

ロボットを活用したダム 及び河川点検分野 事業成果報告

主任講師
眞砂英樹
(海洋研究開発機構)

座学と演習

2018
年度

座
学
1

- 水中インフラ点検の現状とロボット導入のメリット
- 手順書作成の経緯
- 国際標準化の意義

2019
年度

座
学
2

- 河川点検用水上ロボットの個別性能試験及びミッション型試験
- ダム点検用水中ロボットの個別性能試験及びミッション型試験

座
学
4

- オペレーション懸念事項（リスク）とその管理
- 品質要求事項展開表の解説

2020
年度

演
習

- 実習代替案としての映像による性能評価

特別講義・ミニシンポジウム

特別講義（座学3）

JAMSTEC横須賀本部にて，水中ロボット研究者・吉田弘 特別講師による水中ロボット研究開発の最先端に関する講義及びデモ

ミニシンポジウム（座学5・東京会場のみ開催）

受講者有志からの話題提供をもとにしたディスカッション。水中ロボットの実際の利活用状況，最新の業界動向，インフラ点検へのロボット導入に関する法制度面の問題，等

演習動画撮影風景

水中撮影用
ロボット操作者
デザー処理係

デザー
処理係

試験ロボット
操作者

陸上カメラ

撮影用ロボット

試験ロボット

テストピース

試験映像の撮影は、（株）スペースワンの協力を得て2020年11月24日に福島RTF屋内大水槽で行い、4機種について試験を実施した。

今回提供する映像は、試験機体のカメラで撮影された点検対象の映像を中心に、試験の様子が分かり易いよう、試験機体の挙動を別の水中ロボットから撮影した映像と陸上から撮影したロボット操作者の映像とを適宜挿入したものとなっている。

使用機体

1. CHASING: M2



本体重量：4.5 kg
最大水深：100 m
速力 1.5 m/s
稼働時間：2~4 h
推進機：8基
照明：2000 lm x 2
カメラ：4K / 30 fps
(最大解像度)

2. QYSEA: FIFISH V6



本体重量：5.0 kg
最大水深：100 m
速力 1.5 m/s
稼働時間：6 h
推進機：6基
照明：3000 lm x 2
カメラ：4K / 30 fps
(最大解像度)

3. Youcan Robot: BW Space Pro Zoom



本体重量：3.9 kg
最大水深：100 m
速力 1.5 m/s
稼働時間：3 h (連続)
推進機：6基
照明：1380 lm x 2
カメラ：4K / 30 fps
(最大解像度)

4. Genneino: TITAN



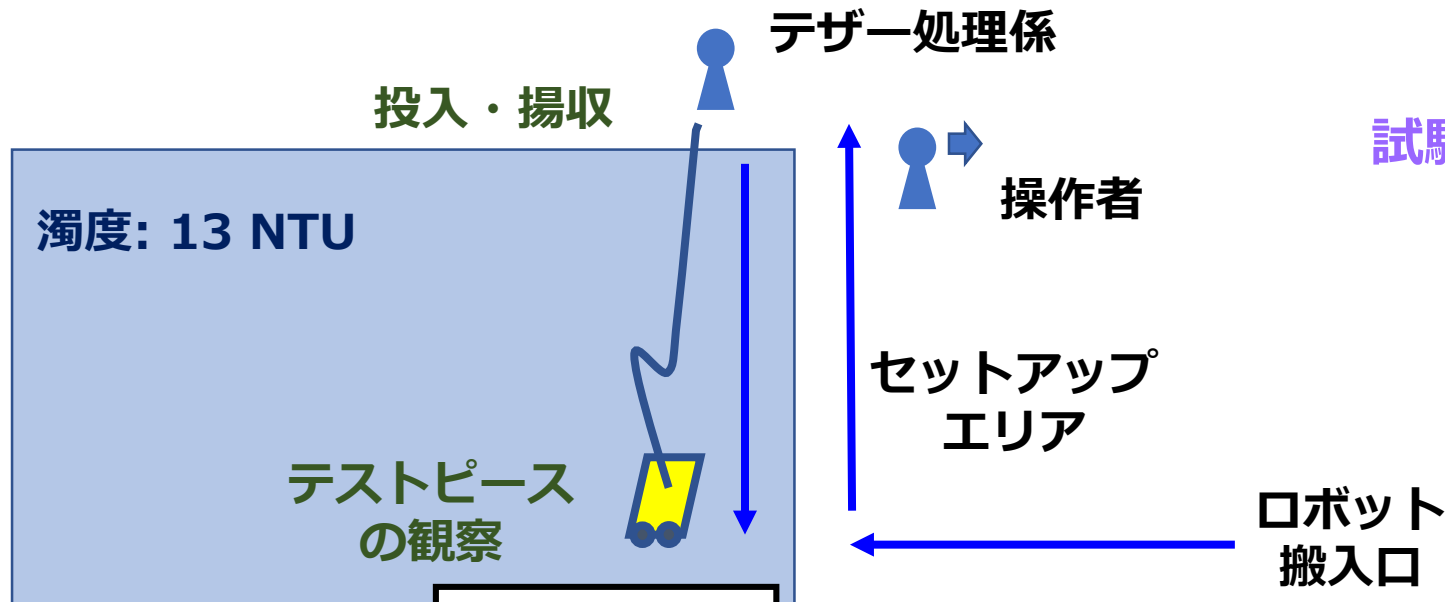
本体重量：4.5 kg
最大水深：150 m
速力：2.0 m/s
稼働時間：4 h
推進機：6基
照明：1500 lm x 2
カメラ：4K / 30 fps
(最大解像度)

試験シナリオ

各機体について、以下のシナリオに沿って試験を実施した

- ・ 屋内水槽試験棟建物入口付近よりロボット搬入
- ・ プールサイドにてセットアップ・プレダイブ点検後、水中に投入
- ・ 対岸の壁面をダム堤体に見立て、配置されたテストピースを観察（潜航開始後は、操縦者は試験機体を目視せずに操作）
- ・ すべてのテストピースを観察後、浮上、帰投し揚収
- ・ プールサイドにてポストダイブ点検を行い、撤収

今回の試験では、ミッション型試験・シナリオ1-3の「観察壁面を概査（スキャン）しながら、テストピースを発見したら精査（約10秒静止して観察）」を実施した（手順書p. 30参照）。



試験概要については下記動画を参照

https://youtu.be/8_6m8bcV4fM

観察開始から20分でタイムアップとし、観察が終了していなくてもその時点で試験打ち切りとした。

注）映像は編集されている為、映像内での時間は20分より短くなっている。

観察壁面とテストピース

水面						
	□	□	□	□	□	□
1	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□
2	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□
3	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□
4	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□
5	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□
6	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□
7	□	□	□	□	□	□
	□	□	□	□	□	□



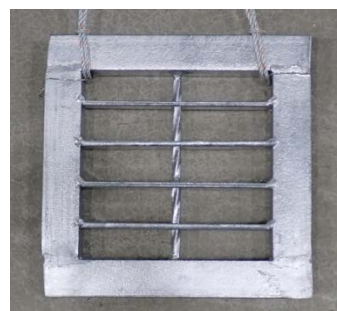
クラック (5mm幅)



クラック (2mm幅)



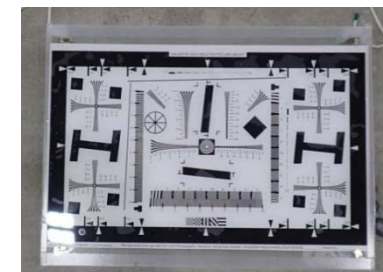
凸パターン



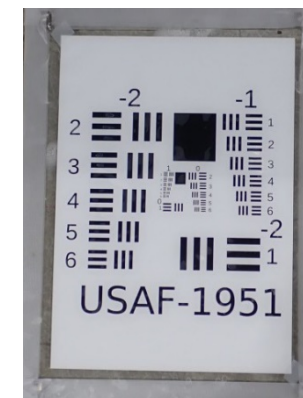
グレーチング (錆なし)



グレーチング (錆あり)



解像度チャート
(ISO12233)



解像度チャート
(USAF1951)
手順書には無し

ダムのコクリート堤体に見立てた観察壁面は縦横1 mのアクリル板が連なっている（注：映像中、このアクリル板のことをテストピースと呼んでいる箇所があるので注意）。この1枚分を堤体を構成するコクリートブロック1枚分と想定する。今回の観察範囲は、左端から5列分とした。

テストピースは本来、RTFの設備の一部として用意されているが、今回納期が間に合わなかった為、運営側で手順書に従って自作した。その為、手順書に記載されているものとは大きさ等に若干の違いがある。

これらのテストピースが観察壁面内の適当な場所に配置されている。設備付帯のテストピースであれば各アクリル板内の中央に配置されるが、今回は設置の都合上、必ずしも中央には配置できていない。

撮影映像を用いた演習課題

試験映像

1) CHASING: M2

<https://youtu.be/IAh8ow4G4KY>

2) QYSEA: FIFISH V6

<https://youtu.be/xomBoKZXqNQ>

3) Youcan Robot: BW Space Pro Zoom

<https://youtu.be/AKwkZZaCNpo>

4) Genneino: TITAN

<https://youtu.be/BSvizJliluE>

演習課題

- 左記から1つ以上の機種を選んで、映像をもとに性能評価報告書を作成し、提出する（2機種以上の評価を行い比較すれば尚良い）。
- 報告書のフォーマットは指定しないので、手順書を参考に実際に自分がダム点検で使用するロボットの性能評価を行うつもりで、どのような評価項目を設定するか、判定基準はどうするか（観察の成否のみ？ 点数付け？ 所用時間？）等を考慮して報告書を作成する。
- 観察壁面の図を配布するので、観察結果の記録に必要であれば報告書に使用のこと。

演習レポートの評価

14名の受講者からレポートを受領

「操作性」「機能性」
「カメラ性能」といった
包括的な評価項目のみに
ついて主観的な評価を記
述しているもの

それぞれのテストピース
の観察結果の良否につい
て評価しているもの

段階評価・点数化
所要時間の計測
映像からのキャプチャ画
像を添付しているもの

包括的

個別的

性能評価手順書の記述「結果の内容については画一的な合否判定結果を示すのではなく、具体的な数値など客観的な指標に対する評価結果により表現する」

理解・解釈に個人差大

人材育成講座の今後についての提言

性能評価手順書を用いてロボットの性能評価を行える人材の育成という目的からは今後も何らかの形で同様の教育プログラムを継続することが望ましいが、現在の形での継続は難しい。



- 本講座で得られた知見をもとにした、教育内容（シラバス）の見直し
- コンパクトにモジュール化した独習用プログラムの作成

性能評価手順書の内容の理解



学習者自身による性能評価試験の企画・実施（実習）

理解を助ける解説資料

座学1, 2, 4の内容

映像教材

演習で用いたようなもの

RTFの
サポート？

性能評価手順書の改定に向けて

講座実施を通じて見出された問題点からの改善提案

- 試験の実施手順・結果の評価方法に関する記載の充実
手順書を読んだだけで、性能評価試験が再現できるように
- 既存の試験手法（NIST等）とのリンク・引用
- 試験項目の追加
流れのある中での運動性能、マニピュレーション（dexterity）、低明度、
底質観察，可視光以外での観察，自律航行，など
- ダム点検と河川点検に関する記述の統一感
- 試験項目の妥当性評価
結果の分散具合
実フィールドにおける評価との比較

性能評価手順書の新たな応用分野

海岸保全施設	「海岸保全施設維持管理マニュアル」（農水省／国交省）が発行されている。海中部分（前面海底地盤，根固工，基礎工）で潜水調査が必要とされている項目については基本的にダム・河川と同様に性能評価手順書の作成が有用。
橋脚等の水中部	国交省が発行している点検要領の中で，特に橋脚の水中部の点検に関して別に指針が出されており，これを参考に性能評価手順書を作成することが可能。他の水中構造物もそれに準じて作成可能。
海洋資源開発分野	1970年代から水中ロボットの運用が始まり，既に一般的。大水深・大型という点で根本的に他の分野と異なる。運用一体型のサービス会社による寡占状態。国際的に広く認知された規格NORSOK Standard U-102が存在。
レスキュー・サルベージ	NISTのSTMの項目の多くは，レスキュー・サルベージを想定したもの。これらを適宜引用しつつミッション型試験を構築することで性能評価手順書を作成可能。
養殖漁業，船底検査	特に点検要領のようなものは無いが，既に実績のある分野。要求される性能の集約を行うことで性能評価手順書の作成は可能。

国際標準化に向けて

