

無人航空機を活用した橋梁点検分野 成果報告

会津大学 中村啓太

無人航空機を活用した橋梁点検分野に関する性能評価講座

2021/02/16

2018-2019年度内容

❖ 2018年度

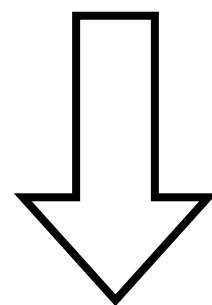
- ❖ 講座ガイダンス（Disaster City, NIST-STM紹介）
- ❖ 橋梁の基礎知識，橋梁点検のポイント
- ❖ 橋梁点検のための無人航空機性能評価手順書が公表されるまでの過程紹介

❖ 2019年度

- ❖ 橋梁点検のための無人航空機性能評価手順書の理解
- ❖ 実習時の安全管理，リスクアセスメントの考え方
- ❖ NIST-UAV-STMの紹介

2020年度スケジュール

- ❖ 5月27日：会津大学関係者のみでのリハ
- ❖ 8月4～5日：MSTC，福島RTF，会津大学関係者のみリハ
- ❖ 9月1～4日：本番グループ1
- ❖ 9月15～18日：本番グループ2



Covid-19の影響でリスケ
関係者のみで試験実施

- ❖ 9月14～16日：関係者のみで実施 → 天候不良で実施延期
- ❖ 9月24～25日：関係者のみで実施 → 台風で実施延期
- ❖ 12月7～9日：関係者のみで実施

実施試験スケジュール

- ❖ 2組織に試験依頼（プロドローン，ゆめサポート南相馬）
 - ❖ 副主任講師 株式会社 富士通研究所 佐藤均 氏，
株式会社 プロドローン 市原和雄 氏も参加
- ❖ 12/7（プロドローン）
 - ❖ テスト飛行
- ❖ 12/8（プロドローン，ゆめサポート南相馬）：コンクリート橋
 - ❖ テスト飛行，安定性能評価試験，データ取得性能評価試験
 - ❖ 実験感想，改訂に向けた議論
- ❖ 12/9（プロドローン）：鋼橋
 - ❖ テスト飛行，安定性能評価試験，データ取得性能評価試験

試験結果

- ❖ 動画まとめ(YouTubeリスト) : <https://bit.ly/3a2JET3>
- ❖ 諸元
- ❖ 安定性能評価試験
 - ❖ 風速（最大値，平均値，最小値）
 - ❖ 位置情報
 - ❖ モーションキャプチャ運用できなかったため
位置情報保存はできなかった
- ❖ データ取得性能評価試験
 - ❖ データ取得網羅率，
 - ❖ 風速（最大値，平均値，最小値）
 - ❖ ミッション時間（準備，飛行時間，撤収）

試験結果 | 基本諸元

2020-12-08/09 橋梁点検試験					株式会社プロドローン	株式会社ゆめサポート
仕様	本体	品目		PD4-ST05		
		製造元		株式会社プロドローン		DJI
		型式		PD4-ST05		Phantom 4 Pro
		プロペラ枚数[枚]		4		4
		質量（バッテリー込み）[kg]				1.4
		外形寸法 [mm]		縦：900（プロペラ伸長時） 横：900（プロペラ伸長時） 高さ：430		
		最大巡航速度 [m/s]		15		
		ユーザーインターフェース		プロポ		プロポ
		詳細URL				https://www.dji.com/jp/phantom-4-pro
	制御	通信方式	制御用	無線2.4GHz, 通信距離5000m		無線2.4GHz
			映像用	無線2.4GHz, 通信距離5000m		無線2.4GHz
		飛行制御		内蔵バッテリー（飛行時間25分）		内蔵バッテリー（飛行時間20分）
	給電	方式		無し		
	機能	衝突防止		無し		有り
		機体位置情報付与		無し		有り
		防水		無し		無し
		画像自動判定		無し		無し
	撮影機器	品目		HERO7 Black		
		製造元		GoPro		
		形式・撮像素子サイズ		4K60 / 1080p240 12MP		
		レンズ [mm]				
		記録画像格納方法		内蔵メモリカード		内蔵メモリカード
		撮影位置情報付与		無し		無し
		ストロボ		無し		無し
	動作環境温度 [°C]		テスト機のため未定			
	動作風速条件 [m/s]		テスト機のため未定			
	作業必要人数 [人]		1			1
設定	本体	GPS		不使用		不使用
		磁気センサ		使用		不使用
	撮影機器	撮影方式		静止画・動画		動画

試験結果 | 風速測定

安定性能評価試験						
日付	組織名	回数	箇所	瞬間最大風速[m/s]	平均風速[m/s]	最小風速[m/s]
12/8	プロドローン	1	コンクリート橋脚	6.4	5.0	3.7
		2		4.9	3.5	2.0
		3		7.4	2.8	0.7
	ゆめサポート	1		5.8	3.5	1.8
		2		4.7	3.4	1.7
		3		5.3	2.9	0.7
12/9	プロドローン	4		4.8	2.1	0.5

データ取得性能評価試験（風速）						
日付	組織名	回数	箇所	瞬間最大風速[m/s]	平均風速[m/s]	最小風速[m/s]
12/8	プロドローン	1	コンクリート橋脚	5.3	3.9	1.9
		2		5.2	3.2	1.8
		3		5.0	2.2	0.9
	ゆめサポート	1		5.0	3.6	2.2
		2		5.8	4.0	2.6
		3		5.2	2.4	0.5
12/9	プロドローン	4	鋼橋 桁1	3.2	1.1	0.0
		5	鋼橋 桁2	4.3	1.3	0.0
		6	コンクリート橋脚	2.5	1.0	0.0
		7	コンクリート橋桁1	3.4	1.6	0.0
		8	コンクリート橋桁2底面	3.1	1.5	0.0
		9	コンクリート橋桁2側面	3.2	1.5	0.0

試験結果 | ミッション時間測定

データ取得性能評価試験（ミッション時間）								
日付	組織名	回数	箇所	機材搬入時間	機材準備時間	飛行時間	機材撤収時間	合計
12/8	プロドローン	1	コンクリート橋脚	17秒06	51秒75	1分 50秒	11秒	3分9秒81
		2		14秒25	1分19秒34	1分 58秒	15秒31	3分46秒90
		3		15秒12	46秒38	1分 52秒	15秒28	3分8秒78
	ゆめサポート	1		12秒66	49秒60	2分 42秒	15秒	3分59秒26
		2		12秒75	49秒38	3分 33秒	13秒35	4分48秒48
		3		10秒81	1分 2秒	3分 14秒	11秒75	4分38秒56
12/9	プロドローン	4	鋼橋 桁1	10秒	52秒81	3分 5秒	13秒03	4分20秒84
		5	鋼橋 桁2	13秒	41秒53	4分 8秒	13秒41	5分15秒94
		6	コンクリート橋脚	17秒36	1分2秒93	1分46秒31	15秒97	3分22秒57
		7	コンクリート橋桁1	9秒63	54秒87	2分 41秒	17秒97	4分3秒88
		8	コンクリート橋桁2底面	9秒41	46秒62	2分 55秒	13秒25	4分4秒28
		9	コンクリート橋桁2側面	10秒50	52秒12	3分 35秒	24秒50	5分2秒12

人材育成講座に関する課題

1. 講座自体は短期集中型（3日程度）が望ましい
 - ❖ 3日であれば人材育成講座をパッケージ化できる
 - ❖ 人材育成をより速く，より広めることができる
 - ❖ 1日目：座学
 - ❖ 2日目：座学，安全講習，現地リハーサル
 - ❖ 3日目：性能評価試験，グループディスカッション，フィードバック
2. 評価試験に書かれている内容に準拠した各種試験を
福島RTF試験用橋梁で行い，その様子がわかる動画を作成する
 - ❖ 手引書が福島RTF試験用橋梁準拠になってないため，
どのように試験を実施して良いか分からない

人材育成講座に関する課題

3. 性能評価手順書の目的をはっきりさせる

A. 様々な橋梁で適用できるように、
福島RTFの試験用橋梁での試験方法を
一例とした内容として記載（試験方法の考え方がメイン）

- ① どのように試験方法の考えを実際に適用する方法例を
手順書に追記する必要がある
- ② 試験者は福島RTF保有の機材を所持しているとは
限らないため、代替案の機材の説明も必要である

人材育成講座に関する課題

3. 性能評価手順書の目的をはっきりさせる

B. 手順書を一読して，福島RTFの試験用橋梁での試験を計画・実施できるような内容にする

（福島RTFの試験用橋梁での試験がメイン）

- ① どのように試験方法の考えを福島RTF試験用橋梁に適用する方法例を手順書に追記する必要がある
- ② 福島RTF保有の機材の説明も書く必要がある
- ③ 試験監督者を担保する

❖ NISTは専門家が試験に同行するため，アドバイスを受けることができる

人材育成講座に関する課題

4. 福島RTFでの性能評価結果がどのような結果であれば、
橋梁点検に有用であるか明確な指標がないと運用が困難
- ❖ 福島RTF試験用橋梁で取得したデータを比較するための
テストデータ取得
 - ❖ モーションキャプチャ，トータルステーションによる
正式なスタート地点，テストピースの位置情報取得
 - ❖ 点検支援技術 性能カタログなどに掲載されている
機体で計測したデータの公開
 - ❖ 取得した試験データの保存および公開
 - ❖ 記載項目，条件など多すぎるため，
一目で性能を判断できるような可視化方法が必要

人材育成講座に関する課題

5. 認知度を上げるために，福島RTF試験用橋梁での各種試験様子の説明紹介をホームページや動画として公開



性能評価書改訂の方向性

❖ 最終レポートまとめ（手順書改訂に向けた意見）に対する考え

1. 全体として

❖ 福島RTF試験用橋梁での試験実施例を記載

❖ 性能評価試験の一連の初期条件，性能評価結果

❖ ミッションプロファイルの作成から，UAV試験， 測定データ取得から性能評価結果表の作成まで

❖ 作業者の役割についても規定

❖ 試験実施者が行う具体的な作業

性能評価書改訂の方向性

2. 風速測定に関して

- ❖ 風速測定を行う場所を明確にする
- ❖ 定量的な計測，再現性を必要とするのであれば，福島RTF風洞棟で安定性能評価試験を行う



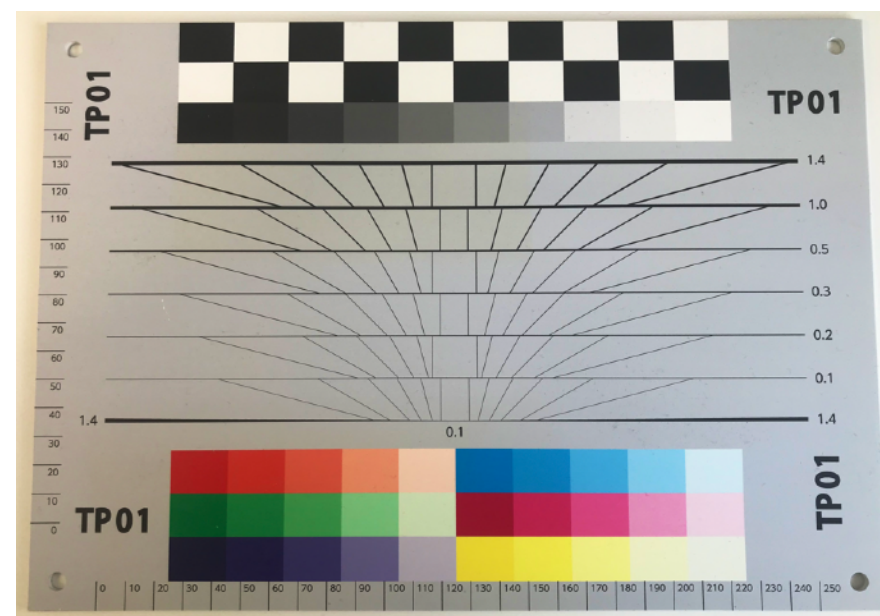
性能評価書改訂の方向性

3. プロペラガードに関して

- ❖ 実務に沿った観点や安全性の観点から，機体にはプロペラガードの装着を必須にするべきだと考える

4. 近接画像取得性能試験に関して

- ❖ 福島RTF試験用橋梁に埋め込まれているマーカーと近接画像性能評価のテストピースを併せて使用するべきだと考える



性能評価書改訂の方向性

5. 打音取得性能試験に関して

- ❖ コンクリートの浮きについて，打音による診断方法の他，赤外線カメラで取得した熱画像により診断する方法も検討するべきある

6. 安定性能評価試験に関して

- ❖ 計測機器としてトータルステーションを使うべきである
- ❖ 目標位置の取得をどのようにするかを記載するべきである
- ❖ 位置情報だけではなく，フライトログと照らし合わせる必要がある

性能評価書改訂の方向性

7. 安全対策に関して

- ❖ UAVが橋梁と接触する危険性が高く、直下には操縦者もいるため、安全対策が必要
- ❖ 国土交通省航空局の「無人航空機（ドローン、ラジコン機など）の安全な飛行のためのガイドライン」が参考になると考える <https://www.mlit.go.jp/common/001202589.pdf>
- ❖ 操縦者と連絡が取れるように、拡声器やトランシーバーの運用を促し、当事者および第三者の安全を優先する注記を加える
- ❖ 悪天候による、性能評価試験実施見送りや中断の際の基準を明確にしておく必要がある

性能評価書改訂の方向性

8. 福島RTFに関して

- ❖ 手順書に記載されている送風機の使用の仕方、データの取り方や数値の処理の方法が福島RTFでの具体例として手順書に記載されるべき
- ❖ モーションキャプチャ装置の運用・設置方法の説明が手引書や福島RTFホームページなどで記載させるべき
- ❖ モーションキャプチャ装置の運用やその指導を行えるスタッフがいると良い
- ❖ スタッフはどこまで手伝ってくれるのかの提示
- ❖ 試験終了後、測定結果を二次加工できるデータ形式で提供されるのが望ましい

性能評価書改訂の方向性

8. 福島RTFに関して

- ❖ 橋梁の上部と下部にデジタル風速計を設置することやデジタル時計の設置が望ましい
- ❖ 橋梁点検の訓練を実施するためのUAVの貸し出しサービスの提供
- ❖ 施設利用者にはひびわれマーカなどの配置を含む図面データが提供されると良い
- ❖ RTFの施設利用に関して、いつ、どの施設か使えるか、どの施設の予約が埋まっているか等の施設の利用状況をホームページでの公開

性能評価書改訂の方向性

8. 福島RTFに関して

- ❖ 性能評価試験依頼サービス

- ❖ UAV性能評価の項目や手順がメニュー化され、
「機体を送付することで、RTFでの評価試験結果送付」
などの利用形態が可能であれば、遠方の開発型企业も、
RTFを活用しやすいと考える

国際標準化案に関しての方向性

1. NISTが公開した『Embed 20 Targets into ANY Scenario Training and Evaluation』に示している「20 Visual/Color Acuity Target」を福島RTF試験用橋梁の決められた位置に貼り付けることで、NIST準拠の性能評価試験が可能
 - <https://www.nist.gov/el/intelligent-systems-division-73500/standard-test-methods-response-robots/aerial-system>
2. マーカ付近に光源を設定することで、夜間での橋梁点検性能評価試験に応用できる
 - <https://www.nist.gov/el/intelligent-systems-division-73500/standard-test-methods-response-robots/aerial-system>
3. 近年のドローン性能向上により、センサ単独試験も考慮すべきであり、NISTが提唱しているセンサ性能評価試験も応用可能であると考える
 - <https://www.nist.gov/image/sensorspng>

性能評価手順書の新たな応用分野

1. NISTが公開しているImplementing Standard Test Methodsに示されているCombine and SequenceやEmbed into Scenariosなどで求められる長時間フライトを使用した試験に応用可能
 - ❖ 本講座はドローン性能向上が主目的であり、オペレータ操作能力はある程度担保されている
 - ❖ 第三者上空飛行のための無人航空機の性能評価手順書との兼ね合い

性能評価手順書の新たな応用分野

2. UAV使用した性能評価試験では、橋梁点検に
焦点を当てられていたが、インフラ点検や災害対応に活用する
「ロボット性能評価手順書」で採り上げられている
「ダム・河川点検」対応、
「トンネル災害・プラント災害」対応にも応用できる
3. 受講者レポート分析から、以下の応用例が考えられる
 - ❖ UAVによる建築物（マンションやビル）点検に伴う
性能評価試験
 - ❖ UAVの機体が目視できない状況での性能評価や
小型UAVしか進入できない場所の性能評価試験
 - ❖ 橋梁舗装面側を用いた性能試験



福島RTF試験用橋梁舗装面