

車輪付き水中ロボットを用いた 水中構造物点検のための移動手法の提案

港湾空港技術研究所



喜多 司

田中 敏成

大阪大学

鈴木 博善

1. 背景



図 鋼矢板の潜水目視状況

(出典: 国土交通省港湾局: 港湾の施設の点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】, 2014)

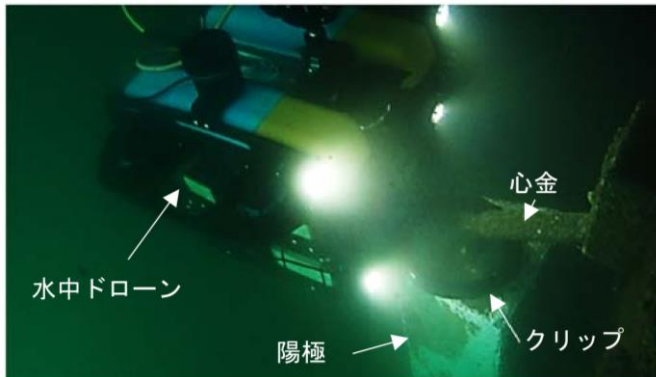


図 水中ロボットを活用した点検の例

(出典: 野上周嗣ら: 水中ドローンを利用した港湾構造物の調査に関する検討, 港湾空港技術研究所資料, No1380, 2020)

- ・港湾構造物水中部の目視:
従来は潜水士が実施
- ・効率的な点検診断や災害時の点検に水中ロボットの導入が要望
- ・水中ロボットの多くは機体位置を推測しながら操縦する必要がある.
- ・車輪で壁面に沿って移動するロボットで位置を制限し操作を簡易にしたい.

2. 研究方法 - (1)作業の想定

- :1回目の自動航行
→ :2回目以降の自動航行

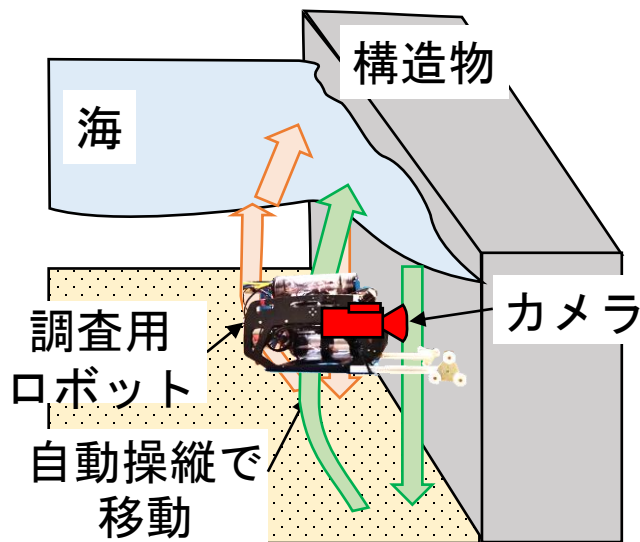


図 鋼矢板の潜水目視状況

- ・ 構造物の外観形状の調査
(付着物の除去はなし)

調査手順

- ・ 水中ロボットが構造物近傍を航行
- ・ 構造物の外観を映像を撮影

調査後

- ・ 作業者が撮影画像から変状を抽出
画像の撮影時刻と移動ログを
照合し変状の位置を確認

2. 研究方法 - (2)使用した機材

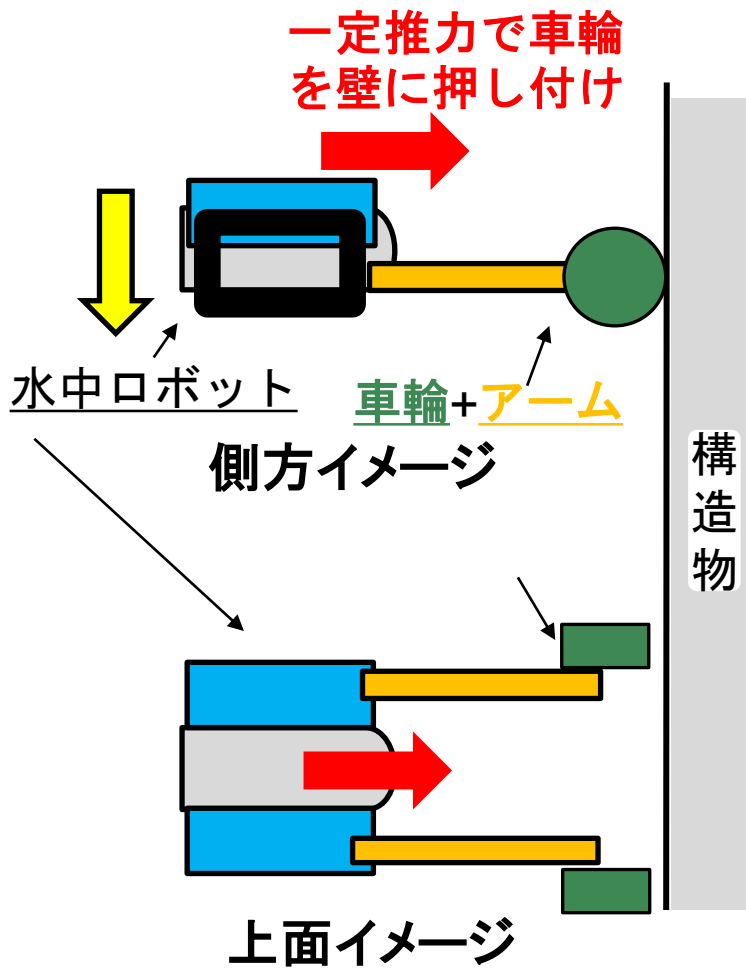


図 制御のイメージ

- ・市販の水中ロボットをベースに無索化, 自動化したロボットに車輪を取り付けた.

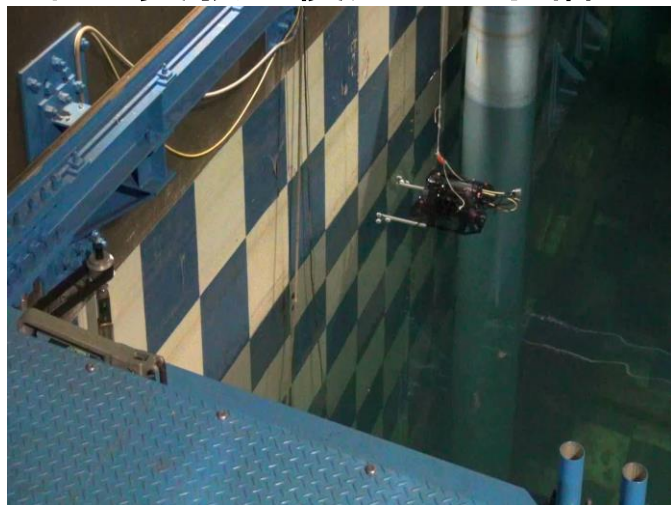


図 水中ロボットの状況

3.水槽試験の実施



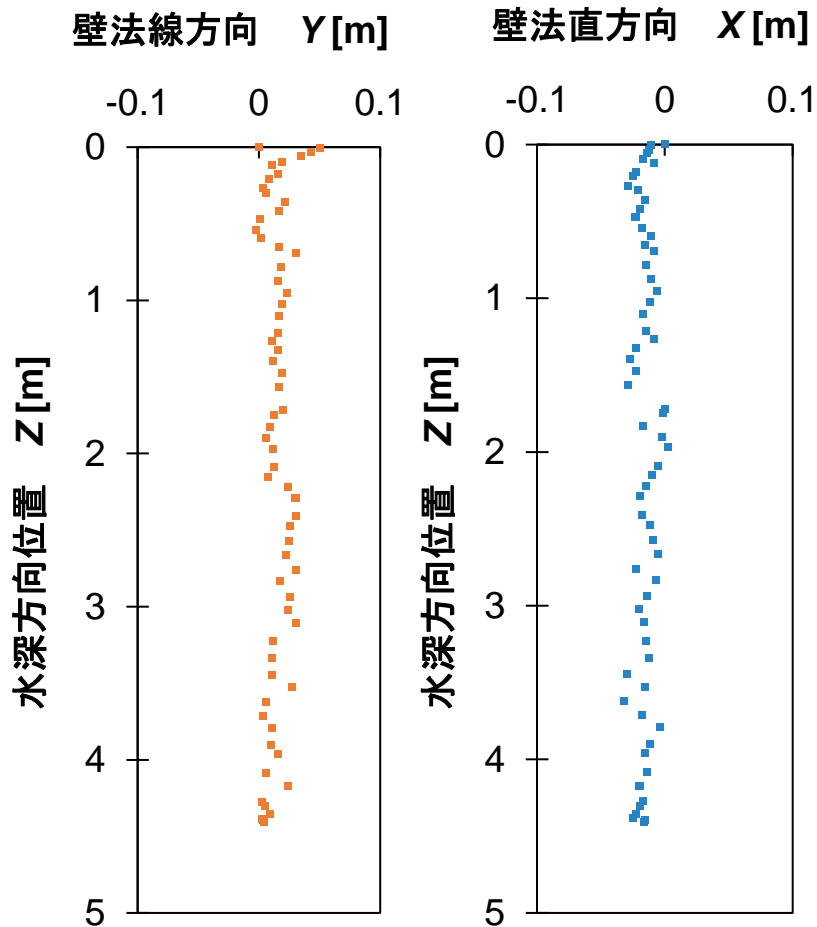
図 実験に使用した水槽



動画 実験の状況

- ・水槽のコンクリート直立壁面を対象に作業を実施した
- ・作業範囲は水深0m～4.5m
- ・試験は一回の潜航を対象に実施

3.水槽試験の実施 (1) 車輪方式の精度確認



- 対地速度計で計測した速度を積分することで軌跡を計算
- 車輪の押付けによって機体の位置が拘束される壁法直方向の水平位置は安定
- 壁法線方向位置も安定した状態で降下していた.

図 水中ロボットの軌跡

3.水槽試験の実施

(2) 流れ条件下での移動手法の比較

- ・壁法線方向に流れを発生させ、ロボットが流れの影響を受け、どの程度流されるのか検証.
- ・比較対象として、他の制御方式と壁法線方向の軌跡を比較した.

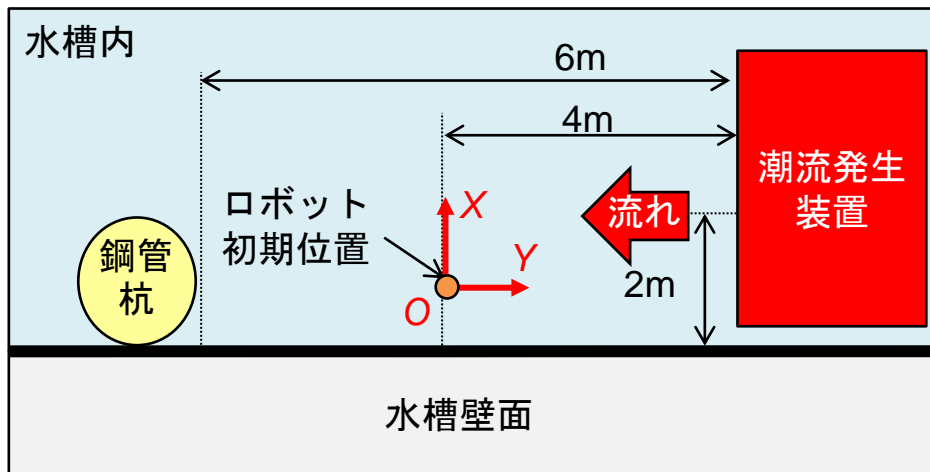


図 実験時の配置

3.水槽試験の実施

(2) 流れ条件下での移動手法の比較

凡例	— : 車輪方式,	- - - : 音響距離計による距離制御 横方向制御なし
----	-----------	---------------------------------

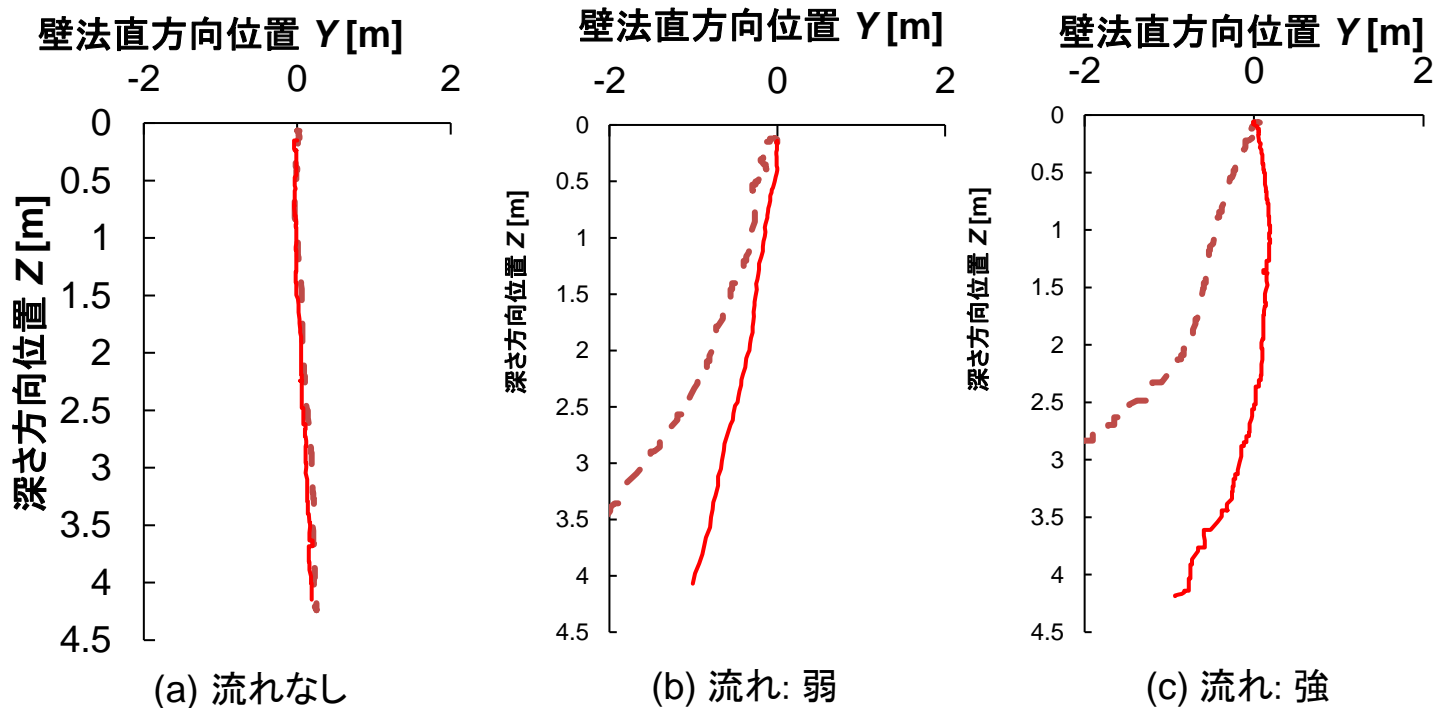


図 水中ロボットの軌跡

3.水槽試験の実施

(3) 車輪方式の不陸乗り越え能力の検討

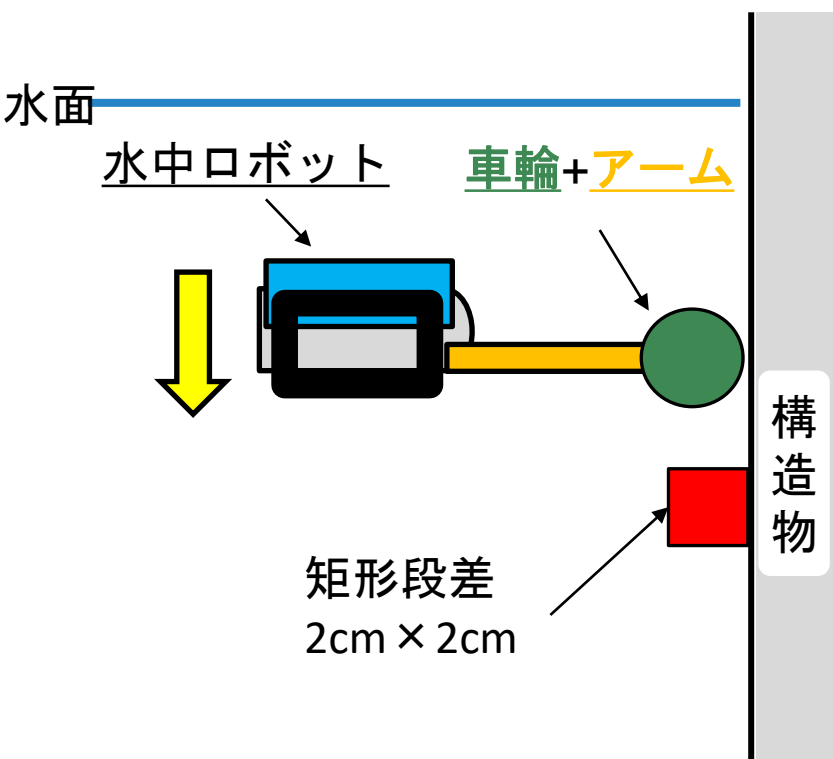


図 実験の配置 (側方)イメージ

- ・港湾構造物には貝類などの生物が付着し、表面に不陸が生じる。
- ・壁面に矩形段差を設置し、水中ロボットが矩形段差を乗り越えられるか試験を実施した。

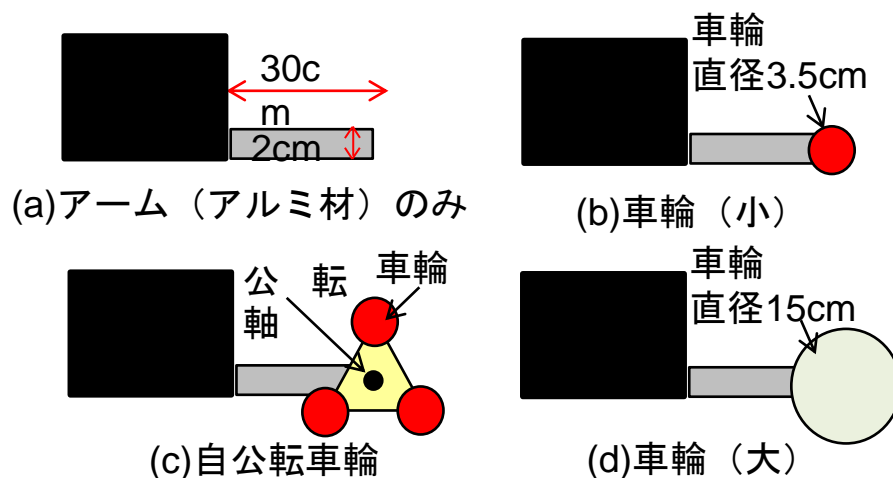
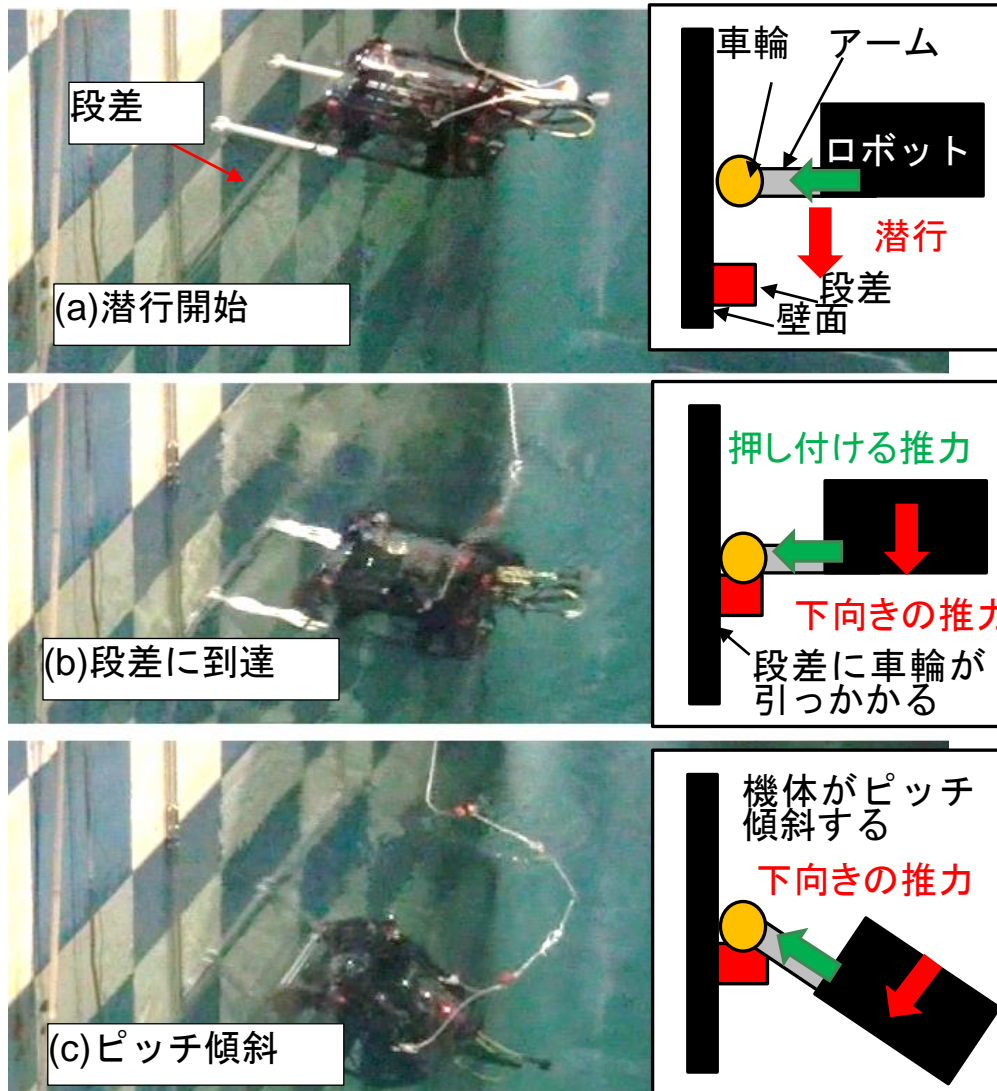


図 実験に使用した車輪

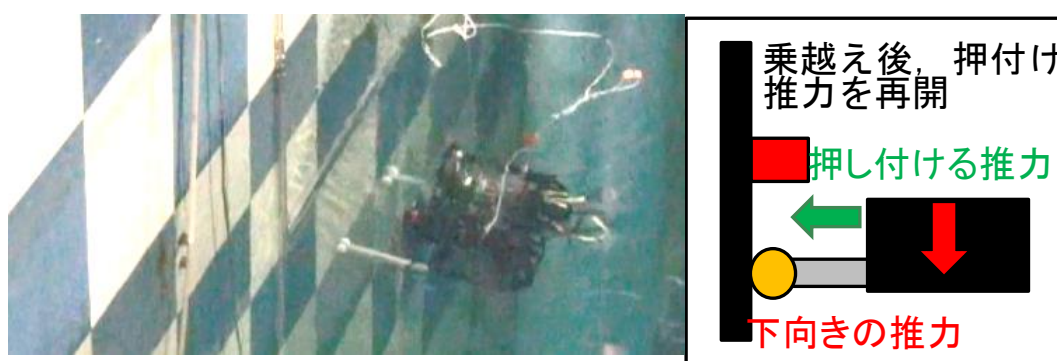
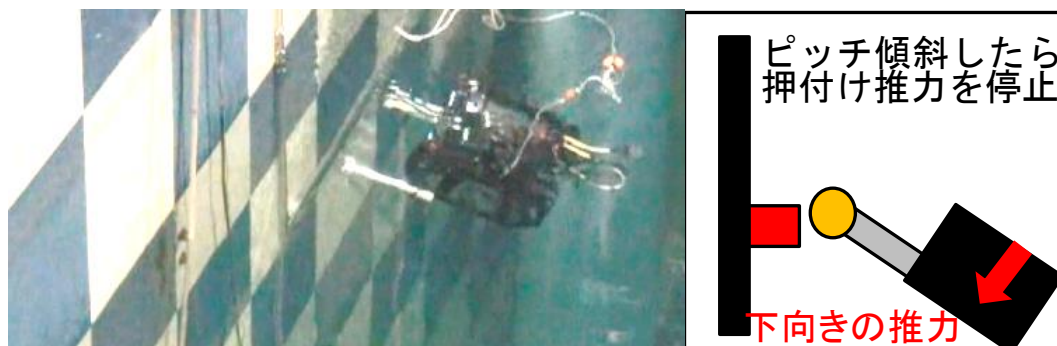
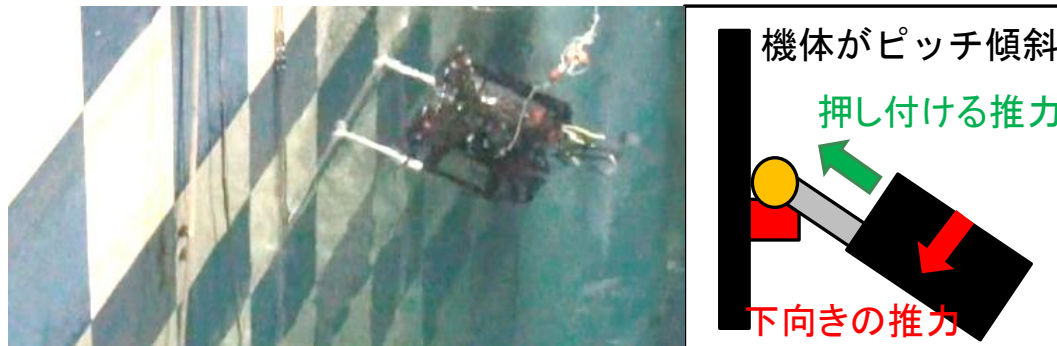
3.水槽試験の実施



・いずれの車輪も、矩形段差に引っ掛かり、機体姿勢が大きく崩れ、それよりも下に潜航できなかった。

・制御方法や車輪の取付け方等の検討が必要

3.水槽試験の実施



・対策として、機体に一定以上のピッチ傾斜が生じた場合に、すい押し付ける推力を停止する制御方法を試験.

・矩形段差を乗り越えることを確認した.

4. まとめ

- ・作業者による操縦の簡易化することで、港湾での点検調査への水中ロボットの導入に寄与することを目的に、水中ロボットに取り付けた車輪を構造物に押し付けながら移動する移動手法を提案した。
- ・水槽試験を実施し、段差がないコンクリート直立壁面に対し、この移動方法で作業が可能であることを示した。
- ・壁面に段差がある場合に車輪が乗り越えられるかを確認する試験を実施した。
 - この実験では、車輪の直径が段差の高さより大きくとも、段差を乗り越えられなかった。
 - 対策として、制御方法の再検討を行い、ピッチ傾斜が生じた場合に、一時的に構造物への車輪の押し付けを止めることで段差を回避できることを確認した。
- ・本検討では、車輪付き水中ロボットの自動操縦による移動方法について、水槽試験でその有用性を示し、想定される課題への対応も含めて、提案した。