

弓削商船高等専門学校  
産学連携フォーラム2024  
専攻科特別研究中間発表会講演論文集



日時：2024.12.3 (Tue.) 10:00～

会場：弓削商船高等専門学校 アセンブリホール

一般講演 影野 慎太郎 氏【株式会社新来島どつく】  
教員研究発表、専攻科生研究発表

弓削商船高等専門学校地域共同研究推進センター 弓削商船高等専門学校技術振興会  
弓削商船高等専門学校専攻科

弓削商船高等専門学校地域共同研究センター

<https://www.yuge.ac.jp/step>

E-mail:kikaku@yuge.ac.jp Tell:0897-77-4613





弓削商船高等専門学校産学連携フォーラム 2024  
専攻科特別研究中間発表会

ごあいさつ

日頃から本校の教育・研究・人財育成と輩出にご理解とご協力を賜り深く感謝申し上げます。本フォーラムは、地域を中心とする産業界の方々と本校教員及び学生との連携・交流を深め、共同研究や技術移転等に繋げる活動を促進することを目的として、2018年12月に初めて開催し、その後毎年開催を経て、今年で第7回を迎えます。

今年から国立高等専門学校機構における第五期中期目標期間（五ヶ年）が始まり、中期計画に基づいた年度計画を立て、毎年、進捗および達成状況を確認し必要なフォローアップを行っています。本校の年度計画における産学連携に関する項目として、「地域や産業界が直面する課題解決を目指したPBL」、「企業、自治体、教育機関等と連携したSTEAM教育の高度化」、「企業と連携した教育プログラム」、「社会連携として、教育・研究成果の情報発信」を挙げており、本フォーラムの開催はこれら計画の実績の一つとして報告することになります。

さて、DX、GX及び少子化（≒生産年齢者人口減）の流れの中、海上物流における新燃料、ゼロエミッション、自動及び自律運航、高度情報化への対応など、総合教育、商船学、電子機械工学、情報工学、海上輸送システム工学、生産システム工学を抱える本校が果たす役割は広範になっており、本校内外における分野横断的な活動に加え、当に、地域を中心とする産業界との連携の重要性が高まっていると理解します。

本フォーラムにおける情報交換及び活発な議論を通じて、参加者相互の交流を深め、新たな連携活動の起点が多く生まれることを期待します。

末筆ながら、皆様方のご健勝と益々の発展を祈念して、ごあいさつとさせていただきます。

2024年12月

独立行政法人国立高等専門学校機構  
弓削商船高等専門学校  
校長 内田 誠



# 目 次

## 【教員研究発表】

- T01-01 「ゴーレンシュタイン射影加群圏の構造」 …………… 1  
○本間 孝拓 (総合教育科助教)

## 【一般講演】

- C01-01 「新来島どっくにおける環境対応船への取り組みについて」 …………… 3  
○影野 慎太郎 氏 (株式会社新来島どっく)

## 【専攻科特別研究中間発表】

- B01-01 「再構成を用いた UML 学習支援に関する研究」 …………… 5  
○岩本 大輝 (生産システム工学専攻 1 年)  
榎本 浩義 (情報工学科准教授)、梶田 温子 (情報工学科准教授)
- B01-02 「歪み画像を用いた視線追跡によるユーザ認証システムの開発」 …………… 9  
○沖津 真歩 (生産システム工学専攻 1 年)  
益崎 智成 (情報工学科准教授)、峯脇 さやか (情報工学科准教授)
- B01-03 「翼形状における流体・構造連成解析に関する研究」 …………… 13  
○香川 颯太郎 (生産システム工学専攻 1 年)  
ダワア ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)
- B01-04 「重要度付き顕著性物体検出のための物体位置推定手法」 …………… 17  
○近藤 新 (生産システム工学専攻 1 年)  
田房 友典 (情報工学科教授)、梅木 陽 (情報工学科助教)
- B01-05 「学習対象の再構成によるプログラミング学習支援」 …………… 21  
○中村 風雅 (生産システム工学専攻 1 年)  
榎本 浩義 (情報工学科准教授)、梶田 温子 (情報工学科准教授)
- B01-06 「配管老朽化を流体力学の基礎から明確にする方法」 …………… 25  
○藤井 良真 (生産システム工学専攻 1 年)

ダワァ ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-07 「2つのマニピュレータを用いた3次元位置計測器」 …………… 29

○藤木 沙弥華 (生産システム工学専攻1年)

前田 弘文 (情報工学科教授)、徳田 誠 (情報工学科准教授)

B01-08 「溶接ヒュームの拡散と吸気に関する数値解析」 …………… 35

○藤原 翔一 (生産システム工学専攻1年)

ダワァ ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-09 「アルキメデスの螺旋を用いた水力発電の実験モデル」 …………… 39

○宮地 巧翔 (生産システム工学専攻1年)

ダワァ ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-10 「顕著性検出を用いた物体位置特定による重要度付き顕著性物体検出」  
…………… 43

○渡邊 和哉 (生産システム工学専攻1年)

田房 友典 (情報工学科教授)、梅木 陽 (情報工学科助教)

## 【ポスター紹介】

### ■教員・専攻科生

「放置竹林から里海環境改善へ 離島で取り組む竹・竹炭漁礁の開発」 …… 49

森 耕太郎 (電子機械工学科)、伊藤 武志 (総合教育科)

「防災・減災を支えるロケットストーブの拡張性と  
可搬式温水・蒸気供給システムの開発」 …………… 50

森 耕太郎 (電子機械工学科)、伊藤 武志 (総合教育科)

「Investigation of a water environment education  
platform in the Philippines」 …………… 51

森 耕太郎 (電子機械工学科)、伊藤 武志 (総合教育科)

### ■技術振興会会員

株式会社愛媛銀行 …………… 52

## 日程・プログラム

日 時 令和6年12月3日(火) 10:00～14:45

場 所 弓削商船高等専門学校アセンブリホール

(愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

### ■開会挨拶 (10:00～10:05)

<午前の部>

### ■専攻科生研究発表 (10:05～11:05)

B01-01 「再構成を用いた UML 学習支援に関する研究」

○岩本 大輝 (生産システム工学専攻1年)

榎本 浩義 (情報工学科准教授)、梶田 温子 (情報工学科准教授)

B01-02 「歪み画像を用いた視線追跡によるユーザ認証システムの開発」

○沖津 真歩 (生産システム工学専攻1年)

益崎 智成 (情報工学科准教授)、峯脇 さやか (情報工学科准教授)

B01-03 「翼形状における流体・構造連成解析に関する研究」

○香川 颯太郎 (生産システム工学専攻1年)

ダワァ ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-04 「重要度付き顕著性物体検出のための物体位置推定手法」

○近藤 新 (生産システム工学専攻1年)

田房 友典 (情報工学科教授)、梅木 陽 (情報工学科助教)

休憩 (11:05～11:15)

### ■教員研究発表 (11:15～11:30)

令和6年度技術振興会教員研究支援事業中間発表

T01-01 「The structure of Gorenstein projective modules」

○本間 孝拓 (総合教育科助教)

### ■一般講演 (11:30～12:00)

C01-01 「新来島どっくにおける環境対応船への取組みについて」

○影野 慎太郎 氏 (株式会社新来島どっく)

昼休憩 (12:00～13:00)

<午後の部>

■専攻科生研究発表 (13:00~13:45)

B01-05 「学習対象の再構成によるプログラミング学習支援」

○中村 風雅 (生産システム工学専攻1年)

榎本 浩義 (情報工学科准教授)、梶田 温子 (情報工学科准教授)

B01-06 「配管老朽化を流体力学の基礎から明確にする方法」

○藤井 良真 (生産システム工学専攻1年)

ダリア ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-07 「2つのマニピュレータを用いた3次元位置計測器」

○藤木 沙弥華 (生産システム工学専攻1年)

前田 弘文 (情報工学科教授)、徳田 誠 (情報工学科准教授)

休憩 (13:45~13:55)

■専攻科生研究発表 (13:55~14:40)

B01-08 「溶接ヒュームの拡散と吸気に関する数値解析」

○藤原 翔一 (生産システム工学専攻1年)

ダリア ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-09 「アルキメデスの螺旋を用いた水力発電の実験モデル」

○宮地 巧翔 (生産システム工学専攻1年)

ダリア ガンバット (電子機械工学科教授)、政家 利彦 (電子機械工学科准教授)

B01-10 「顕著性検出を用いた物体位置特定による重要度付き顕著性物体検出」

○渡邊 和哉 (生産システム工学専攻1年)

田房 友典 (情報工学科教授)、梅木 陽 (情報工学科助教)

■閉会 (14:40)

# 教員研究発表



T01-01

## ゴーレンシュタイン射影加群圏の構造

○本間 孝拓<sup>\*1</sup>

### The structure of Gorenstein projective modules

Takahiro HONMA<sup>\*1</sup>

**Key Words** : Gorenstein projective, monomial algebra, stable category, Nakayama algebra, triangulated category

#### ●研究背景, 目的

代数学は整数全体や行列全体がなす構造を抽象化した, 群や環, 多元環, 圏といった代数系を調べる学問である. 近年では様々な分野で三角圏が現れ, これらの三角圏はしばしば有限次元多元環の表現論に現れる三角圏に帰着することができる. そのため表現論では三角圏の構造の描写や部分圏の分類の研究が盛んに行われている.

多元環の表現論では加群圏や導来圏, 完全導来圏, 特異圏といった様々な圏が現れる. 特に多元環が自己入射的であるとき, その加群圏の安定圏は三角圏構造を持つ. また2つの自己入射的多元環の安定圏が同値になるとき, 様々なホモロジー的性質が一致することが知られている. この事実の類似として一般の多元環でも, 加群圏の部分圏であるゴーレンシュタイン射影加群の成す圏の安定圏が三角圏構造を持つ. そのため, ゴーレンシュタイン射影加群の安定圏の構造がどのような構造を持つのか, またその構造が環のホモロジー的性質とどのように関係するかが表現論の重要な問題となっている.

これまでの先行研究として, Chen, Shen, Zhou (1)によってヤコブソン根基の2乗が零な中山多元環の場合に半単純になることが示された. さらにLuとZhu(3)により, 1-ゴーレンシュタイン単項式環の場合に自己入射的中山多元環の加群圏の安定圏と同値になることが示されている. 本研究ではこれらの結果を拡張することで, ゴーレンシュタイン射影加群の安定圏の構造理解の進展を目指す.

#### ●主結果

上記に挙げた2つの結果を含む多元環のクラスである, 単項式環の場合に着目し研究を行なった. まず, 単項式環を次数付き環として見ることで次数付きゴーレンシュタイン射影加群の安定圏の構造を決定した. その後次数シフトによって生成する群Gによる被覆を考えることで次の結果が得られた.

**定理(2)** 単項式環 $\Lambda$ のゴーレンシュタイン射影加群の安定圏 $\text{Gproj } \Lambda$ はある自己入射的中山多元環の加群圏の安定圏と三角圏同値になる. 特に与えられた単項式環に対応する自己入射的中山多元環の明示的な記述を与えた.

#### 文 献

- (1) X.-W. Chen, D. Shen, G. Zhou, The Gorenstein-projective modules over a monomial algebra, Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A 148 (2018), no. 6, 1115–1134.
- (2) T. Honma, S. Usui, The stable category of Gorenstein-projective modules over a monomial algebra. arXiv:2407.04912.
- (3) M. Lu, B. Zhu, Singularity categories of Gorenstein monomial algebras, J. Pure Appl. Algebra 225 (2021), no. 8, Paper No. 106651, 39.

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 総合教育科 助教 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)



# 一般講演



## C01-01

### 「新来島どっくにおける環境対応船への取組みについて」

講演者：影野 慎太郎（株式会社 新来島どっく）

#### 講演概要：

2000年頃より国際海事機関(IMO)においてNOx規制,Sox規制などの大気汚染対策が施工されてきた。一方で地球温暖化対策として,2011年には新造船の燃費規制(EEDI規制)を皮切りに2016年には燃料消費実績報告制度(DCS),2018年にはIMO GHG削減戦略(初期戦略)が次々に採択され,現在では2050頃までにGHG排出ネットゼロ目標などを盛り込んだ2023 IMO GHG削減戦略(改定戦略)が採択された。国内においても環境対応の世界トップランナーを目指し,国交省や海運・造船・船用機器という官民業界全体が一体となってゼロエミ達成に向けた技術開発が取組まれている。

新来島どっくは1902年に愛媛県今治市波止浜の地で創業し,現在では自動車運搬船,ステンレスケミカルタンカー,特殊船や内航船,バルクキャリアなど多種多様な船をお客様のご要望に応じながら「技術の新来島」としてグループ合計で年間30隻余りの船舶を建造している。環境対応分野ではゼロエミ達成に向けたブリッジソリューションと位置付けられているLNG燃料の自動車運搬船「Sakura Leader」を国内で最初に建造し,2020年にシップ・オブ・ザ・イヤーを受賞した。またアンモニア燃料自動車運搬船のAIP取得やグループ会社の新来島サノヤス造船ではType-C LNG燃料タンクやFGSS(燃料ガス供給装置)の内製化を行っている。更にはCO2輸送船(圧入船 Ready)のAIPを世界で初めて取得するなど,ゼロエミに向けた取組みも積極的に行なっている。

今回の講演では,新来島どっくにおけるLNG燃料自動車運搬船の建造状況についてトピックスを交えながらご紹介した後,ゼロエミッションに向けた取組みと課題を造船所の立場からご紹介させて頂く。

#### 『かけがえのない貨物に、ふさわしい一隻を』

新来島どっくは,愛媛県今治市に本社と主要工場を構える造船所です。120年以上の歴史を持ち,当社の特徴である「プロダクトミックス」を通して,メジャーな船から特殊船まで幅広い種類の船を世に送り出してきました。貨物や航路,お客様のさまざまな想いに沿った船を一隻一隻開発・設計・建造することができる造船所となります。

本講演にもあるように,近年はLNG燃料船などの環境に優しい船づくりを通して,環境問題への取り組みを進めております。



#### 沿革：

- 1902年 創業
- 1973年 自動車運搬船建造開始
- 1987年 株式会社新来島どっく設立
- 2021年 日本初大型LNG燃料船「SAKURA LEADER (2020年11月 新来島豊橋造船建造)」が「シップ・オブ・ザ・イヤー2020」を受賞
- 2022年 新来島どっくグループ初の防衛省向け油槽船が竣工



專攻科特別研究中間発表

午前



B01-01

## 再構成を用いた UML 学習支援に関する研究

岩本 大輝<sup>\*1</sup>, 榎本 浩義 (指導教員)<sup>\*2</sup>, 梶田 温子 (指導教員)<sup>\*3</sup>

### UML Learning Support Using Reconstruction

Hiroki IWAMOTO<sup>\*1</sup>, Hiroyoshi ENOMOTO (Adviser)<sup>\*2</sup> and Haruko MASUDA (Adviser)<sup>\*3</sup>

**Keywords** : UML, Reconstruction, Learning,...

## 1. 緒 言

統一モデリング言語(UML)は、システムを単純化することによりわかりやすくする抽象化、システムの構造を目に見える形にする可視化に役立てられるものであり、情報の共有を円滑にするために多くのシステム開発で使用されている記法である。そのため、システム設計を学ぶ上で必須の知識だが、初学者が UML を学ぶことは難しいとされる。その理由として、UML によるモデリングの習得のためには、プログラミング言語、オブジェクト指向の理解はもとより、システム開発工程に関する様々な知識が必要とされるためである。本研究では、UML の学習を支援するにあたり、これまでに各種学習課題へ適用実績があり学習効果があるとされる、再構成の方法を用いる手法を検討する。

## 2. UML 学習支援

### 2-1. UML

UML とは、オブジェクト指向を用いたソフトウェア開発における分析・設計モデルの標準記法である。UML の最新バージョンである UML2.5.1 では、14 種類の図が存在している。UML の中でも代表的なモデル図を表 1 に示す。

ユースケース図は、ソフトウェア開発における要求分析段階で、システムの要件(ユースケース)とシステムの利用者(アクター)との関係を図示している。そのため、開発対象とするシステムの全体像を明確にして、システム全体の概要を把握することが可能となる。図 1 にユースケース図の例を示す。さらに、ユースケース図は、要求の分析に用いるだけでなく開発のすべての基準となる。クラス図は、ユースケース図の情報を表現可能か、シーケンス図はユースケースの通りに進むことが可能か、プログラムの振る舞いは、ユースケース図の通りに振る舞っているか、システムは、ユースケース図の通りに動作をしているか等、要求分析からテストまでのシステム開発のすべての段階においてユースケース図を利用することが可能となっている。このようなユースケース図に基づいたシステム開発の方法を、ユースケースドリブンの開発と呼ぶ。ユースケース図は、ユースケースドリブンの開発などの観点からわかるようにシステム開発において重要な役割を担っている。

表 1 UML のモデル図

名前	説明
ユースケース図	システムのユーザ要求を表現
クラス図	クラスの情報などからシステムの静的構造を表現
シーケンス図	クラスやオブジェクトのやり取りを時間軸で表現

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 1 年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)

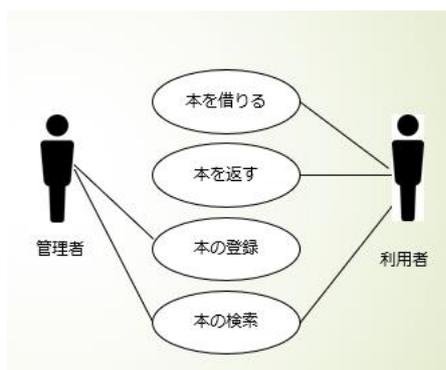


図 1 ユースケース図の例

## 2・2 再構成による学習

本研究で UML の学習支援に適用を試みる再構成による学習とは、学習対象をその情報構造に基づいていくつかの部品に分け、それらを学習者に提示して、完成形に組み立てさせるという学習方法である。この方式の利点とされるのは、用意された部品は、教授者が学習対象をその情報構造に基づいて分けて作ったものであり、対象の構造を適切にとらえたものとなっていること、何もないところから完成形を作る場合と比較して、部品を組み合わせてゆけば全体につながるのので特に初学者にとっての思考の負荷を少なくしていること、ただし、正確に組み立てるには部品間の関係を正しく認識することが必要とされるので、構造理解という点での学習の意義は保持されていることである。

## 3. 研究内容

本研究では、UML の学習に再構成を取り入れるにあたり、まず UML 自体をどのような部品に分割すると適切なものかの、UML のモデル化を行う。再構成による組み立て学習は、様々な学習対象に対してシステム化の事例があるが、UML を組み立てる学習をシステム化した事例はみられない。将来的に UML の図を作成するようなシステム化につなげていくには、UML がどのような全体構造をもち、どのような完成形をどう部品化すると学習効果が高まりそうか、十分に検討する必要がある。このプロセスでは、組み立て学習の実施に向け、UML の図を部品化する方法、組み立てる際に一意に定まる組み方ができるかの確認、複数の解答が存在するようであれば、一意に定まるような部品化の見直しを行う。UML のモデル化の見通しが立てば、システムに先立ち、アンプラグド形式での組み立て学習を試みて、UML の学習において再構成の有効性を確認する予定である。

## 4. 結言

本研究は、再構成を用いた UML 学習支援に関する研究である。UML によるモデリングの習得のためには、プログラミング、オブジェクト指向およびシステム開発工程に関する様々な知識が必要であると考えられている。その問題を解決する手法として、様々な学習課題へ適用され学習効果があるとされる、部品からの再構成を通して UML の作成を支援する手法を使用した。現在は、モデル化した UML に対して組み立て学習が適用の確認を行うところまで進んでいる。今後はアンプラグド形式による組み立て学習の実施を行うための問題の作成や、学習者が組み立て学習を行う際に困らないように UML の教材の用意などを行い、実践データの収集を行っていく。

## 文 献

- 藤井拓, UML 概論, システム/制御/情報, vol.45, No.2, pp.90-96, (2001)  
 平嶋宗, 作問学習に対する知的支援の試みと実践-組立としての作問および診断・フィードバック機能の実現-, 科学教育研究, Vol.43, No.2, pp.61-73, (2019)  
 平嶋宗, 前田一誠, 岩井健吾, 山元翔, 松本慎平, 林雄介, 量命題を部品とした算数単位文章題組立作問学習ソフト「モンサクン」の小学校全学年での試験的利用, 教育システム情報学会誌, Vol.39, No.3, pp.357-367,

(2022)

- 石井成郎, 鈴木裕利, 創造性を育成するための UML モデリング支援ツールの開発, 日本デザイン学会研究発表大会概要集 Vol.61st, pp.164-165, (2014)
- 長尾祐樹, 鈴木裕利, 藤吉弘亘, 藤井 隆司, 石井成郎, 初心者用 UML の提案とその評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2008, No.128(CE-97), pp.45-52, (2008)
- 長尾信明, オブジェクト指向, UML に関する教育の視点と実践, 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No49, pp. 9-16, (2004)
- 山元翔, 平嶋宗, 前田一誠, 林雄介, 単文統合型の作問学習支援システムのスポット的实践利用と学習効果の測定, 教育システム情報学会, Vol40, No.1, pp.48-53, (2023)



## B01-02

## 歪み画像を用いた視線追跡によるユーザ認証システムの開発

沖津 真歩<sup>\*1</sup>, 益崎 智成 (指導教員) <sup>\*2</sup>, 峯脇 さやか (指導教員) <sup>\*2</sup>

## Development of a personal authentication system using eye tracking with distorted images

Maho OKITSU<sup>\*1</sup>, Tomonari MASUZAKI (Adviser) <sup>\*2</sup> and Sayaka MINEWAKI (Adviser) <sup>\*2</sup>

**Keywords** : Eye-Tracking, Authentication System

## 1. 緒 言

キーボードやタッチパネルなどの接触型インタフェースを用いたパスワードの入力方法は広く普及しており、日常的に利用されている。これらのようなユーザインタフェースの熱画像をサーマルカメラで撮影すると、ユーザの指先の熱の痕跡が見つかる。これを利用すると、ユーザが入力した文字列を予測することができるため、悪意を持った第三者に入力内容を盗まれる可能性がある。このような手法の攻撃を「サーマルアタック」という。

グラスゴー大学とタイフ大学の研究結果によると、入力後 20 秒以内に撮影されたキーボードの熱画像からは 86%のパスワードが解読可能であることが確認された。解読方法としては、まず、「Mask RCNN」という物体検出モデルを使用し、サーマルカメラで撮影した画像内にあるキーボードの場所を特定し、次にどのキーが押されたのかを判定してユーザ名とパスワードの入力を区別し、最後に、キーが押された順番を特定するというものである。実験では 21 人の被験者を対象に、入力後に撮影した熱画像に対して、何秒後に高確率で取得できるのか、タイピング速度によって検出率は変化するのか等を調査した。実験の結果、入力して 20 秒以内に熱画像を撮影した場合は 86%、30 秒以内では 76%のパスワードが解読された。60 秒を超えると成功率は 62%に落ちた。タイピング速度でも検出率には差があり、タイピングが遅ければ遅いほどサーマルアタックに対して脆弱であることがわかった。また、この実験で使用されたサーマルカメラは 46×56×68mm と非常に小型かつ安価なカメラであった。

以上のことから、カメラの小型化・低価格化が進むことによってサーマルアタックがより手軽な攻撃手段となるため、対策を考案する必要があると言える。

本研究では、サーマルアタックの影響を受けない視線追跡による個人認証システムの開発を目的とし、視線追跡部の精度向上を図る。個人認証には、ユーザが用意した画像にフィルターをかけて元画像が推測されないような加工を施したもの（歪み画像）を利用する。歪み画像をディスプレイに配置し、ユーザがあらかじめ定めた任意の順で視線を用いて画像を選択することにより認証を行う。視線追跡技術を用いたハンズフリーの認証によりサーマルアタックの対策が可能となる。

## 2. 実験方法

本研究では Gudi らが提案したカメラキャリブレーション手法を用いて、視線追跡部の精度を改善する。そして既存の視線追跡部の精度とキャリブレーション後の精度を比較する。

まず、カメラを用いてチェスボードコーナーパターンを検出し、三次元空間上の位置と対応付けることでカメラの内部パラメータ（カメラ行列、歪み係数）を求めた。これらを算出することで、視線追跡時にカメラの歪みを補正し、視線の位置をより正確に推定できる。次に、キャリブレーション結果を利用して視線データ収集を行

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 1 年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)

った。OpenCV, dlib を使用して顔と目のランドマークを検出し、顔と目の位置情報、形状を取得した。これらの情報をもとに瞳孔の位置や視線方向の推定を行った。

実験には windows10 を搭載した PC を用いた。カメラは 720p FaceTime HD を利用した。

### 3. 実験結果・考察

マウスカーソルの座標（被験者の注視座標）を真値とし、これを基準に推定視点座標を求めた。その結果をもとに、キャリブレーション前とキャリブレーション後の  $x$  方向と  $y$  方向の標準偏差をそれぞれ求めた。キャリブレーション前の  $x$  の標準偏差は約 1035.6,  $y$  の標準偏差は約 505.2 であった。 $x$  方向と  $y$  方向の偏差の分布を図 1, 図 2 に示す。

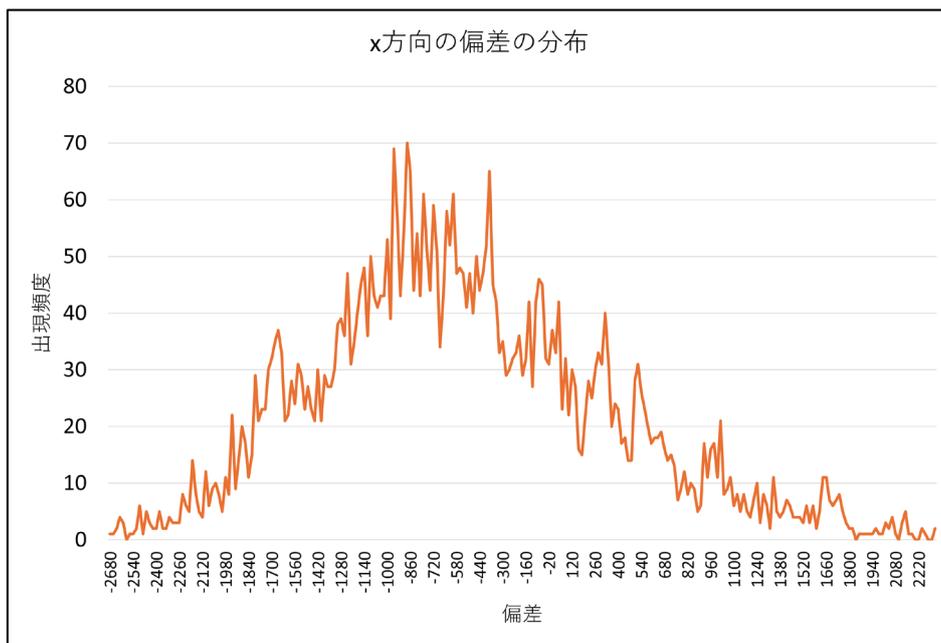


図 1 x 方向の偏差の分布

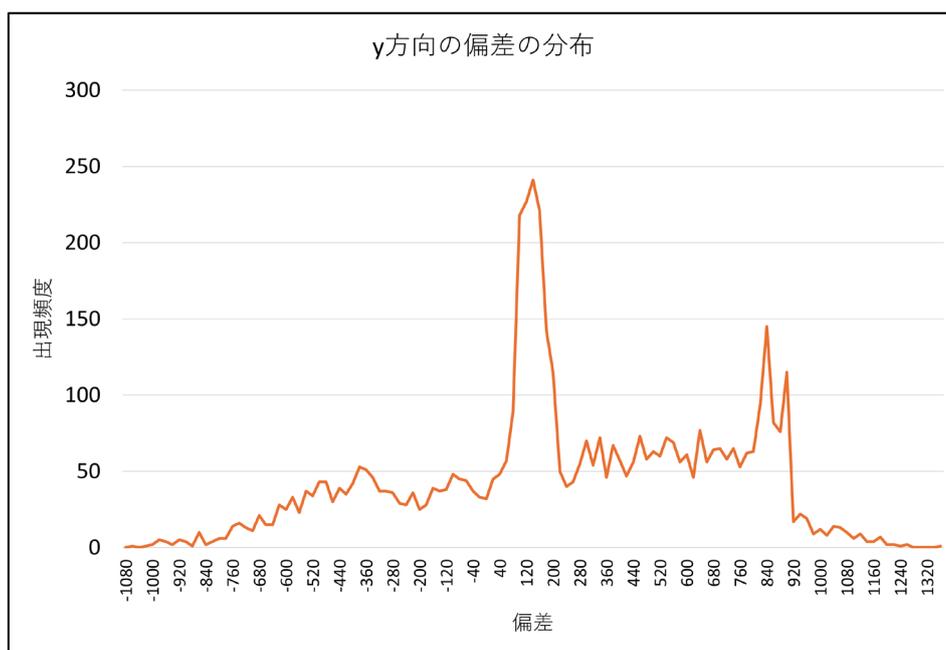


図 2 y 方向の偏差の分布

キャリブレーション後の  $x$  の標準偏差は約 889.1,  $y$  の標準偏差は約 460.3 であった.  $x$  方向と  $y$  方向の偏差の分布を図 3, 図 4 に示す.

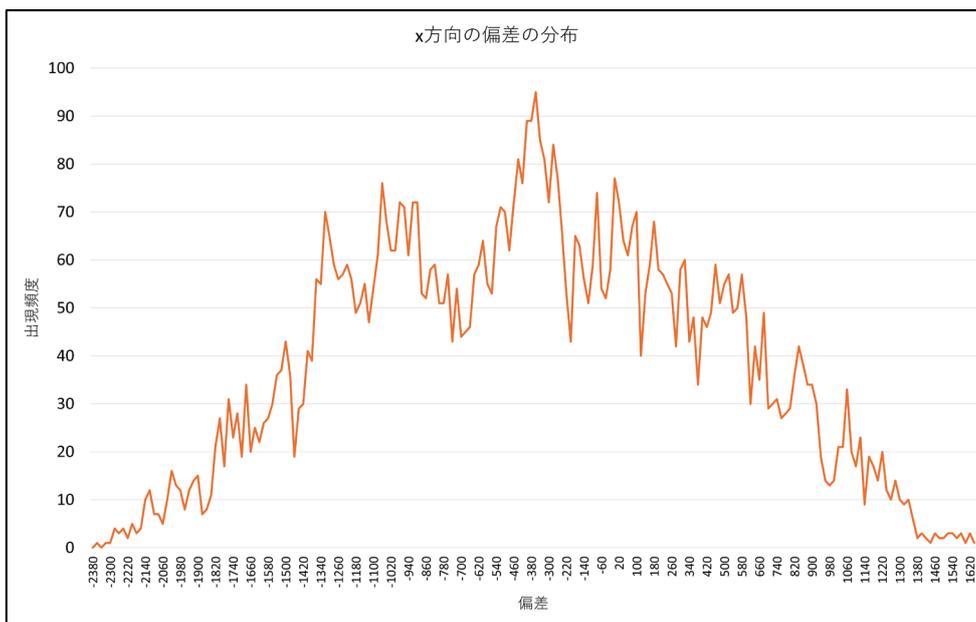


図 3  $x$  方向の偏差の分布

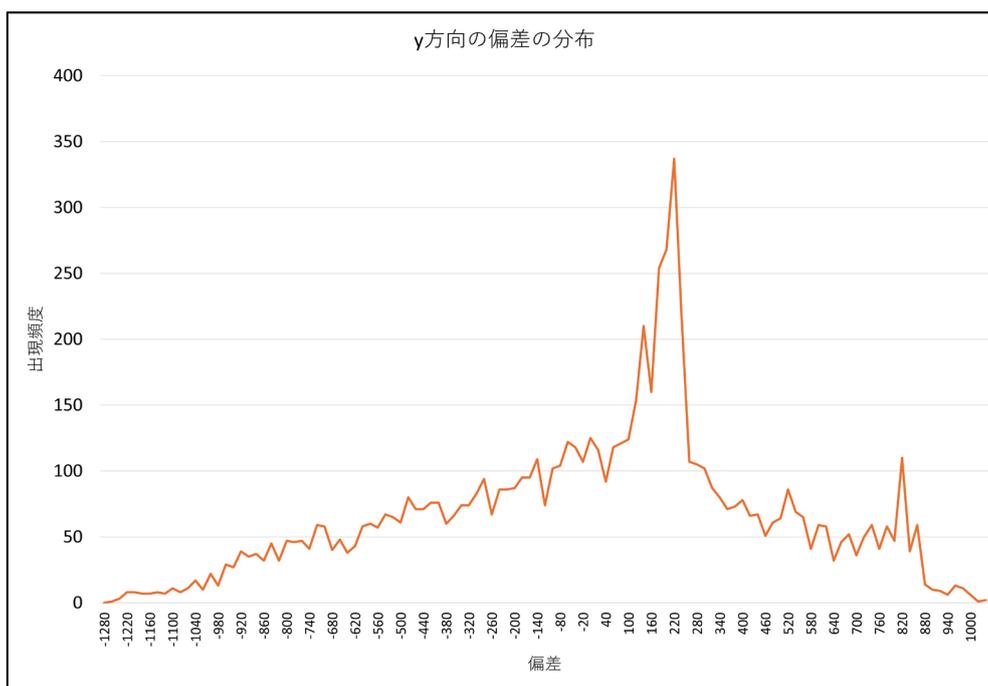


図 4  $y$  方向の偏差の分布

本実験を行った結果, キャリブレーションによって  $x$  方向  $y$  方向ともに推定精度が向上したことが確認できた. また, 推定座標は  $x$  方向の誤差が大きくなりやすい傾向があることがわかった.

この一連の結果が得られた理由として, 人間の視覚特性が関係しているという仮説が考えられる. 人間の目は基本的に横に並んでおり, その視界は垂直方向よりも水平方向に広い. このことから, 人間の目は左右の可動域が大きく移動量が多いため, 水平方向の動きが活発になり, 視線追跡部で  $x$  方向の誤差が大きくなったと考えら

れる。これにより、画面上のカーソルの移動量と被験者の視線移動量の位置合わせの難易度が高くなり、 $x$ 方向での大きな誤差が生じた可能性がある。

#### 4. 結 言

本研究では、Gudi らが提案したカメラキャリブレーション手法を用いて、視線追跡部の精度を向上させ、既存の視線追跡部の精度とキャリブレーション後の精度を比較した。その結果、キャリブレーションによって  $x$  方向  $y$  方向ともに推定精度が向上したことが確認できた。また、推定座標は  $x$  方向の誤差が大きくなりやすい傾向があることがわかった。このことから、視線追跡部の精度をさらに向上させるためには  $x$  方向の補正に特化した方法を考案する必要がある。

#### 文 献

Amogh Gudi, Xin Li1, and Jan van Gemert, Efficiency in Real-time Webcam Gaze Tracking, Computer Vision–ECCV 2020 Workshops (2020), pp. 529-543.

TAKAYUKI KAWAMURA, TADASHI EBIHARA, NAOTO WAKATSUKI , KEIICHI ZEMPO, EYEDi: Graphical Authentication Scheme of Estimating Your Encodable Distorted Images to Prevent Screenshot Attacks, IEEE Access 10 (2021), pp. 2256-2268.

B01-03

## 翼形状における流体・構造連成解析に関する研究

香川 颯太郎<sup>\*1</sup>, ダワァ ガンバット (指導教員)<sup>\*2</sup>, 政家 利彦 (指導教員)<sup>\*3</sup>

### Research on fluid-structure interaction analysis in airfoil shape

Sotaro KAGAWA<sup>\*1</sup>, Ganbat DAVAA (Adviser)<sup>\*2</sup> and Toshihiko MASAIE (Adviser)<sup>\*3</sup>

**Keywords** : Fluid-Structure Interaction, airfoil, Computer Aided Engineering

## 1. 結 言

近年, ものづくりの世界で, CAE の活用が幅広い業種や様々な規模の企業でも取り込まれるようになってきている. オープンソースによる CAE システムの活用も, ライセンスフリーによる無償利用のメリットやソースコードをプラットフォームとして研究開発を行う場面などで使われている.

従来, 多くの人工物周りの流体解析は, これらを変形しない剛体として解析されることが多い. しかし実際には流体から圧力を受け, 微小な変形や応力が発生する. それらを考慮することでより精度の高い解析が行える. 現実の複雑な現象を再現し分析するためには, 様々な物理現象を組み合わせた解析が必要になっており, 実践的な問題解決手段としての連成解析への関心が高まっている. 流体構造連成解析は多くの示唆をもたらす一方で, 研究者がそのソースコードから全てを管理するような研究が多い. また, 利用可能な計算機資源の制限や取り扱いの容易さから, 連成現象を単一現象として解析を行なわれることが多く, それぞれ流体あるいは構造単一の解析に比べて普及が十分になされていない.

そこで本研究では, このような連成解析の間口を広げるため, 流体構造解析双方でオープンソースソフトを用いて連成解析を実施するシステムの構築を目的とする. 連成解析には, 流体解析と構造解析をそれぞれの支配方程式で個別に解く, 分離型弱連成解析を用いる. 翼形状周りの流体解析を OpenFOAM にて行い, 得られた翼状の圧力分布を SALOME-MECA に入力し, 解析結果について考察を行う. 考察により, 連成解析の精度を確かめることを目的としている. 本発表では, 連成解析に必要な解析モデルの作成と流体解析結果について述べる.

## 2. 解析モデル

本研究で用いる翼の形状は NACA0010 である. NACA 翼型は NASA の前身である, NACA:アメリカ航空諮問委員会によって開発された翼型である. 流体解析で用いるモデルは, x 軸方向 500 m, y 軸方向 300 m, x 軸方向 1 m のサイズの直方体から, 翼弦長(x 軸)は 2 m, 奥行き(z 軸)を単位長さとした翼型を切り抜いたモデルで, 関連研究を模して作成したが, モデル作成の都合上, 寸法を大きく変更して作成した. 後に行う構造解析を想定して SALOME-MECA を用いて作成した. 図 1 に NACA0010 翼型を示す. 図 2 に流体解析で用いるモデルを示す.



図 1: NACA0010 翼型

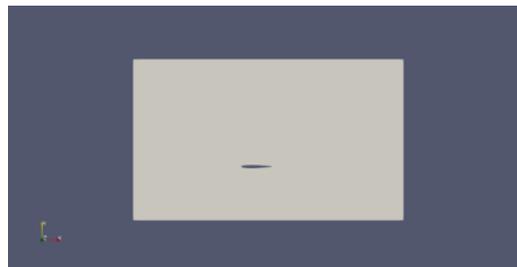


図 2: 流体解析モデル

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 1 年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 准教授 (指導教員)

図3に構造解析で用いる予定のモデルを示す。メッシュを三角形で構成する四面体で切り分けた場合だとz方向を考慮した流体解析となる。そこで、z方向で一様となる2次元解析をするために四角形で構成する六面体に切り分ける。

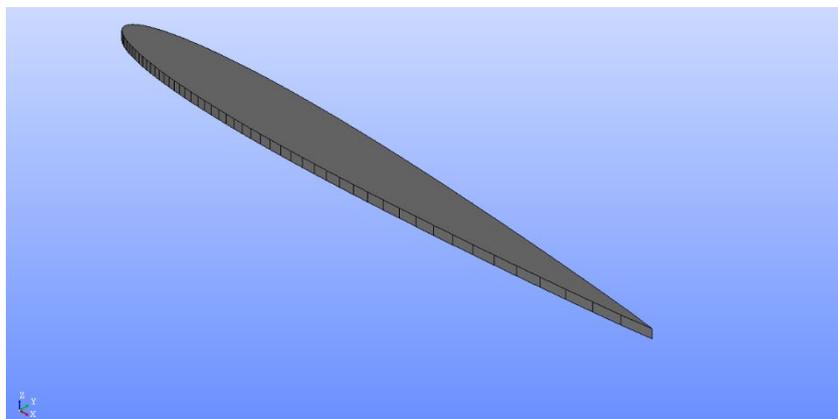


図3:構造解析モデル

翼の先端部分では、曲面を維持するため先端との境界は十分に細かく作成する。図4にSALOME-MECAで作成した流体解析モデルの先端部における、翼形状と流体の境界のメッシュを示す。

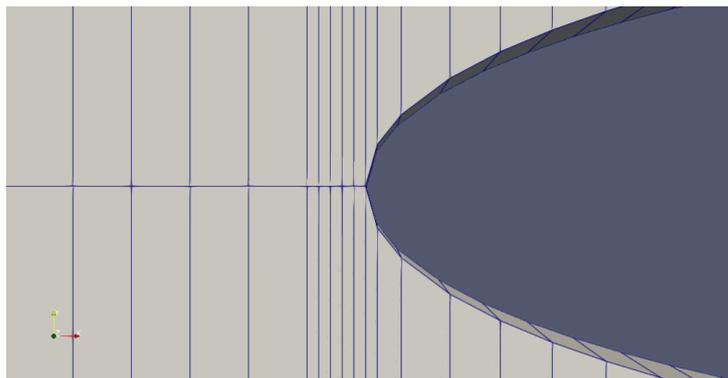


図4:境界のメッシュ

### 3. 解析方法

流体解析にはOpenFOAMを用いて行う。解析ソルバとしては定常乱流解析を行うOpenFOAMにあるsimplefoamを用いて行っている。表1に流体解析の初期条件を記す。

表1:流体解析の初期条件

Ux(x方向の流速)	Uy(y方向の流速)
14.77 m/s	2.604 m/s

流速を15 m/sとして10°の傾きをつけて与える。流体の動粘係数は20℃、1気圧の空気を参考に $1.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ としている。

### 4. 解析結果

図 5, 6, 7 に流体解析を行なって得られた解析結果を記す. 図 5 に流速を示す. 流速のベクトルに応じて矢印で表記する. 大きく傾斜をつけた場合の翼表面の流体の流れは, 翼の後半部分で表面からの剥離が起こる. 図 5 のように  $10^\circ$  の傾斜をつけた結果, 流れの剥離が確認できる.

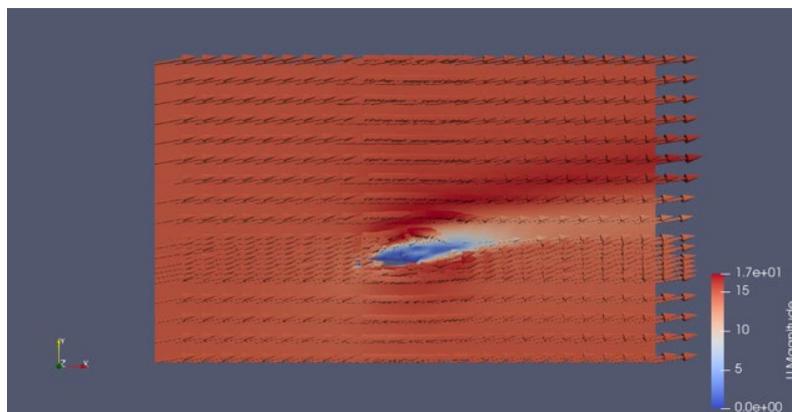


図 5: 流れの解析結果

図 6 は圧力の分布を示す. 一般的な翼形状と同様に, 翼の上下に圧力差が生じていることがわかる.

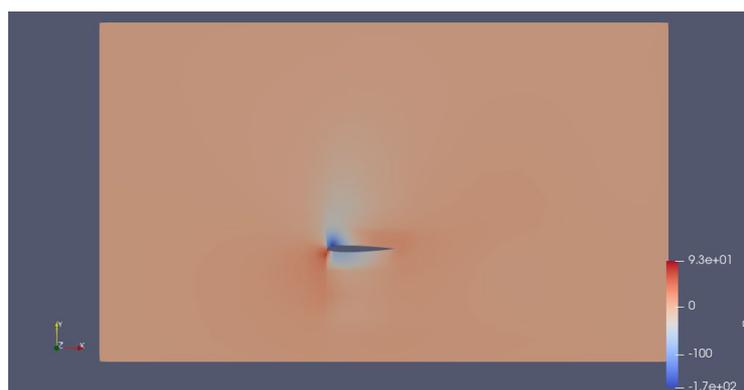


図 6: 圧力の解析結果

図 7 に翼形状表面の圧力分布を示す. 表面のメッシュ毎の圧力を抽出可能である. この表面のメッシュは SALOME-MECA で構造解析を行う予定のモデルの表面と同じであるため, 解析で得られた圧力のデータを SALOME-MECA に入力することで構造解析を行う予定である.

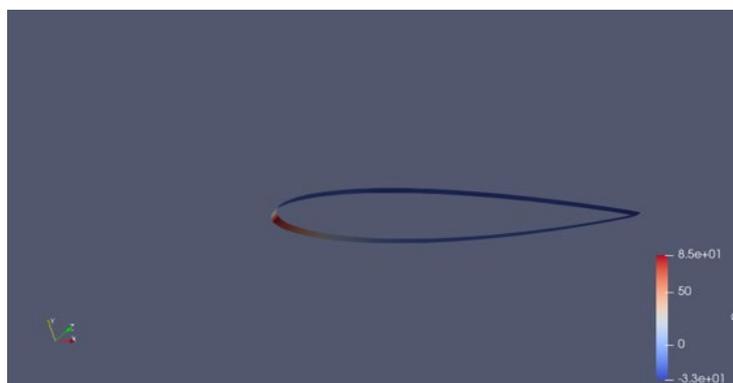


図 7: 翼形状表面の圧力分布

## 5. 結 言

現在は、SALOME-MECAにて作成し出力したメッシュファイルをOpenFOAMに入力し、流体解析を行うことができた。今後の予定は、得られた結果のデータをもとに構造解析を行い、解析結果について考察及び連成解析の精度について検討を行う。

## 文 献

- 柴田良一，川畑真一，オープンソース CFD ツールを活用した流体構造連成解析の実践的活用に関する基礎的  
研，第32回数値流体力学シンポジウム(2018)，pp1-3  
重信樹，瀧脇正樹，弾性運動翼壁面上の渦度の成長，日本機械学会 2018 年度年次大会講演論文集 (2018)，  
S0510102  
OpenFOAM，<https://www.openfoam.com>，(参照日 2024 年 11 月 5 日)  
SALOME-MECA，<https://www.code-aster.jp/index.html>，(参照日 2024 年 11 月 5 日)  
MONOist，流体と構造の連成解析，[https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2008/25/news004\\_2.html](https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/2008/25/news004_2.html)，(参照日  
2024 年 11 月 6 日)

B01-04

## 重要度付き顕著性物体検出のための物体位置推定手法

近藤 新<sup>\*1</sup>, 田房 友典 (指導教員) <sup>\*2</sup>, 梅木 陽 (指導教員) <sup>\*3</sup>

### Object Location Estimation Method for Salient Object Detection with Importane

Arata KONDO<sup>\*1</sup>, Tomonori TABUSA (Adviser) <sup>\*2</sup> and Yo UMEKI (Adviser) <sup>\*3</sup>

**Keywords** : Saliency detection, Salient object detection, Instance segmentation

#### 1. 緒 言

本論文では、重要度付き顕著性物体検出のための物体位置推定手法について提案する。近年、SNSなどの普及により、多くの画像を扱う機会が増え、画像処理の自動化が求められるようになってきている。その中でも、画像リターゲットングと呼ばれる画像処理技術は活発に研究がされており、インターネットブラウザやSNS、テレビ中継などで利用されている。画像リターゲットングは、画像間の重要な物体を保持しつつ、違和感なく画像を変形させる技術である。具体的には、重要でない物体領域のピクセルを様々な方法で縮小、拡大することによって処理を行っている (Marchesotti et al., 2009, Rubinstein et al., 2010, Mansfield et al., 2010, Jose and Heisterklaus, 2017)。そのため高精度なリターゲットングを実現するためには、重要物体領域の正確な検出は必要不可欠である。画像リターゲットングのために重要な物体を検出する手法の一つに、顕著性検出がある。顕著性検出は、画像内の顕著な局所領域を推定する技術である。顕著領域は一般的に、高コントラスト、独特な方向、特徴的な色などの特徴に関して人間の注意を引く領域として定義される。顕著領域を検出することは、視線推定、画像リターゲットングにとって重要である。

近年では、顕著性検出を応用した顕著性物体検出が多く提案されている (Li et al., 2014, Perazzi et al., 2012, Amirul Islam et al., 2018, Aytekin., 2018, Fan et al., 2019)。顕著性物体検出は、物体領域とそれらが顕著性を持つかどうかを同時に推定する。画像アプリケーションの中には、顕著な情報だけでなく、重要な物体の位置も必要とするものがある。画像リターゲットングでは、物体の位置を利用し、物体の形状を保持したまま画像のサイズを変更する。このように、顕著性物体検出は画像リターゲットングにおいて有用であると考えられる。

顕著性物体検出の応用技術として、重要度付き顕著性物体検出という手法が存在する。顕著性物体検出は、推定された物体を顕著か非注目に分類するのに対し、重要度付き顕著性物体検出は、顕著性物体の輪郭とその重要度を推定する。顕著性物体検出に重要度を設定することで、画像リターゲットングにおいて自由度の高いリターゲットングが可能となる。そのため、高度な画像リターゲットングのためには、重要度付き顕著性物体検出が必要となる。

しかし、従来の顕著性物体検出では、検出漏れが多い、重要度が付いていない、重なっている物体を別々の物体として認識していない、顕著性物体でない物体も検出されてしまうなどの問題点がある。そのため、本研究では顕著性検出を行った画像をSOLov2のネットワークの最初に結合して学習を行う方法を提案する。

#### 2. 主 部

この章では、顕著性検出、顕著性物体検出、セマンティックセグメンテーション、インスタンスセグメンテーション、従来手法について説明する。はじめに、顕著性検出と視線推定について説明しそれらの主要な手法につ

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻1年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)

いて説明する。次に顕著性物体検出について説明し、最後に、セマンティックセグメンテーションとインスタンスセグメンテーションの違いについて述べる。

顕著性検出は人間の興味領域、つまり視線を推定する手法である (Cornia et al., 2016, Kruthiventi et al., 2017, Monroy et al., 2018)。画像から各ピクセルの顕著性を算出したものを顕著性マップという。従来の顕著性検出手法では、コントラストの高さ、特徴的な色、独特な方向などの特徴を利用する。Harelらは、グラフベースのアルゴリズムを利用していくつかの特徴に基づいて活性化マップを計算し、それらを組み合わせる一つの顕著性マップを生成する方法を提案した (Harel et al., 2006)。近年では、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を利用した手法が多く提案されており、多数の画像とそれに対応する視点情報を学習データとしてトレーニングし大域的かつ複雑な特徴を効果的に抽出する (Cornia et al., 2016)。これら顕著性検出手法は、人間の視点を正確に推定することを目的としており、物体領域を輪郭に沿って検出することはできない。

顕著性物体検出は、物体領域とそれらが顕著性を持つかどうかを同時に推定する技術である (Li et al., 2014, Perazzi et al., 2012, Amirul Islam et al., 2018, Aytekin., 2018, Fan et al., 2019)。従来の顕著性物体検出手法は、伝播アルゴリズムを使用する (Sun et al., 2015, Zhang et al., 2017)。それらは、隣接するピクセル間の色の類似性とマルコフ吸収確立に基づいて、顕著性情報と背景情報を繰り返し処理によって伝播する。ただし、物体境界に沿って不正確な結果が生成される場合がある。近年では、完全畳み込みネットワーク (FCN) アーキテクチャに基づく手法が提案され、不正確な検出を減らすことに成功している。Liuらは顕著性物体を推定するために粗い情報と詳細な情報を同時に推定する Deep hierarchical saliency ネットワークを提案した (Liu and Yang, 2016)。また、再帰的ネットワークを採用して顕著性を持つピクセルがどの程度接続しているかを推定する手法が提案されている (Wang et al., 2016)。

セマンティックセグメンテーションは、人間、木、車などピクセルが属するカテゴリを識別する手法である (Hariharan et al., 2011, Long et al., 2015, Zhao et al., 2017)。従来のセマンティックセグメンテーションでは、輪郭検出と勾配のヒストグラムによって識別を行っていた。近年、画期的なアプローチである FCN が画像領域の正確に検出する方法として注目を集め、様々な手法で利用されている。ただし、セマンティックセグメンテーションでは、同一カテゴリの物体は一つとして認識されるため、同じカテゴリの物体を別々に識別することはできない。

インスタンスセグメンテーションはセマンティックセグメンテーションから派生したもので、物体のクラスだけでなく、それぞれの物体も識別できる (Romera and Torr, 2016, Li et al., 2017)。基本的なインスタンスセグメンテーション手法は、FCN を使用し、それぞれが一つの物体を含む小さな窓を検出する。別の方法では、リカレントネットワークのアーキテクチャを利用して、以前の検出結果に基づいて物体領域を繰り返し検出する。インスタンスセグメンテーションと顕著性物体検出は同様に物体領域を推定する手法であるが、インスタンスセグメンテーションは物体の重要度を考慮しないため、両アプローチの目的が異なることが示されている。

次に従来手法について説明する。従来手法では SOLOv1, SOLOv2 について述べる。SOLOv1 は、インスタンスセグメンテーション手法である (Wang et al., 2020)。従来のインスタンスセグメンテーション手法と異なり、インスタンスの位置とサイズに従って、インスタンス内の各画素にカテゴリを割り当てるもので、インスタンスセグメンテーションをシングルステージで検出でき、シンプルで、精度も高い手法である。SOLO では CNN を経て、カテゴリーブランチとマスクブランチに分岐している。カテゴリーブランチでは、入力画像をグリッド状に分けて、グリッドの個数分だけクラス分類を行っている。各グリッドセルに物体の中心が存在する場合は、そのクラスを返し、存在しない場合は背景を返す形となっている。マスクブランチでは、各グリッドセルに物体が存在するとしてセグメンテーションしている。したがって、グリッドの個数分だけ画像全体をセグメンテーションすることになる。例えば 12×12 でグリッド分割した場合、マスクの最終出力は 144 枚のセグメンテーション画像となる。

SOLOv2 は、SOLOv1 を改良したものである (Wang et al., 2020)。マスクの非最大値抑制による推論時間オーバーヘッドを著しく低減するために、行列 NMS (非最大値抑制) を提案した。この行列 NMS は 1 ショットで並列行列演算で NMS を実行し、より良い結果をもたらす。簡単なインスタンスセグメンテーションを実証し、速度及び精度の両者において、いくつかの最先端の方法より優れている手法である。これら従来手法の顕著性物体検

出の出力結果では、検出漏れが多い、重要度が付いていない、重なっている物体を別々の物体として認識していない、顕著性物体でない物体も検出されてしまうなどの問題点がある。

### 3. 提案手法

顕著性検出を行った画像を SOLOv2 のネットワークの最初に結合して学習を行った。グリッドに分けた際に、すべてのグリッドの領域を中心とする物体を検出するのではなく、顕著性物体のあるグリッドを検出するため、入力画像に物体がある可能性の高い領域を示す情報を学習させるためである。ネットワークは、SOLOv2 のものをそのまま利用し、最初に入力画像と顕著性検出結果を結合するレイヤーを追加した。その他のパラメータは SOLOv2 と同じものを利用した。顕著性検出の画像は Salicon データセットの真値画像を用いた。

### 4. 実験結果

提案手法の学習を行った結果を図 1 に示す。学習結果からうまく物体の輪郭が抽出できておらず輪郭抽出の精度が落ちていることがわかる。このような結果になったのは、最初のレイヤーに顕著性検出の画像を結合したからだと考えられる。Solo は物体を検出する際に画像をグリッドに分けてそれぞれの領域を中心とする物体を検出しているため、顕著性物体でない物体も検出されている。そのため、適切なグリッドを選択するためにグリッドに分割した後のレイヤーに顕著性検出の画像を結合することで輪郭抽出の精度が落ちてしまう事象を解決できると考える。今後は、グリッドに分割した後のレイヤーに顕著性検出の画像を結合する方法で実験を行い輪郭抽出の精度向上を目標に研究を進める。



図 1 提案手法の実験結果

### 5. 結 言

本研究では、重要度付き顕著性物体検出のための物体位置推定手法について実験を行った。今回提案した手法で学習を行った結果、うまく物体の輪郭が抽出できておらず輪郭抽出の精度が落ちていることがわかる。これは、SOLO の最初のレイヤーに顕著性検出の画像を結合したからだと考えられる。今後は、グリッドに分割した後のレイヤーに顕著性検出の画像を結合する方法で実験を行い輪郭抽出の精度向上を目標に研究を進めていきたいと考えている。

### 6. 文 献

- B. Romera-Paredes and P. H. S. Torr, "Recurrent instance segmentation," in Proc. European Conf. Comput. Vis. Springer, 2016, pp. 312–329.
- B. Hariharan, P. Arbeláez, L. Bourdev, S. Maji, and J. Malik, "Semantic contours from inverse detectors," in Proc. IEEE Int.Conf. Comput. Vis., 2011, pp. 991–998.
- C. Aytekin, A. Iosifidis, and M. Gabbouj, "Probabilistic saliency estimation," Patt. Recognit., vol. 74, pp. 359–372, 2018.

- F. Perazzi, P. Krahenbuhl, Y. Pritch, and A. Hornung, "Saliency filters: Contrast based filtering for salient region detection," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2012, pp. 733–740.
- H. Zhao, J. Shi, X. Qi, X. Wang, and J. Jia, "Pyramid scene parsing network," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 2881–2890.
- J. Harel, C. Koch, and P. Perona, "Graph-based visual saliency," in Proc. Neural Information Process. Syst., 2006, pp. 545–552.
- J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell, "Fully convolutional networks for semantic segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2015, pp. 3431–3440.
- J. Sun, H. Lu, and X. Liu, "Saliency region detection based on markov absorption probabilities," IEEE Trans. Image Process., vol. 24, no. 5, pp. 1639–1649, 2015.
- L. Marchesotti, C. Cifarelli, and G. Csurka, "A framework for visual saliency detection with applications to image thumbnailing," in Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis., 2009, pp. 2232–2239.
- L. Wang, H. Lu, Y. Wang, M. Feng, D. Wang, B. Yin, and X. Ruan, "Learning to detect salient objects with image-level supervision," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 136–145.
- L. Wang, L. Wang, H. Lu, P. Zhang, and X. Ruan, "Saliency detection with recurrent fully convolutional networks," in Proc. European Conf. Comput. Vis. Springer, 2016, pp. 825–841.
- L. Zhang, J. Ai, B. Jiang, H. Lu, and X. Li, "Saliency detection via absorbing markov chain with learnt transition probability," IEEE Trans. Image Process., vol. 27, no. 2, pp. 987–998, 2017.
- M. Amirul Islam, M. Kalash, and N. D. B. Bruce, "Revisiting salient object detection: Simultaneous detection, ranking, and subitizing of multiple salient objects," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2018, pp. 7142–7150.
- M. Cornia, L. Baraldi, G. Serra, and R. Cucchiara, "A deep multi-level network for saliency prediction," in Proc. IEEE Int. Conf. Patt. Recognit. IEEE, 2016, pp. 3488–3493.
- M. Jiang, S. Huang, J. Duan, and Q. Zhao, "Salicon: Saliency in context," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2015, pp. 1072–1080.
- N. İmamoğlu, C. Zhang, W. Shmoda, Y. Fang, and B. Shi, "Saliency detection by forward and backward cues in deep-cnn," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Process., 2017, pp. 430–434.
- N. Liu and H. J., "Dhsnet: Deep hierarchical saliency network for salient object detection," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2016, pp. 678–686.
- R. Fan, M.-M. Cheng, Q. Hou, T.-J. Mu, J. Wang, and S.-M. Hu, "S4net: Single stage salient-instance segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2019, pp. 6103–6112.
- R. Monroy, S. Lutz, T. Chalasani, and A. Smolic, "Salnet360: Saliency maps for omnidirectional images with cnn," Elsevier Trans. Signal Process. Image Communication, vol. 69, pp. 26–34, 2018.
- S. S. S. Kruthiventi, K. Ayush, and R. V. Babu, "Deepfix: A fully convolutional neural network for predicting human eye fixations," IEEE Trans. Image Process., vol. 26, no. 9, pp. 4446–4456, 2017.
- T.-Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, J. Hays, P. Perona, D. Ramanan, P. Dollár, and C. L. Zitnick, "Microsoft coco: Common objects in context," in Proc. European Conf. Comput. Vis. Springer, 2014, pp. 740–755.
- X. Wang, T. Kong, C. Shen, Y. Jiang, and L. Li. "SOLO: Segmenting objects by locations". In Proc. Eur. Conf. Comp. Vis., 2020.
- X. Wang, R. Zhang, T. Kong, C. Shen, and L. Li. "SOLOv2: Dynamic and fast instance segmentation". Advances in Neural Information Processing Systems. 17721–17732..
- Y. Li, H. Qi, J. Dai, X. Ji, and Y. Wei, "Fully convolutional instance-aware semantic segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 2359–2367.
- Y. Li, X. Hou, C. Koch, J. M. Rehg, and A. L. Yuille, "The secrets of salient object segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2014, pp. 280–287.

專攻科特別研究中間発表

午後



B01-05

## 学習対象の再構成によるプログラミング学習支援

中村 風雅\*<sup>1</sup>, 榎本 浩義 (指導教員) \*<sup>2</sup>, 榊田 温子 (指導教員) \*<sup>3</sup>

### Programming Learning Support by Reconfiguring the Learning Objects

Fuga NAKAMURA \*<sup>1</sup>, Hiroyoshi ENOMOTO (Adviser) \*<sup>2</sup> and Haruko MASUDA (Adviser) \*<sup>3</sup>**Keywords** : Programming, Learning, Reconfiguring

## 1. 緒 言

プログラミング学習支援を対象とした既存研究は様々に報告されている。本研究では、プログラミング学習上の様々な困難のうち、特につまづきの多くみられる繰り返し処理（ループ）を取り上げ、様々な学習課題へ適用され学習効果があるとされる、学習対象を再構成する手法を適用する方法を提案する。

## 2. プログラミング学習上の困難

プログラミング学習において、困難の一つに挙げられるのが初学者によるプログラミング学習の導入のつまづきがあげられる。プログラミング学習の導入では主に3つの処理が学習として行われており、逐次、分岐、繰り返し処理がプログラミング学習の導入にあたる。その中で逐次処理と分岐処理の応用である繰り返し処理はほかの2つの処理と比較した際に、理解に時間を要し、つまづく初学者が多くみられた。このことから本研究では、特に躓きの多くみられた繰り返し処理を取り上げ、学習効果の確認された、学習対象を再構成する手法を適用する方法を用いて初学者を対象としたプログラミング学習支援を行う。

## 3. ループを含むプログラム

### 3.1 単純なループ

図1は、Python プログラミング言語（以下、Python とする）による、ループをするプログラムの例である。プログラムの1行目「for」は、Python における、ループを示すキーワードである。ここでは、処理を10回繰り返す（10回ループする）処理を定義している。1行目にある「number」は変数であり、1回目のループでは、1がnumberの値として設定され、2回目のループでは2がnumberの値として設定される。最後のループ（10回目のループ）では、numberの値として10が設定される。2行目は、ループによって繰り返し実行される処理である。

「print」は、Python における、表示をする命令であり、1回目のループでは、1行目のnumberに1が設定された後、2行目のprint(number)によりその時点のnumberの値が「1」と表示される。同様に、2回目のループでは「2」、最後のループでは「10」が表示される。このようにして、1から10までの数が順番に表示されるプログラムとなっている。

```
1 for number in range(1, 10 + 1, 1):
2     print(number)
3
```

図1 単純なループ

\*<sup>1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻1年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削1000)\*<sup>2</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)\*<sup>3</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)

### 3・2 ループの中で計算をするプログラム

図2は、1から10までの総和を求めるプログラムである。1行目の `sum` は変数であり、計算して求めた総和を保持するために使うものである。2行目では10回の繰り返しを行うループを定義している。変数 `number` には、1回目のループでは1、2回目のループでは2、10回目のループでは10が値として設定される。3行目はループにより繰り返し実行される処理であり、`sum` と `number` を合計した数値を、`sum` に保持するという処理を行なっている。ここで、`for` ループで繰り返し実行される範囲は3行目までであり、4行目の `print` はループによる繰り返し処理が済んだ後、1回だけ実行される処理である。

### 3・3 ループ処理の難しさ

図1に示した単純なループ処理では、変数を1つ扱い、ループするたびに1ずつ増加するという動作になっているが、図2に示したループではループの中で計算をするようになっている。図2のプログラムで扱う変数、あるいは計算式を示すと、(更新前) `sum`, `number`, `sum + number`, (更新後) `sum`, というようになっており、図1のループよりも複雑さが増している。10回のループのうち、3回目までについて、ループ処理における変数、計算式の値の変化を示したものが表1である。このようなプログラムにおいて、`sum` に途中経過が保存されていることが学習者に理解しづらい点として指摘されている。

## 4. 再構成による学習

再構成による学習とは、学習対象をその情報構造に基づいて部品に分割し、それを学習者に提示して、完成系に組み立てさせる活動を通じて、対象がどのような構造を持っているのかを把握させる学習方法であり、算数、数学をはじめとして、様々な学習対象への適用例が報告されている。本研究では、表1に示したような、各回のループにおける変数や計算式とその値を組み立てられることが、プログラミングにおけるループの理解に近づく方法と考え、ループ処理の全体構成を部品に分割して学習者に組み立てさせる学習方法を提案する。

## 5. 結言

本研究では、初学者のプログラミング学習の導入においてつまづきの多かった繰り返し処理について、学習対象を再構成する手法を適応する方法を検討した。今後の展望としては、上記した内容を初学者に対して実施し、その効果の確認と問題の修正を行う。

```

1 sum = 0
2 for number in range(1, 10 + 1, 1):
3     sum = sum + number
4 print(sum)
5

```

図2 1から10までの総和を求めるプログラム

表1 ループ処理における変数、計算式の値の変化

	(更新前) <code>sum</code>	<code>number</code>	<code>sum + number</code>	(更新後) <code>sum</code>
ループに入る前	0	--	--	--
1回目のループ	0	1	0 + 1	1
2回目のループ	1	2	1 + 2	3
3回目のループ	3	3	3 + 3	6

## 文 献

- 深町修一，文系の学生に対するコンピュータプログラミング教育の一考察，福岡国際大学紀要 No.23 (2010)，pp.39-45.
- 保福やよい，なぜプログラミングは難しいのか，情報処理 Vol.54, No.3 (2013)，pp252-255.
- 永井絵梨奈，伊地知咲希，内田奈津子，初学者がなぜループ処理でつまづくのか？ 文系女子大におけるプログラミング入門の経験から，2020年度情報処理学会関西支部支部大会.
- 岩井健吾，林雄介，松本慎平，平嶋宗，和差の算数文章題を対象とした作問課題分析ツールの設計・開発及びその評価，教育システム情報学会誌，Vol.38,No.4 (2021)



B01-06

## 配管老朽化を流体力学の基礎から明確にする方法

藤井 良真<sup>\*1</sup>, ダワァ ガンバット (指導教員) <sup>\*2</sup>, 政家 利彦 (指導教員) <sup>\*3</sup>

### A method to clarify piping deterioration from the basic of fluid mechanics

Ryoma FUJII<sup>\*1</sup>, Ganbat DAVAA (Adviser) <sup>\*2</sup> and Toshihiko MASAIE (Adviser) <sup>\*3</sup>

**Keywords** : fluid mechanics, pipe deterioration, method to clarify piping deterioration

### 1. 緒 言

現在,我々が暮らす日本社会において,配管システムは,生活水供給や産業のプロセスなど,さまざまな場面で重要な役割を果たしている.しかし,多くの配管は長期的に使用されることが前提であり,年月の経過とともに老朽化の影響を避けることはできない.多くのインフラ設備が高度経済成長期に設備されたため,それから50年以上が経過した今,耐用年数を超えるものが増加している.老朽化による問題が発生すると,漏水,さらには管破裂による環境汚染や設備の故障といった重大な事故を引き起こす可能性がある (Sakaki et al, 2019).そのため,配管の老朽化について,予防的なメンテナンスや効果的な更新を行うことが必要とされている.しかし,配管内部の老朽化の進行を直接目視で確認することは困難であるため,外部からの診断や,理論的な評価に基づいたアプローチが求められる(水道クライシス”全国危機 MAP あなたの町は大丈夫?(参照日 2024年11月5日))(水道管の老朽化の原因は?日本が抱える問題と私たちにできる対策とは(参照日 2024年11月5日)).

本研究では,配管の老朽化に関する問題を流体力学の観点から再考し,老朽化が流体挙動にどのような影響を及ぼすかについて明らかにする.影響を詳細に調査するために,実験装置を設計,製作し,装置を流れる流体の挙動を解析し,センサを活用して配管の老朽化の指標を検出することで,非侵襲的かつ効率的な老朽化診断方法の開発を目的とする.そこで,ここでは水道管の老朽化の確認方法を検討し,日本の地下配管の老朽化状況を把握するための新たな手法として,流体力学の基礎知識とセンサ技術を組み合わせた研究を行う.

### 2. 実験装置と実験

#### 2・1. 実験装置の作製

本研究で用いる実験装置は,アルミフレームと水槽を用いて製作を行う.3Dプリンタで管内の流量を変化させるための内径がそれぞれ違う大きさのものを造形するために, Fusion360 (Autodesk 社)を使用した.実験装置の全体を決めるためこちらも Fusion360 (Autodesk 社)を使用してイメージ図を作成した.実験装置を作製するにあたって使用した部品は, MISUMI の HFS (標準タイプ) 表面処理 白アルマイト 処理 5 シリーズ 正方形 20×20 mm 1 列溝 4 面溝, MISUMI のアルミフレーム用直角接続ブラケット表面処理なし,カバー取り付け穴追加加工なし付属 SEU (ボルト先入ればねナットセット) 適合ボルト (M5 ボルト) 5 シリーズ セットボルト・ナット込み (溝幅 6 mm) -1 列溝用- 突起付反転ブラケット,水槽は穴あけ加工済み水槽 49.3×24.3×23.6 cm チャーム,付属品の穴あけ加工済み水槽用 水替え楽ちんキット 水槽掃除 チャームである.実際の実験装置を組み立てるために利用した実験装置材と個数を表 1 に求めて示す.これらを使用し実験装置を作製した.水槽実際の実験装置は以下の図で示す.図 1 が 3DCAD を用いて実験装置のイメージ図を作製したもので図 2 が実際の実験装置の完成図である.

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 1 年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 准教授 (指導教員)

表 1: 実験装置に使用した部品と個数

1000 mm	8 本
460 mm	14 本
400 mm	1 本
250 mm	6 本
210 mm	4 本
接続ブラケット	60 個
水槽 49.3×24.3×23.6	2 個
水替え楽ちんキット	2 個

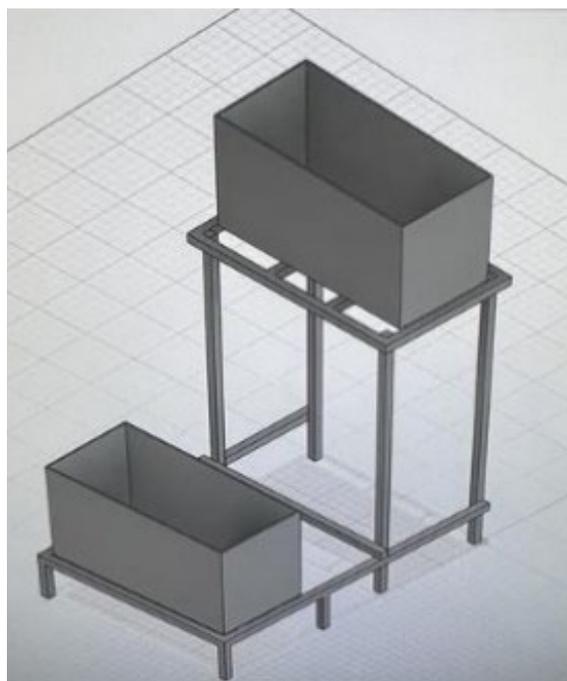


図 1: 実験装置のイメージ図



図 2: 実験装置の完成図

## 2・2 装置の詳細

装置について述べる。上の水槽に 10L の水をため、印をつけ、水量の大きな誤差が出ないようにする。そこから管を使用し、下の水槽に流す。その時、管の中に 3D プリンタで作成した内径がそれぞれ違うサイズの物を管内にはめ込み流量を変化させ、測定を行う。

## 2・3 超音波センサ

本研究では、超音波センサ HC-SR04 を 2 つ使用する。超音波センサの使用について説明する。上下の水槽の一つずつセンサを取り付け、それぞれの水面の高さを計測し、数値を算出する。上の水槽から下の水槽へ水を流す際に、管内の内径を変えることにより流れる速度や水がたまる速度が変わる。水が水槽に溜まる際、どのように水がたまり、数値にどのように変化が起こっているのか測定する。

## 2・4 管内の内径を変えるためのもの

管内の内径を変えるために 3D プリンタで内径 12 mm, 8 mm, 4 mm の部品を作製し、管内にはめ込み流量の変化させるために使用する。水を流すホースの内径は 16 mm である。図 3, 図 4, 図 5 にそれぞれ内径が 12 mm, 8 mm, 4 mm で製作した部品を示す。また、図 6 にはホース (管) にはめ込んだ際の様子を示す。



図 3: 内径 12 mm



図 4: 内径 8 mm



図 5: 内径 4 mm



図 6: 上の内径を変える部品をはめ込んだ様子

### 2・5 実験と方法

はじめに、管に水が流れないように弁を閉じておく。次に2つの（上、下）水槽に超音波センサを設置する。そして水槽に水を 10L 入れる。パソコンに超音波センサから送られてくる数値がシリアルモニタで出される必要があるのでパソコン二台を準備し、超音波センサの設定を行う。二台のパソコンにシリアルモニタを出したら数値が出てくるので弁を開き、水を流すタイミングと合わせて両方のパソコンの数値の確認をし、動画を撮り、実験の全体が分かりやすいようにする。これらを管の内径の変化別に 10 回ほど行う。数値の誤差などの変化を Excel のグラフで示す。

### 3. 実験結果および考察

今回は、内径が 16 mm と 8 mm での部品を利用して実験をそれぞれ 10 回ずつ行った。図 7、図 8 に 16 mm での実験結果、図 9、図 10 に 8 mm での実験結果を示す。図の横軸はセンサの測定回数（1 秒ごとに 1 回）、縦軸はセンサから水の水面までの距離を示している。実験の測定結果から見ると 16 mm および 8 mm のグラフはほとんど同じ形に表れた。図 8 の測定結果を見ると、他のグラフよりばらつきが激しいといえる。このグラフがほかのグラフよりばらつきが生じるのは、管から流れてくる水の勢いが強く波が生じたからだと考えられる。また、波を減らすためにスポンジを用いて実験を行っていたが、実験の数値のばらつきは生じた。

16mm上

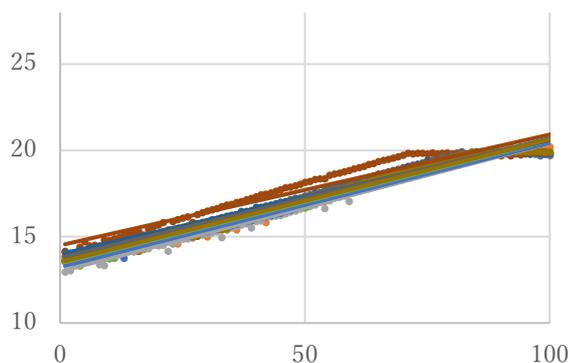


図 7: 内径 16mm の水槽上の水の減少を表したグラフ

16mm下

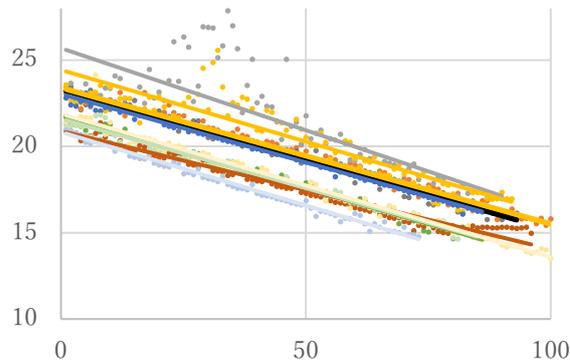


図 8: 内径 16mm の水槽下の水の増加を表したグラフ

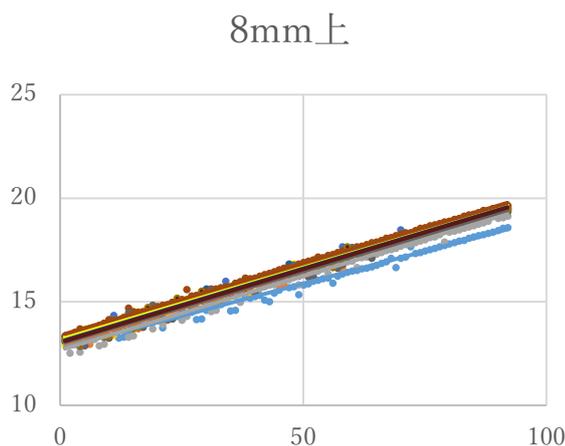


図9: 内径8mmの水槽上の水の減少を表したグラフ

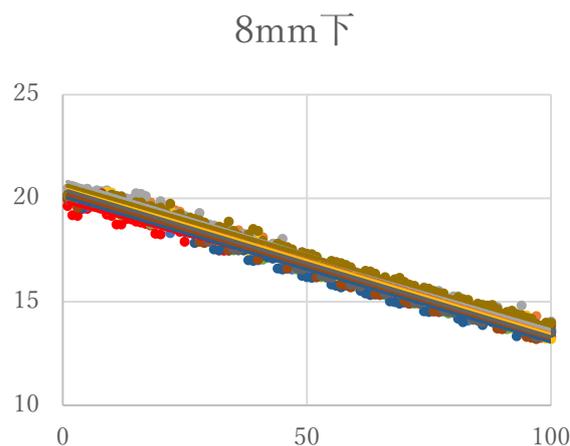


図10: 内径8mmの水槽下の水の増加を表したグラフ

## 4. 結言

### 4・1 まとめ

本論文では、配管老朽化を流体力学の基礎から明確にする方法を提案した。現在、実験装置が完成し実験を行った。実験には、管内の内径を変えるために、3Dプリンタを用いて設計した内径が8mmと16mmの部品を使用した。管自体の内径は16mmであり、内径が16mmと8mmの2つの部品で計測を行った。結果をグラフに表すと、ほとんど同じ形に表れることが分かった。

### 4・2 今後の予定

本研究は、まだ途中段階であり、今後の目標として、まず、1つ目に管内の内径を変えるものをたくさん印刷し、実験を行う。2つ目に水道水ではなく、別の流体を使用する。3つ目に、水槽の位置を変化させ、高さなどから流量の変化を測ることを考えている。

## 5. 文献

SAKAKI, H. SATAKE, M. and TAKIZAWA, S., Evaluation Indexes for Deterioration Condition and Maintenance Management System for Drinking Water Distribution Pipeline (2019), III\_413-III423

わかりやすい機械教室 改訂 流体の基礎と応用 森田泰司 著

NHK “水道クライシス” 全国危機MAP あなたの町は大丈夫? Web サイト <https://www.nhk.or.jp/gendai/articles/4893/> (参照日 2024年11月5日)

COLUMN 水道管の老朽化の原因は? 日本が抱える問題と私たちにできる対策とは | Wellcare- みずから健康・食・美をより豊かに - | WACOMS (参照日 2024年11月5日)

B01-07

## 2つのマニピュレータを用いた3次元位置計測器

藤木 沙弥華<sup>\*1</sup>, 前田 弘文 (指導教員)<sup>\*2</sup>, 徳田 誠 (指導教員)<sup>\*3</sup>

### The Three-Dimensional Position-Measuring Instrument using Two Manipulators

Sayaka FUJIKI<sup>\*1</sup>, Hirofumi MAEDA (Adviser)<sup>\*2</sup> and Makoto TOKUDA (Adviser)<sup>\*3</sup>

**Keywords** : Measuring Instrument, Manipulator, Contact Type, Exploration Robot, Water Pipe

#### 1. 緒 言

日本では下水道設備の長期使用により、老朽化が顕現化しており、大きな社会問題となっている。特に下水管渠の標準的耐用年数である50年を超えた設備については、いつ道路が陥没してもおかしくない状態である。そのため現在は、配管のサンプリング検査が全検査へと拡張されつつあり、作業員の負担軽減のためにロボットを使用した検査が行われるようになってきた。また近年では、持ち運びが容易で操作も簡単なスタンドアロンタイプの配管検査用ロボットが注目を浴びている。しかし、自律型のロボットを実現するためには、ロボット本体が管内で転倒しないことが最低限必要となる。そこで我々は、ソフトウェア的なアプローチとして、走行の制御による転倒防止策を模索することとし、そのために必要となる高度な自己位置推定の実現を目指している。

現在、我々が提案した自己位置推定法の検証が終了しており、タイヤ形状の影響を受けて微小な推定誤差が発生している。そこで、新たにこの推定誤差を最小とするためのニューラルネットワークを用いた高精度な自己位置推定法を提案する。しかしながら、検証に使用した配管検査用ロボットのための特殊な3次元位置計測器(矢野他, 2016, 立花, 前田, 2017, 2018, 石川, 前田, 2022, 多田, 前田, 2022, 塩飽, 前田, 2022, MAEDA, 2022)では、教師データを正確に取得できるものの、1つのデータ取得に多くの時間を有してしまい、ニューラルネットワークに用いるには不向きである。そこで本研究では、市販のマニピュレータを2台用い、高精度かつ大量の計測が短時間でできる3次元位置計測器の開発を行う。

#### 2. マニピュレータ

本計測器には、マニピュレータとして図1に示すRotrics社のDexArmを2台使用する。DexArmは、4自由度を有し、エンドエフェクタに取り付けられたモジュールを交換することによって、さまざまな用途で使用できる。また、作業エリアは、220×220×270 mmで、精度は0.1 mm、再現性は0.5 mmとなっている。

図2にDexArmのリンク構造を示す。DexArmは4自由度であるが、先端部分は平行リンクを用いてエンドエフェクタを地面に対して水平に維持するための機構となっている。そのため、理論上は図2で示している3自由度と等価になる。また、マニピュレータの先端であるエンドエフェクタの位置情報については、あらかじめ取得関数が用意されており、エンコーダ値を元に順運動学を用いて算出する必要はない。さらに、DexArmにはダイレクトティーチング機能が実装されており、モータの電源を落とした状態でエンコーダ値のみの取得が可能となっている。そこで本システムでは、ダイレクトティーチングモードでDexArmを使用することにより、計測器として利用する。

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻1年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)



図1 Rotrics 社製 DexArm

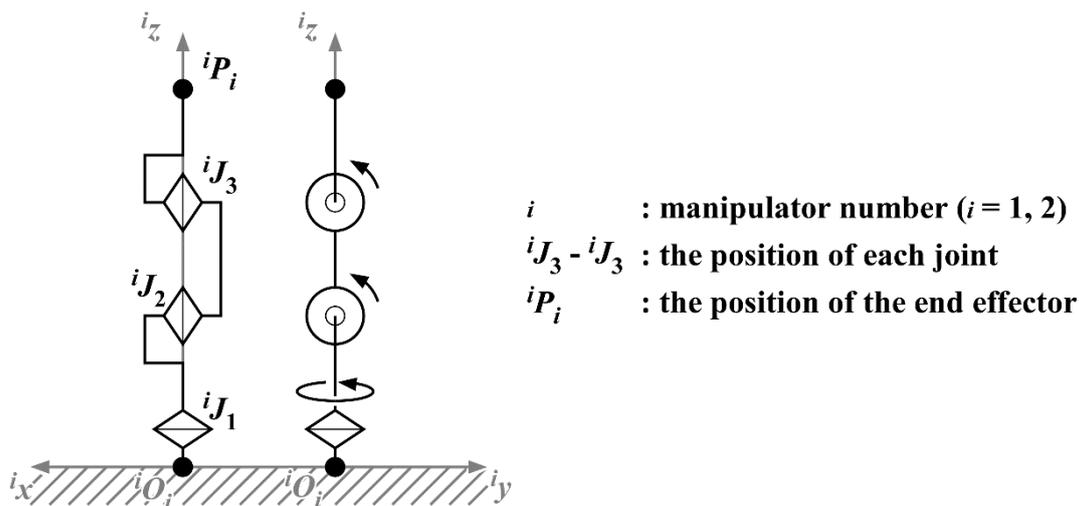


図2 DexArm のリンク構造

### 3. 3次元位置計測器

図3に2台のマニピュレータの位置関係を示す。2つの座標系は、それぞれのマニピュレータの設置位置を原点 ( ${}^1O_1$ ,  ${}^2O_2$ ) とした座標系で、 ${}^1P_1$  と  ${}^2P_2$  はマニピュレータ 1 および 2 の座標系におけるエンドエフェクタを表している。それぞれのマニピュレータは、同社の Sliding Rail Kit の上に固定されており、この 2 台の Sliding Rail Kit とテストフィールド (ハーフカットしたパイプ) がすべて平行になるように設置している。なお、Sliding Rail Kit については、本研究において固定しており、駆動させることはない。次に 2 台のマニピュレータのエンドエフェクタを接続するモジュールについて述べる。現在、モジュールは開発中であり、図4で示すように、2つのエンドエフェクタ ( ${}^0P_1$ ,  ${}^0P_2$ ) を結ぶ中心点  ${}^0P_3$  を計測点とする。ここで、 ${}^0P_1$ ,  ${}^0P_2$ ,  ${}^0P_3$  は、絶対座標系における各点を表している。マニピュレータは、エンドエフェクタの位置は自由に変更できるものの、姿勢は常に真下を向

くように固定されている。そこで、2 台のマニピュレータを図5のボールジョイントを介して接続することで、計測点である  ${}^0P_3$  の位置・姿勢を自由に変えられるようにする。

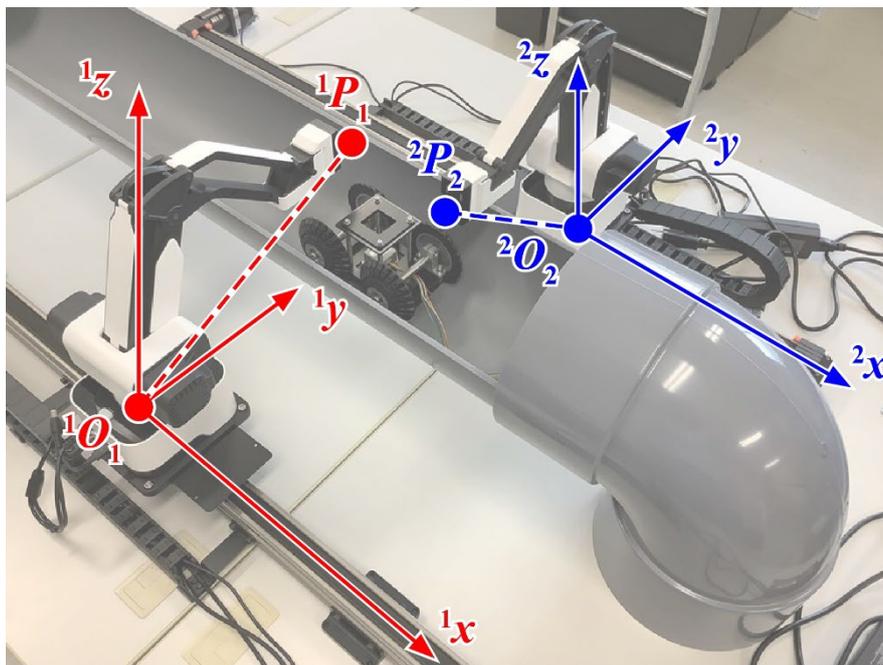


図3 DexArm の座標系

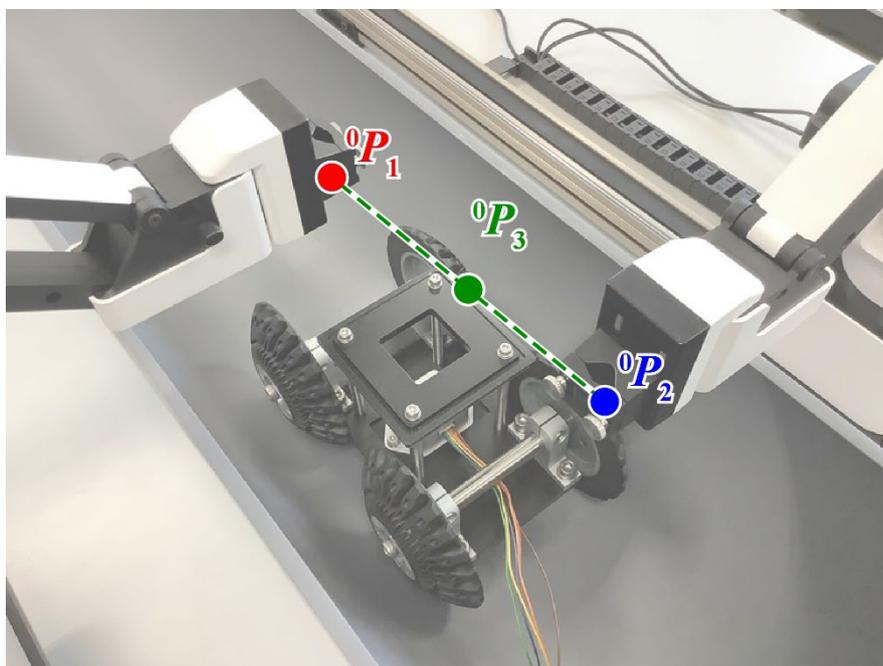


図4 3次元位置計測器の計測点



図5 ボールジョイント

次に、計測点 ${}^0P_3$ の位置・姿勢の導出過程について述べる。まず図6について、絶対座標系における各エンドエフェクタ ${}^0P_1$ ・ ${}^0P_2$ 、計測点 ${}^0P_3$ 、および原点 ${}^0O_2$ 、 ${}^0O_3$ の位置・姿勢成分をそれぞれ以下のとおり定義すると、各座標は式(1)から式(6)で表すことができる。

${}^0x_{o2}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ2原点 ${}^0O_2$ のx座標 (m)

${}^0y_{o2}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ2原点 ${}^0O_2$ のy座標 (m)

${}^0x_{o3}$ ：絶対座標系におけるテストフィールドの原点 ${}^0O_3$ のx座標 (m)

${}^0y_{o3}$ ：絶対座標系におけるテストフィールドの原点 ${}^0O_3$ のy座標 (m)

${}^0x_{p1}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ1エンドエフェクタ ${}^0P_1$ のx座標 (m)

${}^0y_{p1}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ1エンドエフェクタ ${}^0P_1$ のy座標 (m)

${}^0z_{p1}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ1エンドエフェクタ ${}^0P_1$ のz座標 (m)

${}^0\gamma_{p1}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ1エンドエフェクタ ${}^0P_1$ のヨー角 (rad)

${}^0x_{p2}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ2エンドエフェクタ ${}^0P_2$ のx座標 (m)

${}^0y_{p2}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ2エンドエフェクタ ${}^0P_2$ のy座標 (m)

${}^0z_{p2}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ2エンドエフェクタ ${}^0P_2$ のz座標 (m)

${}^0\gamma_{p2}$ ：絶対座標系におけるマニピュレータ2エンドエフェクタ ${}^0P_2$ のヨー角 (rad)

${}^0x_{p3}$ ：絶対座標系における計測点のx座標 (m)

${}^0y_{p3}$ ：絶対座標系における計測点のy座標 (m)

${}^0z_{p3}$ ：絶対座標系における計測点のz座標 (m)

${}^0\alpha_{p3}$ ：絶対座標系における計測点のロール角 (rad)

${}^0\beta_{p3}$ ：絶対座標系における計測点のピッチ角 (rad)

${}^0\gamma_{p3}$ ：絶対座標系における計測点のヨー角 (rad)

$${}^0\mathbf{O}_0 = (0, 0, 0, 0, 0, 0) \quad (1)$$

$${}^0\mathbf{O}_2 = ({}^0x_{o2}, {}^0y_{o2}, 0, 0, 0, 0) \quad (2)$$

$${}^0\mathbf{O}_3 = ({}^0x_{o3}, {}^0y_{o3}, 0, 0, 0, 0) \quad (3)$$

$${}^0\mathbf{P}_1 = ({}^0x_{p1}, {}^0y_{p1}, {}^0z_{p1}, -\pi, 0, {}^0\gamma_{p1}) \quad (4)$$

$${}^0\mathbf{P}_2 = ({}^0x_{p2}, {}^0y_{p2}, {}^0z_{p2}, -\pi, 0, {}^0\gamma_{p2}) \quad (5)$$

$${}^0\mathbf{P}_3 = ({}^0x_{p3}, {}^0y_{p3}, {}^0z_{p3}, {}^0\alpha_{p3}, {}^0\beta_{p3}, {}^0\gamma_{p3}) \quad (6)$$

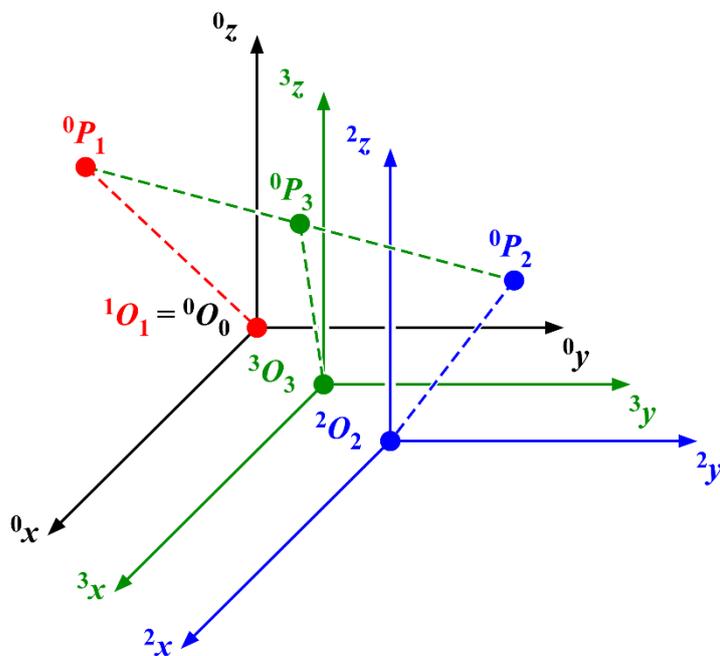


図 6 3 次元位置計測器の座標系

ここで式 (4) と式 (5) から計測点  ${}^0\mathbf{P}_3$  の位置成分は、式 (7) から式 (9) で表現できる。さらに、計測点  ${}^0\mathbf{P}_3$  の姿勢成分において、式 (10) と式 (11) が成り立つ。なお、 ${}^0\mathbf{R}_\alpha$ ,  ${}^0\mathbf{R}_\beta$ ,  ${}^0\mathbf{R}_\gamma$  はそれぞれ、絶対座標系における  $x$  軸まわり、 $y$  軸まわり、 $z$  軸まわりの回転行列を表しており、それぞれの回転角は  ${}^0\alpha_{p3}$ ,  ${}^0\beta_{p3}$ ,  ${}^0\gamma_{p3}$  となっている。

$${}^0x_{p3} = \frac{{}^0x_{p2} - {}^0x_{p1}}{2} \quad (7)$$

$${}^0y_{p3} = \frac{{}^0y_{p2} - {}^0y_{p1}}{2} \quad (8)$$

$${}^0z_{p3} = \frac{{}^0z_{p2} - {}^0z_{p1}}{2} \quad (9)$$

$$l = \sqrt{\left({}^0x_{p2} - {}^0x_{p1}\right)^2 - \left({}^0y_{p2} - {}^0y_{p1}\right)^2 - \left({}^0z_{p2} - {}^0z_{p1}\right)^2} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} {}^0R_\gamma {}^0R_\beta {}^0R_\alpha \begin{bmatrix} l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos {}^0\gamma_{p3} & -\sin {}^0\gamma_{p3} & 0 \\ \sin {}^0\gamma_{p3} & \cos {}^0\gamma_{p3} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos {}^0\beta_{p3} & 0 & \sin {}^0\beta_{p3} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin {}^0\beta_{p3} & 0 & \cos {}^0\beta_{p3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos {}^0\alpha_{p3} & -\sin {}^0\alpha_{p3} \\ 0 & \sin {}^0\alpha_{p3} & \cos {}^0\alpha_{p3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} l \cos {}^0\beta_{p3} \cos {}^0\gamma_{p3} \\ l \cos {}^0\beta_{p3} \sin {}^0\gamma_{p3} \\ -l \sin {}^0\beta_{p3} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} {}^0x_{p2} - {}^0x_{p1} \\ {}^0y_{p2} - {}^0y_{p1} \\ {}^0z_{p2} - {}^0z_{p1} \end{bmatrix} \quad (11) \end{aligned}$$

ここで以前の研究において、配管検査用ロボットに搭載された IMU (株式会社シリコンセンシングシステムジャパン社製 AMU-3002BLite) の加速度値を用いることで、 ${}^0\alpha_{p3}$ 、 ${}^0\beta_{p3}$  の値が高精度に計測できることがわかっており、そのため今回の計測においてもこれらの値を使用する。よって、本計測器の対象は、 ${}^0x_{p3}$ 、 ${}^0y_{p3}$ 、 ${}^0z_{p3}$ 、 ${}^0\gamma_{p3}$  の 4 成分となり、以上の式からこれらの成分を導出することができる。

### 3. 結 言

本論文では、高精度かつ大量の計測が短時間でできる 3 次元位置計測器の開発について、市販のマニピュレータ 2 台を使用する方法を提案した。また、計測点の導出過程について述べた。今後は、本計測器を完成させた後、計測器の精度検証を行っていく予定である。

### 文 献

- 石川敬太, 前田弘文, 接触型計測器のハードウェア設計, 日本機械学会中国四国学生会第 52 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集 (2022), 11b4.
- Hirofumi M., A Contact Type Three Dimensional Position Measuring Instrument for Verification of a Piping Inspection Robot, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) (2022), Vol.10, No.6, pp.65-72.
- Hirofumi M., Translational Calibration for Contact Type Three-Dimensional Position-Measuring Instruments, International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) (2023), Vol.11, No.5, pp.9-16.
- 塩飽航平, 前田弘文, 接触型計測器によるロボットの姿勢計測, 日本機械学会講演論文集 No.225-1 (2022), 09a2.
- 立花綾野, 前田弘文, 配管検査ロボット用位置計測器の精度向上, 日本機械学会中国四国学生会第 47 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集 (2017), 921.
- 立花綾野, 前田弘文, 配管検査ロボット用位置計測器のハードウェア角度補正, 日本機械学会講演論文集 No.185-1 (2018), 1304.
- 多田伊吹, 前田弘文, BLE による接触型計測器のデータ受信, 日本機械学会講演論文集 No.225-1 (2022), 09a1.
- 矢野祐貴, 伊藤嘉基, 前田弘文, AR 技術を用いた配管検査ロボットの自己位置計測, 日本機械学会講演論文集 No.165-1 (2016), 502

B01-08

## 溶接ヒュームの拡散と吸気に関する数値解析

藤原翔一<sup>\*1</sup>, ダウェア ガンバット (指導教員)<sup>\*2</sup>, 政家利彦 (指導教員)<sup>\*3</sup>

### Numerical Analysis of Weld Fume Diffusion and Intake

Shoichi FUJIWARA<sup>\*1</sup>, Ganbat DAVAA (Adviser)<sup>\*2</sup> and Toshihiko MASAIE (Adviser)<sup>\*3</sup>

**Keywords** : welding fumes, diffusion, intake

### 1. 緒言

アーク溶接は、アークプラズマを用いて母材やワイヤを加熱、溶融することで溶接を行う溶接法であり、自動車や船舶、航空機、橋梁といった様々な構造物における接合プロセスに用いられている。アーク溶接中には常に溶接材料の融液が存在するため、母材の溶融池表面と、ワイヤを供給する場合には溶接ワイヤ先端部および溶滴より高温の金属蒸気が発生する。この高温の金属蒸気がアークプラズマの周囲へと輸送される過程で、金属蒸気は急速に冷却される。蒸気が冷却され金属の細かな粒子となったものが溶接ヒュームと呼ばれている。

溶接ヒュームを吸入すると神経障害等の健康障害を及ぼす恐れのあることが明らかとなり、厚生労働省では労働安全衛生法施行令、特定化学物質障害予防規則（特化則）等を改正して新たな告示を制定した。これにより、令和3年4月1日より溶接ヒュームが新たに労働安全衛生法の特定化学物質に追加され特定化学物質作業主任者の選任、特殊健康診断の実施などの新たな規制が導入された。また、「金属アーク溶接作業を継続して行う屋内作業場において、当該作業を新たに採用し、または変更しようとするとき」には、溶接ヒュームの濃度測定を行うことが事業者の義務として課された。この測定では、溶接ヒューム中のマンガン個人ばく露濃度を分粒装置を用いたろ過捕集方法によって計測し、その結果が  $0.05 \text{ mg/m}^3$  以上となった場合は、「換気装置の風量の増加その他必要な措置を講じなければならない」（特化則第38条の21第3項）とされている。なお、同条第1項には「溶接ヒュームを減少させるため、全体換気装置による換気の実施又はこれと同等以上の措置を講じなければならない」とあるため、上記第3項の「風量の増加」とは、基本的に全体換気装置において行うものと解される。

ヒューム濃度を有意に低減させるには、上記第3項の規定にある「その他必要な措置」に頼らざるを得ないのだが、厚生労働省では現在「その他必要な措置」の例として、溶接方法や母材、溶接材料等の変更による溶接ヒューム量の低減、集塵装置による集塵、移動式送風機による送風の実施の三つを挙げている。

本研究では換気や吸気に焦点を当てる。現在、プッシュプル型換気、局所換気、扇風機、防塵マスクなど、さまざまな対策が取られているが、適切な換気設備の配置位置に関することはまとめられていない。また、ヒューム濃度の測定には1回15万以上のコストがかかるため、配置位置や出力を頻繁に変えて計測することが難しい。そこで、本研究では数値解析を用いて、換気や吸気的位置および出力が溶接ヒュームに与える影響を比較し、その最適な配置条件を検討することを目的とする。本発表では、人体モデルを含む解析モデルの作成過程と、人体モデルを含まない空気、溶接ヒューム二層流解析結果について行う。

### 2. 理論

#### 2.1 Navier-Stokes 方程式

Navier-Stokes 方程式は流体の運動を記述する2階非線型偏微分方程式であり、流体力学で用いられる。アンリ・ナビエとジョージ・ガブリエル・ストークスによって導かれた。NS方程式とも略される。ニュートン力学

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻1年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 准教授 (指導教員)

における運動の第2法則に相当し、運動量の流れの保存則を表す。一般に非圧縮性流れ (incompressible flow)  $\rho = \text{const}$  の流体解析では、Navier-Stokes 方程式は下式のようなになる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

$u, v, w$  は  $x, y, z$  方向の流速,  $p$  は圧力,  $\nu$  は動粘度とする。

## 2.2 連続の式

流体解析の支配方程式は前述の Navier-Stokes 方程式に加えて、以下の連続の式も同時に考慮して解く必要がある。連続の式は下式のようなになる。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

前述の縮約記法で表すと次のようなになる。

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0 \quad (5)$$

連続の式は、流体が途中で湧き出たり消失したりはしないことを表す。

## 2.3 VOF 法

VOF 関数  $\alpha$  に関する保存方程式を解く手法である。空気を 0, 溶接ヒュームを 1 として、それぞれの流体解析を行った後に、界面について相対速度により追跡する手法である。

# 3. 解析モデル・手法

## 3.1 解析モデルの作成手段

モデルの作成は Fusion360, Blender, OpenFOAM の標準ユーティリティに含まれる blockMesh, surfaceFeatureExtract, snappyHexMesh, setFields, topoSet を用いる。Fusion360 で人体モデルを作成する。Blender で人体モデルの面の交差の修正やモデルの姿勢の変更を行い 3D データ (obj, stl) として出力する。メッシュ生成と境界条件設定に関して述べる。メッシュの生成には、前述の blockMesh を使用する。blockMesh はディクショナリ形式で記述された点や面データより、メッシュ生成を生成し、それに対し属性値として境界条件を持たせることができる。これによりベースとなるメッシュを生成する。特徴線の抽出に関しては、Blender で予め作成しておいた obj データから surfaceFeatureExtract を用いる。その表面データを元に特徴線を抽出する。メッシュの切り抜きは snappyHexMesh により行う。blockMesh で生成したメッシュから、抽出した特徴線をもとにメッシュ領域の切り抜きを行う。setFields を用いて、フィールド全体の  $\alpha$  率の初期値を設定する。setFields はディクショナリ形式で記述された幾何学データをもとに、 $\alpha$  率の記述された初期条件ファイルを編集する。topoSet を用いてヒュームの拡散箇所を指定する。

Blender で作成した人体モデルを図 1,図 2 に示す.図 1,図 2 の人体モデルは身長 1.7 m とする. OpenFOAM の標準ユーティリティである blockMesh にて作成した解析する領域を図 3 に示す.図 3 は横幅 6 m,高さ 3 m,奥行き 4 m とする.surfaceFeatureExtract, snappyHexMesh 解析領域に人体モデルを入れたものを図 4 に示す.

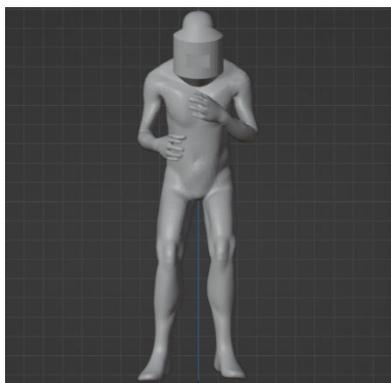


図 1 人体モデル(正面図)

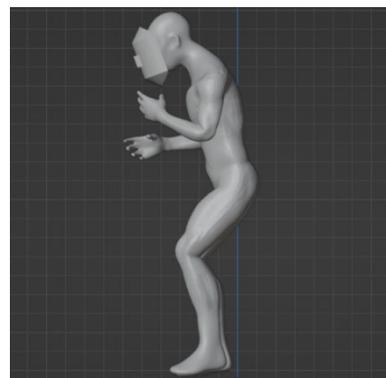


図 2 人体モデル(右側面図)

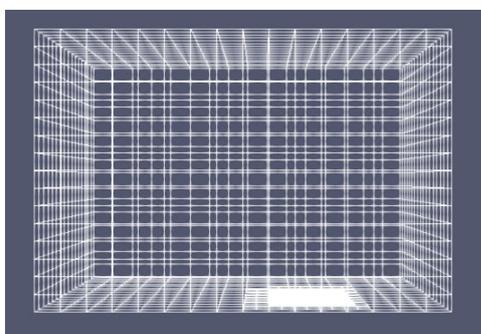


図 3 解析領域

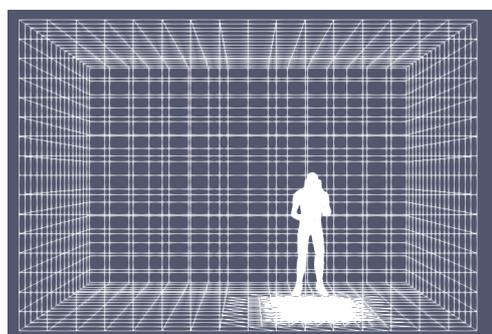


図 4 解析領域(モデルあり)

### 3.2 解析方法

解析には OpenFOAM を使用する. 空気,溶接ヒューム二層流解析を行う解析コマンドには VOF 法による二層流解析 reactingTwoPhaseEulerFoam を使用する.paraFoam で解析したモデルを動かし可視化する. Setfield における入出力パラメータでは溶接ヒュームをアルファ率 1 とし,空気を 0 とする.

## 4. 結果

人体モデルなしでの任意の位置からの物質の拡散結果を図 5 に示す.人体モデルなしの条件では任意の位置からの拡散を行うことができ paraFoam で解析したモデルを動かし可視化することができた.

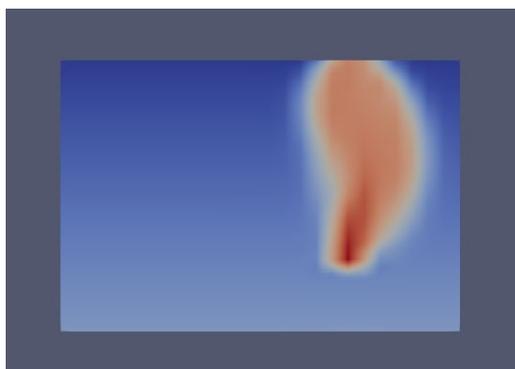


図 5 任意の位置からの拡散

## 5. 結言

人体モデルなしでの任意の位置からの物質の拡散には成功している。現在は壁面として人体モデルを含む解析の計算途中である。今後の予定は、二層流解析に関する先行研究をより深く考察し、適切な物性値を入れ現実の実験データとの比較をする。その後、換気や吸気を入れた位置ごとの比較する。

## 文献

厚生労働省, 金属アーク溶接等作業について 健康障害 防止措置が義務付けられます, 厚生労働省 Web サイト, <https://www.mhlw.go.jp/content/11305000/000654441.pdf>, (参照日 2024 年 11 月 5 日)

茂田正哉, 三宅正誉志, 田中学, アーク溶接時に発生するヒューム一次粒子群の集団成長過程の数値解析, 溶接学会論文集, Vol.33, No.4, pp.365\_375, 2015

Sujit Dahal, Taehyeung Kim, Kwangseog Ahn, Indirect Prediction of Welding Fume Diffusion inside a Room Using Computational Fluid Dynamics, Atmosphere, 2016

Chengjun Li, Hanqing Wang, Numerical simulation of welding aerosol diffusion based on plasma flow characteristics, Environmental Technology & Innovation, Vol.31, 2023

劉露, 西岡和久, 松井康人, 中山亜紀, 米国稔, 溶接作業におけるヒューム中ナノ粒子に関する研究, 環境寄生工学研, Vol.23, No.3, pp.54\_57, 2011

福地信義, 田中耕平, 和泉孝作, 胡長洪, 労働環境安全のための工場溶接・切断ヒュームの拡散制御に関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, Vol.2, pp.111\_121, 2005

戸田盛和, 分子運動 30 講, 朝倉書店, 1996

深井有, 拡散現象の物理, 朝倉書店, 1988

小嶋純, 溶接ヒュームの気中濃度測定に際しての注意点 - 試料空気の採取方法について -, 安全衛生コンサルタント, No.138, pp.30\_38, 2021

B01-09

## アルキメデスの螺旋を用いた水力発電の実験モデル

宮地 巧翔<sup>\*1</sup>, ダワァ ガンバット (指導教員) <sup>\*2</sup>, 政家 利彦 (指導教員) <sup>\*3</sup>

### Experimental Model of Hydropower Generation Using Archimedes' Spiral

Takuto MIYACHI<sup>\*1</sup>, Ganbat DAVAA (Adviser) <sup>\*2</sup> and Toshihiko MASAIE (Adviser) <sup>\*3</sup>

**Keywords** : Archimedean screw turbines, Microhydro generation, renewable energy

## 1. 緒 言

アルキメデスの螺旋は、古代ギリシヤの数学者アルキメデスによって考案されたとされる揚水ポンプの一種であり、螺旋状のスクリューを回転させることで水を汲み上げる仕組みを持つ。この原理を逆に利用することで、水力発電に応用することが可能である。近年、環境問題の深刻化から再生可能エネルギーの重要性が増す中で、アルキメデスの螺旋を用いた水力発電は、小規模な水路や農業用水路など、低落差・低流量の環境において有効な発電手段として注目されている。加えて、ゴミの流入に強く、水生生物への影響も小さいという利点も存在する。(松井, 2010) しかし、本水力発電機は他の水力発電機と比較した際、発電効率が低いなどの欠点が存在する。(松井, 2010) そのため、発電効率向上のため螺旋の最適形状、回転軸の角度等の様々な研究が実施されてきた。(Ubando et al., 2022)

水車に半分程度水の入った半水没状態において、螺旋水車の羽根間に分断されている水のことを水塊と呼ばれている。(岡村他, 2011) しかし、先行研究の実験モデル製作において水塊つまり羽根巻数について触れられておらず、先行研究によって巻数に違いがある。羽枚巻数を増やすことで、多くの水を捕らえることができ、水流がより長い距離を流れることでエネルギーをより効率的に抽出することができ発電効率が変化することが予想される。

一方で、螺旋水車の巻数に焦点を当てた研究は少なく、その知見について十分でないと思われる。

本研究では、半水没状態における1枚羽根螺旋水車の巻数によって発電効率にどのような影響を及ぼすのか、螺旋形状を一定とし、回転軸の角度と螺旋の巻数及び流量を変化させることで調査した。

## 2. 実験装置および方法

### 2・1 実験モデル

3Dプリンタを用いて本実験モデルに必要な備品を製作した。軸受を図1に、モータと軸受などを組み込んだ発電部を図2に示す。

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻1年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 准教授 (指導教員)



図1 軸受

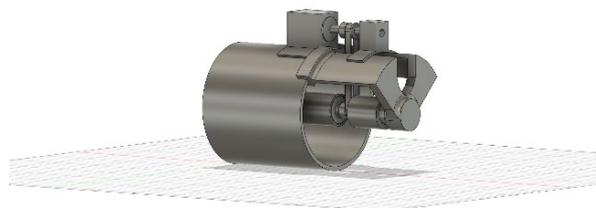


図2 発電部

螺旋部は大日ハンソー社の4R-1-B (ナイロン製), 回転軸の軸受に使用するベアリングに NTN 社の NK22/16R を使用した. 螺旋部を図3 にベアリングを図4 に示す.

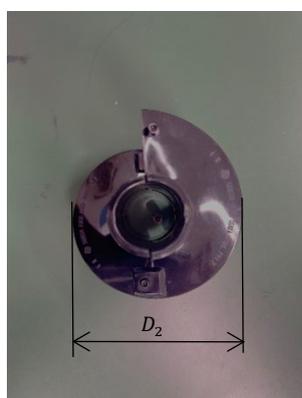


図3 螺旋部



図4 ベアリング

各部の寸法を表1に示す.

表1 各部寸法

部品名	寸法 mm
回転軸直径 $D_1$	32.0
回転軸長 $L$	1000.0
螺旋ピッチ $P$	73.0
螺旋の羽根厚さ $t$	3.00
螺旋直径 $D_2$	112.0
円筒内径 $d_1$	114.0
ベアリング外径 $D_3$	30.0
ベアリング内径 $d_3$	22.0

螺旋水車を固定するために使用したアルミフレームとその他の部品の寸法と使用量を表2に示す.

表2 その他の部品の寸法及び使用量

部品名	寸法 mm	使用量
アルミフレーム	20 × 20 × 1560	2
アルミフレーム	20 × 20 × 1240	4
アルミフレーム	20 × 20 × 820	2
アルミフレーム	20 × 20 × 470	2
アルミフレーム	20 × 20 × 450	2
アルミフレーム	20 × 20 × 240	4
アルミフレーム	20 × 20 × 180	4
M4 ボルト用接続ブラケット	—	24
バケツ 10 L	—	1
タンク 10 L	—	1
ホース	—	1

上記の部品を組み合わせた実験モデルの完成品を図5に示す。

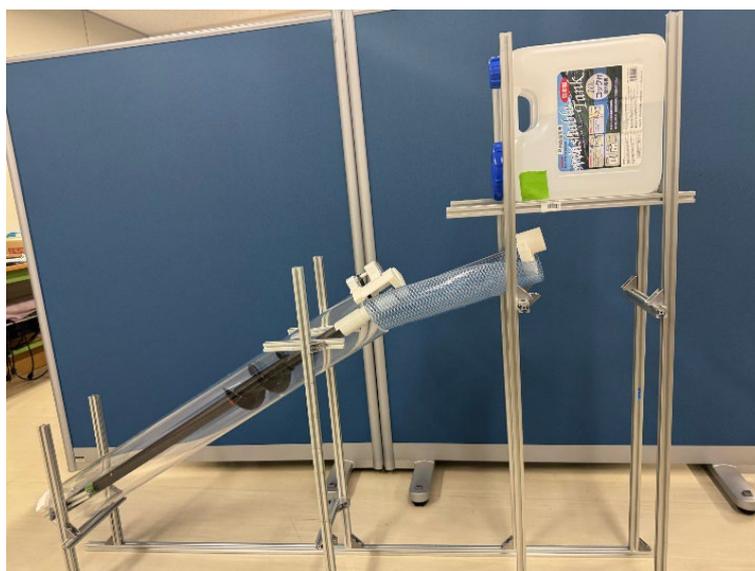


図5 実験モデル

## 2・2 実験条件

本実験で使用した体積流量  $q \text{ m}^3/\text{s}$  の値は  $0.01 \text{ m}^3$  の水を円筒内に流し、流れきるまでの時間を3回測定した。その平均値を求めると  $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  になった。また、水の密度は  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$  とし、重力加速度  $g$  は  $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$  とする。

本実験では、上記の値については一定のものとして扱う。

## 2・3 実験手順

実験手順を以下に示す。

- (1) 回転軸の角度  $30^\circ$ 、羽根枚数 1 から実験開始
- (2) 水を流し、発電電圧と電流を測定、測定結果より電力出力を導出

- (3) 電力出力より発電効率の計算
- (4) 羽根巻数を1巻き増やす
- (5) (2) から羽根巻数10枚になるまで繰り返す
- (6) 回転軸の角度を5°低くし(1)から繰り返す

### 3. 予備実験結果

巻き数2枚、回転軸の角度30°での予備実験より、図6のように1枚目の螺旋より2枚目の螺旋により多くの水流が当たる現象が見られた。

加えて、本現象との関連性は不明だが水を流した際、螺旋と円筒部に干渉が無く、回転軸も安定しながら回転しているにもかかわらず螺旋の回転が停止と回転を断続的に繰り返す様子も観察された。本予備実験では、安定して回転させることに失敗したため、発電を行うことに対しての成果が得られなかった。

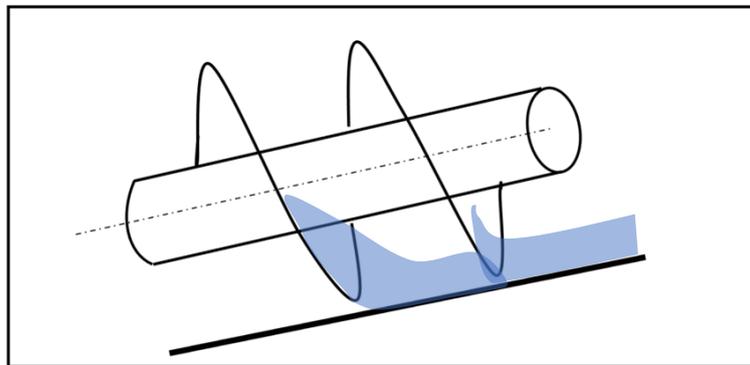


図6 予備実験結果

### 4. 結言

本論文では、螺旋水車における螺旋巻数が発電効率にどのような影響を及ぼすのか調査するための実験モデル作成、予備実験を実施した。予備実験においては、発電を行うことができず、早急に改善をする必要がある。発電を行えなかった理由として、予備実験結果で述べたことが関係していると考えられる。改善策として、安定した水流の確保や、流量の増加などが考えられる。今後は、それら改善点を早急に解決すること課題として調査を行う。

### 文 献

- 岡村鉄兵, 高野雅夫, 水野勇, 鈴木和司, 瀧本裕士, 宮崎平三, らせん水車を用いた農業用水路におけるピコ水力発電システムの最適設計と実証試験, 農業機械学会誌, Vol. 73, No. 5 (2011), pp.305-312.
- 松井純, らせん水車の内部流れと性能, ターボ機械協会誌ターボ機械 Vol. 38, NO. 6 (2010), pp.358-364.
- Ubando, A., Marfori III, I., Peradilla, M., Sy, C., Calpatia, A. and Chen, W., Sustainable manufacturability of archimedes screw turbines: a critical review, Journal of Manufacturing and Materials Processing Vol. 6, No. 6 (2022)

## B01-010

## 顕著性物体検出を用いた物体位置特定による重要度付き顕著性物体検出

渡邊 和哉<sup>\*1</sup>, 田房 友典 (指導教員) <sup>\*2</sup>, 梅木 陽 (指導教員) <sup>\*3</sup>

## Salient Object Detection with Importance by Object Localization Using Salient Object Detection

Kazuya WATANABE<sup>\*1</sup>, Tomonori TABUSA (Adviser) <sup>\*2</sup> and You UMEKI (Adviser) <sup>\*3</sup>**Keywords** : Salient object detection with importance ,Saliency detection, Salient object detection,

## 1. 緒 言

本論文では、顕著性物体検出を用いた物体位置特定による重要度付き顕著性物体検出手法について提案する。近年、SNSなどの普及により大量の画像データを扱う機会が増えている。そのため画像処理の自動化が望まれており、中でも画像リターゲティングという技術が盛んに研究されている。画像リターゲティングとは画像の重要な領域を保存したまま違和感なく画像を変形する技術であり、主に重要な物体領域ではないピクセルを様々な方法で縮小、拡大することでこれを実現している (Marchesotti et al., 2009, Rubinstein et al., 2010, Mansfield et al., 2010, Jose and Heisterklaus, 2017)。画像リターゲティングの技術はインターネットブラウザ、SNS、テレビ中継など様々なものに利用されており、画像リターゲティングの精度向上が望まれている。

顕著性物体検出の応用技術として、重要度付き顕著性物体検出という手法が存在する。重要度付き顕著性物体検出とは、顕著性物体に対して0からN段階の値を与えることで顕著性物体に重要度を付与する手法である。本研究では、より視点の集まる物体がより重要であるとして、重要度を定義した。これは、人間の視点が集まる度合いに応じた離散的な値である。重要度を付与することで、最も重要な物体だけを残したリターゲティングや、二番目までを残したリターゲティングなどユーザーのニーズに合わせて画像リターゲティングを行うことができ、より自由度の高い画像リターゲティングを行うことが可能となる。そのため、より高度な画像リターゲティングのためには、重要度付きの顕著性物体検出が必要となる。

従来の重要度付き顕著性物体検出では、顕著性物体の大きさによって重要度が左右されてしまう点。また、重要度を評価する方法の妥当性が問題点として挙げられる。その理由として、サイズの大きいものが必ずしも重要であるとは言えないこと。また、従来法では重要度を7段階に分けて評価しているが、画像は0~255で構成されているため255段階で評価するのが妥当であると考えられることがある。

そこで、本研究では従来の重要度付き顕著性物体検出とは違うアプローチで重要度付き顕著性物体検出を行い、重要度付き顕著性物体検出の精度を向上させることを目的としている。本論文で提案するのは正解画像として重要度付き顕著性物体を用いる手法である。正解画像として重要度付き顕著性物体を用いることで、従来の2値画像の上に顕著性のピクセル数で重要度付けを行う過程を無くし、物体の大きさに左右されないより正確な重要度付き顕著性物体を直接推定することを目標とする。

## 2. 主 部

## 2.1 関連手法

本節では、顕著性検出、顕著性物体検出、重要度付き顕著性物体検出、セマンティックセグメンテーション、インスタンスセグメンテーションについて説明する。顕著性検出は人間の興味領域、つまり視線を推定する手法である (Cornia et al., 2016, Kruthiventi et al., 2017, Monroy et al., 2018)。従来の顕著性検出手法では、コント

<sup>\*1</sup> 弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 1年 (〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削 1000)

<sup>\*2</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 教授 (指導教員)

<sup>\*3</sup> 弓削商船高等専門学校 情報工学科 准教授 (指導教員)

ラストの高さ、色、方向などの特徴を利用する。近年では、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を利用した手法が数多く提案されており、多数の画像とそれに対応する視点情報を学習データとしてトレーニングし大域的かつ複雑な特徴を効果的に抽出する (Cornia et al., 2016)。

顕著性物体検出は物体領域とそれらが顕著性を持つかどうかを同時に推定する技術である。(Li et al., 2014, Perazzi et al., 2012, Amirul Islam et al., 2018, Aytekin., 2018, Fan et al., 2019) 従来の顕著性物体検出手法は伝播アルゴリズムを使用している (Sun et al., 2015, Zhang et al., 2017)。それらは、隣接するピクセル間の色の類似性とマルコフ吸収確率に基づいて、顕著性情報と背景処理を繰り返し処理によって伝播する。近年では、完全畳み込みネットワーク (FCN) アーキテクチャに基づく手法が提案され、良好な成果を挙げている。

重要度付き顕著性物体検出は顕著性物体の輪郭と、それらの重要度を推定する手法である (Amirul Islam et al., 2018)。顕著性物体検出の出力が2値であるのに対し重要度付き顕著性物体検出では物体にN段階の値を与える。N段階は、出力が $[0, N-1]$ の整数値を持つことを意味しており、0は顕著性がないことを示している。そのため、重要度付き顕著性物体検出は顕著性物体検出を一般化したものであり、従来の顕著性物体検出は $N=2$ の重要度付き顕著性物体検出であると言える。

セマンティックセグメンテーションは人間、木、車などピクセルが所属するカテゴリを識別する手法である (Hariharan et al., 2011, Long et al., 2015, Zhao et al., 2017)。従来のセマンティックセグメンテーションは、輪郭検出と勾配のヒストグラムによって識別を行っていた。近年、画期的なアプローチであるFCNが画像領域の正確に検出する方法として注目を集め、様々な手法で利用されている。

インスタンスセグメンテーションはセマンティックセグメンテーションから派生したものである。インスタンスセグメンテーションはセマンティックセグメンテーションのように物体のクラスだけではなく、それぞれの物体領域も識別できる (Romera and Torr, 2016, Li et al., 2017)。基本的なインスタンスセグメンテーション手法は、FCNを使用して、それぞれが一つの物体を含む小さな窓を検出する。別の方法では、リカレントネットワークのアーキテクチャを利用して、以前の検出結果に基づいて物体領域を繰り返し検出する。インスタンスセグメンテーションと顕著性物体検出は同様に物体領域推定する手法であるが、インスタンスセグメンテーションは物体の重要度を考慮しないため、それぞれの目的は異なっている。

## 2・2 従来手法

従来手法の概要を図1に示す。インスタンスセグメンテーション、顕著性検出および重要度の推定の3つのブロックで構成されている。まず、入力画像にインスタンスセグメンテーションを適用し、物体領域を抽出する。ここでは任意の手法を物体領域の抽出に利用できる (A. Arnab and P. H. Torr., 2017, K. Li, B. Hariharan, and J. Malik, 2016)。次に、入力画像に対して最初のブロックで抽出された物体領域を利用して、提案されたCNN手法によって顕著性検出を行う。最後に、提案法は第1ブロックと第2ブロックの結果から重要度推定を行い、N段階の重要度付き顕著性検出結果を出力する。それぞれのブロックは独立しているため、この手法は多様な拡張性があり重要度付き顕著性物体の基本設計として機能する。従来手法では7段階の重要度付き顕著性物体検出結果を出力していた。

従来手法の問題点として、ピクセル数を数えて重要度付けを行うと結果が物体の大きさに左右される点と、7段階で重要度を評価するのではなく、255段階で重要度を評価するべきであると考えられる点が挙げられる。

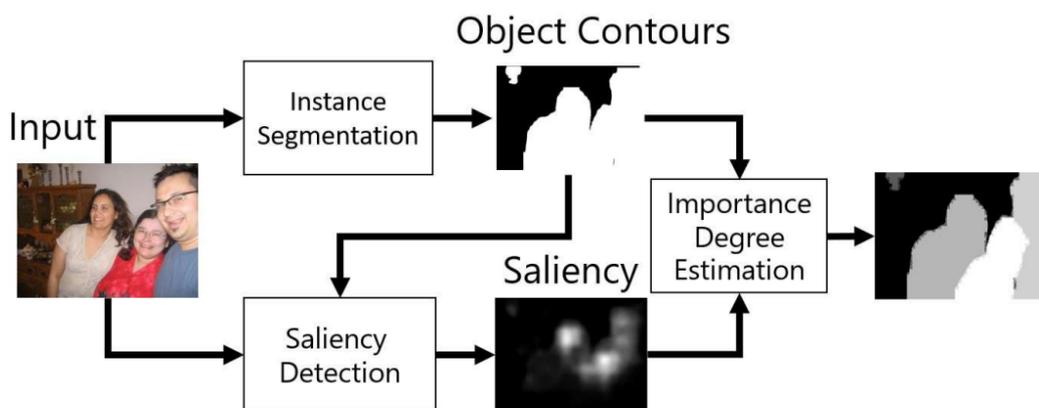


図1 重要度付き顕著性物体検出の従来手法概略図

### 2・3 提案手法

本論文で提案するのは正解画像として重要度付き顕著性物体を用いる手法である。正解画像の作成は従来法を参考にし、元の2値画像の上に顕著性のピクセル数で重要度を(1)式のように定義して作成した。

$$Deg_i = \frac{\sum_{j \in \Omega_i} s_j}{\max_i \{\sum_{j \in \Omega_i} s_j\}} \quad (1)$$

ここで、 $Deg_i$ ,  $s_j$ , および  $\Omega_i$  はそれぞれ、 $i$  番目の物体の重要度、顕著性マップの  $i$  番目のピクセル値、および  $i$  番目の物体内のピクセルのインデックスのセットを示している。重要度付き顕著性物体のマップを作製するためには、 $i$  番目の物体内のピクセル値を  $Deg_i$  として均一に設定し、結果のマップを  $N$  を使用して線形に量子化する。従来手法では7段階で重要度を付けていたが、画像は  $0 \sim 255$  で表されているため今回  $N$  は  $255$  で重要度付けを行った。ネットワークは顕著性物体検出によく使用される Resnet50 を使用した。提案手法で用いる入力画像と教師画像を図2に示す。教師画像として重要度付き顕著性物体を用いることで、従来の2値画像の上に顕著性のピクセル数で重要度付けを行う過程を無くし、物体の大きさに左右されないより正確な重要度付き顕著性物体を直接推定することが可能になると考えた。

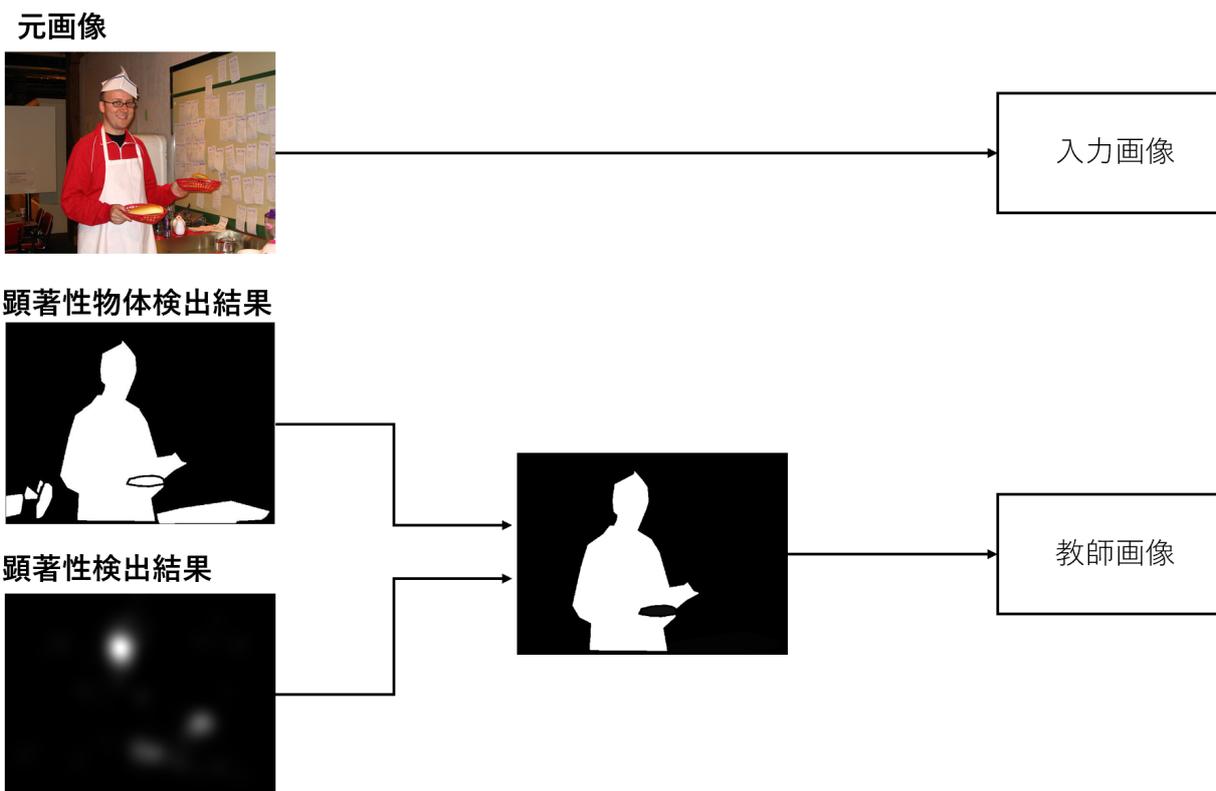


図2 入力画像と教師画像

## 2・4 実験結果

提案手法を用いて重要度付き顯著性物体検出を行った結果を図3の結果が得られた。従来の2値画像の上に顯著性のピクセル数で重要度付けを行う過程を無くすことでより正確な重要度付き顯著性物体を推定できると考えたが、推定結果を見ると教師画像として学習させた画像と提案手法の推定結果で顯著性物体の重要度に違いがみられた。このような結果になった理由として、従来法の EdgeNet が Edge の情報をクリアにするために浅い階層に Edge をマージするやり方でアーキテクチャを改良しているからだと考えられる。重要度は、Edge など比べて複雑な特徴であるため、今後は深い階層に重要度、あるいは顯著性の画像をマージする方法で研究を進めていく。

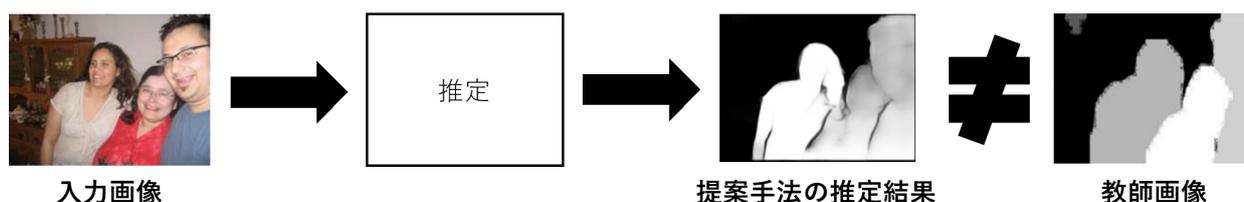


図3 推定結果

## 3. 結言

本論文では、顯著性物体検出を用いた物体位置特定による重要度付き顯著性物体検出手法について提案した。今回提案した手法で重要度付き顯著性物体検出を行った結果、教師データとして学習させた画像と提案手法を用いて推定した画像で顯著性物体の重要度に違いがみられた。これは、従来法の EdgeNet が Edge の情報をクリアにするために浅い階層に Edge をマージするやり方でアーキテクチャを改良しているからだと考えられる。重要度は、Edge など比べて複雑な特徴であるため、今後は深い階層に重要度、あるいは顯著性の画像をマージする方法で研究を進めていきたいと考えている。

## 文 献

- A. Arnab and P. H. Torr, "Pixelwise instance segmentation with a dynamically instantiated network," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 441–450.
- B. Romera-Paredes and P. H. S. Torr, "Recurrent instance segmentation," in Proc. European Conf. Comput. Vis. Springer, 2016, pp. 312–329.
- B. Hariharan, P. Arbeláez, L. Bourdev, S. Maji, and J. Malik, "Semantic contours from inverse detectors," in Proc. IEEE Int.Conf. Comput. Vis., 2011, pp. 991–998.
- C. Aytekin, A. Iosifidis, and M. Gabbouj, "Probabilistic saliency estimation," Patt. Recognit., vol. 74, pp. 359–372, 2018.
- F. Perazzi, P. Krahenbuhl, Y. Pritch, and A. Hornung, "Saliency filters: Contrast based filtering for salient region detection," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2012, pp. 733–740.
- H. Zhao, J. Shi, X. Qi, X. Wang, and J. Jia, "Pyramid scene parsing network," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 2881–2890.
- J. Harel, C. Koch, and P. Perona, "Graph-based visual saliency," in Proc. Neural Information Process. Syst., 2006, pp. 545–552.
- J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell, "Fully convolutional networks for semantic segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2015, pp. 3431–3440.
- J. Sun, H. Lu, and X. Liu, "Saliency region detection based on markov absorption probabilities," IEEE Trans. Image Process., vol. 24, no. 5, pp. 1639–1649, 2015.
- K. Li, B. Hariharan, and J. Malik, "Iterative instance segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2016, pp. 3659–3667.
- L. Marchesotti, C. Cifarelli, and G. Csurka, "A framework for visual saliency detection with applications to image thumbnailing," in Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis., 2009, pp. 2232–2239.
- L. Wang, H. Lu, Y. Wang, M. Feng, D. Wang, B. Yin, and X. Ruan, "Learning to detect salient objects with image-level supervision," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 136–145.
- L. Wang, L. Wang, H. Lu, P. Zhang, and X. Ruan, "Saliency detection with recurrent fully convolutional networks," in Proc. European Conf. Comput. Vis. Springer, 2016, pp. 825–841.
- L. Zhang, J. Ai, B. Jiang, H. Lu, and X. Li, "Saliency detection via absorbing markov chain with learnt transition probability," IEEE Trans. Image Process., vol. 27, no. 2, pp. 987–998, 2017.
- M. Amirul Islam, M. Kalash, and N. D. B. Bruce, "Revisiting salient object detection: Simultaneous detection, ranking, and subitizing of multiple salient objects," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2018, pp. 7142–7150.
- M. Cornia, L. Baraldi, G. Serra, and R. Cucchiara, "A deep multi-level network for saliency prediction," in Proc. IEEE Int. Conf. Patt. Recognit. IEEE, 2016, pp. 3488–3493.
- M. Jiang, S. Huang, J. Duan, and Q. Zhao, "Salicon: Saliency in context," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2015, pp. 1072–1080.
- N. İmamoğlu, C. Zhang, W. Shmoda, Y. Fang, and B. Shi, "Saliency detection by forward and backward cues in deep-cnn," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Process., 2017, pp. 430–434.
- N. Liu and H. J., "Dhsnet: Deep hierarchical saliency network for salient object detection," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2016, pp. 678–686.
- R. Fan, M.-M. Cheng, Q. Hou, T.-J. Mu, J. Wang, and S.-M. Hu, "S4net: Single stage salient-instance segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2019, pp. 6103–6112.
- R. Monroy, S. Lutz, T. Chalasani, and A. Smolic, "Salnet360: Saliency maps for omnidirectional images with cnn," Elsevier Trans. Signal Process. Image Communication, vol. 69, pp. 26–34, 2018.
- S. S. S. Kruthiventi, K. Ayush, and R. V. Babu, "Deepfix: A fully convolutional neural network for predicting human eye fixations," IEEE Trans. Image Process., vol. 26, no. 9, pp. 4446–4456, 2017.
- T.-Y. Lin, M. Maire, S. Belongie, J. Hays, P. Perona, D. Ramanan, P. Dollár, and C. L. Zitnick, "Microsoft coco: Common objects in context," in Proc. European Conf. Comput. Vis. Springer, 2014, pp. 740–755

- Y. Li, H. Qi, J. Dai, X. Ji, and Y. Wei, "Fully convolutional instance-aware semantic segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2017, pp. 2359–2367
- Y. Li, X. Hou, C. Koch, J. M. Rehg, and A. L. Yuille, "The secrets of salient object segmentation," in Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Patt. Recognit., 2014, pp. 280–287.

# ポスター紹介





# 放置竹林から里海環境改善へ 離島で取り組む竹・竹炭魚礁の開発



弓削商船高等専門学校 植田 誠一 上野 智貴 阪部 巧成 村瀬 幸希  
伊藤 武志 森 耕太郎

## 背景



- 弓削商船高専は離島の高専！
- 島で起こる問題を島の資源や人材を活用して、島の中で解決する技術や人材を育成する。

その名も離島工学

## 問題提起

本研究室では、島で起こる問題を島の資源や人材を活用して島の中で解決する技術や人材を育成する離島工学の研究を行っている。その中の問題点として上島町近郊の水産資源の減少と竹害が問題視されている。

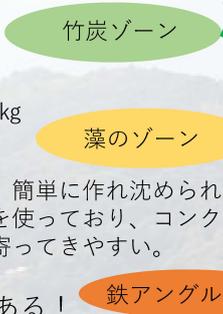
竹を利用した魚礁で一挙に解決！

## 開発する魚礁の概要

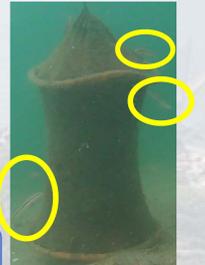
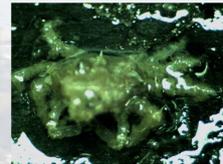
- 寸法  
縦 1 m  
横 1 m  
高さ 1.5 m  
重量 約100 kg

- ポイント  
製作費が安く、簡単に作れ沈められる。  
自然由来の物を使っており、コンクリートより生物が寄ってきやすい。

- 拡張性がある！  
空いたスペースに特産品やお酒などを入れ、海底貯蔵！！  
魚が集まれば、天然の釣堀に！！



- 竹炭を使用した理由  
先行研究で竹炭を入れたスカリに微生物が付着し、魚が寄ってきていた！



魚礁に利用できる！

## 作業工程

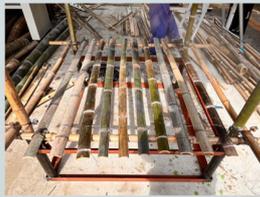
竹を伐採 井形に番線固定 重りをアーク溶接



支柱を4本固定



底板部分の製作



**全部、学生が作ってます！！**

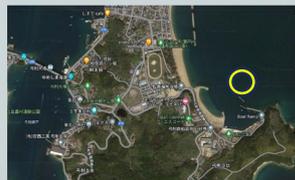
## 水中ドローンによる海洋調査

- FIFISH V6  
最大深度 100 m  
最大速度 1.5 m/s



2人1組で調査を行い、1人が水中ドローンの操作、もう1人がテザーロープを出す。

## 魚礁を設置する場所



水深 約8m  
白砂寮前の堤防近くに沈める。冬休みまでに沈め、1か月おきに経過観察を行う。

## 今後の展望

- 魚礁を白砂寮前の堤防近くに沈め、1ヶ月おきに経過観察を行い、1年間ほど海の中に沈めておく。
- 小型の試作品を作り、調査結果から竹の耐久性を評価し、竹炭の集魚効果を検討していく。

**離島工学への支援、商品化、アイデア、アドバイス、協力者大募集！！**

# 防災・減災を支えるロケットストーブの拡張性と可搬式温水・蒸気供給システムの開発



弓削商船高等専門学校 電子機械工学科 森 耕太郎 三好 遼弥 山本 音桜 総合教育科 伊藤 武志  
弓削商船高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻 修了生 倉田 直輝

## 背景



□ 弓削商船高専は離島の高専！  
 ▶ 島で起こる問題を島の資源や人材を活用して、島の中で解決する技術や人材を育成する。

## 離島工学!!!

- 避難所へ「熱」と「電気」を届けたい！  
 ▶ 「可搬式発電装置」を開発  
 (超異分野学会東京大会2022でものづくり研究センター賞受賞)
- 海洋汚染や漁獲量減少問題にも取り組んでいます！！



□ 問題提起!!!  
 ▶ 災害時や発展途上国など様々な環境や状況において、日本で、世界で、「安全な飲み水」や「温水」が必要とされている！

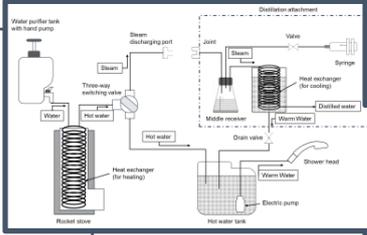
飲み水やシャワー用の温水も欲しい…



## 可搬式温水・蒸気供給システムの概要

### 開発コンセプト

- 安価で頑丈!!  
 ▶ 被災地や途上国でも、現地の物資や技術で作れる  
 ▶ 現地の難しい操作や管理を必要としない
- 防災・減災教育へ活用!!  
 ▶ 小中学校へ持ち込んで出前授業ができる可搬式にする
- ロケットストーブ  
 ▶ 構造が簡単で、使用者によって性能が左右されづらい「簡便性」  
 ▶ 材料や燃料の自由度が高く、様々な環境や用途で使える「ロバスト性」



可搬式  
 複数の固定方法により様々な環境で使用可能



### シャワーユニット

温水タンク満杯で約10分間連続してシャワー利用可能

### 蒸留水生成アタッチメント



### 温水・蒸気供給ユニット

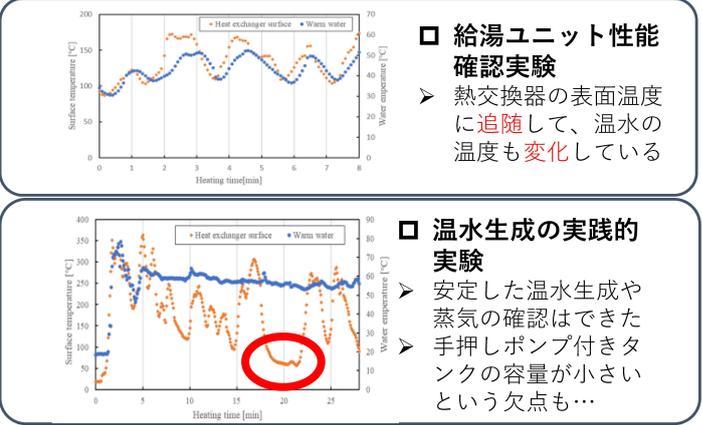
ロケットストーブと手押しポンプ付き浄水タンクで電源不要の温水・蒸気供給

## システムの稼働実験

- 移動実験・固定実験  
 ▶ 屋外にて地面の状況を変えて走行実験を実施  
 ▶ 使用可能になるまでの準備時間を測定
  - 各種ユニットの動作実験  
 ▶ 温水・蒸気・蒸留水生成実験  
 ▶ 温水を連続使用できる時間を測定
- 準備完了まで約19分...  
 温水は50℃以上で10分間連続使用可能!!



## 結果と考察



## 今後の展望

- システムの改善 (蒸留アタッチメント・中板の固定方法など)
- 出前授業や防災・減災を目的とした講演会などで本システムを活用する。
- ロケットストーブの拡張性を追求し、持ち運び可能な発電ユニットを開発する。



## 離島工学への支援、商品化、アイデア、アドバイス、協力者大募集!!!

# Investigation of a water environment education platform in the Philippines

National Institute of Technology (KOSEN), Yuge College Kotaro Mori, Takeshi Ito  
 AZUMI FILTER PAPER CO., LTD. Shotaro Shiraishi, Kazunari Mori  
 INNOQUA INC. Shiki Takeuchi

**We are the “Ignition Team” for the “Hyper Interdisciplinary Conference 2024 OSAKA”.**

- ❑ In this project, AZUMI FILTER PAPER CO.,LTD., a Japanese manufacturer of filter paper and non-woven filters, INNOQUA INC., an expert in water environment conservation technology and water environment education, and National Institute of Technology (KOSEN), Yuge College, which promotes remote island engineering to solve local problems through engineering using local resources and human resources, will collaborate to create new water environment education materials and educational programs by leveraging their respective strengths.



## Background

- ❑ In some cases, safe water is not available in times of disaster, in areas where infrastructure is not fully developed, and in countries and regions with rapidly developing industries and economies.

**Water environment education is important.**



## Our Goals

- ❑ Creation of educational material program to explain the importance of water environment conservation in rivers and oceans based on the latest technical information
- ❑ Demonstration at educational institutions
- ❑ Creation of new technologies for water purification, disaster prevention and mitigation



**Revitalization of the region**

## Our Missions

### National Institute of Technology, Yuge College

- ❑ Water purification experiments using bamboo charcoal
- ❑ Visiting classes for disaster prevention and mitigation
- ❑ Ability to use local resources to solve local problems

**Key Word: Environmental education, Remote Island Engineering**



## Creation of the water environment education platform

**Key Word: Liquid Filtration and Purification Technology**

- ❑ Introduction of various industrial filtration methods in Japan
- ❑ Proposal of filters that match the required water quality
- ❑ Education on various filtration test methods

**AZUMI FILTER PAPER CO., LTD.**

**Key Word: Environmental transfer technology**

- ❑ Increase Human options and Create a World where both people and nature can be better
- ❑ Field surveys and research activities in cooperation with local companies
- ❑ Aquatic environmental education and events using portable an aquarium

**INNOQUA INC.**



## Future plan

**Educational institutions and industries in the Philippines**

- ❑ Conducting demonstrations using programs such as videos and educational materials to raise awareness of the importance of water environment conservation
- ❑ Creation of new technologies for water purification, disaster prevention and mitigation

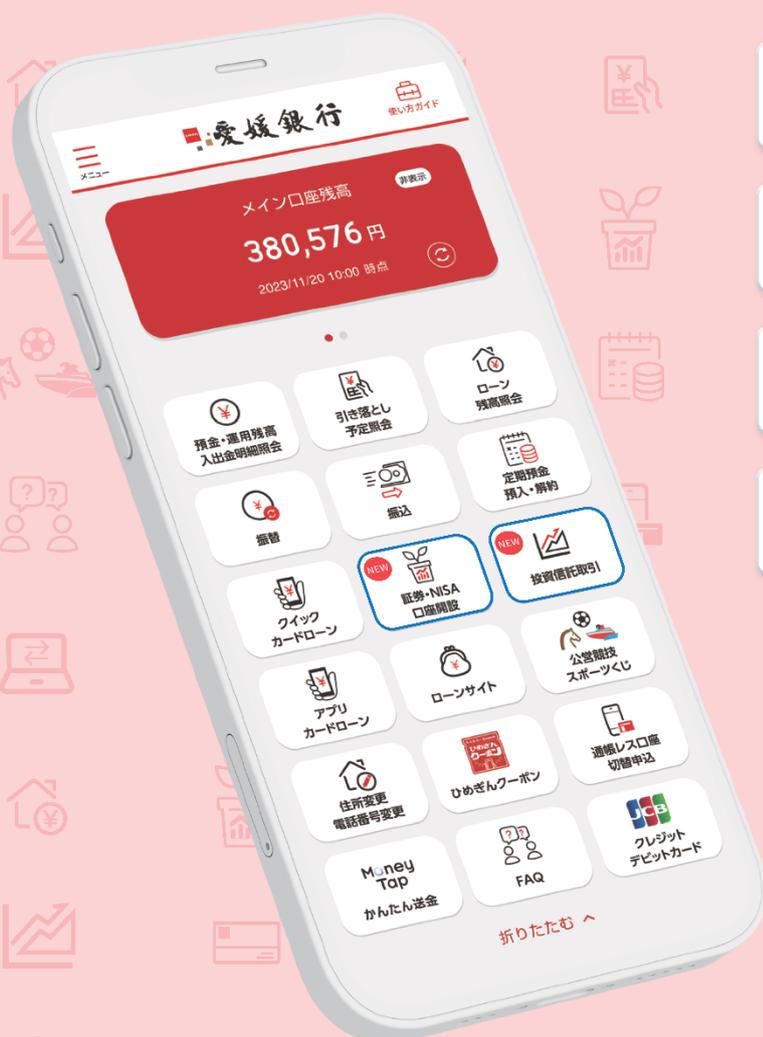
**Please connect with us to promote water environment education!**

Representative Contact : Kotaro Mori (k\_mori@yuge.ac.jp)

ひめぎん

# ひめぎんアプリ

普通預金・投資信託・NISAの口座開設から投資信託売買まで、  
アプリで完結するサービスが増えてますます便利になりました!!



▶ 普通預金口座開設

▶ 投資信託口座開設  
(証券口座開設)

▶ NISA口座開設

▶ 投資信託売買

ダウンロードは  
こちらから



ひめぎん 愛媛銀行

商号等 | 株式会社 愛媛銀行 登録金融機関 四国財務局長(登金)第6号 加入協会 | 日本証券業協会

(2024年11月1日現在)

若いっておトク!

ひめぎん

# U25口座 ~with 学割口座~

15歳以上25歳以下の方限定のおトクな特典がついた口座です。通常の普通預金に以下の特典が付加されます。

ひめぎんポイント倶楽部お申込みで

愛媛銀行  
ATM時間外手数料  
いつでも・何回でも



0円<sup>※1</sup>

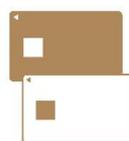
コンビニ  
ATM利用手数料  
月4回まで



0円<sup>※1 ※2</sup>

ひめぎんJCBデビットカード  
ご契約で

ひめぎんJCBデビットカード  
年会費



0円<sup>※3</sup>

※1.ひめぎんポイント倶楽部100ポイント付与による、ステージに応じた特典です。お振込みのご利用時には、別途振込手数料が必要になります。

※2.コンビニATM(ローソン銀行ATM・イーネット・セブン銀行ATM)の合計ご利用回数月4回までとなります。毎月1日から末日までのご利用回数となります。

※3.ひめぎんJCBデビットカードをお持ちの方が対象です。

「ひめぎんU25口座~with 学割口座~」と一緒に使うと、**便利でおトク!!**

## ひめぎんJCBデビット

現金を持たずに快適な生活を。

使ったその場で即口座から引き落とし。

)))  
タッチ決済  
対応!



- 現金支払いよりもポイントが貯まる!
- 国内・海外のJCB加盟店で使える!



愛媛銀行

(2024年11月1日現在)



弓削商船高等専門学校産学連携フォーラム2024  
専攻科特別研究中間発表会講演論文集

発行年月日：2024年12月3日

発行・編集：弓削商船高等専門学校地域共同研究推進センター

弓削商船高等専門学校専攻科

弓削商船高等専門学校技術振興会

〒794-2593 愛媛県越智郡上島町弓削下弓削1000番地

弓削商船高等専門学校企画広報室企画係

TEL：0897-77-4613

FAX：0897-77-4691

E-mail：kikaku@yuge.ac.jp