

2021年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「デジタル技術で水中研磨作業の高度化を実現するサイバーフィジカルシステムの研究開発」

[北九州高専・教授] [久池井 茂]

1. はじめに

本研究室では、これまでに AR や AI といったデジタル技術を活用し、様々な社会的課題の解決に取り組んできた。その中で、熟練者の暗黙知を形式知化することはさまざまな分野において常に課題であり、人手不足が加速する昨今、今後の人件費や労働負荷削減に大きな影響を与えられていると考えられている。その中でも本研究では日本サカス株式会社と協力し、暗黙知が多く存在するアクリルパネルの研磨技術を形式知化する事に取り組んできた。画像解析およびロボット化の観点から本課題の解決を目指す。

2. 概要

世界には約 400 館、日本には約 150 館も存在する水族館では、小さな生き物から大きな生き物までを飼育するための多種多様な水槽が存在する。実際に水族館へ足を運んでみると、水槽の継ぎ目もわからないほど、魚を鑑賞しやすい環境になってきた。これは、透明度が高く水圧等に耐えられるアクリルパネルの利用が普及してきたからである。現在、水族館に存在する水槽はほとんどがアクリルパネルによって作られている。しかし多くの利点がある反面、アクリルパネルには傷つきやすいという欠点がある。そのため、きれいな水槽を保つために日々水族館では水槽の清掃を欠かさない。その中で、水槽の内側に発生したアクリルパネルについての傷だけは、熟練の技が必要ということである。

水槽の内側に存在する傷は、水槽内の生き物が壁にぶつかることで発生する。鱗の硬さ、ぶつかる回数、ぶつかる方向などにより多種多様な傷が発生している。ほとんどの人が傷ついた水槽のイメージを持っていないと思うが、実際に傷が入っている状態と入っていない状態を図 1 に示す。アクリルパネルの傷研磨前の水槽では、表面が白く光り、視界を遮っていることが分かる。

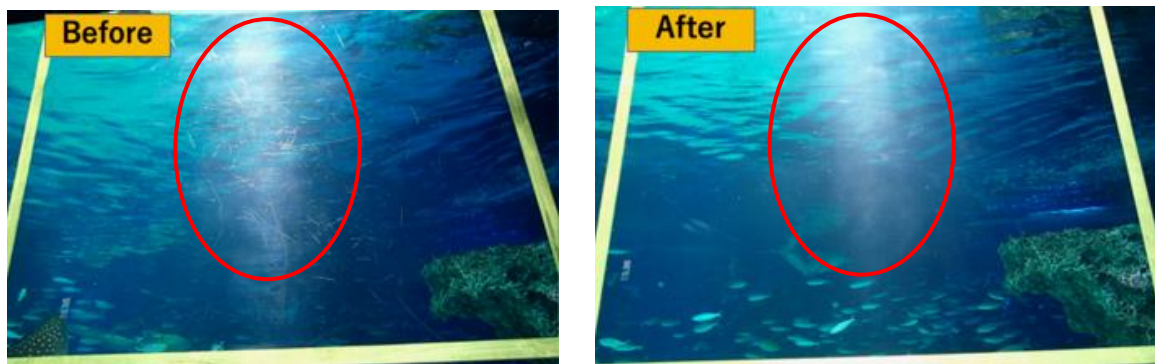


図 1 研磨前と研磨後のアクリルパネル

この状態を傷が目立たないよう修復しているのが、日本サカス株式会社の熟練ダイバーと呼ばれる方々である。何故ダイバーかというと、特に大きな生き物が存在する大型水槽では、生き物の一時保管場所の確保が難しいことから、清掃時に水槽から水を抜くことができない。よって、作業員が自ら潜り、研磨作業を実施する必要がある。日本サカス株式会社では、この作業を実現するため、水槽壁面研磨装置及び水槽壁面研磨方法(特許第 6191750 号)を取得しており、水槽から水を抜くことなく、研磨時の粉塵の飛散を防止しつつ水中で水槽の壁面を研磨することができる革新的技術を開発した。しかし、ダイバーの体力等を考慮すると現実的な 1 日の可能作業時間は 2 時間×4 クールであり、水族館の営業時間外の夜間作業では全国の水族館を回るには人材不足が顕著である。さらにダイバーはライセンスが必要かつ育成には陸上で 3 年、水中で 1 年かかると言われており、傷を見極める技術と研磨する技術の両方を身につけなければならない。そのため圧倒的なダイバー不足が課題となっている。そこで、本研究では人材不足、負担軽減、技術継承を課題と設定し、デジタル技術を用いた解決を目指した。

3.研究成果および今後の課題

以下、3つの項目に分けて記載する。

3-1. 画像処理技術を活用した、アクリルパネルの傷検知

アクリルパネルに発生する傷は大きさ、形、数など多種多様だが、大きく分けて削る傷、削らない傷の2種類に分類する事ができる。具体的に、削らない傷とは深い傷を指す。研磨不可能ではないが、傷を綺麗に研磨すると一部分のみアクリルパネルが深く削られ、応力集中によるひずみが発生する可能性が高いため、削らない傷に分類される。本研究では、画像処理技術を用いて、この2種類の傷の内、削る傷のみの検出に取り組んだ。

日本サカス株式会社より提供頂いた2種類の傷がついた10cm×10cmのアクリルパネルのサンプル画像を図2に、削る傷のみを検出する画像処理プログラムを実行した結果を図3に示す。結果から、熟練者が削ると判断した傷のみが赤い枠で囲まれており、検出できたことが分かる。

しかし、実施には複数の傷が同じ位置に混在する可能性が高い。そこで、1つずつの傷を検出するのではなく、1領域に対し傷の種類を見分け、傷の有無や深さ等であらかじめグループ分けしたカラーパネルを付与するプログラムの開発を行った。カラーパネルの色分けには、研磨時の研磨装置に使用する研磨ペーパーの番手と連動する狙いがあり、どの番手から研磨作業をスタートすることが最適かの判断をアシストすることができる。該当領域に削らない傷が存在する場合は、削らない傷を除いた1番深い傷に対応するカラーパネルを配置する。実行結果を図4に示す。それぞれのカラーは以下を示しており、それぞれのカラーパネルを割り当てることができていることが分かる。

- ・色なし: 検出対象なし
- ・青色 : 埃や汚れ等の傷以外に検出あり
- ・緑色 : 研磨対象傷あり
- ・黄色 : 研磨対象外傷あり

今後は、カラーパネル数の追加および精度向上に取り組む。

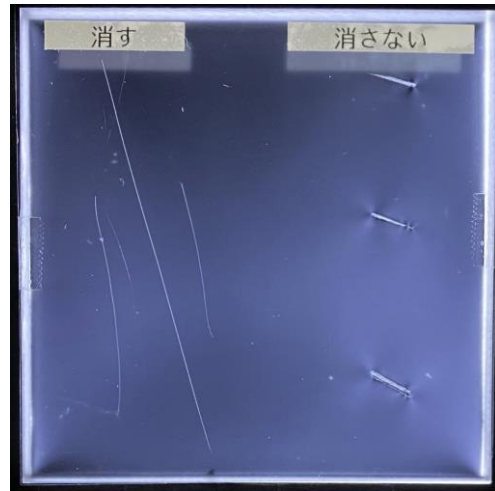


図2 受領したサンプルアクリルパネル



図3 削る傷検出プログラムの実行結果

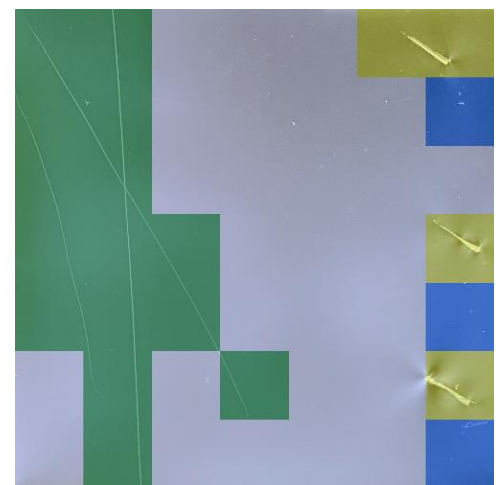


図4 カラーパネルプログラムの実行結果

3-2. AR 技術を用いた、技術継承システムの考案と構築

本研究では、技術継承の課題にも取り組む。そこで AR 技術と3-1. に記載した技術を掛け合わせる事による技術継承システムを考案した。具体的には、画像を解析した結果を AR グラス上で表示させ、傷を認識する工程に対する熟練者や新人といった隔たりを無くす。その後、さらに熟練の技が詰まった研磨手順も AR 描画することで、陸上3年、水中1年の計4年必要とされる新人の育成をデジタル化するとともに育成時間の短縮を目指す。

ここでは、ユーザーインターフェースの設計および IoT データを集約するプラットフォームの実装に着手した。AR 開発には、AR 開発プラットフォームである PTC 社 Vuforia studio と AR 描画のためのデータ管理プラットフォームである PTC 社 Thing Worx を使用し、AR 表示デバイスには Microsoft 社 Hololenz2 を使用した。画像処理の結果を Thing Worx が受取り、データ管理を行う。Thing Worx と Vuforia Studio を接続することで、Thing Worx が保持しているデータを AR 描画することが可能となる。さらに、Vuforia Studio にて設定した描画イメージを Hololenz2 と接続することで、視覚的に研

磨情報を得ることができる。

現段階では、Thing Worx と Vuforia studio のデータの同期および Vuforia studio で作成した AR の Hololenz2 での描画が確認できた。実験の AR 描画実験の様子を図 5 に示す。

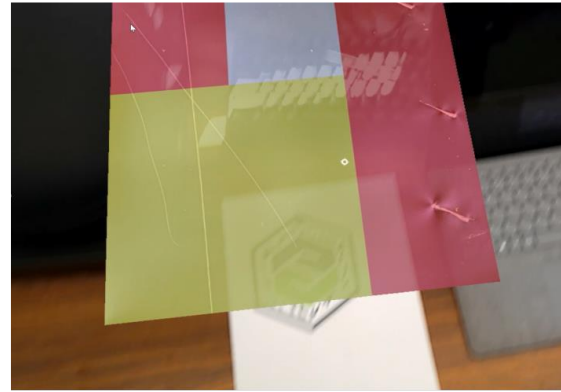


図 5 AR 描画実験の様子

今後は、画像処理の結果と Thing Worx を連携することで、画像処理した結果がすぐに Hololenz2 を通して、AR 描画される仕組みを構築したい。そのために、画像処理と Thing Worx 間の I/F の構築が求められる。

3-3. 研磨作業ロボットのプロトタイプ設計

本研究では、数年後にロボット化による本技術の自動化を目指している。そこで、プロトタイプ機的设计を実施した。設計図を図 6 に示す。現時点では陸上でのロボット化を目指しており、壁に張り付く仕様を満たす設計として吸盤を用いた機構を搭載している。次年度以降、製作に取り掛かる。

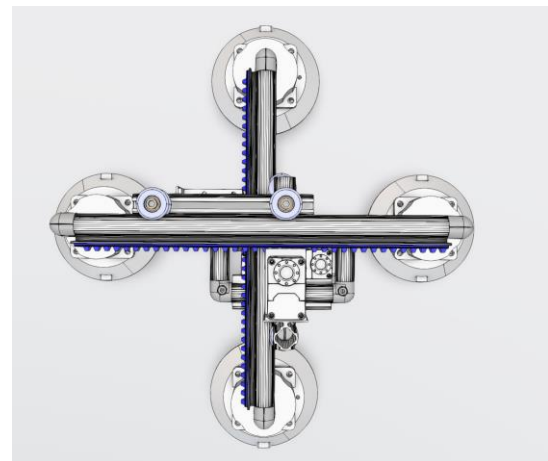


図 6 研磨ロボットのプロトタイプ設計図

4. おわりに

1 年間の研究会を通し、本システムの基幹となる傷検知のための画像処理から、技術継承システムの考案、自動化に向けたロボットのプロトタイプ考案まで実施した。本課題には熟練者の技が非常に多く含まれており、研究を通す中で暗黙知を形式知化する事の難しさを改めて感じた。その一方で、解決できれば大きな技術革新になると考えている。引き続き、日本サカス株式会社と連携を深め、課題解決に向けた

研究を進めていきたい。

5. 本研究の今後の計画

本システムの基幹である画像処理の精度向上およびロボットのプロトタイプ製作に注力する予定である。現在は理想的な環境でのデータ取得となっているため、現地に近い環境での検証を実施する。

6. その他

(1) 出願特許(タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

なし

(2) 投稿論文(タイトル・学会名等)

なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名

日本サカス株式会社（広島県広島市安佐南区八木1丁目14番26号）

(4) コンテスト等

九州・大学発ベンチャー・ビジネスプランコンテスト（主催：日刊工業新聞社）にて、特別賞受賞。

起業家甲子園（主催：国立研究開発法人情報通信研究機関 [NICT]）に出場。ソフトバンク賞受賞。



この報告書は、競輪の補助により作成しました。

<https://jka-cycle.jp>