

チーム FALCON¹

一般財団法人河川情報センター
朝日航洋株式会社
アジア航測株式会社
ルーチェサーチ株式会社

本邦初！～ドローンによる水中レーザー測量システムおよび 低価格の陸上レーザー測量システムの現場実証試験報告～

(国土交通省 革新的河川管理プロジェクト「陸上・水中レーザードローン」中間報告)

一般財団法人河川情報センター²、朝日航洋株式会社³、アジア航測株式会社⁴、ルーチェサーチ株式会社⁵の4社は、国土交通省の「革新的河川管理プロジェクト（第一弾）」に「チーム FALCON」として参画し「陸上・水中レーザードローン」の共同開発を進めています。

現在、ドローンの利活用は測量の分野においても注目を集めています。特に、河川管理の現場などでは川底の地形測量に対するニーズが大きく、ヘリコプターに搭載される航空レーザー測深器(ALB : Airborne LiDAR Bathymetry)の一層の小型化やドローンの性能向上が進むことで、ドローンによる機動的な水中測量の実現が待望されているところです。また、陸上部を測量する近赤外レーザー機器は、小型化が進んでドローンへの搭載が可能となっていますが、機材が高価であることが普及のネックとなっています。

こうした状況を踏まえて、チーム FALCON は、グリーンレーザー測量機器をドローンに搭載した本邦初の水中レーザー測量システム（以下水中ドローン）、及び低価格の陸上レーザー測量システム（以下陸上ドローン）を開発し、国土交通省の現場をお借りして実証試験に成功しました。

今回のプロジェクトで新たに開発した技術と実証試験の概要について報告します。

1. 現場実証試験における技術開発の概要

▶ グリーンレーザー測量機器を搭載して安定的に飛行できる国内唯一のドローンを開発

国内で初めてとなる、重量の大きいグリーンレーザー計測機器を搭載し、安定的に飛行することが可能なドローン「SPIDER-LX8」を、ルーチェサーチが開発しました。

また、SPIDER-LX8 をさらに小型化・軽量化して低価格の陸上レーザーの搭載に適したドローン「SPIDER-UD8」を開発しました。

表 1 SPIDER-LX8 の開発内容

開発重視項目	ポイントとなる性能
強度と軽量化の両立	<ul style="list-style-type: none"> 機体の設計・製造でカーボンモノコック形状による剛性の確保（世界初） 部品点数を極力減らすことでメンテナンス性を向上 重心位置の最適化により振動・揺れを抑制（高精度な測量に寄与）
搭載重量のアップ	<ul style="list-style-type: none"> 25kg の飛行搭載重量を実現（従来比 5 倍以上）
安定した飛行性	<ul style="list-style-type: none"> 18 分の飛行時間を実現（重量物搭載時） 風速 20m/s 下での安定測量を実証
高い運用性	<ul style="list-style-type: none"> 普通自動車で折りたたみせずに運搬可能（折りたたみ構造は強度面で脆弱） 地上レーザーと水中レーザーを短時間で交換可能（数分程度） 機体情報の 2 重通信（PC・コントローラー）確保による安全性確保

¹ 当開発チームの名称は、チームを構成する F（河川情報センター）、A（朝日航洋、アジア航測）、L（ルーチェサーチ）の緊密な連携（CONNECTION）と、俊敏な動きで空を飛ぶハヤブサにドローンのイメージを重ねて「FALCON」としました。

² 本社：東京都千代田区、理事長：布村明彦 ³ 本社：東京都江東区、代表取締役社長：尾暮敏範

⁴ 本社：東京都新宿区、代表取締役社長：小川紀一郎 ⁵ 本社：広島県広島市、代表取締役社長：渡辺豊

表2 SPIDER-LX8、SPIDER-UD8の主な仕様

項目	SPIDER-LX8 (水中)	SPIDER-UD8 (陸上)
ロータ数	8枚 (上下4枚)	8枚 (上下4枚)
機体重量 (バッテリー含む)	19kg	11kg
最大離陸重量	80kg	50kg
外形寸法	1200×1100×700mm	900×900×450mm
対角サイズ	1634mm	1272mm
駆動電圧	50V	50V
プロペラ	30inch	22inch
飛行時間	最大18分	最大14分



▶ **ドローンによる水中測量データを短時間で処理できるソフトウェア開発**

データ解析における効率の改善を図るため、チーム FALCON とレーザー測量機器メーカーのリーグルジャパン株式会社は、多くの長所を有するソフトウェアを共同で開発しました。

- ・ 低反射のエコー波形処理の平均化による測深性能の向上
- ・ 水中測量データに多く含まれるノイズを高精度で除去
- ・ その他 (屈折率を考慮した補正、より短い処理時間、データ処理の効率化等) を国内の河川に適した仕様でチューニング

▶ **ドローンによる計測を効率的に実施できる操作手法を開発**

ルーチェサーチは、飛行テストをとおして、ドローンによる計測やデータ処理を効率的に実施できる操作手法を開発しました。

- ・ 水中レーザーの特性に合った飛行ルートの設定方法 (飛行高度等)
- ・ 良好な基線解析処理を行うことができるルートの設定手法 (旋回方法等)

2. 現場実証試験の概要

(1) 実施概要

水中ドローンおよび陸上ドローンの現場実証試験は、平成29年12月に利根川(埼玉県栗橋地先)で実施しました。

新たに開発した大型ドローン (SPIDER-LX8) の飛行性能テストを9月に行った上で、小型化されたグリーンレーザー測量機器 (Riegl社製 BDF-1) を SPIDER-LX8 に搭載し、水中 (水底) と陸上 (堤防・河川敷) の横断形状を一体的に測量しました。

また、低価格の陸上ドローン (SPIDER-UD8 に Riegl社製 miniVUX-1UAV を搭載) で河川敷や堤防形状の面的な測量を行いました。

現場実証試験は風速 10m/s 前後の強風下で行われましたが、SPIDER-LX8、SPIDER-UD8 のいずれも所定の測量成果をあげることができました。

表3 使用機材と計測内容

実施時期	ドローン名 ^{*1}	レーザー機器名 ^{*2}	計測内容
9月	SPIDER-LX8	VUX-1UAV ^{*3} (近赤外レーザー)	・開発ドローンの飛行性能確認
12月	SPIDER-LX8	BDF-1 (グリーンレーザー)	・陸上および水中を対象とした計測
	SPIDER-UD8	miniVUX-1UAV (近赤外レーザー)	・陸上を対象とした計測

*1: ルーチェサーチ社製、*2: リーグル社製

*3: 低価格版陸上レーザーと比較するため、リーグル社製 VUX-1UAV を搭載し計測した

表4 センサー仕様

項目		水中レーザー	陸上レーザー
		BDF-1	miniVUX-1
レーザー 測距機能	最大パルスレート	4kHz	100kHz
	最高測定飛行高度	50m	100m
	ビーム広がり角	20mm@20m	1.6×0.5mrad
	レーザー安全クラス	クラス2M	クラス1
	外形	140×179×448 mm	242×110×85 mm
	重量	約5.3kg	約1.6kg
慣性機能	ローリング/ピッチング	0.025 deg	0.015 deg
	ヘディング	0.080 deg	0.035 deg
	速度	0.015 m/s	0.01 m/s
	出力レート	200Hz	200Hz



水中ドローン（準備）



水中ドローン（計測中）



水中ドローン（着陸時）

実証実験の様子

(2) 測量成果

① 水中ドローン

水中ドローンは、飛行高度などの条件を変えて河川を横断方向に複数回飛行し、水底及び陸上部を連続して測量しました。測量の成果は、ほぼ同時期に実施した有人機 ALB の測量成果と概ね合致しており、川の最深部（深さ約 2m）まで測量されていることが確認できました。測量の密度は、水部、陸部ともに約 10cm に 1 点（対地高度：水面から 40m）で、これは横断形状の把握に十分な密度と考えられます。

② 陸上ドローン

陸上ドローンでは、堤防や高水敷の面的な測量を行いました。測量範囲の中に設定した検証点における測量値を、同じ日にトータルステーションで測量した値と比較したところ、較差の平均値は、高さ方向で 0.4mm、水平方向で 31.6mm であり、既存の基準⁶に照らして陸上ドローンによる測量成果が十分な精度を有していることが示されました。

測量密度は、平均 108 点/m²（対地高度：高水敷から 100m）で、詳細な地形形状を捉えることが可能です。

図-1 に、水中ドローンと陸上ドローンによる測量成果を、一つの画面に合成したものを示します。

表5 検証点 精度検証結果

	実測値との較差 (mm)		検証点数
	平均値	最大値	
高さ方向	0.4	30.0	6
水平方向	31.6	33.7	2

* 対地高度：高水敷から100m、速度4m/s

調整用基準点は4点

⁶ 無人航空機搭載型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）（案） 平成 29 年 3 月 国土交通省

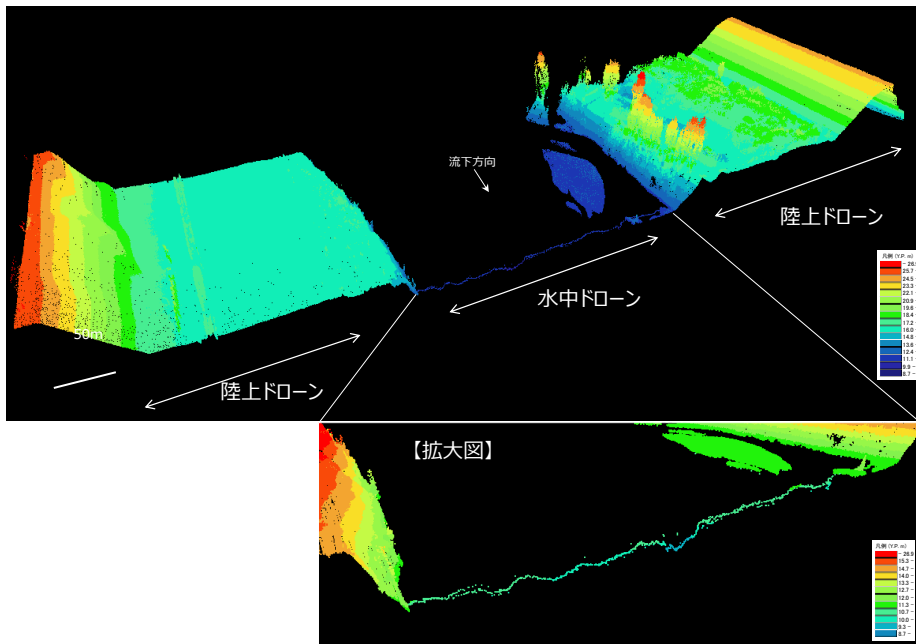


図1 陸上/水中ドローンによる計測結果（鳥瞰図）

3. 今後の展望

今回の現場実証試験では、水中ドローンおよび低価格の陸上ドローンの、いずれも実際の現場で一定の測量成果を得ることができました。実証試験において開発された技術は、これからの河川管理の現場におけるドローンの利活用や普及に寄与することが期待されます。

チーム FALCON では、今後、他の測量手法との比較分析などを通じて、ドローンによるレーザー測量の長所や限界を整理し、ドローンによる測量が最も効果を発揮する場面、及び効果を発揮させるための運用手法等に関する検討を進めてまいります。



【お問合せ先】



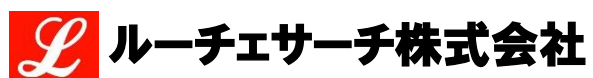
河川情報研究所 研究第3部
 TEL : 03-3239-8171 FAX : 03-3239-8174
 E-mail : frics@river.or.jp
 http://www.river.or.jp



商品化推進室
 TEL : 049-256-7862 FAX : 049-244-4844
 E-mail : <https://www.aeroasahi.co.jp/contact/spatial/>
<https://www.aeroasahi.co.jp/>



経営本部 経営企画部（広報）
 TEL : 044-969-7290 FAX : 044-965-2596
 E-mail : service@ajiko.co.jp
<http://www.ajiko.co.jp>



TEL : 082-209-0230
 E-mail : info@luce-s.jp
<https://luce-s.net/>