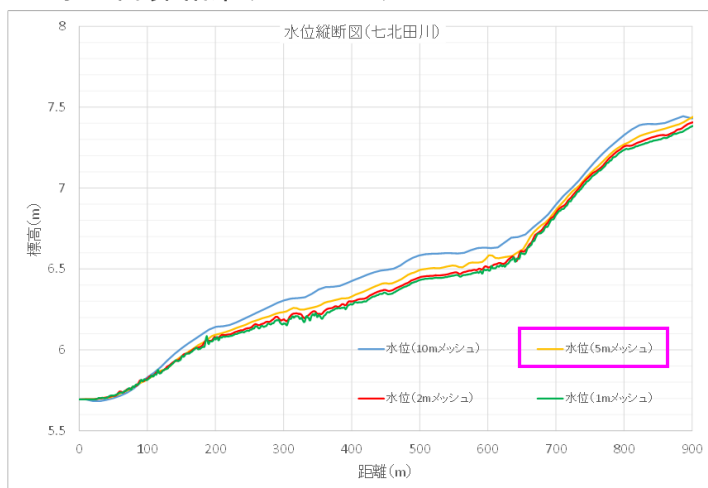


左図のオルソ写真を使った現地踏査の様子

【地被区分】

- ・二級河川七北田川
- ・対象延長: 1km
- ・川幅: 200m
- ・断面形状: 複断面

●水理計算結果(七北田川)



対象河川		ケース②	ケース③	ケース④
		2mメッシュ	5mメッシュ	10mメッシュ
七北田川 (n=9)	水位RMSE (m)	0.02	0.04	0.25
	解析時間比率	0.2	0.005	0.001

※ケース①の解析時間を1とした場合の比率

【「一般研究」の場合記載】

【「FS研究（新規課題）」の場合記載】 【非公表】

⑧研究成果の発表状況・予定

（本研究の成果について、論文や学会への投稿等又はその予定があれば記入して下さい。）（以下記入例）

- ・これまでに発表した代表的な論文
- ・著書（教科書、学会抄録、講演要旨は除く）
- ・国際会議、学会等における発表状況
- ・主要雑誌・新聞等への成果発表
- ・学術誌へ投稿中の論文（掲載が決定しているものに限る）
- ・研究開発成果としての事業化、製品化などの普及状況
- ・企業とのタイアップ状況
- ・特許など、知的財産権の取得状況
- ・技術研究開発成果による受賞、表彰等

①論文

市川健，齋藤正徳，那須野新，天谷香織，佐藤慶治，檜舘晋，山田和宏，佐々木史恵，池内幸司：
UAV 写真測量を用いた植生が繁茂した中小河川の河道形状把握手法の開発，河川技術論文集，第 26 巻

②論文

市川健，齋藤正徳，那須野新，天谷香織，橋本雅和，池内幸司：
UAV 写真測量計測精度に着目した中小河川堤防高把握手法の開発，河川技術論文集，第 27 巻

【「一般研究」の場合記載】

⑨研究成果の社会への情報発信

（ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。）

研究成果を論文として整理し、当社（株式会社 復建技術コンサルタント）ホームページ上で情報発信する。

<https://www.fgc.jp/>

【「一般研究」の場合記載】

⑩表彰、受賞歴

（単なる成果発表は⑧⑨に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。）

令和元年 12 月.国土交通省「令和元年度 i-Construction 大賞 優秀賞」受賞
（中小河川維持管理用ソフトウェア『e-River』の開発）

【「一般研究」の場合記載】

⑪研究の今後の課題・展望等

（研究目的の進捗状況・達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や河川政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。）

【課題・展望】

- ・公共測量作業規定とは切り離れた中小河川計測時のルールづくり（精度や簡素化の統一）
（中小河川維持管理マニュアル作成）
- ・流下能力評価のアウトプットの統一化（フォーマットの標準化）
- ・観測頻度の設定（5 年～10 年）
- ・道路上空、鉄道上空、住宅近接範囲等での飛行許可の簡素化
- ・歩掛りの設定
- ・国から自治体へ研究成果活用の情報提供（このような研究成果があるので活用することも有効）

【「一般研究」の場合記載】

⑫研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、河川政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

令和2年度水管理・国土保全局関係予算概要 pp47・48 (令和2年1月国土交通省水管理・国土保全局) には下記のような事業 (R2～R6、4,900億円) がある。自治体がこれらの事業申請や事業計画を行う場合、河川台帳や流下能力の把握が必要となる。多くの自治体では、現状として河川台帳が未整備で流下能力も把握できていない。安価で簡便に河川台帳を整備し、かつ流下能力の評価を行うためには、当該研究成果をダイレクトに実務に反映できると考えている。

都道府県等が管理する河川等に対する支援の充実(河道掘削の例)

○台風第19号等の災害を踏まえ、地方公共団体が実施する河道掘削等について、計画的・集中的な整備を促進

改修工事として実施する河道掘削等

洪水時の河川水位の低下を図るために河川改修として実施する土砂掘削等



維持管理として実施する河道掘削等

定期的な点検等を踏まえ、適切な河道断面を維持するために実施する土砂掘削等

