

交通運輸技術開発推進制度
令和元年度業務実績説明書

令和2年3月

一般財団法人 日本海事協会
株式会社 ClassNK コンサルティングサービス
国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
ブルーイノベーション株式会社

研究成果要約

作成年月	令和 2 年 3 月
研究課題名	海洋分野の点検におけるドローン技術活用に関する研究
研究代表者名	赤星 貞夫
研究期間	平成 31 年 4 月 10 日～令和 2 年 3 月 31 日
研究の目的	海洋分野である船舶、洋上風車、港湾施設の点検において、ドローンを効果的に活用し、目視確認の代替又は支援を行うことで、点検作業の負担を軽減させることが可能となることを確認し、コスト低減、安全性向上、作業効率の向上など総合的な維持管理の高度化を目指す。
研究成果の要旨	1. 船舶貨物艙の点検 昨年度の研究結果を元に、就航船での飛行テストを実施した。使用した機体は LIDAR 式の自動制御機に加えて、ステレオカメラを搭載した機体のテストも行った。テストの結果、LIDAR 機に関しては新造船でのテストと同様の結果が出たが、ホールド内の粉塵の影響でセンサーにエラーが発生した。また、ステレオカメラ機はハッチオープン状態では良好な結果が得られたが、ハッチクローズ状態では光量不足で飛行が出来なかった。 2. 洋上風車におけるブレードの点検 茨城県神栖市の洋上風車を用いて、近接ブレード目視点検を代替可能な高精細カメラを用いた実証実験を行い、効率的なドローン点検の方法を策定するとともに、当該結果を発電事業者の方へ説明するなどして、商業利用のための課題等についても明らかにした。また、洋上飛行に係る緊急時対応のための措置や、関係官庁等の手続等についても調査、実施した。 併せて、雷撃による微小な損傷をより確実に検知するための技術として、偏向材料を用いた検知方法について、模擬落雷実験を行い、本件利用に適した偏向材料の選定のための基礎データを得た。 3. 港湾施設における消波ブロックの移動量調査 昨年度に引き続き RTK-GNSS 搭載型ドローンによる消波ブロックの測量精度を明らかにするとともに、高波による越波災害時の浸水範囲、浸水量の推定法を検討した。これらの結果をもとに台風 15 号による浸水調査を実施し、横浜地区の浸水範囲等、その被害実態を明らかにした。
知的財産権 取得状況	なし
研究成果発表実績	論文発表:国内 2 件、海外 0 件 口頭発表:国内 4 件、海外 0 件

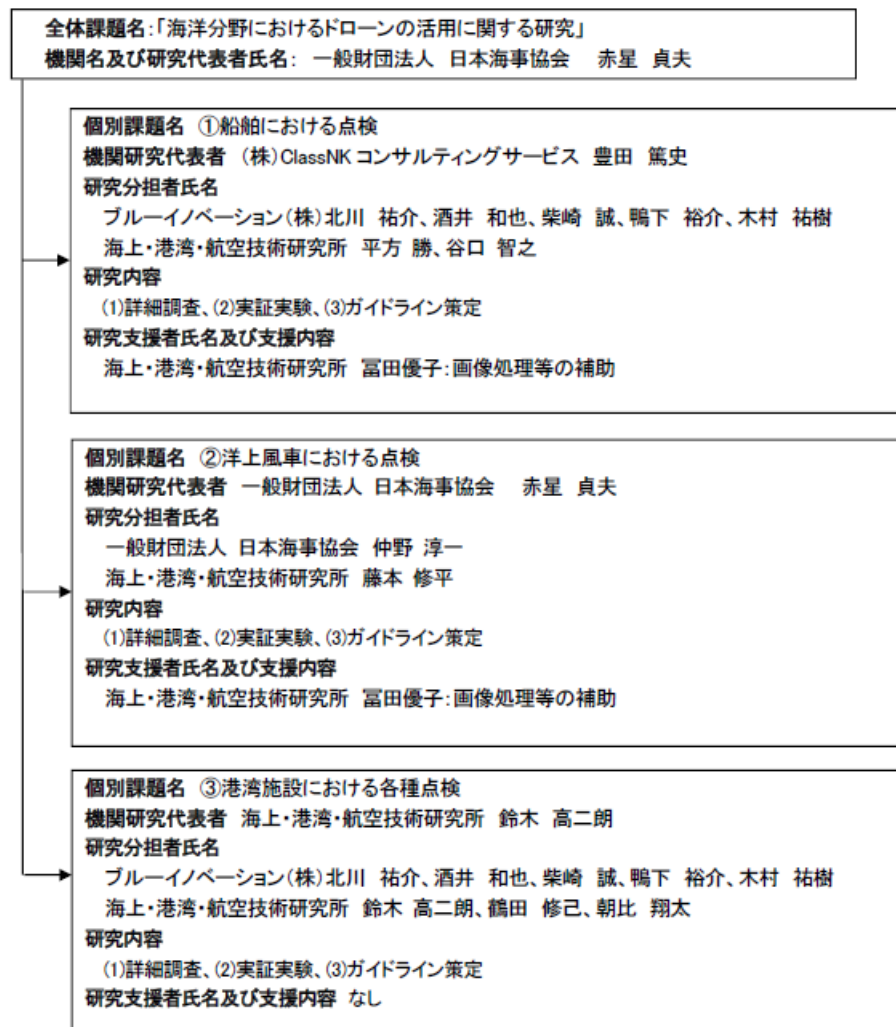
研究開発の目的と実施体制

研究開発の目的

海洋分野である船舶、洋上風車、港湾施設の点検において、ドローンを効果的に活用し、目視確認の代替又は支援を行うことで、点検作業の負担を軽減させることが可能となり、コスト低減、安全性向上、作業効率の向上など総合的に見て維持管理の高度化を目指す。

研究実施体制

本研究は、一般財団法人日本海事協会を総括研究機関とし、株式会社 ClassNK コンサルティングサービス、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所、ブルーイノベーション株式会社と共同して実施した。担当機関の研究実施の流れを示すチャートは以下の通りである。



1. 序論

海洋分野である船舶、洋上風車、港湾施設については、維持管理・安全確保のため、点検・検査を行っているが、今後、新興国等の経済成長に伴う船舶建造量の増大、環境問題に伴う洋上風車の普及促進、港湾施設の老朽化の進展により各種点検作業が増大し、更なる効率化・低コスト化が今後の大きな課題と考えられる。ま

た、各施設等において点検対象が広範囲にわたるとともに足場の悪い場所での高所作業等を伴うこと、また、陸上点検と比べて厳しい気象海象の環境下で作業する必要がある等安全性の課題がある。

他方、各種点検の作業では、労働力不足が深刻化しつつあり、我が国の人口減少・少子高齢化により、生産年齢人口が減少していく中で、今後も労働力確保が厳しい状況が続く見込みである。

そのため、各種点検において、ドローンの活用によって目視確認の代替又は支援ができれば、人による近接目視点検作業の軽減などコスト低減、安全性向上、作業効率の向上を図ることができ、各施設等の維持管理の高度化につながるものと考えられる。平成 30 年度までの研究内容を踏まえて平成 31 年度（～令和元年度）の研究において実施した内容を 2 章以下に説明する。

2. 研究実施内容

2.1 船舶における点検

昨年度の研究結果を元に、実際に運航している船での試験飛行を実施した。

試験に用いた機体は昨年度に安定した飛行を行えた LIDAR 式の自立飛行ドローンに加えて、VisualSLAM 式の自立飛行ドローンによる飛行実験も行った。

2.2 洋上風車における点検

現状で最も高い解像度を有する 1.5 億画素撮像素子カメラを搭載したドローンによって、洋上風車ブレードから 20m の安全離隔距離を保ち、点検に用いることが出来る精細画像が得られるかどうかを空撮実証実験により検討した。昨年度までは陸上の風車を対象に実証実験を実施してきたが、今年度は実際に 2 MW 級の洋上風車を対象として実験を行った。

また、最も重要な点検項目であるブレードの雷撃痕（ピンホール）につき、ドローンによる発見可能性拡大を目指して、FRP 試験板への模擬落雷実験を行い、表面温度や表面状態の視覚的变化等を調査した。

2.3 港湾施設における消波ブロックの移動量調査

これまで行ってきた研究実績をもとに「UAV を用いた高潮・高波・津波直後の港湾外郭施設の初期被災調査に関するガイドライン(案)」を作成した。これは初期調査に関するものであり、「被害状況の概略把握調査」を目的としている。内容を概略する。

UAV による測量には写真測量とレーザー測量があり、ここでは主に写真測量について述べる。また、飛行時の UAV の位置座標が正確に測定できる場合には撮影された写真と UAV の位置情報から写真測量が実施できるのに対し、正確な UAV の位置座標が測定できない場合には測定対象にいくつかの標定点 (GCP: Ground Control Point) を設置して写真測量を実施する。標定点を利用した写真測量では①事前準備・測量計画, ②標定点の設定, ③飛行判断, ④UAV 飛行, ⑤画像解析となる。標定点を利用しない写真測量 (RTK 搭載型 UAV) では①事前準備・測量計画, ②飛行判断, ③基地局設置, ④UAV 飛行, ⑤画像解析となる。

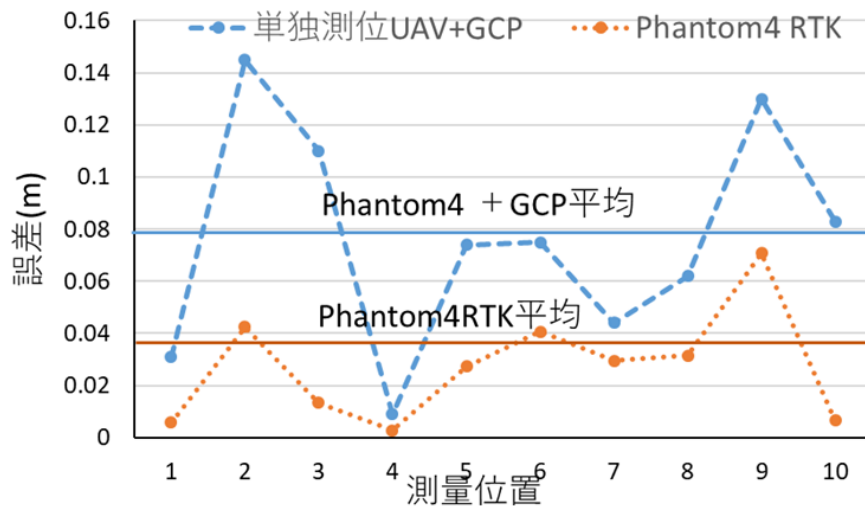


図 2.3.1 測量誤差 (GNSS 測量との比較)

また、実際の台風被災調査において RTK 搭載型 UAV を使用し、被災状況を把握、越波量の推定を行った。
 台風 1915 号により被災した福浦地区において RTK 搭載型 UAV を使用し写真測量を行い、被災状況を調査した。また、地上で行った浸水高調査によって浸水高を求めそれと写真測量を組み合わせることで浸水範囲、越波量の推定を行った。

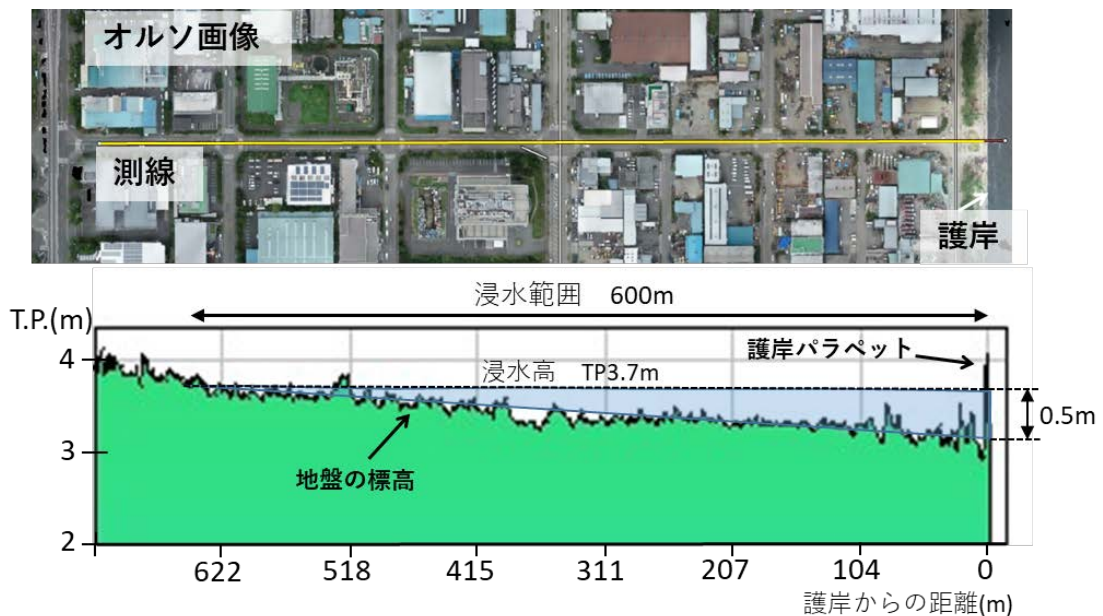


図 2.3.2 福浦地区における地盤高の測定と浸水高の推定

3. 結論

平成 30 年度の予備実験結果から得られた課題を整理し、実証実験(予備実験含む)を通じて以下の知見と課題が得られた。

① 船舶における点検

試験の結果、LIDAR 式ドローンのテストでは当初は予定通りの良好な飛行が行えていたが、徐々にセンサ機能が低下する事態が発生した。試験後にセンサを分解した結果、内部に粉塵が入り込んでおり、除去することでセンサが正常に戻ったため。飛行時に巻き上げた粉塵がセンサ故障の原因であることが確認できた。そのため、ドローンを実際に運用する場合においては、ドローン自体が巻き上げた粉塵の中を飛行する必要がある事を念頭に防塵対策など環境に合わせた対策を施す必要性が認識された。ハッチクローズ状態では、昨年同様電波障害により安全のため飛行試験は出来なかったが、前回と異なりセンサ類のデータ確認が実施でき、ハッチオープン状態と変わらない状況が確認できたため、ハッチオープンと同様の飛行は可能であると推定された。

また、VisualSLAM 式の自立飛行ドローンのテストにおいては、ハッチオープンの明るい状態では LIDER 式よりも良好な結果が得られたものの、ハッチクローズの暗い状態ではカメラによる認識が出来ずに飛行が出来なかった。暗所対策として試験環境自体を明るくするほどの光源を持ち込むことは困難であるが、カメラの暗視装置化により暗所での飛行も可能になると思われる。

② 洋上風車における点検

今年度までに実施した実証実験を踏まえ、風車ブレードの効率的な点検方法について考察した。ドローンで撮影が行いやすい風車ブレードの配置や風車ブレードの位置制御時の容易さ等を考慮し、効率的なドローン飛行方法等を考案した。また、洋上での飛行時の安全対策や事前準備等、施すべき対策についても検討した。

加えて、微細なため発見が困難なブレード表面上の雷撃痕を検知しやすくする一手法として、ブレード表面に偏光材料を貼付する方法を検討した。FRP 試験板の表面に偏光材料を貼付して模擬雷撃実験を実施し、印加電流値と試験片表面の破損状態等の関係を調べた。比較的に低い電流値で肉眼による目視では雷撃の痕が発見できない場合でも、偏光フィルタを通した観測により雷撃痕が検出できる可能性が示された。

③ 港湾施設における消波ブロックの移動量調査

被災状況の初期調査についてのガイドラインを作成することが出来た。RTK-GNSS の搭載の有無によりガイドラインの内容を変更し調査時の参考となるようにした。実際に被災地において UAV を使用して調査を行い、高波・高潮の浸水範囲や越波量を調査することが出来た。

4. 知的財産権取得状況

特許出願 0 件

・(発明者、発明の名称、出願日、出願日等を記載)

5. 研究成果発表実績

1) 論文発表

国内 2 件、海外 0 件

川口、鈴木、鶴田:「RTK-GNSS 受信機を搭載した UAV による浸水データの測量に関する研究」、土木学会論文集 B2(海岸工学)、75 巻 2 号、p. I_1297-I_1302

川口、鈴木、鶴田、朝比:「UAV による沿岸域の写真測量の精度の検討」、港空研資料, No. 1360, 24p.

2) 口頭発表

国内 4 件、海外 0 件

平方, 谷口, 馬, 小沢:「損傷画像認識への深層学習の適用について」、日本船舶海洋工学会秋季講演会 (2019)

藤本、山根、櫻井、谷口、赤星:「洋上風車点検へのドローン技術活用の検討」、第 41 回風力エネルギー利用シンポジウムで発表 (2019)

藤本、山根、櫻井、島田、谷口、赤星:「雷撃損傷による風車ブレード表面の温度上昇」、第 65 回理論応用力学講演会で発表 (2019)

朝比、鈴木、川口、高阪、岡崎、鶴田:「RTK-GNSS システム型 UAV を用いた防波堤の 3 次元計測手法の検討」、土木学会年次講演会で発表 (2019)

3) その他 (研究内容報告書、機関誌発表、プレス発表等)

藤本、山根、谷口、櫻井、赤星:「風車ブレード点検へのドローン技術の活用について」風力エネルギー学会誌への寄稿、Vol. 43、No. 4、通巻 132、pp. 605-608 (2020)

6. 参考文献

なし