

検査・点検ロボット運用モデル検討会

中間報告書

1. 背景・目的

1.1. 設立趣旨

ドローンに代表されるように、ロボティクスの検査・点検業務への活用が様々な分野で積極的に検討されている。一方で、こういった新しい技術を業界単位で根付かせるためには、個社による検討ではコストや効率の面でも限界があり、業界としての協調領域をきちんと設計することが必要である。

そこで、検査・点検ロボット運用モデル検討会では、船舶における点検、メンテナンス、検査の視点から、ロボティクスを海事業界で有効的に活用するための運用モデルの検討を行う。業界横断的にロボティクスを使いこなすための方法を議論する場を立ち上げるとともに、ロボティクス関連企業等も業界内の議論に直接的に加わる事で、船舶の点検、メンテナンス、検査の実効性を高め、船舶の安全性向上に貢献することを目指す。

1.2. 活動予定期間

2020年8月～2021年7月

1.3. 活動内容

- ① ロボティクスに関するリテラシーの向上を目的とした情報交換
- ② 海事業界においてロボティクスを商用利用できるためのコンセプトの検討
- ③ 検討会での議論を踏まえた PoC (Proof of Concept)の実施

1.4. 目標とする成果

業界としての協調領域の構築（運用モデルの確立）

1.5. メンバー構成（順不同）

本検討会に参加するメンバーを表1に示す。

表1 メンバー構成

| | |
|--------------------------|---|
| 船会社/船舶管理会社 | 川崎汽船(株)、(株)商船三井、エム・オーエル・シップマネージメント(株)、日本郵船(株)、NYK SHIPMANAGEMENT PTE LTD |
| 修繕ドック | ジャパン マリンユナイテッド(株)因島工場、向島ドック(株)*、(株)三和ドック、常石造船(株) |
| 検査事業者 (板厚計測業者、非破壊検査等) | サンキマリンサービス(株)、テクノス三原(株) |
| 船用機器メーカー | BEMAC(株)** |
| ロボティクス関連企業 | エアロセンス(株)、(株)A.L.I. Technologies、(株)日立システムズ、(株)ジャパン・インフラ・ウェイマーク、東京電設サービス(株) |
| 研究機関 | 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 |
| 船級協会 | (一財) 日本海事協会 |
| オブザーバー | 国土交通省、(株)シップデータセンター |

*2020年12月に脱退

**2020年10月より加入

2. 成果・結果

2.1. シーズ・ニーズの整理

海事業界関係者（船会社、修繕ドック、検査事業者、船級協会）がロボティクス技術に抱くニーズの洗い出しを行った。その結果を別添1に示す。

同様に検討会参加メンバーのロボティクス関連企業が持つロボティクス技術のシーズについても整理を行った。その結果を別添2に示す。

2.2. 修繕ドックにおける就航船の検査現場見学並びに船外飛行試験

ロボティクス関連会社のメンバーに船舶の具体的なイメージをロボティクス関連会社に掴んでもらうことを目的に、修繕ドックに停泊している就航船での現場見学会を開催した。（ご協力：常石造船(株)、ジャパン マリンユナイテッド(株)因島工場）。また、見学と併せてドローンの船外飛行試験も実施した。

2.2.1. 現場見学

修繕ドックに入渠していたばら積み貨物船(50,000DWT級)を見学。見学箇所はカーゴホールド(C/H)、フォアピークタンク(FPT)、ウォーターバラスタタンク(WBT)の3か所である。それぞれの外観写真を図1～3に示す。



図1 C/Hの外観



図2 FPTの外観



図3 WBTの外観

ロボティクス関連企業のメンバーが各見学箇所を感じた所感を以下に記載する。

- C/H：空間が広くかつ高さもあるため、ドローンの検査・点検に適しているのでは。
- FPT：入口が狭いが、中に入ると広い空間が存在しているため、ドローンでもある程度は検査・点検が可能では。ただし、暗所のため照明装置の必要性を感じた。
- WBT：人が入るには狭い空間であることから、人手を介さずロボットで検査・点検できればメリットが大きいことが実感できた。一方、ドローンで飛行させるにはある程度の技量が必要となり、照明も必要となるため、難易度は最も高いと感じた。
- チェリーピッカーや足場を組む高所作業に関して、検査・点検を含めて板厚計測やクリーニングを壁面走行型ロボットで代替できれば良いのでは。この際、船舶内に存在する曲面も走行できれば活用できる範囲が広がるが、走行可能かどうかは実証実験による検討が必要。

2.2.2. 船外飛行実験

表 2 に示すドローンを用いた盤木配置の確認の実現性を探るべく、実際にドローンを用いてドック上空から盤木測量を行った (図 4 参照)。

表 2 盤木配置の確認に対するニーズ (別添 1 より抜粋)

| 対象 | 現状 | (新)ロボティクスへの期待 | ロボティクス化への課題 |
|--------------------------------------|--|---|--|
| 【盤木配置の確認】① 盤木配置図と実際に配置した盤木の整合性の評価 | 個々の船において入渠前にドッキングプランと前回盤木配置図から今回の盤木配置図を作成し、盤木を配置するが、配置図との最終確認は担当者が盤木ピッチや高さを計測して最終確認している。 | ドローンを飛ばし、3次元的に盤木配置を計測し、今回の配置図と比較し、その差をアウトプットし、担当者が確認する。 | 1.ドローンへ3次元的数据が計測可能な機能が付加できるか。 2.盤木配置図を読み込み、計測したデータと比較する機能が必要。 |

測量の精度向上を目的にマーカーを使用 (図 5 参照)。ドック内に 4 つ (盤木の前後方向, 図 6 参照), ドック周辺に 4 つ (前後左右) に配置 (図 7 参照)。ドローンはエアロセンス社のエアロボを使用 (図 8 参照)。

撮影の様子を図 9 及び図 10 に示す。Google Map の航空写真をベースに PC 上で飛行ルートを作成し、そのルートに沿って、GPS 情報をベースに自動飛行させ、30m 程度の高さから撮影を行った。撮影した画像から作成した 3D 化モデルを図 11 に示す。今後は後述するグループ A-1 の活動にて、更なる検証、有効的な活用方法を検討する予定である。

飛行ルート

1 号ドック外から離陸→海側へ移動→ドック内上空へ移動→ドック内上空を山側に向けて移動→ドック内上空を海側へ移動→離陸地点に戻り着陸



図 4 ドック内



図 5 ドック内のマーカー (盤木上に配置)



図6 1号ドック内のマーカー配置 (赤矢印)



図7 ドック周辺のマーカー配置



図8 エアロセンス社製ドローン (エアロボ)



図9 飛行プランの作成



クレーンを避けて
2種類の高度で飛行

地上50m (盤木から60m)
地上10m (盤木から20m)

GNSS対空標識(マーカー)
8点設置

図10 ドローン飛行の様子 (ドック上空)

点群数：149,646,741点(約1億5000万点)



図 11 ドローンによる測量結果から 3D モデル化

2.3. 検討対象の絞り込み

2.1 の整理により、ロボティクス技術に対する船舶の検査・点検のニーズを把握することができた。しかし、これらのニーズを全て検証することは、それぞれ技術的難易度、コスト等に差があることから、議論が発散してしまうため難しい。そこで、最終目的であるロボティクス技術の運用モデル確立の検討まで議論を進めていくために、検討対象を絞り込み、以下のようにグループに分かれて議論を進めることとなった。なお、ドローンに関しては船外飛行と船内飛行により技術的難易度が異なるため、グループをさらに分けている。

【グループ A-1】ドローン：船外飛行

GNSS 環境下である船外でのドローンの活用方法について検討する。具体的な活用方法は、船や修繕ドックでの高所作業の代替、船舶アラウンドビュー、盤木配置の確認等が挙げられる。2.2.2 項にて記述した盤木配置の確認のための飛行実験のように、現在の技術で対応可能なケースが多い。そこで、グループ A-1 ではそれぞれの業務をドローンで代替することのビジネスメリットを検討し、有効的な活用方法に対して PoC を実施する。

【グループ A-2】ドローン：船内飛行

グループ A-1 とは対照に、非 GNSS 環境下である船内でのドローンの活用方法を検討する。適用箇所としては C/H、WBT、エンジンルーム (E/R) 等が挙げられる。非 GNSS 下でのドローン活用の難易度は高く、また、船舶で活用されている事例も少ないため、まずは船内飛行でどこまで対応できるかを検証・整理する必要がある。検証例としては以下が挙げられる。

- ① 操縦性：マニュアル or 自動
- ② 活用箇所：どの場所 (C/H、WBT、E/H) で活用できるか？
- ③ カメラ撮影：狭隘部、暗所が撮影できるか？
- ④ 3D マッピング：3D スキャナの代替が務まるか？
- ⑤ 目視以外の作業性：錆取り・泥落とし、板厚計測、非破壊計測などの作業ができるか？

⑥ データの活用方法：どのように撮影したデータを活用していくか？

上記整理を行い、船内でのドローンの活用方法について明確化した後にグループ A-1 と同様にビジネスメリットの検討を行い、有効的な活用方法に対して PoC を実施する。

【グループ B】 ドローン以外のロボット：配管点検ロボット、マグネット式ロボット、ROV 等

グループ B では配管点検ロボット、マグネット式ロボット、ROV 等のようなロボットを対象に検討を行う。

配管点検ロボットやマグネット式ロボットのような壁面走行型のロボットはすでに発電所等の配管で活躍しており、GNNS 環境に依存せず船内で制御可能な点、板厚計測やクリーニングなどの装置を取り付け可能な点など、ドローンと比較しても有用な部分が多い。そこで、グループ B では発電所等の別分野で活用されている壁面走行型のロボットの船舶への適用性に関して検討する。

また、上記活動と並行して ROV の船底検査への活用方法についても探っていく。

【グループ C】 ステークホルダー間の情報共有

検査データなどの情報のやり取りは現状、紙ベース、メールベースとなっているため、工数が非常に多い。それらの情報をクラウドなどのプラットフォームで共有することのメリットは大きいですが、多数のステークホルダーにまたがる話であるため、実現できていないのが実状である。そこで、グループ C では複数のステークホルダーが参加しているという利点を生かし、ステークホルダー間の情報共有をテーマに、共有したい情報の明確化、また、実現するための課題の明確化をゴールとして検討を進めていく。

上記のように各グループに分かれてそれぞれのテーマを掘り下げていき、PoC に向けた具体的な検討を進めることとなった。

2.4. PoC 案の検討

前節で絞り込んだ検討対象のうち、ドローンの船内飛行に関する PoC 案について検討を実施。以下のような PoC 案の作成を行った。

① C/H 内を複数機種のドローンを用いたマニュアル操縦での飛行・撮影する。

船内飛行の検証方法として検証箇所、操縦方法の組み合わせを考える必要がある。検証箇所の候補としてはニーズの多い C/H、WBT が挙げられ、また、操縦方法はマニュアルと自動の 2 種類ある。実験の難易度を鑑みると、検証箇所は空間の広さの関係から C/H より WBT の方が難易度は高い。操縦方法に関しては、自動では閉囲空間でドローンを自動飛行させるためには GPS に頼らない自己位置推定機能が必要となるため、開発中である自律飛行技術の検証から始める必要があるが、マニュアルでは操縦者の高い技量があれば、既存の機体でも対応可能である。そこで、協議の結果、今回の PoC では最も実現可能性の高い C/H とマニュアルの組み合わせで検証を行う。

② 複数機種のドローンを比較検証することにより、船舶での利用に適した機体を選定する。

暗所の撮影では、ドローンに搭載される照明装置やカメラにより、撮影結果が異なることが考えられる。また、ドローンのサイズにより被写体への近づき方も変わるので飛行条件も変化する。そこで、予め複数のドローンを用意し撮影結果を比較検証することで、船舶での利用に適した機体を選定する。

③ 撮影した写真や動画を含むデータに加工・分析（3D モデル化、AI 診断等）を実施する。

ロボティクス関連企業が持つ技術を活用し、ドローンで撮影したデータに 3D モデル化、AI 診断等

のデータ加工・分析を施し、船舶での実現性を検証する。

④ 将来に向けたドローン検査・点検の運用モデルを検討する。

ドローン検査のプロセスとして(i)飛行・撮影→(ii)加工・分析→(iii)管理・共有、という流れが考えられる。(i)～(iii)のプロセスに関しては、1社が行うのではなく、複数のステークホルダーにより分担される可能性が高い。そこで、今回の PoC では飛行実験のデータを複数のロボティクス関連企業で共有することで(i)～(iii)の流れを模擬し、将来的なドローン運用モデルの検討を行う。また、データ共有のために必要なデータの保存方法や交換方法についても検討を行う。

上記実証実験は、コロナ感染者拡大の影響により現在は実施を見合わせている。状況が落ち着き次第、検証を再開させる予定である。