

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

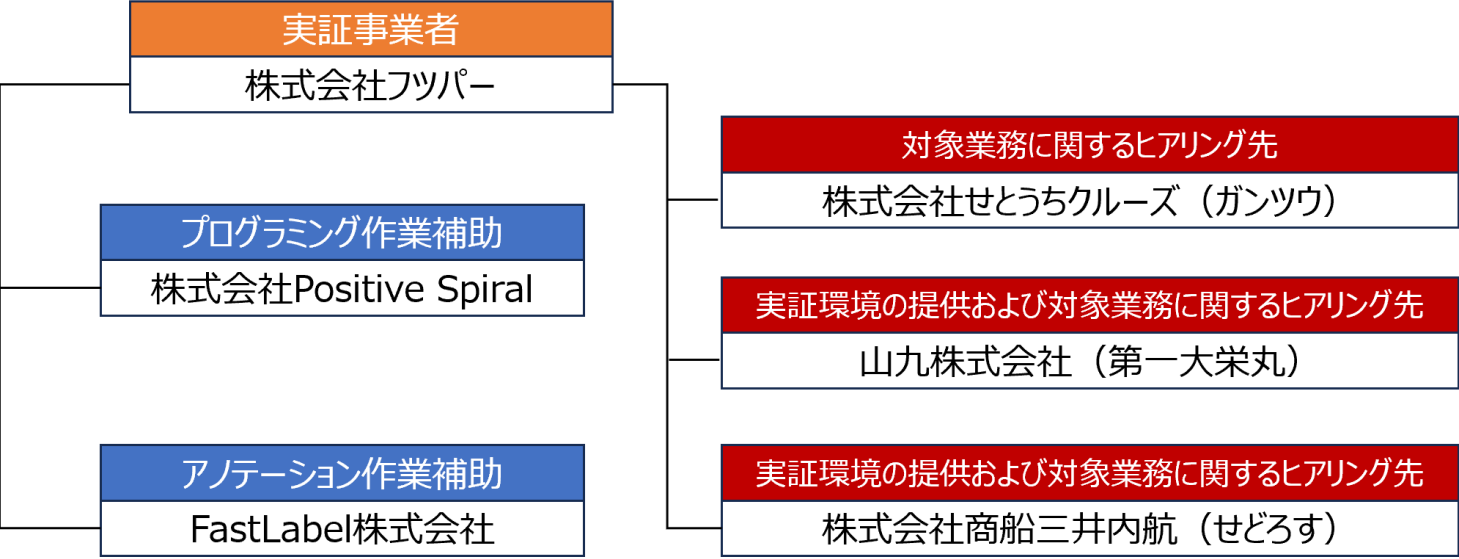
【技術実証の概要】

対象業務(法令)	船員法施行規則第3条の9及び船員労働安全衛生規則第45条に係る点検・整備
実証の全体像 (1/2)	<p>現在は船長や安全担当者などが主に目視で行っている定期点検のデジタル化が可能であるか検証した。</p> <ul style="list-style-type: none">① 非常通路、昇降設備、出入口検査システム： 画像認識AIと光学センサーを活用したシステムを構築し、非常通路、昇降設備、出入口の障害物を自動で検知する。② 救命設備検査システム： 光学センサーを活用したシステムを構築し、各所に配置されている救命設備の有無や数量を計数し確認する。③ 救助艇並びに艀装品検査システム： 光学センサーを活用したシステムを構築し、救助艇の保管庫にまとめて設置されている艀装品の有無や数量を計数し、確認する。④ 保護具検査システム： 画像認識AIを活用したシステムを構築し、物を認識し、不良を検知する。⑤ 結果管理システム(クラウド)： クラウドデータベースを活用したシステムを構築し、点検結果のデジタル管理や陸上からの確認を行う。 <p>船舶という、不安定な通信環境を鑑み、点検システムはエッジコンピューティングの技術を用いて、通信やクラウドコンピューティングに依存せず機能するシステムを構成した。結果管理システムは、モバイル通信を利用し、常時の通信がなくとも港で同期できる方式を採用し、デジタルデータベースのメリットを享受できるようにした。</p> <div data-bbox="1477 714 2420 1256"><p>The diagram illustrates the system architecture. At the bottom, four boxes represent the inspection systems: ①非常通路、昇降設備、出入口検査システム (Emergency passage, elevator, entrance/exit inspection system), ②救命設備検査システム (Life-saving equipment inspection system), ③救助艇並びに艀装品検査システム (Rescue boat and life-saving equipment inspection system), and ④保護具検査システム (Protective equipment inspection system). Arrows from these boxes point to a central server labeled '結果データを集約' (Aggregate result data). Above the server is a cloud icon labeled '⑤結果管理システム(クラウド)' (Result management system (cloud)). A dashed arrow points from the cloud to the server, indicating data flow.</p></div>

図1 システム全体像

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

実証の全体像 (2/2)	評価方針としては①-④については、技術適合性、推定精度、コスト、入手性、堅牢性について定性的、定量的に評価した。⑤については、技術適合性、コスト、入手性について定性的、定量的に評価した。
実施体制	<p>本技術実証は、図2の体制で実施した。</p>  <p>図2 実施体制</p>
実施期間	2023年11月17日～2024年2月16日

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	① 非常通路、昇降設備、出入口検査システム	目視点検を代替するカメラを用いた画像認識AIおよび、物体を直接検出する光学センサー（LiDAR）技術を用いて、非常通路上の障害物の有無を検知するシステムを実証した。
	② 救命設備検査システム	数量カウントが重要となる在庫管理などで広く用いられている非接触で読み取りができる自動認識技術である光学センサー（RFID・Beacon）を活用した、目視による数量カウントを代替し、救命設備の有無を点検するシステムを実証した。
	③ 救命艇並びに艀装品検査システム	救命艇の保管庫にまとめて設置されている艀装品の有無や数量を光学センサー（RFID）を用いて計数し、確認するシステムを実証した。
	④ 保護具検査システム	スマートフォンで点検が可能となるように、分類AI・物体検出AI・不良検出AIによる不良検出を開発し、実証した。 船舶といった通信条件が不安定な環境でも適用することを考えて、エッジコンピューティングの技術を使ったAIモデルでのシステムを実証した。
	⑤ 結果管理システム（クラウド）	各検査システムの検査結果をデータ集約用のPCに集約し、船内のデータ集約用のPCがインターネットに接続できたタイミングで、集約していた検査結果をクラウド上のデータベースに送信、保存するシステムを実証した。

【技術実証の詳細】

実証場所①

千葉県船橋港 第一大栄丸

■ 実証実験項目とタイムスケジュール

日時：2024年1月18日

当日のタイムスケジュール

- 9時00分 訪船、実証実験
 - ①非常通路、昇降設備、出入口
検査システムの実証
 - ・画像認識AIによる障害物認識
 - ②救命設備検査システムの実証
 - ・光学センサー（RFID）による有無の点検
 - ④保護具検査システムの実証
 - ・画像認識AIによる不良検知
 - ⑤結果管理システム（クラウド）の実証
- 12時00分 終了

日時：2024年1月27日

当日のタイムスケジュール

- 9時00分 訪船、実証実験
 - ①非常通路、昇降設備、出入口
検査システムの実証
 - ・画像認識AIによる障害物認識
 - ・光学センサー（LiDAR）による
障害物認識
 - ②救命設備検査システムの実証
 - ・光学センサー（RFID・Beacon）による
有無の点検
- 11時30分 終了

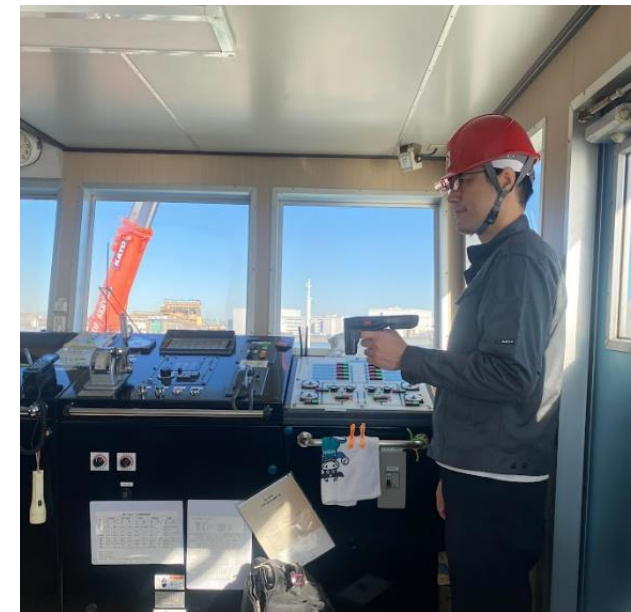


図3 光学センサー（RFID）を用いた救命設備の有無点検についての実証の様子

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

実施条件

■ 第一大栄丸訪船時条件

	第一回訪船	第二回訪船
日時	2024年1月18日 午前9時～12時	2024年1月27日 午前9時～11時
天気	晴れ	晴れ
波浪	～1.0 m	～1.0 m
温度	9 °C	10.4 °C
湿度	56 %	48 %
気圧	1021.0 hPa	1015.9 hPa
揺れ	測定データのとおり 揺れは小さかった*	第一回訪船時と 同様

*加速度絶対値は最大でも0.1m/sec/secであり、現地実証実験を通じて、撮影やセンサー読み取りに影響するものではなかった。

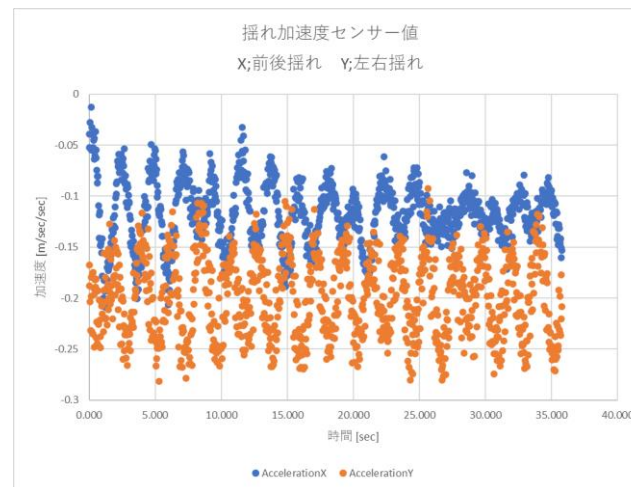


図5 第一大栄丸第一回訪船
加速度センサー値 1

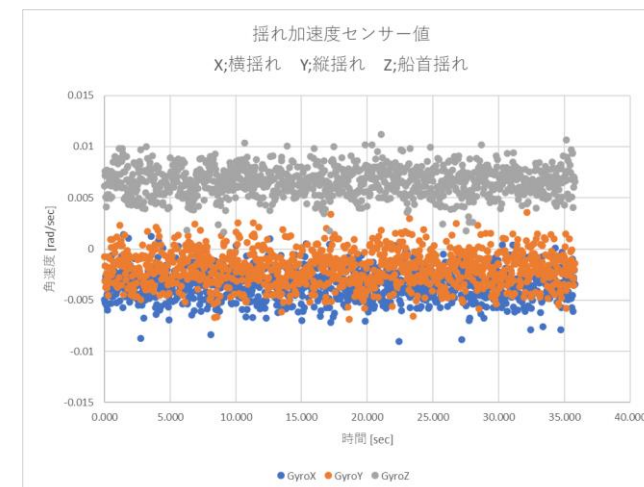


図6 第一大栄丸第一回訪船
加速度センサー値 2

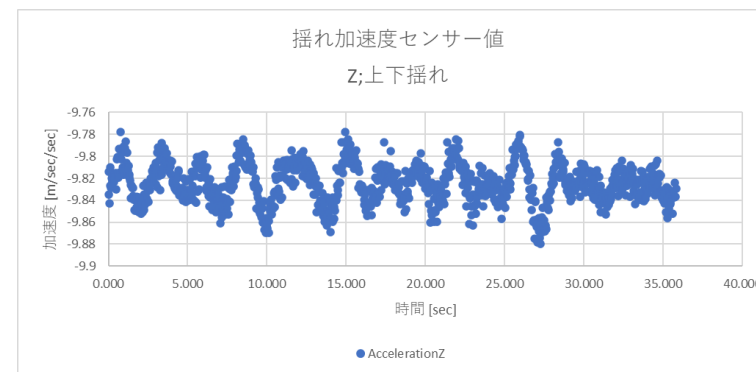


図7 第一大栄丸第一回訪船 加速度センサー値 3

【技術実証の詳細】

実証場所② 福島県いわき市小名浜港 せどろす

■ 実証実験項目とタイムスケジュール

日時：2024年1月30日

当日のタイムスケジュール

- 13時50分 訪船、実証実験、関係者現地
実証視察と撮影
 - ①非常通路、昇降設備、出入口検査
システムの実証
 - ・画像認識AI による障害物認識
 - ・光学センサー（LiDAR）による障害物認識
 - ②救命設備検査システムの実証
 - ・光学センサー（RFID）による有無の点検
- 16時10分 終了



図8 光学センサー（RFID）を用いた救命設備の有無点検についての実証の様子

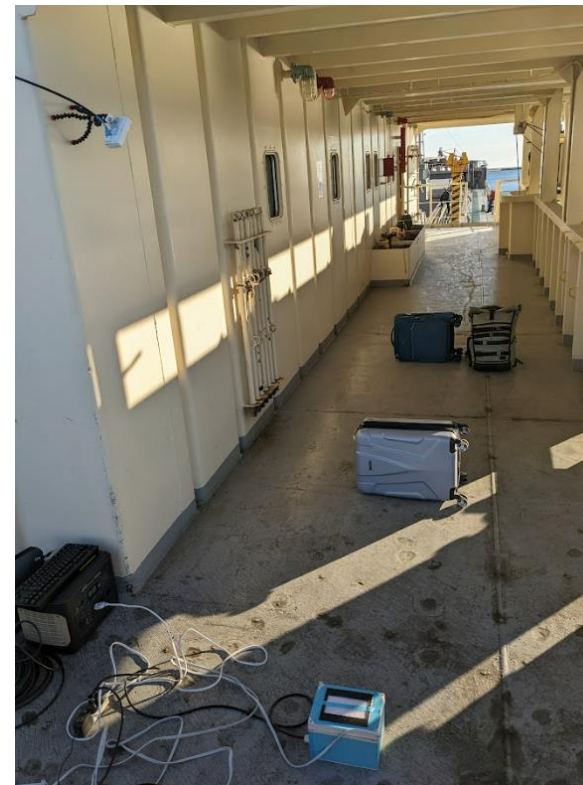


図9 光学センサー（LiDAR）を用いた非常通路障害物検知についての実証の様子

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

実施条件

■ せどろす訪船時条件

日時	2024年1月31日 13時30分～16時
天気	晴れ
波浪	～1.0 m
温度	12.5 °C
湿度	34 %
気圧	1027.8 hPa
揺れ	測定データのとおり 揺れは小さかった

*加速度絶対値は最大でも0.1 m/sec/secであり、現地実証実験を通じて、撮影やセンサー読み取りに影響するものではなかった。

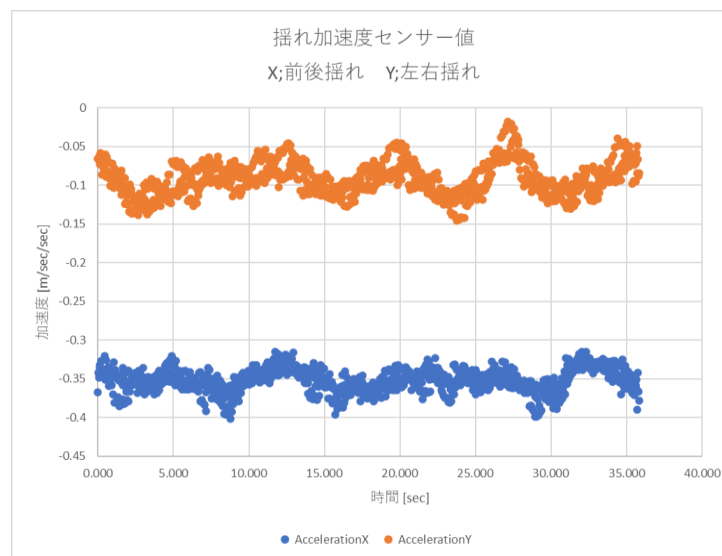


図10 せどろす訪船加速度センサー値 1

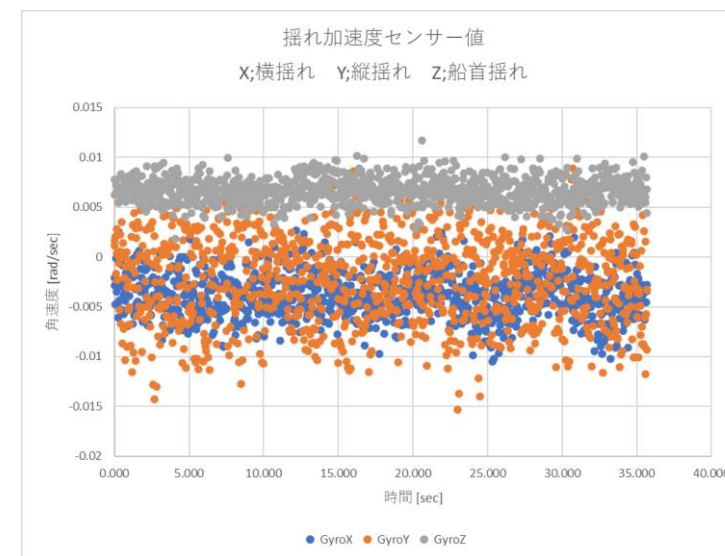


図11 せどろす訪船加速度センサー値 2

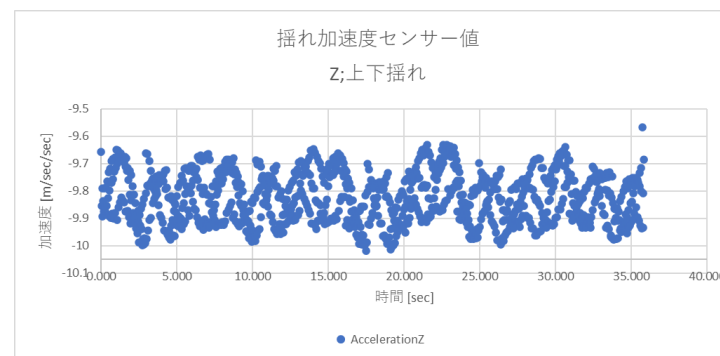


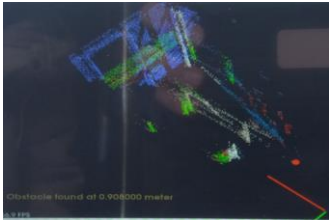
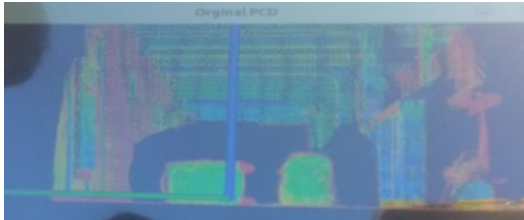
図12 せどろす訪船加速度センサー値 3

【技術実証の結果】

結果の評価の観点	構築する検査システムの精度、環境変化に対する堅牢性や、ハードウェアなどの市場入手性を多面的に評価した。
結果の評価のポイント・方法	<p>■ 評価ポイント</p> <p>①～④の検査システムと⑤の結果管理システムを、デジタル手法の精度、経年劣化や不確実性に対する堅牢性、多様な船舶への導入のしやすさ、船舶環境下への耐性、停電に対する耐性、悪い通信環境への耐性の評価ポイントについて、①～⑤それぞれのシステム特性もふまえて評価を行った。</p> <p>■ 評価方法</p> <p>①～④の検査システムにおいて以下の1.～6. のポイントで評価を行った。</p> <p>⑤の結果管理システムにおいては、3.～6. のポイントで評価を行った。</p> <ol style="list-style-type: none">1. デジタル技術を活用した代替手法が、現行の点検と同等以上の精度で実施可能か定量的に評価し、精度90%以上であるか評価する。2. デジタル技術の経年劣化による取得情報の精度低下や、AIが出力する結果の不確実性等が考慮されているか、ノイズを注入して、定性的に評価する。3. 多様な船舶で導入可能な、汎用性の高いものであるか、コストや入手性などで定性的に評価する。4. センサーやカメラ等が船舶の環境下（海上での揺れ、エンジンによる振動、海水・雨・潮、気温等）で安定的に動作するか定性的に評価する。5. 停電が発生しセンサー等の検査機器の電源が落ちた場合でも、取得したデータが消失・毀損しない機能や仕組みが設けられているかを実際に電源を遮断して定性的に評価する。6. 電波環境の悪い場所でも利用可能となる措置が講じられているか定性的に評価する。

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果 (1/2)	技術実証項目	実証結果
	① 非常通路、昇降設備、出入口検査システム	<p><画像認識AI> 障害物検知率：85% (47/55回)</p> <p><光学センサー(LiDAR)></p> <ul style="list-style-type: none"> 狭い通路：判定できず。障害物より手前の物体に影響されて、障害物の検知ができないためと考えられる。 広い通路：障害物を正しく検知し、距離も正しく測定できている。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1617 315 1944 532">  <p>図13 狭い通路での判定画面</p> </div> <div data-bbox="1964 315 2484 532">  <p>図14 広い通路での判定画面</p> </div> </div>
	② 救命設備検査システム	<p><光学センサー(RFID)> 表1~3に記載。精度に関しては、100%の読み取り精度</p> <p><光学センサー(Beacon)></p> <ul style="list-style-type: none"> 持運び式双方向無線電話装置(船橋室内、金属製遮蔽物あり、受信機からの距離2m)、救命浮環(船橋室外、受信機からの距離4m)、自己点火灯(船橋室外、受信機からの距離3.5m)、火せん(船橋室内、木製遮蔽物あり、受信機からの距離1.5m)に対し、すべての対象を安定して読み取ることができた。
	③ 救命艇並びに艀装品検査システム	<p><光学センサー(RFID)></p> <ul style="list-style-type: none"> ラベルタグ：測定距離0.2mにて検出精度57.6% 特殊タグ：測定距離0.2mにて検出精度99.2%
	④ 保護具検査システム	<p><画像認識AI></p> <ul style="list-style-type: none"> 分類：救命胴衣、救命浮環の2分類にて正答率、再現率、適合率ともに89% 領域検出：救命胴衣、救命浮環にて検出率100% 不良検出：ピクセル単位での錆もしくは背景分類にて背景を含んだmIoUが0.87、錆のみmIoUが0.83
	⑤ 結果管理システム(クラウド)	<ul style="list-style-type: none"> 船橋港における船上でのモバイル通信(通信速度52Mbps)の環境で、データベース同期の実証を行ったが、同期は可能であった。

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果：救命設備検査システムにおける光学センサー(RFID)結果】

実証の
実施結果
(2/2)

表1 実証実験結果 1/18 第一大栄丸操舵室

点検対象物	特殊タグ (1m)	特殊タグ (0.1m)
レーダートランスポンダー	○	-
持運び式双方向無線電話装置	○	-
救命浮環	×	○
自己点火灯	○	-
自己発煙灯	○	-
落下傘付き信号	×	○
火せん	○	-

表3 実証実験結果 1/27 第一大栄丸操舵室

品目	1m	50cm	20cm	20cm-2
レーダートランスポンダー	○	○	○	○
火せん(遮蔽物あり)	×	×	×	○
落下傘付き信号 (遮蔽物あり)	×	×	×	×
持運び式双方向無線電 話装置(遮蔽物あり)	×	×	×	○

表2 実証実験結果 1/27 第一大栄丸右舷

	点検対象物				
	救命浮環	自己 点火灯	自己発 煙灯	探照灯	探照灯
RFIDタグ	ラベルタグ	ラベルタグ	ラベルタグ	特殊タグ	特殊タグ
測定距離	1m	1m	1m	1m	2m
1回目	×	×	×	○	○
2回目	○	○	○	○	○
3回目	×	×	×	○	○
4回目	×	○	○	○	○
5回目	×	○	○	○	○
6回目	○	○	○	○	○
7回目	○	○	○	○	○
8回目	○	×	×	○	○
9回目	○	○	○	○	○
10回目	○	○	○	○	○

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
①	非常通路、昇降設備、 出入口検査システム	<p>＜画像認識AI＞ 太陽光の反射による環境変化や、手すりなどの物陰に物体が隠れたときに検出力が低下したが、撮影視野を適切に選ぶことにより、精度94%が期待でき、良好な結果を得た。また外部に依存せず単独で機能するシステムであり、その動作は船種には依存しない。一方で配線などの可否が導入条件となる。</p> <p>＜光学センサー(LiDAR)＞ 実証の結果から、適用条件が多く、現行の点検精度を確保することができないと考える。</p>
②	救命設備検査システム	<p>＜光学センサー(RFID)＞ 遮蔽物や素材により精度が異なったため、探検対象物に適したタイプのRFIDタグを選択することが望ましい。人が直接、点検対象物を手に取って確認を行う距離(数十cm)であれば、十分にデジタル化は可能である。点検対象物が複数設置している部屋などの場合、点検時間の短縮、デジタル化は可能であると考えられる。</p> <p>＜光学センサー(Beacon)＞ 精度に関しては、100%の読み取り精度であり、現行の点検と同等以上と考えられる。しかし電池を使用しているため、電池の交換が必要である。交換周期は電波を発する間隔にもよるが、間隔を1日に1度などに設定すれば、5年間電池を持たせることができるため、船舶のドライドッグの際に交換するなどの運用が可能である。</p>
③	救命艇並びに艀装品 検査システム	<p>＜光学センサー(RFID)＞ 艀装品の各物品は特殊タグにて99%の精度を達成した。人が直接艀装品の中身を点検することはできないので、点検対象物の至近距離(0.2m)であれば、十分にデジタル化は可能である。</p>
④	保護具検査システム	<p>＜画像認識AI＞ 今回の実証実験においては1.分類、2.領域抽出ともに精度は90%程度であったため、現行の点検と同等に実施可能である。また、今回は検証の枚数が少なく、AIに学習させた枚数も少なかったため改善が期待できる。不良の検出は、人は錆や色の薄れ等は感覚で判断しているが、今回用いたセグメンテーションモデルでは抽出された対象物に対する割合という形で算出が可能であるため、定量的かつ同等以上の精度で実施可能であると考えた。</p>
⑤	結果管理システム (クラウド)	<p>データのアップロードが可能な環境の場合、航海日誌への記入と同様に点検可否の管理が可能である。現行法令よりも点検頻度を減らすことが可能になる場合は、船舶の荷下ろし、燃料補給などの着港のタイミングでデータ集約PCのデータをアップロードする仕様で、クラウドへの結果送信は十分であると考えている。また、日々の点検データについてはインターネットに接続せずとも確認ができるため、その時々々の点検結果については船舶内に設置するデータ集約PCから確認を行うことで、対応可能である。</p>

【類型4 株式会社フツパー】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の結果分析 (1/2)

本技術実証を通じて、各実証項目における評価結果のとおり、定期的を実施している現行の目視点検について、カメラを用いた画像認識AIないしはセンサーを用いた方法によってデジタル化の道筋が示された。現行の点検では、法令によって週1回もしくは月1回以上の目視による点検が求められているが、デジタル手法による点検を活用する場合、当該法令に関して見直しができる可能性があると考えられる。

具体的には、標準化されたデジタル点検を一定頻度で実施する場合に、以下のとおり見直しができる可能性があると考えられる。

「目視による週1回もしくは月1回以上の現行点検について、デジタル手法による点検に代替することができるものとする」

なお点検業務の実施回数頻度に関しては、国際条約に定められたものであるため、主にデジタル手法によるアナログ点検の代替に焦点を当て、各検査システムの親和性について以下の表にまとめた。

表4 技術実証を行った検査システムへの規制緩和案の適用親和性

	代替の可能性	評価結果を踏まえた考察	デジタル化を踏まえた対応すべき課題
①非常通路、昇降設備、出入口検査システム	※○	画像認識AIによる障害物検知と光学センサー（LiDAR）によるデジタル手法により、現行の点検に代替することが検討できる。	常設のハードウェアによって点検を行う場合、設置箇所によってはメンテナンス・通行などに注意を払う必要がある。
②救命設備検査システム	※△ 一部人手による作業が必要な可能性あり	光学センサー（RFID）による救命設備の有無・計数の点検は、とくに知見やスキルを要せず可能であり、点検負荷も低い。デジタル点検をこれにより、現行の点検に代替することが検討できる。	光学センサー（RFID）を用いる場合、読み取り自体は人手による作業が必要なため、完全自動化ではなく上記の時間を設ける、ないしは自動的に読み取れる設備設計の実施などが検討される。
③救命艇並びに艀装品検査システム	※△ 同上	同上	同上
④保護具検査システム	※△ 同上	画像認識AIによる不良検知は、とくに知見やスキルを要せずスマートフォンで撮影するだけの標準化された点検手法であり、現行の点検に代替することが検討できる。	同上

※ ○ = 期待できる △ = 一部期待できる

【技術実証の結果】

実証の結果分析 (2/2)

■ 活用・導入にあたってのポイント

画像認識AIの構築にあたっては多種多様な船舶環境に対応できるよう、汎用的なAIモデルの開発を目指した。一方で判定に必要となる画像データの収集に関しては、外光や画角を考慮しハードウェアを設置しなければならないため、個別の環境に合わせた設計が必要となる可能性があり、上記設計に関する必要性はセンサーを用いる場合においても同様である。

またアナログ・デジタルの手法を問わず、検査においては過誤、すなわち合格を不合格としてしまう、もしくは不合格を合格としてしまうという間違いが発生する。この2種類の過誤は互いにトレードオフの関係にあり、その検査の特性に応じてバランスをとることになる。今回の法令で対象としている船舶の避難通路と救命設備、および保護具の点検においては、その重要性から特に不合格を合格としてしまう間違いについての許容度が低く、比較的厳しく判定した場合、合格を不合格と判定する過誤が発生する可能性がある。

導入にあたっては、過誤が発生することも考慮の上、不合格となった項目のみ現行の目視点検も行うなどの運用でカバーしていくなどが検討される。

各領域におけるアナログ・デジタル手法の取捨選択については、上記に挙げた精度の観点ほか、デジタル手法を採用した際の構築コストおよび業務時間の低減割合などを考慮しながら決定する必要がある。

■ 課題および改善の方向性

本技術実証を通して、AI構築（学習用のデータセット作成）のコストの大きさおよび開発期間の長さが課題であった。

画像認識AIの活用にあたっては、本技術実証では大規模AIモデルも活用しながら、実証実験を行ったが、より精度を上げるために各設備についての各種不良画像も含めて収集し、AI学習用のデータセットを構築してファインチューニングする必要があった。④保護具検査システムのコスト評価にて推定した金額は1対象当たり150万円程度と大きく、その画像収集に時間がかかるため、船舶単位で、あるいは船舶所有者や船舶運航者が単独で構築することは負担が大きく、船舶点検用として各船舶が利用できるオープンAIモデルが活用できる状態が望ましい。

特に、①非常通路、昇降設備、出入口検査システムにおいて実証した、画像認識AIと光学センサー（RFID）による手法は、船舶のみならず、広く建築物や構造物などの非常通路の障害物検知として広く適用できる可能性も室内での予備実験において示唆されている。

それらの広い対象を所轄する機関の舵取りによって、建築物などの共用も見据えて開発する体制を構築することが可能であれば、コスト面と開発期間の課題は大きく緩和されると考えられる。