



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紀要  
第 46 号

## 第 46 号 令和 6 年 3 月

### 【学術論文】

| No. | 頁     | 表題  | 著者名                                   |
|-----|-------|---|---------------------------------------|
| 1   | 1-4   | 船舶係留監視システムの考察<br>—係船方法と係留索張力動態の関係—                        | 稲本 有我, 二村 彰                           |
| 2   | 5-13  | 2022 年の日本におけるクルーズ船の運航状況                                   | 野々山 和宏, 加藤 博                          |
| 3   | 14-20 | Python を用いた分散処理システムの研究開発                                  | 前田 弘文                                 |
| 4   | 21-28 | 学生主事室における DX 推進<br>—学生支援システムの開発—                          | 峯脇 さやか, 前田 弘文, 本間 孝拓,<br>池田 真吾, 村上 知弘 |
| 5   | 29-35 | ノイズバイアス補正法による夜間画像のノイズ<br>低減                               | 峯脇 さやか, 村上 しずく                        |
| 6   | 36-39 | Beamer スタイルの T <sub>E</sub> X 文書における複数の項<br>目の水平方向の配置について | 久保 康幸                                 |
| 7   | 40-43 | 3次元 Lorentz-Minkowski 空間の Möbius の帯<br>型極大曲面とその特異点について    | 金田 伸                                  |
| 8   | 44-52 | 楕円コンパス教材を活用した教育実践   | 南郷 毅, 牧山 隆洋                           |

### 【教育・研究報告】

| No. | 頁     | 表題   | 著者名  |
|-----|-------|--|--|
| 9   | 53-58 | 高専における Z 世代の学生指導   | 村上 知弘, 前田 弘文, 峯脇 さやか,<br>池田 真吾, 本間 孝拓                  |
| 10  | 59-64 | モンゴル国ウランバートル市における大気汚染<br>物質の濃度測定   | ダワア ガンバット, 益崎 智成,<br>ハヤンヒリワー サランゲレル,<br>ムンフツウヤ エレデネバット |
| 11  | 65-70 | 機械学習を用いた外国為替自動取引システムの<br>構築  | 徳田 誠, 岡野 有志  |
| 12  | 71-76 | 二輪倒立振子型移動体の走行および姿勢制御に<br>関するアルゴリズムの考察  | 徳田 誠, 山本 美奈子   |
| 13  | 77-79 | アーティキュレーションを保証する海事英語教<br>育・研究を目指したデータ駆動型学習教材の開<br>発と運用に関する提案<br>—令和 4 年度校長裁量経費研究報告書— | 山本 健太  |

# 船舶係留監視システムの考察

## —係船方法と係留索張力動態の関係—

稲本 有我\*・二村 彰\*\*

### Development Of Ship Mooring Monitoring System Relationship between mooring method and mooring cable tension dynamics

Aruga INAMOTO \*, Akira FUTAMURA\*\*

#### Abstract

In recent years, in the shipping industry, the realization of automated ships is expected due to the development of maritime broadband communication, the development of IoT, big data, etc., and the spread of onboard equipment such as automatic identification systems (AIS). However, in terms of ship operation, the technology for remote monitoring and maneuvering is being developed, but the situation is different for remote monitoring while moored. Therefore, in this study, we develop a vessel mooring rope tension measurement device that utilizes commonly used mooring ropes and existing equipment on the quay wall, and visualize the change in mooring rope tension when a ship is moored. Then, the relationship between mooring rope tension, mooring rope length, and distance between the hull and the quay was clarified. In addition, we have developed a remote mooring rope tension monitoring system using Wi-Fi to address issues related to the image display surface, which can only be measured near the system.

#### 1. はじめに

近年、海運産業では、海上ブロードバンド通信の発達、IoT、ビッグデータ等の発展、および自動船舶識別装置 (AIS) などの船内機器の普及により、自動運搬船の実現が期待されている。日本では、日本財団が推進する無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」の一環として、2022年にコンテナ船「すぎく」の無人運航の監視と遠隔操船が可能な「陸上支援センター」を用いた実証実験を行い、航行に成功している[1]。このように、船舶運航面では、船橋 (船舶運航監視・操作部) を模した陸上船橋において船員があたかも実際の船舶にいるように遠隔監視・操船できるような技術が整えられつつある。しかし、船舶係留時の遠隔監視では状況が異なる。停泊当直時、当直者は、係留索の状態を確認し、引き継ぐ職員に知らせなければならないと船員法施行規則航海当直基準で定められている。そのため、船舶の係船時の係留索の長さおよび張力は、船体と岸壁の位置関係、気象・海象の影響、船体動揺による張力の変化などの情報を視認・把握して総合的に判断する

必要がある。このため、船舶係留を遠隔監視するには、係留索の張力や船体動揺等の情報を数値化し、それらの船舶係留情報を理解・分析するなどデータを総合的に監視する能力が船員に新たに求められる。船舶係留時の遠隔監視の例では、船舶側面の前後2か所以上に真空吸着盤あるいはワイヤーやロッドを吸着・固定させることによって船舶を係留・監視する技術 (CAVOTEC社, MACGREGOR社) 等がある。これらの係船・監視技術の共通点として、安全性、運用効率の向上、船舶と岸壁の接続の最適化、港の省インフラ化の実現などが挙げられるが、これらの係留・監視技術は、船舶側あるいは陸上岸壁側に大規模な設備を必要とするため、一般的港湾にはまだ普及された状況にない。また、船舶の係留中における係留索切断事故は過去に発生している。また、日本では船員の高齢化が進んでおり、今後、荷役中や気象・海象変化状況における係留索の監視がおろそかになることが多いと考えられる。

そこで、本研究では、一般的に普及している係留索および岸壁既存設備を活用した船舶係留索張力測定装置

\* 玉井商船株式会社

\*\* (弓削商船高等専門学校) 商船学科

を開発し、船舶係留時の係留索張力変化を可視化する。さらに、係留索張力、係留索長さ、船体と岸壁との距離の関係性を明らかにし、船舶係留監視システムを開発することを目的とする。

## 2. 実験

### 2. 1 使用船舶

船舶係留監視システムの開発にあたり、本校実習船「はまかぜ」(長さ 14.9m, 排水量 16 トン) (図 1) を使用し、2021 年 10 月 5 日, 11 月 9 日に本校学校棧橋で行った。

### 2. 2 実験機器

張力測定装置として、引張用ロードセル (LTM-1KN, 日本特殊測器株式会社), 増幅器 (NTS-1280, 日本特殊測器株式会社), データ収集システムおよび AD 変換器 (NR-500, NR-TH08, KEYENCE) を使用する。船体と岸壁を結ぶ 6 本の各係留索に引張用ロードセルを取り付け、船舶係留時の係留索張力変化を測定する。収集されたデータをパソコンに映し出し張力の変化の状態を時系列軸と張力軸に分けて表示・保存する。船員は画面上の係留索張力の変化を確認し、船舶の係留状態を遠隔監視する。また、同システムを用いて船舶係留情報の可視化実験を行う。



図 1 実習船「はまかぜ」

### 2. 3 実験方法

実験では、適切な船舶係留についての知見を得るため、船舶係留情報は、係留索張力、係留索の使用本数、岸壁距離、船体と係留索の角度、風向風速とし、これらの船舶係留情報を実験条件として様々な条件に変更した(表 1)。実験中の係留方法は、「大型船の係留装置の設計指針 研究委員会報告書 社団法人日本船舶海洋工学会」を参照し、最も一般的な係留方法である岸壁係船(図 2)を用いる。この係留方法は、船体と岸壁の間にフェンダーを挟み、船上あるいは陸上の係船機を利用して係留索を引っ張り船体

を岸壁に固定する。

以上の係船方法及び 8 つの実験条件を用いて 1 つの係船にあたり 10 分間、データの時間分解能は 0.1 秒に 1 個である。

表 1 実験条件

|      | 係留索本数 | 岸壁距離               |
|------|-------|--------------------|
| 実験 1 | 2     | 1m                 |
| 実験 2 | 2     | 1m                 |
| 実験 3 | 4     | 1m                 |
| 実験 4 | 4     | 0m                 |
| 実験 5 | 6     | 0m                 |
| 実験 6 | 6     | 1m                 |
| 実験 7 | 6     | 船首: 0.5m<br>船尾: 1m |
| 実験 8 | 6     | 船首: 1m<br>船尾: 0.5m |

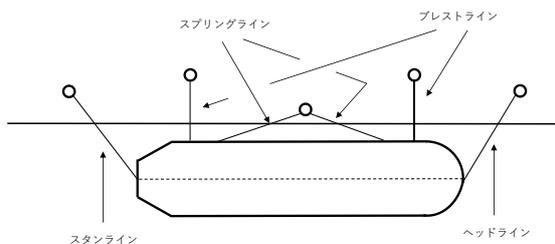


図 2 岸壁係船

## 3. 結果

### 3. 1 実験結果

表 1 の実験条件により行った 8 つの実験より、顕著な反応を示した実験結果をいくつか紹介する。

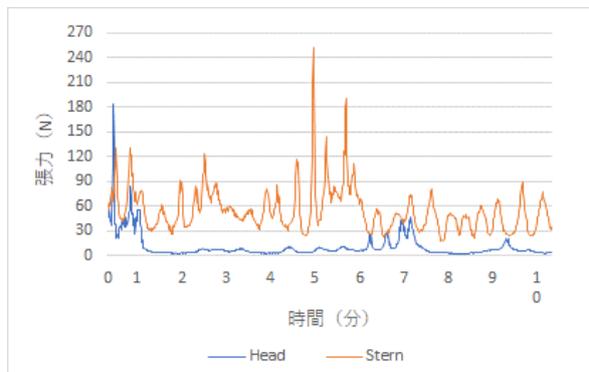


図 3 実験 1 の係留索張力時系列

図 3 は、実験 1 の船舶の前後方向の力を担うヘッドライン、スタンラインの 2 本を用いた張力の推移を表している。スタンラインを中心に負荷がかかっており、

どれか1本に負荷が集中しているため、切断等の事故につながる恐れがあるため、適切な係船方法ではないといえる。実験2も本数を2本だが、船首尾方向ではなく横方向の力を担うプレストラインを用いた結果から、同様にどちらか一方の係留索に負荷が集中するという結果となった。これらの2つ実験から、船舶の前後および左右を担う係留索のうちどちらか一方だけでは、風潮流の影響もあって、安定した係船とは言えない結果になると分かった。

図4は、船首尾方向の力を担うヘッドライン、スタンラインと横方向の力を担うプレストラインの4本を用いた実験3の張力の推移を表している。実験中の後方からの風の影響でスタンラインに負荷が集中している。これは、後方からの風によって船舶が前に押し出される形になり、そうなることで船首側の力を担うフォワードスプリングラインとスタンラインに負荷がかかるが実験3ではスタンラインのみしか使用していないからこのような結果になったと思われる。このことから船首尾方向の力を担う係留索が1本ずつだと、うまく張力が分散できないことが分かった。

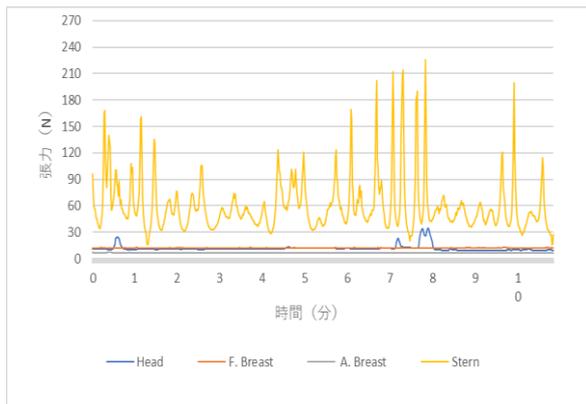


図4 実験3の係留索張力時系列

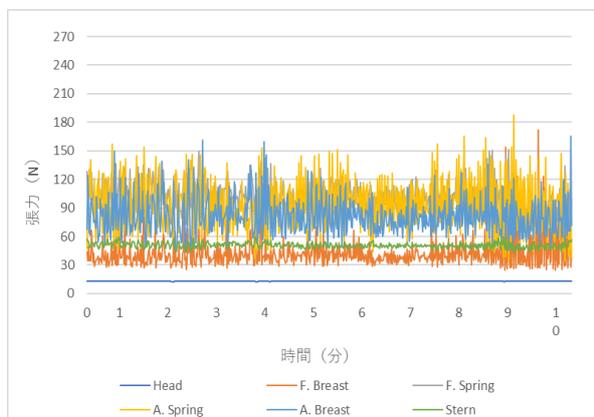


図5 実験5の係留索張力時系列

図5は、船首尾方向、横方向ともに2本ずつ計6本の係留索を用いた実験5の張力の推移を表している。荷役を優先するような大型船では、岸壁との距離をゼ

ロにして揺れを少なくする必要があるため、それを想定して岸壁距離を0mとして測定した。結果から、常時張力の変化が頻繁に起きていることが分かる。特に、船舶後方からの風の影響が後方のプレストライン、スプリングラインに負荷が集中している。このことから、実験5の係船方法は、船舶の動揺は少ないがその分係留索に強い負荷がかかり続けるということが分かる。実験4でも同様の結果が得られた。

図6は、6本の係留索を用いて岸壁距離を1mとした実験6の張力の推移を表している。結果から、うまく張力が分散できていることが分かる。特に、3~5分あたりに快速船の通過による引き波が生じたが、その波に対してうまく力が分散されている。以上の8つの実験から、係留索を6本使用し岸壁距離を1mとした実験6が最も適した係船方法であることが分かった。

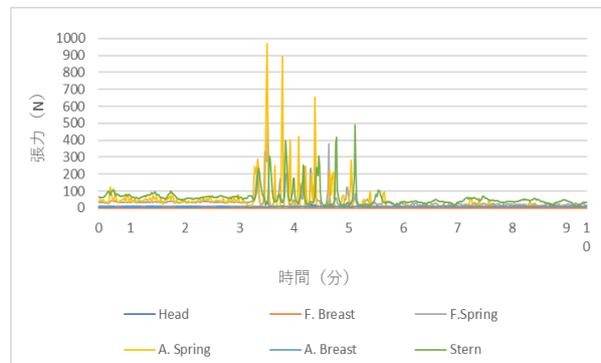


図6 実験6の係留索張力時系列

## 4. 考察

### 4.1 実験結果のまとめ

これらの実験から以下の2つの成果が得られた。

1. 船舶の前後方向の力を担う係留索と横方向の力を担う係留索を充てる必要がある、岸壁距離を適切にする必要がある。

2. 前方向、後ろ方向および左右方向にそれぞれ咲いて2本ずつの合計6本が必要である。ただし、岸壁距離を0mとする場合は、6本以上が必要である。

ここで、実験で測定した値と理論的な値を評価するため係留状態における係留索が受ける全抵抗を算出した。全抵抗の算出に当たり大型船の係船装置の設計指針を参考にした[4]。その結果、算出値と実験値の張力はおおむね一致していたことから、本実験の測定値は理論値と一致しているといえる結果となった。

### 4.2 遠隔での係留索張力測定監視システムの開発

係留索張力測定の課題点として、今回の実験では、データ収集ユニットとパソコンを直接ケーブルで接続しているため、陸上のデータ収集ユニットの周囲でし

か係留索の張力データを監視することができない。このため、Wi-Fiを活用した遠隔での係留索張力の監視システムの作成に取り組む。実験には、前回と同様に本校実習船「はまかぜ」を使用し、実験場所も本校学校棧橋を利用する。前述した実験と同様の器具として引張り用ロードセル、増幅器、AD変換器「NR-TH08」を用いた。さらに、データ収集システム「NR-500」ではなく「NR-X100,KEYENCE」を使用し、無線LANユニット「NR-XW1,KEYENCE」を接続、遠隔での係留索張力の監視を可能にする。この実験では、前回行った実験条件と同様に一般的な係船方法である岸壁係船とした。係留索の使用本数並びに岸壁距離は、8回の実験中、最も適していた係船条件である係留索を6本使用し、岸壁距離を1mとして行う。そして今回はWi-Fiを活用した遠隔での監視ということで条件として測定場所を様々な場所に変更しながら行う。条件は以下の通りである。

- ① データ収集ユニット付近での監視
- ② 実習船「はまかぜ」の船内での監視
- ③ データ収集ユニットから約50m離れた場所

3つの実験結果として、すべての場所において係留索の張力推移をリアルタイムで監視することができた。岸壁にある無線LANと区画を挟んでの船内や、本校棧橋で最も距離のある個所でも問題なく張力の測定監視を行うことができた。係留索の張力を表示しているモニター画面上の特徴として、張力の監視中、すべての係留索の波形を重ね張力の分布を監視が可能になり、各々の係留索の張力を並べて表示させることも可能となった。グラフでの監視のほかにも、リアルタイムでの係留索の張力の数値も表示されるため、これらの表示を見ながら船員は監視を行うことになる(図7)。



図7 係留索張力測定モニターの一例

## 5. おわりに

本論文では、一般的に普及している係留索および岸壁既存設備を活用した船舶係留索張力測定装置を開発し、

船舶係留時の係留索張力変化を可視化し、さらに、係留索張力、係留索長さ、船体と岸壁との距離の関係性を明らかにした。そして、本システムを実装するにあたって、引張り用ロードセル、データ収集ユニット等を用いて係船実験を行い、適切な係船状態について調べた。さらに、遠隔での監視システムの開発にあたり、岸壁付近でしか係留索の監視ができない映像の表示面に関する課題について、無線LANを用いて測定箇所を変えながら遠隔での係留索張力測定実験を行い、本校棧橋においてはどの箇所からでも監視可能であるといえる結果となった。しかし、表示画面上の課題は改善できたが、大型船での測定の際の係留索の強度に関する課題や、増幅器やシステム収集ユニットは、天候の影響を受けるため、炎天下の中や、雨天時にはシステムの設置が困難となるため改善が必要である。

それでも、これらのシステムを用いることで、今まで現場での経験値が必要であった船舶の係船作業における各係留索の張力の推移の理解について、このシステムを通じて学生の授業にも導入することで、今まで経験を積むことでしかできなかった係留索の張力変動解析等に役立つと考えた。

## 参考文献

- [1] 無人運航プロジェクト「MEGURI2040」  
<https://www.nippon-foundation.or.jp/what/projects/meguri2040>
- [2] <https://www.nauticexpo.com/ja/prod/cavotec-mssl/product-30849-236238.html>
- [3] <https://www.macgregor.com/jp/macgregor/ports--terminals/moorex/>
- [4] 大型船の係船装置の設定指針 大型船の係船装置の設計指針研究委員会 社団法人日本海洋工学会  
<https://www.jasnaoe.or.jp/research/dl/9a8aca55043f875d5bb3684a6a578a6fd8759701.pdf>

# 2022年の日本におけるクルーズ船の運航状況

野々山 和宏\*・加藤 博\*\*

## Voyage Logs of Japanese Cruise Ship in 2022

Kazuhiro Nonoyama\* , Hiroshi Kato\*\*

### Abstract

From 2020 to 2021, Japanese cruise ships experienced many cancellations and cruise reschedulings. In 2022, Japan's cruise ships generally operated smoothly, although some operations were canceled. However, there were many short cruises. International cruises by Japanese ships resumed in December 2022, but the Pacific Venus has ceased operations. In this way, the environment surrounding Japanese cruise ships in 2022 has changed significantly.

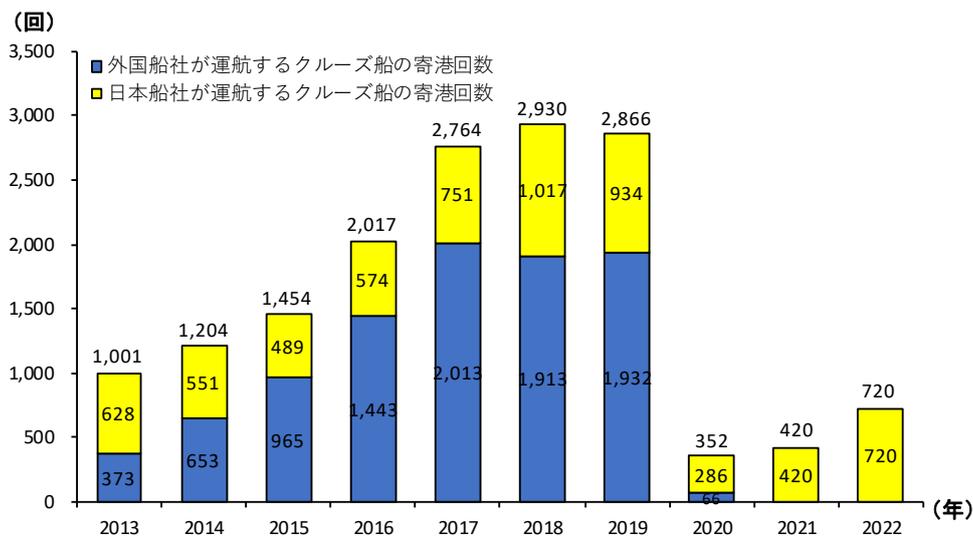
### 1. はじめに

2022年12月15日、日本船社クルーズ船による国際クルーズが再開された<sup>1)</sup>。2023年3月には外国船社クルーズ船の日本寄港も再開され<sup>2)</sup>、コロナ禍により運航が停止されていた国際クルーズは再興に向けた機運の高まりを見せている。

2023年3月31日に閣議決定された新たな「観光立国推進基本計画」<sup>3)</sup>では、「令和7年に訪日クルーズ旅客をコロナ前ピーク水準の250万人まで回復させるとともに、外国クルーズ船の寄港回数がコロナ前ピーク

水準の2,000回を超えることを目指した取組を推進する」とされ、「地方誘客を進めるため外国クルーズ船が寄港する港湾数について、令和7年にコロナ前ピーク水準の67港を上回る100港とすることを目指して取り組む」ことが明記された (p.53)。

だが一方で、外航クルーズ船「ぱしふいっくびいなす」を運航していた日本クルーズ客船株式会社は、2023年1月に客船事業を終了した。報道によれば、運航終了の要因は「コロナ禍の影響による厳しい事業環境」であったという<sup>4)</sup>。コロナ禍以降、国際クルーズに先んじる形で運航を再開した国内クルーズだったが、その



※ 2022年値は、港湾管理者からの聞き取りによる速報値であり、今後変動する可能性がある。

出所:国土交通省「訪日クルーズ旅客数及びクルーズ船の寄港回数(2022年速報値)」p.2

図1 我が国港湾へのクルーズ船の寄港回数

運航は決して順風満帆だったわけではなかった。事実、コロナ禍における日本船社クルーズ船による国内クルーズについて2020年から2021年末までの運航状況を確認した野々山・加藤(2023)<sup>④</sup>は、この時期の国内クルーズは運航中止やそれに伴うスケジュール改定が頻繁に行われていたと指摘している。

図1は、日本の港湾へのクルーズ船の寄港回数の推移を表している。2013年以降、日本の港湾へのクルーズ船の寄港は増加傾向にあり、特に外国船社が運航するクルーズ船の寄港回数の増加が顕著だった。このような中で発生したのがコロナ禍である。2020年からクルーズ船の寄港回数は激減し、国際クルーズが再開されないこともあって2021年および2022年は日本船社が運航するクルーズ船のみが寄港していた。

以上を踏まえて、本稿ではコロナ禍であった2022年における日本船社クルーズ船の運航状況を確認したい。この確認は、今後のクルーズ振興のあり方を考える上での基礎資料とすることが目的である。

## 2. 2022年に運航していた日本船社クルーズ船<sup>①</sup>

2022年に運航していた日本船社クルーズ船は4隻であった<sup>②</sup>。それらの主要目等を表1に示す。表1をみると、一般に船の大きさを表す総トン数が最も大きいのは「飛鳥II」である。船体が大きいこともあり、他船と比べて乗客定員や乗組員数も多い。「にっぽん丸」と「ばしふいっくびいなす」はともに総トン数が2万トンを超えており、乗客定員や乗組員数もほぼ同じである。4隻の中で最も小さいのが「ガンツウ」であり、総トン数は3千トンほどである。

ここで、クルーズ船の 카테고리を確認する。クルーズ船にはグレードがあり、一般に乗客1人当たりの

占有容積(表1では、スペース比率)が大きければ、また乗組員1人当たりの乗客数(同、乗組員比率)が少なければ、グレードが高い<sup>⑥</sup>。表1では、「スタンダード」「プレミアム」「ラグジュアリー」の順でグレードが上がっていく<sup>③</sup>。

表1の4隻の中で最もホスピタリティが高いのは、「ガンツウ」である。「ガンツウ」は広島県尾道市を船籍港とする内航クルーズ船であり、ベラビスタマリーナを拠点に瀬戸内海を周遊している<sup>⑦</sup>。他方、「飛鳥II」「にっぽん丸」「ばしふいっくびいなす」の3隻は、国際クルーズも行う外航クルーズ船である。これらのことから、今後のクルーズ振興のあり方を考える上での基礎資料の作成を目指す今回の確認では、日本船社が運航する外航クルーズ船である「飛鳥II」「にっぽん丸」「ばしふいっくびいなす」を対象として、運航記録を収集した。

## 3. 2022年の日本におけるクルーズ船の運航状況

### 3.1 クルーズ船の運航記録の収集方法等

本稿における確認を行うにあたり、先行研究である野々山・加藤(2023)を参考にして、日本船社が運航する外航クルーズ船の運航記録を集めた。具体的には、日本におけるクルーズ船社の業界団体である一般社団法人日本外航客船協会のウェブサイトにある「クルーズニュース」<sup>⑧</sup>に掲載されていた記事から、2022年における各クルーズ船の運航記録を収集した。「クルーズニュース」の閲覧時期は、2023年11月中旬である。なお、今回の確認で収集する運航記録は、各運航船社が企画・運航するクルーズを対象とし、いわゆる「チャータークルーズ」は含めない。また、今回収集した記事の中には、運航予定に記載はないものの運航中止

表1 2022年に運航していた日本船社のクルーズ船

|                      | 飛鳥II     | にっぽん丸             | ばしふいっくびいなす        | ガンツウ     |
|----------------------|----------|-------------------|-------------------|----------|
| 所属                   | 郵船クルーズ   | 商船三井客船            | 日本クルーズ客船          | せとうちクルーズ |
| 総トン数                 | 50,444トン | 22,472トン          | 26,594トン          | 3,013トン  |
| 全長                   | 240.96m  | 166.65m           | 183.40m           | 81.20m   |
| 型幅                   | 29.60m   | 24.00m            | 25.00m            | 13.75m   |
| 喫水                   | 8.00m    | 6.56m             | 6.52m             | 2.45m    |
| 船籍                   | 日本       | 日本                | 日本                | 日本       |
| カテゴリー                | ラグジュアリー  | プレミアム/<br>ラグジュアリー | プレミアム/<br>ラグジュアリー | ラグジュアリー  |
| 乗客定員                 | 872人     | 400人              | 460人              | 38人      |
| 乗組員数                 | 490人     | 230人              | 220人              | 46人      |
| 乗組員比率 <sup>1)</sup>  | 1.78人    | 1.74人             | 2.09人             | 0.83人    |
| スペース比率 <sup>2)</sup> | 57.85トン  | 56.18トン           | 57.81トン           | 79.29トン  |

1) 乗組員1人当たりの乗客定員  
2) 乗客定員1人当たりの総トン数

出所: 海事プレス社『クルーズ客船データブック2022-2023』より筆者作成

表2 2022年における「飛鳥II」の運航状況(当初予定)

| クルーズ名                                   | 開始日    | 出発港 | 寄港地                  | 到着港 | 終了日    | 泊数  | 日数  | 中止 |
|---|--------|-----|----------------------|-----|--------|-----|-----|----|
| 飛鳥II 2022年 オセアニア グランドクルーズ               | 2月2日   | 横浜  | 神戸/(略)/横浜            | 神戸  | 3月15日  | 41  | 42  | □  |
| 飛鳥II 2022年 世界一周クルーズ～30の寄港地と、31の世界遺産へ～   | 3月29日  | 横浜  | 神戸/(略)/横浜            | 神戸  | 7月14日  | 107 | 108 | □  |
| 神戸発着 夏の日南クルーズ                           | 7月15日  | 神戸  | 油津(日南)               | 神戸  | 7月18日  | 3   | 4   | □  |
| 神戸発 夏の神戸・横浜クルーズ                         | 7月18日  | 神戸  |                      | 横浜  | 7月20日  | 2   | 3   |    |
| 若大将クルーズ                                 | 7月20日  | 横浜  |                      | 横浜  | 7月22日  | 2   | 3   |    |
| A-styleクルーズ～夏彩～                         | 7月22日  | 横浜  |                      | 横浜  | 7月24日  | 2   | 3   |    |
| 夏の北海道クルーズ                               | 7月24日  | 横浜  | 室蘭/網走/小樽/函館          | 横浜  | 8月1日   | 8   | 9   | □  |
| サマークルーズ                                 | 8月1日   | 横浜  | 鳥羽                   | 横浜  | 8月3日   | 2   | 3   | □  |
| 夏祭りに沸く東北 秋田・青森クルーズ                      | 8月3日   | 横浜  | 船川(男鹿)/秋田/青森         | 横浜  | 8月9日   | 6   | 7   | □  |
| 夏休み 伊東クルーズ                              | 8月9日   | 横浜  | 伊東                   | 横浜  | 8月11日  | 2   | 3   |    |
| 夏祭りに沸く四国 阿波・高松クルーズ                      | 8月11日  | 横浜  | 小松島(徳島)/高松           | 横浜  | 8月16日  | 5   | 6   | □  |
| 夏の鳥羽・熊野沖クルーズ                            | 8月16日  | 横浜  | 鳥羽                   | 横浜  | 8月19日  | 3   | 4   | □  |
| 夏休みウィークエンドクルーズ                          | 8月19日  | 横浜  |                      | 横浜  | 8月21日  | 2   | 3   |    |
| 夏の横浜・門司クルーズ                             | 8月21日  | 横浜  |                      | 門司  | 8月23日  | 2   | 3   | □  |
| 神戸発着 熊野・駿河クルーズ                          | 8月27日  | 神戸  | 新宮/清水                | 神戸  | 8月31日  | 4   | 5   |    |
| 神戸発着 晩夏の土佐クルーズ                          | 8月31日  | 神戸  | 高知                   | 神戸  | 9月2日   | 2   | 3   |    |
| 神戸発着 秋の西海道 悠々クルーズ                       | 9月2日   | 神戸  | 佐世保/八代/鹿児島           | 神戸  | 9月9日   | 7   | 8   |    |
| 神戸 A-tripクルーズ ～フランス気分～                  | 9月9日   | 神戸  |                      | 神戸  | 9月11日  | 2   | 3   |    |
| 神戸発 秋の神戸・横浜クルーズ                         | 9月12日  | 神戸  |                      | 横浜  | 9月14日  | 2   | 3   |    |
| グループサウンズクルーズ                            | 9月14日  | 横浜  | 清水                   | 横浜  | 9月17日  | 3   | 4   |    |
| 秋の連休 伊豆諸島周遊クルーズ                         | 9月17日  | 横浜  |                      | 横浜  | 9月19日  | 2   | 3   |    |
| 秋の西国漫遊クルーズ                              | 9月19日  | 横浜  | 日高(和歌山)/姫路/岩国/佐世保/高知 | 横浜  | 9月30日  | 11  | 12  | □  |
| JAZZ ON ASUKA II with BLUE NOTE TOKYO   | 9月30日  | 横浜  |                      | 東京  | 10月2日  | 2   | 3   |    |
| 秋の東京・神戸クルーズ                             | 10月2日  | 東京  |                      | 神戸  | 10月4日  | 2   | 3   |    |
| 神戸発着 爽秋の瀬戸内 土佐・別府クルーズ                   | 10月4日  | 神戸  | 高知/別府                | 神戸  | 10月8日  | 4   | 5   |    |
| 神戸 A-style クルーズ ～秋彩～                    | 10月8日  | 神戸  |                      | 神戸  | 10月10日 | 2   | 3   |    |
| 神戸発 秋の神戸・門司クルーズ                         | 10月10日 | 神戸  |                      | 門司  | 10月12日 | 2   | 3   |    |
| 門司発着 秋の日本海 舞鶴・境港クルーズ                    | 10月13日 | 門司  | 舞鶴/境港                | 門司  | 10月17日 | 4   | 5   |    |
| 神戸発 秋の神戸・横浜クルーズ                         | 10月20日 | 神戸  |                      | 横浜  | 10月22日 | 2   | 3   |    |
| 錦秋のみちのく・函館クルーズ                          | 10月22日 | 横浜  | 大船渡/宮古/函館            | 横浜  | 10月29日 | 7   | 8   |    |
| 横浜 A-style クルーズ ～秋彩～                    | 10月29日 | 横浜  |                      | 横浜  | 10月31日 | 2   | 3   |    |
| 芸術の秋 駿河クルーズ                             | 10月31日 | 横浜  | 清水                   | 横浜  | 11月3日  | 3   | 4   |    |
| のんびり秋旅クルーズ                              | 11月3日  | 横浜  | 高松/新宮/四日市            | 横浜  | 11月11日 | 8   | 9   |    |
| 石川さゆり50周年記念『飛鳥座』クルーズ                    | 11月11日 | 横浜  |                      | 横浜  | 11月13日 | 2   | 3   |    |
| 若大将クルーズ THE FINAL～俺は海から生まれた男～ Cruise1   | 12月6日  | 横浜  |                      | 横浜  | 12月8日  | 2   | 3   |    |
| 若大将クルーズ THE FINAL～俺は海から生まれた男～ Cruise2   | 12月8日  | 横浜  |                      | 横浜  | 12月10日 | 2   | 3   |    |
| Dynasty 80's LIVE and MUSIC ON ASUKA II | 12月10日 | 横浜  |                      | 横浜  | 12月12日 | 2   | 3   |    |
| 横浜スペシャルクリスマス ON ASUKA II                | 12月12日 | 横浜  |                      | 横浜  | 12月14日 | 2   | 3   |    |
| Xmas 横浜・神戸クルーズ                          | 12月14日 | 横浜  |                      | 神戸  | 12月16日 | 2   | 3   |    |
| 神戸スペシャルクリスマス ON ASUKA II                | 12月16日 | 神戸  |                      | 神戸  | 12月18日 | 2   | 3   |    |
| 神戸発 Xmas 神戸・名古屋クルーズ                     | 12月18日 | 神戸  |                      | 名古屋 | 12月20日 | 2   | 3   |    |
| 名古屋スペシャルクリスマス ON ASUKA II               | 12月20日 | 名古屋 |                      | 名古屋 | 12月22日 | 2   | 3   |    |
| 名古屋発 Xmas 名古屋・横浜クルーズ                    | 12月22日 | 名古屋 |                      | 横浜  | 12月24日 | 2   | 3   |    |
| クリスマスウィークエンドクルーズ                        | 12月24日 | 横浜  |                      | 横浜  | 12月26日 | 2   | 3   |    |
| ニューイヤークルーズ～瀬戸内航路～                       | 12月28日 | 横浜  | 清水/大阪/佐世保            | 横浜  | 1月4日   | 7   | 8   |    |

※「中止」欄における○印は当該クルーズが中止になったことを示し、□印は当該クルーズが中止になった後に別のクルーズが組まれた(再設定)ことを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

表3 2022年における「飛鳥II」の運航状況(再設定以降)

| クルーズ名                 | 開始日   | 出発港 | 寄港地         | 到着港 | 終了日   | 泊数 | 日数 | 中止 |
|-----------------------|-------|-----|-------------|-----|-------|----|----|----|
| 横浜 結航路 春の四日市・紀州日高クルーズ | 3月7日  | 横浜  | 四日市/日高(和歌山) | 横浜  | 3月10日 | 3  | 4  | ●  |
| A-style クルーズ～春彩～      | 3月11日 | 横浜  |             | 神戸  | 3月13日 | 2  | 3  | ●  |
| 春の鳥羽クルーズ              | 3月13日 | 横浜  | 鳥羽          | 横浜  | 3月16日 | 3  | 4  | ●  |
| 横浜 結航路 春の駿河・新宮クルーズ    | 3月16日 | 横浜  | 清水/新宮       | 横浜  | 3月19日 | 3  | 4  | ●  |
| 春の連休 四日市クルーズ          | 3月19日 | 横浜  | 四日市         | 横浜  | 3月22日 | 3  | 4  | ●  |
| のんびり春旅 横浜・神戸クルーズ      | 3月24日 | 横浜  |             | 神戸  | 3月26日 | 2  | 3  | ●  |

表3 2022年における「飛鳥II」の運航状況(再設定以降)(つづき)

| クルーズ名                   | 開始日   | 出発港 | 寄港地                | 到着港 | 終了日   | 泊数 | 日数 | 中止 |
|-------------------------|-------|-----|--------------------|-----|-------|----|----|----|
| 神戸 結航路 高知・別府春休みクルーズ     | 3月26日 | 神戸  | 高知/別府              | 神戸  | 3月29日 | 3  | 4  | ●  |
| 神戸発着 春の岩国・中津クルーズ        | 3月30日 | 神戸  | 岩国/中津              | 神戸  | 4月4日  | 5  | 6  | ●  |
| 神戸発 のんびり春旅 神戸・横浜クルーズ    | 4月4日  | 神戸  |                    | 横浜  | 4月6日  | 2  | 3  | ●  |
| 春の土佐・みやこ大阪クルーズ          | 4月6日  | 横浜  | 高知/大阪              | 横浜  | 4月11日 | 5  | 6  | ●  |
| 春の東北 小名浜・宮古クルーズ         | 4月11日 | 横浜  | 小名浜/宮古             | 横浜  | 4月15日 | 4  | 5  | ●  |
| A-style クルーズ ～春爛漫～      | 4月15日 | 横浜  |                    | 横浜  | 4月17日 | 2  | 3  | ●  |
| 春の横浜・門司クルーズ             | 4月17日 | 横浜  |                    | 門司  | 4月19日 | 2  | 3  | ●  |
| 門司発着 金沢・境港 春の日本海クルーズ    | 4月19日 | 門司  | 金沢/境港              | 門司  | 4月23日 | 4  | 5  | ●  |
| 門司発着 春のウィークエンドクルーズ      | 4月23日 | 門司  |                    | 門司  | 4月25日 | 2  | 3  | ●  |
| ゴールデンウィーク ひたち 大船渡クルーズ   | 4月28日 | 横浜  | 常陸那珂/大船渡           | 横浜  | 5月2日  | 4  | 5  | ●  |
| ゴールデンウィーク 北海道・青森クルーズ    | 5月2日  | 横浜  | 函館/青森/釧路           | 横浜  | 5月8日  | 6  | 7  | ●  |
| グループサウンズクルーズ            | 5月8日  | 横浜  | 四日市                | 横浜  | 5月11日 | 3  | 4  | ●  |
| 初夏の横浜・神戸ぶらり旅クルーズ        | 5月11日 | 横浜  |                    | 神戸  | 5月13日 | 2  | 3  | ●  |
| 神戸 A-trip クルーズ ～フランス気分～ | 5月13日 | 神戸  |                    | 神戸  | 5月15日 | 2  | 3  | ●  |
| 神戸発着 薫風の長崎・日南クルーズ       | 5月15日 | 神戸  | 長崎/油津(日南)          | 神戸  | 5月20日 | 5  | 6  | ●  |
| 神戸 A-style クルーズ ～春彩～    | 5月20日 | 神戸  |                    | 神戸  | 5月22日 | 2  | 3  | ●  |
| 神戸発 初夏の神戸・横浜ぶらり旅クルーズ    | 5月22日 | 神戸  |                    | 横浜  | 5月24日 | 2  | 3  | ●  |
| 初夏の西海道 悠々クルーズ           | 5月24日 | 横浜  | 佐世保/八代/鹿児島         | 横浜  | 5月30日 | 6  | 7  | ●  |
| 横浜 結航路 初夏の四日市・小松島クルーズ   | 5月30日 | 横浜  | 四日市/小松島(徳島)        | 横浜  | 6月2日  | 3  | 4  | ●  |
| 初夏の日本一周クルーズ             | 6月3日  | 横浜  | 新宮/長崎/金沢/青森/室蘭/大船渡 | 横浜  | 6月14日 | 11 | 12 | ●  |
| 初夏の横浜・神戸クルーズ            | 6月14日 | 横浜  |                    | 神戸  | 6月16日 | 2  | 3  |    |
| 神戸発着 宮崎・日向ウィークエンドクルーズ   | 6月16日 | 神戸  | 細島(日向)             | 神戸  | 6月19日 | 3  | 4  |    |
| 神戸発 初夏の神戸・門司クルーズ        | 6月19日 | 神戸  |                    | 門司  | 6月21日 | 2  | 3  |    |
| 門司発着 しまなみ周遊クルーズ         | 6月21日 | 門司  |                    | 門司  | 6月23日 | 2  | 3  |    |
| 海の上の東京 島めぐりクルーズ         | 6月26日 | 横浜  |                    | 横浜  | 6月29日 | 3  | 4  |    |
| 初夏の西国・しまなみ探訪クルーズ        | 6月29日 | 横浜  | 別府/広島/高知/和歌山       | 横浜  | 7月7日  | 8  | 9  | ■  |
| 夏の横浜・神戸クルーズ             | 7月7日  | 横浜  |                    | 神戸  | 7月9日  | 2  | 3  |    |
| 神戸発着 九州・奄美クルーズ          | 7月9日  | 神戸  | 名瀬(奄美)/鹿児島/高知      | 神戸  | 7月15日 | 6  | 7  | ■  |
| 神戸発着 夏の土佐・日南クルーズ        | 7月14日 | 神戸  | 高知/油津(日南)          | 神戸  | 7月18日 | 4  | 5  |    |
| 夏のみちのく・北海道クルーズ          | 7月24日 | 横浜  | 宮古/函館/室蘭/大船渡       | 横浜  | 8月2日  | 9  | 10 |    |
| 夏祭りに沸く東北 秋田・青森クルーズ      | 8月2日  | 横浜  | 秋田/青森              | 横浜  | 8月9日  | 7  | 8  |    |
| 夏祭りに沸く四国 高松・阿波クルーズ      | 8月11日 | 横浜  | 高松/小松島(徳島)         | 横浜  | 8月17日 | 6  | 7  |    |
| 夏休み 伊豆諸島周遊クルーズ          | 8月17日 | 横浜  |                    | 横浜  | 8月19日 | 2  | 3  |    |
| 夏の横浜・土佐クルーズ             | 8月21日 | 横浜  |                    | 高知  | 8月23日 | 2  | 3  |    |
| 秋の西国漫遊クルーズ              | 9月21日 | 横浜  | 岩国/佐世保/高知          | 横浜  | 9月30日 | 9  | 10 |    |
| 初夏の広島・紀州 しまなみ探訪クルーズ     | 6月29日 | 横浜  | 広島/和歌山             | 横浜  | 7月7日  | 8  | 9  |    |
| 神戸発着 中津・日向クルーズ          | 7月9日  | 神戸  | 中津/細島(日向)          | 神戸  | 7月14日 | 5  | 6  |    |

※「中止」欄における●印は当該クルーズが中止になったことを示し、■印は当該クルーズが中止になった後に別のクルーズが組まれた(再々設定)ことを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

表4 2022年における「にっぽん丸」の運航状況

| クルーズ名   | 開始日   | 出発港 | 寄港地            | 到着港 | 終了日   | 泊数 | 日数 | 中止 |
|---|-------|-----|----------------|-----|-------|----|----|----|
| 初春の宝船 にっぽん丸 新宮・瀬戸内海 ～スペシャルエンターテイメント～                  | 1月4日  | 横浜  | 新宮             | 横浜  | 1月7日  | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸 新春のオペラクルーズ～藤原歌劇団公演 歌劇「蝶々夫人」G.ブッチーニ作曲 原語上演・字幕付き～ | 1月8日  | 横浜  |                | 横浜  | 1月10日 | 2  | 3  |    |
| 九州一周クルーズ  | 1月11日 | 横浜  | 鹿児島/八代/長崎      | 横浜  | 1月16日 | 5  | 6  |    |
| 名古屋発着 こんびらさんクルーズ                                      | 1月17日 | 名古屋 | 坂出             | 名古屋 | 1月19日 | 2  | 3  |    |
| にっぽん丸で航く 瀬戸の船旅  | 1月20日 | 神戸  | 高松/瀬戸田(生口島)/岩国 | 神戸  | 1月24日 | 4  | 5  | ○  |
| 広島発着 船旅にっぽん丸 ～宮崎 日南～                                  | 1月25日 | 広島  | 油津             | 広島  | 1月27日 | 2  | 3  | ○  |
| 門司発着 ぐるり四国一周クルーズ ～四万十・こんびらさん～                         | 1月28日 | 門司  | 宿毛/高松          | 門司  | 1月31日 | 3  | 4  | ○  |
| 神戸発着 笑門来福にっぽん丸 ～防府・長崎～                                | 2月3日  | 神戸  | 防府/長崎          | 神戸  | 2月6日  | 3  | 4  | ○  |
| 高松発着 伊勢神宮クルーズ   | 2月7日  | 高松  | 鳥羽             | 高松  | 2月9日  | 2  | 3  | ○  |
| 神戸発着 にっぽん丸 30周年記念クルーズ                                 | 2月10日 | 神戸  |                | 神戸  | 2月12日 | 2  | 3  |    |
| 名古屋発着 春の瀬戸内海クルーズ ～高松・鞆の浦～                             | 2月28日 | 名古屋 | 高松/鞆の浦         | 名古屋 | 3月3日  | 3  | 4  |    |
| 東京発着 屋久島・奄美大島クルーズ                                     | 3月4日  | 東京  | 屋久島/名瀬         | 東京  | 3月9日  | 5  | 6  |    |
| 広島発着 春の屋久島クルーズ  | 4月5日  | 広島  | 屋久島            | 広島  | 4月7日  | 2  | 3  |    |
| 神戸発着 にっぽん丸30周年記念クルーズ                                  | 4月8日  | 神戸  |                | 神戸  | 4月10日 | 2  | 3  |    |

表4 2022年における「にっぽん丸」の運航状況(つづき)

| クルーズ名   | 開始日    | 出発港  | 寄港地                            | 到着港  | 終了日    | 泊数 | 日数 | 中止 |
|---|--------|------|--------------------------------|------|--------|----|----|----|
| 神戸発着 日南・奄美・屋久島クルーズ                                  | 4月10日  | 神戸   | 油津/名瀬(奄美大島)/屋久島                | 神戸   | 4月14日  | 4  | 5  |    |
| 名古屋発着 熱海花火クルーズ                                      | 4月15日  | 名古屋  | 熱海                             | 名古屋  | 4月17日  | 2  | 3  |    |
| のんびり三陸 春クルーズ  | 4月18日  | 横浜   | 宮古                             | 横浜   | 4月21日  | 3  | 4  |    |
| スイートウィークエンドクルーズ～伊勢志摩～                               | 4月22日  | 横浜   | 鳥羽                             | 横浜   | 4月24日  | 2  | 3  |    |
| 春の味覚クルーズ～紀州日高～                                      | 4月25日  | 横浜   | 日高(御坊)                         | 横浜   | 4月28日  | 3  | 4  |    |
| ゴールデンウィーク 日本一周クルーズ                                  | 4月29日  | 東京   | 新宮/宮崎/仙崎/金沢/佐渡島(小<br>木)/函館/大船渡 | 東京   | 5月8日   | 9  | 10 |    |
| 東京発着 小笠原クルーズ  | 5月9日   | 東京   | 父島                             | 東京   | 5月14日  | 5  | 6  |    |
| にっぽん丸花火と南紀串本クルーズ                                    | 5月14日  | 東京   | 串本                             | 東京   | 5月17日  | 3  | 4  |    |
| 大阪発着 小笠原クルーズ  | 5月18日  | 大阪   | 父島                             | 大阪   | 5月23日  | 5  | 6  |    |
| 門司発着 海の京都 舞鶴と佐渡島プレミアム                               | 5月25日  | 門司   | 舞鶴/佐渡島(小木)                     | 門司   | 5月29日  | 4  | 5  |    |
| 八代発着 屋久島クルーズ  | 5月30日  | 八代   | 屋久島                            | 八代   | 6月1日   | 2  | 3  |    |
| 金沢発着 輪島花火クルーズ                                       | 6月3日   | 金沢   | 輪島                             | 金沢   | 6月5日   | 2  | 3  |    |
| 富山発着 函館と白山地クルーズ                                     | 6月7日   | 富山新港 | 能代/函館                          | 富山新港 | 6月10日  | 3  | 4  |    |
| 新潟発着 初夏の北海道クルーズ～白老・釧路～                              | 6月11日  | 新潟   | 白老/釧路                          | 新潟   | 6月14日  | 3  | 4  |    |
| 函館/横浜クルーズ   | 6月15日  | 函館   |                                | 横浜   | 6月17日  | 2  | 3  |    |
| スイートウィークエンドクルーズ～あじさいの里～                             | 6月17日  | 横浜   | 蒲郡                             | 横浜   | 6月19日  | 2  | 3  |    |
| 名古屋発着 屋久島・奄美大島クルーズ                                  | 6月20日  | 名古屋  | 屋久島/名瀬(奄美大島)                   | 名古屋  | 6月25日  | 5  | 6  |    |
| 東京発着 夏の小笠原クルーズ                                      | 7月2日   | 東京   | 父島                             | 東京   | 7月7日   | 5  | 6  |    |
| 神戸発着 夏の周防大島と沖ノ島周遊クルーズ                               | 7月8日   | 神戸   | 周防大島                           | 神戸   | 7月11日  | 3  | 4  |    |
| 門司発着 済州島クルーズ  | 7月12日  | 門司   | 済州島                            | 門司   | 7月14日  | 2  | 3  | ○  |
| にっぽん丸 夏クルーズ～宮崎・宿毛～                                  | 7月15日  | 神戸   | 宮崎/宿毛                          | 神戸   | 7月18日  | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸 夏のしま・しまクルーズ                                   | 7月19日  | 横浜   | 浜島                             | 横浜   | 7月21日  | 2  | 3  |    |
| 夏休み 熱海花火と鳥羽クルーズ                                     | 7月27日  | 横浜   | 鳥羽/熱海                          | 横浜   | 7月30日  | 3  | 4  |    |
| 夏休み ファミリークルーズ～海と空の探検隊～                              | 7月30日  | 横浜   |                                | 横浜   | 8月1日   | 2  | 3  |    |
| 東北夏祭りクルーズ   | 8月2日   | 横浜   | 秋田/青森                          | 横浜   | 8月7日   | 5  | 6  |    |
| 夏休み 館山花火クルーズ  | 8月7日   | 横浜   | 館山                             | 横浜   | 8月9日   | 2  | 3  |    |
| 海峽花火・阿波おどりクルーズ                                      | 8月10日  | 横浜   | 徳島/下関                          | 横浜   | 8月15日  | 5  | 6  |    |
| 夏休み 熊野大花火クルーズ                                       | 8月16日  | 四日市  |                                | 四日市  | 8月18日  | 2  | 3  |    |
| 飛んでクルーズ北海道 Aコース                                     | 8月25日  | 小樽   | 利尻島/羅臼                         | 小樽   | 8月28日  | 3  | 4  |    |
| 飛んでクルーズ北海道 Bコース                                     | 8月28日  | 小樽   | 利尻島/羅臼                         | 小樽   | 8月31日  | 3  | 4  |    |
| 飛んでクルーズ北海道 Cコース                                     | 8月31日  | 小樽   | 利尻島/羅臼                         | 小樽   | 9月3日   | 3  | 4  |    |
| 飛んでクルーズ北海道 Dコース                                     | 9月3日   | 小樽   | 利尻島/羅臼                         | 小樽   | 9月6日   | 3  | 4  |    |
| 小樽/金沢クルーズ   | 9月6日   | 小樽   |                                | 金沢   | 9月8日   | 2  | 3  | ○  |
| 門司発着 小豆島クルーズ  | 9月10日  | 門司   | 小豆島                            | 門司   | 9月12日  | 2  | 3  |    |
| 神戸発着 館山・熱海と青ヶ島周遊クルーズ                                | 9月13日  | 神戸   | 熱海/館山                          | 神戸   | 9月17日  | 4  | 5  |    |
| にっぽん丸 瀬戸内国際芸術祭クルーズ                                  | 9月18日  | 横浜   | 高松                             | 横浜   | 9月23日  | 5  | 6  |    |
| シェフのふなたび  | 9月23日  | 横浜   | 鳥羽                             | 横浜   | 9月26日  | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸 熊野古道プレミアム                                     | 9月26日  | 横浜   | 尾鷲/新宮                          | 横浜   | 9月29日  | 3  | 4  |    |
| 名古屋発着 江の島・鎌倉・東京と秋花火クルーズ                             | 10月6日  | 名古屋  | 江の島/東京                         | 名古屋  | 10月9日  | 3  | 4  |    |
| 神戸発着 秋の屋久島と高千穂クルーズ                                  | 10月16日 | 神戸   | 宮崎/屋久島                         | 神戸   | 10月19日 | 3  | 4  |    |
| 清水発着 秋クルーズ～大塚国際美術館貸切コン<br>サート～                      | 10月24日 | 清水   | 徳島                             | 清水   | 10月26日 | 2  | 3  |    |
| 下関発着 済州島クルーズ  | 11月1日  | 下関   | 済州島                            | 下関   | 11月3日  | 2  | 3  | ○  |
| 飛んでクルーズ九州～奄美・屋久島～                                   | 11月4日  | 博多   | 屋久島/奄美大島(名瀬)                   | 博多   | 11月7日  | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸で航く 秋のふなたび～耶馬溪・霧島<br>神宮～                       | 11月8日  | 神戸   | 志布志/別府                         | 神戸   | 11月11日 | 3  | 4  |    |
| 名古屋発着 秋の絶景クルーズ～寒霞渓～                                 | 11月12日 | 名古屋  | 小松島/小豆島                        | 名古屋  | 11月15日 | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸 食の祭典～ワインフェス～                                  | 11月16日 | 横浜   |                                | 横浜   | 11月18日 | 2  | 3  |    |
| にっぽん丸 伝統芸能お能クルーズ                                    | 11月19日 | 横浜   | 高知                             | 横浜   | 11月22日 | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸 秋の絶景クルーズ～祖谷溪・宮島・<br>新宮～                       | 11月23日 | 横浜   | 高知/宮島/新宮                       | 横浜   | 11月27日 | 4  | 5  |    |
| 世界遺産 中尊寺・東北クルーズ～秋花火in大船<br>渡～                       | 11月28日 | 横浜   | 大船渡                            | 横浜   | 12月1日  | 3  | 4  |    |
| にっぽん丸オペラクルーズ～藤原歌劇団公演 ヨ<br>ハン・シュトラウス作曲「こうもり」～(日本語上演) | 12月2日  | 横浜   |                                | 横浜   | 12月4日  | 2  | 3  |    |
| 木更津発着 伊勢神宮クルーズ                                      | 12月4日  | 木更津  | 鳥羽                             | 木更津  | 12月6日  | 2  | 3  |    |
| 東京発着 小笠原クルーズ  | 12月6日  | 東京   | 父島                             | 東京   | 12月10日 | 4  | 5  |    |
| 名古屋発着 にっぽん丸Winter Wonderland～大<br>塚国際美術館貸切コンサート～    | 12月11日 | 名古屋  | 徳島                             | 名古屋  | 12月13日 | 2  | 3  |    |
| にっぽん丸で航く モーリシャスプレジヤスクルーズ                            | 12月15日 | 横浜   | 石垣島/(略)                        | 横浜   | 1月31日  | 47 | 48 |    |

※「中止」欄における○印は当該クルーズが中止になったことを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

表5 2022年における「ばしふいっくびいなす」の運航状況(当初予定)

| クルーズ名                           | 開始日    | 出発港  | 寄港地                       | 到着港  | 終了日    | 泊数 | 日数 | 中止 |
|---------------------------------|--------|------|---------------------------|------|--------|----|----|----|
| びいなし瀬戸内八景クルーズ                   | 3月19日  | 神戸   |                           | 神戸   | 3月21日  | 2  | 3  |    |
| 春うらら 屋久島・佐世保と瀬戸内海クルーズ           | 3月22日  | 神戸   | 佐世保/屋久島                   | 神戸   | 3月26日  | 4  | 5  |    |
| 春爛漫 黒潮海道クルーズ～新宮・高知・日高～          | 3月28日  | 横浜   | 新宮/高知/日高(御坊)              | 横浜   | 4月1日   | 4  | 5  |    |
| なばなの里 花まつり&イルミネーションクルーズ         | 4月2日   | 横浜   | 四日市                       | 横浜   | 4月4日   | 2  | 3  |    |
| ～ポニンブルーの海へ～ 世界自然遺産 小笠原オーシャンクルーズ | 4月6日   | 東京   | 小笠原                       | 東京   | 4月11日  | 5  | 6  |    |
| 亜熱帯の島 奄美大島と洋上のアルプス 屋久島クルーズ      | 4月13日  | 神戸   | 奄美大島(名瀬)/屋久島              | 神戸   | 4月17日  | 4  | 5  |    |
| 天色(あまいろ)の絶景 ネモフィラ観賞と伊豆諸島周遊クルーズ  | 4月20日  | 大阪   | 大洗/清水                     | 大阪   | 4月24日  | 4  | 5  |    |
| The秘島クルーズ～鳥島・夫婦岩(そうふがん)・伊豆諸島周遊～ | 4月26日  | 横浜   |                           | 横浜   | 4月28日  | 2  | 3  |    |
| GW世界遺産二島めぐり 奄美大島・屋久島クルーズ        | 4月29日  | 横浜   | 屋久島/奄美大島(名瀬)              | 横浜   | 5月4日   | 5  | 6  |    |
| GW四国 足摺岬・四万十川遊覧と瀬戸内海クルーズ        | 5月6日   | 神戸   | 宿毛                        | 神戸   | 5月8日   | 2  | 3  |    |
| 風薫る日本一周クルーズ                     | 5月9日   | 神戸   | 下関/佐世保/富山/秋田/室蘭/清水        | 神戸   | 5月18日  | 9  | 10 |    |
| 碧の絶景 屋久島・宿毛クルーズ                 | 5月20日  | 名古屋  | 屋久島/宿毛                    | 名古屋  | 5月24日  | 4  | 5  |    |
| 新緑の南紀・土佐と瀬戸内海                   | 5月26日  | 横浜   | 新宮/宿毛                     | 横浜   | 5月30日  | 4  | 5  |    |
| 初夏の日本一周クルーズ                     | 5月31日  | 横浜   | 白老/青森/輪島/境港/門司/高松         | 横浜   | 6月9日   | 9  | 10 |    |
| 洋上の楽園 JAZZクルーズ～びいなし瀬戸内八景～       | 6月11日  | 神戸   |                           | 神戸   | 6月13日  | 2  | 3  |    |
| 世界自然遺産 屋久島と祈りの島 五島列島クルーズ        | 6月16日  | 門司   | 五島(福江)/屋久島                | 門司   | 6月19日  | 3  | 4  |    |
| 世界自然遺産 小笠原クルーズ～ポニンブルーの海へ～       | 6月20日  | 大阪   | 小笠原(父島)                   | 大阪   | 6月25日  | 5  | 6  |    |
| 南西諸島 島めぐりクルーズ～宮古島・沖縄・奄美・屋久島～    | 6月26日  | 神戸   | 宮古島/本部(沖縄本島)/名瀬(奄美大島)/屋久島 | 神戸   | 7月3日   | 7  | 8  |    |
| 初夏の北海道クルーズ～爽やかな北の大地へ～           | 7月5日   | 横浜   | 稚内/小樽/函館                  | 横浜   | 7月12日  | 7  | 8  |    |
| 気ままにワンウェイ島羽クルーズ                 | 7月13日  | 横浜   | 島羽                        | 大阪   | 7月15日  | 2  | 3  |    |
| 連休満喫 夏めく高知・別府と瀬戸内海クルーズ          | 7月15日  | 大阪   | 高知/別府                     | 大阪   | 7月18日  | 3  | 4  |    |
| ぐるっと九州 宮崎日南・五島列島クルーズ            | 7月19日  | 広島   | 日南(油津)/五島(福江)             | 広島   | 7月22日  | 3  | 4  |    |
| オーリーブの楽園・小豆島クルーズ                | 7月23日  | 神戸   | 小豆島                       | 神戸   | 7月25日  | 2  | 3  |    |
| びいなし八景クルーズ～瀬戸内・山陰・丹後～           | 7月25日  | 神戸   | 境港                        | 京都舞鶴 | 7月28日  | 3  | 4  |    |
| トキめく佐渡島クルーズ                     | 7月29日  | 京都舞鶴 | 佐渡島(小木)                   | 京都舞鶴 | 7月31日  | 2  | 3  |    |
| 東北二大祭り 竿燈・ねぶたと能登輪島クルーズ          | 8月1日   | 敦賀   | 輪島/秋田/青森                  | 敦賀   | 8月6日   | 5  | 6  |    |
| 夏休み あしずり・せとうちクルーズ               | 8月9日   | 神戸   | あしずり                      | 神戸   | 8月11日  | 2  | 3  |    |
| 情熱の阿波おどりと紀州クルーズ                 | 8月12日  | 名古屋  | 日高(御坊)/徳島                 | 名古屋  | 8月15日  | 3  | 4  |    |
| キラメク洋上 熊野大花火と南紀クルーズ             | 8月16日  | 横浜   | 新宮                        | 横浜   | 8月19日  | 3  | 4  | □  |
| 夏休み 熱海花火と伊勢志摩クルーズ               | 8月20日  | 横浜   | 清水/鳥羽                     | 横浜   | 8月23日  | 3  | 4  |    |
| 気ままにワンウェイ南紀クルーズ                 | 8月23日  | 横浜   | 新宮                        | 大阪   | 8月25日  | 2  | 3  |    |
| 大輪輝く 熱海花火と伊豆諸島周遊クルーズ            | 8月25日  | 大阪   | 清水                        | 大阪   | 8月28日  | 3  | 4  |    |
| みちのく 船旅～岩手・宮城・福島～               | 8月29日  | 神戸   | 小名浜/石巻/大船渡                | 神戸   | 9月4日   | 6  | 7  |    |
| 旅船神戸・横浜ゆったり2Nightクルーズ           | 9月4日   | 神戸   |                           | 横浜   | 9月6日   | 2  | 3  |    |
| 東海道クルーズ～三河・伊勢・駿河湾周遊～            | 9月6日   | 横浜   | 蒲郡/四日市                    | 横浜   | 9月9日   | 3  | 4  |    |
| 旅船令和の北前航路～神戸×金沢連携記念～            | 9月12日  | 横浜   | 境港                        | 金沢   | 9月15日  | 3  | 4  |    |
| 美の国あきたと佐渡島クルーズ                  | 9月15日  | 金沢   | 秋田/佐渡島(小木)                | 金沢   | 9月18日  | 3  | 4  |    |
| きらめく北海道 函館・室蘭クルーズ               | 9月22日  | 新潟   | 函館/室蘭                     | 新潟   | 9月25日  | 3  | 4  |    |
| 瀬戸内島旅 小豆島クルーズ～びいなし八景～           | 9月27日  | 門司   | 小豆島                       | 門司   | 9月30日  | 3  | 4  |    |
| びいなし瀬戸内八景クルーズ                   | 10月8日  | 大阪   |                           | 大阪   | 10月10日 | 2  | 3  |    |
| 秋の日本一周シーニッククルーズ                 | 10月11日 | 神戸   | 宮古/釧路/金沢/鳥取/八代            | 神戸   | 10月21日 | 10 | 11 |    |
| 小笠原クルーズ～The 秘島 硫黄三島周遊～          | 10月22日 | 大阪   | 小笠原(父島)                   | 大阪   | 10月28日 | 6  | 7  |    |
| 洋上の楽園JAZZ&POPSクルーズ              | 10月29日 | 神戸   |                           | 神戸   | 10月31日 | 2  | 3  |    |
| 旅船びいなし美食彩クルーズ～駿河湾・伊豆諸島周遊～       | 10月31日 | 神戸   |                           | 横浜   | 11月2日  | 2  | 3  |    |
| 秋の東北クルーズ～大船渡・宮城石巻～              | 11月2日  | 横浜   | 石巻/大船渡                    | 横浜   | 11月6日  | 4  | 5  |    |
| びいなしAutumnクルーズ～満月の夜に～           | 11月7日  | 横浜   |                           | 横浜   | 11月9日  | 2  | 3  |    |
| 秋の九州一周と瀬戸内海クルーズ                 | 11月9日  | 横浜   | 別府/鹿児島/佐世保                | 横浜   | 11月15日 | 6  | 7  |    |
| 【横浜発神戸着】横浜・神戸ゆったり 2Nightsクルーズ   | 11月16日 | 横浜   |                           | 神戸   | 11月18日 | 2  | 3  |    |
| 【神戸発着】秋の九州 佐伯・四国 高松 瀬戸内海クルーズ    | 11月18日 | 神戸   | 高松/佐伯                     | 神戸   | 11月21日 | 3  | 4  |    |
| 【神戸発着】味覚の秋 土佐 宿毛クルーズ            | 11月22日 | 神戸   | 宿毛                        | 神戸   | 11月24日 | 2  | 3  |    |

## 2022年の日本におけるクルーズ船の運航状況

表5 2022年における「ばしふいっくびいなす」の運航状況(当初予定)(つづき)

| クルーズ名                                 | 開始日    | 出発港 | 寄港地         | 到着港 | 終了日    | 泊数 | 日数 | 中止 |
|---------------------------------------|--------|-----|-------------|-----|--------|----|----|----|
| 【神戸発佐世保着】神戸・佐世保ゆったり 2Nightsクルーズ       | 11月24日 | 神戸  |             | 佐世保 | 11月26日 | 2  | 3  |    |
| 【佐世保発着】佐世保市制120周年記念クルーズ               | 11月26日 | 佐世保 |             | 佐世保 | 11月27日 | 1  | 2  |    |
| 【下関発着】KOREA 港町・釜山クルーズ                 | 11月28日 | 下関  | 釜山          | 下関  | 11月30日 | 2  | 3  | ○  |
| 【大阪発着】夜空を彩る冬の熱海花火クルーズ                 | 12月2日  | 大阪  | 四日市/清水      | 大阪  | 12月5日  | 3  | 4  |    |
| 【神戸発横浜着】クリスマス神戸・横浜 2Nightsクルーズ        | 12月7日  | 神戸  |             | 横浜  | 12月9日  | 2  | 3  |    |
| 【横浜発着】クリスマスクルーズ YOKOHAMA              | 12月9日  | 横浜  |             | 横浜  | 12月11日 | 2  | 3  |    |
| 【横浜発着】クリスマス キラキラクルーズ                  | 12月11日 | 横浜  | 四日市         | 横浜  | 12月13日 | 2  | 3  |    |
| 【東京発着】Venus on Stage クリスマスクルーズ TOKYO  | 12月14日 | 東京  |             | 東京  | 12月16日 | 2  | 3  |    |
| 【名古屋発着】クリスマスクルーズ NAGOYA ～夜空を彩る熱海花火～   | 12月17日 | 名古屋 |             | 名古屋 | 12月19日 | 2  | 3  |    |
| 【神戸発着】クリスマス瀬戸内海クルージング                 | 12月20日 | 神戸  |             | 神戸  | 12月22日 | 2  | 3  |    |
| 【神戸発着】クリスマスワンナイトクルーズ KOBE             | 12月22日 | 神戸  |             | 神戸  | 12月23日 | 1  | 2  |    |
| 【神戸発着】Venus on Stage クリスマスイヴクルーズ KOBE | 12月24日 | 神戸  |             | 神戸  | 12月25日 | 1  | 2  |    |
| 【神戸発着】びいなすニューイヤークルーズ                  | 12月27日 | 神戸  | 奄美大島/石垣島/那覇 | 神戸  | 1月4日   | 8  | 9  |    |

※「中止」欄における○印は当該クルーズが中止になったことを示し、□印は当該クルーズが中止になった後に別のクルーズが組まれた(再設定)ことを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

表6 2022年における「ばしふいっくびいなす」の運航状況(再設定)

| クルーズ名                   | 開始日   | 出発港 | 寄港地 | 到着港 | 終了日   | 泊数 | 日数 | 中止 |
|-------------------------|-------|-----|-----|-----|-------|----|----|----|
| 土肥サマーフェスティバル海上花火と南紀クルーズ | 8月16日 | 横浜  | 新宮  | 横浜  | 8月19日 | 3  | 4  |    |

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

を伝えられたクルーズも存在した。そこで、今回は運航中止のみだけ伝えられたものも含めて「クルーズニュース」に掲載されていたすべてのクルーズを集め、運航日程等の不足した情報は旅行代理店等のウェブサイトから内容を補完した。

各船の運航状況を収集すると、2022年も当初予定されていたクルーズが中止になった後に別クルーズが組まれるクルーズの再設定が行われていた。このため、クルーズ船の運航記録をまとめる際に、まず各運航会社が最初に発表していた当初予定のスケジュールを作成し、その後の再設定クルーズについては別にまとめた<sup>4)</sup>。

以上のような作業を経てまとめた日本船社の運航する外航クルーズ船の運航状況を表2以下に示す。表2・表3は2022年における「飛鳥II」の当初予定された運航スケジュールおよび再設定されたクルーズスケジュールである。2022年の「飛鳥II」には再々設定されたクルーズもあった。続いて、「にっぽん丸」の当初予定スケジュールをまとめたのが表4である。2022年の「にっぽん丸」に再設定されたクルーズはなかった。表5・表6は「ばしふいっくびいなす」の当初予定および再設定された運航スケジュールである。次節では、これらからこの時期の日本船社が運航する外航クルーズ船の動向を概観する。

### 3.2 2022年における「飛鳥II」の運航状況

2022年の「飛鳥II」の運航状況を確認する上で特筆

すべきことは、当初2つの国際クルーズ<sup>5)</sup>が予定されていたことである。2月からは42日間の「オセアニアグランドクルーズ」、3月末からは108日間におよぶ「世界一周クルーズ」が計画されていた。だが、いずれも「新型コロナウイルスの感染状況や寄港各国の状況を総合的に判断し」運航が中止された<sup>6)</sup>。このため、「飛鳥II」は3月から7月にかけて新たなクルーズが再設定されている。

その再設定されたクルーズも、3月16日出発分までの4クルーズは「日本政府方針により、2月末日まで船内サービスを受け持つ外国人乗組員の入国が困難な状況」のために、その後は6月10日まで「(飛鳥IIの)推進装置に電力を送る変圧器の不具合」のために催行中止となった。なお、「飛鳥II」は2022年3月に同年5月30日から8月21日までのクルーズスケジュールを公表したが、船内の電気関係機器の不具合のため運航を中止していた5月に6月29日からの新スケジュールを発表し、一部のクルーズを残しつつもクルーズ全体の再設定を行った。このため、当初予定から数えると再々設定されたクルーズも存在した。

このような経緯もあり、「飛鳥II」が2022年のクルーズを催行できたのは6月11日以降のことであった<sup>7)</sup>。今回の確認により、2022年に「飛鳥II」が実施したクルーズは50であった。

### 3.3 2022年における「にっぽん丸」の運航状況

2022年の「にっぽん丸」は合計で68クルーズが予

定された。その中で、1月20日からの5クルーズが「寄港地域での(新型コロナウイルス)まん延防止等重点措置が適用され寄港地から受け入れが困難」との要請があり、運航が中止された。

また、7月と11月には済州島への国際クルーズが企画されたが、ともにキャンセルされた。7月12日出発分の中止理由は「日本発着の海外クルーズの渡航がまだまだ難しい状況であり、出発予定日までに渡航が許可されていない状況となったため」であり、11月1日出発分については「海港を利用する日本発着の海外クルーズの寄港に関しては、9月末現在、寄港許可を得られない状況が続いている」ためであった。加えて、9月6日から予定されていた「小樽/金沢クルーズ」は台風の影響で運航が中止された。

2022年における「にっぽん丸」は60クルーズが実施され、クルーズ催行率は88%であった。上述したように一部のクルーズは中止されたが、ほぼ1年を通して「にっぽん丸」は運航されていた。そして、本稿の冒頭でもふれたように12月15日から、コロナ禍以降において日本船社クルーズ船として初となる国際クルーズを行った。

### 3. 4 2022年における「ばしふいっくびいなす」の運航状況

2022年3月19日、「ばしふいっくびいなす」は約半年ぶりに運航を再開した。2021年9月下旬以降、「複数の自治体から寄港の自粛要請」や「現在の(新型コロナウイルス)感染拡大状況と社会情勢を総合的に判断した」結果として運航を休止していた。

2022年の「ばしふいっくびいなす」は当初、63クルーズを企画した。そのうち、8月16日出発の「キラメク洋上 熊野大花火と南紀クルーズ」は観賞予定だった花火大会が開催中止となったため、代替クルーズが再設定された。また、国際クルーズとして企画された「【下関発着】KOREA 港町・釜山クルーズ」(11月28日出発)は、韓国の水際対策により寄港許可を得られずに催行を取り止めた。

2022年の「ばしふいっくびいなす」が実施したクルーズ数は、3月から運航を開始したにもかかわらず、今回確認した3隻の中で最多の62であった。クルーズ催行率も、3隻の中で最も高い。だが、2022年の「ばしふいっくびいなす」において特徴的なのは、クルーズスケジュールの発表間隔である。

コロナ禍以前、各船のクルーズスケジュールの発表は年度を上期と下期に分け、半年単位で行われていた(野々山・加藤(2023) p.21)。コロナ禍以降は、感染状況や社会情勢への対応もあり、スケジュールの発表は短いスパンで行われるようになったが、2022年の

「ばしふいっくびいなす」は運航休止中だった1月に5月から7月分のクルーズスケジュールを公表し、その後は4月、5月、6月および8月と矢継ぎ早にスケジュールを発表した。これらの発表は、3クルーズを追加した5月分を除いて、約2か月間分のクルーズスケジュールの公表を繰り返していた。そして2022年11月、「ばしふいっくびいなす」の運航会社である日本クルーズ客船株式会社は、客船事業の終了を発表したのであった。

## 4. むすびにかえて

以上で見たように、2022年における日本の外航クルーズ船は、「飛鳥II」が国際クルーズのキャンセルや船内の電気関係機器の不具合のため運航開始が6月となったことや「ばしふいっくびいなす」が3月から運航再開となったことを除けば、年間を通じて概ね順調に航行していた。クルーズが中止された理由についても、3月までの「ばしふいっくびいなす」や「飛鳥II」の運航中止、「にっぽん丸」の1月から2月にかけてのクルーズ、そして国際クルーズ以外は新型コロナウイルスの影響ではなかった。その意味で、特に2022年下半期のクルーズは、コロナ禍を脱したといってもよいのかもしれない。なお、2021年の日本船社クルーズ船によるクルーズは「最小催行人数に満たない」との理由でキャンセルされたものもあったが(野々山・加藤(2023) p.21)、2022年において最小催行人員未達のため中止されたクルーズはない。

ただ、2022年に実施されたクルーズはショートクルーズが多く、1週間を超える日程のものはあまりなかった。そして12月には「にっぽん丸」にて国際クルーズが再開されたものの「ばしふいっくびいなす」は翌年初頭に運航を終了することになる。このように2022年の年末に、日本船社クルーズ船の明暗がはっきり分かれることとなった。これらの要因を子細に考察する用意が今回の確認にはないが、それまでのコロナ禍が日本船社クルーズ船に与えた影響はやはり大きかったのだろう。今後は、コロナ禍がクルーズに与えた影響を、さらに検討したい。

## 注

- 1) この章の記述は、野々山・加藤(2023)に拠った。
- 2) 先述したが、この4隻のうち「ばしふいっくびいなす」は2023年1月に運航を終了している。
- 3) このカテゴリー分けは、海事プレス社がクルーズ船の総トン数や乗客定員、客室の広さ(最小)等を基に行っているものであり、ラグジュアリーよ

りもサービスが充実した「ブティック客船」も「ラグジュアリー客船」に含まれている。なお、他の文献では、スタンダードを「カジュアル」クラスと表記するものもある。

- 4) 今回の運航記録は、クルーズ船の運航を基準にまとめた。クルーズ日程に複数のコースが設定されていても、クルーズ船の運航が同一の場合は1つのクルーズとした。
- 5) 今回まとめた表において、寄港先が多い国際クルーズについては、海外の寄港地の記載を省略した。
- 6) 運航中止の理由は「クルーズニュース」の記事に拠った。特に断らない限り、以下も同様である。
- 7) なお、「飛鳥II」が9月19日から予定していた「秋の西国漫遊クルーズ」は台風の影響でスケジュールが変更された。

### 参考文献

- [1] WEB CRUISE ウェブサイト「にっぽん丸、横浜港からモーリシャスに出航、2年10カ月ぶり国際クルーズ」(<https://www.cruise-mag.com/news/24484/> 閲覧日：2023年11月28日)
- [2] WEB CRUISE ウェブサイト「清水港に「アマデア」入港、3年ぶりに外国客船による日本寄港が再開」(<https://www.cruise-mag.com/news/26662/> 閲覧日：2023年11月28日)
- [3] 「観光立国推進基本計画（令和5年3月31日閣議決定）」
- [4] トラベルボイス 2022年11月4日付記事「日本のクルーズ客船「ばしふいっくびいなす」が事業終了、コロナ禍からの回復厳しく、会社は解散へ」(<https://www.travelvoice.jp/20221104-152335> 閲覧日：2023年11月28日)
- [5] 野々山和宏・加藤博「コロナ禍の日本におけるクルーズ船の運航状況—2020年から2021年の記録—」『弓削商船高等専門学校紀要』45, 11-22, 2023
- [6] 酒井裕規・湧口清隆「外航クルーズ客船誘致活動における現状と課題」『海運経済研究』50, 31-40, 2016
- [7] せとうちクルーズウェブサイト「ガンツウ 航路」(<https://guntu.jp/routes/> 閲覧日：2023年11月28日)
- [8] 一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」(<https://www.jopa.or.jp/news/news.html>)

# Python を用いた分散処理システムの研究開発

前田 弘文\*

## Research and development of distributed processing system using Python

Hirofumi Maeda\*

### Abstract

This paper describes the distributed processing system "Marionette" for easy device management. This system is based on shared memory. As a result, it becomes possible to facilitate the development of rescue robots. On the other hand, it lacks versatility due to its specialization. Therefore, in order to apply it to other systems, we generalized it at the source level. However, in recent years, artificial intelligence is often used for robot processing, and Marionette, which is written in C language, cannot meet this need. Therefore, in this study, we reconstruct "Marionette" using Python and improve its usability.

### 1. 緒 言

阪神淡路大震災をきっかけに、日本国内ではレスキューロボットの開発が盛んに行われている。しかし、人命救助を直接行えるレスキューロボットは少なく、実際に活躍できる場面としては、二次災害を防ぐための現場調査という形がもっとも一般的である。そのため、多くのレスキューロボットは、操縦者が直接ロボットに接近した状態での操縦は行わず、操縦者が遠く離れた場所から無線を用いて遠隔操縦する形を採用している<sup>[1][2]</sup>。

しかしこのことがレスキューロボットを開発する上で、多くの問題を生むこととなる。1つには、ロボット・操縦者間の通信の問題が上げられる。通信距離を伸ばすことはもちろんのこと、通信が途絶えた際のロボットの緊急行動をシステムに組み込む必要が出てくる。このことは、プログラムを複雑化する要因となり、開発に莫大な時間を費やすことを意味する。また、通信による遅延などから操縦者側の遠隔操作機器（以後、操作卓）にすべてのロボット制御を組み込むことは暴走を招く原因となるため行えない。そのため、ロボット内部にローカルで複雑な制御システムを構築する必要がある。また、ロボットを遠隔操作する必要があることから操作卓についても、通信を含めた複雑なシステムを構築する必要がある。さらに、災害現場においてロボット1台のみで、すべてを調査することは現実的に不可能であることから、複数ロボットの連携も必要と

なる。これらのことから、レスキューロボットの開発は、複雑なシステムの構築を必要とし、デバッグ作業に多くの時間を費やすこととなる。この問題を解決する手法として分散処理システムを採用するケースが上げられる<sup>[3]</sup>。

そこで特定非営利活動法人国際レスキューシステム機構において、共有メモリを用いた分散処理システム Marionette の開発が行われた<sup>[4]</sup>。このシステムは、実際にレスキューロボットに搭載された実績を持ち、高専生・大学生などの初級プログラマでも容易に理解できる構造となっている。しかし、Marionette は、レスキューロボットに特化した専用ソフトであり、Marionette 部分のソースコードがむき出しとなっていることから、汎用性があるとは言えない。そこで、他のシステムにも適用するため、この Marionette をソースレベルで一般化した<sup>[5]</sup>。しかし近年では、ロボットの処理に人工知能を用いる場合が多く、C 言語によって記述された Marionette ではこのニーズに答えることができない。

そこで本研究では、Python を用いて Marionette を再構築するとともに、利便性を向上させる。本論文においては、Marionette の概要について述べるとともに、元となる一般化された Marionette と Python に移植した Marionette のそれぞれについて述べる。

## 2. 分散処理システム

分散処理システム **Marionette** は、糸を使った操り人形を語源としている。操り人形の糸は、各部位を繋ぐ横糸と人形全体を操るための縦糸に分かれる。また、縦糸は人形を操作するために一本もしくは複数の棒によって接続されている。そのため、棒を操作することで人形全体を操ることが可能となる。

本 **Marionette** も操り人形を模倣しており、各プロセスと **Marionette** は縦糸で、各プロセス同士は横糸で接続された形をとる (図 1)。これにより、一つ一つのプロセスは、人形の腕や足のようになり、それぞれの担当する小規模な機能を実装するだけで済み、プログラムをシンプルに構成することが可能となる。

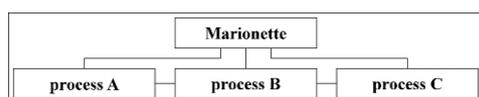


図 1 Marionette の概略図

実際にプログラムを実装する際は、縦糸と横糸は共有メモリとなり、プロセス間、プロセス・**Marionette** 間はそれぞれ 1 対 1 の関係となっている。そのため、図 2 で示すような 1 対多数や多数対多数という接続は発生しない。もし複数を接続したい場合は、図 3 のような接続方法を用いる。複数接続の方法として、このような形式を取ることはプログラム全体として PC への負担が大きくなることに繋がる。しかし、近年では PC スペックが以前より大幅に向上しており、バグが発生した際に原因を早急に発見できる点も考慮にいれて、このような形式を採用している。

1 つの共有メモリに対して複数のプロセスがアクセスする形を取った場合、同期を取る必要が生じ、プログラムが複雑化するとともに、この部分にバグが発生する恐れが生じる。また、受け渡しデータの中にバグが発生した際、どのプロセスが原因となっているか追求することが困難になる。これに対して 2 つのプロセス間での共有メモリのやり取りであれば、基本的に同期を取る必要はなく、同時読み込みによるクリティカルはセマフォによって回避することが可能で、受け渡しデータにバグが発生した場合であっても 2 つのプロセス間のみをチェックするだけでよい。

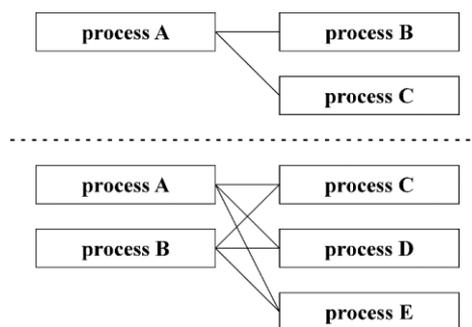


図 2 Marionette の禁止事項

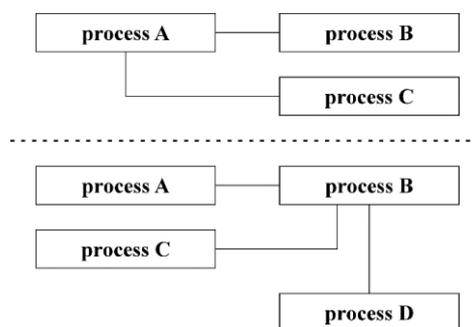


図 3 Marionette の接続例

以下に、**Marionette** における制約を示す。

- ・プロセスは 1 対 1 の関係を維持する。
- ・共有メモリはセマフォを使った排他制御によって管理する。
- ・プロセスの起動および終了は同期する。

これらの制約を実装するために、**Marionette** 本体では、それぞれのプロセスを同時に起動するとともに、終了の際も同期を取って同時に終了処理を行う。この管理を行うものが、先に示した縦糸に該当する共有メモリである。また、プロセス間のデータ通信に用いる共有メモリについても **Marionette** 本体が管理する。そのため、**Marionette** 以外が共有メモリを管理できないよう、**Marionette** は各セマフォと共有メモリのキーをそれぞれ 2 個ずつ、プロセスの起動時に必要なプロセスのみに受け渡し形を取る (図 4)。これによって、システム全体におけるバグの発生を抑制している。

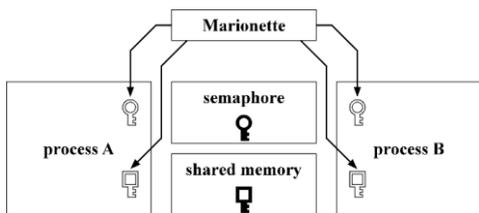


図 4 Marionette のキーの受け渡し

### 3. 一般化された分散処理システム

ここでは、Python を用いて再構築した分散処理システムとの比較のため、C 言語を用いて一般化した分散処理システムについて述べる。

#### 3.1 プログラム構成

一般化するにあたって、Marionette を含む 4 つのプロセス間での通信を行うものとした (図 5)。

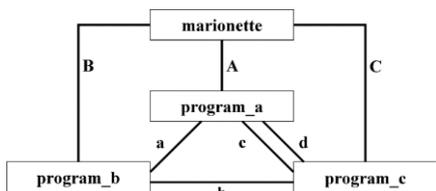


図 5 プロセス構成

また、それぞれのプロセス間通信は共有メモリを用い、図 6 に示す構造とした。それぞれの共有メモリにはセマフォを設けるとともに、型宣言も行っている。

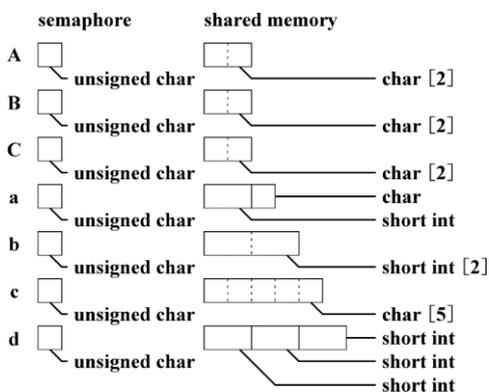


図 6 セマフォと共有メモリの詳細

次に、以下の手順で、Marionette の一元管理を実現する。

#### 3.1.1 起動処理

Marionette プロセスの起動から各プロセスの起動までの流れを以下に示す。

##### 1. キーの生成

marionette において、プロセス全体で使用するセマフォと共有メモリのためのキーを生成する (図 7)。

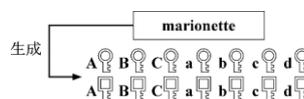


図 7 キーの生成

##### 2. セマフォの初期化

marionette において、プロセス全体で使用するセマフォを生成し、初期化を行う (図 8)。

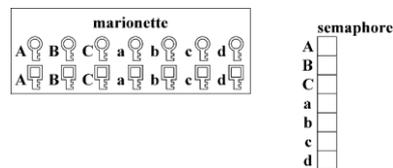


図 8 セマフォの初期化

##### 3. 共有メモリの初期化

marionette において、プロセス全体で使用する共有メモリを生成し、初期化を行う (図 9)。その際、A, B, C, a, b, c, d がアタッチされ、初期化後に a, b, c, d はデタッチされる。

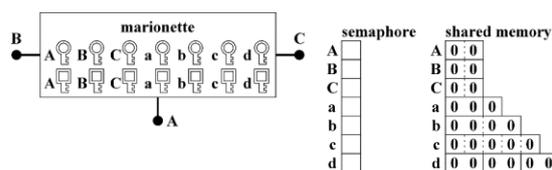


図 9 共有メモリの初期化

#### 4. プロセスの起動

marionette において、プロセスの起動を行うとともに、キーも複製して受け渡す (図 10)。

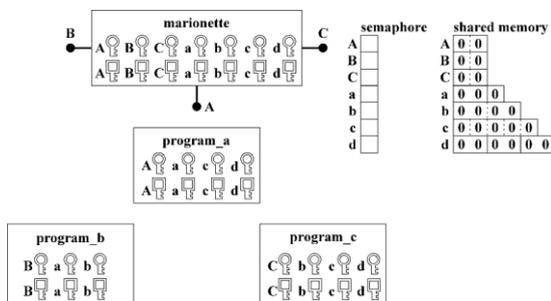


図 10 プロセスの起動

#### 5. セマフォと共有メモリのアタッチ

marionette において、a, b, c, d のキーを破棄するとともに、program\_a, program\_b, program\_c において、セマフォと共有メモリのアタッチを行う (図 11)。

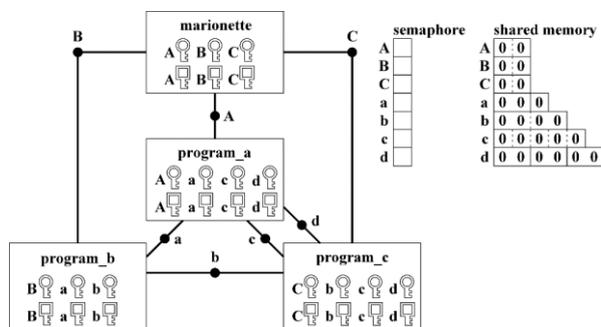


図 11 セマフォと共有メモリのアタッチ

#### 6. 共有メモリの監視

各プロセスにおいて、A, B, C の共有メモリを随時監視するとともに、program\_a, program\_b, program\_c において、各プロセスのプログラム処理を行う。

### 3. 1. 2 終了処理

ここでは、program\_c のプロセスが終了する場合を例にあげるが、marionette を含む他のプロセスが終了する場合においても同様の処理が行われる。

#### 1. program\_c の終了手続き

A, B, C 全ての共有メモリにおいて、0 番目のデータが終了フラグ, 1 番目のデータが終了要求フラグとなっている。そのため、program\_c が終了する際、C の終了フラグを 1 にセットした後、全ての共有メモリをデタッチする (図 12)。

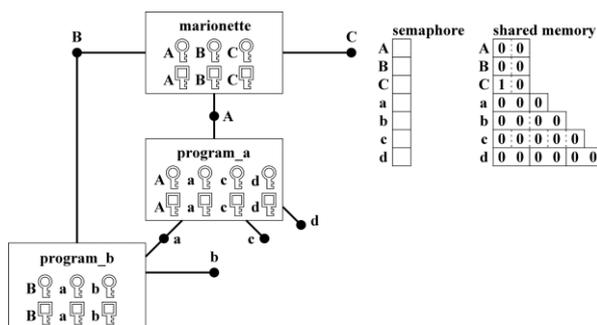


図 12 program\_c の終了処理

#### 2. marionette からの終了要求

marionette において、終了フラグから program\_c が終了したことを検知すると、終了要求フラグを全て 1 にすることで、全てのプロセスの終了を促す (図 13)。

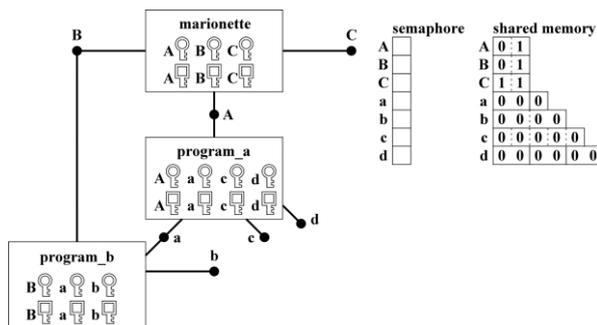


図 13 marionette からの終了要求

#### 3. program\_a, program\_b の終了手続き

marionette からの終了要求を受けた program\_a と program\_b は、program\_c と同様に終了フラグを 1 にセットし、共有メモリをデタッチし (図 14)、プロセスを終了させる。

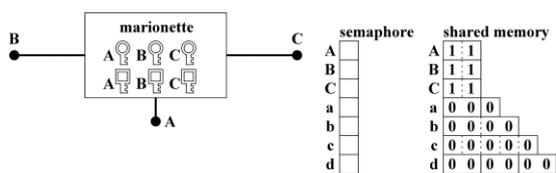


図 14 program\_a と program\_b の終了処理

#### 4. marionette の終了手続き

全ての終了フラグが 1 にセットされたことを確認して、marionette は共有メモリをデタッチし、セマフォを含んだ全てのメモリを開放するとともに、プロセスを終了させる。これらの仕組みにより、marionette では全てのプロセスが同期して、開始・終了の処理を行うことができる。

### 3. 2 一般化

ソースコードの一般化に伴い以下の 4 つの作業を行った。これは、marionette の汎用性を高めるとともに、ユーザが marionette を熟知する必要性をなくすためである。

- ① marionette 部分のソースコード抽出
- ② セマフォの配列部分の切り離し
- ③ ソースコードの関数化
- ④ マクロによるソースコードの隠蔽化

#### 3. 2. 1 marionette 部分のソースコード抽出

最初の処理として、元のソースコードから、marionette 部分のソースコードを抽出する作業を行った。その際、元のソースコードと一体化している部分については新たにソースコードの書き換えを行った。

#### 3. 2. 2 セマフォの配列部分の切り離し

一般化前は、セマフォが配列で定義されていたため、図 11 の構造を例にあげると図 15 のような形を形成していたことになる。このため、セマフォのキーを全てのプロセスが持つこととなり、セマフォの配列番号の指定を間違えた場合、予期せぬ共有メモリをロックするという問題が生じた(図 16)。以前であれば、marionette を熟知したものがソースコードを記述していたため、このような問題は発生しなかったが、一般化するにあたっては配慮する必要がある。そこで、図 11 のように、それぞれのセマフォを切り離し、キーもそれぞれが独立する形を採用した。

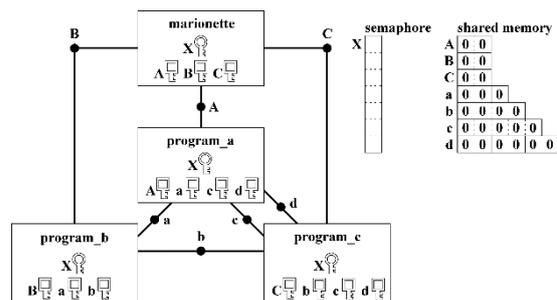


図 15 一般化前のセマフォ構造

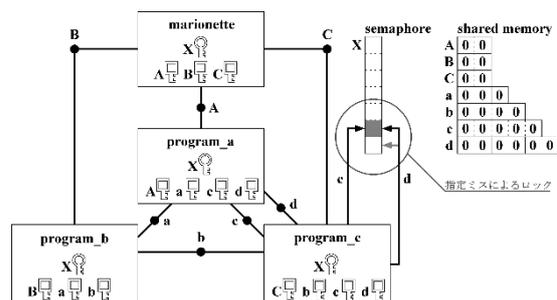


図 16 指定ミスによるロック問題

#### 3. 2. 3 ソースコードの関数化

marionette の関数部分をセマフォ・共有メモリを中心に見直し、改編を行った。

#### 3. 2. 4 マクロによるソースコードの隠蔽化

ユーザが marionette を意識することなく使用するために、ヘッダファイルを設けマクロを記載することでソースコードの隠蔽を行った。

1 つには、ユーザが使用する構造体と marionette が使用する共有メモリを共用体によって結びつけることで、ユーザは自分自身が定義した構造体のみを使用するだけでプログラムが組める形を取っている。そのため、ユーザが共有メモリ側を意識しないように、共用体を意味する部分を置換し、構造体の形に見えるように隠蔽している。2 つ目には、データの読み書きにおいて、マクロを使用することで、marionette の内部構造を意識させない形式を取っている。

さらに、main 関数においても、ユーザに marionette の内部構造を意識させないため、マクロを使用して隠蔽を行っている。なお、変数宣言部分については、変数の二重定義によるエラーを発生させないためにマクロによる隠蔽は行っていない。

## 4. 再構築された分散処理システム

ここでは、Python を用いて再構築した分散処理システムについて、C 言語を用いて一般化した分散処理システムとの違いについて述べる。

### 4. 1 C 言語との互換性

C 言語から Python へソースコードを移植する際に、Python に実装されていない定数と構造体について対応する必要がある。Python では、定数は変数名をすべて大文字で記載することで宣言することとなっているが、これは慣習的な表記であり、定数に値を再代入することができてしまう。そこで、定数宣言クラスを設け、オブジェクト名を辞書として登録することで、再代入した際に `ConstError` を発生させることで定数としての機能を持たせた。また、構造体については外部関数ライブラリである `ctypes` を用い、C 言語との互換性があるデータ型を使用して構造体を構築することで、動的リンク/共有ライブラリ内の関数呼び出しを可能とした。

### 4. 2 キーの廃止

C 言語のソースコードでは、キーを用いて各共有メモリへのアクセスを可能とした。しかし、Python ではキーの代わりとして、共有メモリ名によって共有メモリへのアクセスを可能としている。そのため、`marionette` が各プロセスにキーを受け渡す必要がなくなり、プログラムが簡素化するとともに、予め決めておいた共有メモリ名を各プロセス間で使用するだけになった。ただし、一元管理の観点から、`marionette` はすべての共有メモリ名を保有し、共有メモリの確保はすべて `marionette` が行うこととした。これにより、`marionette` 以外のプロセスに対して、共有メモリの機能制限（アタッチ/デタッチのみ）を持たせることが可能となり、保守性が保たれる。

### 4. 3 モジュール化

C 言語で記述されていた関数をすべてクラスにした上で、それらをまとめてモジュール化した。

### 4. 4 マクロの廃止

C 言語による制限により、クラスなどが利用できないため、マクロによってソースコードの隠蔽化を行っていた。しかし、Python ではモジュ

ール化が行えたため、モジュール自体がソースコードの隠蔽の役割を果たすこととなった。また、マクロによるソースコードの隠蔽自体が Python で行えないこともあり、移植に際してマクロによるソースコードの隠蔽は完全に廃止した。

## 5. 結 言

本論文では、C 言語を用いて一般化した分散処理システムに対して、Python による再構築について述べた。その中で、前者と後者の違いを述べるとともに、その利便性についても触れた。今後は、実際のシステムに組み込んでいく上で、以下の 2 つの課題を提示しておく。

### 接触型 3 次元位置計測器のデータ受信プログラムの構築

すでに別研究で開発した接触型 3 次元位置計測器のデータ受信プログラムを iPad から Windows PC に移植する予定である。その際に、`Marionette` を用いて、`Pythonista 3` から Python へとスムーズに移植できるか検証するとともに、`Marionette` の利便性を向上させる。

### 新型レスキューロボットの研究開発

現在開発を進めている船舶用の小型レスキューロボットに陸上用のレスキューロボットの制御プログラムを移植する予定である。従来の制御プログラムは、C 言語による `Marionette` を使用しており、Python による `Marionette` に移植する際に発生する問題を検討するためのテストケースとして使用する予定である。

## 謝辞

本研究は、「令和 5 年度校長裁量経費」の助成を受けて実施しており、謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 吉田 智章, 小柳 栄次, 入江 清, 原 祥堯, 岡田 佳都, 永谷 圭司: クローラ型移動ロボット `Kenaf` を使用した屋外自律走行システム, 第 8 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2007), 2007, pp.955-956.

- [2] 永谷 圭司, 岡田 佳都, 徳永 直木, 桐林 星河, 小柳 栄次, 吉田 智章, 油田 信一, 久武 経夫: 火山探索を目的としたクローラ型移動ロボット Kenaf による桜島での遠隔操作実験, 第 10 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2009), 2009, pp.1943-1946.
  
- [3] 石井 良典, 大坪 義一, 小林 滋, 小林 泰弘, 山本 祥弘, 梅田 栄, 海藻 敬之, 前田 弘文, 高森 年, 田所 諭: 閉鎖空間内探索ロボットのための遠隔操縦システムの開発, 第 11 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2010), 2010, pp.1238-1241.
  
- [4] 前田 弘文, 五百井 清, 大坪 義一, 小林 滋, 高森 年: レスキューロボットにおけるデバイス管理を容易にするためのミドルウェア開発, 日本機械学会講演論文集 No.115-1, 2011, p.123-124.
  
- [5] 前田 弘文, 小林 滋, 高森 年, レスキューロボットにおけるデバイス管理を容易にするためのシステム開発, 弓削商船高等専門学校紀要第 34 号, 2012, pp.48-153.

# 学生主事室における DX 推進

## — 学生支援システムの開発 —

峯脇 さやか\*, 前田 弘文\*, 本間 孝拓\*\*,  
池田 真吾\*\*\*, 村上 知弘\*\*\*

### DX Promotion in Student Affairs

Development of Online Application System  
to Improve Operational Efficiency of the Student Affairs Office

Sayaka Minewaki\*, Hirofumi Maeda\*, Takahiro Honma\*\*,  
Shingo Ikeda\*\*\*, Tomohiro Murakami\*\*\*

#### Abstract

DX (Digital Transformation) has been promoted in many scenes in recent years to improve operational efficiency. This paper describes DX promotion in Student Affairs. Students must use paper applications when apply to the Student Support Office for a student discount or permission for part-time job, etc. This traditional approach is one of the causes of the overload of work in the Student Affairs Office. To improve operational efficiency of the Student Affairs Office, we develop in the Online Application System. This online application system will be developed as a team with divided roles which include team leader, changing operations for the better, system development, etc. Currently, paper applications for bicycle registration, student discount application, and part-time job application have been discontinued, and students are using the online application system. Users have no problems using the system, and the system has been well received for its ease of use.

#### 1. はじめに

##### 1. 1 DXに関する動向

近年、あらゆる産業において DX (Digital Transformation) 推進が加速している。DX という言葉は、エリック・ストルターマン氏が 2004 年に提唱した概念である。日本では、2018 年 12 月に経済産業省が通称「DX レポート」を発表したことをきっかけに DX という言葉が一般に普及することになった。

経済産業省では、情報化・情報産業に関する主要施策の 1 つとして企業の DX 推進を掲げ、様々な施策を展開している[1]。2019 年 7 月には、DX 推進において重要な観点をまとめた『「DX 推進指標」とそのガイドダンス』を発行した。2020 年には、2015 年から選定してきた『攻めの IT 経営銘柄』を『DX 銘柄』へと名称変更し、企業選定の焦点を DX に当てた。2020 年 11

月には、『情報処理の促進に関する法律』に基づき、DX 推進において優良な取り組みを行う事業者認定する『DX 認定制度』を開始した。

文部科学省でも教育 DX を推進している[2]。『教育 DX』の定義について、文部科学省では明確な定義を示していないが、多くの Web サイトでは、「デジタル技術を活用することで、教育の手法や手段、教職員の業務などを革新させることにより、時代に対応した教育を確立すること」と説明している。すなわち、教育 DX とは、デジタル技術を活用した教育モデルの改革である。小学校、中学校、高等学校の分野では、(1) 教育データの意味や定義を揃える「標準化」(ルール)、(2) 基盤的ツール (MEXCBT, EduSurvey) の整備 (ツール)、(3) 教育データの分析・利活用の推進や、教育データ利活用にあたり自治体等が留意すべき点の整理 (利活用)、の 3 本柱で取り組みを進めている。スポー

\*情報工学科

\*\*総合教育科

\*\*\*商船学科

ツの分野(スポーツ庁)では、DXを導入することで、様々なスポーツに関する知見や機会を国民・社会に広く提供することを可能とし、スポーツを「する」「みる」「ささえる」の実効性を高めることを政策目標とし、様々な取り組みを進めている。高等教育の分野では、データサイエンスやAIなどを扱える人材の育成をテーマにDXの推進を図っている。2021年には「デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業DXをけん引する高度専門人材育成事業」[3]を公募し、高専7校が採択された。

高専機構では、2020年度から進めている「Society 5.0型未来技術人材」育成事業のCOMPASS 5.0(次世代基盤技術教育のカリキュラム化)において、DX時代に向け、AI・数理データサイエンス、サイバーセキュリティ、ロボット、IoT、半導体という分野を高専教育に組み込むことで、新たな時代の人材育成機関としての高度化を図っている[4]。高専機構は、2023年3月にさくらインターネットとDXの推進およびデジタル分野の人材育成と教育に関する包括連携協定を締結した。文献[3]で採択されたもの以外でも、自治体や企業と連携してDX人材を育成する取り組み事例がある[5][6]。さらに、出前授業でDXに関する講義を実施している高専もあり、各高専がDX推進に関する多種多様な取り組みを行っている。

文献[7]では、DXの取り組みテーマは、「攻めのDX」と「守りのDX」に分類されるとしている。「攻めのDX」は、顧客を中心としたステークホルダーや自社だけでなくエコシステムをも巻き込むテーマである。一方、「守りのDX」は、自社でコントロールできる改革的なテーマである。DXに関する大部分の説明では、DXと「デジタル化」は異なるものであるとしている。デジタル化は、業務効率化を目的に既存のシステムをデジタル技術に置き換えることで、DXの手段であるからである。しかし、文献[7]では「守りのDX」に業務処理の効率化・省力化が含まれており、業務効率化のためのデジタル化は広義でのDXと解釈することができる。

## 1. 2 本校におけるDX化

本校では、10年以上前から業務効率化や教育手法の改革のためのDX化を行っている。教職員専用のものでは、教務システムがある。直近では、休暇簿の電子決裁化や授業時間割の自動作成ツールの導入といった取り組みが検討されている。学生向けのものには、教材管理や出欠管理で利用している教育管理システムMoodleがある。Moodleは、コロナ禍前から利用されていたが、コロナ禍を経て全教員が利用することになった。加えて、コロナ禍中には、オンライン授業のた

めにTeamsが導入され、現在は学生への連絡手段として利用されている。この他にも一部の教員が授業や進路指導のために自作のDXツールを開発し利用している。学寮では、2011年9月から運用を開始した「白砂寮 外泊・欠食システム」を現在でも利用している[8]。DXという言葉が一般に普及する以前から導入されており、当時としては先駆的な取り組みで、複数の高専から視察を受けたこともある。導入から10年以上経た現在でも問題なく運用されており、寮生に関わる学寮業務に関して業務効率化に貢献している。

学生支援係は、全学生の生活や経済面における指導・助言に関する事務業務を担っている。奨学金、授業料免除、緊急時の貸与等の精度に関する相談や受付、就職や進学等の進路指導を含めたキャリア教育に関する事務処理、クラブ活動やアルバイト等の課外活動に関する事務処理、学割証の発行、学生の厚生補導に関する事務処理等、その業務は多種多様である。業務時間中はひっきりなしに学生が様々な相談や問い合わせのため学生支援係を訪ねている。学生の相談や問い合わせには、各種申請手続きの書類の書き方に関する軽微な問い合わせから、奨学金の相談といった丁寧な対応が必要なものまで様々である。各種申請は、決められた書類に必要な事項を記入して提出するというやり方である。申請の種類によっては、保護者や担任の自署または押印が必要な場合がある。このような紙による従前のやり方では、事務職員をあてにして書類の書き方を教えてもらうという軽微な問い合わせをする学生が多く、このことは業務過多の原因の1つになっている。また、申請内容に不備があれば、学生を呼び出して修正箇所を指摘するという手間とさらなる事務処理の時間が発生する。学割申請の場合では、学生は事務処理の時間を考えることなく、明日から利用できる学割を発行してほしいなどの無理な依頼をする学生がおり、事務職員はこの対応に悩まされている。当然ながら、書類の受け取りから、提出して許可・発行されるまで多くの時間を要する。特に決裁が必要な申請については、さらに多くの時間を要してしまう。学生の無理な依頼を聞き届けることは、さらなる業務負担になる。このような状況下では、申請書類を種類応じて分類する十分な時間が確保できず、非効率な事務処理に加え、申請書類の紛失というリスクも想定される。DX化は学生支援係の業務処理の効率化・省力化を実現するだけでなく、スピーディーな手続きは学生にとって学生生活満足度向上に貢献すると考える。

本研究では、学生主事室として学生支援係における学生の申請手続きをDX化し、学生支援係の業務効率化・省力化と書類紛失のリスク回避、さらに、学生の学生生活満足度向上を試みる。DX化実現に必要な主

表1 「学生支援システム」の開発における役割分担

| 役割                  | 担当  |
|---------------------|---|
| リーダー (統括)           | 村上 知弘 教授 (学生主事)   |
| 規則改正を含む従前のやり方の見直し   | 前田 弘文 教授 (学生主事補)  |
| システムの開発, 簡易マニュアルの作成 | 峯脇 さやか 准教授 (学生主事補)                                      |
| 動作確認, フィードバック       | 池田 真吾 助教 (学生主事補)<br>本間 孝拓 助教 (学生主事補)<br>学生課長<br>学生支援係職員 |
| 学生への案内              | 学生支援係職員   |

表2 各種申請の従前のやり方

| 申請の種類                | 保護者の同意        | 担任の確認        | 添付書類   | 決裁 | 受理の証明         |
|----------------------|---------------|--------------|--|----|---------------|
| 自転車通学許可願             | 記名押印<br>または署名 | なし           | 自転車損害賠償保険等に加入していることが<br>確認できる書類の写し                         | なし |               |
| 自転車登録                | なし            | 自転車<br>チェック  | なし   | なし | ステッカー<br>発行   |
| 旅客運賃<br>学生割引証<br>発行願 | なし            | なし           | なし   | なし | 学割証発行         |
| アルバイト許可願             | 記名押印<br>または署名 | 押印           | なし   | あり | 許可書発行         |
| 車両運転免許取得願            | 自署            | 所見の記入,<br>自署 | なし   | あり | 許可日と<br>学生主事印 |
| 車両運転免許取得届            | なし            | なし           | なし   | なし | なし            |
| 単車通学許可願              | 自署            | 所見の記入,<br>自署 | 自賠償保険の写し及び任意保険に加入してい<br>ることが確認できる書類の写し, 略図, 無事<br>故・無違反証明書 | あり | ステッカー<br>発行   |

なタスクは、規則改正を含む従前のやり方の見直しとオンラインシステムの開発である。学生主事室と学生支援係では、表1のように役割を分担する。

以下、第2章では、規則改正を含む従前のやり方の見直しについて述べる。第3章では、学生支援システムの開発について述べる。第4章で学生支援システム導入における効果について評価し、第5章でまとめる。

## 2. 規則改正を含む従前のやり方の見直し

### 2.1 DX化するタスク

学生が学生支援係に申請するものは様々あるが、ひとまず次のものを優先的にDX化することとした。

- ① 自転車通学許可願
- ② 自転車登録
- ③ 旅客運賃学生割引証発行願

- ④ アルバイト許可願
- ⑤ 車両運転免許取得願
- ⑥ 車両運転免許取得届
- ⑦ 単車通学許可願

表2に上記の申請の従前のやり方をまとめる。申請書で学生本人による必要事項の記入以外に、保護者の同意を示す保護者氏名の自署や担任の押印等が必要なものがある。願出に関しては、一部を除き学生主事等の決裁が必要であり、決裁のやり方は許可願の書類を回覧し押印するというものである。決裁完了後の許可や受理の示すものは様々である。

### 2.2 DX化に伴い変更する内容

DX化において、上記のものを学生自身がオンラインで申請するよう設計する。その際の変更点は次の通りであり、適宜規則改正を行う。

- (a) 保護者のオンライン同意：  
保護者の記名押印または署名が必要なものについては、保護者がオンラインで同意できるようにする。
- (b) 担任の確認等の廃止：  
自転車チェック、所見の記入と自署、押印といった全ての作業を廃止する。なお、自転車チェックについては、学生のセルフチェックとする。
- (c) オンライン決裁：  
従前のやり方を廃止し、オンラインで決済できるようにする。
- (d) 学割申請に申請期限を設ける。さらに、学割を受け取れる日を毎週火曜日と金曜日に限定する。この変更により、いつ訪れるかわからない学生の対応と学生からの無理な依頼の受け付けの 2 つを防ぐことで、学生支援系の業務効率化を試みる。
- (e) 学割は JR 指定の用紙があり、従前では申請のあった内容について、事務職員が手作業で必要事項を記入していた。この作業を省力化するため、申請内容を指定の用紙に印刷できるように印刷用 PDF を自動生成する。
- (f) 車両運転免許取得願を廃止する。
- (g) 車両運転免許取得届がないと単車通学許可願を申請できないようにする。

### 3. 学生支援システムの開発

学生支援系における学生の申請手続きの DX 化に際し、オンライン申請システム「学生支援システム」(以下、本システム)を開発した。3.1 では、システム構成及び開発環境について述べ、3.2 では開発したコンテンツについて述べる。

#### 3. 1 システム構成

本システムの構成について述べる。本システムは、CGI で作成した Web システムである。サーバは、「白砂寮 外泊・欠食システム」で利用しているさくらサーバ (OS : FreeBSD 13.0-RELEASE-p13 amd64) の一部領域を利用した。バックエンドの開発には Python3 を利用し、フロントエンドの開発には HTML, CSS, JavaScript を利用した。なお、教職員が利用するコンテンツは PC 用表示のページのみを作成し、学生が利用するコンテンツは、PC 用表示とスマホ用表示の 2 種類を作成した。データベース (SQL 等) は利用していない。個人情報、ハッシュ化および暗号化している。なお、ハッシュ化アルゴリズムは SHA-3 (Keccak) [10]、暗号化アルゴリズムは AES[11]を採用した。どちらも現在ではもっとも信頼性の高いアルゴリズムである。

#### 3. 2 ユーザアカウントデータ

本システムを利用するユーザには次の情報を登録している。

- ユーザ ID (本校利用のものと同じ)
- ハッシュ化したパスワード情報
- ユーザグループ
  - staff : 学生主事室, 学生支援係関係者
  - teacher : 教員
  - student : 学生
- 氏名, ふりがな
- 性別
- クラス (教員の場合は担当クラス)
- 出席番号 (教職員の場合は通し番号)
- 所属クラブ (教員の場合は担当クラブ)
- メールアドレス (本校利用のものと同じ)
  - 教職員 : @yuge.ac.jp ドメイン
  - 学生 : @yuge.kosen-ac.jp ドメイン
- 生年月日 (学生のみ)

本システムでは、登録されているユーザグループによって、利用できるコンテンツを制限している。

#### 3. 3 本システムのコンテンツ

第 2 章に従い、次のコンテンツの開発に取り組む。

- (1) 自転車登録
- (2) クラブ部員登録
- (3) 学割申請
- (4) アルバイト申請
- (5) 車両運転免許取得届 (※)
- (6) 単車通学許可願 (※)
- (7) 個人アカウント編集
- (8) ワンタイムパスワード発行

ここで、(5)車両運転免許取得届および(6)単車通学許可願は現在開発中である。以下、(5)(6)以外の各コンテンツについて述べる。

##### 3. 3. 1 自転車登録

学生が自転車通学を希望する際に利用する。2.1 で示した①自転車通学許可願と②自転車登録を統合したものである。

student グループのコンテンツは自転車登録のみである。従前の自転車通学許可願と同等の内容を入力できるように開発した。添付書類の自転車損害賠償保険等に加入していることが確認できる書類の写しについては、学生がスマホ等で撮影した写真をアップロードするやり方とした。従前の自転車登録の際に担任が行っていた自転車チェックは学生がセルフチェックし、整備状況を入力するよう開発した。自転車登録ページ

(スマホ用)を図 1 に示す。全ての項目の入力が完了しないと申請できない仕組みである。入力の中で一時保存する機能を設けた。全ての入力が完了し、「申請する」ボタンを押すと、学生、保護者、担任の 3 者に申請完了の通知メールが送信される。図 2 に示す保護者用のメールメッセージには、同意確認用の URL が記載されている。この URL にアクセスすると、学生が入力した申請内容が表示される。申請内容を確認した上で保護者が自分のメールアドレスを入力し、「同意する」ボタンを押すことで保護者の同意が完了し、同意作業完了の通知メールが先述の 3 者に送信される。

保護者の同意が得られたら、学生支援係はステッカーの準備等の事務処理を開始する。全ての事務処理が完了したら、自転車通学が許可された旨の通知メールが同様の 3 者に送信される。メールメッセージには、ステッカーとヘルメットを学生支援係に取りに来るよう記載している。

staff グループのコンテンツは、自転車登録一覧の表示機能のみである。サブ機能として、事務処理の進行状況の保存、許可通知メールの送信、一覧表の Excel 出力を開発した。

teacher グループのコンテンツも、自転車登録一覧の表示機能のみであるが、staff グループと異なり、サブ機能はない。

### 3. 3. 2 クラブ部員登録

staff グループは、全クラブの顧問と部員を登録・削除できるコンテンツである。年度当初に提出される部員登録名簿をオンライン化した。また、全クラブの顧問と部員の一覧を Excel 出力する機能を開発した。なお Excel の内容には各学生が寮生かどうかも入力されている。teacher グループは、担当クラブのみ顧問と部員を登録・削除できるようにしている。なお、student グループは利用できないコンテンツである。

### 3. 3. 3 学割申請

student グループのコンテンツは、学割の申請と過去の申請履歴の一覧表示である。従前の旅客運賃学生割引証発行願と同等の内容を入力でできるように開発した。申請完了には通知メールが学生本人に送信される。

staff グループのコンテンツは、学割申請一覧の表示機能のみである。サブ機能として、事務処理の進行状況の保存、許可通知メールの送信、一覧表の Excel 出力、学割証印刷用 PDF 出力がある。図 5 に JR 指定の学割証、自動生成した PDF、印刷後の学割証を示す。なお、学生支援システムのトップメニュー画面に新しい学割申請の件数を表示させるようにしており、申請

一覧のページで新しい申請を確認する手間を防いでいる。

teacher グループのコンテンツも、学割申請一覧の表示機能のみであるが、staff グループと異なり、サブ機能はない。

### 3. 3. 4 アルバイト申請

student グループのコンテンツは、アルバイト許可願の申請と過去の申請履歴の一覧表示である。従前のアルバイト許可願と同等の内容を入力でできるように開発した。本校では低学年のアルバイトの許可は長期休業 (GW を含む) としているため、この期間以外は申請できないようにした。ただし、諸事情により授業期間のアルバイトの許可を受けたい場合は、直接学生主事に申し出て許可されれば、申請できるようにしている。全ての項目の入力が完了しないと申請できない仕組みである。全ての入力と確認が完了し、「申請する」ボタンを押すと、学生と保護者に申請完了の通知メールが送信される。担任には通知メールは送信されない。保護者の同意確認作業は 3.3.1 と同様である。同意作業完了の通知メールも学生と保護者に送信され、担任には送信されない。

staff グループのコンテンツは、決裁、申請一覧表示の 2 つである。決裁は、保護者の同意がある申請のみ決裁できるようにしている。決裁ができる決裁者は、学生主事、学生課長、課長補佐、学生支援係長、学生支援係員の 5 者である。決裁者以外のユーザは、決裁はできないが、申請を確認することができる。3.3.3 と同様にトップメニュー画面に決裁が必要な件数が表示される。図 3 に決裁の件数が表示されたメニューページ、図 4 に決裁ページを示す。なお、申請の却下は、決裁一覧で処理できる。決裁者全員の決裁が完了すると、学生と保護者にアルバイトが許可された旨の通知メールが送信される。同時に、アルバイト許可書 (PDF) が自動生成される。申請一覧表示では、許可書未発行の申請と許可書発行済みが別の表で表示される。サブ機能として、一覧表の Excel 出力を開発した。

学生主事に限定されたコンテンツに、申請可能な学生の設定がある。低学年学生で諸事情により授業期間のアルバイトの許可を申し出た場合、学生主事は許可するかどうかを決定し、その学生が申請できるように設定する機能である。

staff グループのコンテンツは、申請一覧の表示機能のみである。サブ機能はない。

弓削商船高専 学生支援システム  
(スマホ用)

ようこそ S001 テストS001 (s00001) さ  
ん  
現在時刻  
2023/4/3(月) 16:30:04

自転車登録  
新規登録

新規作成します。全て項目を入力してください。

自転車通学許可願  
クラス  
S0

氏名  
テストS001

保護者氏名

学生区分

主な自転車利用区間  
(登下校の際に主に駐輪する場所)

自転車のメーカー、商品名

自転車の色

車体番号(フレームNo.)

防犯登録番号

自転車損害賠償保険  
加入証明書の写し

アップロードされているファイル  
なし

ファイルを選択  
ファイルが未選択です

自転車チェック

タイヤ

ライト

スタンド

鍵

鍵の個数  
なし 1つ 2つ以上

ブレーキ

ヘルメット

ベル

雨合羽・レインコート

一時保存する RESET

まだ登録完了ではありません。

上記の内容を申請する場合は、保護者のメールアドレスを入力し、「この内容を保存して申請する」をクリックしてください。学生本人と保護者にこの内容に関するメールが送信されます。



(a) ページ上部 (b) ページ下部

図1 自転車登録ページ (スマホ用)

図2 保護者用通知メール



図3 staffグループのメニューページ

## 学生主事室における DX 推進 — 学生支援システムの開発 —

アルバイト関連  
決裁

許可する申請は、✓がONになっています。許可しない場合は、✓をOFFしてください。  
○：決裁完了  
※：決裁待ち  
※保護者の同意がない場合は、✓は表示されません（決裁できません）。

| クラス | 出席番号 | 氏名    | 申請日時                 | 申請内容   |         |                     |                                   | 保護者の同意 | 決裁   |       |      |    |    |                               |
|-----|------|-------|----------------------|--|---------|---------------------|-----------------------------------|--------|------|-------|------|----|----|-------------------------------|
|     |      |       |                      | 事業主情報<br>(会社名・店舗名等、所在地、電話番号)                   | 業務内容    | 勤務時間                | アルバイト期間                           |        | 学生主事 | 学生課長  | 課長補佐 | 係長 | 係員 | 申請却下                          |
| I3  | 18   | 塚本 一輝 | 2023/8/4(金) 21:35:39 | すき家 2店舗山南本店<br>広島県福山市南本庄二丁目7-4<br>0120-498-007 | 接客、掃除など | 07:00<br>—<br>11:00 | 2023/8/11(金)<br>—<br>2023/9/20(水) | あり     | ○    | ✓許可する |      | ○  | ○  | <input type="checkbox"/> 却下する |
| M4  | 28   | 火田 凌輔 | 2023/8/6(日) 21:22:46 | REED WORKS (有)<br>広島県世帯部世帯本部715<br>0847222388  | 車の整備    | 10:00<br>—<br>18:00 | 2023/8/10(木)<br>—<br>2023/9/22(金) | あり     | ○    | ✓許可する |      | ○  | ○  | <input type="checkbox"/> 却下する |

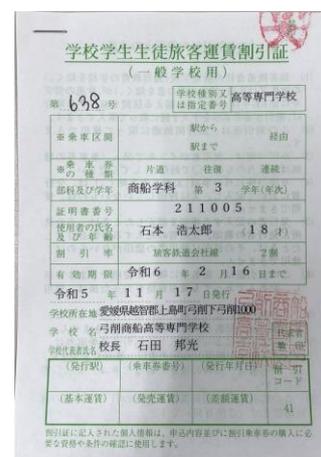
図4 アルバイト申請の決裁ページ



(a) JR 指定の学割証



(b) 学割証印刷用 PDF



(c) 印刷した学割証

図5 学割証の印刷

### 3. 3. 5 個人アカウント編集

全ユーザが自分のパスワードと所属クラブを編集できる機能である。

### 3. 3. 6 ワンタイムパスワード発行

発行から 30 分以内にだけ利用できるパスワードを発行する。発行したパスワードは、3.2 で示したメールアドレスに送信される。本システムでは初期パスワードを発行していない。従って、パスワードを忘れたときだけでなく、はじめて本システムを利用する場合にもこの機能を利用する。

## 4. 学生支援システム導入における効果

本システムは 2023 年 4 月から運用を開始した。3.3 で述べたコンテンツを少しずつ開発し、導入していった。学生への案内は学生支援係職員が Teams で通知した。

本システム導入による DX 化の効果について考察する。従前の紙による申請やり方では、事務職員をあて

にした軽微な問い合わせをする学生や無理な依頼をする学生は多かった。そのような学生の対応は学生支援係の業務過多の原因の 1 つであったが、本システム導入により対応をしなくてよくなった。少なくとも、問い合わせがあった場合でも、学生支援係事務職員の対応は、本システムに関する掲示を確認して自分で申請するよう指導するのみでよい。

学割申請については、申請期限と学割受取日を設定することで、効率的に業務の遂行が実現できている。さらに、従前では事務職員が手作業で学割の指定用紙に必要事項を記入していたが、申請内容を指定の用紙に印刷できる学割証印刷用 PDF により、業務の省力化に貢献できている。大学等で設置されている学割証発行機の導入には、数百万円以上の費用を要する。本システム導入による学割発行に関する事務処理には印刷処理等の多少の手作業が必要ではあるが、導入費用を鑑みると十分な費用対効果が得られている。以上により、本システムは学生支援係の業務効率化・省力化に貢献していると言える。

利用している学生からは、便利になったとの好評が

得られている。また、本システムは問題なく利用でき、使い勝手について満足しているとの評価も得られている。本システムは「白砂寮 外泊・欠食システム」と似た UI デザインである。本校学生の約4分の3が寮生であり、寮生は日常的に「白砂寮 外泊・欠食システム」を利用している。このことも好評の要因の1つであると考えられる。以上より、学生生活満足度向上に貢献しているといえる。

## 5. まとめ

本稿では学生主事室における DX 推進の取り組み事例として、学生支援系のオンライン申請システム「学生支援システム」について述べた。学生支援系の各種申請について DX 化する優先順を検討し、規則改正を含む従前のやり方の見直しを行ってから開発に取り組んだ。2023年4月から本システムを導入し、開発完了したコンテンツ順次運用を開始している。本システムは使い勝手がよく利用者からは好評である。この取り組みは、学生支援系の業務効率化・省力化と書類紛失のリスク回避、さらに、学生の学生生活満足度向上に貢献できている。

今後は、優先的に DX 化する申請のうち、まだ完成していない車両運転免許取得届、単車通学許可願の開発に取り組む。さらに、対外試合申請書・報告書、合宿許可願等の DX 化も検討しており、学生が学生支援係に申請するものを全て DX 化することを目指す。

## 参考文献

- [1] 産業界のデジタルトランスフォーメーション (DX) (METI/経済産業省), [https://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/dx/dx.html](https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/dx/dx.html), 2023/11/15 参照
- [2] 教育 DX (デジタルトランスフォーメーション) の推進について: 文部科学省, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/data\\_00008.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/data_00008.htm), 2023/11/15 参照
- [3] デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業 DX をけん引する高度専門人材育成事業: 文部科学省, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/sankan\\_gaku/1413155\\_00013.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/sankan_gaku/1413155_00013.htm), 2023/11/15 参照
- [4] 高専発! 「Society 5.0 型未来技術人財」育成事業 (GEAR 5.0/COMPASS 5.0), <https://www.kosen-k.go.jp/about/profile/gear5.0-compass5.0.html>, 2023/11/15 参照
- [5] 石川高専、コマツ、クオリカ DX 人材育成の協力関係構築に関する協定を締結 | #石川高専 —News & Topics | 石川工業高等専門学校, <https://www.ishikawa-nct.ac.jp/blg/2023/03/22/1030>, 2023/11/15 参照
- [6] 「DX リカレント講座」受講生募集 - 松江工業高等専門学校, <https://www.matsue-ct.jp/news/> 「dx リカレント講座」受講生募集-3/, 2023/11/15 参照
- [7] 「日本企業のデジタル化への取り組みに関するアンケート調査」結果速報～日本企業の DX への取り組み実態、成功企業の特徴について～ | NTT データ経営研究所, <https://www.nttdata-strategy.com/newsrelease/190820.html>, 2023/11/15 参照
- [8] 峯脇 さやか, “弓削商船高専白砂寮における外泊・欠食システムの開発と運用”, 論文集「高専教育」第38号, pp.673-678, 2015.
- [9] デジタル・トランスフォーメーション推進人材の機能と役割のあり方に関する調査～報告書本編～, <https://www.ipa.go.jp/jinzai/chousa/qv6pgp000000buyg-att/000073700.pdf>, 2023/11/16 参照
- [10] NIST (National Institute of Standards and Technology), SHA-3 Standard: Permutation-Based Hash and Extendable-Output Functions
- [11] NIST (National Institute of Standards and Technology), Advanced Encryption Standard (AES)

# ノイズバイアス補正法による夜間画像のノイズ低減

峯脇 さやか\*, 村上 しずく\*\*

## Noise Reduction in Night Scene Images Using Noise Bias Compensation

Sayaka Minewaki\*, Shizuku Murakami\*\*

### Abstract

When shooting night scene images, a brighter image can be taken by increasing the ISO sensitivity. However, there is a problem that noise is amplified by brightness adjustment in a digital camera. There are two components of noise amplified by brightness adjustment: noise bias (= noise with a non-zero mean value) and amplification of noise variance. Our research group is studying the Noise Bias Compensation (NBC), which is a new approach to noise reduction corresponding to noise bias. In previous NBC, it is assumed that all pixel values in an image that has no noise (= clean image) are included in the overhead information. In this study, a new approach to NBC that does not rely on overhead is studied. We propose an approach that substitutes a dark image taken at low sensitivity as a clean image to reduce noise due to NBC in nighttime images taken at high sensitivity. As a result of experiments, effectiveness of the proposed method is confirmed.

### 1. はじめに

画像技術はコンピュータとともに発展した技術であり、産業、医療、オフィス、セキュリティ、ロボットなど多岐にわたるシーンに欠かせない技術である。画像技術には、ノイズ低減、鮮鋭化、エッジ抽出、二値化、減色処理、輝度調整（トーンマッピング）、データ圧縮（符号化）、画像認識、画像計測、物体検出、HDR画像処理、3次元画像処理といった技術があり、最近では高性能な処理結果を得るためにAIを導入することがトレンドである。特に近年ではAIによる画像認識、画像分類、物体検出、画像生成等の技術が急速に進歩している。

ノイズ低減技術（ノイズ除去、平滑化）は古くから存在する画像処理技術であり、現在でもノイズ除去性能の高いノイズ低減法が様々報告されている。NLMフィルタ[1]、BM3D[2]は、高性能なノイズ低減技術としてよく知られている。近年ではディープラーニングを導入したアプローチの報告が盛んである。ノイズ低減技術は、エッジ検出等の特徴抽出の前処理としても利用されている。既存のノイズ低減技術において、除去するノイズのモデルは、平均がゼロ値、左右対称、独

立同分布であることを仮定しており、ガウスノイズを想定して開発している研究がほとんどである。

画像技術の発展とともに、画像を取得するデジタルカメラも高性能化している。デジタルカメラの主な撮像素子（イメージセンサー）には、CCDとCMOSがあり、この2つの仕組みは同じである。図1にCCDカメラの画像化プロセスを示す[3][4]。光は被写体に当たり、レンズ、CCD素子を通して電気信号に変換され、デモザイク処理、ホワイトバランス処理、ガンマ補正といった画像処理を行った後、AD変換されてデジタル画像として保存される。画像化プロセスにおいて、固定パターンノイズ、暗電流ノイズ、ショットノイズ、読み出しノイズ、量子化ノイズが混入される。ガンマ補正とは、明るさ補正でよく利用される輝度調整処理の1つである。デジカメに取り込まれた光だけでは、人間にとっては暗く何が映っているかわからないため、ガンマ補正が行われ、明るい写真が生成される。

夜間の様子をデジカメで撮影する場合、ISO感度を高い値に設定することによって明るい写真を撮影することができるが、ノイズだらけになってしまう。これは、デジカメ内で重畳されたノイズがガンマ補正によって増幅されてしまうからである。増幅分のノイズは、

\*情報工学科

\*\*専攻科生産システム工学専攻

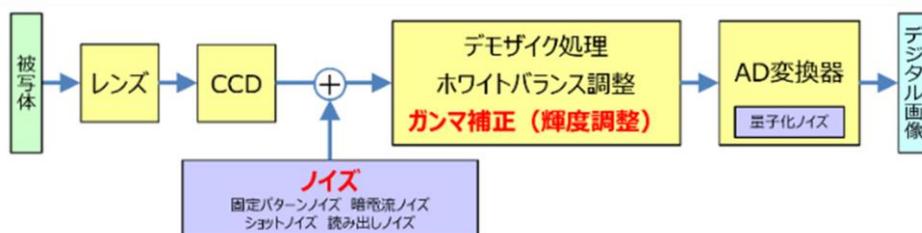


図1 CCDカメラの画像化プロセス[3][4]

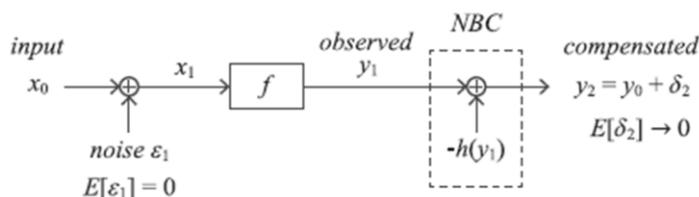


図2 ノイズバイアス補正の流れ[5][6]

①ノイズバイアス（ノイズの平均が非ゼロ値）と②ノイズの分散の増幅の2つで構成されている。広く利用されているノイズ低減手法は、②は対応しているが、ノイズのモデルを平均がゼロ値と仮定しているため、①には対応していない。ノイズバイアス補正法（NBC ; Noise Bias Compensation）[5][6]は、①に対応した類例のない特殊なノイズ低減手法であり、輝度調整に伴うノイズの低減に効果がある。NBCは、ノイズ低減の対象である観測画像から理想的な出力画像を復元するために、観測された画素値からバイアスの発生量（補正值）を減算する。NBCを行うためには観測画像と、ノイズの乗っていないクリーン画像が必要である。文献[5][6]では、補正值の計算に必要なクリーン画像の情報は、オーバーヘッド情報に含まれていることを前提としている。

本研究ではオーバーヘッド情報に頼らずに、NBCの補正值を計算する方法を提案する。提案法では、クリーン画像の代用として、同じ画角で撮影した低感度の写真を用いる。先述の通り、デジカメ内の輝度調整（ガンマ補正）によってノイズは増幅するが、低感度の場合、高感度と比較すると、ノイズの荒さは気にならないので、十分代用可能であると予想する。さらに、NBCの効果が最も得られるクリーン画像についても調査する。

以下、第2章では、ノイズバイアス補正法について述べる。第3章では、提案法について述べる。提案法の有効性を示すため、第4章で実験結果を示す。最後に第5章でまとめる。

## 2. ノイズバイアス補正法

ノイズバイアス補正法（NBC ; Noise Bias Compensation）[5][6]は、輝度調整によって増幅されたノイズのうち、ノイズバイアス（ノイズの平均が非ゼロ値）に着目したノイズ低減アプローチである。観測画像から理想的な出力画像を復元するために、観測された画素値からバイアスの発生量（補正值）を減算する。NBCは次式で定義される。

$$y_2 = y_1 - h(y_1) \tag{1}$$

ここで、 $y_1$ ,  $y_2$ は、それぞれ、観測画像の画素値、ノイズバイアス補正後の画像の画素値である。また、 $h(y_1)$ は、補正值を算出する補正関数である。図2にノイズバイアス補正の流れを示す。

補正関数は次式で定義される。バイアスの発生量を補正值とし、補正值を算出する関数として補正関数を次式で定義する。

$$h(y_1) = \frac{\sum_{x_0} P(x_0, y_1) \cdot \{y_1 - f(x_0)\}}{\sum_{x_0} P(x_0, y_1)} \tag{2}$$

ここで、 $x_0$ は、クリーン画像の画素値である。また、 $f(x_0)$ は輝度調整関数であり、本研究では次式に示すガンマ関数である。

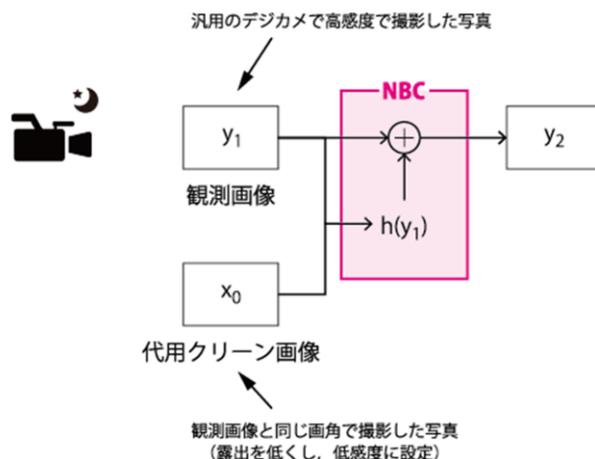


図3 提案法

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ Y_{MAX} \cdot \left(\frac{x}{X_{MAX}}\right)^{1/\gamma} & x \in [0, X_{MAX}] \\ Y_{MAX} & x > X_{MAX} \end{cases} \quad (3)$$

### 3. 提案法

文献[5][6]におけるNBCでは、式(2)に示す補正関数において、クリーン画像の画素値 $x_0$ はオーバーヘッド情報に含まれていることを前提としている。しかし、実際にはクリーン画像は存在しない。

そこで本研究では、高感度で撮影した夜間の写真(=観測画像)と同じ画角で撮影した低感度の写真をクリーン画像の代用として補正値の計算に用いる。なお、観測画像と代用クリーン画像の露出設定は同じではない。提案法の処理の流れを図3に示す。

### 4. 実験結果・考察

ノイズ低減効果の客観的な評価尺度としてPSNR (Peak Signal to Noise Ratio) やSSIM (Structural Similarity) が広く採用されている。対象画像と真値との差が小さければ、PSNRやSSIMは高い値になる。すなわち、真値を用いる評価尺度である。本研究では真値は存在しないため、真値を必要としない画像の評価法の1つであるTMQI (Tone Mapped image Quality Index) [7]を用いてノイズ低減効果を調査する。

TMQIは、HDR画像からトーンマッピングされた画像の品質を評価するための尺度であり、構造的忠実度 (Structural Fidelity) と統計的自然度 (Statistical Naturalness) の2つの項目で構成されている。構造

的忠実度には真値が必要であるが、統計的自然度は真値を必要としない。トーンマッピングと写真撮影の過程は類似しているため、カメラによって撮影された画像の品質を評価する目的でもTMQIは有用な評価指標である。TMQIの値は次式で定義される。

$$Q = aS^\alpha + (1 - a)N^\beta \quad (4)$$

ここで、 $S$ は構造的忠実度で、 $N$ は統計的自然度である。 $\alpha$ 、 $\beta$ はそれぞれ、 $S$ 、 $N$ の感度である。 $a$ は、 $S$ と $N$ の相対的な重要度で値の範囲は $a \in [0, 1]$ である。本研究では真値が存在しないため、 $a = 0$ とし、統計的自然度のみをTMQIの値とする。なお、 $Q$ の値の範囲は $Q \in [0, 1]$ である。

図4、図5に、それぞれ、観測画像、代用クリーン画像を示す。表1は観測画像および代用クリーン画像の撮影時の設定である。提案法において、NBCの効果が最も得られるクリーン画像について調査するため、数種類の代用クリーン画像を準備した。

図6は、観測画像および提案法における補正後の画像である。主観的には全て図4の観測画像に比べてノイズが低減されていることがわかる。

表2は、観測画像と提案法における補正後の画像のTMQIの比較である。表2より、 $Y2\_c \sim Y2\_h$ は、 $Y1$ より高いTMQIが得られた。

代用クリーン画像の画素値の平均に着目する。補正後の画像の明るさは、代用クリーン画像の画素値の平均に関係していると考えられる。平均が10未満の場合、提案法の効果が得られないことが明らかである。

## 5. まとめ

本研究ではオーバーヘッド情報に頼らずに、NBC の補正値を計算する方法を提案した。提案法では、クリーン画像の代用として、同じ画角で撮影した低感度の写真を用いる。実験の結果、提案法はノイズ低減効果があることが確認できた。すなわち、提案法は、高感度で撮影された写真のノイズ低減に有効である。今後の課題は大規模な実験による提案法の有効性の確認および、カラー画像での有効性の確認である。

## 参考文献

- [1] Buades, B. Coll, and J. Morel, "A non-local algorithm for image denoising," in Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 60-65, 2005.
- [2] K. Dabov, A. Foi, V. Katkovnik, and K. Egiazarian, "Image denoising by sparse 3D transform-domain collaborative filtering," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 16, no. 8, pp. 2080-2095, 2007.
- [3] G.E. Healey, R. Kondepudy, "Radiometric CCD camera calibration and noise estimation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 16, Issue. 3, 1994.
- [4] Y. Tsin, V. Ramesh, T. Kanade, "Statistical calibration of CCD imaging process," In Proc. IEEE International Conference on Computer Vision. ICCV 2001, pp. 480-487, 2001.
- [5] S. Minewaki, T. Yoshida, Y. Takei, M. Iwahashi, H. Kiya, "Noise bias compensation for tone mapped noisy image using prior knowledge," APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, vol.8, pp. 1-11, 2019.
- [6] S. Minewaki, Y. Umeki, R. Harakawa, M. Iwahashi, "Noise Bias Compensation for Color Images after Tone Mapping," ITE Trans. Media Technology and Applications (ITE MTA), vol. 9, no. 1, pp. 13-24, 2021.
- [7] H. Yeganeh and Z. Wang, "Objective quality assessment of tone mapped images," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 22, no. 2, pp. 657-667, 2013.



図4 観測画像

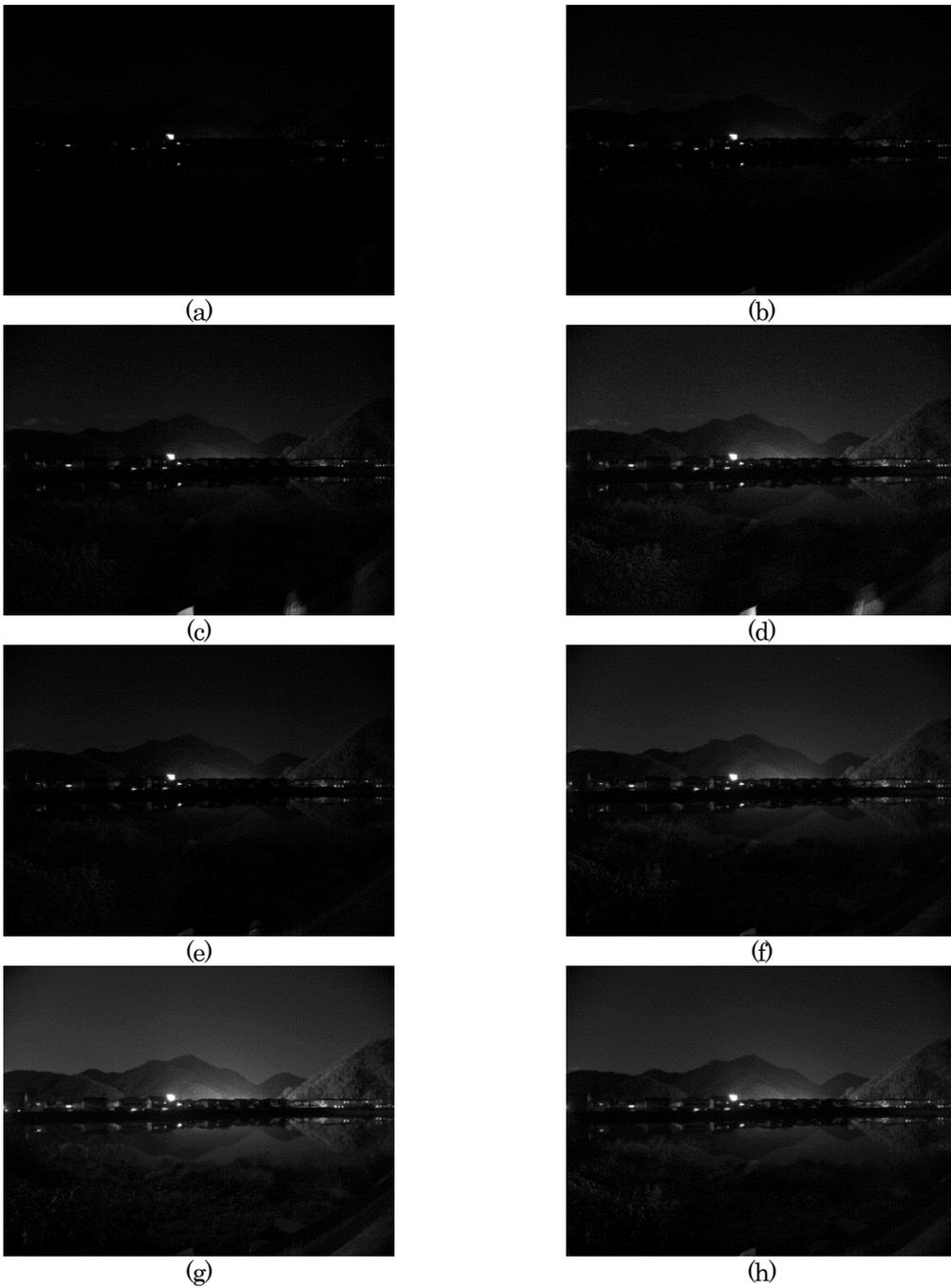


図5 代用クリーン画像

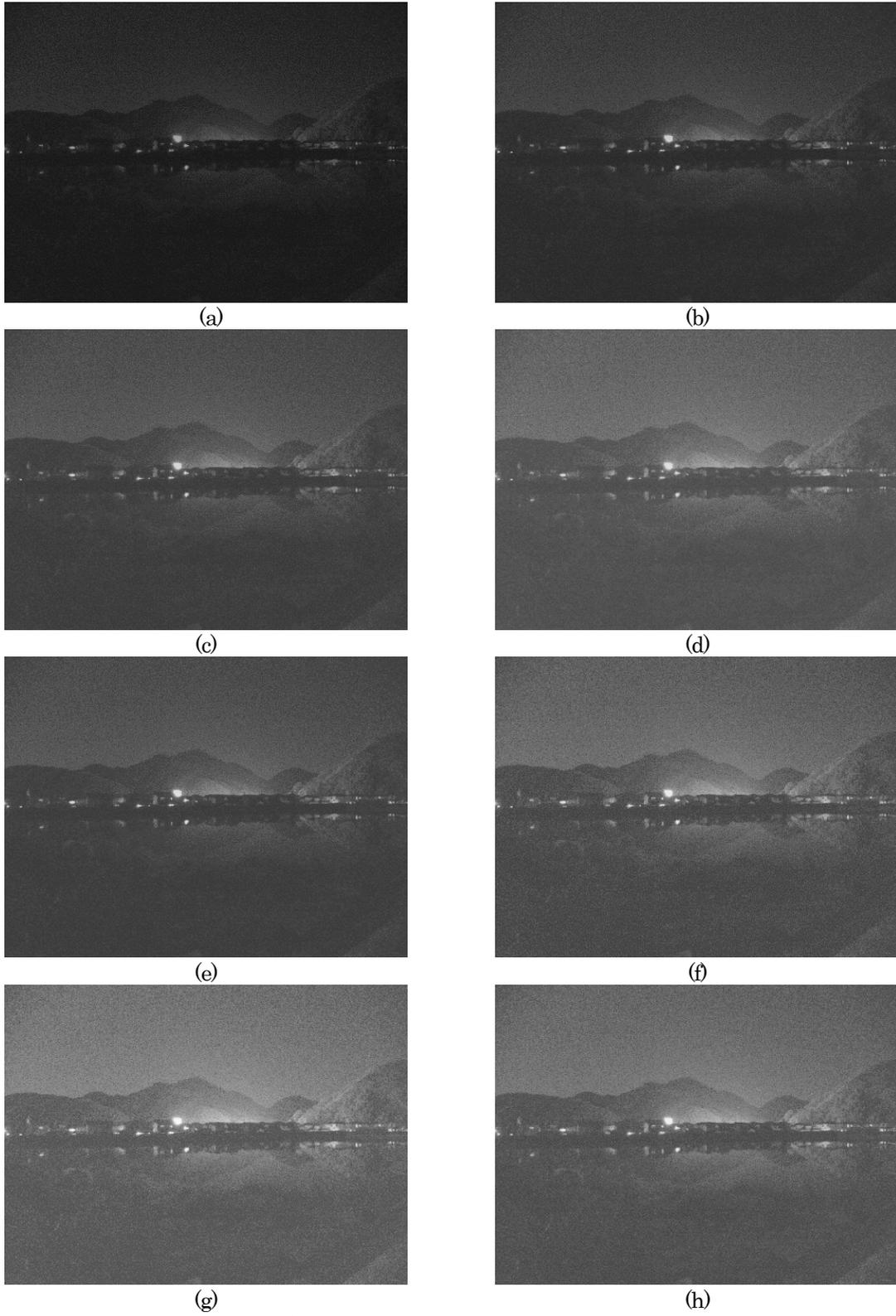


図 6 提案法における補正後の画像

表1 実験に用いた夜間写真の撮影時の設定

|          |      | ISO 感度 | F 値 | シャッタースピード(sec) | 画素値の<br>平均値 |
|----------|------|--------|-----|----------------|-------------|
| 観測画像     | Y1   | 12800  | 1.8 | 0.25           | 49.74       |
| 代用クリーン画像 | X0_a | 100    | 1.8 | 1              | 2.41        |
|          | X0_b | 200    | 1.8 | 1              | 5.57        |
|          | X0_c | 400    | 1.8 | 1              | 11.29       |
|          | X0_d | 800    | 1.8 | 1              | 20.76       |
|          | X0_e | 100    | 1.8 | 4              | 10.66       |
|          | X0_f | 100    | 1.8 | 8              | 18.73       |
|          | X0_g | 100    | 1.8 | 15             | 30.83       |
|          | X0_h | 100    | 1.8 | 10             | 22.72       |

表2 TMQI の比較

|      | 代用クリーン画像 | TMQI  |
|------|----------|-------|
| Y1   |          | 0.047 |
| Y2_a | X0_a     | 0.008 |
| Y2_b | X0_b     | 0.051 |
| Y2_c | X0_c     | 0.215 |
| Y2_d | X0_d     | 0.574 |
| Y2_e | X0_e     | 0.202 |
| Y2_f | X0_f     | 0.620 |
| Y2_g | X0_g     | 0.971 |
| Y2_h | X0_h     | 0.770 |

# Beamer スタイルの T<sub>E</sub>X 文書における複数の項目の 水平方向の配置について

久保 康幸 \*

## About horizontal alignment of multiple items in a Beamer-style T<sub>E</sub>X document.

Yasuyuki Kubo \*

### Abstract

Since the edaenumerate environment provided by the emath package cannot be used in T<sub>E</sub>X documents with Beamer-style, we defined an alternative method.

### 1. はじめに

Beamer [1] スタイルを用いた T<sub>E</sub>X 文書で、箇条書きの項目を水平方向に並べるために、emath [2] の edaenumerate を使ってみるとエラーとなるため、代わりとなる方法を新しく定義したコマンドで提案した。

### 2. 状況の確認

私の日常の文書作成において、Beamer スタイルを用いていないが、本校の金田先生からの質問で、Beamer スタイルを用いた文書で、水平方向に項目を並べる方法を確認した。その先生は、Beamer スタイルに emath を使っているようなので、edaenumerate を試したら、Beamer スタイルを利用した T<sub>E</sub>X 文書では使えないことがわかった。

### 3. 定義する方法に要求した仕様

- (1) Beamer の `\frame` 環境における箇条書きで、箇条書きラベルは、Beamer 特有の球に数字を表記する。また、block 環境により変更される球の色に対応する。  
※ Beamer の箇条書きのラベルには他の形状もあるが、球にのみ対応させた。
- (2) 自動連番で番号が割り振られる。球の表面に 2 桁の数値まで表示できるようにする。
- (3) 列数の指定  
※ edaenumerate におけるオプション `<n>` の代わりになるものを用意する。

### 4. 実際の定義

#### 4.1 定義の内容

T<sub>E</sub>X における newcommand で、`\itemz` を次のように定義した。

なお、必要になった文章の直前で定義することはできず、特に frame 環境内は、新たな定義が難しいため、frame 環境の外（通常は T<sub>E</sub>X ソースのプリアンブル部分）で定義する必要があることを確認した。

##### 4.1.1 カウンタと長さの定義

自動連番に利用するカウンタ、および、列数の指定に利用する長さを次のように定義した。

```
\newcounter{itemRcount}% カウンタの定義
\newlength{\itemRlen}% 新しい長さの定義
```

(図 1 定義のソース)

##### 4.1.2 `\itemz` の定義

`\item` を使うと、他の箇条書き環境との共存が難しいので、`\itemz` というコマンドを新たに定義した。  
次のような考え方で定義した。

- (1) 1 行の幅 (`\hsize`) に対する比を利用して、列数を決める。  
標準の列数を 3 列としたいので、オプションで指定した時だけ 3 列以外にでき、初期値を 0.33 の項目幅とした。

- (2) 上で指定した幅に一つの項目の文字列を収めるため `minipage` 環境を利用した。  
一つの項目の文字列が指定した幅を超えるときは自動で改行される。
- (3) Beamer の用意したラベルを利用できるよう、`minipage` 環境の中に `itemize` 環境を入れる。ラベルとなる球の大きさが小さいので拡大して使う。
- (4) Beamer の用意したラベル (球) に 2 桁の数字が収まる位置へ調整する。  
高さの調整は、`\raisebox` を利用した。  
標準では、数字の色は白いが、今回は好みで黄色にした。

```
\newcommand{\itemz}[2][.33]{\stepcounter
{itemRcount}\setlength{\itemRlen}{#1\hsize}
\addtolength{\itemRlen}{-2.8zw}\hspace*{-2.75zw}
\fbboxsep=0pt\mbox{
% raisebox と scalebox の始まり
\raisebox{- .08zw}{\scalebox{2}{
\begin{minipage}{1zw}
\begin{itemize}
\item\ \ [-2.1\baselineskip]\scalebox{.43}
{\hspace{-1.821zw}\makebox[0mm]{\textcolor{yellow}
{\theitemRcount}}}}
\end{itemize}
\end{minipage}\hspace{.2zw}
}}}% raisebox と scalebox の終わり
\hspace{.6zw}\begin{minipage}[t]{\itemRlen}{#2}
\end{minipage}\hspace{-.3zw} }
```

(図 2 定義のソース)

### 5. 使い方と使用例

```
\setcounter{itemRcount}{0}
```

により番号を決める。上の例は、番号 1 から始まる箇条書きのためであり、`TeX` における他のカウンタと同様、始めたい番号の一つ前の数値を指定する。

並べたい項目 (文字列) を `{, }` で挟み、`\itemz` の後ろにつづける。文字列の最後が全角文字の場合は、末尾に半角スペースを追加しておく。

下の図 3 は、番号 8 から始まる 5 つの文字列を本文中に配置している例である。

この例では、1 行目の 8 から 10 までの 3 つの項目の文字列は、1 行の 1/3 ずつの幅で、3 列に配置されている。また、2 行目の 11 と 12 の 2 つの項目の文字列は、オプション `[.5]` で 1 行の 1/2 ずつの幅を指定しているので、2 列に配置されている。

これを実現するための `TeX` ソースを次に示す。

```
\setcounter{itemRcount}{7}
\itemz{1 つ目の文字列\hfill 右端\ 2 行目 }
\itemz{文字列 第 2}
\itemz{3 つ目の文字列 }
\itemz[.5]{4 つ目の文字列 }
\itemz[.5]{5 つ目の文字列 }\
```

(図 3 のソース)

Beamer には、ブロックの概念があり、標準ブロックでは、タイトル行、背景ともに青みのかかった色になっている。項目のラベルは、本文と同じ青色のラベルで表示される。

ブロックの使い方も振り返るため、図 4 に使用例 2 を示し、使用例 2 の `TeX` ソースを以下に示す。

```
\begin{block}{\small 標準のブロック中で}
\setcounter{itemRcount}{7}
\itemz{比率 0.33\hfill 右端\ 2 行目 }
\itemz{比率 0.33}
\itemz{比率 0.33}
\end{block}
```

(図 4 のソース)

本文中で、

- ⑧ 1 つ目の文字列 右端 ⑨ 文字列 第 2 ⑩ 3 つ目の文字列  
2 行目  
⑪ 4 つ目の文字列 ⑫ 5 つ目の文字列

(図 3 使用例 1)

標準のブロック中で

- ⑧ 比率 0.33 右端 ⑨ 比率 0.33 ⑩ 比率 0.33  
2 行目

(図 4 使用例 2)

Beamer には、3種類のブロック環境があり、標準のブロックは、図4のように、タイトル、背景、箇条書きのラベルの球が青系の色に統一されている。他に、exampleのブロック環境は、それらが緑系の色で統一され、alertのブロック環境では、赤系の色に統一されている。今回定義した`\itemz`は、それぞれのブロック環境に合わせて、自動で色が変わる。

その状況を使用例3, 4として示す。

使用例3のソースは次のとおりである。

```
\begin{exampleblock}{\small example のブ  
ック中で}  
\setcounter{itemRcount}{7}  
\itemz{比率 0.33\hfill 右端\ 2行目 }  
\itemz{比率 0.33}  
\itemz{比率 0.33}  
\end{exampleblock}
```

(図5のソース)

使用例4のソースは次のとおりである。

```
\begin{alertblock}{\small alert ブロック中で  
}  
\setcounter{itemRcount}{7}  
\itemz{比率 0.33\hfill 右端\ 2行目 }  
\itemz{比率 0.33}  
\itemz{比率 0.33}  
\end{alertblock}
```

(図6のソース)

これらのソースを見比べても、ブロック環境の違い以外に設定などの差はない。それでも、ブロックの環境に応じて、図5, 図6のように球の色が変化している。

## 6. その他

使用上の注意点と課題を述べる。

- (1) 第3節(1)で述べたように、Beamerの箇条書きのラベルは他の形状もある([3],[4]参照)。しかし、球以外の形状を選ぶと、数値とのバランスが悪い。
- (2) Beamerの箇条書きのラベルは、`itemize`環境のものと同様に、`enumerate`環境のものがある。`enumerate`環境のラベルは、拡大しなくても適切な大きさになっているが、番号が表示されていない図形のみ利用するには、Beamerパッケージの内部を変更することになる。そこで、数字を表示していない`itemize`環境のラベルを拡大して利用した。
- (3) 並べたい文字列の最後が全角文字の場合、末尾に半角スペースを追加しておかないと、項目が1行の幅を超えて並んでしまう。これを解消する方法が分からない。

最後に、私にBeamerを教えていただき、今回の`\itemz`について動作確認をしてくださった、本校の金田先生に感謝します。

example のブロック中で

⑧ 比率 0.33      右端      ⑨ 比率 0.33      ⑩ 比率 0.33  
2行目

(図5 使用例3)

alert ブロック中で

⑧ 比率 0.33      右端      ⑨ 比率 0.33      ⑩ 比率 0.33  
2行目

(図6 使用例4)

**参考文献および参考 URL**

- [1] 「Beamer – A L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X class for producing presentations and slides」  
(<https://ctan.org/pkg/Beamer>)  
(サイト確認 2023/9/11)
- [2] 「LaTeX 初等数学プリント作成 マクロ emath」  
(<http://emath.s40.xrea.com>)  
(サイト確認 2023/9/11)
- [3] 「TeX の箇条書きの仕方とスタイル変更 - とある数物研究者の覚書」  
(<https://mathphysnote.com/tex/itemize/>)  
(サイト確認 2023/9/11)
- [4] 松田七美男 「Beamer 読本 – 講演用スライド作成のために –」  
(<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~fujii/DL/Beamer-tutorial.pdf>)  
(サイト確認 2023/9/11)

# 3次元 Lorentz-Minkowski 空間の Möbius の帯型極大曲面とその特異点について

金田 伸 \*

## Maximal Möbius strips in the Lorentz-Minkowski 3-space and their singularities.

Shin Kaneda \*

### Abstract

We investigate the singularities of maximal Möbius strips in the Lorentz-Minkowski 3-space.

### 1. 導入

3次元 Euclid 空間の極小曲面と 3次元 Lorentz-Minkowski 空間の極大曲面は共に平均曲率が恒等的に零になる曲面であり, 類似の表現公式を持っている.

向き付け不可能な完備極小曲面に関する研究は Meeks 氏の [6] において Möbius の帯型完備極小曲面が構成されたことにより始まった. この曲面は Oliveira 氏の [8] や Meeks 氏と Weber 氏の [7] により拡張された.

向き付け不可能な極大曲面に関する研究は藤森氏と López 氏の [2] により始められ, Möbius の帯型極大曲面が 2つ構成された. それらの曲面は [2] 内と著者の [4] により, 各々 [8], [7] に類似した拡張がなされている. 本稿では, 既知の Möbius の帯型極大曲面上に現れる特異点を [9] と [3] で示されている手法を用いて判定する.

### 2. 極大曲面と特異点

$\mathbb{L}^3 = (\mathbb{R}^3, dx_1^2 + dx_2^2 - dx_3^2)$  を 3次元 Lorentz-Minkowski 空間とする. 平面でない極大曲面には必ず特異点が現れることが知られているため ([1]), [9] においてある種の特異点を許容した極大面というクラスが導入された. 極大面には以下のような表現公式が存在する.

定理 1 (Weierstrass 型表現公式 [5, 9])  $M$  を Riemann 面,  $(g, \eta)$  を  $M$  上の有理型関数と正則一次微分の組で,  $(1 + |g|^2)\eta\bar{\eta}$  が  $M$  上の Riemann 計

量を与えるものとする.

$$\Phi := \begin{pmatrix} (1 + g^2)\eta \\ i(1 - g^2)\eta \\ 2g\eta \end{pmatrix}$$

とおく. 任意の  $\gamma \in H_1(M, \mathbb{Z})$  に対して

$$(1) \quad \operatorname{Re} \oint_{\gamma} \Phi = 0$$

を満たすものとする. このとき

$$f = \operatorname{Re} \int \Phi : M \rightarrow \mathbb{L}^3$$

は極大面を定める.

組  $(g, \eta)$  を極大面  $f$  の Weierstrass データという.

事実 2 極大面  $f : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  の Weierstrass データを  $(g, \eta)$  とすると,  $f$  の特異点集合  $S(f)$  は

$$S(f) = \{p \in M \mid |g(p)| = 1\}$$

で与えられる.

定理 3 (特異点判定法 [9, 3])  $f : U \rightarrow \mathbb{L}^3$  を極大面,  $(g, \eta)$  を  $f$  の Weierstrass データ,  $S(f)$  を  $f$  の特異点集合とする. ただし,  $U$  は Riemann 面  $M$  の開部分集合である. また,  $(g, \eta)$  を用いて, 2つの複素数値関数  $\alpha, \beta$  を

$$\alpha = \frac{dg}{g^2\eta}, \quad \beta = g \frac{d\alpha}{dg}$$

とおく. このとき, 以下が成り立つ.

1.  $f$  が  $p \in S(f)$  でカスプ片をもつことと,  $\operatorname{Re} \alpha \neq 0$  かつ  $\operatorname{Im} \alpha \neq 0$  が成り立つことは同値である.
2.  $f$  が  $p \in S(f)$  でツバメの尾をもつことと,  $\operatorname{Re} \alpha \neq 0$  かつ  $\operatorname{Im} \alpha = 0$  かつ  $\operatorname{Re} \beta \neq 0$  が成り立つことは同値である.
3.  $f$  が  $p \in S(f)$  でカスプ状交叉帽子をもつことと,  $\operatorname{Re} \alpha = 0$  かつ  $\operatorname{Im} \alpha \neq 0$  かつ  $\operatorname{Im} \beta \neq 0$  が成り立つことは同値である.

各特異点の形状は図1参照.

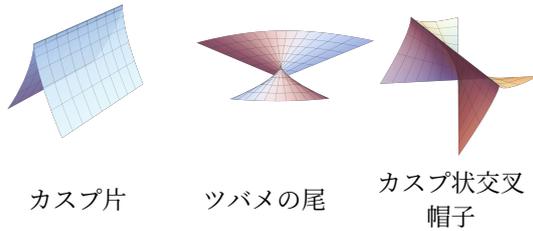


図1 特異点のグラフィックス

**定義 4 (向き付け不可能な極大面 [2])**  $M'$  を向き付け不可能な曲面とする.  $f' : M' \rightarrow \mathbb{L}^3$  が向き付け不可能な極大面であるとは, Riemann 面  $M$  と二重被覆  $\pi : M \rightarrow M'$  が存在して,  $f := f' \circ \pi : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  が極大面になることである.

$f : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  を極大面,  $(g, \eta)$  を  $f$  の Weierstrass データ,  $I : M \rightarrow M$  を固定点のない反正則デッキ変換で

$$(2) \quad g \circ I = \frac{1}{\bar{g}}, \quad I^* \eta = \overline{g^2 \eta}$$

を満たすものとする. このとき,  $f' : M/\langle I \rangle \rightarrow \mathbb{L}^3$  で  $f = f' \circ \pi : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  を満たすものが唯一存在する. これは極大面  $f$  の Weierstrass データに対して, (2) を満たす  $M$  上のデッキ変換  $I$  をとることが出来れば, 向き付け不可能な極大面を作ることが出来るということを意味している.

### 3. Möbius の帯型極大面 1

向き付け不可能な極大面  $f : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  の Weierstrass データ  $(M, I, g, \eta)$  を

$$(3) \quad \begin{aligned} M &= \mathbb{C} \setminus \{0\}, & I(z) &= -\frac{1}{\bar{z}}, \\ g &= \frac{z^3(z+1)}{z-1}, & \eta &= i \frac{(z-1)^2}{z^5} dz, \end{aligned}$$

と定める. このとき,  $f : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  は (1) を満たし,  $f' : M/\langle I \rangle \rightarrow \mathbb{L}^3$  は Möbius の帯型の極大面を定める. この Weierstrass データから得られる曲面は [2] で構成されたものと同一である. 図2参照.

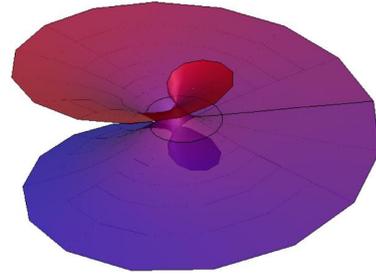


図2 (3) で与えられる Möbius の帯型極大面

この曲面の特異点について以下の定理が成り立つことを示す. ただし, 計算過程の詳細は頁数の都合上省略する.

**定理 5** Weierstrass データが (3) で与えられた Möbius の帯型極大面は, カスプ片と 2 点のツバメの尾, そして 1 点のカスプ状交叉帽子を持つ.

まず,  $S(f)$  を具体的に記述する. 直接計算により,

$$p(r) := \frac{(1-r^6)(r^2+1)}{2r(1+r^6)}$$

とおくと,

$$(4) \quad S(f) = \{(r, \theta) \in [0, 1] \times [0, 2\pi) \mid \cos \theta = p(r)\}$$

となることが確かめられる. また, この  $p(r)$  は以下の性質を持つ.

- $p(r)$  は単調減少関数である.
- $p(1) = 0, p(r_0) = 1$  である. ただし,

$$r_0 = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2}$$

である.

この曲面の対称性について述べる.

**補題 6** Riemann 面  $M$  上の共形変換  $\kappa_1$  を

$$\kappa_1(z, w) = (\bar{z}, \bar{w})$$

と定める. このとき,

$$\kappa_1^* \Phi = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \bar{\Phi}$$

が成り立つ.

**注意 7** 補題 6 と (4) より, この曲面全体の特異点の形状は

$$\tilde{S}(f) = \{(r, \theta) \in [r_0, 1] \mid \cos \theta = p(r)\}$$

での特異点の形状を調べれば良いことがわかる.

特異点の形状を調べる. まず,  $\alpha, \beta$  を計算すると,

$$\alpha = \frac{dg}{g^2\eta} = -i \frac{z(3z^2 - 2z - 3)}{(z^2 - 1)^2},$$

$$\beta = g \frac{d\alpha}{dg} = i \frac{z(z^2 + 1)(3z^2 - 4z - 3)}{(z^2 - 1)^2(3z^2 - 2z - 3)}$$

となることがわかる. この  $\alpha$  を  $S(f)$  上に制限すると

$$\operatorname{Re} \alpha|_{S(f)} = -\frac{(r^2 + 1)(r^4 - r^2 + 1)}{16r^{12}}$$

$$\times (r^{12} - 2r^{10} + 2r^8 + 4r^6$$

$$+ 2r^4 - 2r^2 + 1)\sqrt{R_1(r)},$$

$$\operatorname{Im} \alpha|_{S(f)} = \frac{(r^2 + 1)^2(r^4 - r^2 + 1)}{16r^{12}}$$

$$\times (r^{16} - 5r^{14} + 13r^{12} - 20r^{10}$$

$$+ 20r^8 - 20r^6 + 13r^4 - 5r^2 + 1)$$

となる. ただし,

$$R_1(r) = -(r^4 + r^3 - r + 1)(r^4 - r^3 + r + 1)$$

$$\times (r^2 + r - 1)(r^2 - r - 1)$$

である. 直接計算により,  $[r_0, 1]$  上での  $\operatorname{Re} \alpha|_{S(f)}$  の根は  $(r, \theta) = (r_0, 0)$  であることがわかる. また,  $(r, \theta) = (r_0, 0)$  で  $\operatorname{Im} \beta \neq 0$  であることも容易に確かめられる. したがって, 点  $(r_0, 0)$  に対応する曲面状の点はカスプ状交叉帽子である.

次に,  $\operatorname{Im} \alpha|_{S(f)}$  の根について調べる. 直接計算により,

$$r^{16} - 5r^{14} + 13r^{12} - 20r^{10}$$

$$+ 20r^8 - 20r^6 + 13r^4 - 5r^2 + 1$$

$$= (r^8 - 3r^6 + 6r^4 - 3r^2 + 1)$$

$$\times (r^8 - 2r^6 + r^4 - 2r^2 + 1)$$

となることがわかる. また,  $\tilde{S}(f)$  上で,

$$r^8 - 3r^6 + 6r^4 - 3r^2 + 1$$

$$= r^8 + 3r^4(1 - r^2) + 3\left(r^2 - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{4} > 0$$

となることもわかる. したがって,  $\operatorname{Im} \alpha|_{\tilde{S}(f)}$  の根は

$$r^8 - 2r^6 + r^4 - 2r^2 + 1 = 0$$

の解と一致する. 直接計算により, ツバメの尾の候補に対応する  $(r, \theta)$  は

$$\left( \sqrt{\frac{1 + \sqrt{2} + \sqrt{-1 + 2\sqrt{2}}}{2}}, \theta_1 \right)$$

となることがわかる. ただし,

$$\cos \theta_1 = \frac{\sqrt{1 + \sqrt{2}}}{2}$$

である. また, この点がツバメの尾に対応することは容易に確かめられる. 以上の議論と, 注意 7, 補題 6 により定理 5 は示せた.

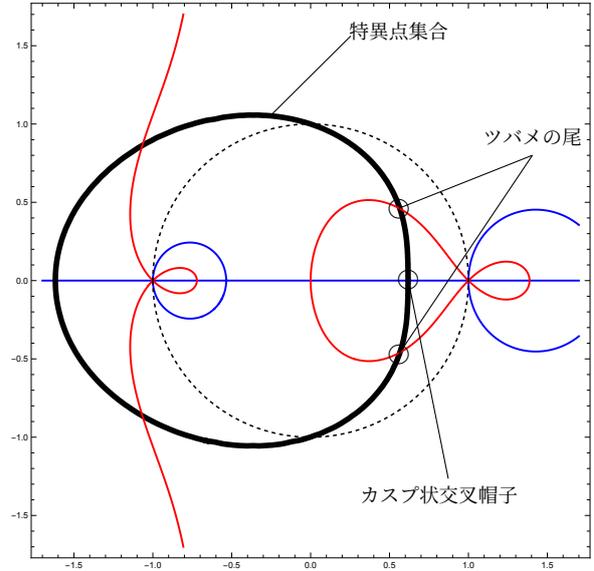


図 3: 太線は (3) で与えられる曲面の特異点集合を表している. 赤線は  $\operatorname{Im} \alpha = 0$ , 青線は  $\operatorname{Re} \alpha = 0$  となる点を表している.

#### 4. Möbius の帯型極大面 2

向き付け不可能な極大面  $f : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  の Weierstrass データ  $(M, I, g, \eta)$  を

$$M = \mathbb{C} \setminus \{0\}, \quad I(z) = -\frac{1}{z},$$

$$(5) \quad g = \frac{z(z^3 - 1)}{z^3 + 1}, \quad \eta = i \frac{(z^3 + 1)^2}{z^5} dz,$$

と定める. このとき,  $f : M \rightarrow \mathbb{L}^3$  は (1) を満たし,  $f' : M/\langle I \rangle \rightarrow \mathbb{L}^3$  は Möbius の帯型の極大面を定める. この Weierstrass データから得られる曲面は [2] で構成された 2 径数族曲面のうち最も対称性が高い曲面と同一である. 図 4 参照.

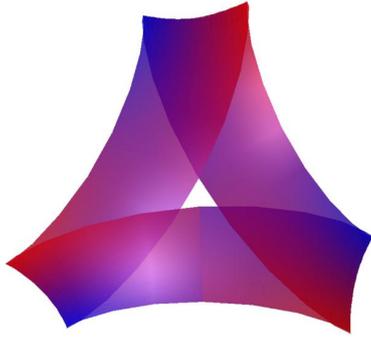


図4 (5) で与えられる Möbius の帯型極大面

前節と同様の計算により次の定理が証明できる.

定理 8 Weierstrass データが (5) で与えられた Möbius の帯型極大面は, カスプ片と 6 点のツバメの尾, そして 3 点のカスプ状交叉帽子を持つ. 図 5 参照.

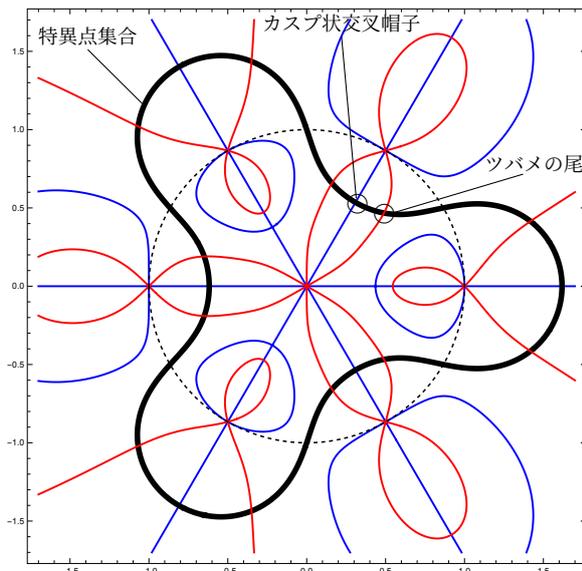


図5: 太線は (5) で与えられる曲面の特異点集合を表している. 赤線は  $\text{Im } \alpha = 0$ , 青線は  $\text{Re } \alpha = 0$  となる点を表している.

### 参考文献

- [1] E. Calabi, "Examples of Bernstein problems for some nonlinear equations", Proc. Symp. Pure Math. **15** (1970), 223–230.
- [2] S. Fujimori and F. J. López, "Nonorientable maximal surfaces in the Lorentz-Minkowski 3-space", Tohoku Math. J. **62** (2010), 311–328.
- [3] S. Fujimori, K. Saji, M. Umehara and K. Yamada, "Singularities of maximal surfaces", Math. Z. **259** (2008), 827–848.
- [4] S. Kaneda, "Some new examples of nonorientable maximal surfaces in the Lorentz-Minkowski 3-space" Hiroshima Math. J. **53** (2023), 1–24.
- [5] O. Kobayashi, "Maximal surfaces in the 3-dimensional Minkowski space  $\mathbb{L}^3$ ", Tokyo J. Math. **6** (1983), 297–309.
- [6] W. H. Meeks III, "The classification of complete minimal surfaces in  $\mathbb{R}^3$  with total curvature greater than  $-8\pi$ ", Duke Math. J. **48** (1981), 523–535.
- [7] W. H. Meeks III and M. Weber, "Bending the helicoid", Math. Ann. **339** (2007), 783–798.
- [8] M. Elisa G. G. de Oliveira, "Some new examples of nonorientable minimal surfaces", Proc. Amer. Math. Soc. **98** (1986), 629–636.
- [9] M. Umehara and K. Yamada, "Maximal surfaces with singularities in Minkowski space", Hokkaido Math. J. **35** (2006), 13–40.

### 謝辞

本研究は「令和5年度校長裁量経費(個人研究)」の助成を受けたものであり, 本稿は「令和5年度校長裁量経費研究報告書」として寄稿させていただいた. また, 本稿の執筆にあたって久保康幸氏(弓削商船高専)には有益な助言をいただいた. ここに記して感謝の意を表す.

# 楕円コンパス教材を活用した教育実践

南郷 毅\*, 牧山 隆洋\*\*

## Educational Practice Using Elliptic Trammels

Tsuyoshi Nango\* and Takahiro Makiyama\*\*

### Abstract

This paper discusses an educational practice using elliptic trammels. The authors developed teaching materials and lesson plans using elliptic trammels [3]. The purpose of this study is to confirm through educational practice that our materials can improve students' awareness of the relationship between mathematics and engineering. In this study, the lesson plans were reconstructed based on students' situation. In particular, the lesson plans were designed to raise students' awareness of the relationship between mathematics and information technology. The lessons were conducted. After the lessons, the students' worksheets were analyzed. The results of our analysis show that our materials have the potential to increase students' awareness of the relationship between mathematics and engineering.

### 1. はじめに

近年の学校教育に求められる事項として、学習事項を他分野と関連づけて理解する力や実際の問題の解決に活用する力の育成がある。

大学や高等専門学校に対しては、中央教育審議会の2040年に向けた高等教育のグランドデザイン(答申)[1]を通じて「基礎的で普遍的な知識・理解と汎用的な技能を持ち、その知識や技能を活用でき、ジレンマを克服することも含めたコミュニケーション能力を持ち、自律的に責任ある行動をとれる人材」([1], p. 6)の育成を求めている。高等学校に対しては、高等学校学習指導要領[2]を通じて、主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善として、生徒が「各教科・各科目において身に付けた知識及び技能を活用したり」、「知識を相互に関連づけてより深く理解したり」([2], p. 28)する学習の充実を図ることとされている。このような社会的な要請に応えるためには、教科や学問の枠を超えた関連を図る教育を充実させていく必要がある。

筆者らは、このような教育を高等専門学校の数学において実現するには、低学年のうちから数学と専門科目の関連を図る教育を実践することが重要と考えている。そのための教材として、楕円コンパス教材とそれを活用した授業[3]を開発した。ただし、筆者らが開発した授業は汎用性を重視しており、対象

となる学生像はやや理想的であり、関連づける専門科目の内容も具体的ではない。そこで、本研究では学生の状況を踏まえて関連づける専門科目の内容を明確にし、授業を再構築した。そして、本校の情報工学科2年生に対して授業を実施した。

本研究の目的は、楕円コンパス教材が数学と専門科目の関連の認識を向上させうる教材であることを、実践を通じて検証することである。本稿では、楕円コンパス教材を用いた授業の再構築、実践とその分析について述べる。実践授業は、新型コロナウイルス感染症の流行が一時的に下火になっていた2021年12月7日に実施した。

### 2. 実践授業の再構築

筆者らが再構築した授業について述べる。はじめに、楕円コンパス教材の中心となる楕円コンパスを図1に示す。筆者らが楕円コンパス教材とともに開発した授業[3]は、学生が「楕円コンパスは楕円を描いているか?」という課題に取り組む中で、「試行や議論を通じて機構から数学を取り出し、数学の問題として表現し、数学の問題として解決し、結果を機構に還元して考察できる」ことを目標としたものである。学習者として、軌跡の方程式や2次曲線の学習事項の基本を理解している高等専門学校2年生を想定している。課題に取り組む中で、専門科目で数

\*非常勤講師  
\*\*総合教育科

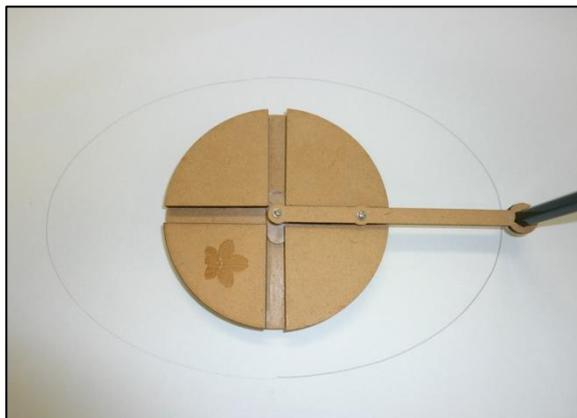


図1 楕円コンパス

学を活用する際に必要となる一連の過程を体験できるようにになっている。

しかし、この授業で想定している学生は、基礎学力を十分に身につけている学生であり、本校の学生とは少し異なる。また、関連づける専門科目の内容も具体的ではない。本校の学生にそのまま授業を実施しても、授業の目標の達成は困難と考えられた。そのため、筆者らは指導対象のクラスの実情を踏まえ、目標を含めて授業を再構築することとした。

## 2.1 授業対象のクラスについて

楕円コンパス教材は、数学と専門科目の関連を図るための教材である。筆者らは、授業対象のクラスの選定にあたって、学生が実践授業と同時期に専門科目で学ぶ内容と、楕円コンパス教材を通じて学ぶ内容に関連があることを重視した。商船学科、電子機械工学科、情報工学科のシラバスを調査し、情報工学科2年生の専門科目であるプログラミング基礎の学習内容が、楕円コンパス教材で学ぶ事項と関連づけられることを確認した。数学の学習状況や授業の日程などを考慮し、情報工学科2年生を実践授業の対象クラスと決めた。実践授業のために授業を確保することが難しかったため、実践授業は物理の試験返却時間中の65分を利用することとした。また、学生に基礎学力が十分に身に付いていない点や学習意欲等を踏まえて、楕円コンパス教材の目的に立ち返り、授業の目標を「学生が数学と情報工学の関連の認識を深めることができる」とした。

実践授業を実施した2021年12月における情報工学科2年生の状況を表1に示す。数学の学習状況は、シラバスの確認に加えて数学の授業担当教員にも確認した。クラスの印象は、物理の授業を担当している第二著者によった。

表1 情報工学科2年生の状況

| 項目      | 状況  |
|---------|---|
| 人数      | 37名   |
| 数学の学習状況 | <ul style="list-style-type: none"> <li>基礎数学分野（数と式の計算、方程式と不等式、関数とグラフ、指数関数と対数関数、三角関数、図形と式、2次曲線、場合の数と数列）の学習をほぼ終えたところ</li> <li>楕円の方程式は2021年10月ごろに学習済み</li> <li>楕円の方程式は教科書[4]に沿って講義しており、特別な教材や活動は取り入れていない</li> </ul> |
| クラスの印象  | 素直な学生が多いが、全体として見ると、学習意欲は高くもなく低くもない  |

## 2.2 プログラミング基礎の学習事項と楕円コンパス教材

プログラミング基礎[5]では、前期にプログラミングに必要な文法の基礎を学び、後期にブラウザ上で動作するアプリケーションを開発する。学生は、ものが画面上を動くアプリケーションを開発することが多い。

ものが動くことをプログラムで表現するには、座標の概念が必要になる。座標を導入し、ものを点で表し、ものの位置を座標で表現する。そして、ものの動きを式などで表現する。

楕円コンパス教材では、「楕円コンパスは楕円を描いているか？」という課題に取り組む際に、楕円コンパスの溝に合わせて座標を導入し、実際に楕円を描く部分を点で表現する。そして、点の動きが楕円の方程式を満たしているかを考察する。

どちらも対象を抽象化し、座標を導入し、点の動きを式で表現する。楕円コンパスの解析時に用いる考え方が、そのままプログラミング基礎でも用いられている。このことを通じて、学生に数学と情報工学の関連を意識させることができる。

## 2.3 目標を達成するための指導案の修正

授業の目標として設定した「学生が数学と情報工学の関連の認識を深めることができる」を達成するために、授業の指導案を修正した。

教材事典[6]では教材を「関係概念」として捉え、教材について「何かの文化的内容が教材に「なる」とは、学習者一人ひとりが自分の先行認識とすり合わせ、その内容の主體的な意味を獲得することに他

ならない。」([6], p. 23) と指摘している。指導案の修正においては、楯円コンパスが教材になることを意識した。即ち、学生が「楯円コンパスは楯円を描いているか?」という課題へ取り組むことを通じて、数学の考え方とプログラミングの考え方の類似性に気がつき、数学と情報工学が関連しているという認識に至ることを意識した。修正前の指導案との主な変更点を表2に示す。

表2 主な変更点と意図

|     | 変更点  | 意図  |
|-----|--|---|
| 導入  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・数学と情報工学の認識についての発問を追加</li> <li>・プログラミングの場면을提示し、数学と情報の関連を考える発問を追加</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・学生の中にある数学と情報工学の認識を顕在化させるため</li> <li>・学生に、プログラミング基礎で用いている座標の導入の考え方、ものを式で表現する考え方を意識させるため</li> </ul> |
| 展開1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンパスで描いた曲線に座標を導入して式で表現する練習を追加</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・座標を導入して式で表現することを印象付けるため</li> <li>・簡易な例で考察方法を練習するため</li> </ul>                                     |

導入において、学生に数学と情報工学の関連を意識させることを意図した発問を追加した。クラスの学習意欲や学力の状況を検討し、展開1において、コンパスを題材に座標を導入して式で表現する練習を追加した。また、授業の進行に合わせたスライドやワークシートを開発した。授業の目標を情意面の変化としているので、評価は学生のワークシートの記述欄の分析によることとした。修正した指導案と授業で利用するワークシートを末尾に示す。

### 3. 授業実践

#### 3.1 実施状況

授業の実施状況を表3に示す。第一著者は、実施対象クラスの授業を担当していない教員である。第二著者は、実施対象クラスの物理を担当している教員である。授業では37名を9つのグループに分けた。

表3 実施状況

| 項目      | 内容  |
|---------|---|
| 実施対象クラス | 情報工学科2年生(37名)                                     |
| 実施科目    | 物理(通年2単位, 週1回実施, 1回90分)                           |
| 実施日時    | 2021年12月7日<br>後期中間試験返却時間90分のうちの65分                |
| 授業者と役割  | 第一著者(授業の進行, 展開2における巡回指導)<br>第二著者(展開1と展開2における巡回指導) |

65分のうちの最初の5分を使い、以下について説明した。

- ・授業での取り組み状況やワークシートの記述内容は、成績に一切関係がないこと。
- ・ワークシートの記述を筆者らの研究に活用させてほしいこと。
- ・授業を通じて取得した情報を用いる際には、学生個人を特定できない形にすること。
- ・学生は、自身の情報の研究利用について選択できること。
- ・利用を望まない場合も不利な扱いは一切しないこと。

その後、ワークシートの記述の研究利用について、該当欄に○をつけて意思を示すように指示した。

#### 3.2 実際の授業の様子

実際の授業では指導案通りには進まない部分があった。展開2を10分延長し展開3を未実施とした。また、まとめの中で楯円コンパスが楯円を描いていることの証明を解説した。複数の証明をMoodleへ掲示することで、展開3の代替とした。詳細を以下に述べる。

導入と展開1までは概ね指導案通りに進んだ。学生は通常とは異なる教員による、通常とは異なる形式や教材を利用した授業に興味を持ち、発問にも積極的に回答した。コンパスを利用して描いた図形が円の方程式を満たしていることの確認もできた。

展開2の課題2-1への取り組みにおいて、楯円コンパスで楯円を描いた後で手が止まるグループが多数見られた。各グループを巡回し、グループの状況に応じて「コンパスで実施したことを楯円コンパスに適用してみよう。」、「座標を導入してみよう。」、「原点をどこにするとよいだろうか?」といった助言を行い、グループ内での議論と考察を促した。助言に

より、全グループが座標を導入できた。しかし、座標の導入後に再び手が止まる様子が見られたため、指導案に記載した助言を行った。また、巡回しながら述べたヒントや助言を書いたスライドをスクリーンに投影し、ヒントや助言の内容をいつでも確認できるようにした。展開 2 の時間が終了する 5 分ほど前に全グループを確認したが、楕円の方程式を導出できたグループはなかった。また、展開 2 の終了時間になっても手を動かしている様子が見られたため、授業の担当者が展開 3 を取りやめる判断をした。学生には、考察の終了時刻を予告し展開 2 を 10 分延長した。

まとめでは、指導案に記載した数学と情報工学の関連を考えさせる発問を取りやめ、学生が試みていた三平方の定理を使った証明を説明した。最後に、授業での取り組みが数学と情報工学の関連の一つであることを強調した。その後、学生が授業の感想を記述し、授業を終えた。

授業後に、楕円コンパスが楕円を描いていることの証明のほか、学生から要望があった楕円コンパスの歴史、製作方法、製作費などの情報と授業スライドを Moodle に掲載した。

#### 4. ワークシートの分析

授業時の学生の発言や、研究利用に同意が得られた 30 名分のワークシートの記述をもとに、学生の数学と情報工学の関連に関する意識を分析した。

##### 4. 1 授業開始時における学生の数学と情報工学の関連に関する意識

導入において、学生の中にある数学と情報工学の関連についての認識を顕在化させるための質問を 2 つ行った。また、プログラミングの場面を提示し、数学と情報の関連を考える質問を 1 つ行った。発問に対する学生の発言やワークシートの記述の内訳や代表的な記述の例を示す。授業では、教員による発問、学生によるワークシートへの記入、学生による発言の順番で進めた。

質問 1 に対する学生の発言や記述を表 4 に示す。ワークシートでは、30 名中 26 名の学生が「関連がある」という趣旨の記述をしている。ただし、プログラミングで関数や変数を用いたから関連があるという趣旨の記述が多数である。動きの予測に使いそうという趣旨の記述もあったが、具体的な内容には言及されていない。ほぼ全ての学生にとって、数学と情報工学の関連は、用語が似ている、簡単なプロ

グラム作成時に数学の関数を直接使ったといった表面的な認識に留まっている。

質問 2 に対する学生の発言や記述を表 5 に示す。ワークシートでは、30 名中 17 名の学生が「必要がある」という趣旨の記述をしている。しかし、数学を活用することでより高度な処理が可能になるといったような、数学と情報工学を関連づけて理解しようとしている記述をした学生は 2 名である。プログラミングの中で関数を使うから必要といった、表面的な関連を受けての記述が多数見られる。また、30 名中 9 名の学生が「必要がない」という趣旨の記述をしている。

質問 3 に対する学生の発言や記述を表 6 に示す。ワークシートの記述には、他の質問 1、質問 2 のような多様性は見られない。記述のあった 21 名中 20 名が、スライドに投影した文言をそのまま書いている。また、9 名は空欄である。プログラミングにおいて利用している数学の考え方である座標の導入は、学生の意識には残っていないと考えられる。

以上を踏まえ、授業開始時における学生の状況をまとめる。ほぼ全ての学生は、数学と情報工学は関連があるものと認識してはいるが、その認識は表面的なものである。また、専門科目との関連の観点から数学を学ぶ必要性は強く感じておらず、数学と情報工学を関連づけて学ぼうとする姿勢は乏しい。情報工学において数学を活用しているという認識は希薄である。

表 4 質問 1 に対する学生の発言・記述

| 質問              | 数学と情報工学は関連があると思いますか？   |
|-----------------|--|
| 記述の趣旨           | 関連がある (26 名),<br>関連はない (0 名),<br>わからない (2 名), 判別不能 (2 名)   |
| 授業時の発言          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プログラムを楽に書くには必要 (関連がある)</li> <li>・円を書くプログラムで三角関数を使った (関連がある)</li> <li>・関連があると思うがよくわからない (関連がある)</li> </ul>  |
| ワークシートの記述の代表的な例 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プログラミングで変数や関数を使うからある (関連がある)</li> <li>・動きの予測に使いそう (関連がある)</li> <li>・あると思うけど使えない (関連がある)</li> <li>・あると思うが難しいのは使わない (関連がある)</li> <li>・わからない</li> </ul> |

表5 質問2に対する学生の発言・記述

|                 |  |
|-----------------|--|
| 質問              | 情報工学科の学生は数学を学ぶ必要があるのでしょうか？   |
| 記述の趣旨           | 必要がある (17名),<br>必要がない (9名),<br>わからない (1名), 判別不能 (3名)   |
| 授業時の発言          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・よりよいプログラムの作成には数学がいる (必要がある)</li> <li>・演算の選択肢が増える (必要がある)</li> <li>・あるけどよくわからない (必要がある)</li> <li>・中学校数学で十分ではないか? (必要がない)</li> <li>・Google で検索すればわかる (必要がない)</li> </ul>  |
| ワークシートの記述の代表的な例 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・関数を使うから (必要がある)</li> <li>・知識があれば何かと役に立ちそう (必要がある)</li> <li>・必修の授業だから (必要がある)</li> <li>・プログラミングを理解するため (必要がある)</li> <li>・小学校レベルの算数で十分 (必要がない)</li> <li>・多少あるが、たまに使う程度、難しいことまで学ぶ必要はない (必要がない)</li> <li>・電卓と Excel が使えるので学ぶ必要はない (必要がない)</li> </ul> |

表6 質問3に対する学生の発言・記述

|                 |  |
|-----------------|--|
| 質問              | プログラムで「画面上の点が動く」ようなものを作りたいと考えます。点を画面上に表示するには、点の位置をどのように指定すれば良いのでしょうか？暗黙の前提になっている数学の考え方は何でしょうか？ |
| 授業時の発言          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・座標</li> <li>・数列</li> </ul>                             |
| ワークシートの記述の代表的な例 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・座標を導入して考える</li> <li>・動きを式で表現する</li> </ul>              |

#### 4. 2 授業終了時における学生の数学と情報工学の関連に関する意識

まとめにおいて学生に授業の感想を自由に記述させた。記述内容を、授業の目標である「学生が数学と情報工学の関連の認識を深めることができる」を踏まえて分類した結果を表7に示す。

表7 感想欄の記述の分類

| 内容  | 人数  |
|---|-----|
| 「情報工学」の語を用い、関連や活用の認識の深まりを示す記述   | 7名  |
| 「情報工学」の語を用いていないが、関連の認識の深まりを示す記述   | 3名  |
| 取り組みの感想 (難しかった, 楽しかった, 理解したことの説明, 学習意欲の向上の表明, 学ぶことの楽しさの実感の表明, 楯岡コンパスの仕組みへの興味など) | 20名 |

数学と情報工学の関連に認識が深まった学生の記述例を図2と図3に示す。

数学と情報工学で関連があることは分かってはいたが、漠然として分かっていなかった。具体的に知ることでよかったです。列挙に座標を導入して式で表現するという発想を、今後情報の授業で学ぼうと思った。

図2 関連の認識が深まった記述の例

図2の記述をした学生は、授業開始時点において、数学と情報工学の関連について「プログラミングなどで使う」程度と認識しており、数学は「関数を使うから」学ぶ必要があると考えていた。授業開始時の数学と情報工学の関連についての漠然とした認識が、授業によって具体化し、深まっている様子がわかる。

今日の授業で、初めて楯岡コンパスという存在を知りました。特に情報工学には、数学が必要だということを実感しました。適い感じることができました。

図3 関連の認識が深まった記述の例

図3の記述をした学生は、授業開始時点において、数学と情報工学の関連について「関連はよくわからない」と記述している。また、数学は「基本的なこと(四則演算)」程度でよく、数学を学ぶ必要はないと考えていた。授業によって、情報工学には数学が必要だということを実感し、関連の認識が深まっている様子がわかる。

感想欄に数学と情報工学の関連の認識の深まりを具体的に示す記述をした学生は、7名である。情報工学という語は使っていないが、情報工学との関連の認識の深まりについて述べていると考えられる記述をしている学生が3名いる。ワークシートの感想欄において、クラスの約33%(10名)の学生に数学と情報工学の関連認識の深まりが見られる。授業開始時点においては、クラスのほぼ全ての学生が、数学と情報工学の関連について表面的な認識しか持っていない状況が改善している。筆者らの授業は、一定程度、数学と情報工学の関連の認識を深めることに寄与していると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、楕円コンパス教材を用いた授業を指導対象に合わせて再構築し、授業を実施した。ワークシートを分析し、学生の数学と情報工学の関連の認識について確認した。ワークシートの分析の結果から、筆者らは、楕円コンパス教材は、数学と専門科目の関連の認識を向上させる教材であると考えられる。

さらに多くの学生の数学と情報工学の認識を深めるには、授業を修正する必要がある。実践授業では、まとめの時間に振り返りの発問ができなかった。授業の修正として、振り返りの時間を確保することや、ワークシート内に、授業の振り返りの中で気がついた数学と情報工学の関連の記述欄を設けることが考えられる。展開1のコンパスと円の部分を別授業に切りだし、さらに90分で授業を設計することで、考察や振り返りの時間を確保する修正を行う。

さて、本研究では学生の情意面の変容を検討している。学生の情意面ではなく、学生の数学を活用する力を検討すると、学生は数学を活用する力が身につけているとは言い難い。実際、ワークシートを確認すると、9グループとも楕円の方程式を導出できなかった。楕円の方程式につながる等式を作ることができたグループが1つあったが、式変形ができず楕円の方程式を導いていることに気づいていなかった。他のグループは、等式を作るために相似な

三角形を見つけようとしている段階や、相似になっていることの証明の段階で終わっていた。授業を参観した数学教員からは、楕円の方程式が導けないことについて、学生が数学を使って具体的なものを考察する経験が不足していることが原因と考えられるとの指摘があった。日常の授業の中で、数学と工学の関連について考える機会を増やすことが必要である。また、楕円コンパスのような、ものを式で表現して考察するような教材を開発することが必要である。

今後の課題は、低学年で利用可能な、ものを式で表現し考察するような教材を開発することや、学生の考察や振り返りの時間を確保できるような授業の修正である。さらに、数学を活用する力の育成の観点からの授業の開発も課題である。また、リンク機構を学ぶ電子機械工学科など、他学科の学生を対象とした授業の開発も課題である。

## 謝辞

実践授業の開発や授業後の検討の場で貴重なご意見を下さった、米子工業高等専門学校の柴田孝祐助教(当時 弓削商船高等専門学校)に感謝する。

本研究はJSPS 科研費 JP19K03185の助成を受けたものである。

## 引用・参考文献

- [1] 中央教育審議会, 2040年に向けた高等教育のグランドデザイン(答申), 2018年, [https://www.mext.go.jp/content/20200312-mxt\\_koutou01-100006282\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200312-mxt_koutou01-100006282_1.pdf) (2023.11.13 確認)
- [2] 文部科学省, 高等学校学習指導要領(平成30年告示), 東山書房, 2019年
- [3] 南郷毅, 牧山隆洋, 楕円コンパスを用いた数学と工学の関連を図る高等専門学校向け基礎教材の開発, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, 第26号, pp.11-24, 2020年
- [4] 高遠節夫ほか, 新 基礎数学, 大日本図書, 2011年
- [5] 弓削商船高等専門学校 Web シラバス, 令和3年度情報工学科「プログラミング基礎」, [https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicSyllabus?school\\_id=41&department\\_id=15&subject\\_id=0028&year=2020&lang=ja](https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicSyllabus?school_id=41&department_id=15&subject_id=0028&year=2020&lang=ja) (2023.11.13 確認)
- [6] 日本教材学会編, 教材事典, 東京堂出版, 2013年

資料：実践授業の指導案

本時の目標：学生が数学と情報工学の関連の認識を深めることができる

準備物：楕円コンパス，ワークシート（A3 両面印刷），A3 コピー用紙，コンパス

学習の展開

|              | ●教員の指導 ○学生の学習活動  | 指導上の留意点   |
|--------------|--|---|
| 導入<br>(10分)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・学生を1グループ4名に分ける。</li> <li>・グループで学習するように机を移動させる。</li> <li>・各グループに楕円コンパス1つ，ワークシート，A3 コピー用紙，コンパスを人数配布する。</li> <li>●本時の目標を学生と共有する。</li> <li>●数学と情報工学の認識について2つ発問する。</li> <li>○関連についての認識をワークシートに記述する。</li> <li>●プログラミングの場면을提示し，数学と情報の関連について，発問する。</li> <li>○数学と情報の関連を考えてワークシートに記述する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・目標を学生と共有する。</li> <li>・学生の意見をスライドに追記し，共有しながら進めていく。</li> <li>・学生の意見をスライドに追記し，共有しながら進めていく。</li> </ul>  |
| 展開1<br>(10分) | <ul style="list-style-type: none"> <li>●コンパスで描かれる曲線を題材に，対象に座標を導入して式で表現する練習を提示する。</li> <li>○コンパスで描いた曲線が円の方程式を満たすことを，教員と一緒に証明する。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・この内容を，楕円コンパスを対象として実施することを強調する。</li> <li>・スライドの穴埋めをしながら，学生と一緒に進行する。</li> <li>・学生が，円の方程式を満たすことを示すには何をやるのかを意識できるように，時間や様子を確認しながら進行する。</li> </ul> |

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| <p>展開<br/>2<br/>(20分)</p> | <p>●課題を提示する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> <p>グループで次の課題に取り組み。<br/>                 課題 1 : 楕円コンパスを使って曲線を描いてみよう。<br/>                 課題 2-1 : 描いた曲線が楕円になっていることを確認してみよう。<br/>                 余裕がある場合は,<br/>                 課題 2-2 : 楕円コンパスの動きを分析し, コンパスで擬似的な楕円を描く方法を考えよう。</p> </div> <p>○楕円であることの証明を考える。<br/>                 ○グループ内で相互に説明する。</p> <p>●各グループを巡回し, 状況を確認し, 助言やヒントを与える。</p> | <p>・楕円コンパスではどの部分が不変でどの部分が変化して(動いて)いますか?<br/>                 ・最終的にどんな式になればいいでしょうか?<br/>                 ・楕円の式の a, b の部分は楕円コンパスではどこにあたりますか?<br/>                 状況に応じた助言やヒントを与える。<br/>                 ・進行が芳しくない場合は, ヒントのスライドを掲示する。</p> |
| <p>展開<br/>3<br/>(10分)</p> | <p>○指名されたグループが発表する。</p>  | <p>・証明を写真にとってスクリーンに表示する。<br/>                 ・異なる証明のグループを選出する。<br/>                 ・発表できなかったグループの説明は, 後日 Moodle で共有する。</p>  |
| <p>まとめ<br/>(10分)</p>      | <p>●授業の内容を確認し, 数学と情報工学の関連を考えさせる発問。<br/>                 ○ワークシートに記入する。</p>  | <p>・授業での取り組みが, 数学と情報工学の関連の一つであることを強調する。<br/>                 ・今後も, 暗黙のうちに数学を使う, 数学の考え方を使うことについて言及する。</p>  |

資料：ワークシート（A3 両面印刷）

|  |  |
|--|--|
| <p>特別授業ワークシート<br/>                 情報工学科 2 年 _____ 番 氏名 _____<br/>                 グループ名 ( _____ )</p> <p>利用可能である ( _____ ), 利用を望まない ( _____ )</p> <p>1 数学と情報工学に関連があると思いますか？あなたの認識を書いてください。</p> <p>2 情報工学科の学生は数学を学ぶ必要があるのでしょうか？理由も含めて書いてみよう。</p> <p>3 プログラムで「画面上の点が動く」ものを作りたいと考えます。<br/>                 点を画面上に表示するには、点の位置をどのように指定すれば良いでしょうか？<br/>                 暗黙の前提になっている数学の考え方は何でしょうか？</p> | <p>4 座標を導入して式で表現する練習<br/>                 コンパスで曲線を描いてみよう</p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 150px; margin: 20px auto;"></div> <p>この曲線は、本当に円なのだろうか？確かめてみよう。</p> <p>コンパスの開き具合を ( _____ ) とする。<br/>                 コンパスの針の先が ( _____ ) になるように x 軸 y 軸を導入する。<br/>                 曲線上の点を ( _____ ) とする。</p> <p>以上から、<math>x^2 + y^2 = r^2</math> である。<br/>                 つまり、コンパスの機構で描かれる曲線は円である。</p> |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <p>グループで以下の課題に取り組もう。(課題2-2は追加課題です。)</p> <p>課題1：楕円コンパスを使って曲線を描いてみよう。</p> <p>課題2-1：描いた曲線が楕円になっていることを確認してみよう。<br/>                 皆さんが学習済みの内容で4パターン程度の確認方法があります。<br/>                 (ヒントが欲しくなったら、教員を呼んでみましょう。)</p> <p>課題2-2：楕円コンパスの動きを分析し、コンパスで擬似的な楕円を描く方法を考えよう。</p> | <p>授業の感想</p> <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 60px;"></div> |
|--|--|

# 高専における Z 世代の学生指導

村上 知弘\*, 前田 弘文\*\*, 峯脇 さやか\*\*,  
池田 真吾\*, 本間 孝拓\*\*\*\*

## Student Guidance for Generation Z in National Institute of Technology (KOSEN)

Tomohiro MURAKAMI\*, Hirofumi MAEDA\*\*, Sayaka MINEWAKI\*,  
Shingo IKEDA\*, and Takahiro HONMA\*\*\*\*

### Abstract

The purpose of this paper is to reconfirm the National Institute of Technology (KOSEN) system and consider how to support and guide students in response to the rapidly changing quality of students. Based on the characteristics of students called Generation Z, which have been a hot topic recently, we considered ways to teach them from a different perspective than traditional teaching methods. As society has undergone drastic changes due to the rapid spread of smartphones, the way we interact with SNS (social networking service) and people has changed significantly. We also considered the factors that make students' stress tolerance weak.

### 1. はじめに

文部科学省（以後、文科省）が 2022 年 12 月に約 12 年ぶりに「生徒指導提要」を改訂した。生徒指導提要について文科省は、次のように示している。

「小学校段階から高等学校段階までの生徒指導の理論・考え方や実際の指導方法等について、時代の変化に即して網羅的にまとめ、生徒指導の実践に際し教職員間や学校間で共通理解を図り、組織的・体系的な取組を進めることができるよう、生徒指導に関する学校・教職員向けの基本書として作成したもの」[1]。

図 1 に示す今回の改訂版は、この「指導」を広く捉えているという点に特徴がある。具体的には、いじめや暴力行為、少年非行といった問題行動に加え、児童虐待や自殺、中途退学、不登校などの事態、さらにはインターネット・携帯電話に関わる問題や、性的マイノリティーなど性に関する課題など、現代的な課題を踏まえた内容も盛り込まれている。

弓削商船高等専門学校（以後、本校）では、1 年から 3 年生までの低学年（以後、1-3 年生を低学年と記す）においては、学生の指導をこの文科省の生徒指導提要の下に行っている。本校では元々低学年では制

服を着用し、染髪・ピアスなども認めていない。4 年生以上では、大学生と同等として自由とし、節度ある範囲でこれらを認めている。このように身だしなみだけでも校内に 2 通りの基準がある。また高等専門学校（以後、高専）は普通高校と違い自由であると思込んで入学した学生や保護者も一定数おり、入学時なども含め定期的に説明がしているが理解が十分に得られていない。また中学卒業すぐの 15 歳から専攻科生などの 22 歳までの幅広い年齢層が在学しており、高専では標準的な高校や大学のような学校とは異なる指導が必要である。さらに近年のスマートフォン（以後、スマホ）をはじめ BYOD（Bring Your Own Device）での端末機器の取り扱い、コロナ禍での遠隔・オンラインなど社会情勢も大きな変革が見られた。授業では、基本 Moodle をという e-ラーニングを支援する目的で運用される学習管理システム[2]を活用しており、黒板を使用した授業はほとんどなくなり、パワーポイント（以後、パワポ）などで行っている。Moodle で出席も行うし、授業の資料を閲覧することが可能である。ただし、授業中の使用に関しては、教員の裁量に任されている。学生によっては、授業とは異なる使用をして指導をされるケースが後を絶たない。

\* 商船学科  
\*\* 情報工学科  
\*\*\* 総合教育科

本稿では、急激に変わりゆく学生の資質に対して、高専制度を再確認の上、時代に即した学生達の支援・指導を考えていくことを目的とした。



図1 生徒指導提要

## 2. Z世代

### 2.1 Z世代の特徴

Z世代とは1990年代後半から2012年生まれの子供たちを指す言葉で近年広く使用されている。「Z世代」という言葉の発祥はアメリカである。1960年から70年に生まれた人を指す言葉として使われていた「Generation X」という言葉が由来といわれている。この世代の次の世代を「Generation Y」といい、アルファベット順でX, Yの次に来るのがZであるため、上述のように「Generation Z」(Z世代)と呼ぶようになった[3]。またすでにその次の2010年以降に生まれた世代を「Generation α」(α世代)と呼ぶらしい。これはラテン文字の最後の文字がZで、次のギリシャ文字を使用して最初がαだからだそうだ。もはやα世代の入学もすぐそこまで来ている。

Z世代に話を戻す。このZ世代の年代の子供がちょうど我々高専の学生と同じである。現在(令和5年度)、専攻科学生を含めてほとんどの学生が2007年から2000年生まれの学生たちである。

彼らの特徴として生まれたときから、周りに保護者等のスマホやノートパソコンなどがあふれ、自我に目覚める前から目にし、触れていた真性のデジタルネイティブである。

テレビや雑誌よりもインターネットでの情報収集がメインで、良い悪いは別にしてSNSを利用したコミュニケーションが主流となっている。さらに生活の中にSNSが溶け込んでおり、学びを得たい場合は「YouTube」、トレンドや時事を知りたい場合は「TikTok」とそれぞれのSNSが持つ特徴を自然と使いこなしている世代である。

SNSに関しては、非常に便利なツールであることは間違いない。しかしながら、使い方を間違えると大変な状況となる。例えば、自分の不満を愚痴のつもりで書いたとすると、一時的に自分はすっきりするかもしれないが、それが他人を中傷することになり、それにより自分が不利益を被ることになる。冷静に考えれば分かることなのであるが、SNSの即時性もあり、その場の勢いで投稿してしまふことが問題となる。彼らZ世代は情報リテラシーも上の世代より多くを学んでいるはずであるが、それでも問題は毎年起こる。昔であれば、内輪の愚痴で済んでいた問題も今では大問題となることも少なくない。我々も入学時から繰り返し、情報リテラシーに関する講習を行い、注意を促すようにしている。

ここで図2にNTTドコモモバイル社会研究所が調査した日本国内における携帯電話所有者のスマートフォン比率のデータを示す。

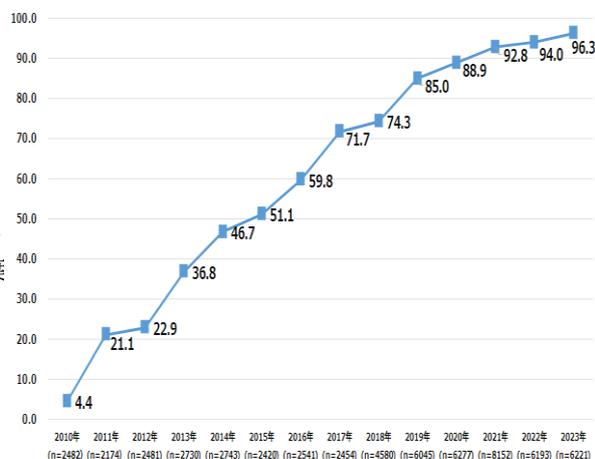


図2 スマートフォン比率

2010年にはスマートフォンの所有率は4%程度であった。2015年に5割を突破し、2017年に7割、2019年に8割、2021年には9割を超え、2023年にはスマートフォンの比率は96.3%になった[4]。それが今や子供から高齢者までほとんどがスマホを持っている時代である。スマホがなかった時代にどのようにしていたのだろうと考えるくらい現在では必要不可欠なものとなっている。これもほんの数年前であったら、スマホは高校生になったら、という家庭が多かった。つまり本校でも入学と共にスマホを購入

し、持ってくるという学生がほとんどであった。しかしながら現在は中学生でもスマホの所持率が 70%を超えており、高専入学と同時にスマホを持ったという学生の方が少なくなっている。このような状況からも本校における指導の方法を年々変化せざるを得ないという状況である。

一方、学校教育の変容も含み多様性の寛容から自分の選択制が広い世代でもある。小学生の時から価値観を押しつけられず、あらゆる選択から自分で選ぶなさいといわれてきた世代である。よって一つの行動に対して、一つ一つ丁寧な説明が必要である。説明なしに「これをやるように」という指導は現在では通用しない。

また学校教育も大きく変わり、現在の学校生活ではなるべく生徒にストレスを与えないように教育していこうという姿勢で行われている。よって教員からもなるべく学生にはストレスをかけないような指導が求められる。高専に限らず、受験に関しても推薦入試が増え、一発勝負で望む学生は減ってきた。さらに子供の数が減っているため、スポーツでも県大会などの出場も一昔より簡単に出場でき、プレッシャーのかかる状況が以前の学生よりも格段に減っている。このため近年の学生はプレッシャーのかかる状況、ストレスに対して経験が少ないためか、ストレス耐性が極めて低いことがあげられる。旧世代がプレッシャーかなと思われぬものでも過敏に反応する。前述のように丁寧に説明しないと動けなくなる学生が出てくる。このような学生の増加はどこの高専でも同じため、数年前より商船系5校の商船学科では共同に対応することになった。

商船系高専5校で行っている海事人材育成プロジェクトのジェネリックスキルのプロジェクトの中で学生の耐ストレス性について議論がされている[5]。その中で、耐ストレス性をつけるために、コミュニケーション能力を上げることと刺激的な経験を積むことが報告されている。

これらを学内で身につけるための方法の一つとして、様々な人たちと共に学ぶことが、耐ストレス性とコミュニケーション力を向上させるものし、商船学科では、3年生と5年生と一緒に練習船実習を行った。また電子機械工学科と情報工学科では、1年生の合同実習、「プログラミングロボットを共創プログラムで競争」を行い、学科を超えた実習を行い、様々な人との関わりながら学ぶ体験をしている。その様子を図3及び図4に示す。

また、コストパフォーマンス（以後、コスパ）やタイムパフォーマンス（以後、タイパ）を非常に重視する。上述のようにデジタルネイティブの彼らは、幼い頃より映画や動画も見たいところだけ見るといった習慣がついており、自分に無駄と思われる行動や時間を極めて嫌う傾向がある。授業も教員としてこれらを十分に理解した上で、行う必要がある。「最近の学生は・・・」という言葉がよく聞かれるが、我々教員自身が今の学生に適応する必要がある。学生達は、授業内容が面白くないと感じるとコスパ、タイパの

観点から授業を聞く気にならなくなってくる。教員側として授業の意義だけでなく、伝え方も時代に合わせる必要がある。

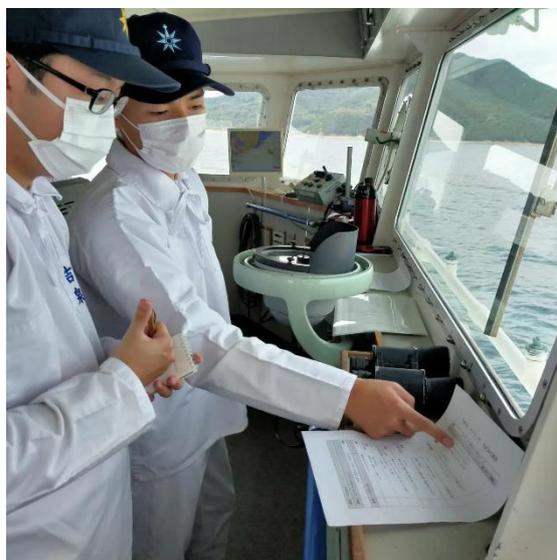


図3 複合学年による練習船実習



図4 電子機械工学科と情報工学科との合同実習

一方、本校の学生のように普通高校ではなく高専を選択するという事は、目的意識が非常に高いといえる。さらには本校のような瀬戸内海の離島にある学校であり、多くの学生が自宅から離れて寮生活を送らなければならない環境であることを理解した上で保護者から離れて暮らすことを選択したことは15歳の子供にとって非常に重大である。今日、全国で多くの高校が定員割れを起こしている現状で、彼らの自宅近くの高校へ進学することは困難でない状況を鑑みると、本校への入学目的意識は非常に強いと言える。上述のようにコスパを考えての入学であることは間違いなく、我々教職員の責任を強く感じる。

### 3. 高専の教育目標

#### 3. 1 高専の人材育成

高専は、昭和36(1961)年6月に学校教育法の一部改正により創設され、昭和37(1962)年4月に第一期校が開校されてから60年を経過した。本校でも令和5年9月23日(土)、高専制度創設60周年記念事業「高専の森」植樹式を行った。そのロゴを図5に記す。現在、国公私立合わせて57の高専が設置されている。



図5 高専制度設立60周年ロゴ

ここで先日、自民党政調会長・萩生田光一氏は、「高専の基礎的なカリキュラムは維持した上で、社会の変化に合わせて必要な人材を先回りして育てる必要がある。」と発言している[6]。我々は社会のニーズに合わせた人材を育成しなければならない、その上で本校の目標と照らし合わせ育てるべき人材を以下に確認する。

高等専門学校設置基準を再確認しておく。教育上の目的として、「第三条 高等専門学校は、学科ごとに、人材の養成に関する目的その他の教育上の目的を学則等に定めるものとする」とある[7]。さらに本校の教育方針と各学科の目的を記す。

教育方針は3つあり、「自然科学および専門技術の基礎力を身につけ、高度化かつ多様化してゆく科学技術に柔軟に対応できる人材の育成」、「身の回りの諸現象、特に海をとりまく自然・文化・歴史に好奇心を抱き、多角的に考えたり調べたりできる、独創力のある人材の育成」、「日本および世界の文化や社会に関心をもち、国際的視野でものがみられ、しかも人間として、技術者として高い倫理観をもった人材の育成」である。

また各学科の教育目標は、商船学科は、「船員教育を基盤にした海事総合科学を身につけた技術者の育成」電子機械工学科は、「ものづくりのできる実践的な技術者一計画・設計から生産・保守運用までできる技術者の育成」、情報工学科は、「情報リテラシー、情報工学の知識に加え、問題分析、解決能力を備えたシステム技術者の育成」[8]となっている。

これらを確認すると、基本的な勉強の部分はおいて

おいて、本校学生の目的として「高度化かつ多様化してゆく科学技術に柔軟に対応できる人材」や「高い倫理観をもった人材」を育成するとある。ここで倫理観について確認する。倫理観とは広辞苑によると「人として守るべき道、道徳」つまり、倫理とは、人の世の筋道、道理、もっと平たく言えば、「人間にとってふさわしいあり方や振る舞い方をいう。さらに日本ストレスマネジメント学会では倫理的なものであるかどうかは次の5つの視点で整理される[9]。

- 良識性 (マナー、社会通念に則って行動する。常識や節度ある行動)
- 誠実性 (正直に、真剣に人の為に尽くす)
- 公正性 (誰が見ても正しく、納得できる行動)
- 主体性 (見て見ぬふりをせず、当事者意識を持った行動)
- 遵法性 (法令などを守る、法の抜け道を歩まない行動)

これらを持った人材の育成を目的とする。

さらに柔軟に対応できる人材とは、その場その場で機転を効かせて行動や分析などを素早く対応出来ることや、色々な場面に臨んでその変化に応じて適当な処置が出来る性質を持つ人材のことをいう。決まっていない状況というのは多くのプレッシャーやストレスを生み、そのような中で対応していく必要がある。

上述のような人材を育成するために本校をしてどのように考えているかが常に問われている。

#### 3. 2 修学支援学生

日本学生支援機構(以後、JASSO)は2023年8月30日に「昨年度、大学や短大、高等専門学校に在籍していた障害のある学生は4万9672人で前年度から8928人増えた」とする調査結果を公表した。学生全体に占める障害のある学生の割合は1.53%(0.27ポイント増)になった。また詳細なデータとしてもJASSOの報告書の「令和3年度(2021年度)大学、短期大学及び高等専門学校における障害のある学生の修学支援に関する実態調査結果報告書」[10]を参照していただきたい。本校としても合理的配慮を必要とする学生も増加しているが、合理的配慮を申請していないグレーゾーンの学生も増加しているという感覚はある。もちろんグレーゾーンの学生を掘っておいてはならず教員全員で定期的に情報を共有している。

また、高専における現状は釧路高専の松崎俊明氏や佐世保高専の松尾秀樹氏が詳細に研究をされている。例えば発達障害への対応[11]や合理的配慮と特別支援教育の取り組みについてなど報告している[12]。

### 3. 本校での取り組み

令和 5 年度において本校学生主事室で力を入れて取り組んだ事として、学生主体の学生会活動、規則の遵守、部活動のあり方及び学生申請の DX 化があげられる。これらの取り組みは以前からも行ってきており、今年から特別に取り組み始めたわけではない。ただ例年以上により強く推進させたので、学生達からすると急に変わったのではないかと感じたと思われる。学生支援の DX 化については、自転車登録、アルバイト申請、学割申請、クラブ部員登録とこれまで学生支援係へ行き、書面で申請していたものをスマホで簡単に申請できるようにした。デジタルネイティブの彼らに柔軟に対応している。これについては、別の論文で詳しく報告する為、ここでは割愛する。

はじめに学生主体の活動についてどのように対応したかを説明する。学生主体を行う上で、まずは学生会の組織および運営方法を変えた。本校の特色として商船学科があり、また学校の 120 年の歴史から学生会を主として商船学科の学生が行ってきた歴史がある。しかしながら海技教育機構（以後、JMETS）の乗船実習が座学終了後 12 ヶ月から、2 年生で 1 ヶ月、4 年生で 5 ヶ月、6 年生で 6 ヶ月（合計 12 ヶ月）と変わったため、これまで 4 年生が中心で行ってきた学生会を商船学科が行えなくなるということが生まれた。商船学科以外が行えばいいのではあるが、当時は商船学科の 4 年生が在学する前期は商船学科、後期は電子機械工学科及び情報工学科が行うというような慣例が生まれた。しかしながら学生会の継続性という観点からすると、半期で学生会役員が替わり、学生主体と言うよりは例年通りのイベントを粛々と行っているように思えた。そこで、学生会の役員は 1 年として、継続性及び深く、学生会業務に携われる形を作った。また、商船学科の学生の継続性も考えると学生会役員の開始を後期からとして、商船学科 3 年生であれば、4 年前期まで 1 年間取り組めるとした。もちろん電子機械工学科や情報工学科の学生も参加できないということはない。さらに学生会には必ず上述の 3 学科の学生が入らなければならないように指導した。学生会役員が一つの学科に偏ることがないようにした。

一方、学則の遵守においては、学内規則は特に変えることはなく、昨年度のままとした。ただし、一部の規則の運用が規定通りになっていなかったもの厳格に運用するようにした。

厳格というところが一つ問題となっている。教員間で厳格のニュアンスに差異があり、学生は必ず緩い方に自己の基準を作るためにたびたび問題が起こる。具体的に言えば、授業中のスマホの取り扱いである。前

述のように授業では、e-ラーニングソフトの Moodle を利用しているため、ノートパソコンやスマホの利用が可能である。この際に学生が授業以外の利用を行った場合に問題が起こる。学校としては、基本使用はパワポの画面や黒板について見えにくいいため、スマホで撮るもしくは Moodle で画面を見ることは認めているが、その場合は教員の許可を取らなければならない。これをおろそかにしているところでトラブルは起きている。このような事例とは別に実際に学生は動画やゲームや SNS などをして授業を聞いていないこともある。これらが混在している状況とともに、教員の対応も異なり、スマホを巡るトラブルが多い。図 6 に高学年での授業風景を示す。前述のようにパワポをした授業であり、学生の机にはタブレットやスマホが見える。授業によって頻繁に使用する科目もある。このように学校としては、上手にスマホを利用してほしいと考えているため、一律に禁止の方向にはならないと考える。学生のマナーとモラルを植え付ける努力が必要だと思われる。



図 6 高学年の授業風景

最後に部活動のあり方では、昨年度から学生主体を進めるためにクラブ顧問は学生（部長）から依頼し、教員が主体的に承諾するという形とした。学生は自分たちが教員を選んだという自覚が生まれ、教員は承諾することによって責任がうまれる。しかしながら、教員がすべて拒否してクラブ顧問を持たない。また学生から選出されないという不公平が生じるのではないかと問題が生じる。この点について、これらの教員に関しては、大会の引率は可能であると考えて、クラブに関わらず大会の引率を行っていただく。もちろん監督業務のようなものではなく、ケガや体調不良などの健康安全対応業務を担当するということをメインで行ってもらおう。これであるとのクラブでも対応可能はずである。またそのクラブの顧問にとっても非常

事態は、その教員が行うとすれば役割分担もできると考えている。この業務はクラブ顧問を担当していない教員に寮の宿直のように順番に割り当てるとする。

また、クラブ数の減少に関しては、昨年度(令和4年度)の本校の運営諮問会議で話題となった。本校は40名定員3学科の為、専攻科を含めずに全校で600名の規模である。これに5学科規模と同様のクラブがある。このため各クラブの部員数が少ない。またコロナ禍でクラブ活動をしないという学生も増えたことも要因の一つにはなっている。さらにクラブ数と同様に教員数も関係してくる。これも小規模校の本校で現状を維持しようとする一人の教員が複数クラブを顧問することとなる。学生の活動を支援すると共に教員の働き方改革も行わなければならない。まだ改善の余地は十分すぎるほどあるが、はじめの一步のつもりで進めていくつもりである。

#### 4. まとめ

バブル世代やゆとり世代と人々は世代ごとにまとまったネーミングを考え、大人達が自分たちとは違うということを示してきた。現在のZ世代と呼ばれる彼らも好きでそのような気質になったのではない。育ってきた環境がそのようにさせているだけである。特にZ世代では、ほんの10数年前までほとんどの人が持っていなかったスマホを必需品として使用してる。スマホを使う、使わないという感覚が我々教員と学生とが大きく乖離してきていると考えざるを得ない。ただし、これも一過性で数年後には、また違う問題が生まれているのだろうと想像する。

最後に我々は、学生達に学科ごとの深い知識を教授すると共に「高度化かつ多様化してゆく科学技術に柔軟に対応できる人材」や「高い倫理観をもった人材」を育成ということを常に心に持って、変わりゆく学生の資質を見定めながら育成していくことが責務であるといえる。

#### 謝 辞

本稿のような学生の支援を行っていくにあたり、学生支援係の羽藤菜紗氏、正岡知也氏、筒井智仁氏、小林真奈美氏、若松純子氏の皆さまの日頃よりご尽力及びご協力の上で遂行できましたことを厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- [1] [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/seitoshidou/1404008\\_00001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/seitoshidou/1404008_00001.htm) (Accessed 2023/11/20)
- [2] <https://moodle.org/getinvolved> (Accessed 2023/11/20)
- [3] 原田 曜平, Z世代 若者はなぜインスタ・TikTokにハマるのか?, 光文社新書, 2020.
- [4] <https://www.mobaken.jp/project/mobile/20230410.html> (Accessed 2023/11/20)
- [5] 次世代の海洋人材の育成に関する事業海事・海洋分野の人材育成- 令和4年度報告 -
- [6] <https://www.yomiuri.co.jp/politics/20231016-OYT1T50329/> (Accessed 2023/11/20)
- [7] <https://www.yuge.ac.jp/school-guide/mission#gsc.tab=0> (Accessed 2023/11/20)
- [8] <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=336M50000080023> (Accessed 2023/11/20)
- [9] <https://plaza.umin.ac.jp/jssm-since2002/qualification/> (Accessed 2023/11/20)
- [10] [https://www.jasso.go.jp/statistics/gakusei\\_shogai\\_syugaku/\\_icsFiles/afieldfile/2022/08/17/2021\\_houkoku\\_2.pdf](https://www.jasso.go.jp/statistics/gakusei_shogai_syugaku/_icsFiles/afieldfile/2022/08/17/2021_houkoku_2.pdf) (Accessed 2023/11/20)
- [11] 松崎, 発達障害への対応~高専としてすべき事, 教員研究集会講演論文集,p291-294,2006
- [12] 松尾, 「合理的配慮」と特別支援教育の取り組みについて, 佐世保工業高等専門学校研究報告, 第57号, p7-17, 2021.

# モンゴル国ウランバートル市における大気汚染物質 の濃度測定

ダワァ ガンバット\*<sup>1</sup>, 益崎 智成\*<sup>2</sup>,  
ハヤンヒリワー サランゲレル\*<sup>3</sup>, ムンフツウヤ エレデネバット\*<sup>3</sup>

## Measuring the concentration of air pollutants in Ulaanbaatar city, Mongolia

Ganbat Davaa\*<sup>1</sup>, Tomonari Masuzaki\*<sup>2</sup>,  
Sarangerel Khayankhyarvaa\*<sup>3</sup>, Munkhtuya Erdenebat\*<sup>3</sup>,

### Abstract

An International Exchange Agreement between the National Institute of Technology, Yuge College (NITYC) and School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology (MUST) had been established in September 2014. This agreement is to promote undertaking activities for the educational exchange and cooperation in research and other related fields between the two colleges. Based on the agreement, we planned to execute a co-project, "Measurement of the air-pollution substances of Ulaanbaatar City". In this paper we report the measurement results of particulate matter (PM<sub>10</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and carbon monoxide (CO) concentrations in Ulaanbaatar city in 2022.

### 1. まえがき

弓削商船高等専門学校においては、平成 26 年 9 月、モンゴル科学技術大学・動力工学学校 (School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology, MUST) と国際交流協定を締結した。本協定では、両校の教員・研究者および職員の相互交流訪問、学生の相互交流派遣・受け入れ、共同研究と共同開発の推進などについて交流を促進することを目的としている。協定締結後、本校の教員・学生が平成 27 年 8 月に初めてモンゴル科学技術大学を訪問し、国際交流・共同研究をスタートした。その後、毎年国際交流・短期留学インターンシップをおこなっていたが、コロナの影響で令和 2 年～令和 3 年に中止になった。

コロナ前の結果として、平成 28 年 8 月 19 日～31 日に国際交流・短期留学インターンシップでモンゴル

国に行った、「ウランバートル市の大気中の粒子状物質の濃度測定」についてを [1] に、平成 28 年 11 月 2 日～11 日に国際交流・短期留学インターンシップ時に日本で実施した「上島町弓削島の大気中の粒子状物質の濃度測定」について [2] に報告した。

本稿では、コロナ後再スタートした両校の学生たちで取組んだ共同研究プロジェクト (大気汚染物質の濃度測定) の令和 4 年 (2022 年) の結果を報告する。令和 4 年の測定データはモンゴル科学技術大学・動力工学学校の教員・学生たちから提供されたものである。

### 2. 共同研究プロジェクト

#### 2. 1 共同研究プロジェクトの背景

近年、国境を越えた大気汚染は、地球規模の問題に

\*1 弓削商船高等専門学校電子機械工学科, (Department of Electronic Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Yuge College)

\*2 弓削商船高等専門学校情報工学科, (Department of Information Science and Technology, National Institute of Technology, Yuge College)

\*3 モンゴル科学技術大学動力工学科, (School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology)

発展し、環境に関する教育や研究は益々重要となっている。首都ウランバートルでは、冬になると石炭燃料による暖房や車の排気ガスによる大気汚染の問題が深刻化している。一方、日本においても、大気中の粒子状物質の健康への影響が懸念されている。このような背景のもと、本共同研究プロジェクトでは、「大気汚染物質の濃度測定」を両校の教員と学生が共同で実施することにした。

## 2. 2 大気汚染の現状

大気汚染はモンゴル全土で緊急の問題となっている。科学者や研究者らは、大気汚染が国民の健康に影響を与え、呼吸器疾患、心血管疾患、アレルギー疾患、先天性欠損症、ガンなどの多くの病気の蔓延と発症率を増加させるだけでなく、生殖に関する健康に悪影響を及ぼし、子供の免疫力を低下させることを指摘している。研究結果によると被害は悪化している。モンゴル国の大気汚染に係る環境基準を表 1 に示す。モンゴルでは、10 月末から大気の質が悪化し始める。

表 1 モンゴルの大気汚染に係る環境基準 [3]

| 大気汚染物質                 | 大気汚染に係る環境基準                 |
|------------------------|-----------------------------|
|                        | 濃度の単位を [mg/m <sup>3</sup> ] |
| 粒子状物質, PM10            | 100                         |
| 二酸化炭素, NO <sub>2</sub> | 50                          |
| 二酸化硫黄, SO <sub>2</sub> | 50                          |

大気汚染問題の発生以来、ウランバートル住民の呼吸器疾患は急増し、人口 1 万人当たりの呼吸器感染症数は 2.7 倍に増加した。過去 10 年間で大気汚染の影響を最も受けているのは子供たちであることも判明した [4]。

## 2. 3 現在の大気汚染のレベルはどれくらいか？

モンゴル国の人口のほぼ半数が住むウランバートルは、世界で最も汚染された首都の一つである。ウランバートル市の大気汚染の主な原因は、家庭や暖房ボイラーからの排気ガスの約 80%、自動車の排気ガスからの排気ガスが 10%、火力発電所からの排気ガスが 6%である。

大気汚染を軽減する取り組みの一環として、政府は 2019 年 5 月 15 日から原炭の使用を禁止する政令を出し、国民生活を支援するために改良練炭の価格を 1 トン当たり 75%引き下げる措置を講じた。2020 年は新型コロナウイルスの感染拡大と、上記決議の結果、都市近郊の 2020 年の大気汚染量は減少した。しかし、急速な都市化の進行、計画外の住宅地の造成、市内の自動

車台数の前年比 8.5% 増加などにより、2021 年にはウランバートル市内の一部の地域の大気汚染レベルが上昇した [4]。

## 2. 4 大気中の粒子状物質の濃度測定結果

モンゴル科学技術大学の教員・学生が 2022 年にウランバートル市周辺に車で移動しながら 5 カ場所を中心として大気汚染物質の濃度の測定を行った。人間や車がたくさん集まる場所とあまり集まらない場所、車の移動が多い場所と少ない場所、緑が多い場所と少ない場所など大気汚染物質の濃度が違う場所に注目し、測定場所を選んだ。一つの場所での一回の測定は 3~5 分連続して行い、データを 1 秒ごとに取得した。表 2 に測定した場所の名を示す。

表 2 測定場所の名

| 記号 | 場所名          |
|----|--------------|
| ①  | 100 Ail      |
| ②  | Baruun 4 zam |
| ③  | Misheel Expo |
| ④  | Mongol TV    |
| ⑤  | Mongol gazar |

測定を行った 5 個所での大気中の粒子状物質 (PM10)、二酸化炭素 (NO<sub>2</sub>)、二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>)、一酸化炭素 (CO) の濃度をそれぞれ図 1~4 に示す。大気汚染物質の濃度の単位を [mg/m<sup>3</sup>] で表している。

図 1 を見ると大気中の粒子状物質 (PM10)の濃度は ① 100 ail, ⑤ Mongol gazar が高く、特に風が強い 3 月・4 月、石炭を良く燃やす 10 月~12 月に著しく高いことが分かる。

図 2 から大気中の二酸化炭素 (NO<sub>2</sub>)の濃度は自動車の交通量が多い②Baruun 4 zam が年中に高いことが分かる。

④ Mongol TV の周辺には、ストーブに石炭をよく利用する人々が住んでいるため、大気中の二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) の濃度が高いことが図 3 よりわかる。特に 10 月~2 月の間は寒く石炭を燃やすため、高い数値が得られてたと考えられる。

図 4 から大気中の一酸化炭素 (CO) の濃度は 10 月~2 月の間に急に上がっていることが分かる。特に④ Mongol TV の周辺が高い数値を示す。1 月~3 月の間に同じく高い濃度を示すと考えられるがデータがないため、ここに示すことはできない。

測定場所それぞれの詳しいデータを図 5~図 9 に示す。① Zuun ail, ② Baruun 4 zam, ③ Misheel expo, Mongol gazar では大気中の粒子状物質 (PM10)

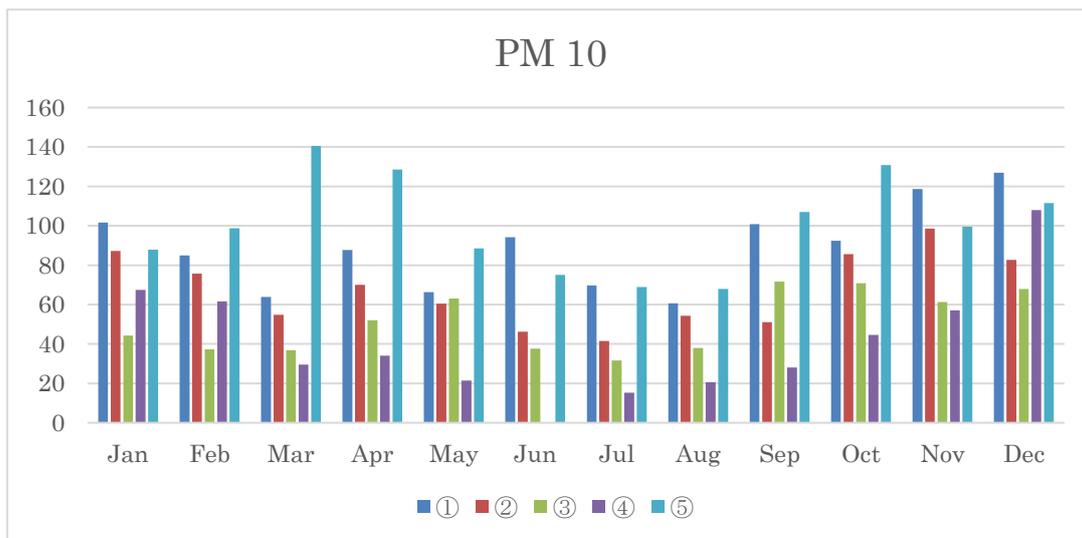


図1 大気中の粒子状物質 (PM10)

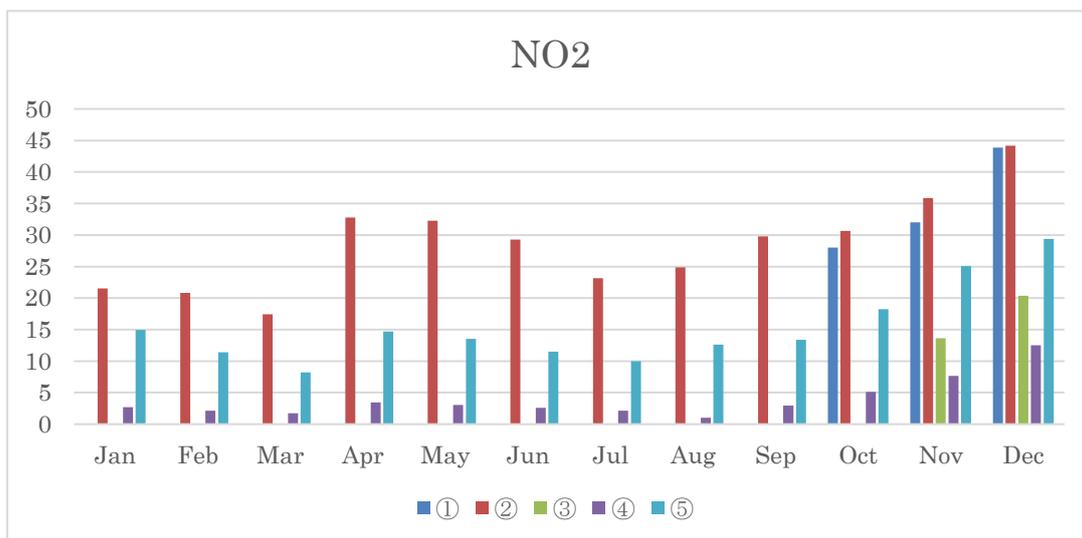


図2 大気中の二酸化炭素 (NO<sub>2</sub>)

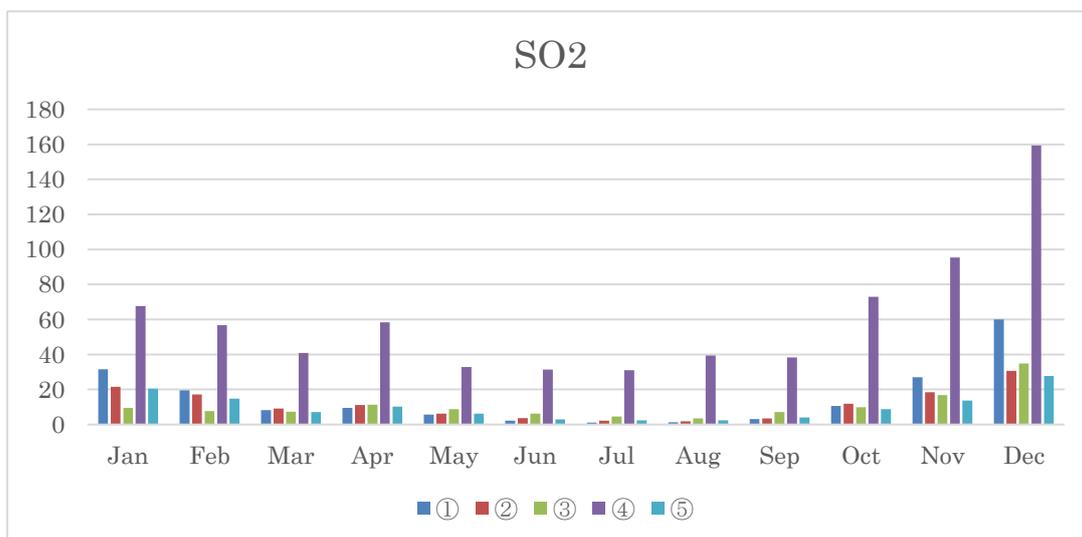


図3 大気中の二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>)

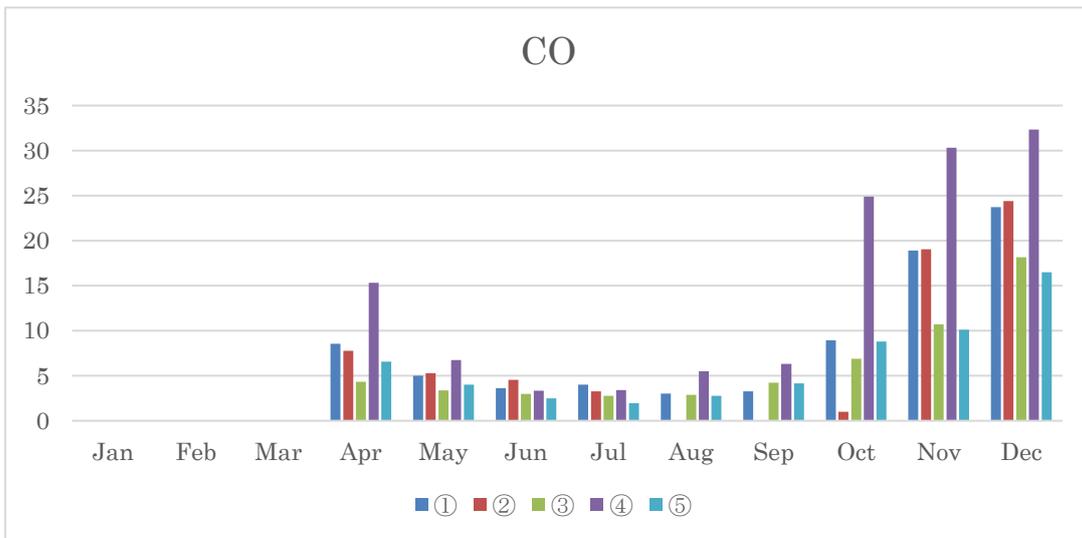


図4 大気中の一酸化炭素 (CO)

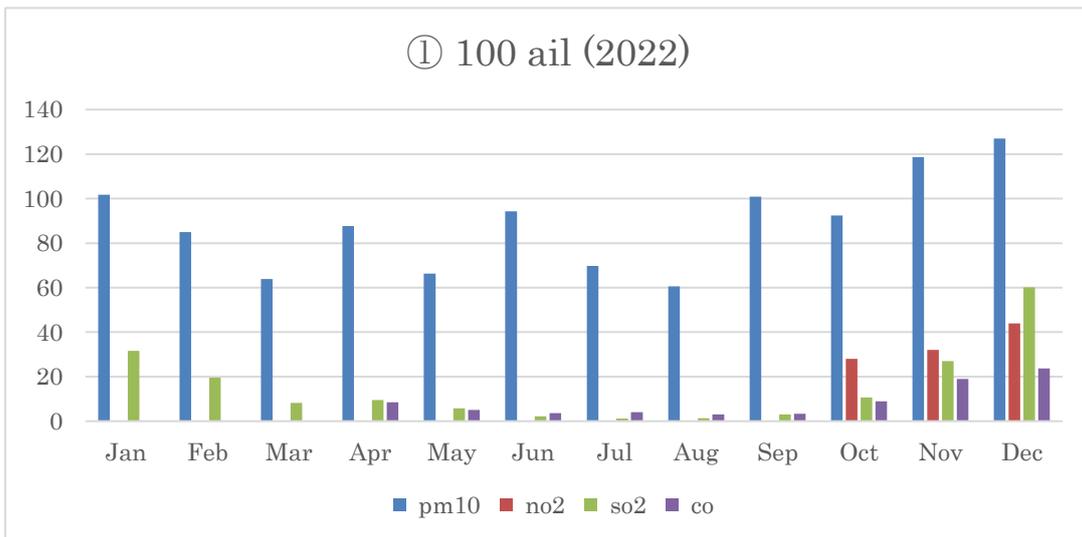


図5 大気汚染物質の濃度 (100 ail)

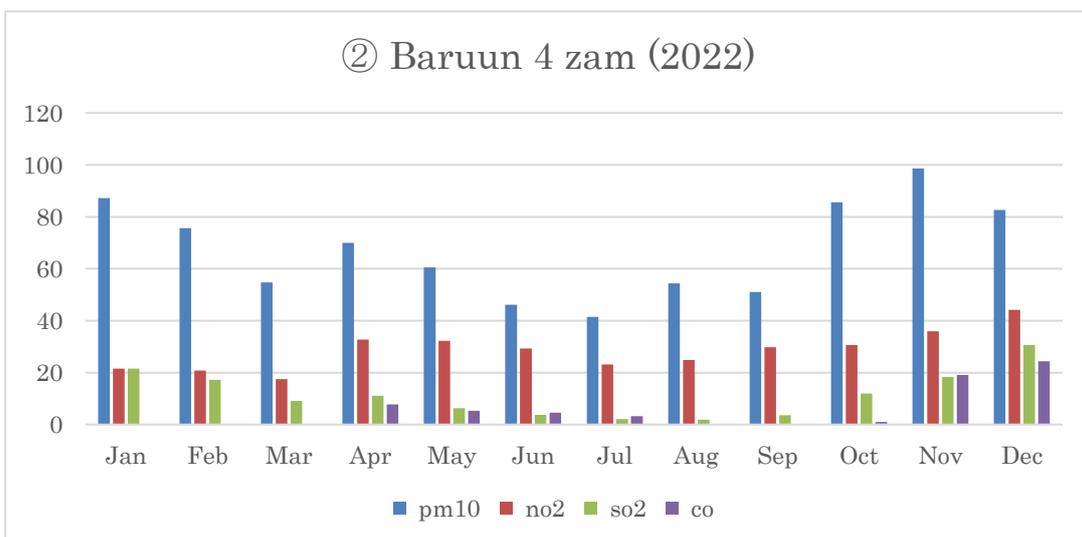


図6 大気汚染物質の濃度 (Baruun 4 zam)



図7 大気汚染物質の濃度 (Misheel expo)

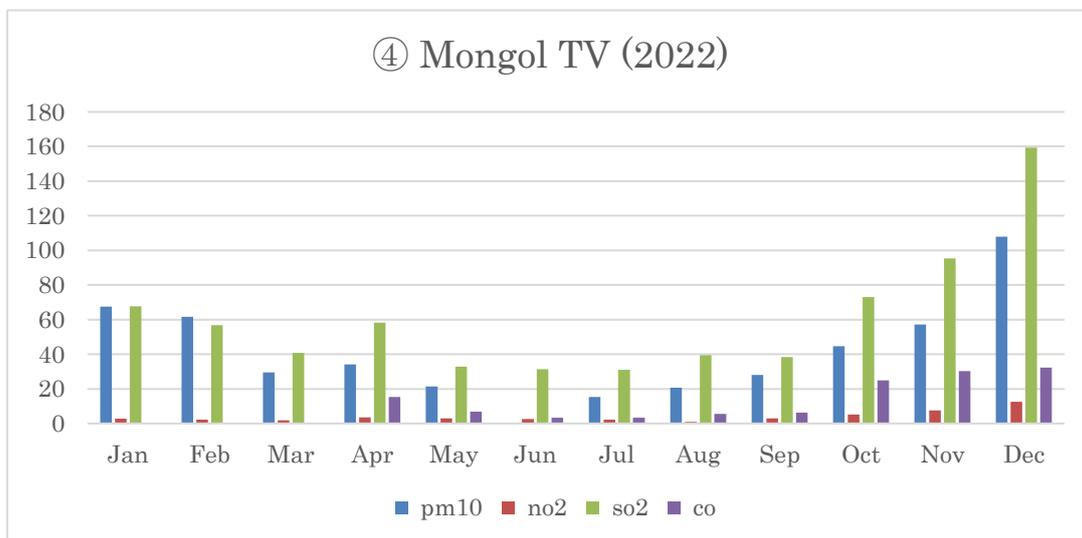


図8 大気汚染物質の濃度 (Mongol TV)

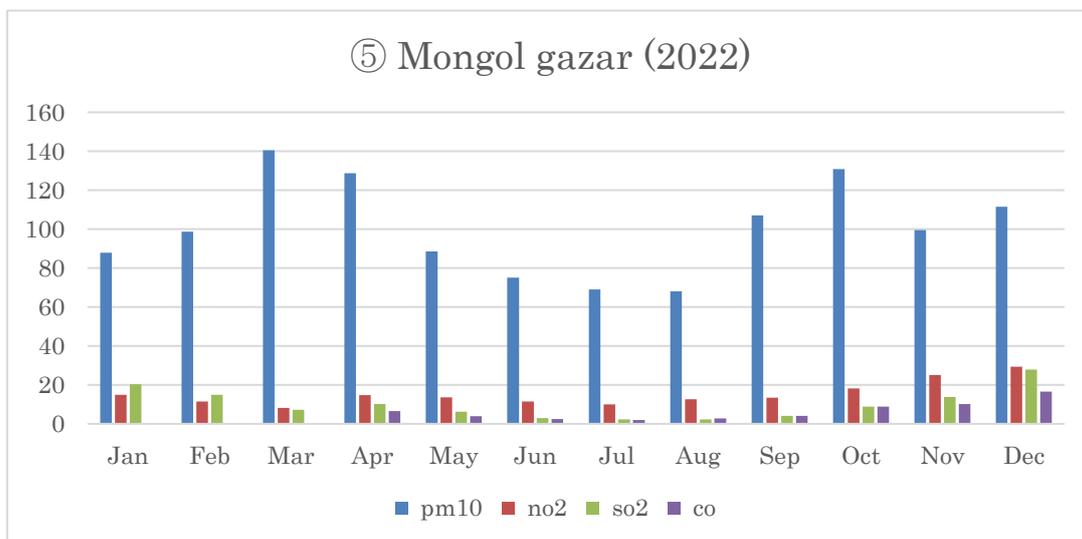


図9 大気汚染物質の濃度 (Mongol gazar)

の濃度が一番高く、④ Mongol TV 周辺では大気中の二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) の濃度が高いことが分かる。

### 3. 大気汚染を減らすにはどうすればよいか?

大気汚染は、ウランバートル住民だけでなく、世界にとっても最も差し迫った問題の一つとなっている。各国はこの状況から抜け出す方法を模索しており、一定の成果を上げている。主な方法は、活動に最小限のエネルギーを使用し、環境に害を及ぼさないエネルギーを使用することとして定義される。

ウランバートル市では、人間の呼吸レベルの大気汚染の90%が近隣家庭のストーブから排出されていると言われているが、一般的には火力発電所からの排出が90%を占めている。このことは、大気汚染を軽減するための対策をかなり広範囲にわたって実施する必要があることを示している。消費を減らしてより快適に暮らすことが主な方法であり、これを実現するには主に3つの方法があると考えられている [5]。

- [1] 消費量を定期的に監視し、非効率な消費を制限する
- [2] 経済的かつ先進的な技術を日常生活に広く導入する
- [3] 再生可能エネルギー、太陽光、風力、水力、バイオマスの利用を増やす

モンゴル国にとって大気汚染の主な原因である暖房エネルギーの消費を削減し、有効利用する機会を最大限に活用することが必要である。これには次のものが含まれる [5]。

- ・ よく燃焼し、高カロリーで、水分が少なく、熱処理された燃料の使用
- ・ 全自動ストーブと熱源の使用
- ・ 建物やアパートにおける熱損失の削減

### 4. あとがき

今後、共同研究プロジェクトによって、再スタートした大気中の汚染物質の濃度の測定をモンゴル科学技術大学 (MUST) にて継続して実施していく。将来的には、大気中の汚染物質の濃度の継続的なデータ取得による研究成果を報告すると共に、ウランバートル市民の健康に及ぼす影響を明らかにすることを期待している。

### 5. 謝辞

モンゴル科学技術大学・動力工学学校 (School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology) との国際交流の実施に伴う経費の一部は、独立行政法人日本学生支援機構 (JASSO)、弓削商船高等専門学校技術振興会「しまなみテクノパートナーズ」の国際交流の支援によるものである。

### 参考文献

- [1] ダワア ガンバット, 葛目 幸一, 藤本 隆士, ハヤンヒリワー サランゲレル, ダライ ボルドバートル, ブレンジャラガル オドンヒシグ, “ウランバートル市の大気汚染物質の測定 (一国際交流協定による文化交流・共同研究の実践一)”, 弓削商船高等専門学校紀要, 第39号, pp.63-69, (2017)
- [2] ダワア ガンバット, 葛目 幸一, 高木 洋, ジャンバル オダゲレル, 若松 純子, ハヤンヒリワー サランゲレル, ダライ ボルドバートル, アムガランバートル バットエレデネ, バダラチ バヤル スレン, “弓削島の大気汚染物質の測定 (一国際交流協定による文化交流・共同研究の実践一)”, 弓削商船高等専門学校紀要, 第40号, pp.54-62, (2018)
- [3] 気象環境分析局環境分析部, “ウランバートル市の寒い季節の大気質の状況”, Air Quality, 2023, <http://agaar.mn/article-view/1184>, (参照 2023-10-29)
- [4] 経済政策および競争力研究センター, “モンゴルの大気汚染の現状”, НОГООН ХӨТӨЧ, 2022, <https://www.nogoonhutuch.mn/a/179> (参照 2023-10-29)
- [5] G. Odgerel, “大気汚染を減らすにはどうすればよいか”, Барилга. mn <https://www.barilga.mn/n/5220/> (参照 2023-10-29)

# 機械学習を用いた外国為替自動取引システムの構築

徳田 誠\*・岡野 有志\*\*

## Machine Learning Based Construction of Automatic Trading Systems for Foreign Exchange

Makoto TOKUDA\* , Yushi OKANO\*\*

### Abstract

In recent years, the living environment after retirement has become unpredictable due to the decrease in pension benefits due to the declining birthrate and aging population. Additionally, the number of people working in unstable employment situations is increasing, and managers of major companies are making negative comments about maintaining the lifetime employment system. As a result, we have entered an era in which active asset management is required even for ordinary households. Foreign Exchange (FX) is one of the asset management tools that allows program-based automated trading. However, a good automated trading program is expensive. In addition, the trend of exchange rate fluctuations changes with time, so the degree of fitness decreases, so it must be exchanged regularly. Therefore, this study uses genetic algorithms to search for parameters that can produce the most profit from past exchange fluctuations. This system is evaluated by comparing the profit for a certain period with other automated trading systems.

### 1. 緒 言

近年、様々な理由により、結婚、出産、育児、老後生活などに関する資金面での見通しが困難になっており、一般家庭においても積極的な資産運用が求められる時代になっている。具体的には、

- 少子高齢化に伴う年金受給額の低下
- 財政健全化を目的とした消費税の増税
- 派遣社員など不安定な雇用形態で働く人の増加
- 終身雇用制度の維持に関する大手企業経営者の後ろ向きの発言

などが挙げられる。そのため、政府が、一般消費者に資産運用の習慣を定着させることを目的に、投資信託における税制面を優遇する制度を導入したり、民間企業では副業を解禁したりする動きがある。

資産運用には代表的な手段として株式投資、外国為替証拠金取引 (Foreign Exchange : FX)、金投資などがある。特に FX は「少ない資金で資産運用できる」、「24時間取引ができる」、「景気が悪くても利益が出せる」といった理由から人気が出ている。しかし、FX で資産運用を始めたとしても、上手くいかない例が多い。その要因として様々なものが考えられるが、特に投資

家の心理に起因するものが主に挙げられ、資産運用の自動化が望まれている。

近年、様々な分野において自動化されたシステムには、機械学習がよく使用されている。機械学習の手法の一種に遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) がある。GA は生物の進化の様子を情報処理に生かす手法であり、問題の解の集合を生物の個体に見立て、最適解の探索を行う。一般的な GA では、初期個体の生成、適応度の計算、淘汰 (適応度の低い個体の破棄)、交叉 (二つの個体の遺伝子を組み替え新たな個体の生成)、突然変異 (個体の遺伝子をランダムに組み替え新たな個体の生成)、適応度の再計算、といった処理を繰り返し最適解の探索を行う。応用分野は、工学だけでなく、医療や経済など幅広い分野に及び、具体的には、新幹線のフロントノーズの設計[1]や医療画像の分類[2]といったものが挙げられる。

資産運用の自動化が望まれる背景を踏まえて、本研究では、FX において機械学習により最適化された売買ルールのパラメータを用いて自動取引システムを自作する。具体的には、GA により、過去の為替変動に基づいてリスクに対する予防をしながら最も収益が得られる売買ルールを構築する。なお、このシステムでは、

\*情報工学科

\*\*専攻科生産システム工学専攻修了生

構築した売買ルールに基づく自動取引プログラムにより、実際に外国為替の売買が可能である。また、為替の値動きに関する傾向（トレンド）が変動していくことから、パラメータの定期的な更新を半自動で行う必要がある。最終的に、本システムは、FX業者が提供するデモ口座上で実際に運用した時の純利益、勝率、リスクに対する強さなどに基づいて総合的に評価される。

## 2. 外国為替取引

### 2.1 FXの特徴

FXとは、少額の証拠金（保証金）を業者（FX会社）に預託し、差金決済取引による通貨間の売買を行なう取引のことである。銀行間の為替取引は為替ブローカーを介して行うものであるのに対して、個人投資家による外国為替の売買はFX会社を通して行われる。

### 2.2 システムトレードと裁量トレード

FXで資産運用を行う際の手法には裁量トレードとシステムトレードの2種類がある。また取引の際に用いる分析手法は、各国や世界全体の景気、経済指標、金融政策、要人発言などを分析するファンダメンタル分析と、過去の時系列データを数理的に扱うテクニカル分析の2種類に分けられる。また裁量トレード、システムトレード共に言えることであるが急激な為替相場の変動による損失を回避や軽減することと、短期間で多くの収益を上げることがトレードオフの関係になっている。

裁量トレードは、相場状況に合わせて、個人の知識や経験に基づく柔軟なトレードができるというメリットがある。そのためにはファンダメンタル分析が必要となるが、経済や政治の知識が必要となるため、素人には敷居が高いものとなっている。また「早く利益を確定させたい」、「損失を取り返そう」といった心理から最終的な損失が大きくなりやすい。さらに24時間取引が行われているため、為替の変動を細かく監視せねばならず心身ともにストレスがかかる。

その一方で、システムトレードは、プログラムに基づく自動売買が可能であり裁量トレードのように感情に左右されることなく取引を行うことができる。売買ルールの構築にはテクニカル指標での分析が必要であり、自動売買のプログラムを自作する場合、プログラミングの知識も必要である。自動売買のプログラムを自作できない場合、販売されているものを購入することも可能であるが、優れた自動売買のプログラムは高価である。さらに優れたプログラムであったとしても時間が経過すると為替変動のトレンドが変わることが原因で適合度が低下するため、定期的買い換えたり

更新したりする必要がある。

### 2.3 システムトレードの現状

プログラミングの経験とテクニカル指標の知識があるなら、短期間に多くの収益が見込めるアルゴリズムの構築も可能である。実際に、インターネット上には、年利200%など多くの成功例が報告されている。ただし、短期間でそれだけの収益を得ているということは急激な為替相場の変動による損失も大きいということであり、安定した資産運用とは言い難い。以上の理由から、長期で安定した収益を上げるにはリスクとリターンバランスへの配慮が必要であり、それについて配慮した現実的なアルゴリズムが求められている。

### 2.4 テクニカル指標

テクニカル指標とは、過去のチャートのデータからトレンドや市場心理などを、様々な視点や角度から分析して指標化したもので、今後の値動きを予測するために作成された指標のことである。株価や為替の予測や分析に用いられるテクニカル指標は様々なものがあるが、ここでは本研究で使用しているRSIについてのみ紹介する。

RSI (Relative Strength Index) は「買われ過ぎ」や「売られ過ぎ」といった現在の相場の相対的な強弱を百分率(%)で表したものである。RSIは以下の式によって求められる。

$$RSI[\%] = \frac{\bar{U}}{\bar{U} + \bar{D}} \times 100 \quad (1)$$

ここで $\bar{U}$ と $\bar{D}$ は過去 $n$ 日間の値上がり幅の平均および過去 $n$ 日間の値下がり幅の平均を指す。次に、図1に為替データとRSIの変動を示す。図1のようにRSIの値が30%~70%を外れた為替変動は、為替の昇降の傾向が半転する確率が高い。そのため一般的には30%より下の数値は「売られ過ぎ」、70%より上の数値は「買われ過ぎ」と判断される。本研究におけるパラメータ $n$ は考案者であるJ.W.ワイルダー氏が最適とする14を採用している。

### 2.5 評価項目

本システムを評価する際に使用する項目について記述する。

- 最大ドローダウンは、システムの運用期間内で資産の最大値から最小値の差（最大損失幅）を割合(%)で表したものである。この数値はリスク管理の参考として扱われ、低いほど良いシステムとして扱われる。基準としては20%以下が良いとされる。
- プロフィットファクターは、総利益が総損失の何

倍かを示す指標である。この数値が高いほど、小さい損失で利益を得られるシステムということになる。プロフィットファクターの値は 2 以上が理想とされている。

- リカバリーファクターは、リスクに対してどの程度のリターンが期待できるかを示す指標で、リスクリターン率とも呼ばれる。純利益を最大ドロウダウンで割ることによって得られ、5年間のリカバリーファクターが 10 以上になることが良いとされている。



図 1 為替データと RSI の変動

### 3. 機械学習を用いた外国為替自動取引システム

#### 3.1 システムの概要

本研究における目的は、経済や政治上の事象による急激な為替変動による損失に対応しつつ、大きな利益を上げることである。このために、外国為替のトレンドが移り変わるタイミングを予測し取引を開始するアルゴリズムの構築が必要である。取引を開始するタイミングとして RSI を、取引を終了し損益を確定させるタイミングとして損失許容幅と利益確定幅を売買ルールとして使用する。また損失を抑えるために、後述の GA の学習に用いたデータの期間内において、為替の最大変化量に基づく損失が初期資産の 20% を越えないように、1 度に行える取引額を制限する。これは運用の際に最大ドロウダウンが 20% 以下になるよう配慮して設定した。この売買ルールを過去の学習データ（為替変動の時系列データ）に適用し、最も利益を上げる売買ルールを探索する。そこで得られた売買ルールを FX 業者のデモ口座上で動作させ、投資シミュレーションを行う。なお、本研究では、通貨ペアとして米国ドルと日本円の組み合わせのみを対象とする。提案手法における大まかな処理の流れを図 2 に示す。学習時における各個体の適応度（評価関数）は、売買ルールを過去の学習データに適用した際の純利益によって評価

しており、適応度が大きいほど評価も高くなる。

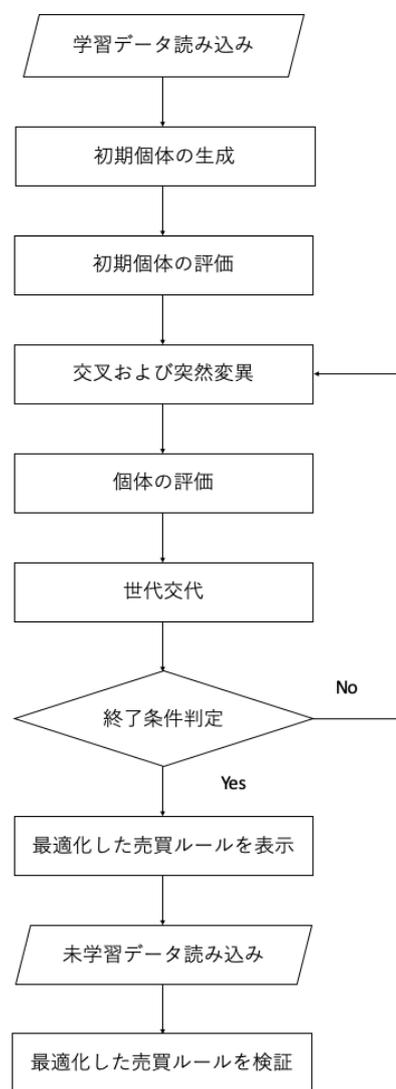


図 2 システムの流れ

#### 3.2 遺伝的アルゴリズム

本研究で探索する売買ルールのパラメータを、表 1 に示す。2.4 節で説明したように、RSI は、相場の相対的な強弱を表す。そのため RSI によって「買われすぎ」や「売られすぎ」という相場の傾向を読み、取引開始のタイミングを計る。そして損失許容幅や利益確定幅によって、損失を減らし利益が増えるような取引の終了のタイミングを探索する。

また、交叉を行う際のアルゴリズムは遺伝子を実数型で表現しているため、親個体に基づいて新たな値を生成するブレンド交叉 (Blend Crossover :  $BLX \cdot \alpha$ ) [3] を適用する。突然変異はブレンド交叉のランダム性から実装していない。また、世代交代の仕方は解の多

様性をもたせるために MGG (Minimal Generation Gap : MGG) [4]に基づいている。

表 1 探索する遺伝子

| 番号 | 役割                   | 範囲         |
|----|----------------------|------------|
| 1  | RSI がこの値を上回ると取引を開始する | 50~100 (%) |
| 2  | RSI がこの値を下回ると取引を開始する | 0~50 (%)   |
| 3  | この値の利益が出たら取引を終了する    | 0~1 (円)    |
| 4  | この値の損失が出たら取引を終了する    | -1~0 (円)   |

### 3. 3 実行環境

今回、投資シミュレーションの環境としてオANDA社[5]のデモ口座を採用している。FX 業社の多くは、利用者が短期間で取引を繰り返すことによるサーバの負荷を懸念してシステムトレードを禁止している。その一方で、オANDA社は、システムトレードを容認しているだけでなく、為替情報へのアクセスや取引を行うための API を公開しており、自動取引プログラムの開発が行いやすい。

### 3. 4 学習データ

取引判断の間隔が、短期、中期、長期に応じて、スキャルピングトレード、デイトレード、スイングトレードに分類される。本研究では、米国ドルと日本円との通貨ペアにおける 5 分足 (5 分ごと) の為替データを使用する。これは、スキャルピングトレードに属する。以下に、その特徴を示す。

- 取引の機会が多くなり、その分利益が出やすくなる。
- 心身のストレスが大きくなる。
- サーバに負荷をかけていると判断され業者により取引を中止させられる可能性がある。
- 細かい為替変動にも反応してしまうため RSI の値の信用が下がる。

このような理由から 5 秒足など極端なスキャルピングトレードを避けつつ、その利点を生かす目的で 5 分足のデータを使用する。なお、学習で使用する過去のデータ数を長く設定すると、多様なトレンドを踏まえたパラメータが取得できる反面、データ数が多くなり、個体を評価する際の処理時間が長くなる。そのため、5 分足データの学習期間は 3 週間 (約 5,000 データ) と

### 3. 5 売買ルールの検証

一般的に GA により獲得したパラメータセットの良し悪しは、既学習のデータではなく未学習のデータへの適応結果で評価される。具体的には、過去のデータを 2 分割し、より過去のデータセットで学習し、より現在に近いデータセットを検証に充てる。デモ口座における取引では、シミュレーションにおいて過去のデータで学習したパラメータを、リアルタイムで行われる取引に適用し、その有効性が検証される。

## 4. シミュレーション結果

過去の為替データを学習用と検証用に分割し、本手法に適用することにより、その有効性を検証する。主な条件は、次の通りである。

- 学習期間は、2017 年 7 月 1 日~21 日の 3 週間における 5 分足のデータを使用する。
- 検証期間は、2017 年 7 月 24 日~8 月 11 日の 3 週間における 5 分足のデータを使用する。
- 初期保有資産は、100 万円とする。
- 投資金額は、1 万円単位で売買する。

なお、上記の期間は、為替の変動が強い上り、一定の範囲での揉み合い相場、強い下りと様々な変動をしている期間を条件に選定されている。図 3 に最適化の様子を示す。これをみると、初期段階では評価関数が上昇していくが、それ以降は上昇が緩やかになり、評価関数が収束しているのがわかる。表 2 に最適化の結果得られた売買ルールのパラメータ (GA における最優良個体の遺伝子情報) を示す。

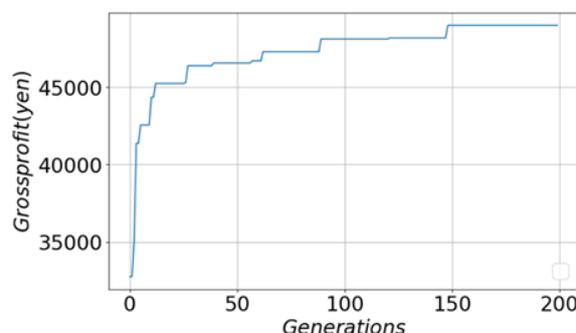


図 3 5 分足データにおける最適化の様子 (横軸 : 世代, 縦軸 : 評価 (純資産))

表2 最適解

| 番号 | 役割        | 値         |
|----|-----------|-----------|
| 1  | 買われすぎシグナル | 83.15%    |
| 2  | 売られすぎシグナル | 35.54%    |
| 3  | 利益確定幅     | 0.3301 円  |
| 4  | 損失許容幅     | -0.7119 円 |

図4に最適な売買ルールによる既学習の為替相場における取引の様子を示す。これを見ると為替が下がるときの変化量が上がる時の変化量よりも大きいことがわかる。また利益を得ている取引は為替が下がっている時が多い。そのためGAでは為替の下りに合わせて調整されたと考えられる。また表2の損失許容幅、利益確定幅を見ると損失許容幅の方が大きくなっており、利益が出ているときは早めに利益を確定するが損失は長めに確定するまでの時間を取っていることが分かる。次に、検証期間（未学習データ）に適用させた時の様子を、図5に示す。



図4 学習期間における資産の変動（横軸：日付、左縦軸：為替相場、右縦軸：資産、青線：為替相場、赤線：資産）



図5 検証期間での資産の変動（横軸：日付、左縦軸：為替相場、右縦軸：資産、青線：為替相場、赤線：資産）

これを見ると検証期間の8月7日からの1週間は学習期間の為替価格の変動に似ている。そのため順調に資産が増えていると考えられる。また為替価格の下りに合わせて調整しているため、7月26日からの一週間など為替が下がっている時には利益が出せている。しかし8月4日のように為替が上がっている時は対応ができておらず損失が出ている。上記のことから、学習期間よりも資産の増加量は減っているもののパラメータの調整は良好にできていると判断できる。

### 5. リアルタイム取引の結果

2019年8月10日から2019年12月12日の約4ヶ月の間、提案手法をデモ口座上で運用した。またGAによる最適なパラメータの探索は、3週間ごとに行うことにより、常に現在のトレンドに即した売買ルールで取引される体制で行った。

図6にデモ口座上で運用した際の資産の変動を示す。これを見ると一時期は資産が初期資産を下回っているものの、9月以降は順調に利益が伸びていることが分かる。また10月8日付近の大きな為替の変動では上昇、下降に合わせて大きく利益を上げており、GAによる探索が良好に行えている。しかし米中の貿易問題に起因した8月29日のような急な下落にはあまり対応できていない。そのため提案手法のようなテクニカル分析のみでの取引では、政治的な要因から生じた急な変化には対応しにくいと考えられる。



図6 5分足のデータでの運用結果（横軸：日付、左縦軸：為替相場、右縦軸：資産、青線：為替相場、赤線：資産）

次に、表3にデモ口座上での取引を分析したものを示す。これを見ると勝率は約50%になっている。しかしプロフィットファクターを見ると利益が損失の約2倍になっていることが分かる。このことから損失許容幅と利益確定幅の探索が良好に行えており、損失を減

らし利益が増えるようなタイミングで取引を行っていると考えられる。ところで、リカバリーファクターは1.960とあまり良くない数値になっている。しかし、提案手法を5年間運用した場合、最大ドローダウンが変わらず利益を同じだけ得られたと仮定するとリカバリーファクターは約40となり、あくまで目安ではあるが安定した取引ができていると考えられる。

表3 リアルタイム取引の評価

| 評価項目        | 運用結果    |
|-------------|---------|
| 損益          | 60,840  |
| 利益          | 129,790 |
| 損失          | 68,950  |
| 勝ち取引数       | 17      |
| 負け取引数       | 15      |
| 勝率          | 0.531   |
| 最大ドローダウン    | 3.345   |
| プロフィットファクター | 1.882   |
| リカバリーファクター  | 1.960   |

## 6. 結 言

本研究では、機械学習によりFXにおける売買ルールのパラメータを最適化させる自動取引システムを自作した。具体的には、急激な株価変動に対してもある程度頑強で、かつ最も収益が得られる売買ルールを、GAを用いて構築した。そして、その売買ルールをも

とにシミュレーションとデモ口座の2種類の環境において、自動取引プログラムによる外国為替の売買を行った。デモ口座上で提案手法を運用した結果、年利に換算すると約25%と大幅な利益を得られた。リカバリーファクターで算出されるリスクに対する頑強さにおいても良好な結果が得られた。そのため当初の目的であった長期で安定した資産運用に提案手法が有効であると示せた。

今後の課題として売買ルールにRSI以外のテクニカル指標を増やす検討や、ユーロと米国ドルの通貨ペアなど異なる通貨ペアによる取引の検討を行ってきたい。

## 参考文献

- [1] 坂上啓：N700系新幹線電車とその省エネルギー効果について，精密工学会誌，Vol.76，No.1，pp.91-95，2010.
- [2] 原武史・藤田広志・津坂昌利・澤田 道人：胸部X線 CT 画像のスライス面の自動分類 遺伝的アルゴリズムを用いた方法，医用画像情報学会雑誌，Vol.11，No.3，pp.41-45，1994.
- [3] L.J.Eshleman and J.D.Schaffer：Real-Coded Genetic Algorithms and Interval-Schemata, Foundations of Genetic Algorithms, pp.187-202, 1993.
- [4] 佐藤浩・小野功・小林重信：遺伝的アルゴリズムにおける世代交代モデルの提案と評価，人口知能学会，Vol.12，No.5，pp.82-92，1996.
- [5] オANDA社，<https://www.oanda.jp>
- [6] 樋口隆英・筒井茂義・山村雅幸：実数値 GA におけるシンプレクス交叉の提案，人工知能学会論文誌，Vol.16，No.1，2001.

# 二輪倒立振り子型移動体の走行および姿勢制御 に関するアルゴリズムの考察

徳田 誠\*・山本 美奈子\*\*

## Algorithm Considerations about Traveling and Attitude Control of The Inverted Pendulum Robots with Two Wheels

Makoto TOKUDA\* , Minako YAMAMOTO\*\*

### Abstract

In an area of software manufactures, the functional designs are carried out in advance. However, products implemented programs might not behave as planned because of the external factors. In this case, to bridge the gap between ideal and reality, problem-solving abilities and problem-finding abilities based on try and error, or data analysis are required. The hands-on experience is then very important for engineers to improve these abilities. On the other hands, in order to reach this stage, it is necessary to have extensive knowledge such as mechanical engineering, electrical engineering, electronic engineering, hardware, and various material processing. Therefore, such environment cannot be easily obtained.

In this study, “Development of algorithm about traveling and attitude control of the inverted pendulum robots with two wheels” is tackled with LEGO Mindstorms NXT. In particular, traveling functions such as the line-trace and the angle control are employed, and also the auxiliary function to prevent falls by seesaw is implemented.

### 1. 緒 言

プログラミングによるものづくりでは、事前に機能設計を行うが、製品にプログラムを実装して動かしてみると外的要因などにより振る舞いが思い通りにいかないことがある。この場合、理想と現実とのギャップを解消するため、データ解析や試行錯誤などに基づく問題発見力や問題解決力が必要となる。技術者には、これらの能力を磨く実践的な体験が非常に重要であるが、この段階に至るまでには、機械工学や電気電子工学といったハードウェアに関する幅広い知識が必要だったり、様々な加工を経る必要があったりするため、手軽にはこのような環境は得られない。

ところで、LEGO Mindstorms NXT[1] (以下、NXT) というロボティクス教材がある。これは、ものづくりの工程のうち、ソフトウェア開発とそれをハードウェアへ組み込む部分だけを手軽に経験できる教材として小学校から企業における新人教育まで幅広く活用されている。NXT を利用して、設計、開発、実験、評価、

および改良といったPDCAの工程を繰り返し経験することで、実践的なプログラミング技術の習得が期待できる。

そこで、本研究では、NXT を用いた二輪倒立振り子型移動体の走行および姿勢制御に関するアルゴリズムの開発に取り組む。移動体の大まかな仕様は次のとおりである。

- 光センサやジャイロセンサなどのセンサ類を有する。
- 2つのタイヤを駆動させるためのサーボモータが装着されている。
- 倒立機能[2]をもっている。
- 初期状態では走行機能はない。

また、この取り組みにおける目標を次に挙げる。

- ライントレース（線に沿った走行）や角度制御を行う走行機能を付加する。
- 障害物による転倒を防止する倒立補助機能を実装する。

作成したアルゴリズムは、障害物の走行成功率や

\*情報工学科

\*\*専攻科生産システム工学専攻修了生

Bluetooth によって取得したデータに基づいて定量的に評価され、結果に応じて成果物に改良が加えられる。

## 2. 開発環境

### 2. 1 移動体とコース

本取り組みで使用した移動体を図 1 に示す。大きさは、縦 25.0cm, 幅 18.5cm, 奥行 13.5cm (尻尾を畳んだ場合) である。移動体の仕様および素材は参考文献 [2] に基づいており、NXT で制作されている。NXT はセンサ類が豊富であり、ものづくりの教材に適している。移動体に搭載したセンサおよびモータを表 1 に示す。また、初期プログラムでは倒立機能のみ実装されており、走行はできない。さらに、この倒立機能だけでは、路面上の段差や傾斜に対応できず転倒する場合があります。転倒すると自力で倒立状態に復帰することはできない。したがって、本研究では、この移動体に倒立機能の補償器ならびに走行機能を実装する。



図 1 移動体 (二輪と尻尾による 3 点倒立の様子)

この他の仕様として、電源は単三電池 6 本を使用しているが、表 1 で述べたセンサやモータの動作精度は、電池の電圧値によって変わる。電圧値が高いほど、センサはコースの細かなしわや外乱光に対して敏感に反応する。そして、モータは PWM 出力値の細かな変化に対応し、急停止することも可能である。反対に、電圧値が低いと、モータの馬力は小さくなり、段差を上りにくくなる。そのため、走行させる前に適当な電圧値であるか確認する必要がある。また、Bluetooth を内蔵しているため、Bluetooth のドングルとして Abe UB22S を使用する。コースは白い布に幅 20mm の黒い線が描かれている。その上に障害物として後述するシーソーを設置する。

表 1 搭載したセンサとモータ

| 名称 (搭載場所)      | 説明  |
|----------------|---|
| 超音波センサ (頭部)    | 超音波の発信から受信までの時間を基に、物体との距離[cm]を測る。距離は 0cm から 250cm まで測定できる。    |
| 光センサ (両輪間)     | 赤外線の反射具合で色の明暗を測定し、光センサ値として独自に算出された数値を返す。色が黒に近いほど、光センサ値は大きくなる。 |
| タッチセンサ (左肩)    | センサに搭載しているボタンが押されたかどうかを判断する。押された場合は 1 を、押されなかった場合は 0 を返す。     |
| ジャイロセンサ (右肩)   | 移動体の角速度を測定する。移動体を直立にしたときのジャイロセンサ値は各移動体によってやや異なる。              |
| サーボモータ (両輪と尻尾) | モータの回転とその回転角の計測を行う。モータの回転速度は後述の PWM 出力値によって制御されている。           |

### 2. 2 ソフトウェア

移動体の開発において使用したソフトウェアを表 2 に挙げる。また、プログラミング言語として、C 言語を用いた。これらの環境設定の詳細については、参考文献 [3] に記述されている。

表 2 使用ソフトウェア一覧

| ソフトウェア名                 | 用途  |
|-------------------------|---|
| Eclipse                 | ソフトウェア開発環境とエディタとして使用する。                             |
| Cygwin                  | GNU の開発ツールをはじめとする UNIX ツールを Windows 上で動作させるために使用する。 |
| NxtLogger               | 移動体のログ取得に使用する。                                      |
| GNU Compiler Collection | C 言語のコンパイルに使用する。                                    |
| nxtOSEK                 | NXT の実行環境として使用する。                                   |

### 3. 要素技術

#### 3. 1 姿勢制御

移動体は、振子を逆さにした構造で重心は上部にある。それにより、常に上部が前後に不安定となるため、安定化させる制御が必要である。本研究では、基本的な姿勢制御を、参考文献[3]にある姿勢制御関数を使用することで実現している。これにより、平地の走行や軽度の衝撃であれば移動体の姿勢を安定化させることができる。しかし、段差や傾斜などの障害によっては、この姿勢制御関数に対して補償器を付加する必要がある。姿勢制御関数は、図2のように6個の入力値を用いて両輪のモータに対する回転速度（PWM 出力値）を算出する。入力値と出力値について表3と表4に記す。

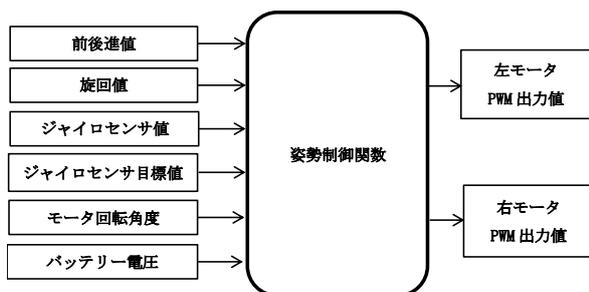


図2 姿勢制御関数の入出力値一覧

#### 3. 2 走行

##### 3. 2. 1 PID制御

PID 制御[4]とは、比例 - 積分 - 微分制御のことである。また、現在、過去、未来（予測値）の制御偏差（目標値と制御量の差分）に基づいて制御を行う最もポピュラーな制御法である。PID 制御に含まれ3つのパラメータ $K_p$ （比例ゲイン）、 $K_i$ （積分ゲイン）、 $K_d$ （微分ゲイン）を適切に設定する必要がある。PID パラメータのチューニング手法として、様々な手法が提案されているが、今回は制御対象の物理モデルが正確にわからない場合に有効な限界感度法[5]を用いた。

コースを走行するにあたってPID制御を採用した要素技術として、ラインに沿って走行するライントレース走行と移動体を目標方向に向かって走行させる角度制御走行の2つがあり、これらについて述べる。

表3 入力値の説明

| 入力値        | 説明   |
|------------|--|
| 前後進値       | 前後進するときの速度を設定する。前進する場合は正数、後進する場合は負数を設定する。停止する場合は、0に設定する。                 |
| 旋回値        | 旋回するときの速度を設定する。右旋回する場合は正数、左旋回する場合は負数を設定する。直進する場合は、0に設定する。                |
| ジャイロセンサ値   | 現在のジャイロセンサ値を代入する。姿勢制御関数はこの値をジャイロセンサ目標値に収束するように両輪モータの PWM 出力値を調整する。       |
| ジャイロセンサ目標値 | 収束させたいジャイロセンサ値を設定する。直立姿勢時のジャイロセンサ値を目標値として設定することで、その状態を保ちながら走行することが可能である。 |
| モータ回転角度    | 現在の左右モータの回転角度 [deg]を入力する。  |
| バッテリー電圧    | 現在のバッテリー電圧値[mV]を入力する。  |

表4 出力値の説明

| 出力値          | 説明   |
|--------------|--|
| 左モータ PWM 出力値 | サーボモータの回転速度を設定する。値は姿勢制御関数によって与えられるが、直接設定することもできる。値の範囲は-100 から 100 までである。 |
| 右モータ PWM 出力値 |  |

##### 3. 2. 2 ライントレース走行

ライントレースとは、コースに描かれたラインを読み取り、ラインに沿って走行することである。今回、ラインの読み取りには光センサによる路面の明るさ（輝度）を用いた。厳密には、黒色で描かれたラインと白地とのエッジ（境界部分）に沿ってトレースが行われる。ここで、白と黒のエッジにおける輝度をしきい値と設定する。読み取った光センサ値は、PID 制御によって移動体の旋回値の決定に利用される。なお、本研究では、黒線の右側のエッジをトレースするように実装した。この場合、移動体はラインの左側に移動してしまうと、ラインを見失ってしまい、ライントレー

ス走行ができなくなる。

### 3. 2. 3 角度制御走行

角度制御走行とは、移動体の走行方向を指定の絶対角度に制御しながら走行させることである。そのため、コース上にラインがなくても所望の方向への移動が可能となる。プログラム上では旋回値を 0 にすることで直進走行になるが、実際には徐々に旋回してしまう。これは、サーボモータの製造精度や部品の摩耗などにより、同じ値に設定しても両輪で実際の回転角速度にわずかながら違いが生じるためと考えられる。したがって、正確に直進走行をさせるためには角度制御のような工夫が必要である。本研究では、角度制御を行うための制御手法として PID 制御を用いており、目標値、操作量、制御量は、それぞれ指定の絶対角度、旋回値、現在の移動体の走行方向である。ただし、移動体の走行方向や指定の絶対角度については、後述の自己位置推定によって算出される推定値である。

### 3. 2. 4 自己位置推定

自己位置推定とは、走行中の移動体の座標位置と走行方向を計算によって推定する手法である。自己位置を求めるにあたって、各車輪のサーボモータの回転角速度を用いる。ただし、車輪の滑りを考えていないことや、各モータの性能の違いにより推定値の誤差が蓄積される。このことから、正確な位置座標が既知の地点において、自己位置推定によって算出される位置座標に修正を行うことが有効である。

## 4. 適用事例

姿勢制御、ライントレース走行、角度制御走行などを組み合わせ、実際に障害物の攻略を行った。具体的な障害物としては、比較的難度の高いシーソーの攻略に取り組み、そのアルゴリズムと結果について述べる。

### 4. 1 シーソーの形状とコース

シーソーの概観を図 3 に示す。シーソーは、長さ 480mm、幅 300mm、厚さ 14mm の木製合板で作られている。支点となる軸は、図中における板の右側から 200mm の位置に取り付けてある。また、トレース用のラインとして幅 20mm の黒色の紙テープが貼られている。次に、走行コースを図 4 に示す。黒い点線の枠はシーソーの土台と同じ寸法であり、ここにシーソーが設置される。



図 3 シーソーの概観

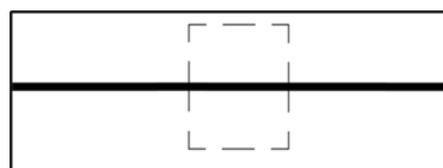


図 4 走行コース

### 4. 2 走行目標とアルゴリズム

シーソーの走行目標とそれを実現するためのアルゴリズムについて述べる。走行目標は、シーソー上において移動体を前後進させることによって、板の終点を路面に接地、始点を接地、終点を接地の順に行ってからシーソーを下りることである。ただし、この間、移動体は路面に接触してはならない。表 5 に移動体の振る舞いを示す。また、開発した走行アルゴリズムは、表 6 の走行設定とモード切り替え位置に基づいて、以下の走行モード(1)~(7)の順に実行される。

- (1) シーソーに上がると同時に、シーソーに接触したことを衝撃で検知し、走行モードを切り替える。
- (2) シーソーの支点 (表 5 中の赤丸) を越えると、シーソーの傾きが急に下りになるため、行き過ぎないように自己位置推定を用いてシーソー上の走行距離を計測する。始点から 260mm まで走行したらシーソーを下るモードに切り替える。
- (3) 減速して進み、途中でシーソーの傾きが下りに切り替わると、終点接地が完了する。シーソーの傾きが下りに変化した直後に後進を行うモードに切り替える。
- (4) 後進する際は角度制御を用いて直進走行を行う。ライントレース走行を行わない理由として、光センサが移動体の中心よりも前方に取り付けられていることが挙げられる。前進するときは、これからトレースするラインを読み取ってから旋回値を算出できるが、後進するときは、移動体がすでに通過した後の黒線を光センサが感知することになるため、うまくラインをトレースできない。後進する速度は、往路と同様に始点から 351mm

- の位置で低下させる。そして、始点から 80mm のところまで後進し、シーソーの始点が接地した直後に、前進するモードに切り替える。
- (5) 始点接地が発生すると、急激なジャイロセンサ値の変化で移動体が転倒しないようにするため、自動的に急ブレーキがかかる。これにより、多少ラインから外れてしまうことがあり、始点接地後、
  - (6) ライントレース走行をしつつ、移動体が路面に着地した時の衝撃に備えて低速でシーソーを下る。
  - (7) シーソーから下りると、自己位置の修正を行う。
- 移動体は黒線の左右どちら側にいるかわからない。そこで、始点から 351mm までは角度制御走行を行う。

表5 シーソー走行時の振る舞い

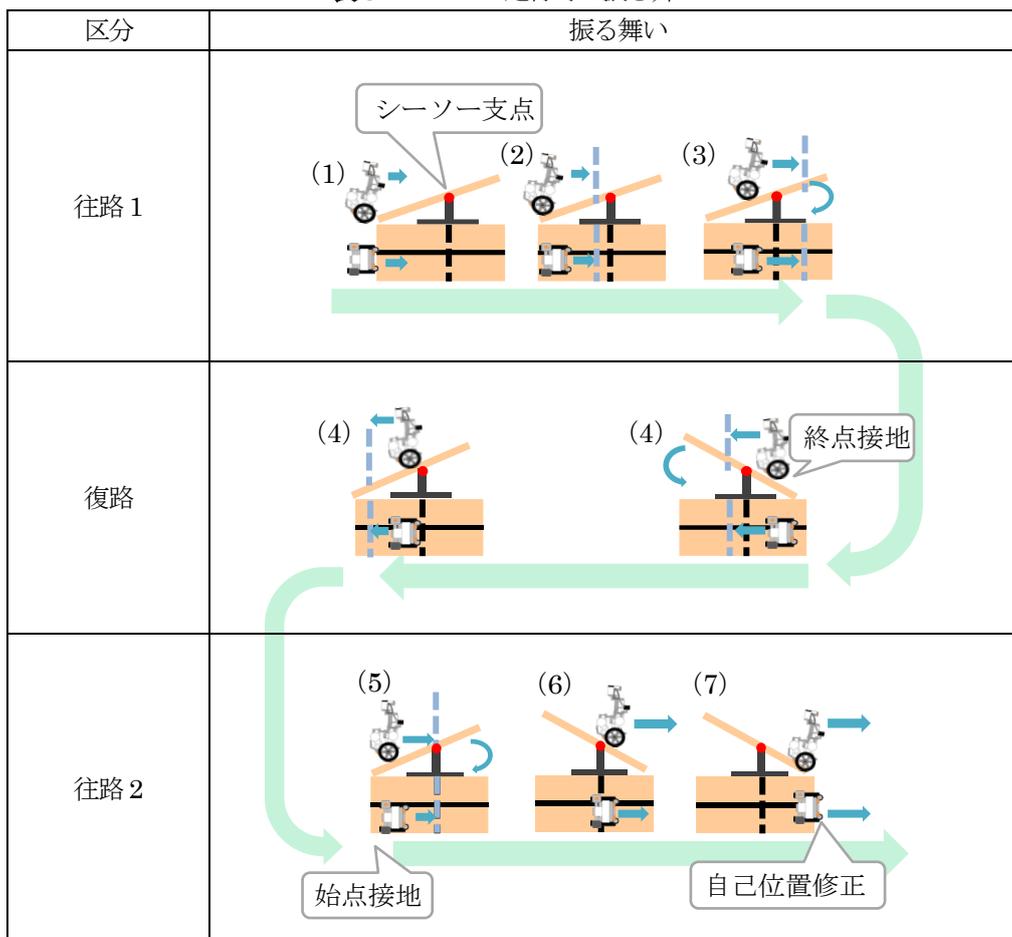


表6 走行設定とモード切り替え位置

| 区分  | 前半      |    | 後半      |    | 切り替え位置[mm]<br>(始点からの距離) |
|-----|---------|----|---------|----|-------------------------|
|     | 走法      | 速度 | 走法      | 速度 |                         |
| 往路1 | ライントレース | 通常 | ライントレース | 低速 | 260                     |
| 復路  | 角度制御    | 通常 | 角度制御    | 低速 | 351                     |
| 往路2 | 角度制御    | 通常 | ライントレース | 低速 | 351                     |

上記の走行アルゴリズムでは、自己位置推定による移動距離に基づいて走行モードの切り替えを行っている。シーソーは急激に傾きを変えるため、ジャイロセンサで衝撃を検出してからでは移動体の姿勢制御が間に合わず、急発進、シーソーからの落下、移動体の転倒などが起きる。試走として、スタンバイ時の電圧値を約

88[mV]に調整し、モード(3)から(4)、モード(4)から(5)での前後進の切り替えをジャイロセンサ値で行ったところ、図5のような結果になった。

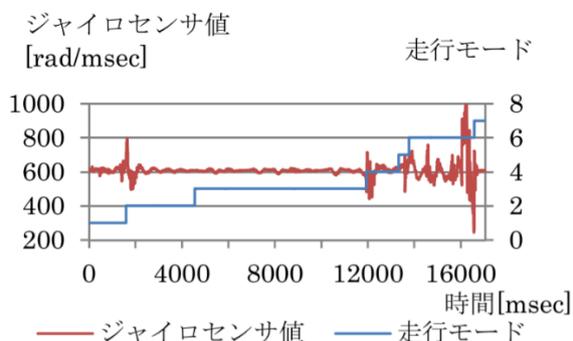


図5 走行モードをジャイロセンサ値で切り替えた場合

図中の走行モードの番号は、上述の(1)~(7)に対応している。図5では、モード(3)から(4)への切り替えは成功しているが、ジャイロセンサ値が収束しないまま前後進の切り替えをしたため、シーソーから下りる際に転倒した。

この問題を解決するため、シーソーの傾きの変化に伴って大きな衝撃が起こる位置座標の直前で移動距離に基づいて走行モードを切り替えた。これにより、図6のように姿勢を維持することが可能になった。

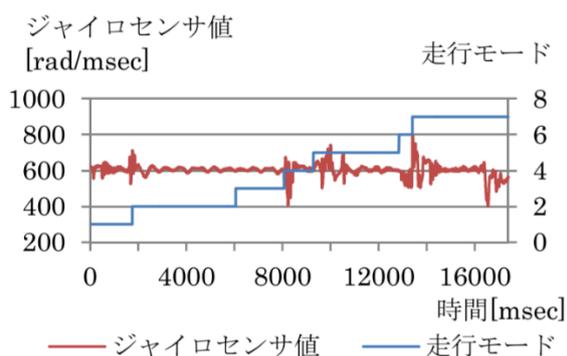


図6 走行モードを推定した移動距離で切り替えた場合

また、スタンバイ時の電圧値を約 90[mV]から約 87[mV]の間に設定し、シーソーの走行アルゴリズムを50回実走した結果、37回完走できたため、おおよその成功率は74%であることがわかった。失敗の内訳は以

下の3点だった。

- モード(3)で終点接地せずに(4)にモードが切り替わった (計8回)。
- 後進時に脱輪して転倒した (計3回)。
- モード(1)でシーソーの段差を検知した後、転倒した (計2回)。

終点接地せずにモードが切り替わった要因は、傾斜が大きいシーソー上を、移動体がバランスを維持するために前後進を繰り返したために、移動距離の推定誤差が大きくなったためと考えられる。

### 5. 結 言

本研究では、二輪倒立振り子型移動体に走行機能や倒立を補助する機能を実装し、障害物であるシーソーを乗り越えるアルゴリズムを構築した。そして、障害物の走行成功率や Bluetooth を通して取得したデータによって成果物の性能評価を行った。シーソーを走破するにあたって必要な PDCA 工程は、以下のとおりである。

- Plan : 目標を達成するための走行、および倒立の補助に関する機能の立案
- Do : 設計内容や改善案に沿ったプログラミング
- Check : 確率やデータに基づく攻略動作の性能評価
- Act : 評価結果を参考にした問題点の洗い出しと解決策の提案

この工程を経た結果、走行機能や、シーソーを走行するにあたって必要な補助機能を実装することができた。また、シーソーの大まかな走行成功率は74%であることを確認した。今後の課題として、シーソーの成功率の向上や、電圧と成功率の関係に関する考察に取り組みたい。

### 参考文献

- [1] LEGO.com エデュケーション, <https://education.lego.com/ja-jp/>
- [2] ET ソフトウェアロボットコンテスト 2014 競技規約, [https://docs.etrobo.jp/rules/2014/ETRC2014\\_platform\\_1.0.0.pdf](https://docs.etrobo.jp/rules/2014/ETRC2014_platform_1.0.0.pdf)
- [3] nxtOSEK: インストール方法, <https://lejos-osek.sourceforge.net/jp/>
- [4] 山本, 加藤: PID 制御の基礎と応用, 朝倉書店, 1997年
- [5] ET ロボコンではじめるシステム制御 (4): 滑らかで安定したライントレースを実現する (1/2), <https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1007/26/news083.html>

# アーティキュレーションを保証する海事英語 教育・研究を目指したデータ駆動型学習教材の開発 と運用に関する提案

—令和4年度校長裁量経費研究報告書—

山本 健太\*

## A Proposal for the Development and Operation of Data-Driven Learning Materials Aimed at Maritime English Education and Research to Ensure Articulation —Research Report on the Discretionary Budget for the School Principal for the Fiscal Year Reiwa 4—

Kenta Yamamoto\*

### Abstract

In maritime English education and research so far, the materials used have often relied on the knowledge and introspection of instructors and researchers. Therefore, it is difficult to claim a high level of reliability and accuracy based on the accumulated large amount of language data. This situation could pose a significant disadvantage, especially considering Japan's reliance on maritime transportation for a large portion of its import and export activities. To address this and to aim for the development of efficient maritime personnel to support future trade, this study conducts foundational research to develop and implement maritime English teaching materials that are both quantitatively and qualitatively robust, ensuring articulation.

### 1. 緒 言

これまでの海事英語教育・研究において、その資料として使用されてきたのは、指導者や研究者の知識と内省によるものが多いため、蓄積された多量の言語データに基づく信頼性と正確さを有しているとは言い難い。データサイエンスの考え方が主流になって久しい昨今、このように大部分を経験値に依存する教育・研究の遂行は、今後さらに加速していく国際化の激流の中で、現場の船員として即応性を求められる優秀な海事人材の育成を失速させる可能性がある。よって、量、質ともに充実した言語データに基づく教育と研究が、日本の海事人材の育成において急務であると考えられる。

このような現状に鑑み、データに基づく海事英語教育を目指すにあたり、重要な考え方が二点ある。すなわち、データ駆動型学習と、アーティキュレーションという概念である。データ駆動型学習とは、

量、質ともに充実した信頼性のある大規模な言語データをもとに構築され、学習者が自らの問題意識と達成すべき課題に主体的に取り組めるよう綿密にデザインされた学習方法、並びにその教材である。これは本研究の問題意識の核であり、この考えに基づいた教育研究を行うことによって、商船高専における海事英語教育の質的向上が期待できるはずである。次に、アーティキュレーションとは、簡潔に言えば、教育期間内外での連携を意味する。すなわち、商船高専の本科並びに専攻科まで一貫して連続性を有する英語教育、そして、商船高専間、または本科並びに専攻科卒業後でも、必要に応じて学習を継続できるプラットフォームの開発を目指すことを指す。

ここまで、データに基づく言語教育の重要性と、それを達成するための理論的枠組みとして、データ駆動型学習という考え方と、アーティキュレーションの保証という考え方について述べてきた。本研究では、これらを二本柱として、商船高専における海

事英語教育の現状を打開し、山積している教育研究の課題解決を目指すため、その足掛かりとなる基礎研究を行うことを目的とし、データ駆動型学習の基盤となるコーパスのプロトタイプを構築した。

び日本の海運事情と船員養成に関する包括的な現状と課題に関して、文献調査を予定している。

## 2. 研究成果

データ駆動型学習の重要な考え方の一つは、海事英語教育と研究に従事する教員にとって、指導上のゴール設定の手助けとなるような多量かつ良質な言語資料を蓄積していくことである。もう一つは、それらの資料、すなわち、教師の知識や経験則に依拠せず、指導上のゴールに設定できるようなファクトを用い、商船高専の学生が自学自習できるようなシステムの構築とその教材開発である。平たく言えば、いつ、どんな場面でどのような語彙が使われるのかを明らかにし、それをオーセンティックな実務環境を想定した UI に実装することにより、良質な学習及び自律学習を可能にすることである。

これらを目指しながら、筆者が以前構築した図 1 に示す JALSPEC(Japanese Learner's Speech Corpus)を参考に、必要な機能の実装を図っていったが、今回構築を目指すコーパスは現時点で書き言葉コーパスでありながらも、最終的に教材化も視野に入れる必要があった。よって、雛形を構築していくよりも、すでに利用可能な既製コーパスを雛形とするほうが効率的かつ生産的であることがわかった。

上記の経緯により、現時点では STCW 条約の条文等を収録しているのみであり、コンコーダンスの検索機能と、指導上有益と思われる共起関係の絞り込みのみであるが、web 上で利用可能なサブスクリプションサービスである Sketch Engine が最適なプラットフォームであり、高いユーザビリティを有している。よって、これを参考にしながら教材化の見立てを立てていくことが可能であることが分かった。

## 3. 今後の課題

本プロトタイプは構築は行ったが、研究目的達成のための十分なデータがまだ収録されていない。現在、海技試験対策に有用な語彙の選定と収録を行なっているところである。また、船内でのコミュニケーションや管制官とのやりとりなど、研究者が立ち入ってデータ収集することができない部分に関しては、方法論が未検討の状態である。今後、本研究独自のコーパスをビルドする作業と、データ駆動型学習の運用に向けたカリキュラムの整備、到達度尺度としての Can-Do リストの作成と試験的運用、およ



図 1 JALSPEC のログイン画面

## 4. 結 言

本研究では、商船高専における海事英語教育研究に資するような、アーティキュレーションを保証するデータ駆動型学習教材の開発と運用を目指し、その足掛かりとなるプロトタイプコーパスの構築を行なった。研究者が自ら構築を目指していたが、必要な機能の実装やその他コストを踏まえ、web 上で利用可能な Sketch Engine を用いることに落ち着いた。十分なユーザビリティを有し、今後の教材化の見立ても立ちつつあるが、研究目的達成のための十分なデータがまだ収録されていない。今後、到達度尺度としての Can-Do リストの作成と試験的運用、海運事情と船員養成に関する包括的な現状と課題に関して、文献調査を予定している。同時並行でコーパスサイズも拡大していく予定である。

## 謝辞

本研究は、「令和4年度校長裁量経費」の助成を受けて実施された。ここに謝意を表する。

## 参考文献

[1] 石澤 徹, "英語母語話者による日本語特殊拍

- の知覚", 中国四国教育学会 教育学研究ジャーナル, 第 8 号, 2011, pp. 21-30.
- [2] 内田 照久, "中国人日本語学習者における長音と促音の聴覚的認知の特徴", 教育心理学研究, 41 卷, 第 4 号, 1993, pp. 414-423.
- [3] 杉本 昌弘, "海技試験英語問題のコーパス分析", 大島商船高等専門学校紀要, 第 44 号, 2011, pp. 1-5.
- [4] 水島 祐人, "フォーミュラと海事英語語彙指導-『IMO 標準海事通信用語集』中の 3 語連鎖を例として-", 海技教育機構論文集, 第 12 号, 2021
- [5] 山田 恒夫, "アメリカ英語話者による日本語短母音・長母音・促音の学習 : 第 2 言語音声学習の基礎研究と教材開発に関わる諸問題 (メディア教材の構造と利用に関する基礎的研究)", 放送大学研究報告, 第 99 号, 1997, pp. 63-71.
- [6] Kenta Y., Jaehyeon Yi., Tatsuo T. "Developing Prototype of a Speech Corpus for Assisting Language Learning", 15th International Symposium on Advances in Technology Education (ISATE2022)