

Cargo Damage in Container Transportation and its Counter Measure for the NC Gels

Tomohiro Murakami*, Shingo Ikeda *, Michitaka Nagamoto **
And Muhammad Aus Hijri Bin Rammle***

Abstract

An NC gel was synthesized as a countermeasure to cargo damage caused by container transportation. Clay that does not adversely affect the environment was used for cross-linking an agent to the NC gels.

I experimented with two kinds of clays, a Kunipia and a Sumecton. We prepared various kinds of NC gels. Samples were prepared using 10 kinds of concentration SA aqueous solutions. Many samples did not gelled, but a few samples gelled. It gelled only when the concentration of the SA aqueous solution using Sumecton was 1.20 and 1.25 wt%.

From these results, It was found that the possibility of using NC gel as a countermeasure sheet.

1. Introduction

We have been developing a reusable water absorbent sheet for quality control in container transport. We were able to confirm the usefulness of the poly N-isopropyl acrylamide (PNIPA) through the results of shortening the drying time of the sheet and the possibility of sheet creation^[1 · 2]. The ion concentration changes in the gel and repetition characteristics of the water absorbent material are currently under study^[3 · 4].

Phenomenon of condensation damage in the sea container transport is very problematic. Referring to previous cases, sweat damage has existed for a longtime before and even in recent years the number has not decrease. In 2011 there were 76 and in 2012 there were 166 cases^[5]. These figures do not include defects in the containers and they were mainly from sudden changes in temperature.

Also moisture and changes temperature in the container are a major cause of condensation. In addition, the temperature differences can be up to 40 degrees or more when shipments travel from India to Hong Kong or from Hong Kong to Japan^[6]. Fig.1 shows navigation map of one containership and the temperature of each port.

The average weight of a container included the floor materials, packaging and the cargo itself, usually to falling about 200 kg. The moisture in a container is about 10%, as 20 liters extra weight for each one.

Furthermore, the occurrence of condensation, according to a survey by the company, does not happen only during transport. Condensation has occurred even after arriving at the object of the harbor. A water absorbent sheet may be a countermeasure.

However, conventional sheets are problem in both environmental and cost because they were disposable. This laboratory researching has been re-usable water-absorbent sheets. For this research, in addition for cross-linking agent N-N, methylynebisacrylamide (BIS) is poisonous, also considering its impact on the environment, we aim to make water absorbing agent by using non-poisonous clay as a substitute for the cross-linking agent.

* Maritime Technology Department

** Advanced Maritime Technology Course 2 grade

*** Maritime Technology Department 5 grade

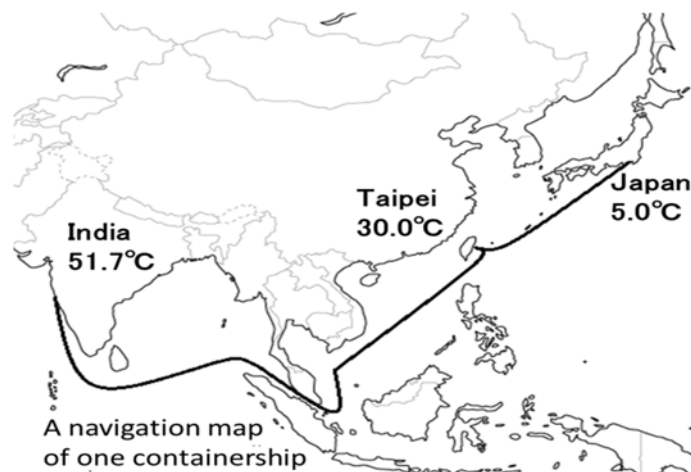


Fig.1 Navigation map of one containership and the temperature of each port^[7].

2. Polymer gel and Clay

The definition of gel cannot be determined specifically because the gel itself has various different types. The nearest examples in our daily lives would be translated to agar, eggs or tofu and those are actually can be called gels^[8]. There are other gels used as desiccants, and there are gels as contact lenses. Gels are used in various forms in daily life. However, we just do not realize those. In our body also includes gel which everyone does not know about. Gel is an important thing in our daily lives but we would only know it just for a little point of a big mountain. The application of gel is a reality but there are still undiscovered parts of it.

There are many forms of gel in our surroundings. This includes diapers, contact lenses and aroma products and in civil engineering there is shock absorbing material. We think while focusing on water absorption performance ability in gels, it would be water absorbent also so that it can be manifested in engine rooms in ships.

Clay has various functions in construction, pottery and industries. Clay is defined as an inorganic mineral. It can be processed or purified according to their use respectively^[9].

In our research, we used the clay from Kunimine Industries which based on the clay called Bentonite. The characteristics of Bentonite which includes the ability to swell up over 10 times when absorbing water and give no negative impact to the environment. For this reason, it would be a possible source in making an environmental friendly reusable water absorbing sheet.

Kunipia is purified bentonite which the characteristics of bentonite mostly remains. Sumecton is a synthetic organic polymer with a Saponite structure. It is said that only Kunimine Industries synthesizes and manufactures Saponite. Both of these types of clay is used in our research. It's shown in the Fig.2. The relationship between bentonite, smectite and saponite is shown in the Fig.3. Both of them are montmorillonite as the main component, but there are differences in other components.

In recent research, soft material experiments using clay are topics^[10]. It is an experiment that polymer gel was made by dispersing layered clay in Sodium polyacrylate so that molecules could be crosslinked^[11]. An interesting point of this experiment is that more than 95% of the material is made of water. It turned out that using this clay successfully makes it possible to make new materials without adversely affecting the environment. The development of materials using clay and polymer structures has the possibility to be applied in various fields. Therefore, we conducted experiments to combine gel and clay so far.



Fig.2 Kunipia and Smecton

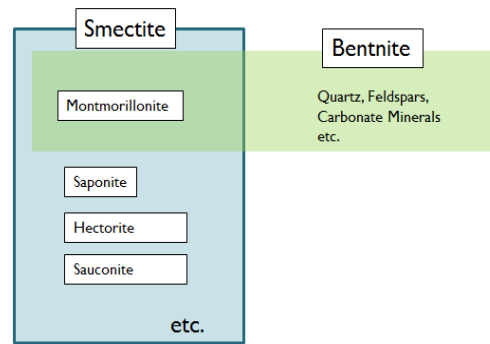


Fig.3 Relationship between Bentonite, Smectite and Saponite

3. Experiment

3. 1 Preparation of gel

10 Types of 50ml Sodium Acrylate solution (0.50, 0.80, 1.00, 1.10, 1.15, 1.20, 1.25, 1.30, 1.40, 1.50 [wt%]) is prepared and 1 g from two types of clay which is Kunipia and Sumecton is dissolved for each solution. Then, 3.88 g of N-isopropylacrylamide monomer (NIPA) is dissolved. After that, 120 μ l of N, N, N', N'- tetramethylethylenediamine (TEMED) as polymerization accelerant and 0.02 g of Ammonium Persulfate (AP) as initiator is added before to be left in incubator on 20 $^{\circ}$ C for 24 hours for gelling.

3. 2 Experiment methods

Gels that are previously made contain BIS as cross-linking agent which is replaced with clay in this experiment. As BIS is present we think that the concentration of SA solution is unrelated to the process of gelling. So, we are investigating on how will gelling occur when BIS is absent. Starting from the normal amount that is commonly used, we think that SA as ionizer is inadequate and decided to increase the concentration gradually. The results are shown in the Table 1 and 2 along with the weight ratio of NIPA on 1g of SA. Fig.4 shows the preparation of the sample.

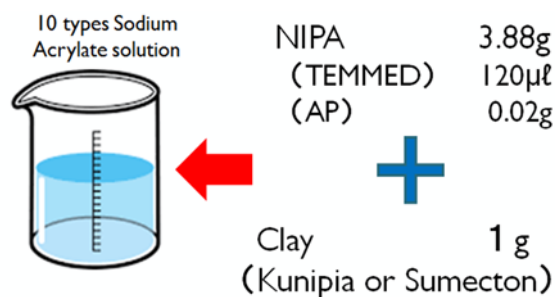


Fig.4 Sample preparation image

4. Results and discussion

4. 1 Results of Kunipia

The production of gel for this research is made by replacing BIS with clay as a cross-linking agent. We used Kunipia and Sumecton based on gelling ability from previous research made. We tested

gelling of clay on every concentration of SA solution because we do not know on which would make gelling occur. The concentration of NIPA as main chain, TEMED as accelerant and AP as initiator remains the same.

The experiment results for Kunipia on every concentration of SA tested is as shown in Table 1. From here, we concluded that Kunipia could not gel in SA solution. It was shown in the Fig.5.

As previously Kunipia was able to gel in the presence of BIS, we think it would be possible for it to cross-link NIPA as a replacement. However, the experiment results show that gelling is not possible for Kunipia as a cross-linking agent even when concentration of SA solution is in its highest and lowest possible.

Table 1 Experiment results of Kunipia

SA Concentration [wt%]	Gelling
0.5(NIPA15.52:SA1)	×
0.8(NIPA9.70:SA1)	×
1(NIPA7.76:SA1)	×
1.1(NIPA7.05:SA1)	×
1.15(NIPA6.75:SA1)	×
1.2(NIPA6.47:SA1)	×
1.25(NIPA6.21:SA1)	×
1.3(NIPA5.97:SA1)	×
1.4(NIPA5.54:SA1)	×
1.5(NIPA5.17:SA1)	×



Fig.5 Experiment sample of Kunipia

4. 2 Results of Sumecton

The experiment result for each concentration of SA solution by using Sumecton is as shown in table 2. Fig.6 shows a sample with concentration of SA aqueous solution was 1.20 wt%. From here, gelling occurs in two types of concentration.

Sumecton is also expected to be a cross-linking agent for main chain NIPA. In this experiment, the highest and lowest possible concentration of SA is tested until gelling of Sumecton occurs when we found that gelling occurs on the concentration of SA solution on 1.20 wt%, another confirmation test is conducted on the same concentration and on the range of 0.05 around which is 1.15 wt% and 1.20 wt%.

Table2 Experiment results of Sumecton

SA Concentration [wt%]	Gelling
0.5(NIPA15.52:SA1)	×
0.8(NIPA9.70:SA1)	×
1(NIPA7.76:SA1)	×
1.1(NIPA7.05:SA1)	×
1.15(NIPA6.75:SA1)	×
1.2(NIPA6.47:SA1)	○
1.25(NIPA6.21:SA1)	○
1.3(NIPA5.97:SA1)	×
1.4(NIPA5.54:SA1)	×
1.5(NIPA5.17:SA1)	×



Fig.6 Experiment sample of Sumecton

4. 3 Discussion

From this experiment we found that gelling only occurs in Sumecton type of clay by dissolving in 1.15 or 1.20 [wt%] of SA solution. Apart from that, other concentrations of Sumecton were unable to gel and in Kunipia, all concentration of test piece were unable to gel and remains liquid or sol state.

Clay particles are separated and PNIPA are cross linked because SA in the form of solution separate clay by electric charge. However, we think that the ability to gelling depends on the type of clay and the concentration of SA. We illustrated image of clay cross-linking PNIPA in Fig.7.

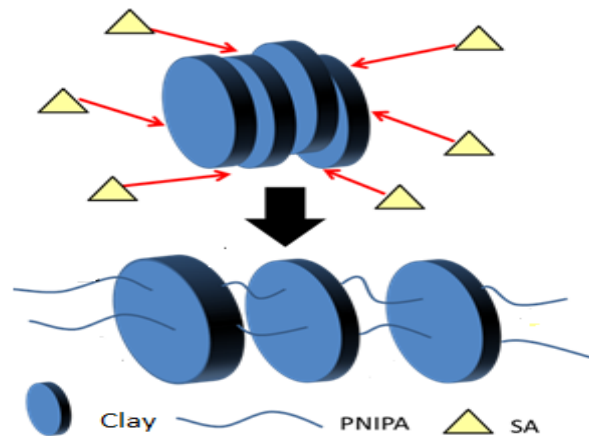


Fig.7 Image of clay cross-linking PNIPA

5. Conclusions

By considering its impact on the environment, BIS can also be replaced with clay. Clay has the properties to cross-link PNIPA to form gel. However, in order for SA to separate clay by electric charge, an adequate amount of concentration is needed and only certain types of clay can be applied. Other types of clay such as Kunipia may not cross-link with under these conditions.

Finally, it was found possible to use NC gel as a countermeasure sheet. In order to be able to adopt this gel in the development of reusable water absorbent sheets, more detailed experiments are necessary. In addition to its scientific importance, an understanding of the gelling of using clay will hasten the application of gel technology to the countermeasure sheets.

References

- [1] 村上, 吉田, 池田, 永本: 弓削商船高等専門学校紀要 (第 38 号), P1, (2015)
- [2] 村上, 吉田, 池田, 永本: 弓削商船高等専門学校紀要 (第 37 号), P1, (2014)
- [3] 村上, 岩本: 弓削商船高等専門学校紀要 (第 29 号), P45, (2007)
- [4] 村上, 赤瀬: 弓削商船高等専門学校紀要 (第 30 号), P25, (2008)
- [5] 日本海事検定協会: 事故データベース, (2013)
- [6] 東京福祉局: 輸入食品の運送状況実態調査報告, (2008)
- [7] 白地図専門店: <http://www.freemap.jp/>, (2016.11.25)
- [8] 萩野一善, 長田義仁, 伏見隆夫, 山内愛造: ゲル—ソフトマテリアルの基礎と応用一, (1991)
- [9] 新盤地学辞典 II: 古今書院, (1974)
- [10] 原口和敏: NC ゲル その本質と多様性, (2008)
- [11] 科学技術振興機構: 科学技術振興機構報 (第 707 号), (2010)

クレイ／ポリ (N-イソプロピルアクリルアミド) ナノコンポジット膜の温度応答性評価

池田 真吾*・蔵岡 孝治**

Preparation and Properties of Clay/poly (N-isopropylacrylamide) Nanocomposite Membranes

Shingo Ikeda* · Koji Kuraoka**

Abstract

The temperature sensitive nanocomposite film using clay and thermosensitive polymer were produced by in-situ polymerization by synthesized hectorite (Laponite XLS) and poly (N-isopropylacrylamide) (PNIPA). The composition of the nanocomposite was optimized, and it was successfully prepared uniform membranes to reduce the amount of catalyst and initiator. The water vapor barrier property of nanocomposite membranes showed temperature response and it was possible to adjust by NIPA concentration. Thermal analysis including TG and DTA confirmed that the endothermic peak due to the clay dehydration were disappeared to after the nanocomposite. Moreover, the DTA curve of nanocomposite membrane was observed exothermic peak due to the PNIPA chains. Thus, the nanocomposite membrane structure was suggested to polymerize PNIPA between clay layers. In conclusion, the temperature responsive properties of nanocomposite membrane proceed by PNIPA that was polymerized between clay layers and it was controlled by the concentration of NIPA.

1. 緒言

包装材料は物品の輸送や陳列に深く関わる要素として、産業や工業の多くに関わっている。包装材料に求められる特性として、中身の保護性、易開封性、透明性などがあり、今日まで多くの材料研究がなされてきた。包装材料に求められる性能は多種多様であり、現在は複数の包装材料を組み合わせることでニーズに合わせた性能を低コストで実現している。このため、複数の機能を有する材料の研究よりも、ある機能に特化した材料を開発することが重要視されてきた¹⁾。しかし、複数の機能を高次元で発揮する包装材料が実現できれば未知のニーズを開発できる可能性がある。

例えば、海上輸送における包装材料を考える。海上輸送は一度に大量の荷物を目的地へ運ぶことができ、現在も広く行われている輸送形態である。特に日本は島国であり、原材料の輸入や製品の輸出に海上輸送は欠かせない²⁾。海上輸送には陸上で行われている輸送と異なり、長期間にわたって様々な環境

下で製品を運ぶ特徴がある。この際、特に水分によって積み荷が損傷し、甚大な被害を及ぼす場合がある^{3,4)}。特に電子機器の場合、パッケージ内の僅かな水分が周辺気温の変化によって液化し、製品を損傷する場合もある。このように特殊な環境下で性能を発揮する包装材料には検討の余地がある。例えば、温度変化に対応して包装内部の水蒸気を外部に放出し、結露を防ぐ包装材料などが考えられる。しかし、このような機能性を持った材料の包装分野への応用は報告されていない。

そこで、機能性の一つとして、温度に応じて特性が変化する温度応答性に注目した。前説のとおり、汗濡れ損が周辺温度の変化によって発生することに着目し、外気温変化に対応して包装内部の水分を外部に放出し、包装内部の結露を抑えることができるのではないかと考えた。また、このような材料は包装材料として前例がなく、機能性を付与した後に膜構造等を解析することで、刺激応答性包装材料のモデルケースとなる可能性がある。このような観点から、温度応答性とガスバリア性を両立した包装材料

*商船学科

**神戸大学大学院 海事科学研究科

の研究に取り組んだ。

温度変化によって特性が変化する材料の一つとして、高分子ゲルが挙げられる。中でもポリ N-イソプロピルアクリルアミド (PNIPA) ゲルは純水中において温度に応じて溶媒を吸排出する体積相転移現象が知られており、ドラッグデリバリーシステム等の分野で応用が進んでいる。この PNIPA を用いてガスバリア材料を作製することで、温度応答性を持ったガスバリア材料が作製できると考えた。しかし、PNIPA は分子内に親水基を持っており、水蒸気によって膨潤しガスバリア性が悪化することが懸念された。そこで、無機粘土鉱物 (クレイ) に着目した。クレイはガスバリア性が高く、難燃性であり、ガスバリア材料への適性を持つ。このクレイと PNIPA の複合材料として、クレイと PNIPA をナノメートルオーダーで混合したナノコンポジットゲル (NC ゲル) が知られている⁶⁾が、この材料のガスバリア材料としての特性評価はなされていない。

本研究ではナノコンポジット膜の包装材料への機能性付与と応用を視野に入れ、ガスバリア性に優れたクレイを主体としたクレイ/ポリマーナノコンポジット膜を作製し、機能性とバリア性を両立したガスバリア膜の作製を試みた。

2. 実験

2.1 実験方法

ナノコンポジット膜は以下のとおり作製した。蒸留水 18g をスクリュー管瓶に計量し、窒素により 10 分間バブリングして溶存酸素を除去した。そこにクレイとしてラポナイト XLS (XLS, Rock-wood) を 2g 添加し、24 時間攪拌して均一に分散させた。その後、NIPA を秤量して加え、24 時間攪拌した。最後に、氷浴にて反応促進剤 N' N' N' N'-テトラメチルエチレンジアミン (TEMED、東京化成工業) を加えて 1 時間攪拌し、さらに反応開始剤としてペルオキシ二硫酸カリウム (KPS、関東化学) を加えて 30 分攪拌しコーティング溶液とした。TEMED および KPS の添加量は種々検討した。

作製したコーティング溶液を、スピンコート (ACT-300A、アクティブ) を用いてポリエチレンテレフタレート (PET) 基材上へスピンコートし、電子冷熱低温恒温器 (THS020DB、ADVANTEC 東洋) において 20°C で 24 時間保持し、ナノコンポジット膜の完成とした。

2.2 物性評価

作製した材料の水蒸気バリア性を評価するため、防湿包装材料の透湿度試験方法 (JIS Z0208) を参考に透湿度測定を行った。測定には恒温恒湿槽 (AE-215、ADVANTEC 東洋) を用いた。ナノコンポジット膜の温度応答性を調査するため、測定条件は 40°C、相対湿度 90% および 20°C、相対湿度 100% の 2 条件とした。ナノコンポジット膜の構造と温度応答性の関連を検証するため、示差熱/熱重量 (TG/DTA) 測定を行った。測定には示差熱/熱重量測定装置 (TG/DTA6300、セイコーインスツルメンツ (株)) を用い、測定範囲は室温 ~ 800°C、昇温速度 10°C/min の条件で計測した。

3. 結果と考察

3.1 クレイ/PNIPA ナノコンポジット膜の作製

クレイ/PNIPA ナノコンポジット膜のコーティングについて、種々の条件を検討し製膜を試みた。表 1 に検討したコーティング溶液の組成を示す。表内の TEMED および KPS は NIPA に対する mol 比、NIPA はクレイに対する wt%、クレイは溶媒に対する wt% である。

ナノコンポジット膜の組成検討にあたって、既存の粘土/PNIPA 複合材料の研究⁶⁾を参考に組成を決定したが、ナノコンポジット膜を得ることはできなかった。これはコーティング後に NIPA が急激に重合し、均一な膜が得られなかったためであると考えた。そこで、重合に影響を与える TEMED および KPS の添加量を変化させ、均一なナノコンポジット膜の作製に取り組んだ。検討の結果、TEMED を 0.0007mol、KPS を 0.0004mol (いずれも NIPA に対する mol 比) としたサンプルにおいて、均一なコーティング膜を得ることができた。

表 1 コーティング組成の検討

サンプル名	コーティング溶液組成表			
	NIPA [wt%]	クレイ [wt%]	TEMED	KPS
TE100-KP100	100	11	0.07	0.04
TE100-KP50			0.07	0.02
TE100-KP1			0.07	0.0004
TE1-KP1			0.0007	0.0004

表2 NIPA 添加量の検討

サンプル名	コーティング溶液組成表			
	NIPA[wt%]	クレイ[wt%]	TEMED	KPS
NIPA100	100	11	0.004	0.007
NIPA75	75			
NIPA50	50			
NIPA25	25			

3. 2 NIPA 添加量と温度応答性

NIPA 添加量によりナノコンポジット膜の水蒸気バリア性及び温度応答性にどのような影響が出るか調べるため、NIPA 添加量を変化させて膜を作製し、透湿度を測定した。検討した組成を表2、計測した水蒸気バリア性を図1に示す。

実験結果より、高温時にはNIPA 添加量に従い水蒸気バリア性が向上し、低温時にはNIPA 添加量に従って水蒸気バリア性が低下することがわかった。最も優れた水蒸気バリア性を示したNIPA100の透湿度は、高温時において $1.2 \times 10^{-4} \cdot \text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ であった。また、NIPA100においては、高温時と低温時で8倍程度水蒸気バリア性に差が出ることもわかった。さらに、NIPA50以上では高温時のほうが水蒸気バリア性は高くなった。

図2にNIPA25の膜構造模式図を示す。溶液中の高分子モノマー濃度が低い場合、重合した高分子の鎖長が短くなることが報告されている⁷⁾。このことから、NIPA 添加量が少ないNIPA25においては、図2のようにクレイ層間をつなぐだけの高分子鎖長とならず、クレイ層同士を引き寄せ密な構造をとることができなかつたため、温度応答性が発現しなかつたと考えられる。図3にNIPA50およびNIPA100の膜構造模式図を示す。高分子モノマー濃度が高くなるにつれて、クレイ層間をつなぐ高分子鎖長は長くなると考えられる。このため、高分子過多の場合、図3(a)のように低温ではクレイ層間がよく広がり、これによって水蒸気バリア性が著しく低下すると考えられる。一方で高温時には、図3(b)のように高分子鎖が凝集するため、NIPA 添加量が高いほど水蒸気バリア性が向上すると考えられる。以上の結果より、ナノコンポジット膜の温度応答性はNIPA 添加量によって制御可能であることがわかった。

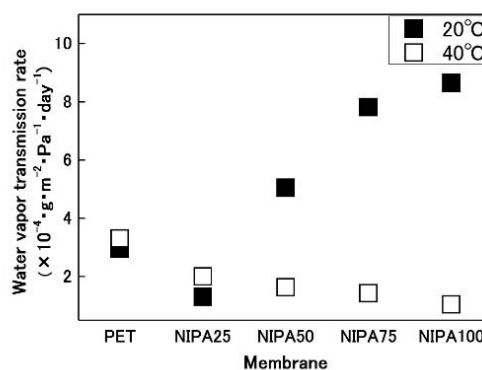


図1 ナノコンポジット膜の水蒸気バリア性

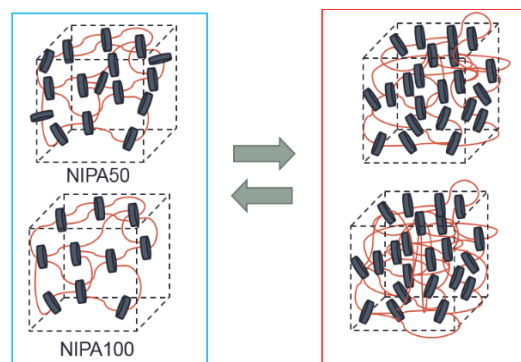


図2 NIPA25の膜構造模式図

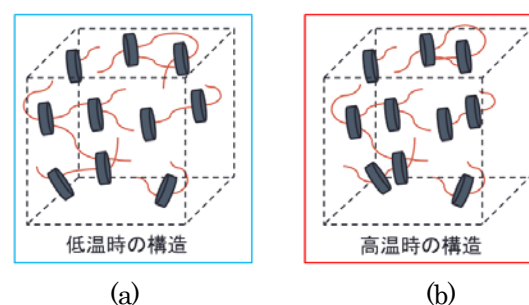


図3 NIPA50、NIPA100の膜構造模式図

3. 3 示差熱/熱重量測定

作製したナノコンポジット膜のうち、最も温度による特性変化が大きかった NIPA100 について、TG/DTA 測定を行い、膜の熱特性を調べた。図4に試料 NIPA100 と XLS の TG/DTA 曲線を示す。図中の破線が TG (%)、実線が DTA (μV)である。XLS に存在する 100°C 前後の吸熱ピークは XLS 層間水の蒸発に伴うピークと考えられる⁸⁾が、NIPA100 においては見られなくなっている。これはクレイが分散して PNIPA がクレイ層間をつなぐ構造をとっており、試料を乾燥させる際に PNIPA が層間の水を排出したためであると考えられる。このことから、クレイ層間で NIPA が重合した構造となっていることが確認された。

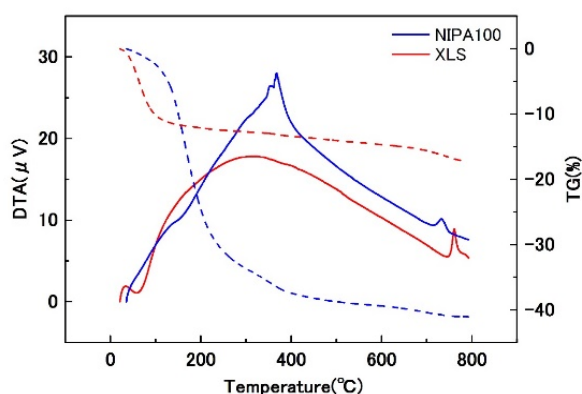


図4 XLS 及び NIPA100 の TG/DTA 曲線

参考文献

- [1] 21 世紀包装研究協会: 機能性包装入門, p6, (2002)
- [2] 日本船主協会: 日本海運の現状, p1, (2011)
- [3] 今枝, 木村: 日本航海学会論文集, 62, p97, (1980)
- [4] 今枝, 木村: 日本航海学会論文集, 64, p97, (1980)
- [5] 今枝, 木村, 久保: 日本航海学会論文集, 67, p51 (1982)
- [6] K. Haraguchi, T. Takehisa: *Adv. Mater.*, 14, p1120 (2002)
- [7] 大屋, 中山, 松田: 人工臓器, 29(2), p446, (2000)
- [8] 日本粘土学会: 粘土ハンドブック, p73, (2009)

4. 結論

温度応答性をもったガスバリア材料として、クレイ/PNIPA ナノコンポジット膜を作製した。ナノコンポジット膜の組成を種々検討した結果、重合開始剤と重合促進剤を低減させ反応を抑制することでナノコンポジット膜を作製できた。NIPA 添加量を変化させた試料を作製し、透湿度を測定した結果、作製したナノコンポジット膜は温度によって透湿度が変化する温度応答性を見せた。この温度応答特性は NIPA 添加量によって変化した。また、TG/DTA 測定により、ナノコンポジット膜はクレイ層間に PNIPA が重合している構造をもつことが示唆された。以上の結果より、ナノコンポジット膜の温度応答性はクレイ層間に重合した PNIPA に由来するものであり、NIPA の添加量によって制御可能であると考えられた。

可視光通信を利用した事故防止のための 音声システムの開発

梶田 温子*・高田 陽大**

Development of Audio System for Traffic Accident Prevention Using Visible Light Communication

Haruko Masuda*, Haruhiro Takata**

Abstract

In Japan, the sum of head-on collisions and rear-end collisions account for about 60% of the total number of traffic accidents that occurred in 2015. We develop the audio system to prevent those accidents. It's receiving signal information using traffic signals by the visible light communication, calculating and saying when the driver should brake, and notifying the driver before an intersection.

1. 緒言

我が国で発生する交通事故は、交通量の急激な増大に伴い、昭和45年には死者数が約1万7千人に達した。これに対し、同年に交通安全対策基本法が制定され、昭和50年代前半にかけて交通事故の発生件数や死者数、負傷者数が減少した。しかし、その後車両保有台数や運転免許保有者数の増加により昭和50年代半ばから再び増加に転じ、平成16年に交通事故の発生件数や負傷者数は最多となった。交通事故が発生する要因として、ドライバーの行動による人的要因や道路形状、路面の状態などによる道路要因が挙げられるが、それに対応するように自動車の安全性能の向上や道路の改良などが行われたため、平成17年から交通事故の発生件数や負傷者数は減少傾向にある。また、死者数はいち早く減少傾向にあり、平成8年以降は1万人を下回り、平成21年には5千人を下回るまでに減少した^[1]。ここで、道路形状別で交通事故を比較すると、この10年間は交差点付近及び交差点内での交通事故が最も多く、発生件数は年々減少しているが事故全体を占める割合は毎年50%以上とほとんど変動していない。また、事故類型別で比較すると、この10年間は車両同士の追突事故が最も多く、次いで車両同士の出会い頭衝突事故となっており、この2種類の交通事故の合計は年々減少しているが、全体を占める割合は毎年60%近くを上る^[2]。

交差点付近及び交差点内における出会い頭衝突事故や追突事故を防止する対策として、信号機や道路標示、アンチロック・ブレーキシステム、安全運転支援システムなどが挙げられる。その中でも、安全運転支援システムは、光ビーコンから車載器に対して送信された信号情報や路側センサ情報などを用いて、出会い頭衝突防止支援や追突防止支援などの機能をドライバーに提供する。ここで、信号情報は、信号の灯色情報や残り予定表示秒数などの対象信号交差点の信号制御情報を指す^[3]。また、光ビーコンは、光学式車両感知器ともいい、赤外線を媒体とする双方向通信が可能なインフラ設備のことである^[4]。安全運転支援システムが全国展開を始めた平成23年における事故件数は、約69万件となっており、これは前年から3万4千件近く減少している。従って、このシステムは事故削減の助けになっているといえるが、光ビーコンが充実していない場所では利用できないという問題がある。

一方、車両用交通信号機の灯器（以下、信号灯器という）は、平成24年度末において約4割がLED式となっており、今後も増加していくと予想される^[5]。LEDは高速で明滅の切り替えが可能のため、可視光通信の送信器に利用でき、信号機や道路標示、街灯、車両のヘッドライトなど道路交通において広く利用されている。そのため、可視光通信を利用した歩行者やドライバーへの情報提供や、ヘッドライトやテールランプを用いた走行中の車同士の通信など、高度道路交通シ

*情報工学科

**生産システム工学専攻

テム分野への応用が期待されている⁶⁾。

以上のことから、信号灯器のLEDによる可視光通信で信号情報の送信が可能ならば、光ビーコンが設置されていない場所でも、交差点付近及び交差点内での出会い頭衝突事故や追突事故を防止するように機能を充実させた安全運転支援システムを使用できるため、最大で約半数の交通事故の削減が可能である。

そこで、本研究では、信号の切り替え時の無理な交差点進入や急ブレーキによる追突事故を防止するため、可視光通信によって信号灯器から送信された信号情報を受信し、自動車が交差点に侵入する前に、音声によって適切な地点でドライバーがブレーキを踏むよう促すシステムを開発する。まず、GPSモジュールを用いて取得した位置座標から自動車の速度を算出する。次に、可視光通信で得られた信号情報をもとにブレーキを踏むように促す音声を出力する。そして、信号情報の受信から音声による通知までの開発手順を明らかにする。最後に、作成した音声システムを自動車に取り付けて動作確認を行い、その結果について考察する。

2. 位置座標の取得と速度の算出

2.1 位置座標の取得

自動車の位置座標を取得するため、ArduinoにGPSモジュールを接続する。Arduinoは、マイコンチップや入出力ポート、基盤、開発システムが一体となったオープンソースハードウェアである。Arduinoの利点として、開発環境であるArduino IDEは無料で利用することができ、マイコンと基盤が一体となって市販されているため、誰でも安価かつ簡単にシステムを開発できる⁷⁾。

まず、GPSモジュールの位置精度を明らかにするため、GPSモジュールとArduinoをある位置に固定し、GPS Viewerソフトウェアを用いて5分ごとのCEP (Circular Error Probability)の数値を、10回ずつ繰り返し記録する。CEPは、平均誤差半径とも呼ばれ、数値に示された半径の中にGPSが受信した位置座標が50%の確率で存在することを示す指標である⁸⁾。

次に、GPSモジュールが出力するデータから緯度と経度の座標データをそれぞれ取得する。GPSモジュールから出力されるデータはNMEA-0813形式の数字と文字で構成されており、1つのセンテンスは「\$」から始まって改行コードで終わる。また、センテンス中の各項目はカンマによって区切られている。緯度と経度の座標データを取得するためには、受信したデータを改行コードごとに行データとして抽出し、カンマごとに分割する。それから、抽出した行データ中に緯度と経度の座標が含まれているかを行データの先頭の文字

列で判定し、特定の文字列と一致した場合、緯度と経度の座標データをそれぞれ変数に格納する。

2.2 速度の算出

ArduinoとGPSモジュールによって取得した位置座標から速度を算出するため、まず、2点の位置座標の差を求め、その差から移動距離 D を算出する。 D は、東西方向の距離 D_x と南北方向の距離 D_y を用いた三平方の定理で求められる。

東西方向の距離 D_x は、経度1分あたりの長さを求める必要があり、次式で算出される。

$$D_x = 2\pi R \times \cos\left(\frac{\pi}{180}\theta\right) \times \frac{1}{360 \times 60} \times A_x \quad (1)$$

ここで、 R は地球の半径 (m)、 θ は測定地点の緯度、 A_x は2点の経度の差を表す。

また、南北方向の距離 D_y は、緯度1分あたりの長さを求める必要があり、緯度1分あたりの長さは1海里と等しい。1海里をメートルに換算すると1852 (m)であり、南北方向の距離 D_y は次式で算出される。

$$D_y = 1852 \times A_y \quad (2)$$

ここで、 A_y は2点の緯度の差を表す。

式(1)と式(2)から、移動距離 D は次式で算出される。

$$D = \sqrt{(D_x)^2 + (D_y)^2} \quad (3)$$

自動車の速度 V は、2点の自動車の位置座標を用いて算出した D をGPSモジュールの更新時間 G で除することによって求められ、次式で算出される。

$$V = \frac{D}{G} \quad (4)$$

また、停止線までの距離 D は、停止線と自動車の2点の位置座標の差から、式(3)を用いて算出する。そして、停止線までの到達時間 T は、停止線までの距離 D を自動車の速度 V で除することによって求められ、次式で算出される。

$$T = \frac{D}{V} \quad (5)$$

3. 可視光通信の実現

3.1 可視光通信の原理

可視光とは、人の目で知覚することができ、波長が約380~780 (nm)の帯域にある電磁波のことを言う⁹⁾。可視光通信は、その可視光を搬送波として利用する

通信方法であり、光源を人間の目には知覚できない程の速さで点滅させ、受信器が受光して電気信号に変換することで情報の伝送を行う。

3. 2 LEDアレイと送信モジュールの接続

可視光通信を行うため、LED駆動を行う送信モジュールと信号灯器を模した青・黄・赤3色のLEDアレイを図1に示すようなスイッチング回路を用いて接続する。それにより、複数のLEDアレイを、送信モジュールが出力する信号に合わせ、同じ波形とタイミングで発光させる。回路にはスイッチング素子としてn型MOSFETとフォトカプラを使用する。MOSFETは、外部から電圧を加えることで電流を制御するトランジスタであり、フォトカプラは、電気信号を光に変換し再び電気信号へ戻すことによって、電気的に絶縁しながら信号を伝達する素子である。それによって、スイッチングで発生するノイズを除去しつつ、スイッチのOFFとONの動作を表現することができる。

3. 3 送信モジュールの開発

任意の文字列や数値データを可視光通信によって送信するため、送信モジュールの開発を行う。まず、シリアル通信ソフトによって入力されたデータを、I-4PPM (Inverted 4 Pulse Position Modulation) 変調にかける。I-4PPM変調は、ある特定のシンボル時間を4つに分割し、データとして与えられた2ビットの値に対して、それぞれ1スロットのパルスのオフ時間を与える。この変調方式は、図2に示すように2ビットのデータがどの値であっても1シンボル時間に対し、3/4は必ずLEDをONにできるため、光のちらつきを感じにくくなるという利点がある^[9]。そして、I-4PPM変調を行った値に、データ先頭を示すプリアンブルやフレームタイプ、誤り検出を行うCRC-16デ

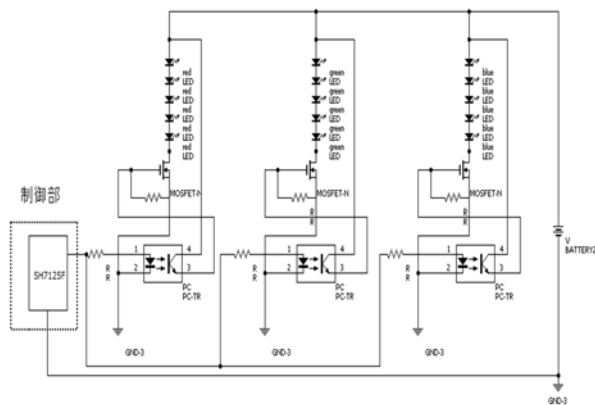


図1 スイッチング回路図

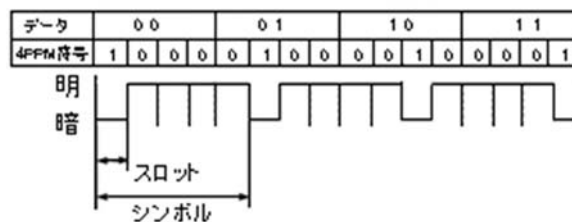


図2 I-4PPM変調

ータを付加し、最後に、接続されたLEDアレイの駆動を行う。

3. 4 Processingによる受信データの加工

受信モジュールが復調したデータを別ポートに接続されているArduinoへ送信して処理させるため、Processingを用いてデータの加工とArduinoへデータの送信を行う。ProcessingはJava言語をベースとした統合開発環境で、シリアルライブラリを利用することでArduinoと接続し、データのやり取りを行うことができる^[10]。受信モジュールがデータの復調を行った際、受信データに先頭を示すチルドや改行コードなど余分なデータを追加してPCに転送するため、それを取り除いて文字列や数値データのみをArduinoへ送信する。

3. 5 光センサによる通信速度の算出

光センサをオシロスコープと接続し、波形を読み取って通信速度 I を算出する。光センサは、LEDが出力する光をピンフォトダイオードによって電気的な信号に変換する器具である。

I-4PPM変調では、1つのパルスの内1ビットのみ必ずLowであるから、Low時のパルス幅は、1ビットを送信するためにかかった時間と考えることができる。

通信速度 I はその逆数であり、次式で算出される。

$$I = \frac{1}{P_L} \quad (6)$$

ここで、 P_L は、Low時のパルス幅を表す。

4. 音声の出力

まず、音声を出力する適切な地点を求めるため、自動車の停止距離 S を算出する。停止距離 S は、空走距離と制動距離の合計であり、空走距離は、自動車を停止させる必要があると判断した瞬間から、ブレーキが利き始めるまでに自動車が走行した距離を言い、制動距離は、ブレーキが効き始めて車輪の回転が止まり、自動車が滑走して停止するまでの距離を指す。停止距離 S は次式で算出される^[11]。

$$S = \tau V + \frac{V^2}{2\mu g} \quad (7)$$

ここで、 τ はドライバーの反応時間 (s)、 V は走行速度 (m/s)、 μ は摩擦係数、 g は重力加速度 (m/s²)を表す。

平均的なドライバーの反応時間 τ は約 0.7 秒から 0.8 秒程度とされるため、開発するシステムでは τ を 0.75 秒に設定する。また、摩擦係数 μ は、表 1 に示すように路面の状況や路面の濡れ程度などによって異なる。開発するシステムでは、走行する路面を乾いたアスファルトとして考え、 μ を 0.7 に設定する。

次に、式 (7) を用いて算出した停止距離 S と音声の出力中に自動車が進む距離の和 L を次式によって算出する。

$$L = S + 7 \times V \quad (8)$$

ここで、7 という数値は実際に出力する音声メッセージの時間 (秒) を表す。そして、式 (8) を用いて算出した L と停止線までの距離 D が一致した地点で音声を出力する。

最後に、音声の出力を行うため、図 3 に示すような回路で Arduino に対し、音声合成 LSI と圧電スピーカーを接続する。

表 1 各種路面に対するタイヤの摩擦係数

各種路面	摩擦係数
乾いたアスファルトまたは コンクリート	0.6~0.8
濡れたコンクリート	0.5
濡れたアスファルト	0.45~0.6
砂利道路	0.55

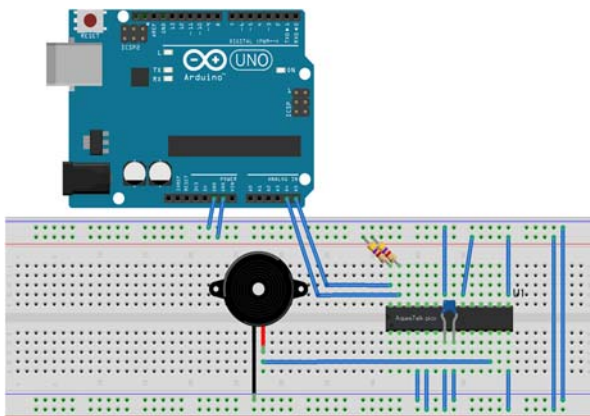


図 3 音声出力のブレッドボード図

5. システムの開発手順

本研究で開発するシステムの開発手順を図 4 に示す。最初に、GPS モジュールによって自動車の位置座標を取得する。次に、式 (3) と式 (4) を用いて自動車の移動距離である D と速度 V を求め、式 (3) と式 (5) を用いて停止線までの距離である D と到達時間 T を算出する。また、可視光通信によって LED から送信される信号情報を受信し、Processing を用いて受信したデータに含まれるチルダや改行コードなどの余分なデータを取り除き、Arduino へ送信して処理できるようにした後、光センサを利用して通信速度 I を算出する。そして、受信した信号情報から青信号かどうかを判定し、青信号なら停止線までの到達時間 D と残り予定表示秒数を比較して自動車が信号交差点に到達した時点で信号の灯色を判定する。最後に、自動車が信号交差点に到達したとき黄信号に切り替わっているならば、式 (7) と式 (8) を用いて停止距離 S と音声の出力中に自動車が進む距離の和 L を算出し、 L が停止線まで

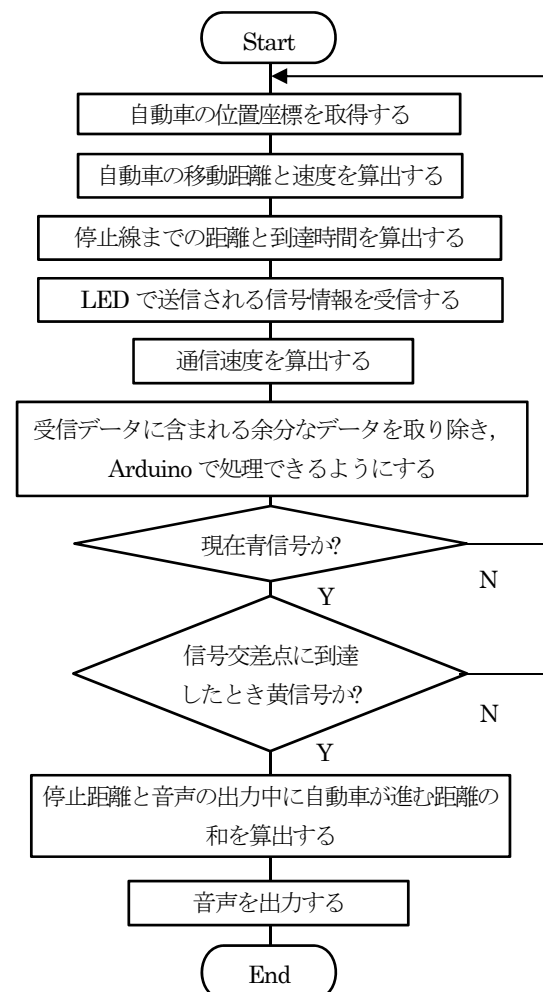


図 4 システムの開発手順

の距離 D と一致した地点でドライバーに対してブレーキを踏むように促す音声を出力する。

6. 研究結果と考察

6. 1 CEP の測定結果と考察

使用した GPS モジュール「GT-723F」の位置精度を明らかにするために Arduino と接続し、CEP を 8 回測定した。図 5 に示されるように、1 回目から 6 回目の測定は、単独測定で最終的な CEP は約 10 (m) に収束した。ところが、7 回目と 8 回目の測定は静止衛星の補正情報を利用できたため、CEP は 7 回目の測定で最終的に約 4.6 (m) となり、8 回目の測定で最終的に約 2.4 (m) となった。静止衛星の補正を得られない場合、この GPS モジュールの CEP は約 10 (m) 程度になると考えられ、補正情報を得られた場合はそれよりも良い精度の CEP が測定されると考えられる。

6. 2 速度の算出結果と考察

Arduino と GPS モジュールによって位置座標を取得し、自動車における速度の算出を 2 回行った。条件

として、なるべく平坦な直線道路を 30 (km/h) で自動車を走行させた。なお、この実験は平成 27 年 1 月 31 日 20 時から岡山県笠岡市の干拓地で行った。その結果をそれぞれ図 6、図 7 に示す。図 6 に示されるように、算出した速度は最小値 4.69 (m/s) から最大値 11.04 (m/s) の範囲で大きく振動しており、同じく図 7 に示されるように、2 回目の実験結果でも算出した速度は最小値 6.05 (m/s) から 9.79 (m/s) の範囲で大きく振動していた。これは、走行した路面のわずかな凹凸による速度の変動や使用した GPS モジュールの位置精度の影響が考えられる。

6. 3 可視光通信の結果と考察

可視光通信による信号情報の送受信を行うため、まず、図 8 に示すように送信モジュールと LED アレイをスイッチング回路によって接続した。送信モジュールには SH7125F マイコンボードを使用した。このマイコンは、動作速度が高速で強力なタイマ割り込み機能を持つ。また、受信モジュールには「VL-100-USB-3RA」を用いた。これは、PC と USB 接続ができ、フォトダイオードを受光素子としているため通信速度が

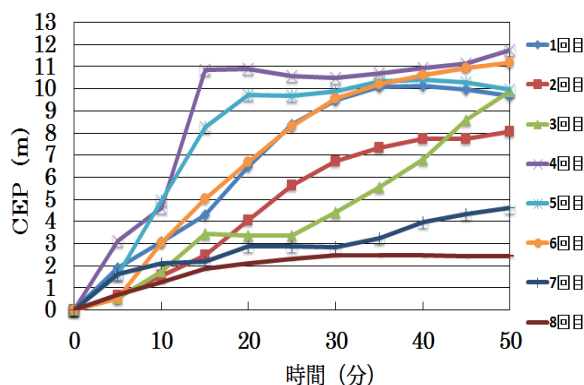


図 5 CEP の測定結果

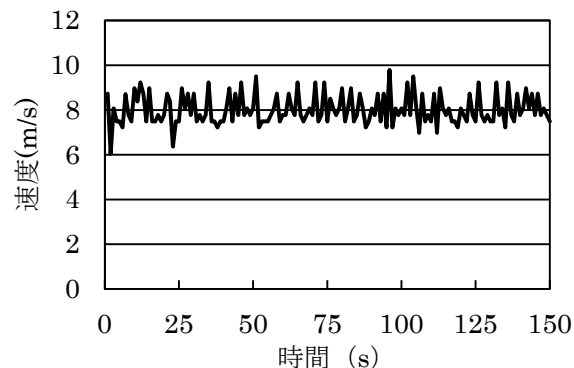


図 7 速度の算出結果 (2 回目)

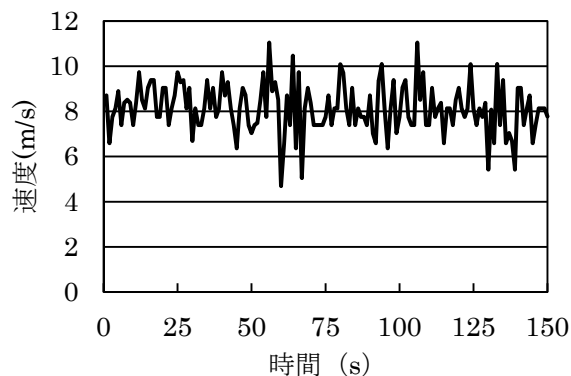


図 6 速度の算出結果 (1 回目)

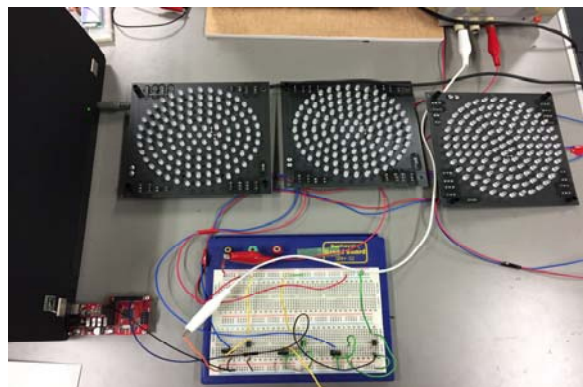


図 8 LED アレイと送信モジュールの接続結果

早いといった利点がある。次に、信号情報の代わりに文字列「test」を送信データとしてシリアル通信ソフト「Serister」を用いて入力した。文字列「test」の ASCII コードを受け取った送信モジュールに I-4PPM 変調をさせ、プリアンプルやフレームタイプ、CRC-16 データを付加させて LED 駆動を行わせた。送信できるデータは 128 ビット分 16 文字で、それ以上の文字を入力した場合、あふれた文字をカットして送信し、16 文字以下だった場合、足りない文字数はスペースで埋めて送信させた。そして、受信モジュールでスペースを含めた文字列「test」を受信し、可視光受信評価モニターソフトウェア「vlc_measure」を用いて受信データの出力を行った。その結果を図 9 に示す。また、受信モジュールは、仕様からデータの先頭を表すチルダや改行コードなどを追加して PC に転送するため、Processing で余分なデータを取り除いた後、シリアル通信によってスペースを含めた文字列「test」のみを Arduino へ送信させた。最後に、光センサで LED アレイが出力する Low 時の光のパルス幅を測定し、通信速度を算出した。図 10 に示すように Low 時のパルス幅は約 150 (μ s) で、通信速度は約 6 (kbps) あることが分かった。しかし、実際の通信速度は、プリアンプルや CRC データなどが付加されているためより遅いものと考えられる。

6. 4 音声の出力結果と考察

図 11 に示すように、Arduino に対し音声合成 LSI 「ATP3011」と圧電スピーカー「ATP3011」を接続して音声の出力を行った。出力する音声メッセージは 7 秒間で、まず、2 回チャイムを鳴らしてその直後に「ブレーキを踏んで下さい」という音声出力した。また、圧電スピーカーは出力する音量が小さかったため、音量を上げるための増幅回路が必要であると考えられる。

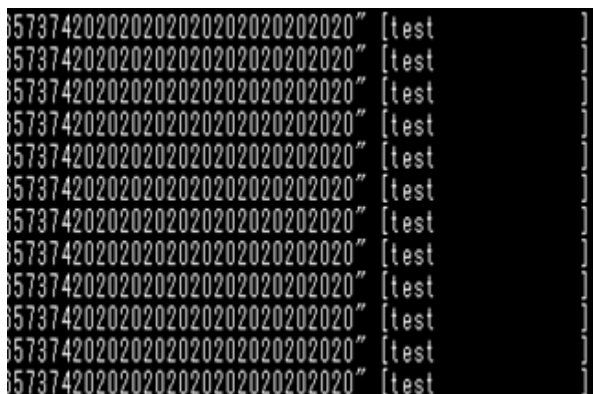


図 9 文字列「test」の受信結果

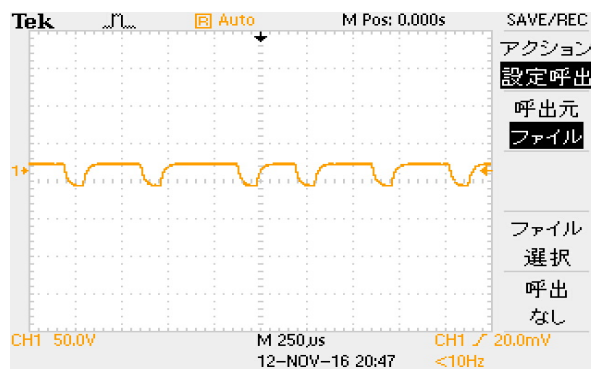


図 10 LED アレイの出力波形

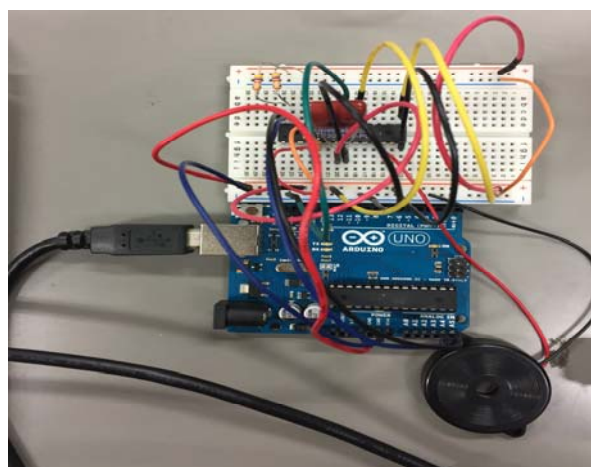


図 11 音声出力の接続結果

7. 結言

本研究では、可視光通信によって信号灯器から送信された信号情報を受信し、自動車は交差点に侵入する前に、音声によって適切な地点でドライバーがブレーキを踏むよう促すシステムを開発した。主な成果を以下に示す。

- i) 使用した GPS モジュールの CEP は補正情報が得られない場合、約 10 (m) であることが明らかになった。また、Arduino と GPS モジュールを接続することで、位置座標を取得して速度の算出が可能になった。
- ii) スイッチング回路に SH7125F マイコンと LED アレイを接続することで、任意の文字列や数値データでの可視光通信が実現できた。また、出力される光の Low 時のパルス幅から、通信速度が約 6 (kbps) であることが明らかになった。
- iii) Arduino に音声合成 LSI とスピーカーを接続することで、音声の出力が可能になった。
- iv) 自動車の位置座標の取得から音声の出力までの開

発手順を明らかにした。

今後の課題として、停止線の位置座標を地図データなどから取得して信号情報のフォーマットを決め、適切な地点でドライバーに対し音声を出力できるようにする。また、作成した音声システムを自動車に取り付けて動作確認を行い、その結果について考察することも挙げられる。

参考文献

- [1] 遠藤孝夫ほか, 福田正 (編) : 交通工学 第3版, (2012)
- [2] 警察庁交通局 : 平成 27 年における交通事故の発生状況, (2016)
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Pdfdl.do?sinfid=000031400112>
- [3] 安全運転支援システム (DSSS) 有識者懇談会 : 安全運転支援システム (DSSS レベルII) システム定義書 ー光ビーコンシステム編ー, (2009)
https://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei/DSSS/sys_teigisyo.pdf
- [4] 社団法人 交通工学研究会編 : ITS ーインテリジェント交通システム, (1999)
- [5] 警察庁 : 各都道府県の LED 灯器数, (2013)
<https://www.npa.go.jp/koutsuu/kisei/institut/kazu.pdf>
- [6] 可視光通信コンソーシアム編, 中川正雄 (監修) : 可視光通信の世界, (2006)
- [7] Massimo Banzi, 船田巧 (訳) : Arduino をはじめよう, (2010)
- [8] Pratap Misra, Per Enge, 日本航海学会 GPS 研究会 (訳) : 精説 GPS 基本概念・測位原理・信号と受信機, (2004)
- [9] 中山雄太, 徳井直樹 : Arduino を用いた可視光通信システム送信機の作成, 石川工業高等専門学校紀要 第 46 号, pp.21~26, (2014)
- [10] Casey Reas, Ben Fry, 船田巧 (訳) : Processing をはじめよう, (2012)
- [11] 渡辺新三 : 新訂版 交通工学, (1980)

船舶探査用レスキューロボットの研究開発

—第1報：試作機開発のための基礎実験—

前田 弘文*・伊藤 嘉基**

Development of a Rescue Robot for Exploration in Ship

—Report 1: Basic Experiment for Development of a Prototype—

Hirofumi Maeda*, Yoshiki Ito**

Abstract

This paper describes study and development of a rescue robots for exploration in ship. Rescue robots for exploration in ship must be smaller and lighter than conventional robots. To achieve that purpose, we changed from DC brushless motor to RC servomotor. Also, the timing belt was changed to a thin one, and the pulley was made by ourself. Finally, optimal hole positions were derived by experiments.

1. 結 言

東日本大震災や阪神大震災、アメリカ合衆国で起きた同時多発テロなど大規模な災害や事件などを我々は目の当たりにしている。このような現場において、救助活動を行っている隊員は常に2次災害の危険にさらされている。これらの2次災害を軽減させるためには、被災者の正確な位置や倒壊状況を安全かつ迅速に把握し、詳細な救助計画を立てる必要がある。そこで現在、災害現場において2次災害を伴わず情報を迅速に得る方法として、レスキュー機器やレスキューロボットの研究が盛んに行われている^{[1]~[4]}。特に災害探査用レスキューロボットの開発が盛んで、国内においては、Quince, UMRS, KOHGAなど日本を代表するロボットが開発されている^{[5]~[7]}。また、米国では軍事兵器である Talon, PackBot, Matilda などの開発が行われている。我々も NEDO による"戦略的要素技術開発プロジェクト"において、UMRS の開発に参画し、現在も研究を継続中である^{[8]~[12]}。

一方、海上に目を向けてみると海上を活動現場とするレスキューロボットの研究開発は鳴りを潜めている。平成27年7月31日に発生した北海道苫小牧市の商船三井フェリー「さんふらわあ だいせつ」の火災事故は記憶に新しい。このような事故が頻繁に発生しているにもかかわらず、研究が活発化しない大きな原因の1つとして、レスキューロボットの研究開発の多くが教育機関によって行われていること

が挙げられる。これは教育機関で海上実験を行うためにはそれなりの施設が必要となり、実験可能な機関に限られるからである。また、もう1つの原因として波による影響が挙げられる。これまで陸上を想定してきたレスキューロボットの多くは、ロボット内部に搭載された加速度センサによって、自身の自己姿勢を検知している。しかし、波の影響を受ける船舶では波の揺れが加速度センサのデータに加算されるため、これらのデータがまったく意味をなさない。さらに船舶で火災が発生した場合は、狭隘空間に煙が充満することでカメラの視界が遮られ、探査活動の難易度が大幅に高くなる。

そこで本研究では、これらの問題を解決するために小型・軽量で船内も探索が可能なレスキューロボットの開発を目指す。本論文では、船舶探査用レスキューロボットの試作機を開発するための基礎実験、および試作機開発のためのテスト機体について述べる。

2. 新型レスキューロボットのコンセプト

2010年に開発したUMRS-2010は、外形寸法がフリッパー収納時において、アンテナを含み512 [mm](W)×450 [mm](H)×585 [mm](L)であった。また、重量は32 [kg]と重く、船舶の機関室など狭いところでの探査には適用できない。そこで、船舶探査用レスキューロボットを開発するにあたって、UMRS-2010の特徴は残したまま、大幅な小型・軽

* 情報工学科

** 技術支援センター

量化を行わなければならないという問題が発生した。この問題を解決するにあたり、従来の DC ブラシレスモータでは、トルクと重量のトレードオフの関係上、従来のレスキューロボットのサイズおよび重量がもっとも効率がよく、サイズや重量の変更が難しい状況に陥ってしまった。

そこで、我々はコンパクトで軽量の RC サーボモータに着目した。RC サーボモータは本来、ラジオコントローラの玩具として開発されたモータであるが、近年はホビーロボット用として専用のモータが開発されており、モータドライバおよび制御基板が一体化しているだけでなく、指令信号もデジタル化したことで、小型ロボットに最適なモータとなっている。また、近藤科学株式会社から発売されている B3M シリーズは、DC ブラシレスモータを採用した非接触磁気式エンコーダ搭載サーボモータであり、バッテリーには UMRS-2010 と同様に LiFe を採用している。このような背景から、今回の船舶探査用レスキューロボットの開発において、近藤科学株式会社の B3M シリーズを使用することとした(図 1)。



図 1 B3M シリーズ

3. 小型・軽量化における問題点

先で述べたようにモータを RC サーボモータに変更することで、モータの重量が大幅に軽減され、結果として全体重量も軽くなった。その結果、バッテリー自体も軽く、小さくすることが可能となった。しかし、小型・軽量化を行うためには、まだ多くの制約がある。以下にその制約条件を示す。

- ・階段や段差の上り下りの関係上、フリッパーを一定以上の長さにする必要がある。
- ・RC サーボモータの破損防止、および RC サーボモータの速度とトルクの関係上、プーリー機構を付加しなければならない。なお、カッ

プリングとギアによる組み合わせ方法については、機構としては問題がないものの、ギアにバックラッシがあることとプーリー機構以上にスペースを取ることから使用しない。

- ・フリッパーおよびクローラの関係上、ロボットの横幅がプーリー幅の 4 倍以上必要となり、さらにプーリー機構を含んだものが最終的なロボットの横幅になる。
- ・RC サーボモータを使用する関係上、10 [kg] 以下の本体重量でなければならない。また、将来的にオプションを付加することを考慮し、5 [kg] 以下になることが理想となる。
- ・オプションを搭載する関係上、ロボットの上面はできるだけフラットな構造とし、高さも 100~150 [mm] 程度が望ましい。

このことから、特に以下の 4 つのことについて注意し、設計しなければならない。

- ・ロボットの内蔵物は、立体配置にし、無駄な空間を排除しなければならない。
- ・ロボットに使用する材料はジュラルミン以上、できれば超々ジュラルミンが望ましい。
- ・タイミングベルトはできるだけ細いものを使用し、ロボットの横幅を細くしなければならない。
- ・市販のプーリーは重い場合、すべてのプーリーを自作しなければならない。

図 2 に実際にロボットに使用するタイミングベルトを示す。また、このタイミングベルトに合わせて作成したプーリーの 1 つを図 3 に示す。



図 2 タイミングベルト



図3 自作プーリー

最後に、RC サーボモータを立体的に設置し、ロボットの小型化に成功したものを図4に示す。

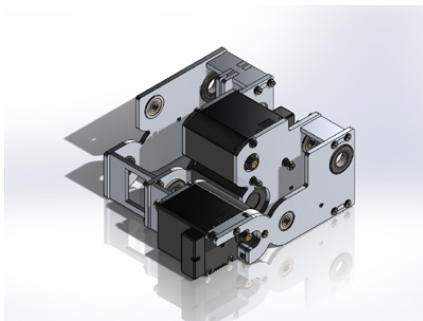


図4 RC サーボモータの配置

4. タイミングベルトの張力実験

図4において、ロボットの駆動部の設計が完了したものの、今回は通常使わない細いタイミングベルトと自作プーリーを使用したため、タイミングベルトのテンション、つまりアイドラの位置が理論値だけでは定まらない問題が発生した。そこで、アイドラの取り付ける穴を長穴とし(理論値より中心位置を算出)、アイドラのシャフトに直接、錘による負荷を加えることができる実験装置をそれぞれのタイミングベルトに対して作成した(図5～図7)。

それぞれの実験装置は、特殊な形状をしており、重力にアイドラが逆らわないために、2つのプーリーシャフトと平行になるように床面を設計している。この構造により、錘の重量がアイドラのシャフトにのみかかり、正確にシャフトが沈むことで、正確な取り付け位置を測定できる。なお、アイドラはタイミングベルトの張力によって、つりあう場所(空中)で停止するため、理論で求めた中間値の重量をアイドラシャフトにかけることで、理想的な穴位置を導

出ることができる。

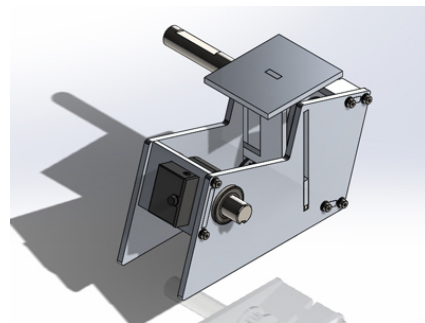


図5 アイドラ穴位置測定装置①

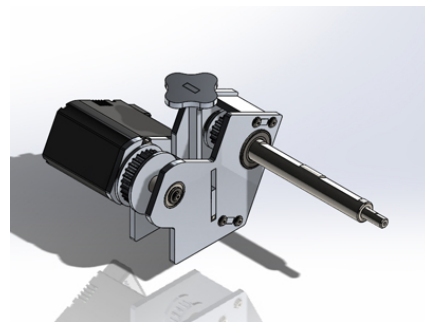


図6 アイドラ穴位置測定装置②

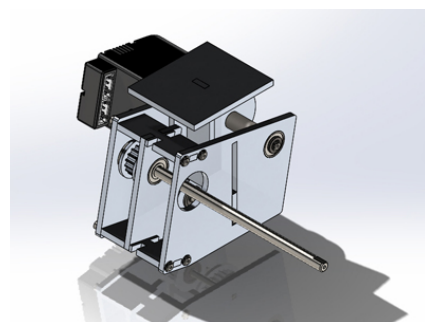


図7 アイドラ穴位置測定装置③

5. テスト機体

4章で求めた穴位置を基に、実際にロボットを製作した後、人の手によって張力を確認し、何度かの試作を経て、穴位置を導出した(図8, 図9)。最終的には試作機全体が完成した際に再度実験を行い、実験結果によっては、穴位置の修正が余儀なくされる場合があるが、軽量化のために設計途中段階で一時的に穴位置を確定しなければならなかった。

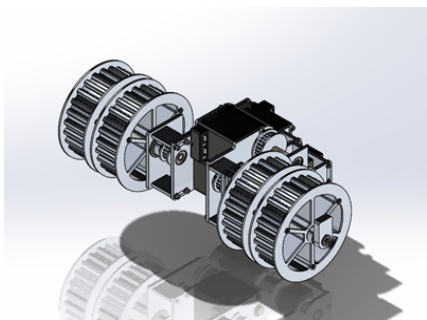


図8 テスト機体(SolidWorks)

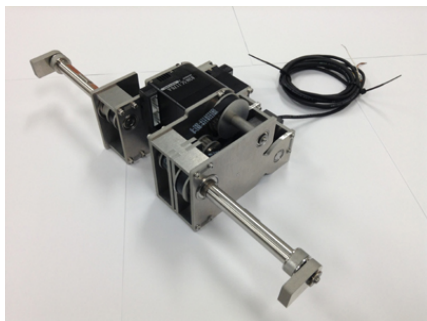


図9 テスト機体(実機)

6. 結 言

今回我々は、駆動部のテスト機体を作成した。今後はロボットの全長を決定付けるフリッパーの設計とテスト機体の軽量化を行っていく予定である。また並行して、制御部のための専用基板の開発を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 田所 諭：文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト：ロボット等次世代防災基盤技術の開発，日本ロボット学会誌，Vol.23，No.5，pp.541～543，(2005)
- [2] 国際レスキューシステム研究機構：レスキューロボット等次世代防災基盤技術の開発 H14～17 報告書，大都市大震災軽減化特別プロジェクト，(2003-2006)
- [3] 文部科学省大都市大震災軽減化特別プロジェクト：レスキューロボット等次世代防災基
- 盤技術の開発，総括成果報告書，(2007)
- [4] 横小路 泰義：レスキューロボットの操縦インタフェース - 大特「ヒューマンインタフェースグループ」の研究紹介 -，日本ロボット学会誌，Vol.22，No.5，pp.566-569，(2004)
- [5] 田所 諭：閉鎖空間内高速走行探査群ロボット，日本ロボット学会誌，Vol.27，No.10，pp.1107-1110，(2009)
- [6] 佐藤 徳孝，松野 文俊：レスキューロボット遠隔操縦インタフェース技術，日本ロボット学会誌，Vol.28，No.2，pp.156-159，(2010)
- [7] 大野 和則，城間 直司：レスキューロボットの遠隔操縦支援技術，日本ロボット学会誌，Vol.28，No.2，pp.160-163，(2010)
- [8] 前田 弘文，藤田 和友，伊藤 嘉基，小林 滋，高森 年：遠隔協調作業を目的とした共通マニピュレータの研究開発，第 14 回システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2013)，pp.1133-1136，(2013)
- [9] 竹本 怜央，藤田 和友，伊藤 嘉基，前田 弘文：小型制御基板を用いたマニピュレータ制御，日本機械学会中国四国学生会第 44 回学生員卒業研究発表講演会講演前刷集，613，(2014)
- [10] 前田 弘文，伊藤 嘉基，小林 滋，高森 年：遠隔協調作業を目的とした共通マニピュレータの改良，第 15 回システムインテグレーション部門学術講演会 (SI2014)，pp.238-243，(2014)
- [11] 前田 弘文，伊藤 嘉基，黒住 亮太，小林 滋：災害探査活動支援用マニピュレータの研究開発 - 第 1 報：マニピュレータの開発 -，弓削商船高等専門学校紀要，Vol.37，pp.80-84，(2015)
- [12] 前田 弘文，伊藤 嘉基，黒住 亮太，小林 滋：災害探査活動支援用マニピュレータの研究開発 - 第 2 報：ROS を用いたプログラムのモジュール化 -，弓削商船高等専門学校紀要，Vol.38，pp.35-38，(2016)

K_{ET}Cindy で教材作成

久保 康幸 *・高遠 節夫 **

Creating Some Teaching Materials with K_{ET}Cindy

Yasuyuki Kubo *, Setsuo Takato **

Abstract

In this paper, We introduce how to make some teaching materials with K_{ET}Cindy.

1. はじめに

K_{ET}Cindy は、動的幾何ソフト Cinderella を GUI として利用し、K_{ET}Pic を動かす、正確な図入り教材を作成するシステムであり、現在は、色々な外部プログラムを利用してもっと便利で正確に教材作成ができるように開発が進んでいる。

ここでは、Cinderella との連携部分を利用して教材を作る場面において気がついたことを紹介する。なお、紹介する命令文は断らない限り、Cindyscript の作図に関する命令文であり、行を判別するため、命令の各行の先頭に行番号を付けた。

2. 正三角形を含む図

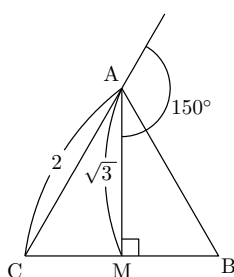


図 1 正三角形を含む図

```
01:Plotdata("1", "sqrt(3)*x", "x=[0,4]");
02:Putpoint("A", [2,2*sqrt(3)]);
03:Putpoint("B", [4,0]);
04:Putpoint("C", [0,0]);
05:Letter([A,"n2w", "A",B,"se", "B",C,
"s2w", "C"]);
06:Listplot([A,B,C]);
```

```
07:Letter(D, "s2", "M");
08:Putpoint("E", [3,3*sqrt(3)]);
09:Listplot([A,D]);
10:Paramark([A,D,B], .7);
11:Anglemark([D,A,E], [2, "Expr=1.5, 150
~{\circ}"]);
12:Bowdata([A,C], [1, .6, "Expr=2"]);
13:Bowdata([A,D], [1, .6, "Expr=\sqrt{3}>
\>>"]);
```

完成図に、4点 A,B,C,M のみ現れるが、作図のために直線 CA 上に点 E を置いてある。また、作図では、点 D として扱ったものを点 M と表示してある。後で大きさや角度を変更しない図のため点 A,B,C を座標で指定した。点 D は、Scinderella 上で B,C の中点として定義したのでスクリプトに点 D の定義が現れない。

3. 平行四辺形とベクトル

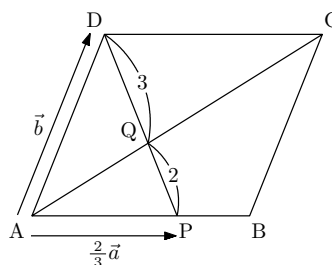


図 2 平行四辺形とベクトル

```
01:Putpoint("A", [0,0]);
02:Putpoint("B", [6,0]);
03:Putpoint("D", [A.x+C.x-B.x,C.y]);
```

```

04:Putpoint("F",[E.x+D.x-A.x,E.y+D.y
-A.y]);
05:Putpoint("H",[G.x+P.x-A.x,G.y]);
06:Putpoint("P",[2*B.x/3,0]);
07:Putpoint("Q",[(2*D.x+3*P.x)/5,2
*D.y/5]);
08:Letter([A,"s3w3","A",B,"s3e","B"]);
09:Letter([C,"n3e","C",D,"n3w","D"]);
10:Letter([Q,"nw5","Q",P,"s3e","P"]);
11:Listplot([A,B,C,D,A,C]);
12:Listplot([D,P]);
13:Bowdata([P,Q],[1.5,.6,"Expr=2"]);
14:Bowdata([Q,D],[1.5,.6,"Expr=3"]);
15:Arrowdata([E,F]);
16:Arrowdata([G,H]);
17:Expr([[E.x+F.x)/2,(E.y+F.y)/2],"w5",
"\vec{b}");
18:Expr([[G.x+H.x)/2,G.y],"s2","\frac{
\>2\>}{3}\vec{a}");

```

2点A,Cの座標から点B,Dを定義し平行四辺形を作成した。自由点E,Gを始点として辺AD,ABに平行なベクトルを作成し、完成図をみて位置を調整した。点Qは線分DPの内分点として定義した。

4. 円周角の図

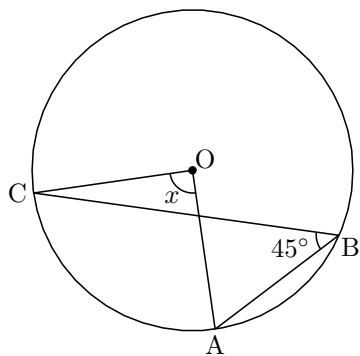


図3 円周角の図

```

01:Putpoint("O",[0,0]);
02:Circledata([O,A]);
03:PutonCurve("B","crOA",[0,"A.x"]);
04:Putpoint("C",[A.y,-A.x]);
05:Listplot([A,B,C,O,A]);
06:Anglemark([C,O,A],[ "Expr=x"]);
07:Anglemark([C,B,A],[ "Expr=2.2,45^\circ"]);

```

```

08:Pointdata("1",0,["size=5"]);
09:Letter([A,"s2","A",B,"se","B",C,"w2",
"C",0,"ne","0"]);

```

中心O(動かさないで命令により定義)と円周上の1点A(Cinderella上で自由点として定義)を取り、02行目のCircledata([O,A]);により円周を定義して、円周上に2点B,Cを取っている。点Cは点Aを時計回りに90°回転させて定義した。点(a,b)を原点中心に-90°回転させた点の座標が(-b,a)であるという性質を利用している。点描画された図を見ながら点を動かして見やすい位置に3点を調整した。Cinderella上で点を動かすとき、円周角45°が維持され、また、Anglemarkコマンドで角度マークを描くので、見やすい図に調整するのに、点Aと点Bをマウスで動かすことに専念できる。

5. 三角形の頂点を座標で示す図

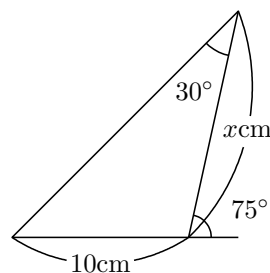


図4 三角形の頂点を座標で示す図

```

01:PutPoint("A",[1,1],[A.x,A.x]);
02:PutPoint("C",[A.x*(sqrt(3)-1),0]);
03:PutPoint("D",[A.x,0]);
04:Listplot([D,B,A,C]);
05:Bowdata([C,A],[1.5,.7,"Expr=x\text{cm}"]);
06:Bowdata([B,C],[1.5,1.5,"Expr=10\text{cm}"]);
07:Anglemark([B,A,C],[2,"Expr=2,30^\circ"]);
08:Anglemark([D,C,A],[ "Expr=2,\hspace{7mm}75^\circ"]);

```

Cinderella上の作図より座標の計算が早かったので上のようにした。Cinderellaの作図機能をメインとして同じ図を描くこともできる。手順としては、まず、次のようにCinderella上で図を描く。

(1) 2点A,Bを与え、直線ABを引く。

(2) 中心を A とし点 B を通る円と、中心を B とし点 A を通る円を描き、それらの交点を C とする。

(3) 直線 AB の垂線で点 C を通るものを描き、垂線の足を点 E とする。

(4) $\angle ACE$ の二等分線を加え、直線 AB との交点を点 F とする。

(5) 中心を E とし点 C を通る円を描き、直線 AB との交点を点 H とする。

次に点 E,H,C,F を順に結び、長さを示す弧などを加える。スクリプトは次のようにすればよい。

```
01:Listplot([E,H,C,F]);
02:Bowdata([F,C],[1.5,.7,"Expr=x\text{cm}"]);
03:Bowdata([H,F],[1.5,1.5,"Expr=10\text{cm}"]);
04:Anglemark([H,C,F],[2,"Expr=2,30^\circ"]);
05:Anglemark([E,F,C],[1,"Expr=2,\hspace{7mm}75^\circ"]);
```

6. 2つの図を重ねる

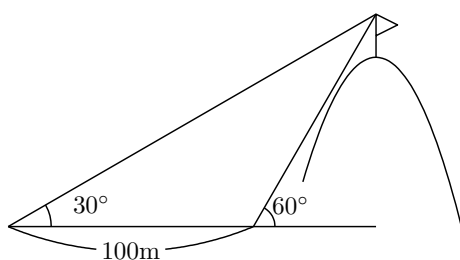


図5 黒い図

```
01:PutPoint("A",[1,1],[A.x,A.x/sqrt(3)]);
02:PutPoint("C",[A.x*(2/3),0]);
03:PutPoint("D",[A.x,0]);PutPoint("E",
[A.x,A.y-.5]);
04:PutPoint("F",[A.x+.5,A.y-.25]);PutPoint
("G",[A.x,A.y-1]);
05:Listplot([E,F,A,G]);
06:Listplot([A,B]);
07:Listplot([A,C]);
08:Listplot([B,D]);
09://Listplot([G,D]);
10://Paramark([C,D,G]);
11:Plotdata("1","-(x-A.x)^2+G.y","x=
[A.x-1.7,A.x+2]");
12:Bowdata([B,C],[1,1.6,"Expr=100\text{m}"]);
```

```
13://Bowdata([C,D],[1,1,"Expr=x\text{m}"]);
14://Bowdata([B,D],[1.5,1,"Expr=y\text{m}"]);
15://Bowdata([D,A],[1,1,"Expr=h\text{m}"]);
16:Anglemark([C,B,A],[2,"Expr=2,30^\circ"]);
17:Anglemark([D,C,A],[1,"Expr=2,60^\circ"]);
```

先頭が//となっている行は、コメントアウトした命令文である。これに、次の図を重ねる。

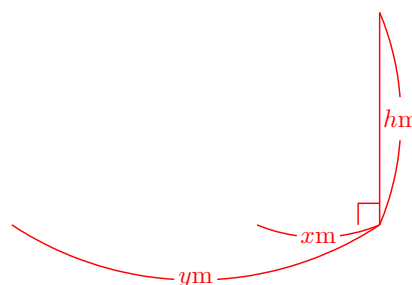


図6 赤い図

```
01:PutPoint("A",[1,1],[A.x,A.x/
sqrt(3)]);
02:PutPoint("C",[A.x*(2/3),0]);
03:PutPoint("D",[A.x,0]);PutPoint("E",
[A.x,A.y-.5]);
04:PutPoint("F",[A.x+.5,A.y-.25]);
PutPoint("G",[A.x,A.y-1]);
05://Listplot([E,F,A,G]);
06://Listplot([A,B]);
07://Listplot([A,C]);
08://Listplot([B,D]);
09:Listplot([A,D]);
10:Paramark([C,D,G]);
11://Plotdata("1","-(x-A.x)^2+G.y","x=
[A.x-1.7,A.x+2]");
12://Bowdata([B,C],[1,1.6,"Expr=100
\text{m}"]);
13:Bowdata([C,D],[1,1,"Expr=x
\text{m}"]);
14:Bowdata([B,D],[1.5,1,"Expr=y
\text{m}"]);
15:Bowdata([D,A],[1,1,"Expr=h
\text{m}"]);
```

```
16://Anglemark([C,B,A],[2,"Expr=2,30
^\\circ"]);
17://Anglemark([D,C,A],[2,"Expr=2,60
^\\circ"]);
```

2つの図の命令文を比較すると、初めの4行は同じで、05行目から、コメントアウトを反対にしている。これにより、同じ4つの点から異なる図を描いている。図5と図6を重ねて、次の図7のようにできる。スクリプトにより4点を全く同じ配置にし、ketlayerにより図の位置を座標で指定しているので、正確に、ぴったり重なった図になっている。なお、山に見立てたカーブは、放物線であるが、もっと複雑な曲線にしたければ、 $K\epsilon T C i n d y$ に用意されたベジェ曲線などで描ける。

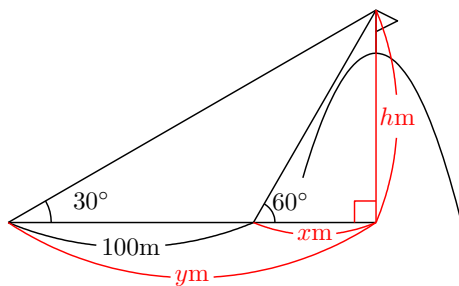


図7 黒い図と赤い図を重ねる

7. 大学入試の解答例から

新聞で紹介された2016年度の愛媛大学2次試験(前期)の解答例が手書きだったのだが、幾つかの図・表を $K\epsilon T C i n d y$ で作成してみた。

7.1 増減表

$K\epsilon T C i n d y$ の作表コマンドには、TabledataおよびTabledatalightがあり、Tabledataでの作表はCinderellaの画面上でインタラクティブに微調整できるが、今回は、スクリプトだけで縦横幅を変更できるTabledatalightを使って増減表を作ってみた。

表1 増減表

x	...	1	...
$f'(x)$	+	0	-
$f(x)$	↗	極大 $\frac{1}{e}$	↘

```
01:xLst=[10,.5,8,10,8];
```

```
02:yLst=[5,5,7];
03:rmvL=["r0c0c5","r3c0c5","c0r0r3","c5r0r3"];
04:Tabledatalight("",xLst,yLst,rmvL);
05:Putcolexpr(1,"c",["x","f'\prime(x)","f(x)"]);
06:Putcolexpr(3,"c",["\cdots","+","\nearrow"]);
07:Putcol(4,"c",["$1$","$0$",""]);
08:Putcol(4,"s",["","","\frac{1}{e}"]);
09:Putcolexpr(5,"c",["\cdots","-","\searrow"]);
10:Putcell(4,3,"t",{"\scriptsize 極大"});
```

01~04行で作表し、05行目以降でセルに文字や記号を入れている。

なお、2重線に見える縦の線は、横幅の小さい列を挿入して実現した。04行の作表コマンドに、縦横幅の数値および(罫線を描かない)除外線のリストを直に入力すれば01~03行は不要だが、指定内容を分かりやすくするため4行に分けて作表した。

また、05~09行のような、表の列を指定したセルに文字を入れるPutcolでは罫線との位置を詰めることができなかったため、また、「極大」という文字を一カ所のセルに追加するだけなので、10行目でPutcellコマンドで利用した。

7.2 グラフで囲まれた領域に斜線を引く(1)

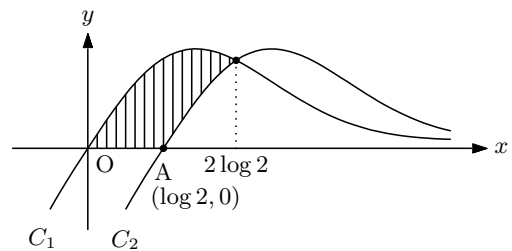


図8 領域に斜線(1)

```
01:Addax(1);
02:Setax(["a","","","","","","se"]);
03:Plotdata("1","(1.5*x*exp(-x*abs(x))+.02*x)","x=[-.25,2.4]");
04:Plotdata("2","(1.5*(x-.5)*exp(-(x-.5)*abs(x-.5))+.02*(x-.5))","x=[.25,2.4]");
05:Plotdata("3","0","x=[-1,A.x]","[notex]");
06:Putpoint("0",[0,0]);
```



```

07:Putintersect("A","gr1","gr2");
08:Putpoint("B",[A.x,0]);
09:Listplot([0,B],["notex"]);
10:Putintersect("C","sg0B","gr2");
11:Listplot([0,C],["notex"]);
12:Listplot([C,B],["notex"]);
13:Listplot([A,B],["do"]);
14:Putpoint("D",[C.x,1],[C.x,D.y]);
15:Pointdata("4",[A,C],["size=4"]);
16:Letter(C,"s1","A");
17:Letter(C,"s4e","$\hspace{-2ex}(\log
  2,0)$");
18:Letter(B,"s","$2\log 2$");
19:Letter(E,"s","$C_1$");
20:Letter(F,"s","$C_2$");
21:if(1==0,
22:Hatchdata("5",["iii"],[["gr1","s"],
  ["gr2","n"],["sgCB","n"]],[90]);
23:Hatchdata("6",["ii"],[["gr1","s"],["
  sg0C","n"]],[90]);
24:);

```

22, 23 行目の Hatchdata コマンドにより動作が重くなるので、21 行目と 24 行目の「if(1==0,」と「);」ではさんで、領域に斜線を引かずに作図する。他の作図が完成後に 21 行目を「if(1==1」に直し、領域に斜線を描画した。

また、領域を 2 つに分けて斜線を引いた。曲線 C_1, C_2 の交点から x 軸へ下ろした垂線の足を点 B とし、曲線 C_1 の下、曲線 C_2 の上、線分 AB の上で指定した範囲、および曲線 C_1 の下、線分 OA の上で指定した範囲を合わせれば、図に示したような斜線の領域になる。作図の補助である線分 OA, AB は描画が不要なので、11, 12 行目の命令で、「notex」オプションを付けている。

7.3 グラフで囲まれた領域に斜線を引く (2)

図 8 を少し直したのが図 9 である。先に、作図内容の説明を紹介しておく。

スクリプトの 01 行目は座標軸を表示しない設定である。前の図のスクリプトで 01,02 行目は座標軸の設定であり、その代わりに、02~06 行で座標軸を作図している。

その意図は、次の通りである。曲線 C_2 のグラフの左端を y 軸より左にすることにより、25 行目のように、ひとまとまりの領域に対して斜線を引くことができる。そこで、26 行目はコメントアウトした。

このとき、曲線 C_2 と y 軸を重ねたくなかったので、グラフを描く領域より狭い範囲に座標軸を描く

ため、この説明の初めに書いたように、いったん 01 行目で座標軸を非表示にしてから作図している。

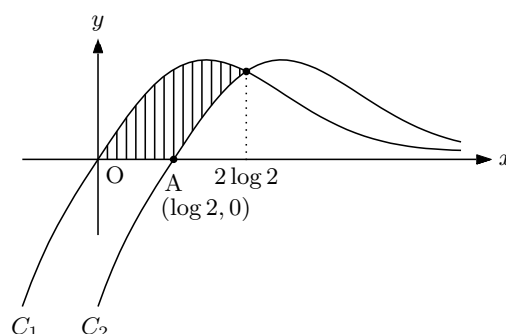


図 9 領域に斜線 (2)

```

01:Addax(0);
02:Arrowdata("ax",[[-.5],[0,.8]]);
03:Arrowdata("ay",[[-.5,0],[2.6,0]]);
04:Letter([0,0],"se","0");
05:Letter([0,.8],"n","$y$");
06:Letter([2.6,0],"e","$x$");
07:Plotdata("1","(1.5*x*exp(-x*abs(x))+
  .02*x)","x=[-.5,2.4]");
08:Plotdata("2","(1.5*(x-.5)*exp(-(x-.5)
  *abs(x-.5))+.02*(x-.5))","x=[0,2.4]");
09:Plotdata("3","0","x=[-1,A.x],["notex
  "]);
10:Putpoint("0",[0,0]);
11:Putintersect("A","gr1","gr2");
12:Putpoint("B",[A.x,0]);
13:Listplot([0,B],["notex"]);
14:Putintersect("C","sg0B","gr2");
15:Listplot([0,B],["notex"]);
16:Listplot([A,B],["do"]);
17:Putpoint("D",[C.x,1],[C.x,D.y]);
18:Pointdata("4",[A,C],["size=4"]);
19:Letter(C,"s1","A");
20:Letter(C,"s4e","$\hspace{-2ex}(\log
  2,0)$");
21:Letter(B,"s","$2\log 2$");
22:Letter(E,"s","$C_1$");
23:Letter(F,"s","$C_2$");
24:if(1==0,
25:Hatchdata("5",["iii"],[["gr1","s"],
  ["gr2","n"],["sg0B","n"]],[90]);
26://Hatchdata("6",["ii"],[["gr1","s"],
  ["sg0C","n"]],[90]);
27:);

```

7.4 正多角形の一部

次の図は、4点 O, A_1, A_2, A_3 を結んだのではなく、circledata コマンドを利用した。円の描画は、実は正 n 角形の描画であり、 n を大きくすることにより、円のように見せている。オプションで分割数を 12 にすれば正 12 角形が描ける。また、Rng オプションにより円の一部として扇形を作図できる。

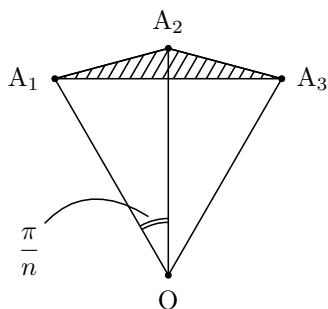


図 10 正多角形の一部

```
01:Circledata("1", [A,B], ["Num=2", "Rng=
[pi/2-pi/6,pi/2+pi/6]"]);
02:Putpoint("C", A.xy+|A,B|*[sin(pi/6),
cos(pi/6)]);
03:Putpoint("D", A.xy+|A,B|*[-sin(pi/6),
cos(pi/6)]);
04:Anglemark("1", [B,A,D], [1.5]);
05:Anglemark("2", [B,A,D], [1.4]);
06:Listplot([A,B]);
07:Listplot([C,A,D]);
08:Pointdata("1", [A,B,C,D], ["size=4"]);
09:Listplot([C,B,D,C]);
10:Letter(A,"s3", "O");
11:Letter(D,"w3", "A$_1$");
12:Letter(B,"n3", "A$_2$");
13:Letter(C,"e3", "A$_3$");
14:Letter(E,"sw", "$\frac{2\pi}{n}$");
15:Bezier("1", [E,F], [G]);
16:if(1==0,
17:Hatchdata("1", ["i"], [{"sgCBDC"}], [6
0]);
18:);
```

まず Cinderella 上で中心とする点 A(表示は O) と円周上の点 B(表示は A_2) を取る。01 行目で、点 A を中心とし、半径 AB の扇形を角度の範囲を $\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6}$ から $\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6}$ までとして描く。この範囲で分割数を 2 とすれば、正 12 角形の一部を作成できる。

また、4点 O, A_1, A_2, A_3 を多角形の線分に隠れないよう明示するため 08 行目で 4 点の大きさを大きくした。

09 行目の命令で 3 点 A_1, A_2, A_3 を結んだ閉曲線 sgCBDC を作成し、17 行目で、その内側の領域に斜線を引いた。

7.5 マクロの利用

次の場合分けの表は、増減表と同様に作ればよくて特に説明することがないように見えるかも知れない。

表 2 場合分けの表

	①	②	③	確率
2枚表 A	$0 < x \leq \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} < x \leq \frac{2}{3}$	$\frac{2}{3} < x \leq 1$	$\frac{1}{4}$
表・裏 B	$0 < f(x) \leq \frac{1}{6}$	$\frac{1}{6} < f(x) \leq \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} < f(x) \leq \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
2枚裏 C	$\frac{1}{2} < h(x) \leq \frac{2}{3}$	$\frac{2}{3} < h(x) \leq \frac{5}{6}$	$\frac{5}{6} < h(x) \leq 1$	$\frac{1}{4}$

実は、丸数字については、今回の報告で、ここまで紹介していないが、少し工夫が必要である。通常 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ は、コンパイル時に日本語変換で入力した丸数字など外字領域の文字は無視されてしまうので、○と数字を重ねたり、マクロ(パッケージ)を読み込んだりして対応する。自分が $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ で文書を作成するときには、プリアンブルで対応すればよいと思うかも知れないが、 $\text{K}_\text{E}_\text{T}_\text{C}_\text{i}_\text{n}_\text{d}_\text{y}$ で作成した図・表を確認するときには、一時的に作成された tex ファイルを利用する。一時的に作成されるファイルを見つけて必要なプリアンブルを加えることは、 $\text{K}_\text{E}_\text{T}_\text{C}_\text{i}_\text{n}_\text{d}_\text{y}$ の作業中にファイルが上書きされる上に、 $\text{K}_\text{E}_\text{T}_\text{C}_\text{i}_\text{n}_\text{d}_\text{y}$ のセキュリティ対策の面からも簡単ではない。対処方法は幾つかある。

- スクリプトの中に maru を定義する行を追加する。例えば、

```
TeXcom("\def\maru#1{\textcircled{\scriptsize #1}}");
```

という 1 行を加える。これにより、図の tex ファイルの中に

```
\def\maru#1{\textcircled{\scriptsize #1}}
}
```

という 1 行が加えられる。これにより、 $\backslash\text{maru}1$ として ① が使える。しかし、作成中の tex 文書から見れば、同じコマンドを 1 つの文書の中で繰り返し定義することがあり、気持ち悪い。

● 上と同じコマンドを定義して丸数字を使いたい場合、①, ②, ... を使うところに `maru1`, `maru2`, ... などを入れておいて、図の `tex` ファイルを利用するときに、「`maru` → `\maru`」という置換を実行しておく。これは、作図中の確認と出来上がりで頭を切り換える必要がある。また、置換によるミスも誘発する。

● 丸数字が使えるパッケージを使う。作成中の文書が丸数字が使えるパッケージを使っているなら、K_εT_Cindy での作業中に図・表を作成するための一時ファイルのプリアンブルに同じパッケージを加えることができればよい。1つ前に紹介した TeXcom コマンドは、図の `tex` ファイルに `tex` コードを加えるコマンドであるが、`Addpackage` は図・表を確認するための一時ファイルのプリアンブル部分にコードを加えるコマンドである。

スクリプトに

```
Addpackage("emath");
```

という 1 行を加えることにより、一時ファイルのプリアンブル部分に、

```
\usepackage{emath}
```

という 1 行が追加される。

8. 壁紙の利用

TeX で数学の問題リスト (pdf ファイル) を作ったのに、外枠とヘッダフッタを指定されたワードファイルを与えられたら、どうするだろう。TeX で同じように、外枠とヘッダフッタを用意するのは手間がかかりそうだとする。

1 つの対応は、それぞれ問題リストとワードファイルを印刷し、印刷物を切り貼りしたものをコピーして提出する方法である。

2 つめの対応は、ワードに pdf ファイルを貼り付ける方法である。ファイルとして提出するなら、ワードファイルになる。Mac OS 用のワードなら、pdf ファイルをオブジェクトとして選択し貼り付けるメニューがあるらしい。Windows 用のワードには、そのメニューが見つからないが、Acrobat Reader には、表示した pdf ファイルの必要な部分をコピーしてクリップボードに入れる機能があるので、クリップボードからワードに貼り付けることができる。

ここでは、第 3 の方法を紹介する。ワードファイルを TeX の壁紙として利用する方法である。その場合、ファイルとして提出するなら pdf ファイルになる。TeX で壁紙を利用パッケージもあるが、ここまで利用してきた K_εT_Pic で実現できる。なお、

K_εT_Cindy でなく、K_εT_Pic の `ketlayer` の話になる。手順は、次の通り。

手順 1: ワードファイルを PDF ファイルとして出力する。それを例えば、「`wall.pdf`」としよう。

手順 2: `tex` ファイルの各ページの最初の部分に次の 3 行を加える。

```
\begin{layer}{170}{0}
\putnotese{-25}{-28.9}{\includegraphics{wall.pdf}}
\end{layer}
```

`putnotese` の数値は、目安としては、左と上の余白分だけ負の数にし、画像が用紙の左上の角からはじまるように調整する。

弓削商船の平成 29 年度編入学の公表用解答を例に紹介しておく。まず、ワードで指定された枠・ヘッダ・フッタは図 11 のようになっている。それを壁紙として、TeX で用意した公表用解答をコンパイルしたものが次のページの図 12 になる。

この方法は、どうだろうか。

(とじしろ)

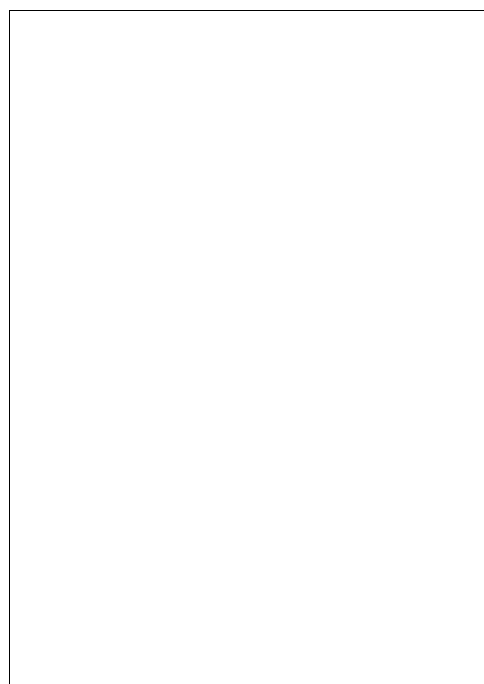


図 11 用意された枠

(とじしろ)

問題番号	答 え	配点	問題番号	答 え	配点
問1	(1) $\frac{155}{30}$	2点	問5	(1) $\frac{1}{9}$	3点
	(2) $\frac{5x}{12}$	2点		(2) 3	3点
	(3) $-\frac{2a^2}{b}$ ※1	2点		(3) 4	3点
	(4) $\frac{\sqrt{5}+1}{2}$	2点		(4) 6	3点
	(5) $6x^2+13x+6$	2点		(5) 5	3点
問2	(1) $a(3a-1)$	2点	(6) $-\frac{1}{2}$	3点	
	(2) $2(a+2)(a^2-2a+4)$	2点	(7) 0	3点	
	(3) $(3x+7y)(x-2y)$	2点	(8) $-\sqrt{3}$	3点	
問3	(1) $x=2$	3点	問6	(1) $3x^2-6$	4点
	(2) $x \leq -6$	3点		(2) $y=6x-7$	4点
	(3) $x = \frac{5 \pm \sqrt{13}}{2}$	3点	問7	(1) $\frac{1}{3}x^3 - x^2 - 3x + C$	4点
	(4) $3 \leq x \leq 5$	3点		(2) 6	4点
	(5) $x < -4$ または $x > 2$ ※2	3点		問8	(1) $a=4$
問4	(1) $x=2$	3点	(2) $(-1, -4)$		4点
	(2) $x=27$	3点	(3) $\frac{1}{3}$		4点
	(3) $k=2$	3点	問9	(1) $\sqrt{2} \sin\left(x - \frac{\pi}{4}\right)$	4点
		(2) $x = \frac{5}{12}\pi$		4点	

注1. 「 $-2a^2b^{-1}$ 」なども正解とする。
注2. 「 $x < -4, x > 2$ 」も正解とする。
一方のみは不正解とする。

1 / 1

図 12 枠を壁紙として利用

9. 最後に

KeTcindy で作成した図・表を TeX 文書にレイアウトするには、前節で紹介した ketlayer が有効である。この原稿も ketlayer を使って図・表をレイアウトしている。図・表に限らず ketlayer は、文字列のレイアウトもできる。図・表の作成時に入れ忘れた式などがあっても、図・表に重ねてレイアウトすることができる。

KeTpic から始まる、効率的に正確な図を作成できる KeTcindy は、今も発展を続けており、マクロを利用する Addpackage も、2016年5月に追加されたコマンドである。

もともと KeTpic は、TeX での図・表の利用を考えて開発されたものである。

不正確な図 (例えば補助線の間違い) が誤った結論を誘発することは、文献 [2] 第4章 (幾何学における間違い) にも紹介されている。特に (p.175)、正方形を幾つかの三角形に分け、長方形に組み替えると面積が変わってみえるという図は、有名だ。

KeTcindy のコマンド Figpdf により、作成した図を適切なサイズの pdf ファイルに出力することができる。図の出力サイズに自動で調整された pdf でありワープロなどに貼り込むときに、そのまま使えるので便利である。TeX に抵抗がある場合でも、

KeTcindy による正確な図の作成を試みてはどうだろうか。[url 4] は、KeTcindy での作図をより効率的にするためのヒントとして参考になると思う。

参考文献

- [1] CASTeX 応用研究会「KeTpic でらくらく TeX グラフ」, イーテキスト研究所, 2011.
[2] A・S・ポザマンティエ, I・レーマン [著], 堀江太郎 [訳]「数学間違い大全集 誰もがみんなしくじっている!」, 化学同人, 2015.
[3] 小山透「TeX による学術専門書づくり」, 「数学通信」, 第11巻第1号, pp.62-73, 2006.

参考 URL

- [url 1] 「Ketpic.com」
(<http://ketpic.com/>)
[url 2] 「Scilab ユーザーグループ in Japan」
(<http://scilab.na-inet.jp/>)
[url 3] 「CinderellaJapan」
(<https://sites.google.com/site/cinderellajapan/>)
[url 4] 「KeTcindy による図入り教材の作成」
(<http://www65.atwiki.jp/ketcindy/>)

ロゴについて

TeX 文書において、TeX というロゴは、\TeX というコマンドで出力する。このようなロゴが使えないときは、TeX (e が小文字) と表記することが共通認識となっている [3]。

それにならって、KeTpic の代用は KeTpic とし、KeTcindy の代用は KeTcindy と表記することが2016年3月末に、開発者の共通認識となった。

TEXによる問と答の表示切替2

久保 康幸 *・亀田 真澄 **

2nd Step of Indication Switching of the Question and the Answer in TEX Materials

Yasuyuki Kubo *, Masumi Kameda **

Abstract

Last year I introduced a policy on the function that change the indication of a problem and the answer. In this report, I introduce concretely a method to realize it.

1. はじめに

前回 [1] において示された、問と答の表示切替について、`comment.sty` を利用してコメントアウト、`color` を利用して解答スペースを残した問のみの印刷などの方向性を示した。目的とする機能を再び上げると、次の通りである。

試験などの印刷教材を利用するとき、印刷されるべき内容は、次のようなものではないだろうか。

- タイトル（表題）や名前欄
- 設問番号
- 設問の問題文
- 答
- 補足説明または説明付きの答など

このうち、タイトルは常に表示し、印刷すべきものである。設問番号も必ず印刷する。模範解答を別に印刷するときには問題文は必要ない。答は、試験の実施用は印刷しないが、解答スペースは必要である。説明のない答（略解）の場合と説明付きの答の場合に応じて印刷状態を変更したい。また、配布プリントでは、答の解答スペースを詰めて紙を節約したい。もし、試験が問題用紙と解答用紙を分けて印刷するならば解答用紙は、常に印刷する枠と、試験実施時には印刷しない答を選んで印刷したい。

今回は、これまでに試みた方法を紹介する。

2. 共通の考え方

解答スペースを残して答を非表示のように印刷するには、解答部分を白色に指定すればよい。色の指定には、`color` パッケージを利用する。

[1] で示した例では、解答スペースを残した印刷をするのに、`\newcommand` を利用した。ここで紹介する方法は、解答スペースを詰める印刷をする場合に、環境を定義することにしたので、それとの整合性から、`\renewenvironment` による環境の再定義で色を指定する環境を定義した。そのとき、解答部分に入る前の文字の色を見ることなく、解答部分の環境を抜ければ、自動的に解答部分に入る前の色に戻る。

解答スペースを詰める方法に合わせて、解答部分の環境を定義している。あとで紹介する事例では、表示切替をしない部分と区別するため、問の入力部分 (`ctoi` 環境) での色指定を青 (`blue`)、答の入力部分 (`ckai` 環境) での色指定をピンク色 (`magenta`) とした。Studyaid D.B. では、ピンク色に指定すると答と認識される。それにならってみた。今回紹介するのは、`ctoi` 環境と `ckai` 環境の2つである。2つ用意できれば、3つ目は同様なので省略する。

3. `comment.sty` の改変による方法

`comment` パッケージを使い、`\begin{comment}` と `\end{comment}` とではさむことにより、複数の行を一括してコメントアウトすることができる。

問と答という複数の環境を用意するため、まず考えたのは、`comment.sty` を利用して新しい環境を定義することである。まず、`ckai` 環境を定義するため、[5] に紹介された例を参考に、

```
\newenvironment{ckai}{\begin{comment}}
{\end{comment}}
```

としてみたが、ダメだった。`\begin{ckai}` で `ckai` 環境に入った後、まず `\begin{comment}` を実行することになるから、`\end{comment}` が出現するまで `tex` のコードをスキップするのかもしれないが、状況は、それほど単純ではなかった。

次に考えたのは、名前を変えて利用することであるが、当然、`comment.sty` のファイル名を変えただけではダメである。`comment.sty` がテキストファイルであるから、`comment.sty` をコピーして、`ctoi` 環境のため “comment” を “ctoi” へ置換したファイル `ctoi.sty` と、`ckai` 環境のため “comment” を “ctoi” へ置換したファイル `ckai.sty` の 2 つを用意した。

プリアンプルに、次の 4 行を挿入する。(行を区別するため行頭に番号を付けた)

```
1:\usepackage{ctoi}
2:\usepackage{ckai}
3:\renewenvironment{ctoi}[1][blue]{\color{#1}}{\relax}
4:\renewenvironment{ckai}[1][magenta]{\color{#1}}{\relax}
```

3 行目により、`\begin{ctoi}` と `\end{ctoi}` ではさまれた行 (`ctoi` 環境) が青色に指定される。4 行目により、`ckai` 環境がピンク色に指定される。解答スペースを残して答を非表示に見せるには、4 行目の `magenta` を `white` (白色) にすればよい。

3 行目と 4 行目を % によりコメントアウトすれば、それぞれ 1 行目と 2 行目が有効になって、`ctoi` 環境と `ckai` 環境に入力された行はコメントアウトされる。つまり、問・答が非表示になってスペースが詰められる。

1 行目と 2 行目により、`ctoi` 環境と `ckai` 環境が、それぞれ導入されているので、3 行目と 4 行目での `ctoi` 環境と `ckai` 環境の定義には、再定義を意味する `\renewenvironment` を使っている。

4. `excludecomment` による方法

`comment` パッケージを使えば、`excludecomment` と `includecomment` という 2 つのコマンドが利用できる。[4] の「パッケージを直接書き換える方法」にも注意があるように、また、仕組みをよく分からずに `sty` ファイルのの中に書かれた単語の置換をするより安全だと思われる。

プリアンプルに挿入するのは、次の 5 行になる。

```
1:\usepackage{comment}
2:\excludecomment{ctoi}
```

```
3:\excludecomment{ckai}
4:\renewenvironment{ctoi}[1][blue]{\color{#1}}{\relax}
5:\renewenvironment{ckai}[1][magenta]{\color{#1}}{\relax}
```

1 行目で `comment` パッケージを読み込み、それによって使えるコマンド `excludecomment` により、2 行目と 3 行目で定義された `ctoi` 環境と `ckai` 環境は、その環境内に入力された行をコメントアウトするものである。さらに、4 行目と 5 行目で、`ctoi` 環境と `ckai` 環境を再定義して、色を指定する環境に直している。4 行目と 5 行目を % によりコメントアウトすれば、それぞれ 2 行目と 3 行目が有効になって、`ctoi` 環境と `ckai` 環境に入力された行はコメントアウトされる。

ここでも、4 行目と 5 行目での `ctoi` 環境と `ckai` 環境の再定義には、`\renewenvironment` を使った。

コメントアウトの指定と色の指定の順番を逆にしてもよいが、単に 2, 3 行目と 4, 5 行目を入れ換えるのではなく、次のようにする。

```
1:\usepackage{comment}
2:\newenvironment{ctoi}[1][blue]{\color{#1}}{\relax}
3:\newenvironment{ckai}[1][magenta]{\color{#1}}{\relax}
4:\excludecomment{ctoi}
5:\excludecomment{ckai}
```

2,3 行目までは、まだ `ctoi` 環境と `ckai` 環境が定義されていないので、`\renewenvironment` でなく、`\newenvironment` により環境と定義する。4,5 行目で `\excludecomment` により `ctoi` 環境と `ckai` 環境を定義するときは、再定義かどうかは区別しないようである。

5. `excludeversion` による方法

`version.sty` および、`versions.sty` は、同じコマンド `excludeversion` が使え、`comment.sty` と、ほぼ同じ機能を実現するパッケージである。`versions.sty` の説明書 (pdf ファイル) には、他の 2 つのパッケージとの差が書かれている。私の使用目的には、3 つに機能の差はないようである。

`version.sty` を使う場合、プリアンプルに挿入するのは、次の 5 行になる。

```
1:\usepackage{version}
2:\excludecomment{ctoi}
3:\excludecomment{ckai}
```

T_EX による問と答の表示切替 2

```
4:\renewenvironment{ctoi}[1][blue]{\color{#1}}{\relax}
```

```
5:\renewenvironment{ckai}[1][magenta]{\color{#1}}{\relax}
```

パッケージ名が `version` , 利用するコマンド名が `excludeversion` になっただけで、`comment.sty` のときと同様にする。

6. 最後に : 実例と課題

問と答についてのみ表示切替を用意した場合、問を印刷しないのに問のスペースを残すことは考えにくいので、想定されるのは、次の4通りではないだろうか。

- 問と答の両方を印刷
- 答を印刷しないが答のスペースを残す
- 答を印刷せず答のスペースを詰める
- 問を印刷せず問のスペースを詰める

もし解説も表示切替するなら場合分けはさらに多くなるが考え方は同じである。この節では、上の4パターンの実例を紹介する。また、3つの方法で比較できるように、問と答、および氏名欄は、別のファイルに入力し、`\input` コマンドで挿入した。実例は、`excludecomment` による方法で紹介する。

6.1 実例

氏名欄は、次の3行を入力した。

```
1:\hspace*{33mm}{\large No. ( ) 氏名
(\hfill \begin{ckai} 見本
2:\end{ckai}
3:\hfill) }% 氏名
```

`\begin{ckai}` は前後に文字があってもよいが、`\end{ckai}` は単独の行にしないとエラーが出るので、このようにした。`\hfill` の利用により、`ckai` 環境の指定で、「見本」が見えたり、消えたりしても氏名欄を示す () の幅は変化しない。

このことは、図1と図2を比較して確認できる。また、氏名欄だけを見れば、図2が答のコメントアウトか、色指定で見えなくしたのか分からないが、図2には、ピンク色が無いだけでなく、問2が問1に近いことから、コメントアウトにより答を印刷せず答のスペースを詰めていることが分かる。

さらに、答を印刷しないが答のスペースを残すには、初めに述べたように、答部分を白色に指定すればよい。図3のようになる。

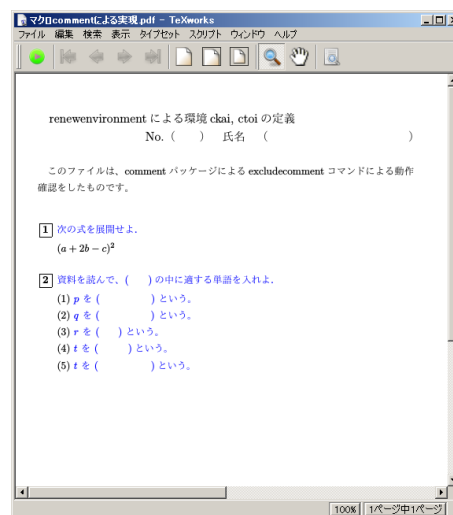


図2 答をコメントアウトした場合

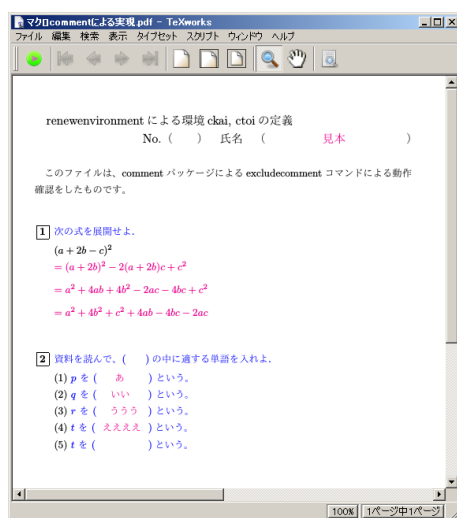


図1 問と答の両方を表示した場合

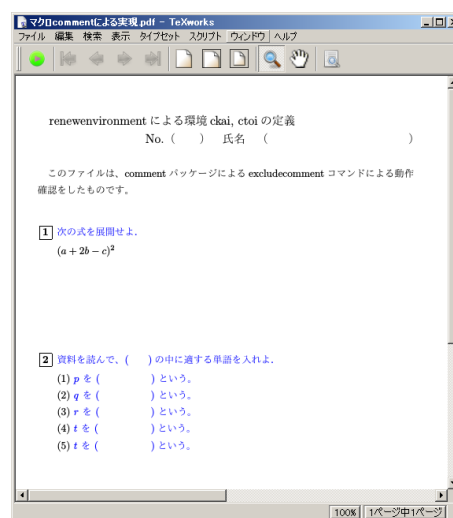


図3 答を印刷しないがスペースは残した場合

最後に答のみ印刷する場合 (図 4) を紹介する。図 1 では青く指定されていた問が表示されず、その場所に小問などが詰めて配置されていることから、図 4 が、問をコメントアウトしたものであることが分かる。図 1~図 3 と違って、図 4 では、問 2 の (1), (2) と (3)~(5) の配置に違いが確認できる。

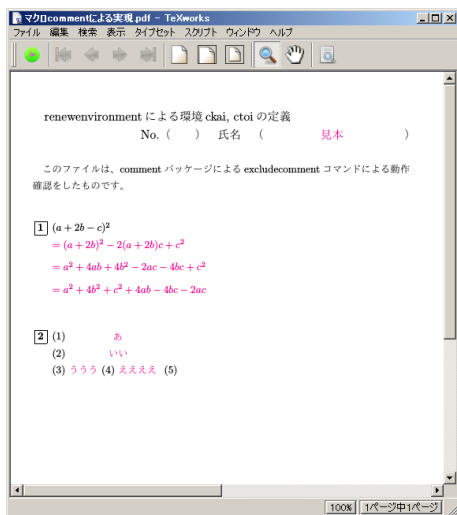


図 4 問をコメントアウトした場合

まず、比較的単純な問 2(3) の入力を紹介する。

```
01:(3) \begin{ctoi}
02:\( r \) を ( \hspace*{.8mm}
03:\end{ctoi}
04:\begin{ckai}
05:うろう
06:\end{ckai}
07:\begin{ctoi}
08:\hspace*{.8mm} ) という。 \par
09:\end{ctoi}
```

ここから先は、入力ソースの行数が多い例が出るので、行番号は 2 けたで示した。答の部分 (04~06 行目) を ckai 環境に入れ、その前後を ctoi 環境に入れた問の文章ではさんだけである。前後の小問の () の幅に合わせるため、 $\hspace*{.8mm}$ を入れてあるが、コメントアウトした図 2 では、(3) のみ、答の単語の幅だけ狭くなっている。

このように、問と答の行をそれぞれ、ctoi 環境と ckai 環境に入力しただけでは、問 2 のような、空欄を埋める設問が美しくない。

問 2(1), (2) では、答のコメントアウト時に () の幅が変化しないよう ketlayer を利用してみた。問 2(1), (2) の入力は次のようになる。

なお、入力する行数は増えるが、 \begin{layer} の前と、 \end{layer} の後ろに空の行を入れるのが基本である。

```
01:(1) \begin{ctoi}
02:\( p \) を ( \hspace*{5.3zw} ) という。
03:\end{ctoi}
04:
05:\begin{ckai}
06:
07:\begin{layer}{30}{0}
08:\putnotec{22}{-1}{あ}
09:\end{layer}
10:
11:\end{ckai}
12:(2) \begin{ctoi}
13:\( q \) を ( \hspace*{5.3zw} ) という。
14:\end{ctoi}
15:
16:\begin{layer}{30}{0}
17:\begin{ckai}
18:\putnotec{21}{-1}{いい}
19:\end{ckai}
20:\end{layer}
```

小問 (1) (01~11 行目) は、ckai 環境の中に ketlayer による環境 (layer 環境) を入れた。答のコメントアウト時には、layer 環境ごとコメントアウトされる。

小問 (2) (12~20 行目) は、layer 環境の中に ckai 環境を入れた。

こうして、ketlayer の利用で、図 2 のように答をコメントアウトしても () の幅は変化しないようにできる。なお、08 行目では、ketlayer の命令により座標 (22, -1) を中心として文字列“あ”を配置しているが、18 行目では、座標 (21, -1) を中心として文字列“いい”を配置している。文字列の違いではなく、ckai 環境と layer 環境のどちらが内側にあるかによって差があることが分かった。

次に、答をコメントアウトしても () の幅は変化しないで、問をコメントアウトした場合 (図 4) に、(3)~(5) のように答を詰めて 1 行に収めることを考えた。問をコメントアウトしたときに改行の命令もコメントアウトし、答の位置 (特に横の位置) が変化するので、layer 環境によらず () の幅が変わらないようにしたい。

$\makebox[幅][c]{文字列}$ により指定した幅の箱を用意して、その中央に文字列を配置できるが、このコマンドは、コメントアウトの環境で使うとエ

ラーが出るようだ。その対策として、答の文字列の長さの半分 (w) を戻り、答を配置してから、また、長さ w を戻すことで、答を入力しなかった場合と同じ位置から、後の文章が始まるようにした。文字列の長さを計測して利用するには、`\settowidth` コマンドを使用した。小問 (3)~(5) は次のように入力した。

```
01:(3) \begin{ctoi}\( r \) を ( \hspace*
    {.8mm}
02:\end{ctoi}
03:\begin{ckai}うろう
04:\end{ckai}
05:\begin{ctoi}\hspace*{.8mm} ) という。
    \par
06:\end{ctoi}
07:(4) \begin{ctoi}\( t \) を (
08:\end{ctoi}
09:\begin{ckai}\hspace*{2zw}
10:\settowidth{\kailen}{ \scalebox{.5}{
    ええええ}}
11:\hspace*{-\kailen}ええええ\hspace*{-
    \kailen}
12:\end{ckai}
13:\hspace*{2zw}\begin{ctoi} ) という。
    \par
14:\end{ctoi}
15:(5) \begin{ctoi}\( t \) を (
16:\end{ctoi}
17:\hspace*{2zw}\begin{ctoi}\hspace*
    {2zw} ) という。
18:\end{ctoi}
```

環境に入る`\begin{ }`は、行の途中にあってもかまわないので、01, 03, 05, 09, 13, 15, 17 行目のような入力をして行数を減らしたが、かえって分かりにくいかも知れない。

`\settowidth` コマンドを使用したのは、10 行目である。プレアンブルで新しく定義してある長さの単位 `\kailen` に文字列“ええええ”の幅の半分の長さを定める。`\scalebox` を使って、文字を横方向に半分にして長さを測っている。11 行目で、“ええええ”の前後を `\hspace*{-\kailen}` ではさんだ。10, 11 行目を次のようにしても同じはずである。

```
10:\settowidth{\kailen}{ ええええ}
11:\hspace*{-.5\kailen}ええええ\hspace*
    {-.5\kailen}
```

これは、文字列“ええええ”の幅をそのまま取得し、11 行目で、`\hspace*{-\kailen}` の代わりに

`\hspace*{-.5\kailen}` として、`\kailen` の 0.5 倍に戻している。今回は、上で紹介したようにしてみた。このようにして、() に入れる文字列の幅により () の幅が変わることはない。

次に、(3)~(5) を行ごとに分けたり、1 行にまとめたりする切替のため、05, 13 行目の最後に段落の区切り (`\par`) を入れた。これらは `ctoi` 環境の中にあるので、問をコメントアウトすれば、(3)~(5) の答が段落を区切らず 1 行に入る。

6.2 課題

(1) 今回、目的に応じて環境を定義した行から選んで、`%` でコメントアウトにより表示切替を実現している。マクロパッケージ化し、オプションによる切替といった、もっと簡潔で分かりやすい方法で実現したいと思っている。

今回は、`excludecommand` を利用した場合で例を示した。そのとき、

(2) 環境の終了を告げる `\end` コマンドを独立した行にする必要がある。正確には、`\end` コマンドの後ろに半角空白のみ許容する。そのため、`tex` ソースの行数が増える。また、環境の中に入れた文字列の前後に半角スペースが加わる。

(3) `mekabox` とのバッティングにより、上で示したような入力 (小問 (4)) をした。

(2), (3) について、`version.sty` や `versions.sty` での検証が不十分である。(2), (3) が解消しても、小問 (4) で示した文字列の半分の長さを戻す方法が `makebox` を使うより有効なら、その作業をコマンドにして入力作業を単純化することも考えられる。

参考文献および参考 URL

- [1] 久保康幸・亀田真澄：T_EX による問と答の表示切替，弓削商船高等専門学校紀要，第 38 号，pp.87-89, (2015).
- [2] CAST_EX 応用研究会：K_ET_EPic でらくらく T_EX グラフ，イーテキスト研究所，(2011).
- [3] 奥村晴彦ほか：[改訂 第 6 版] L^AT_EX₂ ϵ 美文書作成入門，技術評論社，(2013).
- [4] 「T_EX Wiki パッケージ」(<https://texwiki.texjp.org/?%E3%83%91%E3%83%83%E3%82%B1%E3%83%BC%E3%82%B8>)
- [5] 「目的別 L^AT_EX ガイド [一般] マクロ:新しいコマンド/環境」(<http://utsukemononi.gozaru.jp/latex/datg022.html>)
- [6] 「Ketpic.com」(<http://ketpic.com/>)

一刀切りについて 2

—イニシャルを切る—

雙知 延行*・藤原 優伍**・吾藤 秀亮**
尾崎 拓人**・武田 海**・金井 雅人**

About folding and one straight cut suffice 2

—Cut out initials—

Nobuyuki Sochi*, Yugo Fujiwara**, Hideaki Goto**
Hiroto Osaki**, Kai Takeda** and Masato Kanai**

Abstract

By folding shape drawn by line segments in a sheet of paper and cutting the paper straight, it is possible to cut it out. We studied about folding and cutting initials.

1. 同時一刀切り

1. 1 一刀切り定理とは

一枚の紙の上の任意の線分のみで構成される線分描画は、紙を平坦に折って、直線に沿って一回のみハサミを入れるだけで、描画の線分部分だけを正確に切り抜くことができる。角の2等分線などの骨格線や垂線を引いて折ることによって、線分を重ねていく。1枚の紙の上に多角形が別々に2つ以上あった場合も、それぞれ一直線上に集めた後、角の2等分線を利用してうまく重ねることができる。

1. 2 イニシャルの一刀切り

今回は、アルファベット2文字からなるイニシャルの同時一刀切りの設計図を考えた。

弓削商船高等専門学校の数学同好会メンバーとともに、イニシャルの一刀切りの設計図を Cinderella によって作図した。

イニシャルの同時一刀切りについて、今回作成したいくつかの設計図を挙げる。

青の実線は図形の輪郭を表す。赤の実線は山折りで、赤の点線は谷折りを意味する。

1. 2. 1 YFの場合

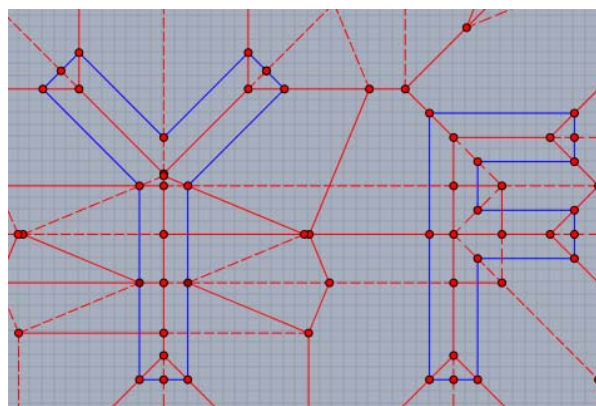


図1 YF

1. 2. 2 MKの場合

図2におけるMとKの最後の重ね合わせを改良したものが図3の設計図となる。図3の方が折り畳みやすかった。

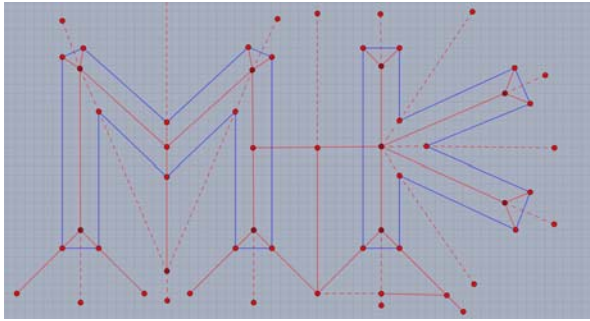


図2 MK

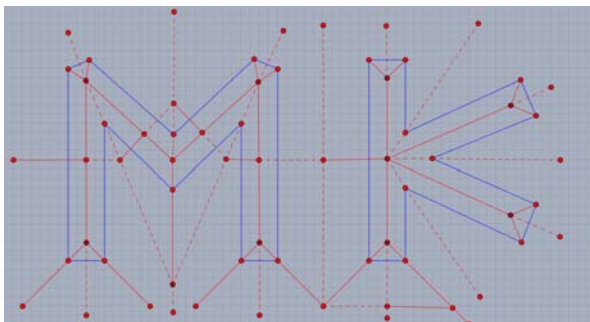


図3 MK

1. 2. 3 HOの場合

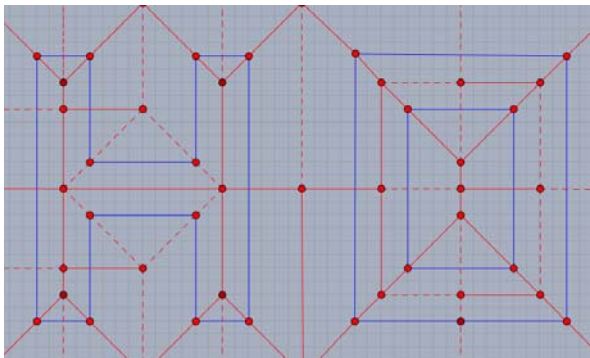


図4 HO

1. 2. 4 KTの場合

KTは最後の一折り等で、研究課題が残る。

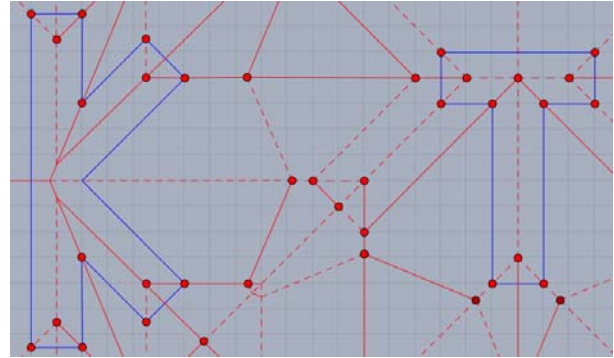


図5 KT

1. 3 イニシャルの一刀切りの実演

公開講座等において、参加者に一刀切りをしてもらう前に、手品風の実演する。

1. 3. 1 YFの場合

①

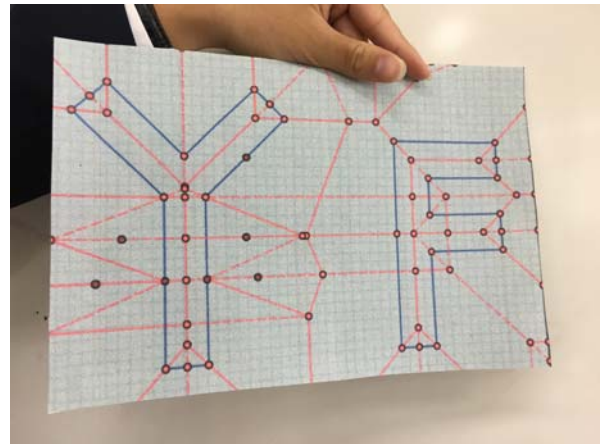


図6 YFの設計図

②

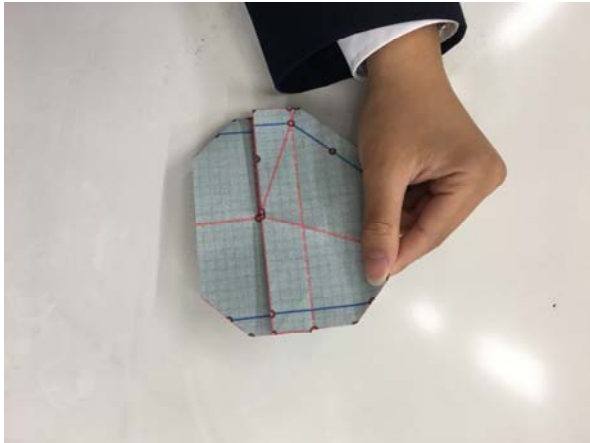


図7 山折り谷折り

⑤

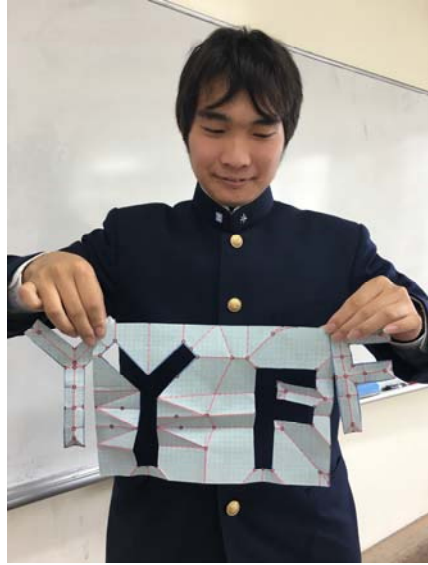


図10 切り取ったもの

③

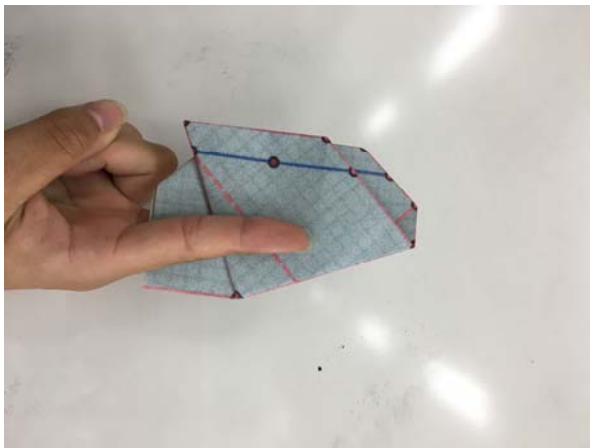


図8 一直線上に折り畳んだもの

1. 3. 2 MKの場合

①

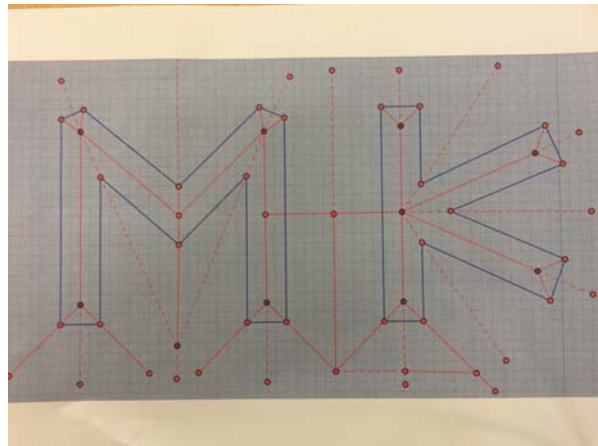


図11 MKの設計図

④

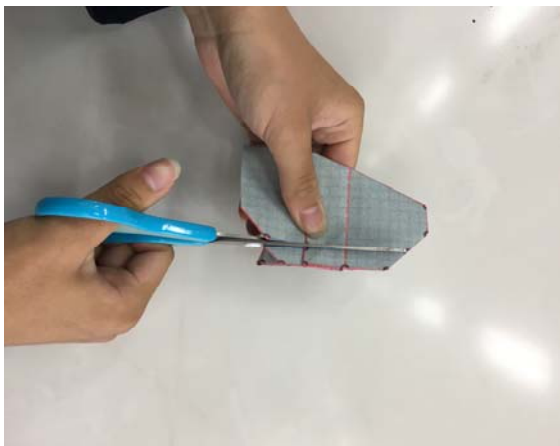


図9 まっすぐ切る

②

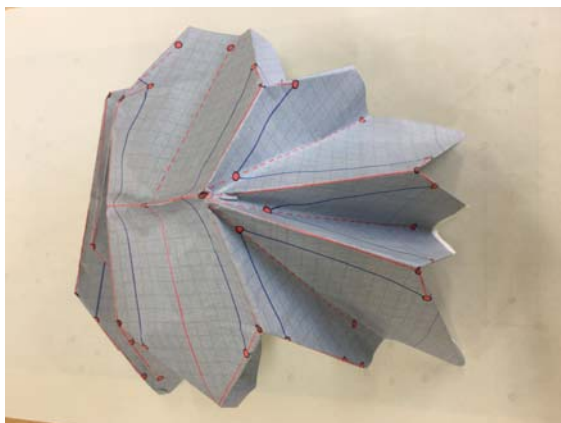


図12 山折り谷折り

③

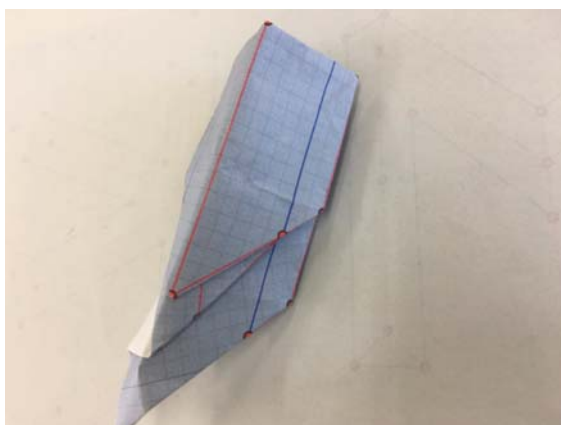


図13 一直線上に折り畳んだもの

④

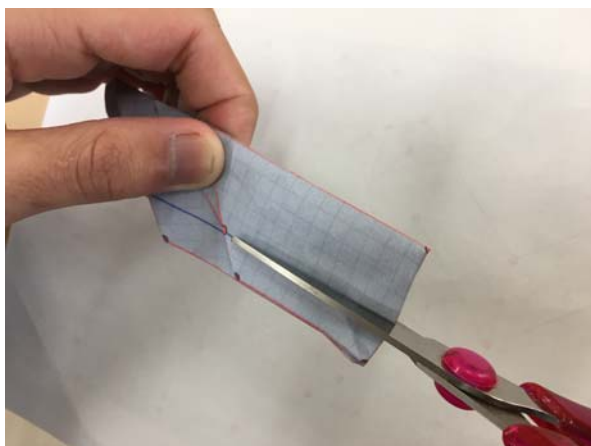


図14 まっすぐ切る

⑤



図15 切り取ったもの

1. 3. 3 HOの場合

①

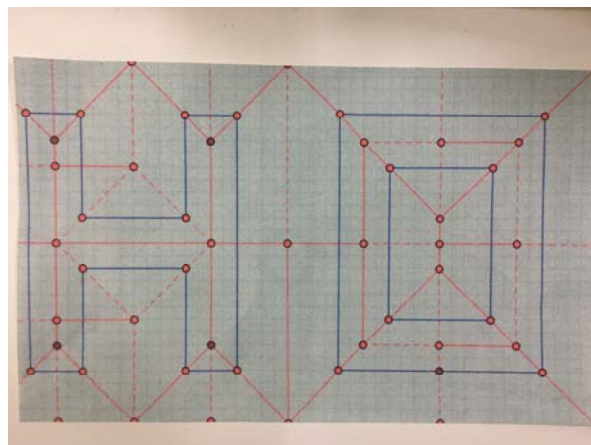


図16 HOの設計図

②

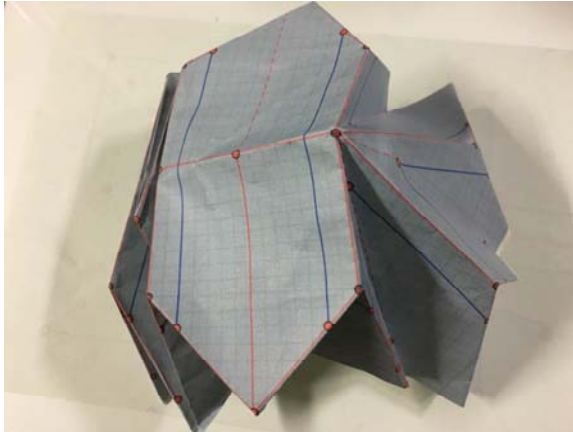


図17 山折り谷折り

⑤



図20 切り取られたもの

③

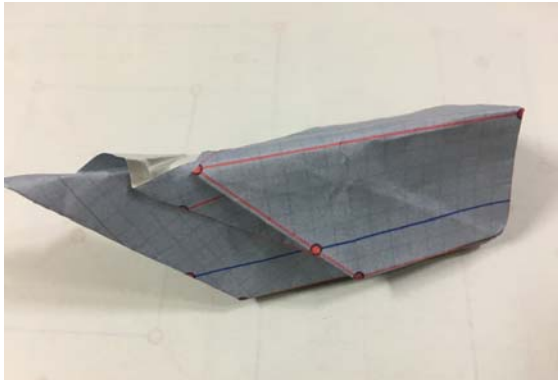


図18 一直線上に折り畳んだもの

⑥



図21 切り取ったもの

④



図19 まっすぐ切る

1. 3. 4 KTの場合

①

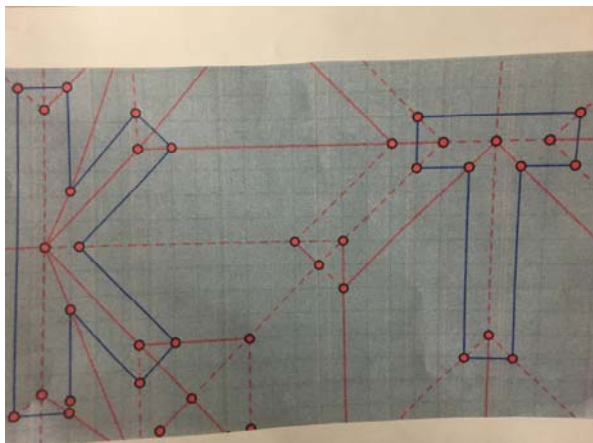


図22 KTの設計図

②

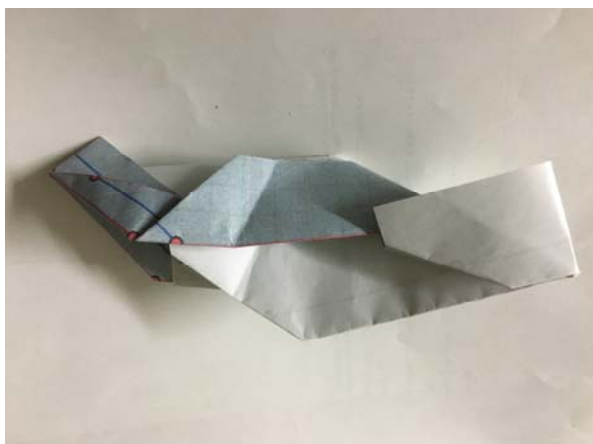


図23 山折り谷折り

③

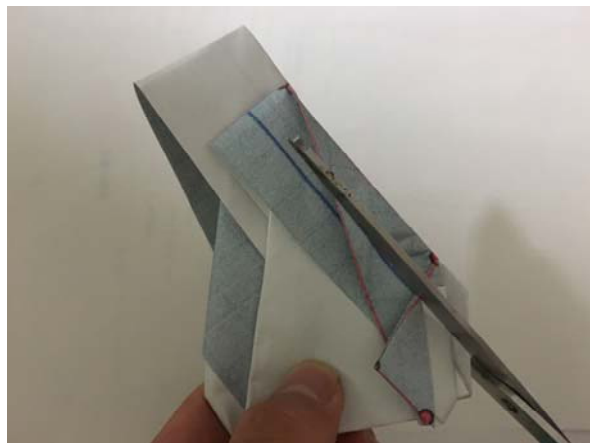


図24 一直線上に折り畳んでまっすぐ切る

④

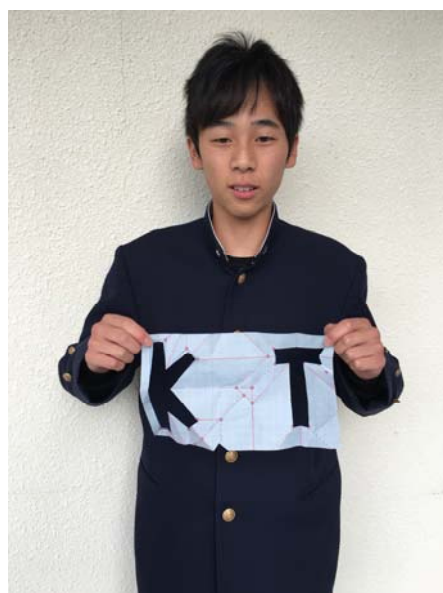


図25 切り取られたもの

2. まとめ

前年度はアルファベット1文字の一刀切りの設計図を作成した。対称性のあるものは比較的簡単だったが、GやQなどは、デザインにもよるが難しかった。Y, U, G, E (弓削) それぞれ1文字を一刀で切るための設計図は前年度完成した。

今年度は、前年に引き続いて、1枚の紙に書かれたアルファベット2文字(イニシャル)の同時一刀切りの設計図作成に挑戦した。角の2等分線などからなる直線骨格や垂線を利用して線分たちを一直線上に集めることに工夫した。

参考文献

- [1] ジョセフ・オルーク：折り紙のすうり，
pp.91-105, (2012)
- [2] Erik D. Demaine and Joseph O'Rourke :
Geometric Folding Algorithms, Linkages,
Origami, Polyhedra. Cambridge University
Press, July 2007.
- [3] 雙知延行, 吾籐秀亮他：一刀切りについて—三
角形からアルファベットまで—, 弓削商船高等
専門学校紀要 (第 38 号), pp.39-44, (2016)
- [4] 秋山仁 松永清子：数学に恋したくなる話,
pp.218-220, (2010)

数学落語について

雙知 延行*

About Mathematical Rakugo

Nobuyuki Sochi*

Abstract

I created Rakugo with mathematics as a topic. I hope that students will be interested in mathematics by being familiar with mathematical Rakugo.

1. 数学落語について

数学の教材として、数学落語を創作した。数学落語とは、数学を題材、話題にした落語という意味である。数学落語の創作は、学生だけではなく、より多くの方に、数学に興味を持ってもらうことが目的である。今はシナリオの段階だが、いつか演者から聞いてみたいと思う。私のささやかな夢は、おしゃべりの達者な学生を著名な落語家の弟子に送り込んで、寄席にて数学落語を口演させることである。授業中、幾度注意しても話し続ける学生もいるので、まんざら夢ではないかもしれない。

寄席に通って遊んできたことが数学に活かせたらという願望を持ちつつ、「すり替え五郎」と「空の上の空」の2つを書いた。

2. 「すり替え五郎」

五郎は大工だ。
腕はすこぶる良い。
手先が器用なんで、良い仕事をするが、
性質が偏屈で、素直に「うん」とは言わない。
目の前のことには必ずけちをつける。
そして、五郎というフィルターを通すと、すべてが変わってしまう。
Aが五郎を通すとBになってしまい、AとBが等しければそれでよいが、そんなことはなく、Aに余分なものがくっついたり、足りなかったり、全くの別物になったりと、穏やかでない。
すり替え五郎と呼ばれる所以だ。
こんなとき、「BがAとは必要十分ではなくなっ

った」と言うらしい。

五郎は、良く言えば職人気質、さらに良く言えば錬金術師、しかし、正直に言うと、嘘しかつかない男だ。

もちろん、彼を良く言う者はいない。

そして、彼が言い換えると、たいていが悪くなる。

あるとき、たまたまだったが、五郎の仕事を手伝ってくれた近所の大工がいたが、最初は、

「オレの仕事をとられた」と非難し、

「あいつは人の嫌がる仕事が好きだから、面倒なことはあいつにやらせよう」と言い出したりと、ろくなことはない。

五郎に親切にするのはよそうということになる。

近所のばあさんがブドウの苗を植えるってんで、五郎は、

「植えるのを手伝いますよ」って言っていたのも束の間、

「耕した土地はもうオレの農園だ」

「ばばあからいただいた」と言い出す始末。

すり替え五郎だ。

そんな五郎だから、敵も多く、とんだ嫌われ者だ。

五郎の被害者の中でも特に痛い目にあっているのは一本松に住む八兵衛。

八兵衛も大工。

いつも、なんだかんだですり替えられて面倒を押し付けられてきた。

八兵衛は、

* 総合教育科

「もう我慢できねえ」ってんで、
大工の棟梁に五郎のことを直訴すると言い出した。
そのとき、五郎もすばしっこい。
たまさかその話を聞いた五郎は先回りして、
「八兵衛にひどい目にあった」
と、五郎より先に棟梁に訴えてしまった。
すり替え五郎の本領発揮だ。
加害者のくせに被害者の顔をして訴えたのだから、
泥沼は必至だ、
と思っていたら、五郎はさらにうまいことやりが
った。
五郎は、棟梁に、
「実は、八兵衛にはひどい目にあっていて、メンタ
ルをやられちゃった」
「夜は眠れないし、血圧もキューって上がっちゃま
った」
「これ以上の話をするのは、今の自分の精神では耐
えきれない」
「だから、私の言うことは内密で進めてくださいま
せ」
とでっち上げた。
結局、八兵衛は、五郎のいうことに正当に反論すら
できないまま、八方ふさがって、宙ぶらりんの喧嘩
両成敗で終わってしまった。
面倒ごとに、同僚たちは見て見ぬふり、冷たいも
んだ。
そして、五郎は、体調がすぐれないということで、
面倒な雑用が免除され、八兵衛のところはその面倒
ごとがさらに回ってきてしまった。

結論としては、八兵衛はひたすら損をして、五郎は
ちょっと以上の得をしたことになる。

最近流行りかどうか知らねえが、ゲーム理論って
のがある。アメリカのノイマンさんやナッシュさん
が研究していたらしい。なんだか、世の中すべての
損得を天秤のようなバランスで考える数学らしい。
ゲーム理論でいうと、宗教だって信じていたほうが
いろいろと得をするんだそう。
そのゲーム理論でいうと、お互いの損失が最小にな
って拮抗していれば2人の天秤のバランスは保たれ
てお互いに納得できて黙るが、今回の事案は一方的
だ。八兵衛のシーソーは可哀想にもズドンと沈ん
でしまった。
この世は、嘘でもなんでもずる賢く攻撃しておいた
方が得なのか？
と呪っていたら、五郎は作業中、ずいぶん高いと
ころで足を踏み外して、あっけなく落命することに

なった。
神様がいるなら、神様含めて、3人で損得の天秤ゲ
ームをしていたのかもしれませんが。これもゲーム理
論だ。神様もスカッとしたことだろう。
(注：大工の五郎は架空の人物です)

3. 「空の上の空」

横町のよろず屋のトシばあさんは孫娘のハルの行末
のことを考えると気が気じゃない。
「私が逝っちゃう前に早く嫁にいっとくれ、すぐ
にでもひ孫の顔が見たいもんだ」
と日々うるさい。

一方のハルはそんな気もなくのんびりとしている。
「孫の顔はすでに見られてんだし、ひ孫の顔、顔
って、そんなに急かさなくてもいいさ」
とあっけらかん。

ハルはこのあたりじゃ評判のべっぴんさんで気立
てがよく、よろず屋の看板娘。
そりゃあ、男たちも鼻の下伸ばして、引く手もあ
まただが、まだまだしばらく当分はちやほやされな
がら自分磨きを極めたい、といったところだろう。

ある日のこと、
「なじみの大工の棟梁宅に行っとくれ」
「面白いおヒトもいるよ」
と、ハルを呼び出したトシばあさん。
そこで待ち構えていたのは、棟梁宅の、安兵衛。
トシばあさんが画策して、安兵衛と合わせたに違
い、と察しがつく。

「いらっしゃい、ハルちゃん、今日もいい天気だ。
雲が規則正しく浮かんでいて気持ちいいねえ」

空を見上げるハル。
規則正しい？
気持ちいい？
雲は同じ形だけど大きさは違う。

「・・・そうですね」
「でしょ。あの雲たちの膨らみは1, 8, 27,
64,・・・なんです」
「膨らみ？」
「だんだん大きくなっているでしょ。すがすがしい
ね」
「見た目は1, 2, 3, 4,・・・だけだね」

「はあ」

思い出した、この男、大工を継がないで、ずっとこもって、なんだか分からないことを日々考えている変人さんじゃなかったかな。

たしか、不思議な噂話が1つや2つ、いや3つや4つ・・・

そりゃあ、上ばかり見てるんじゃ、大工の仕事は務まらないだろう。

変人っていうと、晴れの日に雨傘さしているようなヒトを思い出して、つつい笑ってしまう。

少し、興味がわいてくる。

ハルが使いの用を終えて帰る際に、

「ちょっと寄っていきませんか」

と安兵衛からお声がかかる。

「いえいえ、今日は・・・」

と発するよりも早く、

「よろず屋さんで、買いたいものがあるのでご相談したいのですが」と安兵衛。

案内された部屋には本棚が4つ。正方形の間取りの小部屋だが、4つの側面に4つの本棚があり、ちょうど本棚に囲まれるような具合に人が佇むことになる。

安兵衛の書斎だ。

入り口は角の小さな隙間になっている。

「本がいっぱいなので、新しい本棚を、よろず屋さんで購入したいのですが」

と、安兵衛。

ハルが本棚を見ると、同じサイズの本が几帳面にずらっと並べてある。

しかも、よく見ると、すべて同じ本だ。タイトルは「空の上の空」

「ハルさん、この本、面白いですよ。見てみませんか」

と、安兵衛は正面の本棚の上から2段目の左から7つ目の「空の上の空」を取り出し、ハルに渡す。

ペラペラっとめくると、どのページにも雲の絵が単調に並んでいる。

「この雲たちは1, 2, 4, 8, ...です、見た目の方ですが」

「はい・・・」

「膨らみは1, 8, 64, 512, ...」

ハルがその本を閉じて、上から2段目の左から3つ

目に返す。

「そこは違います、これは上から2段目の左から7番目の本です」

と、安兵衛。

上から2段目の左から7番目に「空の上の空」を丁寧に戻す。

「どれも同じ本ではないのですか？」

「いえいえ、同じ内容でも順番は違うのです。雲ってそんなモノなんです」

「・・・」

「困ったなあ」

「どの位置に新しい本棚を置くべきか」

「そうですね、置き場所を考えないといけないですね」

本棚を一つ、注文を受けた後、安兵衛宅を離れる。

しかし、変わった男がいるもんだ。

何を考えているんだか。

雲をつかむような男。

それにしても、なんで、トシばあさんはあの男に会わせたんでしょう？

トシばあさんは、たいそうご機嫌だ。

一週間後、本棚の納入日となった。

本棚を書斎に運ばせた後、見た目が1, 2, 4, 7, 11, ...の雲の話の聞いた後、この雲たちがどれだけ気持ちいいかを熱弁、

「もっとすごい雲たちを探しに行こう」と誘われた。

そして、ついつっかり一緒に探しているうちに、なんと、安兵衛の嫁となってしまった。

これは、トシばあさんの思惑通り。

どんな思惑かってえと。

実は、トシばあさんには秘密と野望があった。

トシばあさん、大工の棟梁とはその昔恋仲だったが悲恋となった。

しかし、捨てきれない想いは時間を超えて存在していた。

自分の孫と棟梁の孫が結ばれて、ひ孫ができれば、そのひ孫には自分と棟梁のDNAがそれぞれ1/8ずつ共存することになる。

やがて一緒に存在するのだ、2人の遺伝子が。

やっ、遺伝子レベルで一緒になれる。

変わり者で役立たずでも、トシばあさんは孫の安兵衛の血を選んだ、ずいぶんと利己的な話だが。

仮に自分と棟梁が結ばれていたとしても、子供で半分の $1/2$ ずつ、孫で $1/4$ ずつ、ひ孫の世代でそれぞれ薄まって $1/8$ ずつで存在する。

それなら、孫世代で結ばれたって、どこで結ばれたって、同じじゃないか。

ちょっとくらい順番がずれたって、ひ孫の中身は $1/8$ ずつで同じだとトシばあさんは計算した。

(注：架空の人物，架空の話です)

参考文献

- [1] 柳谷晃：時そばの客は理系だった—落語で学ぶ数学，幻冬舎新書，2007年。

学生による因数分解手法の視覚化について

南郷 毅*

Visualization of Factorization Methods by Students

Tsuyoshi Nango*

Abstract

Factorization of polynomials is related to various fields of mathematics in upper secondary education. The visualization is effective methods for understanding mathematics. In this study, we consider the visualization of factorization methods by students. We analyze the relationship between students' drawing of factorization and exam scores. Students whose score of exam were high draw a diagram of factorization including the solution procedure with conditional branches. Students whose score of exam were not high draw a diagram of factorization only focusing on the relationship of learning matters.

1. はじめに

後期中等教育段階の因数分解は、展開の単純な逆操作ではなく、複数の手法を問題に応じて使い分けられる力が必要な複雑な技能である。筆者は、南郷[1]において、因数分解指導に必要な事項として、次の4点を指摘した。

- (1) 因数分解ができるための必要条件を、各手法や公式の関係とともに理解させること。
- (2) 「因数分解は展開の逆であるから展開ができればできる」という認識を改めさせること。
- (3) 利用すべき因数分解の公式と手法を判定する方法を開発し、使えるように指導すること。
- (4) 練習問題を追加し、各手法や公式との関係を意識させ演習させること。

また、(1)(2)を達成するためには、複雑な関係や手順を視覚化することが有効と考え、因数分解の構成図や因数分解フローチャートを開発した。ところで、筆者は、開発した教材を利用した(3)(4)を達成する指導方法を考えている際に、そもそも学生には因数分解がどのように見えているのか、また、それを視覚化させた際に、因数分解のできる学生とできない学生間にはどのような違いがあるのかということに興味を持った。また、教材を用いた指導の前に、学生自身に因数分解を視覚化させ、教材と対比させることで、学生自身の理解できていない部分をより明確にできると考えた。

本研究の目的は、学生が因数分解の視覚化として

作成した図の特徴と因数分解の理解度との関連を調べ、視覚化を伴う指導の改善を図るための知見を得ることである。

本研究では、学生が因数分解の視覚化として作成した図の特徴を、前期中等教育(中学校)修了段階での因数分解の能力を調べた計算力試験、後期中等教育段階の因数分解の能力を調べた1年生前期中間試験の因数分解分野の正答数とともに分析する。

なお、本研究で対象とする因数分解は、高等専門学校や高等学校の1年生の冒頭で学ぶ因数分解である。そのため、因数定理や2次方程式の解を用いた因数分解は含んでいない。

2. 先行研究の検討

学習事項を視覚化した教材を用いた指導、学生・生徒自身に学習事項を視覚化させる指導には、これまで多数の実践研究がある。

2.1 視覚化教材による指導の先行研究

堤[2][3]は、大学初年時の学生に対して、学習意欲や理解度の向上を狙いとし、表計算ソフトを用いて様々な関数を学生自身に視覚化させる授業を実践している。視覚化により、極限や平均変化率と微分係数の関係、近似値の計算などについて、学生の理解が深まったことを報告している。

また、白坂[4]は、高等専門学校生に対して部分積分を図式化した指導を実践し、その有効性を報告し

ている。

いずれの実践研究においても、視覚化により学習事項の理解が深まることや学習意欲が向上することが報告されている。特に、多くの高校生や高等専門学校生が、意味はわからないが計算はできてしまう関数の極限の計算、微分の計算、積分の計算が、視覚化によって、意味を含めた理解につながっている。これらの先行研究から、筆者は、視覚化した教材を用いた指導は、意味を含めた理解を深めることができる指導方法であると考え。

2. 2 学習者による視覚化の先行研究

学習者自身が視覚化を行う活動として、コンセプトマップの作成がある。コンセプトマップとは、学習した事項や概念を表すキーワードなどを項目として書き出し、関連がある項目間を線で結び作成する図である。学習者は、コンセプトマップを作成することで、学習事項や概念の関連を明確にし、学習事項や概念を構造化することができる。とされている。

篠原[5]は、高校生に対し、授業中に作成したコンセプトマップを参照しながら問題演習に取り組ませる実践を行い、成績下位群の学力向上に効果があることを明らかにしている。問題演習時にコンセプトマップを参照することで、学習した知識の構造化が図られることを明らかにしている。篠原[5]の指導は、筆者が南郷[1]で示した、因数分解フローチャートを参照した演習と同形式の指導である。

安宅[6]は、高校生に対して、統合的な考え方を育むために単元毎の振り返りの際に生徒が協同的にコンセプトマップを作成する実践を行い、コンセプトマップの作成が学習事項の整理や深い理解につながることを示している。安宅[6]は、因数定理を含む因数分解を題材にしたコンセプトマップの作成を通じて、生徒が公式間の関係を統合的に考える様子が見て取れると述べている。

いずれの実践も、生徒が自らコンセプトマップを作成することにより、生徒の中で知識の構造化が進み、概念の関連を統合的に考えられるようになることが示されている。

ところで、コンセプトマップは関連がある場合に線で結ぶという規則で図を作成する。筆者は、コンセプトマップは、学習事項や概念について、静的な関連を明らかにしていると考え。実際に問題を解く際には、学習事項や概念間の関連だけでなく、どの順番で学習事項や概念を用いるかという問題が発生する。筆者は、コンセプトマップを作成させる指導は、コンセプトマップが基本的に静的な関連を記載する図であることから、学習事項や概念をどのよ

うに動作させるかという動的な観点の指導が困難と考える。

2. 3 本研究と先行研究の相違点

本研究は、学生自身が学習事項を視覚化する取り組みを実施する点で、コンセプトマップ作成を伴う実践研究と類似している。しかし、コンセプトマップ作成を伴う実践研究の多くは、コンセプトマップの描き方(視覚化の方法)を指導したのちに、学生・生徒に図を作成させ、その内容を評価、検討している。そのため、視覚化の方法を知らない学生・生徒が、学習事項をどのようなイメージで捉えているかは検討されていない。

本研究は、視覚化の方法について指導していない状態で、学生が作成した因数分解の図の特徴と因数分解の理解度との関連を調べており、先行研究と異なっている。

3. 学生による因数分解の視覚化

3. 1 実践の状況

実践を実施したクラスは、本校の情報工学科1年生(41名(男子24名、女子17名))である。入学当初から学力が例年に比して高く、多くの学生が熱心に学習に取り組むクラスである。

因数分解単元として90分×3回の授業を実施後、因数分解のまとめ演習の授業90分×1回を設定し、その時間内で演習とともに学生による因数分解の視覚化を実施した。学生に配布した演習教材の最後の問題として、因数分解の視覚化を実施する問題を設定した。なお、視覚化の問題は開始時間が同一になるように統制した。視覚化にあてた時間は約50分である。視覚化を開始する前に、因数分解の単元で学んだこととして

- ・共通因数でくくる
- ・公式を使う
- ・置き換えを使う
- ・たすきがけをする
- ・最低次の文字に着目する
- ・2乗の差を作る
- ・好きな文字に着目する

を列挙し、これらをどの順番で使うと因数分解はやりやすいのか、また、これらの関連はどうなっているのか考え、因数分解を図で表現してみるよう指示した。図の描き方は自由で、文字の書き込みも可能とした。

3. 2 学生の作成した因数分解の図

学生の作成した因数分解の図は、因数分解の手順を記載した図、因数分解の手法間の関連を記載した図の2タイプに分類できる。

因数分解の手順を記載した図を手順記載型、因数分解の手法間の関連を記載した図を関連記載型と呼ぶことにする。手順記載型は、分岐の有無でさらに分類できる。また、関連記載型は、コンセプトマップによる記載、情報システム記載手法(クラス図, システム構成図)による記載、包含関係を用いた記載に分類できる。分類を表1にまとめる。

表1 学生が作成した図の分類

手順記載型		関連記載型		
分岐あり	分岐なし	コンセプトマップ	情報システム記載手法による図	包含関係

表1で示した分類について、詳細を述べる。

手順記載型(分岐あり)は、因数分解の手順について、矢印等を用いて順序がわかる形で記載されており、さらに、なんらかの形で場合分けに相当する分岐がある図とする。手順記載型(分岐あり)の例を図1に示す。

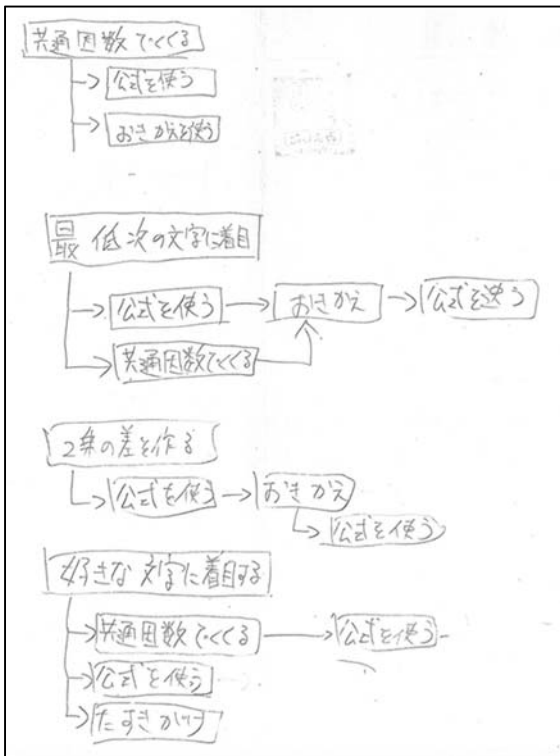


図1 手順記載型(分岐あり)

手順記載型(分岐なし)は、因数分解の手順について、矢印等を用いて順序がわかる形で記載されているが、場合分けに相当する分岐がない図とする。手順記載型(分岐なし)の例を図2に示す。

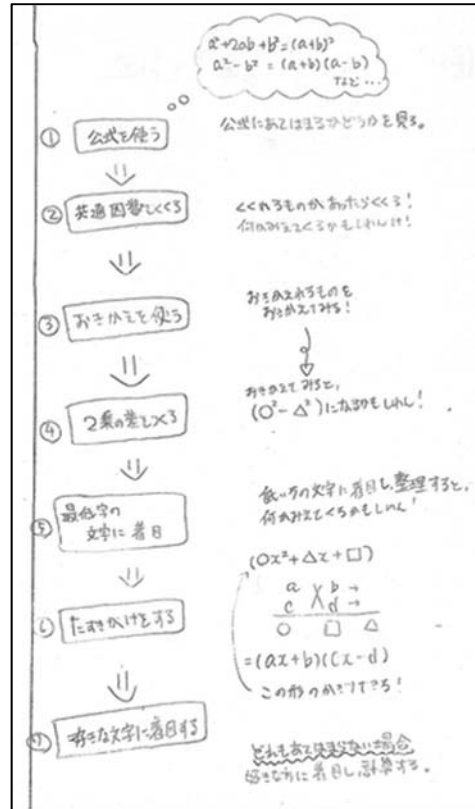


図2 手順記載型(分岐なし)

関連記載型(コンセプトマップ)は、関連があると考えられる因数分解の手法を線や矢印などで結んだ図とする。どのような順番で使うかではなく、手法間の関連が重視されていると考えられる図とする。関連記載型(コンセプトマップ)の例を図3に示す。

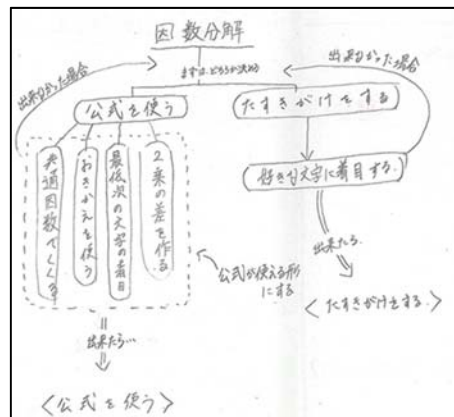


図3 関連記載型(コンセプトマップ)

関連記載型 (情報システム記載手法による図) は、クラス図やシステム構成図のように、情報システムを記載するための方法を利用し記載された図とする。関連記載型 (情報システム記載手法による図) の例を図4に示す。なお、図4はクラス図の記載方法を利用している。

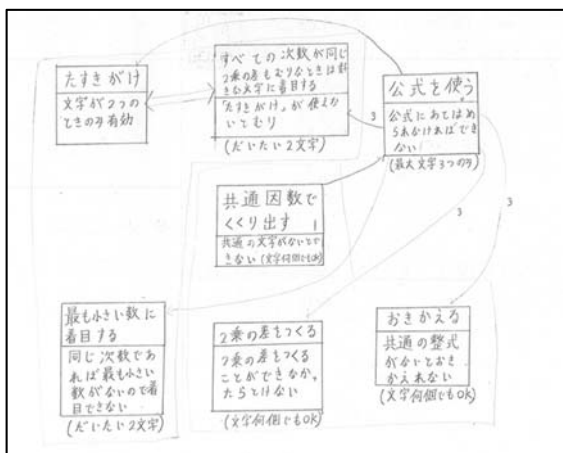


図4 関連記載型 (情報システム記載手法による図)

関連記載型 (包含関係) は、ベン図を利用して記載された図とする。関連記載型 (包含関係) の例を図5に示す。

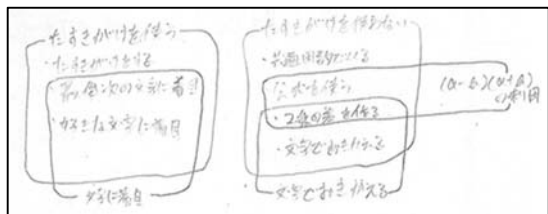


図5 関連記載型 (包含関係)

学生による図の作成状況を表2にまとめる。

4. 分析と考察

学生が因数分解の視覚化として作成した図を、4月に実施した計算力試験の因数分解分野の正答数、前期中間試験の因数分解分野の正答数とともに分析する。

4.1 各試験の因数分解分野の問題

計算力試験では6問を出題した。各問題で問うて

表2 学生による図の作成状況

項番	図の種類		人数
I	手順記載型	分岐あり	18人
II		分岐なし	7人
III	関連記載型	コンセプトマップ	4人
IV		情報システム記載手法	2人
V		包含関係	0人
VI	IとIIIの両方		3人
VII	IとVの両方		1人
VIII	IIとIIIの両方		1人
IX	文章のみ		1人
X	作成途中 (未記入を含む)		3人
XI	未提出		1人

いる事項は次のとおりである。

- (1) 共通因数のくくり出し
- (2) $x^2 + (a + b)x + ab = (x + a)(x + b)$ の適用
- (3) $x^2 + (a + b)x + ab = (x + a)(x + b)$ の適用
- (4) $x^2 - 2xy + y^2 = (x - y)^2$ の適用
- (5) $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$ の適用
- (6) 共通因数のくくり出しののちに

$$x^2 + (a + b)x + ab = (x + a)(x + b)$$

前期中間試験では7問を出題した。各問題で問うている事項は次のとおりである。

- (1) $x^3 - y^3 = (x - y)(x^2 + xy + y^2)$ の適用
- (2) $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$ の適用 (中学)
- (3) 好きな文字に着目する
- (4) たすきがけ
- (5) 最低次の文字に着目する
- (6) $x^2 + 2xy + y^2 = (x + y)^2$ の適用 (中学)
- (7) 置き換えをしたのちに共通因数でくくり出し

このうち、(2) (6) は中学校での学習事項である。

4.2 前期中間試験の正答数別の図の特徴

計算力試験における因数分解分野の正答数別人数を表3に示す。

表3 計算力試験の因数分解分野の正答数別人数

正答数	6問	5問	4問	3問	2問	1問	0問
人数	25	13	2	0	0	0	1

38名の学生が5問以上に正解している。正答数が0問の学生は、試験中の体調不良により途中から受験を放棄した学生である。計算力試験の結果から、

中学校における因数分解は、ほぼ全員が理解できていると考えられる。

前期中間試験における正答数別の図の作成状況を表4にまとめる。表4からは次の事項が読み取れる。

前期中間試験の7問のうち6問以上に正解した12名のうち、手順記載型（分岐あり）を含むの図を作成した学生（I, VI, VII）は、10名である。また、関連記載型だけの図を作成した学生は0名である。特に、7問全てに正解した5名は、全員が手順記載型（分岐あり）の図を作成している。これらのことから、因数分解の問題を解くことができる学生は、手順記載型（分岐あり）の図を作成できると考えられる。

表4 正答数別の学生による図の作成状況

正答数	作成した図の種類										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
7問	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6問	3	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
5問	6	3	0	1	0	1	0	0	1	2	0
4問	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3問	3	3	2	1	0	0	0	0	0	1	0
2問	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1

(注) 表中のI～XIは表2の項番I～XIに対応

手順記載型（分岐あり）を含む番号に下線を引いた正答数1問0問の学生は0名のため記載していない

一方、正答数が3問以下の学生13名のうち、手順記載型（分岐あり）の図を作成できた学生は3名にとどまっており、関連記載型の図を作成する学生が5名と増加している。なお、正答数が少ない学生が作成した関連記載型の図は、関連事項が適切に線で結ばれていた。図3は正答数3問の学生が作成した図である。このことは、コンセプトマップや情報システムを表現する手法を用いて関連を記載できたとしても、必ずしも因数分解ができるわけではないことを表している。

筆者は、上述の結果から、学習事項の構造化ができていたとしても、その構造をどのように利用するかが理解できていないと、因数分解の問題を解くことはできないと考える。

類似する事例として、情報システムを構築する際に作成する一連の文書群がある。一般に、情報システムを構築する際には、システムの静的な構造を記載する構造図（クラス図など）とシステムの振る舞

い（動作）を記載する振る舞い図（シーケンス図など）を作成し、システムを理解する。構成図か振る舞い図のどちらか1種類だけの図を確認しても、システムの全体像の理解が不十分となる。また、1種類の図に双方を盛り込もうとすると、うまくいかないことが知られており、図の分類がなされている。

因数分解を一つのシステムだと考えると、因数分解を理解するには、因数分解の構造を表す図と動作を表す図の2種類が必要になる。今回の視覚化においては、関連記載型の図が構造を表す図に相当し、手順記載型の図が動作を表す図に相当している。

以上のことから、筆者は、視覚化を学習指導に盛り込む際には、学習事項の構造を表す観点の図による視覚化と、学習事項をどのように動作させるかの観点の図による視覚化が必要と考える。

5. まとめ

本研究では、学生による因数分解の視覚化の結果を分類し、試験における因数分解の正答数とともに分析した。その結果、因数分解の正答数が多い（7問中6問以上）学生は、手順記載型（分岐あり）の図を作成できていること、因数分解の正答数が少ない（7問中3問以下）学生は、関連記載型の図を作成する傾向があることを明らかにした。また、情報システムを構築する際の図の作成事例との比較により、視覚化を伴う指導には、手順記載型のような動作を表す図と関連記載型のような構造を静的に表す図の双方が必要であるという示唆を得た。

今後の課題は、動作を表す図と構造を表す図の2種類の観点からの視覚化を伴う実践を行い、その効果を確認することである。

引用・参考文献

- [1] 南郷毅: 因数分解指導における視覚化について, (弓削商船高等専門学校紀要, 第38号), pp. 45-49, (2016)
- [2] 堤厚博: 数学教育における視覚化を用いた試み—初年次生を対象とした視覚化による数式の理解度向上(その1)—, (工学教育研究講演会講演論文集, 平成26年度(62)), pp. 320-321, (2014)
- [3] 堤厚博: 数学教育における視覚化を用いた試み—初年次生を対象とした視覚化による数式の理解度向上(その2)—, (工学教育研究講演会講演論文集, 平成27年度(63)), pp. 98-99, (2015)

- [4] 白坂繁：部分積分の新指導法の有効性（日本数学教育学会誌，第 81 卷臨時増刊），p. 425，（1999）
- [5] 篠原宗弘：高等学校数学におけるコンセプトマップを利用した教育実践とその考察（第 36 回数学教育論文発表会論文集），pp. 451-456，（2003）
- [6] 安宅隆：コンセプトマップを活かした，総合的な考え方を育む指導の検討（第 48 回秋期研究大会発表集録），pp. 113-116，（2015）

弓削商船高等専門学校・商船学科学生 就職指導の考察

寶珠山 輝生*

Examination of Leading Job for Nautical Students of NIT, Yuge College

Teruo Houshuyama*

Abstract

Almost all nautical students of NIT, Yuge College hope to get the shipping industry job. And almost students become a officer or crew of ship. But leader's guidance of the job is necessary for their hope of work. Therefore the leader must have the skill of guidance of job. I will find out what leader have to do for the guidance of job.

1. 概要

船員不足による人員供給の問題が表面化する時代になった。船員数の現状及び問題について考えてみると、①団塊世代船員の大量退職、②現在の船員数不足の現状、③少子化による後継ぎ問題、④社会の中での船舶・海運業界の知名度の低さ、⑤教育機関による船員養成数の制約、等が挙げられる。これらの影響から、船員の平均年齢の高齢化及び船員数の減少という好ましくない状況にあるとされている。しかし、海運・海事関連業界ごとに状況が違うので、ここではその業界の船員数の概要について、簡単に紹介したい。

外航海運の世界では船舶運航数に対する人員不足及び日本籍船増加政策等から、日本人船員数を引き上げようとする動きがある。図1は外航日本人船員数の状況を示したグラフである。2009年までは緩やかな減少傾向にあった日本人船員数も、以降については2100人前後で人数が保たれるようになってきている。しかし、今後の予測では世界人口増加に伴い、世界の物流が更に増加することが予想されており、現状の傾向では、世界船員数は不足するといわれる。このような状況から、日本人船員確保にも今後は多少影響が出ることが予想される。

また内航海運の世界では、団塊世代の大規模な退職と、バブル崩壊及びリーマン・ショック時代の採用数の制限による影響で、内航海運の人口数が急激に減少する傾向にある。図2は内航海運船員数の状況を示したものであるが、この8年前後で約3000人の内航船員が減少していることがわかる。この減少は海運会社の運用に大きく影響を与え、乗員不足により船舶運航に支障が出る会社が現れるようになった。このような状況から、海

運業界から船員人口増加のための対応が叫ばれるようになり、現在は国土交通省もその対応策に必死に取り組んでいる状況である。

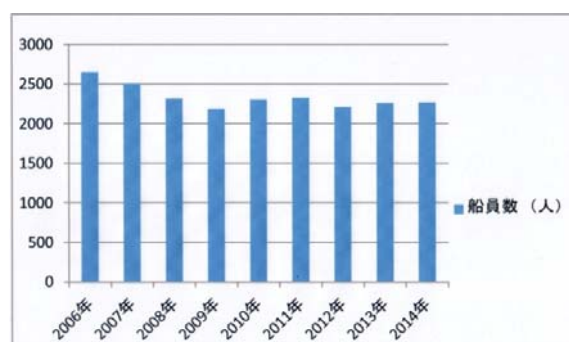


図1 外航海運の船員数の最近傾向

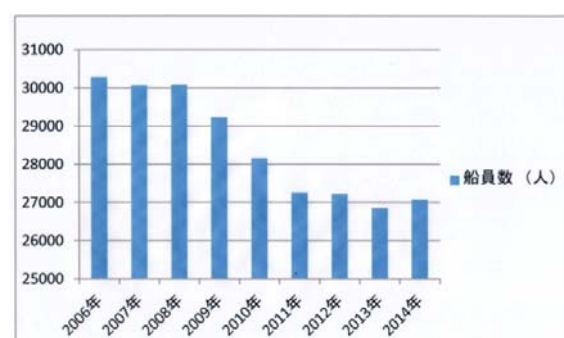


図2 内航海運の船員数の最近傾向

漁業関連の業界でも、水産高校系列学校も学校統合や縮小で新卒採用が非常に厳しい実情がある。後継者や新人乗員の不足から、水産系列の学校のみならず、商船系列の学校にも募集を行うような事例もある。国土交通省から船員不足解消の

策の一つとして六級海技士の養成機関が登場するようになると、水産業界陸上事務担当者も臨時船員として対応出来るように、また一般学校や転向した社会人に六級海技士等を扱う技術学校に入れて、免許の取得を行うことで船員増加の対策を行っているという。しかし、それでも人材不足の状況は変わらないので、苦肉の策として、外国人船員を雇うことで業務を維持している会社もある。

また官庁船等の世界でも、団塊世代の大量退職等で急遽人材を求めている状況であるが、他の船舶会社の世界と同様に、組織によってはその現場の運用に支障が出る状況まで追い込まれる場合もあるといわれている。

そのため各業界の会社からは、若手船員供給の強い要望があるが、海技免状が取得できる大学・商船高専・海技大学校・海上技術短期大学校・海上技術学校・水産及び海洋高等学校等の養成人数の制約及び在校生の海上指向性の問題もあり、その新人船員供給数も十分ではないと言われている。表1は商船系学校の年間卒業生数、図3はここ数年の新規求人数を示す。

表1 商船系学校の年間卒業生数

系列学校種別	学校数	取得海技免状	年間卒業生数
商船系大学	2	3級海技士	160
商船高等専門学校	5	3級海技士	200
海技大学校(専攻)	1	3級海技士	10
海技大学校(専修)	1	4級海技士	10
海技大学校(海上技術)	1	4級海技士	20
海上技術短期大学校	3	4級海技士	230
海上技術学校	4	4級海技士	140
海技大学校(6級航海専修)	1	6級海技士	40
合計数	15		810

表1の年間卒業生数は入学時の定数をそのまま示したもので、現実には定数総計810名が卒業するものではなく最大数として見るべき数値である。更に現実には進学や陸上就職等に進む卒業生もいるので、将来新規船員として採用される若手人材数は更に低下することになる。

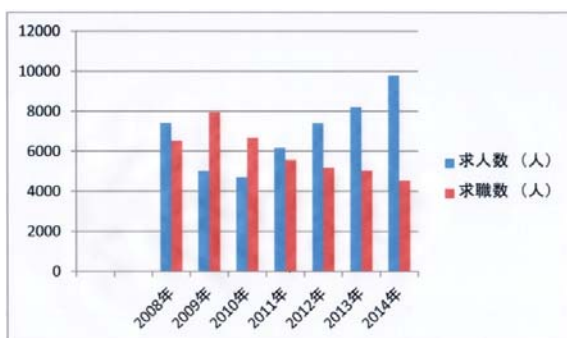


図3 船員新規求人・求職数の最近傾向

図3は新規求人数及び求職数を示したグラフである。国土交通省海事局・海事レポートの「船員職業紹介状況の推移」のデータを利用したグラフであるが、新規求人数が千人単位であることがわかる。また求人数が求職数を上回る年が多く見受けられる。

船員採用は表1の商船系学校卒業生数のみならず、中途採用者数及び水産系の学校年間卒業生数及び社会人船員転職数等も加味する必要があるが、それでも、図3の「船員職業紹介状況の推移」によれば、2014年で新規求人数は9786人、対する新規求職数は4524人で、船員数減少の問題が千人単位の開きがあることがわかる。慢性的な船員不足の時代とは言われているが、海運業界は、それだけ深刻な人材不足の時代に入ったのである。その影響で、運営規模の小さな海運会社では船員の確保が難しいということで、廃業に追い込まれる会社もあるといわれる。

このような状況の中で、海技免状取得可能な学校として、いかに海上指向性の高い学生を育て、そして海上業界の世界にいかに多く送り出すかが問題となる。ここでは後者のテーマを中心とした、弓削商船高等専門学校のここ数年実施した、就職指導の手法について考察したい。

2. 在校生の就職希望傾向について

弓削商船高等専門学校の学生は基本的に海上指向性が高い傾向にあることを前任の就職担当者からよく聞いていた。それは赴任して間もない頃に小職も肌でそれを感じることができた。本校5年生の進路状況及び職種内定状況は図4の通りである。

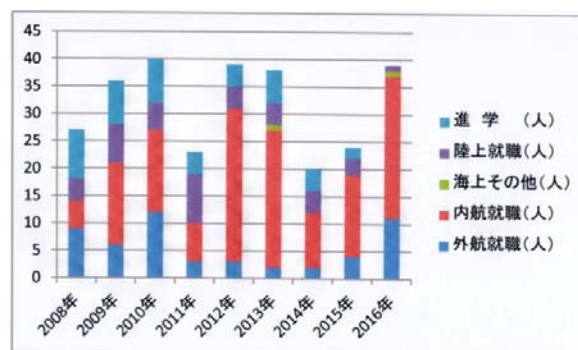


図4 弓削商船高専近年の5年生進路状況

その雰囲気は、この数年の就職指導から以下のように感じられた。

2.1 全体的な傾向

海運会社を志望する学生が多い。その年によってばらつきはあるが、商船学科内では就職志望先

が海運会社であるという考え方が基本である。その時のクラスの雰囲気にもよるが、基本的に海上指向性が高い気質を備えている。それは、授業や実習で学んだ知識や技術を将来に生かしたいという希望傾向が強く、また将来が進学希望者であっても、進学後はより良い条件で、海運会社に就職することを目標にしているケースが多い。この数年は商船学科では外航志望者が2~3割、進学もしくは陸上志望者が1割前後、残りが内航・作業船等志望者の傾向にある。

2.2 航海コースの学生の傾向

進学や特殊な事情がない限り、殆どの学生は海運会社を志望する。その理由は、(1) 船や船舶関係業務でなければ学んだことが有効に活用できない。(2) 求人票の数が多く、志望する海運会社に就職できる可能性が大きい。(3) 教員や先輩から有効な情報が得られている。(4) 陸上職と比較して給料が多い。等の理由がよく聞かれた。

2.3 機関コースの学生の傾向

その年により、若干数の学生は進学もしくは陸上職を志望する学生もいるが、それ以外は、海運会社を志望する。その理由は、(1) 海運業界の機関士不足による求人数が多いこと、(2) 教員や先輩から有効な情報が得られていること、(3) 陸上職の求人も多いが、陸上職より多くの給料が得られること、等の理由がよく聞かれた。

これらについて、学生アンケートを行うことを希望していたが、就職指導業務に忙殺され、チャンスを失い、調査することが出来なかった。今後機会があれば、このようなアンケート調査を行いたい。

しかし、海上指向性が強い雰囲気の下台があっても、学生には殆ど知られることがない海運業界について、ある程度の就職指導が出来なければ海運業界への興味を大きく削がれることになる。よって就職指導教員も海運業界の概要を理解しておく必要がある。ここ数年、就職担当を行った際の就職指導手法を次章に示す。

3. 就職指導について

本校については比較的、海上指向性の強い学生が多いので、初歩的な指導は不要であると思う。しかし、入学してから就職までの期間までにその気持ちを持続させる行動と具体的な各個就職指導を行う際の手際良い指導が要求される。この手法に誤りがあれば、学校の指標の一つである就職状況に大きな影響を与えることになるので、大切な部分でもあると思う。前職場での経験を生かした手法であるが、この数年実施した就職指導につ

いて項目ごとに示す。

3.1 就職担当の海運会社の理解と情報の収集

ごく基本的な話であるが、就職指導担当者は海運業界の世界について、ある程度把握をしていなければならない。特に商船高専が関わる海運業界の場合は大きく分けて、外航と内航の双方の業界が関わっており、それぞれの組織の特徴について把握する必要がある。その詳細については機会があれば改めて紹介したい。

更には、その時の経済の状況や募集担当の交代等により、採用の考え方、手続手法及び採用状況が変わるケースもある。このようなことから、出来る限り多くの会社との接触と情報交換を行っておくと、後の海運業界の予測や学生への情報提供がスムーズに行うことが出来るようになる。よって、会社からの学校訪問対応の他、国土交通省や海運業界が開催する合同説明会の参加、学校からの会社訪問等の業務は必要不可欠な手段であると思い、今まで行動している。また、会社訪問した後は、出来る限りその時に得た情報を報告書として取りまとめ、学生に公開するようにしている。その報告書のフォームを図5に示す。

会社訪問（学校訪問）報告書

1. 会社名： ○○○フェリー株式会社
2. 日時： 平成28年 10月 10日 1330~1600
3. 対応者： 船舶部 海務課 課長 山田 太郎 (寶珠山対応)
4. 連絡先： 0123-45-6789
5. 内容：

(1) 会社の概要について

- ① ○○県の××港～△△県の△△港の航路(所要時間2時間50分)の航路を有するフェリー会社である。船舶は全航路併せて4隻の船舶で運航している。船の寿命は会社では20年前後と捉えており、大体5年に1回の割合で船の新替えを行っている。
- ② 3日勤務1日休暇制の勤務を基本としている。(乗船日0900乗船、乗船2日目は1日勤務、乗船3日目0900下船、休業開始、乗船4日目が休暇で、その次の日の朝0900乗船日となり1ローテーション勤務となる。)これは、内航船の3ヶ月勤務、一ヶ月休暇とさほど内容は変わらないことがわかると思う。ただし、この運航では長期休暇等は期待できない。
- ③ 一部からは「きつい」等の噂話があるようだが、慣れるとそのようなことはない。また休暇等の状況から、休暇期間が変則的な部分の海運会社より、確実に休暇が取得出来る船会社であるとも言える。また夜間勤務等もあるので夜間航海(業務)手当等の取得が期待できる。
- ④ 会社訪問可能。希望があれば体験乗船可能だが、事前に会社に連絡が必要。

(2) 就職試験等について

- ① 女子の採用は船内設備等も問題から採用は考えていない。
- ② 学生や求人希望者対応合同での説明確認であったので、更なる詳細事項を確認したい場合は会社訪問等で確認、給料等労働条件等は求人票を参照のこと。

図5 会社訪問報告書 フォーム例

3. 2 学生への情報発信の機会

授業の合間やホームルーム・放課後時間を利用しての就職に関わる心構えについて可能な限り話すことにしている。その内容は学年ごとやその時の求人状況により異なるが、その手法については以下のような内容を提供もしくはテーマを与え、将来について考えさせるように対応した。ここでは各学年の就職指導の話題について簡単に紹介する。

3. 2. 1 低学年1・2年生の対応

「就職は遠い先の話」というような雰囲気があるが、この頃からある程度海運に関わる基本的な話題を行うように心掛けている。小職の場合、外航と内航の違いとそれに伴う取得すべき各種免許・免状の話題、航海士・機関士の特性についての話題、船員の業務内容の特性と人間的資質の話題及び現在の先輩の就職状況の話題などを行うように心掛ける。併せて、海運業界で利用される基本的な専門用語等についても出来る限り提供するように心掛けている。

3. 2. 2 低学年3年生の対応

本校では、3年時から本人の希望により、航海コース・機関コースに分別される。この段階で現在の日本経済や海運業界の現状、更には卒業生の就職状況を伝え、数年後は就職試験があることを伝える。その上で、外航・内航・陸上・進学のいずれの進路を目指すか考えるように意識させる。可能であれば、具体的な会社名や希望する船種についても調査もしくは話題として提供し、今後の学生の将来行うべきことについて考えさせる。また海技試験（上級筆記試験）やその他必要な免許等の取得時期を迎えている事を伝え、必要と認める学生には受験を促すようにしている。

3. 2. 3 高学年4年生の対応

3年生の時よりも、更に詳細な外航業界と内航業界についての説明を行う。運航業者（オペレータ）と船主（オーナー）の関係及び、外航については、船会社及び船舶管理会社について、内航海運については船種や組合等の説明を行い、海運業界が複雑な組織構造であることを理解させる。学生はこれらの情報を勘案し、自分が希望すべき具体的な会社名を調査させ、希望順位をつけさせる。このように目標を設定させると、個人が行うべき行動の発見や、取得すべき免許等の勉強やモチベーション向上等の効果が期待できる。後期なれば、会社訪問等も対応可能であったので、希望者については会社見学もしくは会社訪問も促すようにした。

併せて、来年度就職なので、インターンシップをはじめ、国土交通省や海運業界の合同説明会の情報や経団連の就職活動解禁日等の動向や前の先輩の就職試験の情報等の公開もその都度紹介

し説明を行っている。

3. 2. 4 高学年5年生の対応

各自が希望する企業等の調査を行い、それに則した行動を取るように周知する。その後は学生各個人との個人対応の機会が多くなり、就職担当としても、一番業務が激しい時期となる。今まで対処した行動について以下分野別に示す。

① 希望会社の会社訪問

就職担当に事前申請を行った上で、候補もしくは希望する会社訪問・見学を行わせた。五月雨式の学生訪問では会社に迷惑がかかるので、出来る限り希望者を募る形で一括訪問を行うように指示している。逆に会社から学校に企業説明を行うような事があった場合、学生に指定した日時・場所を伝え、希望者は参加するように伝えている。学生へのアドバイスとして、可能であれば採用試験前に会社訪問等の形で、一度会社に挨拶を行うようにした方が良いことを説明している。

② 海運会社やイベントの紹介及び参加

①まで踏み込めない、もしくは海運業界や会社が十分に把握できない・自信がないという場合は内航の場合、国土交通省運輸局等が催す「めざせ、海技者セミナーイン（開催地）」、外航もしくは船舶管理会社の場合、日本船員雇用促進センター等が主催する「外国日本人船員確保・育成スキーム合同説明会」等の参加を呼び掛けている。その他、これに類する情報等があれば、出来る限りの情報公開を行っている。

③ 学生への就職心構えの説明

会社訪問や採用試験に際し、以下の必要事項について、説明を行っている。

- 服装・身だしなみについて
- 履歴書の記載方法指導
- 採用試験等の面接対応等説明

各項目の説明の詳細は省略する。これらの説明や指導をしっかり行わなければ、会社からの学校のイメージや信用に大きな影響を与えるので、十分な配慮をしながら説明を行っている。

④ 学生への会社情報の公開

各会社から送られる求人票や情報の学生公開は非常に難しい部分である。掲示物の場所・資源の制約、各コースのクラスへの周知、学生に見易い会社の業界グループ分別でどのように学生に伝えるか、等の公開スタイルに今まで悩んできた。出来る限り就職担当業務の業務内容をコンパクト化することや、最新情報の維持に努めるため、個人研究室前に大型のホワイトボードを設置し、

そこに業界グループ別に記載した求人票提出業者一覧を作成し、掲示するようにしている。その付近に、グループごとに整理した求人票ファイルを設置し学生に情報公開を行っている。その求人票ファイルは持ち出し厳禁としている。

併せて、「3. 1 就職担当者の海運会社の理解と情報の収集」の最後に示した報告書を取りまとめ、学校訪問・会社訪問を行った会社の概要及び最新情報の差し替え等の作業も併せて行っている。

当然このような求人票や報告書の追加や変更があった場合、その都度クラスには報告するようにしている。

最近の学生はスマートフォン等を利用して必要データや情報を取得している。

⑤ 学生との個人面談

①～④の項目はクラス全体の共通周知・行動事項である。しかし、最終的には個人の事情や視点からの相談や質問等が一番の重要事項である。よって最終的にはこの面談が一番大きな業務であり、かつ学生が一番求めている部分である。については、就職担当者が企業の情報がある程度握っていなければ、うまく指導が出来ない。

また、面談は企業情報説明のみならず、採用試験に対する不安や緊張の打ち明け及び試験結果が不採用で路頭に迷う学生の訪問のケースもある。この部分についてはその不安を取り除いたり、励ましたりもしくは支えたりすることも必要である。

しかし、この対応を行う場合、個人の放課後以降の時間は全てこの時間に費やすことになるので、就職活動の期間は思うように他の業務が出来ないことが多い。

4. 就職指導の利点と欠点について

個人的には、第3章の手法による学生希望に沿った就職指導を行ってきた。かつては就職指導者による成績判定や学校生活評価を基準にした採用試験会社の指定や決定が行われていたという時代もあったことを聞いている。しかし、この手法では納得が得られない学生も多くなるため、小職はこのやり方を採用していない。よって、個人的には学生の成績の如何に関わらず、まず希望する会社に採用試験を受けさせることが基本であると思ひ、それに従った就職指導をしてきた。ただし、受験の際は、不採用の覚悟も持つように注意を与えている。この手法についての個人的評価を以下に示す。

4. 1 利点

一番の利点は学生が希望する会社に自由に受

験できることである。仮に、結果が不採用であっても、該当学生はその現実について納得することが出来る。また個人レベルの対応で忙しくはなるが、学生全体の希望状況や学生から見た会社訪問や採用試験報告による会社の雰囲気や状況を併せて知ることが出来る。よって、就職活動に関わる学生の動向・会社の状況や動向が良くわかる手法であると思っている。

併せて、5年生については学生と緊密な状態で話すことになるので、学生とのコミュニケーションの機会としては非常に有効な機会が得られると思っている。

4. 2 欠点

しかし、この手法は就職担当者からすれば、授業以外の大半の時間は就職関係業務に向き合うことになるので、就職担当者はかなりハードな業務に向き合うことになる。

海運業界は非常に複雑な組織であるので、それを理解するには、かなりの時間を必要とする。このような状況から、担当者が二人以上の場合は、就職担当経験者と共に業務を行うスタイルが好ましい。

学生個人の対応とは言え、その所用時間が1時間以上になるケースも多い。よって就職の個人指導についても、時間的な制約がどうしても生じることがある。

最後に、学生への情報提供についても、書類の取りまとめ、ファイルへの書類整備等、常に神経を使わなければならないし、またこれらについても非常に時間がかかる問題もある。

4. 3 欠点項目についての考察

欠点をなくすためには、まず、業務を効率的に処理するシステム作りやマニュアルが不可欠であると思う。それは、業務役割分担や、初心者でもわかるような説明が必要であると思われる。また、担当者は2名以上、それも可能であれば、航海科と機関科の各教員が担当者であることが好ましいと思われる。一時的に、1人で就職担当をしていた時期もあるが、航海科教員の小職では、機関科関係の内容について、十分納得のいく指導等はできなかった。このような教訓からその必要があると思われる。

また学生については授業等で船会社の組織等を理解させるための時間が必要であると思われる。外航部門については船社と船舶管理会社の違い、内航部門については運航業者と船主の関係並びに組合の有無について最低伝えておくべき事項であると思われる。また内航の場合は船種により考え方や業界の特徴的な慣習等もあるので、共通認識できる部分は学生に周知しておく必要があるものと思われる。可能ならば、彼らが会社訪

問もしくは採用試験受験の際にどのような体験をしてきたかレポートさせる必要があると思われる。一部の学生はそのような資料を要求するケースもあり、これに対応したいが、個人的には業務に忙殺され、実現には至っていない。現在の業務に余裕が出来るのならば、これについても対応したいと考えている。

これらについては、就職担当者としても、能力の限界があるので、学級担任からの就職説明時間の提供や他の教員による就職試験の面接対策等の協力も必要である。

5. 就職指導の効果について

欠点部分の考慮や改善も必要であるが、この手法による効果は、学生に対する有効性と学校・就職指導教員に対する有効性に分けて評価する。双方の効果が良ければ、その学校の海上就職率に繋がるとともに、海上関連会社も有効な効果が得られることが期待される。

5.1 学生に対する有効性

教員側から強制的に会社受験を指定されるようなスタイルに比べ、学生は納得のいく進路選定として受け入れられる。そしてその採用結果についても本人の納得のいく事実であると思われる。また、その過程で指導教員の対応をはじめ、会社説明会、会社訪問及び採用試験等の経験を通して、海運業界の一端を肌で感じることができると思う。それは後の自信となり、後輩への進路アドバイスや海上指向性の更なる向上等にも貢献している。

しかし、それまでには、状況によっては進路選定等で大いに悩んだり、不採用で落ち込む学生もいるケースもあるが、そのような経験を踏まえ、更に前向きになることから、精神的にもそれなりに良き経験が得られるものと思われる。

5.2 学校・就職担当教員の有効性

業務の内容は学生の相談対応・状況掌握、各業者の学校訪問対応・会社訪問及び学生公表用のメモの作成及び書類整備等行う項目が非常に多いと思える。非常に忙しい状況ではあるが、それ故に海運業界について広い知識を得ることが出来る。

また、会社担当者との接触により、個人や学校を業界に広くPRする機会を得ることもある。またこれにより、学校への求人票の増加や会社からの問い合わせ等、就職担当窓口としての重要度が向上する。業務に直接反映する機会は少ないが、学校情報、求人数及び卒業生の質は業界内の同業者の繋がりで拡散しているケースを数回経験しているので、このような地味な努力により、学校PRにも繋がっているものと考えられる。

6. これからの就職指導についての考察

就職指導業務の世界はあまりにも広く、全ての情報を掌握することは非常に難しい上に、一個人の能力では限界がある。

有名会社であっても、訪問や挨拶の機会を逃し、求人票等を得られないケースもある。

また求人票を頂いても、9月卒業に対して4月採用というような採用予定日の隔たりで対応できないケースもある。

このようや隙間やミスマッチについて考察したい。また膨大な業務の引き継ぎや今後練習船実習のタイミングについて、いろいろと問題もある。これらの件についてここでは考察したい。

6.1 各商船高専間の情報交換

現状は、他高専との就職担当との情報交換等を行っていないので、他はどのような就職指導スタイルなのかは不明であるが、一部は協力体制及び相互の情報交換等があっても良いのではないかと思われる。例えば、就職情報の共有や大手や人気の会社の採用試験受験者の人員調整等の連絡調整があった方が、会社や学校について効果的な部分もあると思われる。また会社には個人所属の商船高専として会社にPRするのではなく、5校の商船高専をPRするような方式に改めても良いのではないかと思われる。

6.2 官庁船及び造船・港湾業務等対応について

官庁船関係の求人票(募集案内)は毎年、数多く送付される。しかし、その多くは小型船舶の乗員・職員の募集で、かつ原則4月採用とあって、商船高専の現状に沿わないケースが多い。理由として、公務員採用日が4月1日という慣例及び募集対象が水産高等学校や海上技術短期大学校を基準にしている理由からと思われる。しかし、高専でも、小数ながらこのような官庁船希望者が出る場合もあるので、それを踏まえて機会がある都度、学校の卒業時期等の説明を行う必要があると思われる。

併せて、職務上は陸上職であるが、港湾等のフォアマンや造船所等でも人材が求められ、荷役積み付け指揮者、船用各種機器メンテナンス、造船所での船舶設計及びドックマスター等の人材希望の会社の学校訪問が多く見られる。それは、陸上関係者より、商船関係の知識を有する学生の方が有利な職務であることから、この業界の求人も多い傾向にある。海運業界を主眼に見れば、二次的な職業かもしれないが、船舶サービスや運用上必要不可欠な陸上支援設備の人材も併せて不足しつつある状況がここでも見受けられる。船舶の知識を有する人材の確保が難しいため、船の知識

のない人が港湾作業や船舶への貨物積み込み監督を行っているような実情も、港湾関連会社から聞いたことがある。学校の目標は、船員養成数であることはよく言われるが、このような船舶関連陸上業界にも、併せて視野を広げなければならないとも思われる。

6. 3 就職業務の引き継ぎ手法について

一時、前任者がいたので、就職関係業務はある程度円滑に行えた。しかし、引継書がないので、分からない所は個人スタイルの手法を確立しつつ、その後の業務を行うケースが多かったが、それは非効率的な場面に遭遇することが多々あった。業務のシステム化を行えばある程度負担が軽減される状態で業務遂行が出来ると思う。例えば、ガイドラインや業務引き継ぎや対応している膨大な業者のデータをある形式で引継ぐ等のひな型があれば、初めての担当者にとっては参考になったり、引継ぎ易くなったりすることが考えられる。

また複数の担当者での運用である場合は経験者の内の1名を残しスムーズに引き継げるような配慮が必要であると思われる。

6. 4 長期練習船実習と就職指導のタイミング

現状では、海技教育機構練習船長期実習の期間が今までの就職準備期間と重なるようになった。3年生後期・もしくは4先生前期に就職指導を行わなければ、間に合わない状況である。しかし学生の心構えの期間としては、少々早いようにも思える。これからの試行錯誤もあるが、4年生の前半の時期に、ある程度の集中就職指導を行い、希望する学生については、3月のある時期に事前就職活動の説明会等の実施等の工夫が必要と思われる。

7. まとめ

この数年、小職が行ってきた就職指導について述べたが、それは就職指導の一つのスタイルとして紹介してきた。それぞれの教員の方々の手法があるが、その指導の下敷もしくは、参考になる部分を取り入れてもらえて、効率化されるならそれは非常に有り難いことであると思う。今までの経験から、無駄な努力や会社に迷惑がかかるような失敗も行ったが、このような経験からいろいろな業界の知識が吸収され、学生から就職に関して信用が置かれたと思う。それぞれの担当者の試行錯誤が要求されると思われるが、それが「無駄な努力」であっても、是非前向きに取り組んでもらいたいと思う。

現状は、海運業界で船員不足の状況にあることに加え、陸上現場の技術要員の募集も激しい状況

にあるので学生の視点で見れば、求人状況は好調であると言える。しかし、今後の景気状況や海運業界の進展状況でどのように変化するか分からない。また少子化で今後、学生数が更に減る状況に直面することも考えられる。どのような状況でも、将来の状況を予測し、それに対応出来る視点も必要であると思われる。

学校としては、非常に重要な位置にある業務窓口であるので、就職担当者についてはその大きな責任を認識し、業務に励んでもらいたいと思う。

参考文献

- [1] 国土交通省海事局：海事レポート
2015. pp-208-214, 2015
- [2] 国土交通省海事局：海事レポート
2014, pp-206-213. 2014

海技士国家試験から見る商船高専生の 現状と海技士教育について

小林 一平*・原野 真乙**・村上 知弘***

Education of Licensed Mariner and Present Condition of Maritime Technology Student on Licensed Mariner Examination

Ippei Kobayashi*, Mao Harano** and Tomohiro Murakami***

Abstract

A questionnaire was made to investigate the awareness about the marine license examination. The number of aware students suddenly increase from the latter period of the third grade. However, there are few passers although there are many examinees. There are 2 types of examinees those with the will and the student without the will to pass. Most of the passers are students with a will to do so. Therefore, in order to achieve a wisher rate of successful examinees, students should take the exam as early as possible.

1. はじめに

海事教育機関の第一種養成施設に分類される本校では、船員教育を基盤にした海事総合科学を身に付けた技術者の育成をベースに、近年減少傾向にある外航日本人船員の育成を行っている。その中で我々教員の目標としては上級海技士取得率 30%を目標にしている。

国土交通省は大手船会社を対象に調査を行い、輸出入貨物の 99.7%の輸送を担う外航海運は日本のライフラインとして極めて重要であり、この輸送の基盤となる外航日本人船員は経済安全保障、海上輸送の安全の確保及び環境保全、海技の世代間の安定的伝承等の観点から重要であるとし、平成 20 年度から 10 年間で外航日本人船員を 1.5 倍に増員することを目標としている¹⁾。特に、現在需要の急増に伴い増加傾向にある LNG 船等の危険物船に関しては、荷役を安全に行うための知識、サービスのきめ細かさ等を理由に顧客が日本人船員を求める傾向が強い。それは、日本人船員の増員を目指す大きな理由の一つであると思われる。そのため、某船会社では陸上関係の仕事は一切行わない、LNG 船に特化した海上特定職という新たな枠組みを設け、高度な知識と技術力を有する日本人船員の確保と外国人船員の育成に力を入れ始めた。

船員を育成するにあたり、船の総トン数及び航行区域、推進機関の出力の大きさ等の問題で必要となってくるのが海技免状である。1 級から 6 級

まである海技士は何級を有しているかによって、船長又は機関長、あるいは一等航海士又は一等機関士として乗船出来る船舶が変わってくる。例を挙げると、1 級海技士(航海)を有する者は全ての船舶において船長として乗船出来るが、3 級海技士(航海)では近海区域を航行区域とする船舶及び乙区域内において従業する漁船で、総トン数 5000 トン以上の船舶では船長にはなれない等の制限がかかってくる。

ほぼ全ての船舶において、大型で遠洋区域を航行区域とする外航船において 2 級以上の上級海技士は必須であり、これなくして大手外航海運への就職は不可能に近い。ごく稀に、上級海技士を持たない学生が卒業するまでに取得してくることを条件に大手外航海運に内定をもらうことがあるが、採用試験から卒業まではあまりにも期間が短く、また年に 4 回しか行われない海技士試験と航海訓練所での練習船実習とが被り中々受験出来ないのが現状である。

こうした問題を打開するため、本校では低学年時から上級海技士取得を勧めてはいるが、具体的な指導方法等は決まっておらず、また学生自身もその難易度と将来像が描けていないことから、クラス人数に対して受験者数及び合格者数が少ないようにも感じる。上級海技士取得率 30%以上となったのは、近年だと平成 19 年度から 28 年度までの 10 年間で、わずか 3 年しかないのが実状である。本来であれば、外航船員として働くにあたり非常に重要となってくる上級海技士の取

*弓削丸

**商船学科 5 年

***商船学科

得率は、毎年 30%以上となるのが望ましく、そうするためにもより良い指導方法を考える必要がある。

そこで、本研究では高専生の海技士試験の勉強状況や外航志向性等をアンケート調査することで、海技士試験対策の現状と課題を整理し、これをもとに海技士教育について考察した。

2. アンケート

2.1 アンケート

図 1 のようなアンケートによる調査を、1 年生から 5 年生までの全学年を対象に行った。その内容は、海技士試験の受験回数や受験理由を回答してもらうことで、学生の海技士試験に対する重要度がどれ程なのか分かるようになって

海技士試験取得に関するアンケート											
① 海技士試験を受験したことがあるか (はい・いいえ) → いいえ は ②へ											
② ①で「はい」と回答した人で、初めて受験したのは何年次の何月で、何科目か。また受験回数、合格科目。											
(年 月 科目) これまでの受験回数 () 回											
これまでに合格した科目 (該当する科目に○をつけてください)											
二級			一級			二級			一級		
航海	運用	法規	英語	航海	運用	法規	英語	キ1	キ2	キ3	操務
③ 使用参考書 (複数回答可) (成山堂・海文堂・自作ノート・教官作成資料・その他 [])											
④ 受験に向けての勉強時間 () 日から始め、一日 平日的 () 時間 休日的 () 時間											
⑤ 海技士をなぜ受験しようと思ったのか											
⑥ ①で「いいえ」と答えた人は、なぜ、受験しないのか											
⑦ 海技士試験の他に何の資格が必要だと思うか ()											
⑧ 海技士試験をいつ何で知ったか () 年生 (教官・先輩・同級生・その他 [])											
⑨ いつまでに海技士試験を取りまらたいか 二級 () 年生の () 月までに 一級 () 年生の () 月までに											
⑩ 将来、(海上職希望・陸上職希望)、(外航・内航・その他)											
⑪ クラス内に海技士試験を受験しようとする空気はあるか (ある・ない)											
⑫ 授業に海技士試験が役立つと思うか (はい・いいえ)											
⑬ 授業内容を海技士試験中心にしてほしいか (はい・いいえ)											
⑭ 校内練習船実習を海技士試験中心にしてほしいか (はい・いいえ)											
⑮ あなたにとって海技士試験は必要だと思うか (はい・いいえ)											
⑯ TOIEC を受験したことが (ある・ない) 最高点 () 点											
アンケートにご協力ありがとうございました。											

図 1 アンケート用紙

また、これから受験を始める学生達への良いアドバイスになるかもしれないと思い、受験経験者は何年次の何月から受験を始めたのか記入してもらった。その他、外航志望なのか内航志望なのかを回答してもらうことで、学生の中で内外航と海技士の結び付きがどのようになっているのか分かるようにした。また、学校の授業内容や校内練習船実習の海技士試験対策について賛否を問う。

外航船員の育成を目指す本校にとって、上級

海技士の取得率を上げることは当然の責務であり、低学年時の早い段階で受験を勧める必要がある。しかし、単に受験を勧めるだけでは現状と何も変わらず、多くの未受験者や不合格者を輩出してしまう。そこで、図 1 に示すアンケートを作成し、高専生の勉強状況や外航志向性等を調査することで学生の思考を調査し、指導方法を改善することで未受験者や不合格者を減少させるための方法を考察した。

2.2 調査対象人数

調査対象人数は表 1 に示す。アンケート回収率は 1 年生 100%、2 年生 89.4%、3 年生 100%、4 年機関コース 100%、航海コース 100%、5 年機関コース 100%、航海コース 81.8% となった。2 年生と 5 年航海コースについては欠席者が多かったため回収率が他のクラスに比べ悪かった。

表 1 調査対象人数

クラス	クラス人数	回収人数	回収率
1年生	42	42	100%
2年生	47	42	89.4%
3年生	41	41	100%
4年機関コース	10	10	100%
4年航海コース	22	22	100%
5年機関コース	14	14	100%
5年航海コース	18	22	81.8%

3. 結果及び考察

図 2 に各学年の上級海技士受験状況を示す。また、受験の有無の理由も併せて聞いた。1、2 年生では専門知識が足りないからという意見が圧倒的に多く受験経験のある学生はいなかった。3 年生になると、9.8% と極わずかではあるが受験者が現れ、いずれも将来の為と回答した。反対に未受験者に関しては、今後受験する予定及びまだ勉強していながらと回答した学生がいずれも 24.3% となり、必要性をあまり感じないから、部活等で受けたくても受けられないからと回答した学生が 20% 超となった。ただし、このアンケートは年度初めに行ったため、11 月の段階で受験者を再調査したところ 58.5% と急激に上昇した。つまり、3 年後期に急激に受験者が増えたことになる。これは、本校が 3 年後期から航海コースと機関コースに分かれ、本格的に自分の将来について考え始めたことによるものと考えられる。4、5 年生になると受験者の数が未受験者を上回っている。受験の理由として将来の為と回答した者が全体の 75% 以上を占め、将来像が描けているのがよく示されている。

一方、いいえと回答した学生については、学校の勉強で精一杯、部活等が忙しく受けられないと回答した学生が多かった。

しかしながら、現1級取得者は学内成績及び部活動共に十分こなしている学生が多い。学校の定期試験でつまずくと海技士の勉強に集中出来なくなる為、2級海技士以上の取得者達は共通して、授業態度が良い。授業中に話を真面目に聞くだけで、成績は大きく異なってくる。また、部活動も勉強疲れしている学生にとっては良いストレスの発散になっている。つまり、未受験者の学校の勉強や部活が忙しくて受けられないというのは言い訳であり、実際は明確な目標や将来像が描けていないため海技士受験に意欲がわからない。上述の部活等が忙しく受けられないと回答した学生は、受けられないのではなく最初から受ける気がないのだと思われる。

しかし、就職後に上級海技士を求めてくる会社も多く、ほぼ全ての人々が時間に余裕がある学生時代にとっておけば良かったと後悔している。従って、海技士受験に意欲のない学生の考え方を根本的に改善し早期取得を促す対策が求められる。

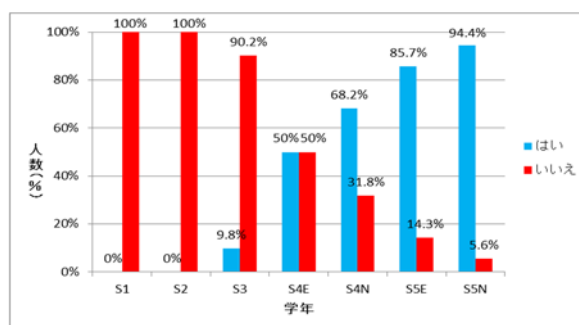


図2 上級海技士受験状況

次に海技士受験の有無別にそれぞれ外航と内航のどちらを志望しているのかを図3に示す。クラスごとに海技士試験を受験したことのある学生と未受験者とに分け、さらに双方の学生が内外航どちらを希望しているのか分かるよう左側に外航志望、右側を内航志望として示す。グラフから外航を希望するほぼ全ての学生が海技士を受験しているのがよく分かる。内航志望者も大半が受験しており学生の中で船と海技士免許の結びつきが強いのがよく分かる。また、3年生以下は受験者がほとんどいなかった為、グラフからは除いたが、1年生では外航志望が42.9%、内航が50%、2年生が外航38.1%、内航59%となりそれ以外の者は陸上志望と回答した。つまり、陸上志望は各学年に2名程度しかいないことがよく分かる。実際、本校では卒業生の80%以上が海上職に就いている。

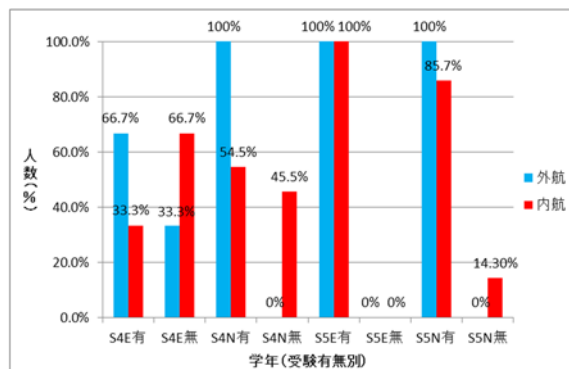


図3 内外航志望者の海技士受験状況

図4に高学年の海技士取得状況を示す。どのクラスも取得率が30%を超えていない。そして、航海コースに比べて、機関コースの取得率が悪いことが見て取れる。本校は3年後期から航海と機関コースに分けているが学力的には両コースの差はほとんどない。それにも関わらず海技士試験への状況は大きく分かれた。これは、航海士に比べて機関士は求人が多く、多少資格を持っていなくても就職には影響しないだろうという安心が少なからず関係しているのだと思われる。しかし、船に乗船すれば求められる資格は航海士も機関士も一緒なので機関コースの学生にも早期取得を促す必要がある。

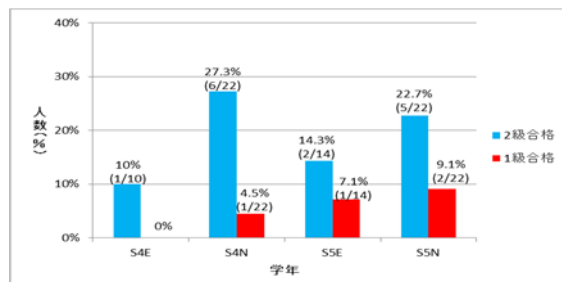


図4 クラス別海技士取得率

次に受験経験者が何年次の何月から受験を始めたのかまとめたものを図5に示す。1年生から5年生までで47名の学生が受験経験者であった。グラフから2年次及び3年次から受験し始める学生が多いのが分かる。2年次から受験を始める学生はこの時点で自分の将来像がよく描けており、その多くは外航志望であり、明確な目標がある。しかし、3年次から受験を始める学生に関しては2通りのパターンがあり、1つは明確な目標が持っている学生、もう1つは周囲の学生に流されてなんとなく受験する学生である。目標の違いが、受験の可否に大きく関わっていると推測される。この3年次の時点で

如何に学生に明確な目標を持たせるかが非常に重要になってくるのではないかと思う。4年次から受験を始める学生も3年次に受験を始める学生と同様の2パターンが考えられる。そして、5年次から受験を始める学生については、1節で述べた就職内定後に焦って受験する学生である。このような学生は航海訓練所での練習船実習が間近に迫り焦ってくるが結局、科目合格のまま航海訓練所に行ってしまう。

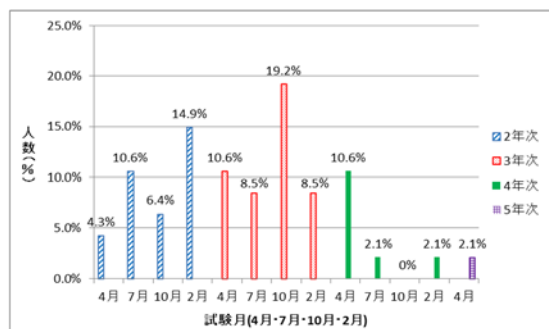


図5 学生が受験し始める学年及び月

海技士の勉強と授業の関連性を図6に示す。どの学年も海技士の勉強が授業に役立っていると回答した学生が多い。これは、学校の授業が専門知識の基礎で海技士がその応用であるためと思われる。しかし、受験者の大半が授業で基礎知識を学ぶ前に海技士を受け始めるため、受験者は理解しながら海技士の勉強をすることが出来ない。よって、海技士勉強に関しては問題及び答案の意味を理解することは諦め、ほぼ全ての問題で丸暗記状態といった感じになってしまう。しかし、高専生の場合、入社試験で海技士の有無を問われるため丸暗記での早期の受験も仕方ないと考えられる。つまり、海技士試験の可否に関わらず受験者の大半が受験後に初めて、学校の授業で問題及び答案の意味を理解するようになる。考えようによっては、一度丸暗記をしているので学校の授業内容や教員の話がスムーズに頭の中に入ると思われる。丸暗記全てが悪いとは思えない。上記でも述べたが、専門授業を受けようが受けまいが海技士試験の可否には関係ない為、より早い低学年時からの受験を勧めることが取得率上昇の鍵になると考える。

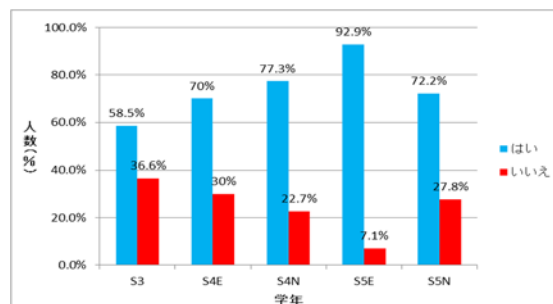


図6 海技士勉強と授業の関連性

図7に授業内容海技士対策の賛否の結果を示す。どの学年も過半数以上が「はい」と回答しているのが一目で分かる。たしかに、授業と海技士試験がリンクしていれば学校の定期試験と海技士試験の勉強が両立出来、海技士受験者と取得率の増加に繋がるのは間違いない。しかし、上記の海技士勉強と授業の関連性でも述べたように、学校の授業では基礎知識を教わる程度で、海技士の勉強には直接役に立たないのが実状である。授業と海技士とを両立させるためには、もう少し授業を海技士中心にした内容に改善する必要があるように思う。ただし、本校は準学士を育てる高等教育機関であり、試験対策専門学校ではないという事も忘れてはならない。よって、海技士対策一回倒のような授業にする必要はないと考える。

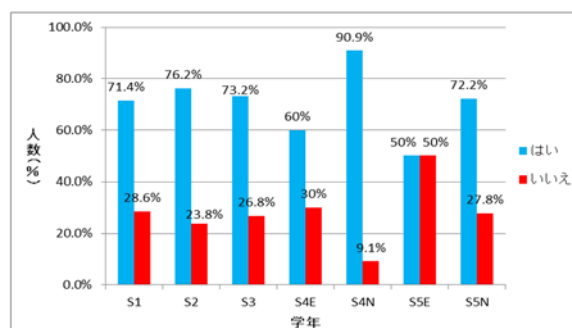


図7 授業による海技士対策について

図8に校内練習船実習海技士対策の賛否の結果を示す。高学年は低学年に比べると「いいえ」と回答した学生が多い。これは海技士の勉強をしているからこそ、校内練習船で行うことの難しさや自分達の負担が大きくなることを、少なからず理解しているからと考える。また、シラバスの学習到達目標の一部に「船内生活を体験し船舶職員としての資質を涵養し、国際的な船員を目指す」とあり、本校としては校内練習船実習を慣海性、時間厳守及び集団行動等の船員生活、船舶機器の取扱いなど基本的な部分を身に付けさせるための実習として位置付けているので、校内練習船実習まで海技士試験対策にする必要性はないと考える。むしろ、就職後

に船員として即戦力になれるよう教育する場だと思える。

の資質を涵養し、国際的な船員」を一人でも多く輩出できるように我々教員も努力を続けていくべきと考える。

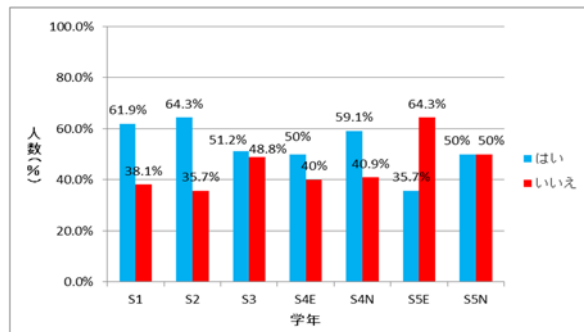


図8 校内練習船実習による海技士対策について

参考文献

- [1] 国土交通省：「内航・外航船員の確保・育成」：
資料 2-1

4. まとめ

外航日本人船員増員を目的とした上級海技士取得率上昇を図るため、現高専生にアンケート調査を行い以下のことが判明した。

低学年は専門科目の授業がほとんどない為、専門知識が全くなく受験者数は0名であった。3年次から専門科目が大半を占めるため、受験者数も徐々に現れ始め3年後期から急激に増加し、4, 5年生になると半数以上が受験している状態であった。しかし、1級どころか2級ですら筆記合格している学生が少なく科目合格に止まっている学生が大半であった。目標の30%以上となったのは平成19年度から28年度までの10年間でわずか3年となり、あとは20%前後となっている。

前述でも述べたように、学校の授業で習う専門科目は海技士にはそれほど影響がない。よって、より早い低学年時からの受験を勧めることが取得率上昇の鍵になると考える。また、少数の高学年を含み低学年は具体的な将来像が描けていない為、入学当初から就職活動を始めるまでの間、海運業の魅力を伝えていくと同時に定期的に希望職をアンケート調査することで、自分の将来を見つめ直す良い機会となり、必要な資格等も見えてくるのではないかと考える。

授業の海技士対策についてはどの学年も賛成が大半を占めていた。現在行われている授業では、どの科目も海技士に関連した内容は一部しか教えていないが、これをもう少し近づけることが取得率上昇に繋がると考えられる。また、校内練習船でも船員の魅力を十分に伝え、授業中から海技士対策を行い、将来に向けて準備することが大切だと思う。ただし、本校は準学士を育てる高等教育機関であり、試験対策専門学校ではないということも同時に忘れてはならない。そして、「船内生活を体験し船舶職員として

ウランバートル市の大気汚染物質の測定 —国際交流協定による文化交流・共同研究の実践—

ダワァ 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*****

Measurement of the Air Pollutants in Ulaanbaatar City —International Exchange Program Between National Institute of Technology, Yuge College and Mongolian University of Science and Technology—

Ganbat Davaa*, Koichi Kuzume**, Takashi Fujimoto*
Sarangerel Khayankhyarvaa***, Boldbaatar Dalai****
Odonkhishig Burenjargal*****

Abstract

An International Exchange Agreement between the National Institute of Technology, Yuge College (NITYC) and School of Power Engineering, the 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 an international education program held for cultural understanding between the students from Mongolia and Japan. We also present some of the measurement results of PM10, PM2.5 and PM1.0 concentrations in Ulaanbaatar.

1. まえがき

高等教育機関では、急速に進む社会や産業界のグローバル化の中で、活路する人材の育成が推進されている [1]。独立行政法人国立高等専門学校機構の第2期中期計画においても、第3期中期計画においても、留学生の受け入れの増強や、教員と学生の国際交流への積極的な取組みを推進している。各高専では、グローバルに活路する人材を育成するために、短期留学やインターンシップおよび技術協力など海外の機関と国際交流締結などの取り組みが行っている。独立行政法人国立高等専門学校機構の報告によると、各高専が個別に海外の教育機関と締結している交流協定は、平成23

年度、24件が新たに締結され45校147件 [2]、平成24年度、19件が新たに締結され46校155件 [3]、平成25年度には、26件が新たに締結され47校183件 [4]、年間平均12~23件数で増加している。

各高専では、様々な国際交流に関する活動を行い、それらについて報告が沢山されている。国際交流活動は、学生の語学能力や満足度を向上するように長期的に語学研修や異文化交流に取り込むこと [5]-[6]、受け入れ研修生たちの滞在中、総合学科系の教員を中心に実施する日本語・日本文化ワークショップに参加する機会を持ち、オリエンテーションタスクや交流授業を通して日本人学生と交流したり協働したりする機会を作り続けていること [7]-[8]、又は国際科学オリンピック挑

* 電子機械工学科

** 情報工学科

*** モンゴル科学技術大学動力工学科

**** モンゴル科学技術大学交通機械工学科

***** モンゴル科学技術大学熱工学・産業生態学研究所

戦や[9], 国際インターンシップや学会発表[10], 国際共同教育の実践[11], 技術者総合キャリア教育の実践[12], 工学実験用複合教材の開発 [13], 専門分野での国際交流・共同研究 [14]-[15] など色々な形で進んでいる。

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 (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。

本論分は, 国際交流協定の目的とする文化交流や国際コミュニケーション能力の育成を目的とする取り組みと, 両校の学生たちで取組んだ共同研究プロジェクトについて報告する。

2. モンゴル科学技術大学との国際交流の概要

平成26年9月17日, 本校の副校長 (校長の代理) 葛目幸一と国際交流推進室長ダワァ・ガンバットが MUST を訪問し, モンゴル科学技術大学・動力工学校 (School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology) と弓削商船高等専門学校 (National Institute of Technology, Yuge College) との教育・学術交流に関する国際交流協定調印式を行った (図1)。

国際交流協定調印式に MUST 側から副学長 ツムルプレブ・ナムナン (Tumurpurev Namnan), 動力工学校の学長チメデ・マンガルジャラブ (Chimed Mangaljalav), 熱工学部長ツガラガラムシャブ・ツレンドロゴロ (Dugargaramjav Tserendolgor) が参加しました (図2)。

2.1 モンゴル科学技術大学について

1959年モンゴル国立大学に工学部設置し, 1969年モンゴル国立大学にポリテクニク創立した。

1982年ポリテクニク独立し (Polytechnic Institute), 1990年モンゴル工科大学 (Mongolian Technical University) に変わり, 発展した。

2001年モンゴル科学技術大学 (Mongolian University of Science and Technology, MUST) になり, モンゴルの一番大きな大学になった。MUST に現在, 約3万人の学生が学部, 約3千人の院生が大学院博士前期課程に, 約1千人の院生が大学院博士後期課程に通っている。約4000人の教職員が教育・研究の指導に当たっている。



図1 国際交流協定調印式



図2 記念品の贈呈

2.2 モンゴル科学技術大学・動力工学校について

1969年同年ポリテクニクにエネルギー部を設置し, 1992年モンゴル工科大学に動力工学校 (School of Power Engineering) を設置した。動力工学校には現在, 約4800~5000人の学生が学部, 約450人の院生が大学院博士前期課程に, 約40人の院生が大学院博士後期課程に通っている。約300人の教職員が教育・研究を指導している。

2.3 国際交流事業

国際交流事業の目的は, 文化交流と共同研究プロジェクトをスタートすることである。また都市部では体験できない「大草原での生活体験」を通して「モンゴルの遊牧文化」について理解することや言葉の壁を越えたコミュニケーションを通して, 異文化の相互理解, さらに日本文化の再発見にも繋がり, 真の「国際人, 地球人」となるための動機付けとなる。

MUSTにおいては, 表1に示した国際交流活動を実施した。本国際交流研究プロジェクトには学生8名, 教員2名が参加しました。日本の工場で研修し帰国し

ウランバートル市の大気汚染物質の測定
—国際交流協定による文化交流・共同研究の実践—

た後、会社を設立した社長らの社工場 (Mon-Shibasaki LLCやSankou Tech Mongolia Co. LTD)を見学した。見学後、学生たちが「やる気が出ました、すごい、社長さんって夢じゃないんだ」など語っていた。

本校の学生と教員の訪問は、MUSTの学長をはじめ、副学長や部長ら皆さんが歓迎してくれた(図3)。訪問中に MUST で行われていた国際会議 (International Conference on Global Science and Technology Convergence) に出席し、色々な国の研究者たちの発表を聴いた(図4)。



図3 歓迎に集まったメンバー

表1 国際交流を実施内容

日付	実施内容
8/18(火)	ウランバートル着
8/19(水)	国際会議に出席、副学長から歓迎の挨拶、大学の鉱石自然資源地質学博物館を見学
8/20(木)	ゲルに利用する小型ストーブについて研修
8/21(金)	ゲルに利用する小型ストーブの排気ガスの測定実験を見学
8/22(土)	チンギスハーン乗馬の像を観光、大草原での体験
8/23(日)	モンゴル歴史博物館やウランバートル市内を観光、
8/24(月)	自動車エンジンの排気ガスの測定実験見学
8/25(火)	ウランバートルの大気中の粒子状物質の濃度の測定
8/26(水)	ウランバートルの大気中の粒子状物質の濃度の測定
8/27(木)	測定データの整理、MUST 学生との国際交流
8/28(金)	MUST 交通機械工学校の実験室および教育設備を見学
8/29(土)	日本で研修した社長のモン・シバサキ社工場を見学
8/30(日)	田舎の学校に訪問、田舎の子供たちと国際交流
8/31(月)	帰国



図4 国際会議の様子

3. 共同研究プロジェクト

3.1 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、「大気中の粒子状物質の濃度測定」と「ストーブの排気ガスの測定」を両校の教員と学生が共同で実施することにした。

3.2 共同研究プロジェクトのテーマ

今回は、初めての共同研究であることや互いに訪問する期間が少ないことから2つのプロジェクトを同時に行うのは不可能と決断した。そして「ウランバートル市周辺の大気中の粒子状物質の濃度測定」に絞り共同研究プロジェクトを行うようになった。

3. 3 大気中の粒子状物質の濃度測定結果

8月25日(火)にウランバートル市周辺に車で移動しながら10カ場所を中心として大気中の粒子状物質の濃度の測定を行った。人間や車が沢山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い場所を注目し測定場所が選んだ。一つの場所での一回の測定は3~5分に続き、データを一秒ごとに取得した。ウランバートル市中心の地図を図5に、大気汚染物質の測定を行った場所を図6に示す。気汚染物質の測定はウランバートル市中心や中心から離れた場所で行われ大気汚染物質濃度の比較した。表2に測定された場所の名を示す(図6を参照)。

記号	場所名
①	Dambadarjaa
②	Sansar
③	100 Ail
④	Gas Station in front of the Mongolian TV
⑤	Sapporo Center
⑥	Thermal Power Plant-3
⑦	Hunnu Shopping Mall
⑧	In front of the Trade Development Bank
⑨	Near the National Park
⑩	In front of the Officer's Palace

表2 測定場所の名



図5 ウランバートル市の地図



図6 大気汚染物質の測定を行った場所を示す図

測定を行った10個所での大気汚染物質の濃度の最大値と最小値と平均値をそれぞれ図7に示す。大気汚染物質の濃度の単位を $[mg/m^3]$ で表している。

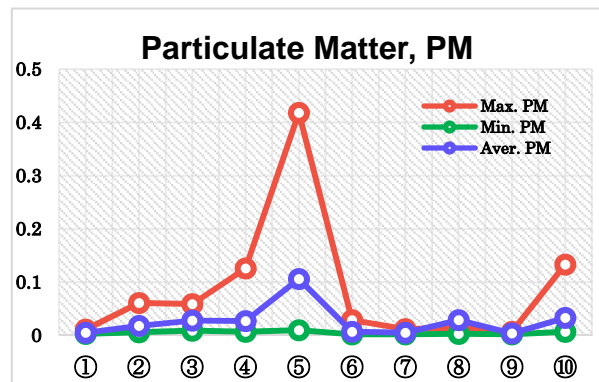


図7 大気汚染物質の濃度

グラフから見ると大気汚染物質の濃度が一番高いのは、人や車が多く集まる札幌センター (Sapporo Center ⑤) の周辺である。次に、交差点の近くの武官宮前 (In front of the Officer's Palace ⑩)、3番目には、緑が少ないところであるモンゴルテレビ前のガソリンスタンド (Gas Station in front of the Mongolian TV ④) である。ウランバートル市中心から離れたダンバダラシャー (Dambadarjaa ①) や国立公園の近く (Near the National Park ⑨) は大気汚染物質の濃度が少なかった。一般的に車の移動が多い、人々がよく集まる、緑が少ない場所に大気汚染物質の濃度が高かった。測定場所それぞれの詳しいデータを図8~図17に示す。

ウランバートル市の大気汚染物質の測定
 ー国際交流協定による文化交流・共同研究の実践ー

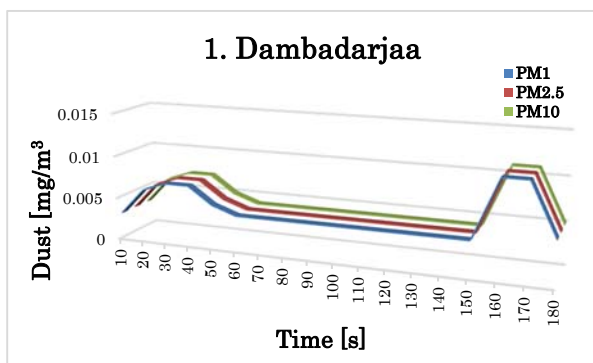


図8 測定場所 ①

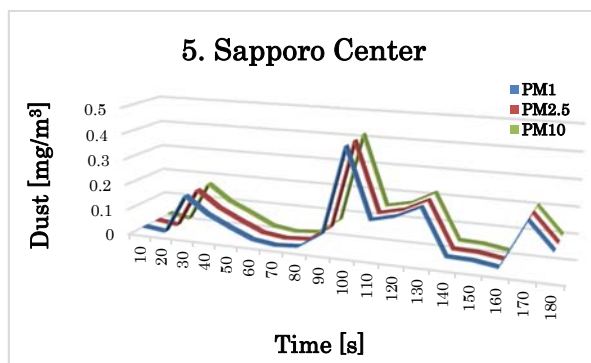


図12 測定場所 ⑤

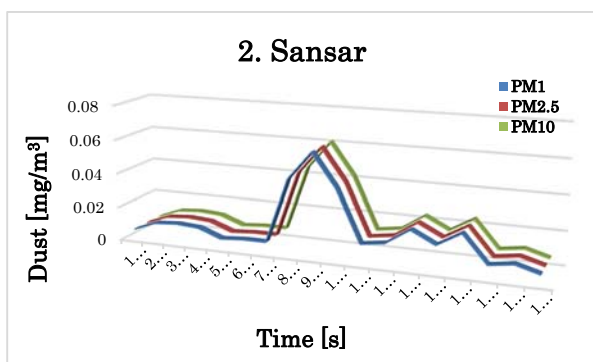


図9 測定場所 ②

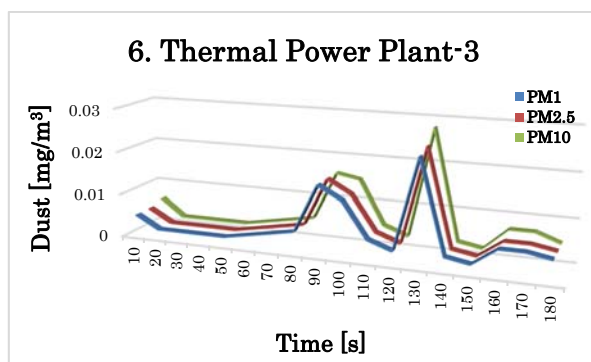


図13 測定場所 ⑥

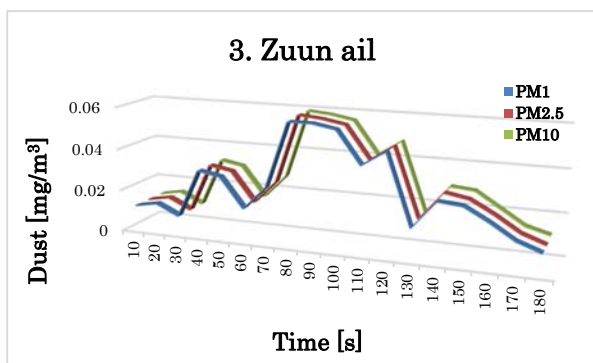


図10 測定場所 ③

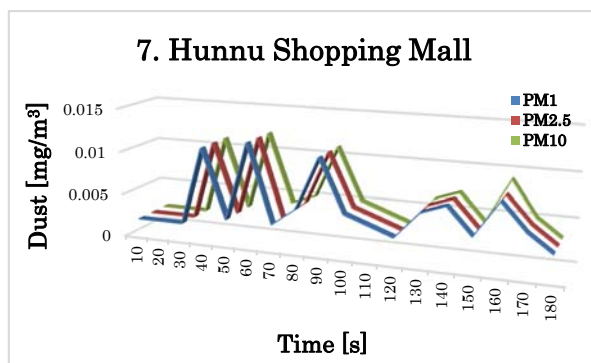


図14 測定場所 ⑦

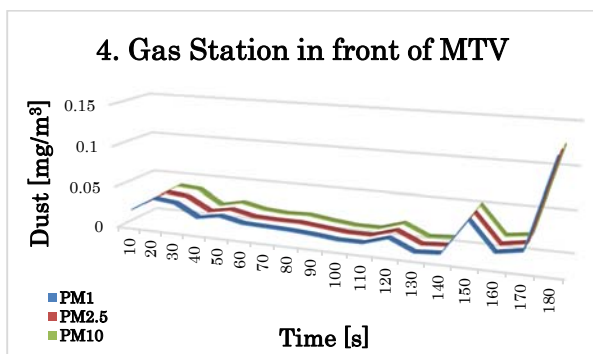


図11 測定場所 ④

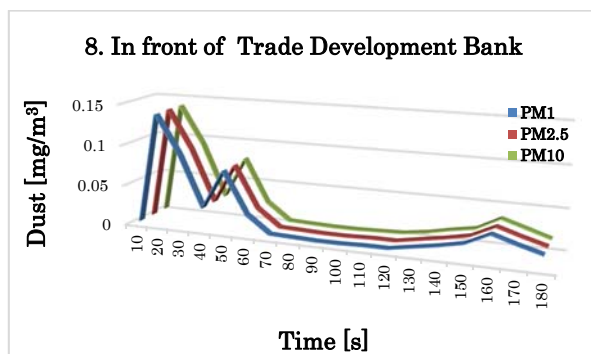


図15 測定場所 ⑧

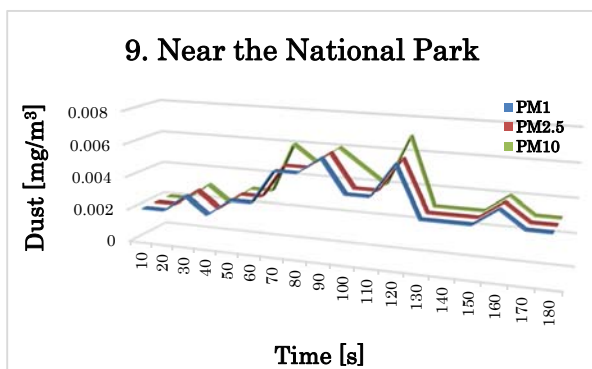


図16 測定場所 ⑨

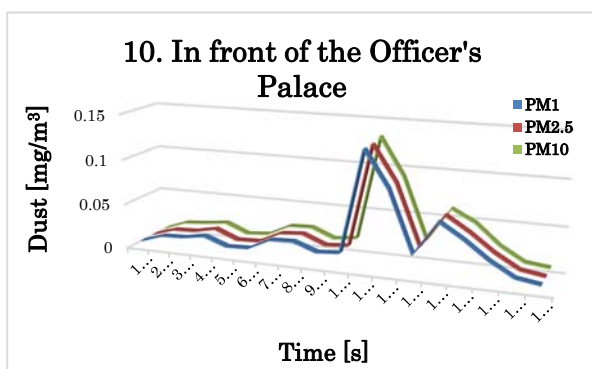


図17 測定場所 ⑩

4. あとがき

平成26年9月に締結されたMUSTとの国際交流協定は、本校にとって2番目(平成22年3月にタイ王国ナコンパノム大学と国際交流協定を締結した)の国際的な交流協定である。両校がスタートした共同研究プロジェクトは、長期において学生の語学力、研究意欲や研究の納期、コミュニケーション能力などを向上させた。

実際に共同研究プロジェクトに携わった学生は、現地でMUSTとの環境、技術レベル、言語、資金の違いなど文化交流だけでは得る事ができない国際的な感覚を体験することができ、指導を行った我々も学生の大きな成長を感じることができた。

今後、共同研究プロジェクトによってスタートした大気中の粒子状物質の濃度の測定をMUSTに続けてもらう。将来的には、大気中の粒子状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

MUST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の「平成27年度留学生交流支援制度」、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] 田房友典, 向井利夫, 葛目幸一, スパチャイ・ブライネット, ダオサクン・コンヨン: メコン川における水深三次元地形自動計測艇の共同開発—国際交流協定による文化交流・共同研究の実践—, 論文集「高専教育」第37号, pp.647-652 (2014)
- [2] 独立行政法人国立高等専門学校機構: 平成23年度事業報告 (2011)
- [3] 独立行政法人国立高等専門学校機構: 平成24年度事業報告 (2012)
- [4] 独立行政法人国立高等専門学校機構: 平成25年度事業報告 (2013)
- [5] 青柳成俊, 土田泰子, 衛藤優彦, 山崎誠, 涌田和芳: 学生の海外研修と国際交流の推進, 論文集「高専教育」第33号, pp.631-635 (2010)
- [6] 久保田佳克, 矢澤睦, 小松京嗣, 千葉慎二, 海野啓明, 高橋薫: 国際交流を中心とした海外研修旅行が学生にもたらす効果, 論文集「高専教育」第35号, pp.389-394 (2012)
- [7] 矢澤睦, 伊勢英明, 久保田佳克: タイ研修生受け入れ事業における日本語・日本文化ワークショップへの取り組み, 論文集「高専教育」第32号, pp.927-932 (2009)
- [8] 矢澤睦, 久保田佳克, 伊勢英明: タイ研修生受け入れ事業における日本語・日本文化ワークショップへの取り組みII, 論文集「高専教育」第35号, pp.695-700 (2012)
- [9] 三木功次郎, 直江一光, 北村誠, 岡田佳栄, 宇田亮子, 名倉誠, 長瀬潤, 榊原和彦, 新野康彦, 山口賢一, 松尾賢一: 国際科学オリンピック挑戦へのサポートとその教育的効果, 論文集「高専教育」第33号, pp.667-672 (2010)
- [10] 久保川晴美, 藪木場, 杉山明, 曾利仁: 津山高専一大連東軟息学院交流活動における研究発表の学生への効果, 論文集「高専教育」第36号, pp.679-684 (2013)
- [11] 松田奏保, 石川希美: 学術交流協定校との国際共同教育の実践, 論文集「高専教育」第33号, pp.733-738 (2010)

- [12] 青木明子, 福永圭悟, 田中孝典, 本田久平, 岩本光弘, 中道つかさ: 異文化体験を通じた国際技術者総合キャリア教育—東南アジアからの卒業留学生を核とした実践的総合キャリア教育, 論文集「高専教育」第33号, pp.905-910 (2010)
- [13] 大庭勝久, 長谷川輔: 国際技術協力を通じた工学実験用複合教材の開発, 論文集「高専教育」第35号, pp.395-400 (2012)
- [14] 田中孝典, 亀野辰三, 高見徹, 東野誠: シンガポール・ポリテクニク校との専門学科間相互交流の取組について, 論文集「高専教育」第35号, pp.691-694 (2012)
- [15] 亀野辰三, 田中孝典, 東野誠: グローバル人材育成のための専門学科間国際交流の試み, 論文集「高専教育」第34号, pp.871-875 (2011)

小型ヘリコプタを用いた 制御および画像処理工学の導入教育教材の開発 —三年間の実験結果の報告—

大澤 茂治*・ラホック サム アン**・大根田 浩久*

Development of Educational Material for Introductory Education of Control Engineering and Image Processing Using Small Helicopter —Report on the Experimental Result of Three Years—

Shigeji Osawa*, Rahok Sam Ann**, Hirohisa Oneda*

Abstract

Recently products that use control and image processing techniques have become popular. Accordingly, human resources with knowledge of both control engineering and image processing are required. In this study, we have developed an educational material for introductory education both of control engineering and image processing using small helicopter. In order to verify the effectiveness of the developed educational material, we experimented by allowing students learn with our material and then asking them to answer the questionnaire. This paper reports on the experimental results of three years.

1. はじめに

近年、制御と画像処理を用いた機器の開発が多く行われるようになってきた。例えば、工場内の製品搬送用ロボット^[1]や自動車の衝突回避機能^{[2],[3]}や製品の自動検査装置^[4]などである。したがって、これらの機器の開発、運用を行うため、制御工学と画像処理工学の両方の知識を有する人材が求められている。

しかしながら、制御工学も画像処理も習得には長い時間を要するため、途中で習得を諦めてしまう人が多いだけでなく、初めからこの分野の習得を避ける人も存在する。このような背景から我々は、本格的に学習を始める前の段階、つまり、導入教育の段階において、「おもしろそう」、「やってみたい」という意欲を喚起することが重要だと考えた。そして、これまでに導入教育の段階において、制御工学と画像処理工学の両方に対して意欲を喚起できる魅力ある教材の開発を行ってきた^{[5],[6],[7]}。

本教材は、操作して楽しいと感じられ、かつ、カメラが搭載されており、画像処理や制御動作をプログラ

ミング可能な小型ヘリコプタ(パロット社製AR.Drone)を使用する。学生は、まず、手動で小型ヘリコプタを操作する。手動での操作の面白さを感じながらも、意図したとおりに制御する難しさを実感してもらう。次に、画像処理により特定の色紙を検出し、その方向を向く制御を行っている小型ヘリコプタを観察してもらう。これにより制御の必要性と画像処理の使用事例を確認してもらうことができる。このように、操作して楽しく、観察して制御と画像処理の意義を体験できる教材とすることで、学生の興味・関心を引き、意欲を喚起できると考えた。

これまでに、平成24年度から平成26年度の弓削商船高等専門学校電子機械工学科の1年生を対象として、開発した教材の効果を確認するための実験を行ってきた。本論文では、この三年間の実験結果について報告するとともに、結果を考察する。なお、本教材で使用する小型ヘリコプタは、一般的には「ドローン」と呼ばれている。しかし、教材開発当初、この名称は一般的ではなかったため、「小型ヘリコプタ」を使用していた。本論文でも同様に「小型ヘリコプタ」を使用する。

* 電子機械工学科

** 小山工業高等専門学校電気電子創造工学科



図 1 AR.Drone の外観

2. 実験方法

2. 1 小型ヘリコプタ

小型ヘリコプタには、パロット社製 AR.Drone を用いた。価格は、バッテリーを含め 3 万円未満で購入可能である。図 1 に外観を示す。AR.Drone は、カメラの他に、超音波センサやジャイロスコープなどを搭載しており、カメラからの画像を見ながら、高度やロール、ピッチ、ヨー角を操作することができる。ピッチ角を操作することにより前後の移動を行い、ロール角を操作することにより左右の移動を行う。そして、ヨー角を操作することにより、その場での左右回転を行うことができる。

通常、AR.Drone は iPhone や iPad など Wi-Fi により、無線で操作するが、PC で操作することも可能である。PC での操作、プログラミングを行うためには、ソフトウェアライブラリ (AR.Drone SDK) が必要であるが、これは無償で提供されている。そして、操作のインターフェースとして、飛行機のゲーム用として使用されているジョイスティック (CYBORG 社製, F.L.Y) を用いた。ジョイスティックの外観と操作方法を図 2 に示す。ジョイスティックでの操作は、学習者が直感的に操作できるようにプログラムを行った。ジョイスティックを前側に倒すと、AR.Drone は前進し、後ろに倒すと後進する。同様に左右に倒すと左右に移動する。また、ジョイスティックを左右にひねることにより、その場での左右回転を行うことができる。また、ジョイスティック上端にあるホイールを回すことにより、高度を調整することができる。ホイールを上回すことにより、上昇し、下に回すことにより下降する。

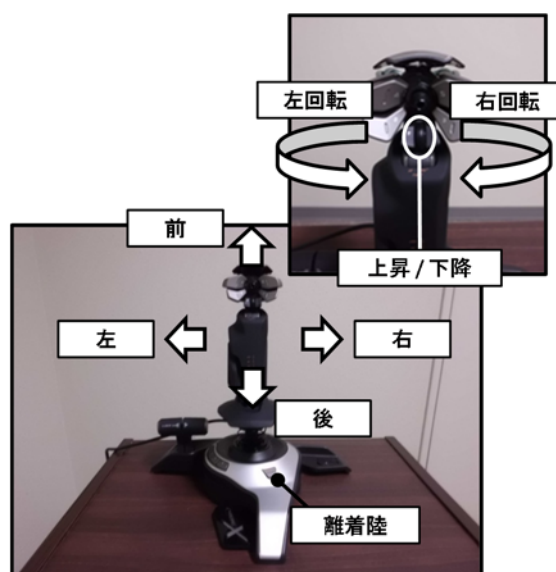


図 2 ジョイスティックの外観と操作

2. 2 実験手順

本教材の効果を確認するため、制御工学および画像処理工学を学んでいない弓削商船高等専門学校の平成 24 年度、25 年度、26 年度の電子機械工学科 1 年生をを実験協力者とし、アンケートを実施した。実験手順について述べる。次のような流れで実験を行う。

- (1) 制御と画像処理について具体的な使用例を挙げ、簡単に説明を行う (学生は制御および画像処理について知識がないため)。
- (2) 小型ヘリの操作方法について説明する。
- (3) 対象者に PC のディスプレイに写った小型ヘリコプタのカメラ画像を確認しながら、赤い色紙を追跡するように小型ヘリを操作させる (1 分程度)。
- (4) 自動追跡機能を実行し、赤い色紙を自動追跡させ、学生にこれを観察してもらう。
- (5) アンケートを記入してもらう。

実験手順の (1) は対象者全員に対して、講義と同じように同時に説明し、実験手順の (2) 以降は個別に実施する。

本実験において用いたアンケートを表 1 に示す。アンケートは、制御と画像処理で言葉を変えただけの質問をそれぞれ 4 項目 (a1~4, b1~4) とその他として 2 項目 (c1, c2) の合計 10 項目の質問とした。c2 以外の質問に対する回答は、「よくあてはまる」、「あてはまる」、「どちらでもない」、「あてはまらない」、「全くあてはまらない」の 5 段階とした。

表1 アンケート

制御に関するアンケート	
a 1.	制御に興味がありましたか？
a 2.	講義の後、制御に関する興味・関心は高くなりましたか？
a 3.	制御をもっと知りたいですか？
a 4.	制御を使用した機械を作ってみたいですか？
画像処理に関するアンケート	
b 1.	画像処理に興味がありましたか？
b 2.	講義の後、画像処理に関する興味・関心は高くなりましたか？
b 3.	画像処理をもっと知りたいですか？
b 4.	画像処理を使用した機械を作ってみたいですか？
その他のアンケート	
c 1.	本講義は楽しかったですか？
c 2.	コメント等がありましたら、記入して下さい。

3. 実験結果

平成 24, 25, 26 年度の制御に関するアンケート結果を図 3, 図 4, 図 5 に、画像処理に関するアンケート結果を図 6, 図 7, 図 8 に示す。結果はパーセンテージで示し、質問内容を簡潔に左側に記載した。

また、その他のアンケートの c1. の結果は、「よくあてはまる」と「あてはまる」を足したものは、平成 24 年度からそれぞれ、93% (88%, 5%), 92% (57%, 35%), 89% (47%, 42%) であった。() 内の二つの値は、「よくあてはまる」と「あてはまる」の結果である。どの年度も、多くの学生が楽しく取り組めたようである。そして、c2. の質問に対してコメントを記入してくれた学生は、平成 24 年度からそれぞれ、60%, 16%, 37% と大きくばらついた。コメントは、「楽しかった」のような感覚的なコメントの他に、「もっと制御のことにについて知りたい」、「画像処理を使ったロボットなどを見てみたい」、「ロボットの構造や動きを知りたい」、「もう少し詳しく知りたい」、「プログラムの内容をしりたい」など意欲的なコメントもあった。また、「人の操作では簡単にできないことが、画像を用いた制御によって、とても簡単にできていることに驚いた」、「手動と自動での制御の違いを実感できた」など理解を表すコメントもあった。

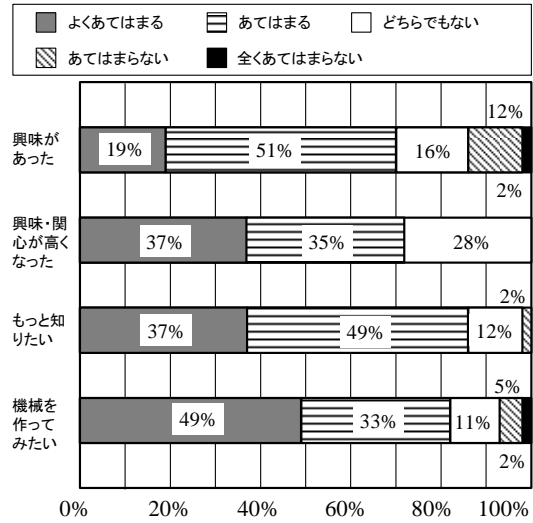


図3 平成24年度 制御に関するアンケート結果

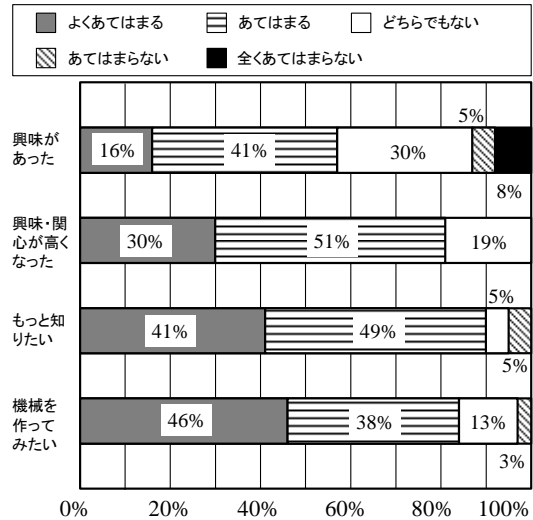


図4 平成25年度 制御に関するアンケート結果

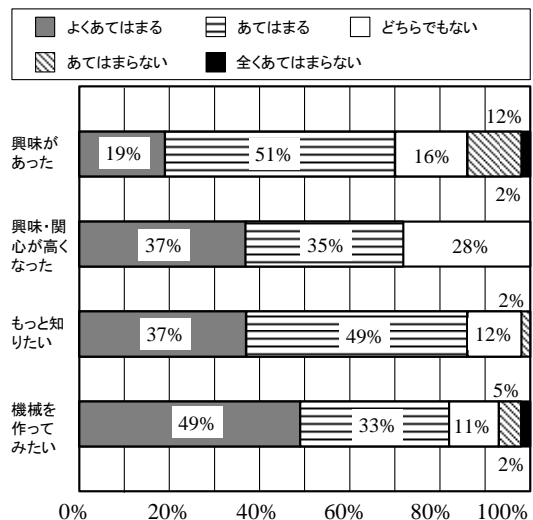


図5 平成26年度 制御に関するアンケート結果

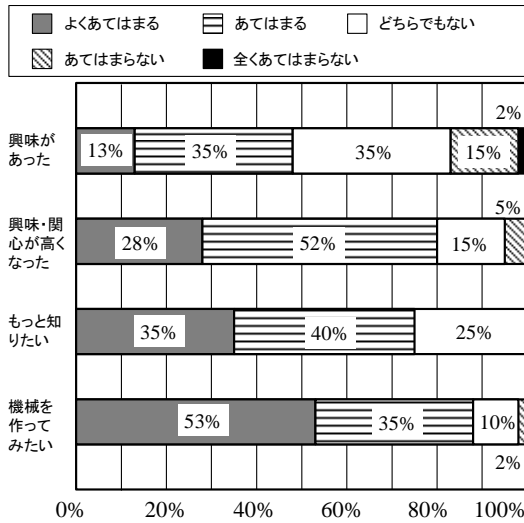


図6 平成24年度 画像処理に関するアンケート結果

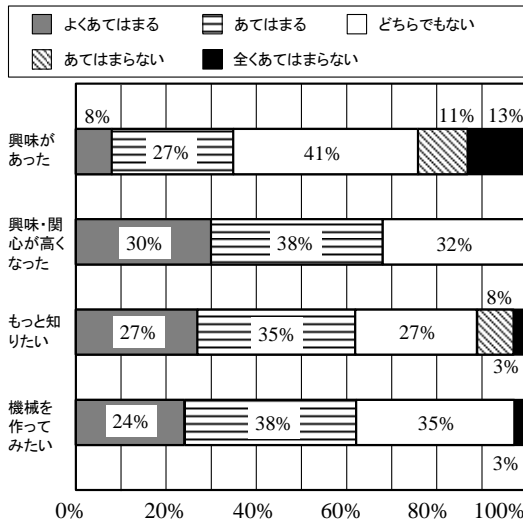


図7 平成25年度 画像処理に関するアンケート結果

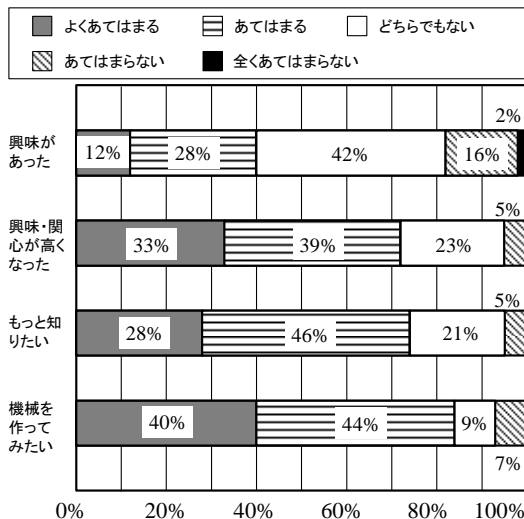


図8 平成26年度 画像処理に関するアンケート結果

4. 考察

4.1 制御に関する結果について

実験前から制御に興味を持っていた学生の割合は、「制御に興味がありましたか?」という質問に対して、「よくあてはまる」、「あてはまる」を選択した学生であると考えられるので、図3, 4, 5から、年度順に73%, 57%, 70%であり、年度によって10%程度の差が見られた。しかしながら、もともと興味を持っている学生が多いことがわかる。これは実験協力者が、電子機械工学科の学生のためだと考えられる。

そして、「実験後、興味・関心が高くなったか?」という質問に対して「あてはまる」「よくあてはまる」と回答した学生は、年度順に88%, 81%, 72%であり、三年間の全てで、多くの学生が制御に対して興味・関心が高くなっていた。また、「もっと知りたいか?」、「制御を使用した機械を作ってみようか?」という質問に対して、「あてはまる」「よくあてはまる」と回答した学生の割合は、全ての年度で80%以上であった。これは、学生の多くが年度に関わらず、制御に対して意欲的になったことを表している。

特に三年間の中でももともと、興味をもっていた学生の割合が最も低かった平成25年度に注目する。この年度の学生は、興味・関心が高くなったと答えた学生は81%であり、さらに、もっと知りたいと回答した学生は、90%であり、これは三年間の中で最も高い割合となった。平成24年度の学生と比べ、もともとの興味・関心が16%程度低かったが、実験後の意欲に関しては、ほぼ同等となっていることがわかる。これらの結果は、本教材が制御工学に対して、意欲を喚起できる効果があることを示している。

4.2 画像処理に関する結果について

実験前から画像処理に興味を持っていた学生の割合は、「画像処理に興味がありましたか?」という質問に対して、「よくあてはまる」、「あてはまる」を選択した学生であると考えられる。つまり、興味を持っていた学生の割合は、年度順に図6, 7, 8から48%, 35%, 40%であり、ばらつきはあるものの、どの年度でも3割以上の学生が興味を持っていたことがわかった。これは予想以上の高い値であった。画像処理は、基本的には情報系の分野であり、電子機械工学科の学生の興味・関心は非常に低いと推測していた。おそらく、デジタルカメラやスマートフォンなどが普及し、画像を撮る、加工することが身近になったため、電子機械工学科でも、もともと画像処理に対して興味を持った学生がある程度いたのだと考えられる。

「実験後、興味・関心が高くなったか？」という質問に対して「あてはまる」「よくあてはまる」と回答した学生は、年度順に80%、68%、72%であり、制御での回答と比較するとやや低いですが、三年間の全てで、多くの学生が画像処理に対して興味・関心が高くなっていった。

また、「もっと知りたいか?」、「画像処理を使用した機械を作ってみたいか?」という質問に対して、「あてはまる」「よくあてはまる」と回答した学生の割合は、平成24年度、26年度においては、70%以上となった。特に「機械をつくってみたいか?」という質問に対しては、80%以上の学生が「あてはまる」「よくあてはまる」と回答した。これは、制御での結果とほぼ同等であり、非常に良い結果であった。平成25年度においても60%以上の学生がこれらの質問に対して、「あてはまる」「よくあてはまる」と回答した。これらの結果は、多くの学生が画像処理に対して意欲が向上したことを示しており、本教材の有効性を示した結果だといえる。

本教材を用いた実験結果から、制御とともに画像処理においても意欲が向上しており、両方に対して意欲を喚起させる効果があることを示している。

5. おわりに

本稿では、これまで開発してきた制御工学と画像処理工学の導入教材の三年間の実験結果について報告し、考察した。本教材は、小型ヘリコプタを使用し、手動での操作、自動での動作の観察を行うことで制御と画像処理に対して、意欲を喚起させることを目的とし開発されたものである。これまで、平成24年度から平成26年度までの電子機械工学科1年生を実験協力者として、本教材の効果を確かめる実験を行ってきた。年度により、もともとの興味関心にはある程度の違いがみられたが、制御に関しては、実験後はどの年度でもほぼ同様に意欲的になった結果が得られた。画像処理に関しても、年度により違いは見られたが、実験後、意欲的になった結果が得られた。このような実験結果から、本教材は、制御および画像処理、それぞれに対して個別に意欲を喚起するだけではなく、両方に対して同時に意欲を喚起する効果があることを確認した。

また、本教材の実験を楽しみと多くの学生が感じてくれたことから、今後も同様の取り組みを行っていきたい。さらに別のセンサを使ってみたいなどのコメントもあったため、色々なセンサを使用した教材開発も検討したい。今後も教材開発を続け、学生の意欲向上に努めたい。

参考文献

- [1] 関淳也, 青山元, 石川和良, 石村佐緒里, 和田迫鉄矢, 足立佳儀, 薩見雄一, 横田和隆, 尾崎功一, 山本純雄: 視覚によるライン・トレースと磁気タグの併用による走行制御を用いた搬送ロボットの開発, 日本ロボット学会誌, 27-8, pp833-841, (2009)
- [2] 日立オートモティブシステムズ株式会社: 走行制御システム <http://www.hitachi-automotive.co.jp/products/dcs/index.html>
- [3] 富士重工株式会社, 運転支援システム EyeSight, Web ページ, <http://www.subaru.jp/eyesight/digest/>
- [4] 大澤茂治, 風間晋吾, 嘉藤俊介, 渡邊信一, 尾崎功一, 石川洋平, 田中稔, 並木俊郎, 諏訪芳久, 廣瀬晃: 画像処理による円筒形状製品の傷検査装置の開発, 精密工学会誌, 76-8, pp955-959, (2010)
- [5] Rahok SAM ANN, Shigeji Osawa, Hirohisa Oneda, Takuya MATSUDA, Koichi OZAKI : Development of a Motivational Material Using Visual Feedback to Bring Technical College Students Closer to Control Engineering, Proceedings of the 1st Asian Conference on Information Systems, pp.143-146, (2012)
- [6] Rahok YOKOKAWA SAM ANN, Hirohisa Oneda, Shigeji Osawa, Koichi OZAKI : Development of a Teaching Material that Can Motivate Students to Learn Control Engineering and Image Processing, The 17th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering , pp.413~419, (2014.)
- [7] 大澤茂治, 大根田浩久, ラホック サム アン, 尾崎功一: 小型ヘリコプタを用いた制御および画像処理工学の導入教育教材の開発, 弓削商船高等専門学校紀要 第37号, pp.41~46, (2015)

高専ロボコンにおけるBチームの活動報告

—2014と2015年について—

大澤 茂治*

Activity Report of B Team in the KOSEN ROBOKON

—About 2014 and 2015—

Shigeji Osawa *

Abstract

This paper reports about activity of B team of Yuge college in the KOSEN ROBOKON. B team made a robot consisting of three modules in 2014, and in 2015, it made a quoits robot of bow type.

1. はじめに

高専ロボコンとは、正式名称「アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト」であり、既成概念にとらわれず、「自らの頭で考え、自らの手でロボットを作る」ことの面白さを体験してもらい、発想することの大切さ、物作りの素晴らしさを共有してもらおう全国規模の大会である[1].

全国の高等専門学校57校62キャンパス、各校2チーム計124チームが全国8地区で実施される大会に出場し、そこで選抜された25チームが全国大会へ進み、優勝、または、最高の賞である「ロボコン大賞」を目指す。「ロボコン大賞」は、「アイデア・技術・デザイン全てにおいて優れたロボットを製作したチームに対して贈られる最も名誉ある賞」[2]と定義されている。この他にも賞として、「アイデア賞」、「技術賞」、「デザイン賞」、各協賛企業名が入った「特別賞」が設けられているが、勝利したチームへ贈られるとは限らない。また、大会は、各地区大会、全国大会ともに、トーナメント対戦方式で勝敗を決めるが、全国大会へ進めるチームは、優勝チームと審査員が推薦したチーム（複数チームが推薦される地区もある）である。競技課題の趣旨を反映したアイデアを実現できているチームや、素晴らしいパフォーマンスを見せたチームが推薦される。このように高専ロボコンは、勝敗のみを評価する大会ではなく、製作したロボットを専門家がアイデアや完成度を含めて評価してくれる大会である。なお、2017年で30年目を迎える。

現在の戸前商船高専Bチームは、大澤研究室の卒研（電子機械工学科5年生）で構成され、2014年から参加している。メンバーの数は、2014年が4名、2015年が3

名と非常に少ない。また、高専ロボコンに参加しているチームの多くが部活動として活動しているため、物作りやロボット作りを経験しているが、本チームのメンバーは、多くが運動部に所属しており、物作りは素人と言ってよい。さらに、放課後はそれぞれの部活で活動を行っており、ロボット製作にかける時間は、主に卒業研究の時間（週8時間程度）と夏休みの期間であり、他のチームと比べ少ないと思われる。したがって、大会結果も毎年、良い成果を残せているとは言えない。しかし、2年目の2015年の大会では、四国地区大会において「デザイン賞」を受賞している。これは、少人数の素人のチームでもやり方によっては、賞を取れることを示したと言える。

本稿では、2014年と2015年におけるBチームの方針とロボット製作、大会結果について報告する。

2. 2014年について

2.1 課題

2014年の課題名は、「出前迅速」であり、ロボットがスタート地点から3つの障害物ゾーンを越え、ゴール地点へ蒸籠を運ぶ課題である。2チームが対戦方式により競技を行い、多くの蒸籠を運べたチームが勝利となる。3つの障害物ゾーンは、スラロームゾーン、高さ90[mm]の角材が複数並んでいる角材ゾーン、15[°]の傾斜を上り下りする傾斜ゾーンである[2].

2.2 方針

2014年は、本チームが初めて高専ロボコン参加した年である。目標はロボットが移動でき、1つ目の障害物ゾーンであるスラロームゾーンを超えることだった。全てが初

* 電子機械工学科

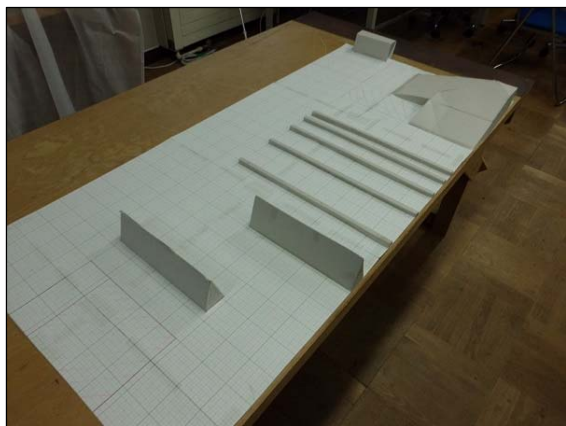


図1 2014年フィールド



図3 2014年製作ロボット「豚速」



図2 アルミフレーム

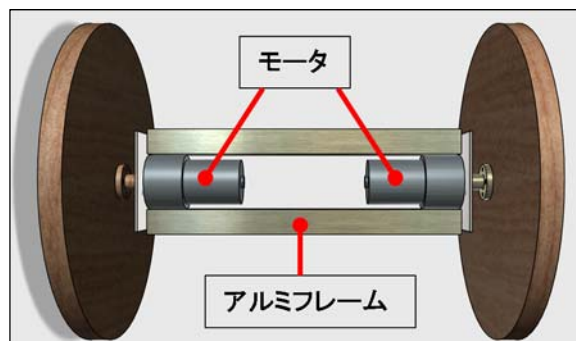


図4 車輪部分

めでの状態での参加だったため、勝利はもちろん、賞を取ることも考えていなかった。

メンバーは、4名であった。物作りが初めてのメンバーばかりのため、まず、画用紙で1/10サイズの大会フィールドを製作した(図1)。これにより、明確にフィールドが理解できるため、どのような機能が必要かを考えやすくなる。また、メンバーの器用さや丁寧さなどがわかる。

製作体制は、2名で1班として、移動機構を製作する班とそれ以外(蒸籠を持つ腕と外装)を製作する班の2班集体とした。

ロボット製作に用いるフレームなどの機械部品は、株式会社ミスミ[3]のものを積極的に使用することとした。株式会社ミスミで購入できる部品は、企業で良く使用されており、就職してから役に立つと考えたからである。また、ロボットのフレームには、図2のアルミフレームを使用することとした。図2のナットとナットストッパーをアルミフレームの四辺にある溝に入れ、使用することで、多くの穴あけ加工を不要とすることができる。また、図2のキャップをフレーム両端に使用することで、安全対策もできる。ただ、頑丈なフレームのため、ロボットが重くなることが

欠点である。しかしながら、本チームのように人数が少なく、製作時間も少ない場合、有用なフレームだと考える。

設計などで使用する3D CADソフトウェアは、全員が使用できるように、無料のAutodesk 123D Design [4]を用いた。2016年では、日本語版も配布されている。

2.3 製作したロボット

製作したロボットを図3に示す。サイズは、幅330[mm]、高さ800[mm]、奥行き135[mm]であり、重量は、23.5[kg]である。ロボットは、3つのモジュールから構成され、車輪型である。

ロボット名は、「豚速」である。弓削商船高専がある上島町の名産品のレモンポークから「豚」をモチーフとした。また、外装の色は、上島町のマークの3色である青、赤、緑とした。

3つのモジュール構成とした理由は、2つ目の障害物ゾーンにある高さ90[mm]の角材を乗り越えるためである。3つのモジュールを上下させ、角材を乗り越えようと考えた。モジュールの上下は、モータを制御し行う予定であったが、開発が間に合わず断念した。

先頭のモジュールには、蒸籠を持つ「腕」を備えている。腕は、モジュールの中心を軸として、回転する。

また、ゴール地点にある台に蒸籠を置かなければならないため、蒸籠を押す機能が付いている。

車輪には、それぞれモータが付いており、六輪駆動となっている。それぞれのモジュールに装着されている車輪部分を図 4 に示す。車輪は軽量化のため、木材を丸く切り抜き（直径 250mm）、それに 5[mm]の厚さのゴムを巻き、製作した。

各モータの制御は、Arduino MEGA ADK を用いて行っている。また、用いたモータは、全てツカサ電工株式会社製の DC モータであり、移動機構には、TG-85R-KU-216-KA, 12V を 6 台、腕の回転には、TG-85R-SU-232-KA, 12V を 1 台、蒸籠を押す機能には、TG-47G-SG-100-LC3-KA, 12V を 1 台用いた。バッテリーは、SHORAI 社製のリチウムイオンバッテリー-LFX07L2-BS12 を用いた。これは、出力電圧が 12 [V]であり、425g と非常に軽い。また、ロボットの操作は、無線コントローラで行う。本ロボットでは、ヴィストン株式会社製の VS-C3 を用いた。

2. 4 大会結果

2014 年 11 月 2 日、弓削商船高専の体育館にて、四国地区大会が開催された。本チームは、1 回戦で敗退であったが、1 つ目の障害物ゾーンであるスラロームゾーンを超えることができた。これは、第 2.2 節で述べた目標を達成した結果であった。初参加であったので、十分な成果だと考える。

大会後、メンバーは、来年以降において使用できる機能の開発を行っており、高専ロボコンを通じ、物作りに意欲的になったのではないかと感じた。開発した機能は、測距センサを用いた距離計測機能[5]、及び測距センサを用いたインタフェース[6]である。

3. 2015年について

3. 1 課題

2015 年の課題名は、「輪花繚乱」であり、高さの異なるポールにゴムホースで作った輪を入れる課題である。つまり、ロボットによる「輪投げ」である[7]。2 チームが対戦方式により競技を行い、9 本のポール全てに輪を投げ入れたら勝利となる。また、3 分間で勝負がつかない場合、得点が多い方が勝利となる。ポールは、自陣側と相手側に高さ 1[m]が 3 本ずつ、計 6 本、中央に 2.5[m]が 2 本、3[m]が 1 本、設置されている。

3. 2 方針

目標は、賞を取ることであった。賞を取るためには、他のチームが行わないアイデアを実現することだと考えた。高専ロボコンの正式名称には、アイデア対決とあり、独自

のアイデアを実現したロボットが高く評価されるのではないかと推測した。したがって、ロボットの各機能などのアイデアを出す際は、複数のアイデアを出し、検討するようになった。

メンバーは 3 名であり昨年と同様に、まず、画用紙で 1/10 サイズの大会フィールドを製作した。製作体制は、2 班とし、2 名が移動機構、1 名が輪を飛ばす機構（以降、射出機構と呼ぶ）を担当としたが、射出機構を担当するメンバーの負荷が高いことから、基本的には全員で作業を行い、一人でできる作業のみ各担当に分かれることとした。

移動機構は、車輪型とし、昨年度のものを基本として製作することとした。これにより製作に要する時間を削減できると考えた。

射出機構は、弓型の機構を製作することとした。射出機構のアイデアとして、ピッチングマシーン型、布の張りを利用した機構、弓型の 3 つが提案されたが、独自性と担当したメンバーが弓道経験者であることから、弓型の射出機構を採用した。

3. 3 製作したロボット

製作したロボットを図 5 に示す[8]。サイズは、幅 1500[mm]、高さ 1500[mm]、奥行き 1000[mm]であり、重量は、25[kg]である。弓に該当する部分は、塩ビ管を使用しており、弦は弓道で使用されるものを用いた。ロボット名は、「くま」である。輪投げ機構を英語にすると、「Quoits Machine」であり、2 つの単語の最初の 2 文字を取ると、「くま」と読めるため、このように名付けた。なお、ロボット中央に熊の人形を置いている。2015 年より、3D プリンタ（XYZ プリンティング社製 ダヴィンチ 1.0A）を導入し、製作した。

輪を搭載したときのロボットの画像を図 6 に示す。また、輪を射出した瞬間の画像を図 7 に示す。輪は、図 6、7 のように二つ折りにして、弦と引金にかける。引金は、半円のアルミ板により固定されており、半円のアルミ板が回転することにより、引金が外れ、輪が射出される。また、発射台と輪の摩擦を軽減するため、カーペットを発射台に貼りつけた。実験により、3[m]を超える高さまで輪を射出できることを確認した。これにより、全てのポールに輪を投げ入れることが可能であることを示した。しかし、輪の装填機能がないため、3 分間の競技時間内では、最大 5 回の輪を射出するのが限界であった。

移動機構は、3.2 節の方針でも述べたが、昨年のものをベースとして製作した。ロボット中央に車輪を配置し、さらにキャスターにボールキャスターを採用することで、その場での正確な旋回を実現した。

外装は、網戸用の黒のクラウンネットを使用した。2015 年大会は、相手の輪が本ロボットに当たることが想定でき



図5 2015年製作ロボット「くま」

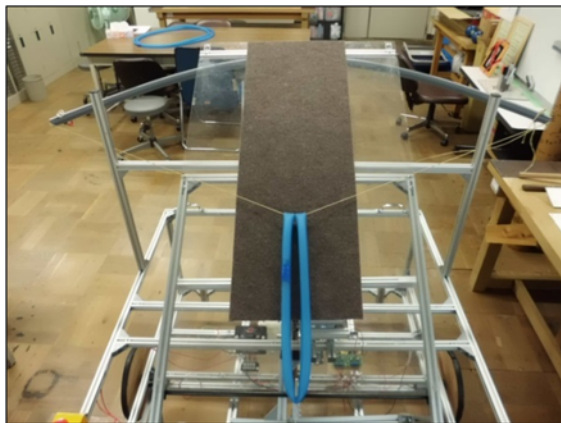


図6 輪を搭載したロボットの様子

たため、外装は必須だと考えたが、重量に制限があるため、非常に軽量のネットを使用することとした。また、ネットであるため、中の状態が目で確認でき、問題が発生した場合、すぐに対応ができるという利点もある。また、本年度のメンバーは3名と非常に少ない人数のため、運搬時にロボットを持ちやすいよう取手をロボットの四隅に取り付けた。外見も取手がない場合よりも良いものとなった。

各モータの制御は、2014年と同様に Arduino MEGAADK を用いて行っている。また、用いたモータは、全てツカサ電工株式会社製の DC モータであり、移動機構には、TG-85R-KU-216-KA, 12V を 2 台、射出機構には、TG-85R-SU-552-KA, 12V を 2 台、計 4 台である。バッテリー、ロボット操作用のコントローラは、昨年と同様のものを使用した(第 2.3 節参照)。

3. 4 大会結果

2015年10月25日、香川高専宅間キャンパスの体育館にて、四国地区大会が開催された。本チームは、一回戦で敗退であったが、弓型の射出機構が評価され「デザイン賞」を受賞することができた。四国地区大会において、弓型の射出機構は本チームのみであり、独自

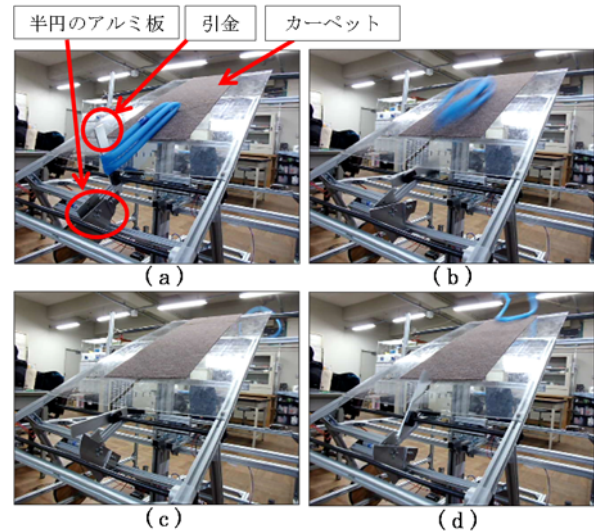


図7 輪を射出した様子

性があり、かつ、すべてのボールに輪を入れられる性能を持っていることも受賞理由だと考えられる。なお、「デザイン賞」とは、「機能的な美しさや装飾に秀でたロボットを作ったチームに贈られる賞」[2][7]と定義されている。デザイン賞の受賞は、本校チームでは8年ぶりである。

2015年大会では、目標としていた、賞を受賞することができた。また、メンバーは少人数ながら、それぞれが落ち着いて、大会を楽しむように、準備をしていたように思われる。大きなトラブルとして、本番前の練習で走行用のモータが故障してしまったが、あわてずに対応できていた。試合においても、モータの故障により走行が上手くいかなかったが、それをカバーするような操作を行っていた。メンバー全員が5年生であり、部活動での試合経験も有り、さらに、就職活動を経験してきたため、本番でも緊張感に負けずに落ち着いて行動できたのではないかと考える。

また、少人数だったため、メンバーは常に動いていなければならない、負荷が高いと感じた。メンバーの増員を検討する予定である。しかしながら、少人数であるため、一人一人が責任感を持って行動できていたように思われる。

4. おわりに

本稿では、2014年と2015年の高専ロボコンにおける弓削商船高専Bチームの取り組みと製作したロボットについて報告した。2014年は、3つのモジュールから構成されるロボットを製作した。2015年は、弓型の輪投げロボットを製作し、四国地区大会においてデザイン賞を受賞した。

高専ロボコンを通じて、学生達が楽しそうに真剣に

物作りに取り組んでいる様子を見ることができた。高専ロボコンは、学生の成長を促すことができる非常に素晴らしい大会だと考えている。今後も学生の成長を手助けできるような活動を行っていきたい。

参考文献

- [1] 高専ロボコン HP : 高専ロボコンとは
<http://www.official-robocon.com/kosen/about>
- [2] 全国高等専門学校ロボットコンテスト実行委員会競技委員会, 第 27 回アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト 2014 ルールブック
- [3] 株式会社ミスミ HP : <http://www.misumi.co.jp/>
- [4] AUTODESK 123D HP :
<http://www.123dapp.com/design>
- [5] 佐伯拓朗, 藤本耕平 : 高専ロボコン 2014 のためのロボット開発, 平成 26 年度電子機械工学科卒業論文, (2014)
- [6] 安保颯, 升田政道 : 高専ロボコン 2014 のためのロボットの移動機構製作, 平成 26 年度電子機械工学科卒業論文, (2014)
- [7] 全国高等専門学校ロボットコンテスト実行委員会競技委員会, 第 28 回アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト 2015 ルールブック
- [8] 林祐希, 松本勝行, 森雅哉 : 高専ロボコン 2015 のための輪投げロボット開発, 平成 27 年度電子機械工学科卒業論文, (2015)

平成 28 年度ロボットコンテストに関する研究

前田 弘文*・伊藤 嘉基**

Study of Robot Contest in the Fiscal Year 2016

Hirofumi Maeda*, Yoshiki Ito**

Abstract

This paper describes the measure to robot contest in the fiscal year 2016. I succeeded in improvement of a cost performance ratio and reduction in working time the current year. Further, we developed omnidirectional drive mechanism and successfully modularized them. We cleared the first stage at the robot competition and achieved our goal. In addition, we also developed the robot control board.

1. 緒 言

1988 年から NHK, NHK エンタープライズ, 高等専門学校連合会主催(高等専門学校連合会については 2000 年より主催)によるアイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト(以下, 高専ロボコン)が毎年開催されている。高専ロボコンは, 全国の高等専門学校 57 校 62 キャンパスが参加する全国規模の教育イベントである。各キャンパスは 2 チームをエントリーし, 全国 8 地区(北海道・東北・関東甲信越・東海北陸・近畿・中国・四国・九州沖縄)の地区大会に参加する。最終的には, この地区大会から選抜された 25 チームが全国大会へ進出することとなる。ロボット研究部は A チームとして, この大会に参加している。しかし, 過去に部員の急激な減少, 2 チームをクラブで受け持つなどの過酷な状況が続いたため, 大会本番にてロボットが動かないというアクシデントが続出した。

これとは別に高等専門学校では, 科学技術の高度化や産業構造の変化など社会のニーズにも対応しつつ, 創造的な理工系人材の育成に向けた教育, 実践的なものづくり教育を行っている。本研究室においても, 平成 23 年に"学生による学生のためのものづくり"を推進するプロジェクト(以下, Orange Project)を立ち上げている^{[1]~[3]}。また, 平成 22 年度に学校内でロボコン支援隊が発足されたことをきっかけに, ロボット研究部は体制を立て直すことを目的として, Orange Project に参加することとなった^{[4]~[9]}。

また昨年度においては, Orange Project に参加し

て以来, 初めての得点獲得に成功した^[10]。そこで本年度は, コストパフォーマンスの向上と製作時間の短縮, および大会にて確実に第 1 ステージをクリアすることを目標とした。本論文では, 実際に大会に参加した A チームのロボットについて述べる。

2. 高専ロボコン 2016

今年度の高専ロボコンのテーマは"ロボット・ニューフロンティア"で, ブロックを運び積み上げる競技であった。ルールとしては, 競技時間 3 分以内に, 港町の高台にブロックの灯台を設置し, 海を挟んだ新大陸に船などを利用して上陸した後, 丘にブロックの砦を立てるというものであった。以下に, 大会に参加した A チームのロボットと新たに開発した基板について述べる。

2. 1 参加ロボット

今年度作成した A チームのロボットを図 1, 図 2 に示す。本年度はロボットを製作するにあたって, 先に述べたことも含め, 以下の 6 について考慮した。以下に, その詳細について述べる。

- ・コストパフォーマンスの向上
- ・製作時間の短縮
- ・全方位駆動部の実装
- ・駆動部のユニット化
- ・角材の利用
- ・本体の軽量化

* 情報工学科

** 技術支援センター

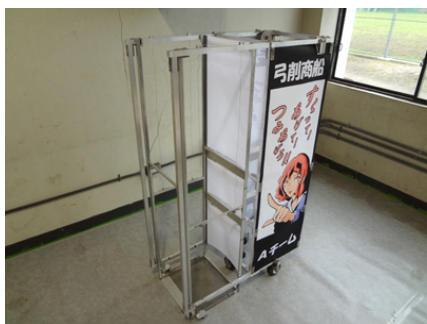


図 1 大会参加ロボット(Orange-Aika2)



図 2 大会参加ロボット(Orange-Aika8)

2. 1. 1 コストパフォーマンスの向上

コストパフォーマンスの向上を図るために昨年度と同様に、過去に使用していた多くの部品を流用した。また部員数の増加に伴い、角材を利用した学生主体の加工にシフトしたことで、コストを抑えることに成功した。

2. 1. 2 製作時間の短縮

昨年度は、ロボットのフレームを市販品にしたことで、加工時間の短縮とフレームの組み換えが可能となり、製作時間の大幅な短縮に繋がった。

しかし、フレームは単価が高い上に、購入手続きから納品まで島国の関係上時間がかかるという問題がある。そこで角材を使用し、その加工も最小限のものにすることで、大幅な製作時間の短縮を試みた。従来であれば、部員数の問題で角材加工への移行が不可能であったが、近年は部員数も増えたことで、他校と同様の手法を一部取り入れることが可能となった。

2. 1. 3 全方位駆動部の実装

これまでは、ロボットが確実に動くことに重点を置いていたが、安定した部員数の確保や基礎技

術の定着が成されたため、次のフェーズとしてすべての競技内容が行えることを最終目標とした。そこで、将来性を考慮して駆動部を今年度から全方位駆動に変更することとした(図 3)。

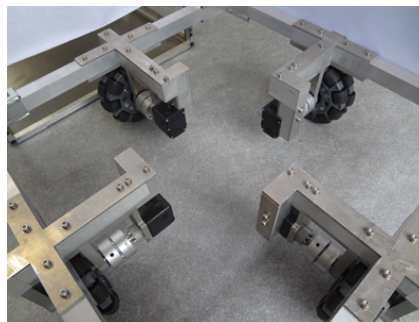


図 3 全方位駆動部(Orange-Aika2)

2. 1. 4 駆動部のユニット化

本年度、全方位駆動に変更するにあたって、RCサーボモータとタイヤの直結で、どの程度の実用性があるのか検証する必要がある。また、次年度以降にモータを流用することを考慮して、モータが壊れないようにする必要もあった。さらに、汎用性の面から全方位だけでなく一般的な駆動 2 輪にも対応しなければならなかった。

そこで、駆動部のユニット化をするにあたり、昨年度の反省を生かし、以下の 4 点の工夫を施した。

- 一体型のフレームを用意し、モータとタイヤの取り付け精度を向上した(図 4)。
- カップリングにより、ある程度の加工・組み付け誤差を吸収した(図 4)。
- 確実に動作させるために、軸の太さや板厚に余裕を持たせた(図 4)。
- オムニホイールにゴムを挟むことで一般的な車輪として代用できるように、工夫を施した(図 5)。

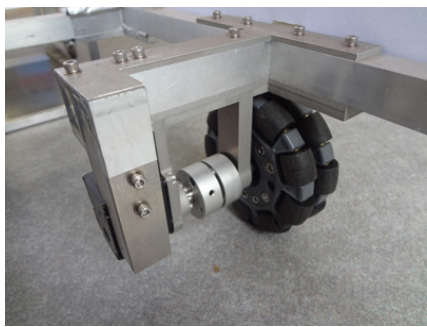


図 4 全方位駆動ユニット(Orange-Aika2)



図 5 一般タイヤへの代用(Orange-Aika8)

求される反面、安全性の面からロボットの軽量化が求められている。本校では、製作負担を減らすために、市販品の利用を行ってきたが、今後コンテストで勝ち抜いていくためには、一部の部品を角材に変更することで軽量化を行い、その軽量化によって得られた重量の余剰分をモジュールに費やすことで、これまでどおりの作業効率を維持したまま、勝てるロボット製作の技術を育む必要がある。そこで、本年度は角材の使用のみならず、角材を固定するジョイント部分についても、シンプル設計を施した(図 7)。

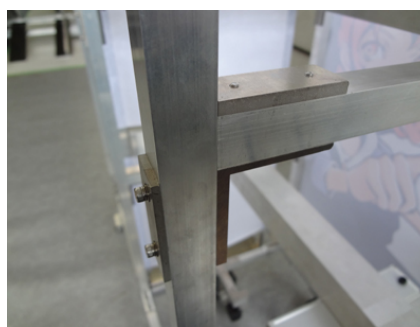


図 7 ジョイント部品(Orange-Aika2)

2. 1. 5 角材の利用

"コストパフォーマンスの向上", "製作時間の短縮", "本体の軽量化"を目的とし、市販のフレームから角材のフレームに変更した(図 6)。角材の変更にあたり、"角材の切り出し", "短面のカット", "穴加工"の 3 点のみで構成される設計に限定することで、現在の部員数でも加工に要する時間を希望納期範囲内に収めることができた。



図 6 フレームへの角材使用(Orange-Aika2)

2. 2 高専ロボコン専用基板

これまで使用してきたロボット制御基板を図 8 に示す。

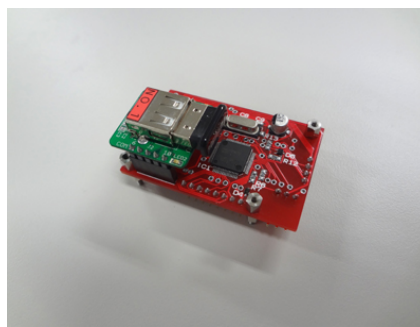


図 8 従来の制御基板

2. 1. 6 本体の軽量化

近年、高専ロボコンにおいて、複雑な機構を要

この基板は、四国地区の総合文化祭で行われる"ミニロボットコンテスト"に出場するロボットのためのものであった。しかし、高専ロボコンにおいて、本校ではセンサを多用するレベルに達していなかったため、この基板を流用することが最も開発効率がよい方法であった。しかし、今後コン

テストで勝利するためにはセンサを利用していく必要がある。さらに、低学年で構成された製作メンバーの関係上、学習も兼ねて基板への書き込み回数が増大し、結果として書き込み回数を超え、基板が壊れるという問題も多発した。そこで、学習も兼ねて汎用的な制御基板を作成した(図 9)。これにより、マイコンの書き込み回数が超えて壊れた場合においても、この汎用制御基板を入れ替えるだけで、すぐに復旧することが可能となった。また、新たに開発した高専ロボコン用のロボット制御基板シールドを装着することで、簡単に高専ロボコン仕様に変更できる工夫を施した(図 10)。

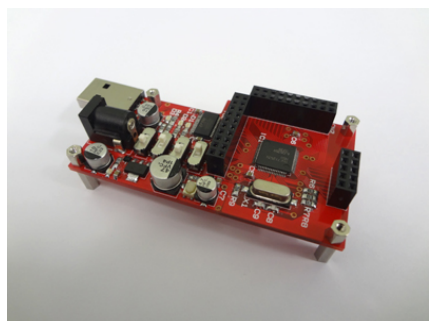


図 9 汎用制御基板

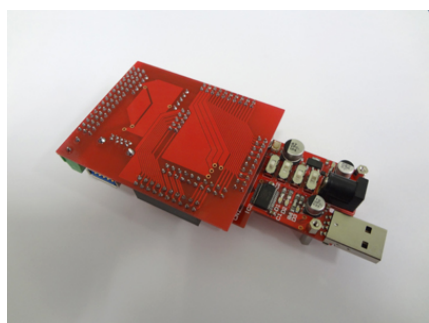


図 10 汎用制御基板 + 高専ロボコン専用基板

3. 結 言

今回我々は、当初の目的通り第 1 ステージをクリアした。また、今後を見据えた準備が整った。来年度は、モータをダブルモータにすることで、コンテストで十分通用するレベルにロボットの性能を引き上げる予定である。

参考文献

- [1] 二宮 綾香：Orange Project のマネージメントに関する研究 ～第 1 報：組織運用に関する改善～，平成 24 年度情報工学科卒業論文，pp.1～22，(2012)
- [2] 前田 弘文，二宮 綾香，山崎 歩惟，藤田 和友：平成 24 年度 Orange Project に対する取り組み，弓削商船高等専門学校紀要第 35 号，pp.112～115，(2012)
- [3] 前田 弘文，竹本 怜央，藤田 和友：平成 25 年度 Orange Project に対する取り組み，弓削商船高等専門学校紀要第 36 号，pp.74～78，(2013)
- [4] 小林 貴史，藤田 和友：チェビシェフリンクと平行リンクを用いた歩行シミュレータの構築，平成 23 年度情報工学科卒業論文，pp.1～28，(2011)
- [5] 藤田 和友，小林 貴史，前田 弘文：チェビシェフ・平行リンク機構を用いた歩行シミュレータの構築，日本機械学会中国四国学生会第 42 回学生員卒業研究発表講演会講演，904，(2012)
- [6] 小林 貴史，藤田 和友，前田 弘文：超信地旋回を用いた昇降機構の開発，日本機械学会中国四国学生会第 42 回学生員卒業研究発表講演会講演，1109，(2012)
- [7] 前田 弘文，小林 貴史，藤田 和友：平成 24 年度ロボットコンテストに関する研究，弓削商船高等専門学校紀要第 35 号，pp.108～111，(2012)
- [8] 前田 弘文，小野 匠，長井 響世，山上 敏諒，藤田 和友，伊藤 嘉基：平成 25 年度ロボットコンテストに関する研究，弓削商船高等専門学校紀要第 36 号，pp.70～73，(2013)
- [9] 前田 弘文，伊藤 嘉基：平成 26 年度ロボットコンテストに関する研究，弓削商船高等専門学校紀要第 37 号，pp.70～74，(2014)
- [10] 前田 弘文，伊藤 嘉基：平成 27 年度ロボットコンテストに関する研究，弓削商船高等専門学校紀要第 38 号，pp.77～80，(2015)

Studyaid D. B. による数学問題データの蓄積 2

久保 康幸*

Collection (2) of the Examination of the Mathematics with Studyaid D.B.

Yasuyuki Kubo*

Abstract

I built collection of the issue of examination of the mathematics with Studyaid D.B. secondary to 2014.

1. はじめに

全国の高専3年生を対象に、毎年1月に行われる学習到達度テストについて、弓削商船高等専門学校（以下「本校」という。）で私が3年生の数学1を担当するときは、過去問を事前にテスト形式で解かせて実力を伺っている。[1]で紹介した平成23年度の方までについて、今回は、平成24年度からの蓄積を紹介する。

[1]の冒頭部分の繰り返しになるが、学習到達度については、高専のホームページに過去3年分の問題と正解一覧が公表されている。10の領域のうち、本校が受検しているのは6領域であって、そのうち、私が授業にテスト形式で利用しているのは領域1と領域2である。また、公表された問題と解答をただ蓄積するのではなく、私による解説と解答をつけ、テスト形式の配布プリント教材にするために、数研出版のStudyaid D.B.を利用しており、1枚のテスト用紙に収めるための修正をしている。

2. 教材入力上の方針

入力上の方針を次のようにしている。

[方針1] 問、答、解説をそれぞれまとめる。

Studyaid D.B.の使い方としては、問・答・解説の表示/非表示を切り替えるのが標準だが、WYSIWYGのため印刷しないものは編集できない。問、答、解説をそれぞれまとめることにより、解説に入力したメモを確認しながら答を入力することができる。このとき、問のみの印刷、解説のみの印刷は、印刷パターンの選択でなく、印刷ページを選択することになる。

[方針2] 表題や名前欄は、Studyaid D.B.の機能を

利用せず、設問として用意する。

これは、例えば表題や名前欄に、答付きで印刷するときは、「演習プリント 解答例」とし、設問のみ印刷するときは「演習プリント」と印刷するためである。

Ver.18から、表題に入力したピンク色の文章・図形がレイアウト設定や印刷設定に応じて切り替わるようになった。しかし、問、答、解説をそれぞれまとめるレイアウトでは、問のページにもピンク色の文字が表示され、印刷される。

[方針3] 設問ごとの答（ピンク色の文字）を含む行のどれかの行に、ピンク色以外の文字を紛らせておく。

Studyaid D.B.には、印刷設定で問のみのパターンでは答の部分の広さの空白を残したまま印刷し、レイアウト設定で問のみを表示すれば答の行を詰めてレイアウトする。そのため、問と答の行を分けて入力した設問は、問、答、解説をそれぞれまとめるレイアウトにすると、問のページは答の行を詰めてレイアウトし、答のページは問がないページとなる。ところが、答の行と同じ行にピンク色以外の文字を紛らせておくと、Studyaid D.B.は、その設問の答の部分の広さを必ず確保する。これにより、答のページは、問と答を表示・印刷するページとなり、問のページは問と答を表示しつつ印刷設定で問のみを印刷するパターン選択したのと同様の印刷を得られる。

解説も確認しながら入力するときは、問、答、解説をそれぞれまとめて、保存や印刷するときには問・答・解説の表示と印刷パターンの選択で対応すればよいように思うかも知れないが、問、答、解説をそれぞれまとめるボタンのチェックを入れたり外したりすると、個別の設問で設定した問題間隔や改ページがキャンセル

ルされレイアウトの見直しが必要なるようため、問、答、解説をそれぞれまとめるボタンには、チェックを入れたままにすることとした。

文字の色で問か答か半別して表示を切り替えているので、図 1 と図 2 は表示の切替えだけだが、解説部分は別の枠になっており、解説の表示切替えは解説枠の表示切替のことを指す。

3. 平成 24 年度のテスト

まず、問と答の部分を入力する。問のページを入力しても、答のページを入力しても同じ、それぞれのページに反映される。別のページで解説を入力する。数学 1 でのテスト実施には問のページを印刷する。問のみの入力ページを作るわけではない。図 1 のように、答のページに入力したら、答のページには、図 2 のように表示される。



図 1 問と答を入力

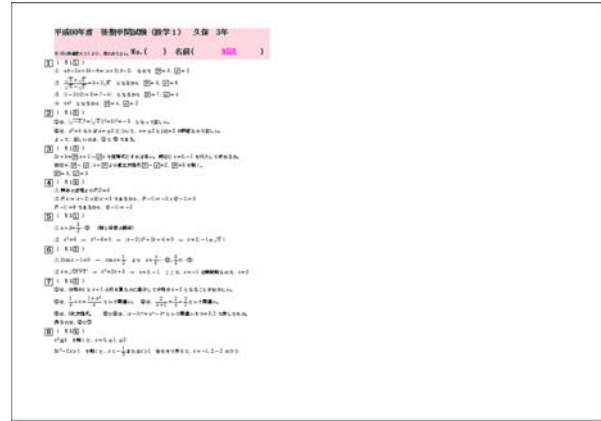


図 3 解説の表示

問、答、解説をそれぞれまとめるレイアウトにした場合、設問毎の問題間隔や設問の後に「改ページ(改段)」を入れるのが問、答、解説のそれぞれのページで選択できる。図 1、図 2 のそれぞれ左の段の一番下にある 1 行が「改段」であり、設問の途中で改段しないようにしている。解説のページではすべての設問が左の段に入り「改段」の必要がない。

4. 平成 25 年度のテスト

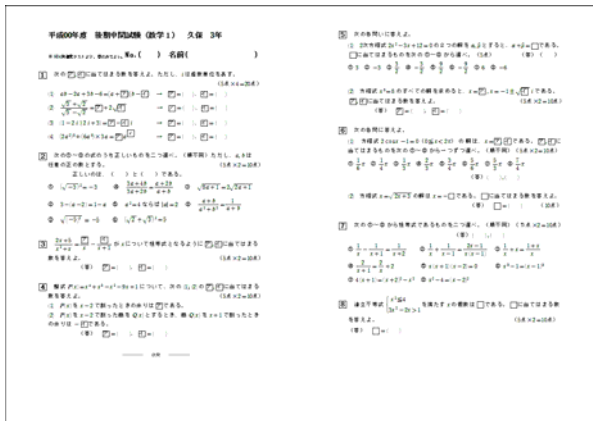


図 2 問の表示



図 4 問のページ

図 3 の解説のページに表示されている、淡いピンク色で選択した部分は、問・答のページのをコピーしてピンク色の文字「解答例」を「解説」に修正している。

Studyaid D.B. では、問と答を 1 つの枠に入力し、

5. 平成26年度のテスト

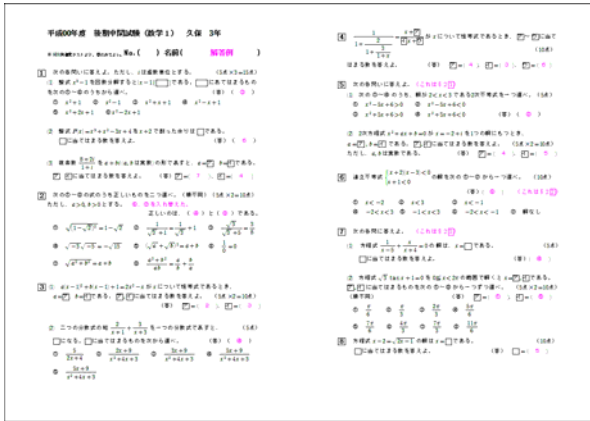


図5 答のページ

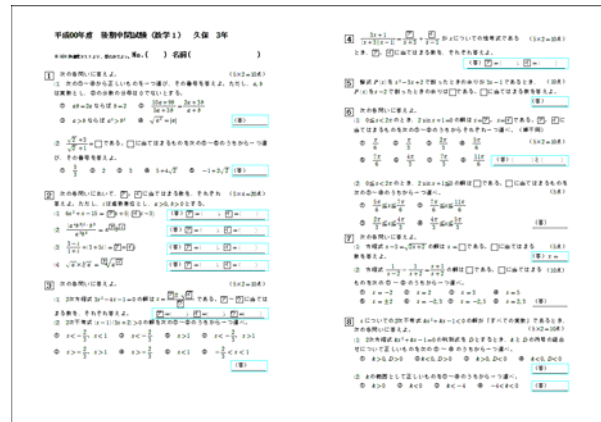


図7 問のページ

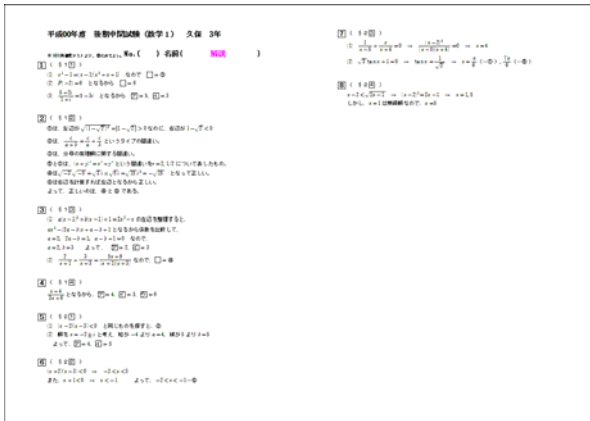


図6 解説のページ

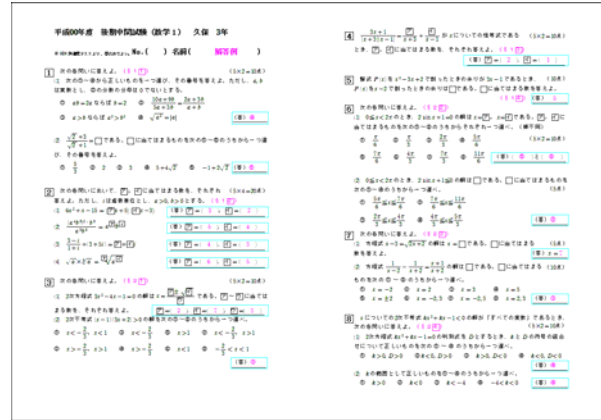


図8 答のページ

もとの学習到達度試験は、設問1つを見開き2ページとし、余白が多くとって冊子の形をしているが、授業で使うときは1枚の用紙に収めるため、図4、図5の設問2のメモにあるように選択肢の順番を入れ換えることがある。その辺の状況は、平成23年度のものと同様である。

また、2つの分野§1、§2から選んだことがわかるようにメモを入れた(図5、図6)が、学生には必要ではないので、答のページと解説のページのみに表示されるようにした。[1]で紹介した、平成23年度のものとは比べ、解説のページにもメモを入れることにしたのが異なる。[方針3]のように入力することにより、問と答の入力中は、互いに、それぞれの内容が見える状態だが、別枠の解説は、解説のページを表示させているとき、同時に答のページを表示させて確認するだけの画面の広さが無いための対策である。

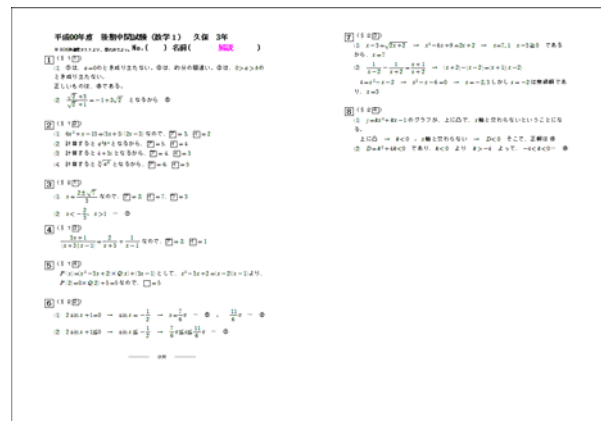


図9 解説のページ

取り込んだ図が、Studyaid D.B. で開いた画面のため、問のページと答のページには、水色の四角がいくつも見える。これは、水色枠といって印刷されない。

直線図形で描いた下線をマウスで選択するとき、なかなかマウスカーソルの位置を合わせるのが難しいため、直線と水色枠をグループ化して扱いやすくし、再利用のため、ユーザー部品として登録した。それによって、198 バイトのファイルが生成された。

水色枠とグループ化せずに下線を作るのに、グラフを利用することもできる。この場合は、398 バイトのファイルが生成される。グラフを利用する場合は、サインカーブを使い、下線を波線にすることもできる。この場合は 482 バイトという少しサイズが大きいファイルが生成された。ただし、グラフの描画で生成されるファイルのサイズは目安であり、グラフの領域や縮尺によって変わるようである。

Studyaid D.B. ver.18 から文字と下線とで異なる色を設定できるようになったが、下線を文字から少し離したいときに便利である。

6. 平成27年度のテスト

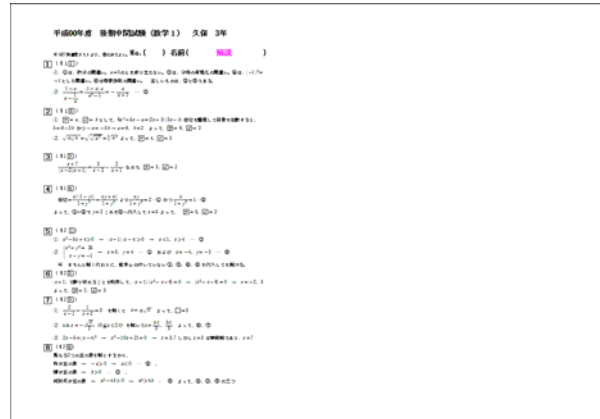


図 12 解説のページ

5 については、見えない分数を挿入して行間を調整している。設問の編集画面にしないと見えない。単に分数を白色にしているだけなので、入力していない分母・分子の部分は、編集画面であれば緑色で見える。

ver.14 のマニュアル[2] では「緑色の■」という表現があったが、新しいマニュアル[3], [4] では、その表現を避けているように見える。小問 (2) の選択肢 ③ の右の部分である。

その上の「(順不同)」につづく配点は、図中数式を使っている。文章とは別に行間などに配置できる。Studyaid D.B. には、行間を設定する機能があるが、マウスによるドラッグであり、数研出版に問い合わせると、標準の行間に戻したり、行間を確認する機能が無いという回答を得たので、行間を設定する機能を使わないようにしている。

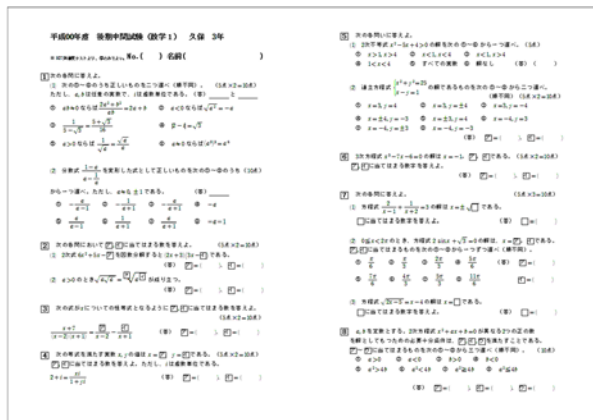


図 10 問のページ

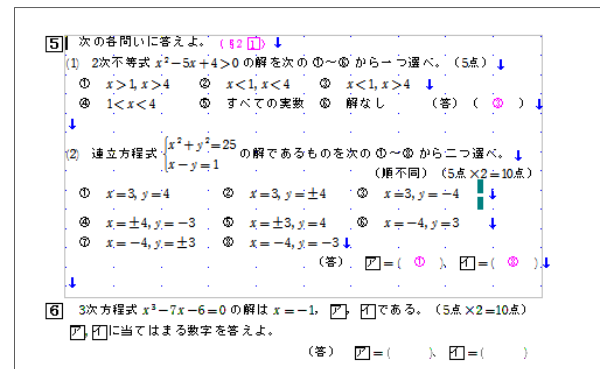


図 13 設問 5 を編集

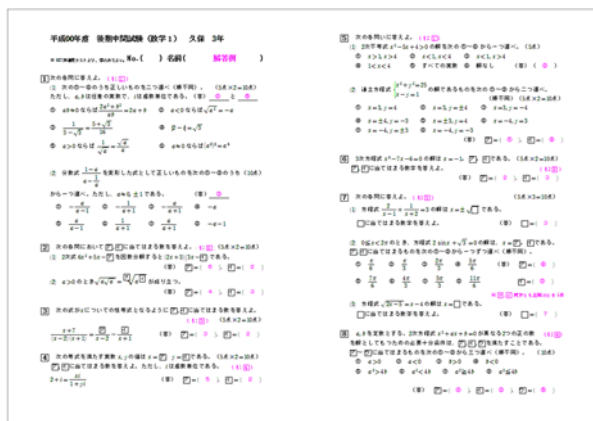


図 11 答のページ

こういった調整により、8 までの設問がギリギリで 1 枚に収まった。

7. おわりに

このようにして蓄えた学習到達度の過去問を授業でも利用しており、蓄えたデータから選択したり、修正したりして利用している。Studyaid D.B. には、それができる。領域 1, 2 だけでなく、例えば領域 9 は、数学特論の授業で利用している。学習到達度試験の過去問を到達すべき学習内容の指針として利用する方法の 1 つとなっている。

最後に、今回も、高専機構が学習到達度について公表しているページの URL を紹介しておく。

「国立高専機構 》学習到達度試験」

<http://www.kosen-k.go.jp/attainment.html>

参考文献

- [1] 久保康幸:Studyaid D.B. による数学問題データの蓄積 1, 弓削商船高等専門学校紀要, 第 37 号, pp. 85-88, (2015)
- [2] 「Studyaid D.B. 取扱説明書」(ver.14 対応), 数研出版株式会社, (2009)
- [3] 「Studyaid D.B. 取扱説明書 プリント作成システム編」(ver.17 対応), 数研出版株式会社, (2012)
- [4] 「Studyaid D.B. 取扱説明書 v18(プリント作成システム編).pdf」, 数研出版株式会社, (2016)
- [5] 「Studyaid D.B. 高校用パンフレット」, http://www.chart.co.jp/stdb/pamphlet/pamphlet_high2016_2017/pamphlet_high2016_2017.pdf, (2016 年 9 月確認)

マルク主権同盟についての覚書

河野 佳春*

Memorandum on Maluku Sovereign Union

Yoshiharu Kawano *

Abstract

In this memorandum, I depict the activity of Maluku Sovereign Union (FKM : Front Kedaulatan Maluku). FKM is regarded as Separatists. But I indicate the possibility that FKM has cooperated with Maluku protestant church and Government of Maluku province. I think that FKM has amplified the misunderstand about Maluku Christians as separatists, proNetherland, antiIslam and antiIndonesia by South Molucca Republic's flag raising. That is a manoeuvre to restrain Jihadists and proJihadist politicians. As a result this tactics has worked. But such a misunderstanding was an important cause of the conflict of Maluku. So FKM sows future another conflict.

1. はじめに

1. 1 マルク紛争

マルク紛争は1999年1月19日に始まったイスラム教とキリスト教との宗教紛争である。アンボン島周辺を中心に大きな犠牲を出したが、2002年2月のマリノII合意以降沈静化に向かった。だが現在に至るまで間歇的に扇動事件や暴動が繰り返されている。

1. 2 マルク主権同盟

マルク主権同盟 (FKM : Front Kedaulatan Maluku 以下FKM) は、インドネシア共和国マルク州を中心に2000年12月以降活動している主にキリスト教徒の政治団体である。マスコミからも研究者からも、しばしば南マルク共和国 (RMS : Republik Maluku Selatan 以下RMS) と同一視され南マルク共和国マルク主権同盟 (以下RMSFKM) と呼称される。^①

その主張は折からのマルク紛争でラスカル・ジハード (laskar jihad 以下LJ) などイスラム民兵組織の脅威に対抗する、マルク「先住民」のマルクにおける主権主張であり、インドネシア政府や一部イスラム団体から分離主義の過激派とみなされた。しかしその実態は不明であり、武力行使など過激な活動の証拠はない。

1. 3 マルク紛争とイスラム過激派^②

1999年1月からのマルク紛争におけるイスラム過激派の本格的関与は、同年5月に始まり、主としてジャワで訓練された多数の民兵が参戦し、当初拮抗していた

地域内でのイスラム教対キリスト教のパワーバランスを激変させた。2002年5月以降彼らが撤退することで、紛争の沈静化過程は軌道に乗った。

最有力組織であったLJは、アフガニスタンでソ連の侵略に抵抗する戦いに参加したウマル・タリブ (Jafar Umar Thalib) が、1999年に女性大統領阻止を目的に結成していた政治組織 (FKAWJ : Forum Komunikasi Ahlus Sunnah Wal Jama' ah 以下FKAWJ) の軍事部門として、2000年1月に結成したマルク紛争のための民兵組織である。

ウマル・タリブは、キリスト教会がRMS運動の司令部であり、マルク州政府と共謀してイスラム教徒を追放しRMSを建国しようとしていると主張した。

1. 4 RMS

そもそもRMSは、インドネシア独立に際し、オランダ領への残留を主張した、元植民地軍兵士など少数派マルク人が、独立当初インドネシア連邦の構成国であったオランダの傀儡国家東インドネシア国の単一インドネシア共和国編入に反対し、1950年4月25日建国宣言したが、1952年までに共和国軍によって鎮圧された。

この時ジャワなどマルク域外に駐屯していた多数の植民地軍兵士とその家族などがオランダによってオランダへ移送され、さらに西イリアン地域のインドネシア併合の際にも多数が亡命し、RMS亡命政府を組織し現在もオランダに暮らしている。

オランダでのRMS運動は1970年代には過激化し、インドネシア領事館占拠事件や列車乗っ取り事件などを起こしたが、その後沈静化した。現在ではオランダ在住マルク人の政治社会運動は、一部の例外を除いてコミ

* 総合教育科

ユニティの維持発展を主眼とした穏健なものである。

2. FKM運動の経緯と実態

2.1 マルク紛争における RMS

当該紛争へのRMSの関与は当時から人口に膾炙していたが、そのような事実はなかった。以下にRMSを名乗った動きや組織の実態について述べる。

事例(1) サパルア島オウ村の場合

2000年9月18日サパルア島のキリスト教村落オウ村住民らがRMS戦士を称して、近隣のイスラム村落シリソリスラムからセラム島マソヒへ向かう高速艇を襲撃した。20日イスラム教徒が反撃し同村のRMS司令部が炎上した。^③

この事例とRMSや在蘭マルク人社会との関係を示す情報はなく、この後特にキリスト教徒側から組織的支援が行われた形跡もない。したがってこれは単純にRMSを自称した事件に過ぎないと考えられる。

事例(2) ジョン・ルア修士の場合

2003年4月20日自称南マルク共和国部隊司令官ジョン・ルア (Jhon Rea) 修士ら9人が、市内のルア修士自宅で逮捕された。本人らはマルク主権同盟との関りを否定し、自分達の南マルク共和国司令部はイングランドにあると主張した。*10月25日には、自分達は国際的に承認された南マルク共和国国民であるとして、インドネシアでの裁判を拒否、国際法廷を要求。2004年1月12日、国家反逆罪と煽動罪で懲役13から15年が確定。^④

この事例はFKMの活動開始以後であり、当事者がFKMとの関係を否定しているが、その主張にはFKMの影響がみられる。しかし司令部をオランダでなくイングランドと主張しており、在蘭マルク人社会との関係を示す根拠は無い上、キリスト教徒側の組織的支援もなかった。したがってこれは単純にRMSを自称した事件に過ぎないと考えられる。

以上のように当該紛争におけるRMSの関与は実態として存在せず、一部キリスト教徒のブラフとしての自称と、イスラム側のデマあるいは思い込みに過ぎないと考えられる。

2.2 FKMの活動開始

(1) 2000年12月18日”Kedaulatan”を宣言

”Kedaulatan”は普通に訳せば独立宣言であり、これに対するキリスト教各派指導者らの中止を説得に反して行われた。FKM指導者アレックス・マヌプティ (Alex Manuputty、以下A.マヌプティ) 医師は分離主義ではないと主張したが、2001年1月11日に逮捕された。^⑤

(2) 2001年1月13日A.マヌプティ逮捕に対する抗議デモ

州庁舎にキリスト教徒群集がRMS国旗を持って集合し、「なぜA.マヌプティは逮捕でウマル・タリブは野放しなのか」と主張した。これを受けて警察司令官はマルクプロテスタント教会のキリスト教会弁護団 (TPG: Team Pengacara Gereja 以下 TPG) と協議し釈放を合意 (捜査は継続) した。^⑥

(3) 2001年1月18日インドネシア大統領宛書簡送付
同書簡で、FKMは自分たちを、RMSとインドネシア共和国との間の中立な仲介者と主張し、かつインドネシア政府に対してRMSの独立を承認するよう要求。^⑦

この段階ではFKMは、自分たち自身がRMSではないとしながら、同時にRMSの独立を要求するという曲芸的主張を展開している。これに対してキリスト教諸派はそろって反対の姿勢を示しているが、域内最多数派のマルクプロテスタント教会は、逮捕された指導者A.マヌプティの釈放を働きかけており、人脈的にもFKM指導部とつながっていた。^⑧

当然すでにこの段階でFKMをRMSと同一視する見方が出てきている。2001年2月18日に国民統合擁護同盟 (F-PNK = Fraksi Pembela Negara Kesatuan) が「FKMの策略について」と題する声明を発表し、FKMの”Kedaulatan”宣言はRMS的であり、国軍は、アリフル-マルク国家樹立企図するRMS=FKMをたたくべきであると主張している。^⑨

2.3 最初のRMS国旗掲揚事件

(1) 2001年4月25日 (RMS独立宣言記念日) RMS国旗掲揚事件

A.マヌプティが主催し、午前7時アンボン市内クダマティ地区にて式典、約150人出席。中央に国連旗、左にRMS旗、右にインドネシア国旗を掲揚し、1950年のRMS独立宣言文を読み上げた。約10分後警察が式典を中止したが、逮捕者はなかった。

ここでA.マヌプティは、ポルトガル、オランダ、日本、インドネシアによる植民地支配によって抑圧されてきたもかかわらず、マルク独自の文化を保持してきた「アリフル」社会のために式典を開催したと主張した。

州知事とパティムラ大学法学部長がA.マヌプティの不逮捕に疑問を呈したが、警察は言及せず。^⑩

(2) 2001年4月28日の応酬

当然このようなFKMの活動に対して、イスラム教徒は反発し、28日群集が州庁舎に集まって、州知事と軍司令官に抗議し、キリスト教徒と相互に投石する事態となった。これを受けて、州知事が警察司令官にRMS国旗掲揚について、指導者の逮捕を指示した。

同日FKMはマスコミ向け発表で、国際的司法手続きを要求すること、オランダ政府の協力約束を取り付け

ていること、ラスカル・ジハードの破壊行為が許されて、FKMの合法運動が禁止されるのは不当であること、インドネシア政府がマルクでの人権擁護に失敗していること、FKMはいかなる暴力にも反対であることを主張した。

一方キリスト教側では、カトリック教会がいかなる分離主義にも反対の立場を表明し、マルクプロテスタント教会はTPGを解散（指導者セミ・ワエレルニ（Semmy Waeleruny、以下ワエレルニ）がFKM法務部長のため）し、FKMとの絶縁をアピールした。⁽¹¹⁾

(3) 2001年4月30日SPMMラジオ放送

LJが違法ラジオ放送で、TPGのワエレルニがFKM法務部長であることを指摘して、カトリック教会もプロテスタント教会もFKMの一部であると主張し、さらに国連のアンボン代表部もFKM側であり、4月25日掲揚の国連旗は彼らが提供したのだと喧伝した。

当然国連側は即日、式典には一切関与しておらず、FKMを支持している事実も無いと、LJの主張を全面否定した。⁽¹²⁾

RMS独立記念日などにRMS国旗を掲揚することが、これ以降FKMの基本戦術となる。暴力を用いずに先住民の権利をアピールすることが狙いとみられるが、とりわけ国連やオランダに対するアピール、マルク紛争に国際的関心をひきつけ、支援を引き出したい、同時に、そのような可能性をほのめかすことで、インドネシア政府やイスラム勢力を牽制し妥協を引き出したいということと思われる。

2. 4 最初のFKM裁判

(1) 2001年5月1日A. マヌプティ出頭・逮捕とグラスルーツのデモ⁽¹³⁾

4月30日朝A.マヌプティが警察に出頭し逮捕された。この時FKM幹部メンバーが同行し、シンパ約1000人が、赤地に白文字の横断幕を掲げ「アンボンに直ちに国際法廷を設立せよ」「アリフル迫害はいつ止むのか?」「非アリフルは出て行け」というような主張を喧伝した。

またグラスルーツの代表もこの時、警察司令官に対して以下の要求を読み上げた。

1. ラスカル・ジハードとすべての非マルク人非アリフルのマルクからの退去
2. 全てのサラニ、サラムとカキハン（キリスト教徒、ムスリム、アニミスト）は、敵対と殺人を止め、ラワメナ・ハウララに再統合し、あらゆる不正と戦え。キリスト教徒はムスリム同胞を迎え入れよ。
3. マルク人の苦難を終わらせるために国際法廷と国際会議を。
4. 政治エリートは自己の利益のために民衆を煽動するのを止めよ
5. マルク人は自らの問題に集中しよう

(2) 2001年5月3日オランダ駐インドネシア大使館がFKMについてオランダ政府の立場を広報

カトリック教会アンボン司教区危機センターに電話で、「オランダ政府はインドネシア共和国の領土統一を無条件に支持し、いかなる分離主義も支持しないし是認しない」との内容の周知を要請。⁽¹⁴⁾

(3) 2001年5月17日(?)インドネシア警察司令官命令

インドネシア警察司令官が、マルク州警察司令官にFKMなRMS支持の運動全てを解体するよう指示した。⁽¹⁵⁾

(4) 2001年6月13日A. マヌプティが裁判について見通し発言

分離主義では無罪、なぜならRMSは正統な独立国家であり、インドネシアによる支配が不当であるから。複数の法律家が、レンビル協定、リングジャティ協定、ハーグ円卓会議を根拠に無罪弁論を準備している。複数のオランダ人を含む複数国籍の弁護士から支援を得ている。⁽¹⁶⁾

(5) 2001年9月26日マルク州警察司令官のRMS旗掲揚事件裁判見通し

A. マヌプティは1年以下の禁固、罪状は事前の知事による禁止にさからって式典を行ったこと。⁽¹⁷⁾

(6) A. マヌプティの一審公判

2001年10月19日からアンボン市内で治安部隊の警戒の中開始。10月25日A. マヌプティの弁護士クリス・ラハヤーンは、本件を国際法廷に持ち出す予定で、その準備は出来ていると発言。11月9日判決禁固4ヶ月、双方とも即時上訴。⁽¹⁸⁾

(7) 2002年2月1日マリノ和平会議での関係討議

同会議に参加した平和運動家のJ. マヌプティ（Jacky Manuputty、以下J. マヌプティ）牧師が、カトリック教会アンボン司教区危機センターに知らせてきた内容によれば、紛争解決と平和のための重要争点は、ムスリムにとってはFKM運動、キリスト教徒にとってはラスカル・ジハードの問題であった。⁽¹⁹⁾

(8) 2002年4月17日A. マヌプティ第二審判決

判決は禁固6ヶ月、言い渡しの後A. マヌプティが集まったシンバの前で演説を行った。⁽²⁰⁾

2001年4月25日のRMS国旗掲揚事件裁判を通じて、FKMはその主張を明確かつ大々的に地域にひろめた。FKMの狙いが筆者の考察の通り、独立と国際社会の支援介入のほのめかしによる、インドネシア政府およびイスラム教徒勢力に対する牽制であったなら、それは成功であった。

マリノ和平会議において、イスラム教徒勢力は、実際には集会を開いて旗を掲げただけのFKM運動を、キリ

スト教徒側が域外から武装して戦闘訓練を受けてキリスト教徒を攻撃しにやってくるLJを問題とするのと、あたかも同等に問題にし始めた。

インドネシア政府もFKMに対する取扱いに慎重であったように見える。指導者の逮捕や判決に際してデモや演説が許されているのは異例なことであろう。2月のマリノII和平合意の成立にFKMが、結果的に貢献したと言つて良いであろう。

2. 5 第二回のRMS国旗掲揚事件

(1) 2002年4月25日事件

気球にRMS国旗をつけたもの3つがアンボン上空に飛ばされ、市内二箇所でもRMS国旗掲揚が行われた。また市外でも、西セラムのアマハイとワイサレサ、サパル島ハルク島でRMS旗掲揚が行われ、さらに27日にもRMS国旗を伴う気球二つが飛ばされた。一連の事件に関わって、5月2日に27人が逮捕された。⁽²¹⁾

(2) ラスカル・ジハード司令官ウマル・タリブ逮捕

2002年5月4日午後4時スラバヤ空港で逮捕され、即日ジャカルタへ移送された。同時に7人が逮捕され、スラバヤで勾留された。この知らせを受けてアンボン市内でイスラム教徒側によるキリスト教地区攻撃があり、死亡2人負傷22人の被害を出した。

5月7日州知事が会見し、この件について全国レヴェルのマスメディアを逮捕報道で偏向していると非難し、特にスラバヤのメディアはFKM関係者の逮捕裁判禁固を、ウマル・タリブ逮捕と同時に報じるよう要望した。⁽²²⁾

(3) 2002年5月10日ユドヨノ政治治安担当相声明
最近のアンボンでの暴力は、FKMとラスカル・ジハードの活動が原因であり、FKMについては国際的に「非暴力で統一に危険でない」と評価されているが、現実には危険であると主張。FKMはすぐに解散させ、LJは地域外に追放すると宣言した。⁽²³⁾

(4) 2002年5月13日FKAWJ大会

アイップ・シャフルディン議長が開会演説で、LJのマルクからの撤退に①軍警察によるマルクムスラム社会の安全保障、②政府によるRMS分離主義運動解体という二つの条件を提示した。

これに対しハムザ・ハズ副大統領は、FKMの解体を約束し、その後LJが撤退するよう提案した。⁽²⁴⁾

(5) 2002年6月15日副大統領声明 *31

LJなどムスラム武装組織の武装解除に立会うためアンボン滞在中に、軍司令官に対し、銃声爆発音があればRMSに違いないからすぐに逮捕せよと命令、州知事に対して、もしもどこかでRMS国旗があがったら、緊急統治官の任を解くと警告した。⁽²⁵⁾

2002年2月のマリノII合意以降、マルク紛争は沈静化

に向かったとするのが、一般的評価であるが、実際のLJなどイスラム武装組織撤退は6月以降であった。同年4月25日の第二回のRMS国旗掲揚事件の後で、FKM関係者27人が逮捕され、日を置かずにウマル・タリブらLJ指導者8人が逮捕されたことから、実際のLJ武装解除撤退過程は具体化したように見える。

この段階においてはLJなどイスラム勢力はFKMを完全にLJと対等に、その解散とLJの撤退を交換条件とするものと考えている。またユドヨノ政治治安担当相やハムザ・ハズ副大統領も、同様の意見を示している。さらに副大統領ハムザ・ハズは、明らかにLJよりの立場に立っているが、ウマル・タリブらLJ指導部の逮捕が実現し、副大統領自身LJ撤退を提案するに至ったのである。

2. 6 第二回のFKM裁判

(1) 2002年8月19日公判開始

北ジャカルタ地方裁判所でA. マヌプティとワエレルニを被告として審理開始、罪状は2002年4月25日のRMS旗掲揚とRMS独立企図、最高刑は死刑。支持者数百人が裁判所前に集結。⁽²⁶⁾

(2) 2002年10月21日FKMメンバー14人に判決

上記裁判と別に2002年RMS旗掲揚に関わってアンボン地方裁判所で審理判決、全員に2年から5年の刑が言い渡された。⁽²⁷⁾

(3) 2002年12月19日A. マヌプティとワエレルニの求刑公判

検察官は5年の刑を求刑、両被告とも罪を認めず、A. マヌプティは国際法廷しか認めないと宣言していた。この後半の後12月28日両被告保釈。⁽²⁸⁾

(4) 2003年1月11日A. マヌプティとワエレルニのアンボン帰還

約千人が二人を歓迎、数百人のシンパとともにシナル教会で礼拝に参列。⁽²⁹⁾

(5) 2003年3月17日A. マヌプティとワエレルニ収監

両名とも3年の刑に服するためジャカルタへ移送、自宅と警察本部前で数百人の見送りの若者を前に、A. マヌプティが「平静を保ち、RMS独立を実現する自分の帰還を待つように」と演説。⁽³⁰⁾

この二回目の裁判では、A. マヌプティとともにFKMの法務幹部であったワエレルニも起訴され、旗の掲揚だけでなく国家の分裂を企てた罪も問われ、死刑もあろうる深刻な事態であった。

ところが実際の経過をみると、求刑公判の後に保釈が認められてアンボン市への帰還が認められ、さらに刑の執行前にはまたもや支持者への演説がゆるされ、そこでA. マヌプティはRMS独立を実現すると語ってい

る。

こうなるとFKMをめぐる状況全体が、壮大な茶番のようにも見えてくる。

2. 7 その後のFKMとA. マヌプティ

(1) 2003年4月25日 RMS 旗掲揚

当局の厳しい事前警告にもかかわらず、前夜から未明にかけて約200のRMS国旗が域内各地で掲揚された。これにかかわって、アンボン市内アンボン島内近隣島嶼各地村落で数百人が逮捕されたが、なかでもハルク島アボル村では百人がアンボンへ移送され、FKMとの関係を取り調べられた。⁽³¹⁾

(2) 2003年5月22日 FKM ニューゼーランド事務所開設計画

A. マヌプティがニューゼーランドのオークランドに事務所開設を計画しているとの情報が流れ、マルク州軍司令官は、オークランドに向かうFKM支持者は逮捕すると発言した。⁽³²⁾

(3) A. マヌプティ出国

2003年11月9日A. マヌプティとワエレルニが釈放され、⁽³³⁾ 11月19日A. マヌプティは渡米、FKMの説明では目的はFKM運動への支援要請である。ワエレルニによれば、この渡米は逃亡ではなく、インドネシア政府の承認を得た渡航であった。⁽³⁴⁾

ワエレルニは旅券を発給した出入国管理事務所について明らかにせず、A. マヌプティはアメリカで多数人権団体の招待を受けており、2004年2月に国連で演説予定であると語った。⁽³⁴⁾

出入国管理局長は、どこの港湾空港からもA. マヌプティは出国できないと声明し、この時点ではA. マヌプティが米国に居るかどうか不明であった。⁽³⁴⁾

(4) 2003年12月21日A. マヌプティのロスアンゼルス滞在確認

インドポス紙がA. マヌプティのロスアンゼルス滞を確認したと報道。インドネシア警察司令部は、ジャカルタ裁判所が要求すればA. マヌプティを逮捕すると確認したが、インドポス紙はA. マヌプティが領事館前で支持者5人と2回デモを行ったと報じる。この点について領事館の公式発表はなかった。⁽³⁵⁾

(5) A. マヌプティ身柄要求

2004年1月5日インドネシア政府は米国政府に対してA. マヌプティの送還を要請中であると、外務省報道官がジャカルタポストの取材に回答。⁽³⁶⁾

(6) 米政府が身柄引き渡し拒否

2004年2月11日ハサン・ウィラユダ外相が議会外務委員会で、米国政府はA. マヌプティのヴィザ取り消しを拒否し、逆に旅券を停止するよう反論されたと証言、

A. マヌプティが領事館前で3回デモを行ったことなども米側に説明。⁽³⁷⁾

A. マヌプティとワエレルニの両FKM指導者が服役し、FKM運動は終息すると推測するのが自然であるが、実際には2003年4月25日三度のRMS国旗掲揚事件が発生し、さらにA. マヌプティらが刑期の途中で釈放され、A. マヌプティは渡米する。

国連での演説予定だとか、多数の人権団体から招待などというのは、やはりブラフと思われるが、ロサンゼルス市内のインドネシア領事館前でデモを行うなど、米国で活動を継続した。

奇妙な点は枚挙にいとまがない。刑期を終えずに釈放されたこと、なぜか出国し米国に入学し、ヴィザも発給されてロサンゼルスに滞在、インドネシア政府は身柄の引き渡しを要求したと言うが、実際には米国に滞在許可取り消しを求めたらしいこと、米国から逆に滞在許可取り消し要求するなら旅券を停止せよと反論されていること、おかしいことだらけである。

3. おわりに：FKMとは何だったのか

3. 1 インドネシアおよびマルクにおける一般的評価

インドネシア中央政府、マルク州政府、イスラム勢力、キリスト教会諸派、国連、オランダ政府など、当該紛争に関係したFKM以外全関係者の一致した見解として、分離主義であり支持できない(少なくとも建前としては)存在である。

ただし、マルクプロテスタント教会については、その表面上の見解を額面通り受け取ることはできない。少なくともFKM運動の初期においてマルクプロテスタント教会とFKMは協力関係にあったと見るべきである。また、マルク先住民の権利主張、域外からの干渉排除という主張は、マルクプロテスタント教会の政治主張全体と整合的でもある。

また、逮捕されたり有罪判決を受けた際に、繰り返してA. マヌプティに演説などの主張の機会が与えられたことや、最終的に米国に亡命できたことなどからみて、インドネシア政府や州政府、あるいは軍・警察も、少なくともその一部がFKMを利用していただけと考えるのが自然である。

3. 2 筆者の見解

FKM運動の倫理的是非はさておき、少なくとも結果的に①インドネシア政府に国際社会の目を意識させた、②FKM解体がLJ撤退の引き換え条件となったことで紛争終結に寄与したことは間違いない。

しかし、FKMのこの貢献は、インドネシア社会にもともと存在し、紛争自体の背景要因であった、アンボンのキリスト教徒に対する親オランダ=親欧米=反イスラム=反インドネシア共和国という誤解を利用したものである。したがって、結果的に当該紛争の終結に貢献したとはいえ、インドネシア社会にアンボン人キリ

スト教徒に対する誤解をさらにひろめたことは間違いなく、その点で将来の新たな紛争の種をまいたともいえる。

FKM の活動は現在では非常に低調であるが、全く消滅したわけではなく、おそらく域外イスラム勢力などへの牽制を意図して継続していると思われる。したがってマルク情勢は沈静化し安定化が進んでいるが、依然として注視されなければならない。

注

- (1) 参考文献[12]
- (2) 参考文献[1]
- (3) 同上 80,86 ページ
- (4) 同上 306,326,333 ページ
- (5) 同上 131 ページ
- (6) 同上 132 ページ
- (7) 同上 158 ページ
- (8) 本稿 2.3 (2) 参照
- (9) 参考文献[1]143 ページ
- (10) 同上 162-164 ページ
- (11) 同上 165-166 ページ
- (12) 同上 166 ページ
- (13) 同上 167-168 ページ、なおグラスルーツは、当該紛争においてキリスト教徒勢力のいろいろな組織団体個人が用いた呼称である。
- (14) 参考文献[1]169 ページ
- (15) 同上 173 ページ
- (16) 同上 183-184 ページ
- (17) 同上 197 ページ
- (18) 同上 200,202 ページ
- (19) 同上 217 ページ、J. マヌプティ牧師は国際的に有名な平和運動指導者で、紛争扇動に対抗する IT 情報広報運動「ピースプロボケイター」の中心人物としても知られている。
- (20) 参考文献[1]238 ページ
- (21) 同上 240-242,245 ページ
- (22) 同上 250-251 ページ
- (23) 同上 255 ページ
- (24) 同上 257 ページ
- (25) 同上 265 ページ
- (26) 同上 276 ページ
- (27) 同上 284 ページ
- (28) 同上 292,294 ページ
- (29) 同上 296-297 ページ
- (30) 同上 302-303 ページ
- (31) 同上 307-308 ページ
- (32) 同上 309 ページ
- (33) 同上 328 ページ

- (34) 同上 330-331 ページ
- (35) 同上 332 ページ
- (36) 同上 333 ページ
- (37) 同上 336 ページ

参考文献

- [1] C. J. Böhm msc, *Brief Chronicle of the Unrest in the Moluccas 1999 - 2006*. CRISIS CENTRE DIOCESE OF AMBOINA Jalan Pattimura 32 Ambon 97124 - Indonesia.
- [2] Adam, Jeroen, How Ordinary Folk Became Involved in the Ambonese Conflict: Understanding Private Opportunities during Communal violence. *Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde*, 166/1, 2010, KITLV.
- [3] Sidel, John T., *Riots, Pogroms, Jihad: Religious Violence in Indonesia*. Cornell: Cornell University Press, (2006)
- [4] Goss, Jon D. Understanding of the 'Maluku Wars': Overview of Sources of Communal Conflict and Prospects for Peace. *Cakalele: Maluku Research Journal* 11: 7-39, (2004)
- [5] Spyer, Patricia, Fire without Smoke and Other Phantoms of Ambon's Violence: Media Effects, Agency, and the Work of Imagination. *Indonesia* 74: 21-36, (2002)
- [6] Schulze, Kirsten E., Laskar Jihad and the Conflict in Ambon. *The Brown Journal of World Affairs* 9(1): 57-69, (2002)
- [7] Bertrand, Jacques., *Nationalism and Ethnic Conflict in Indonesia*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, (2004)
Legacies of the Authoritarian Past: Religious Violence in Indonesia's Moluccan Islands. *Pacific Affairs* 75(1): 57-85, (2002)
- [8] Sumanto Al Qurtuby., Ambonese Muslim Jihadists, Islamic Identity, and the History of Christian-Muslim Rivalry in the Moluccas, Eastern Indonesia. *International Journal of Asian Studies* 12(1):1-29, (2015)
Religious Women for Peace and Reconciliation in Contemporary Indonesia. *International Journal on World Peace* 31(1): 27-58, (2014)
Peacebuilding in Indonesia: Christian-Muslim Alliance in Ambon Island. *Islam and Christian-Muslim Relations* 24(3): 349-367, (2013)

- [9] Birgit Brähler ed. *Reconciling Indonesia: Grassroots agency for peace* London & NY 2009.
- [10] 河野佳春「2014年のアンボン情勢について—紛争・和解と地域伝統—」弓削商船高等専門学校紀要第37号, 93-99頁, (2015年)
- [11] 河野佳春「アンボン2011年9月11日暴動に関する覚書」弓削商船高等専門学校紀要第35号, 91-97頁, (2012年)
- [12] 河野佳春「最近のアンボン情勢についての覚書」弓削商船高等専門学校紀要第29号, 137-143頁, (2007年)
- [13] 河野佳春「マルク難民訪問記」『広島東洋史学報』第6号, (2001年)

$$\mu = \tan \theta$$

梶山 裕二*

$$\mu = \tan \theta$$

Yuji Kajiyama*

Abstract

It is known that students have difficulties in learning frictional force in course of elementary physics, since it is invisible and it works differently under different situations (if the object is at rest or moving). In this paper, we give examples of the relation $\mu = \tan \theta$, which relates the coefficient of static friction μ to an angle θ when the object is just about to move, in various situations. As educational benefits, by carefully discussing those examples, our work can be helpful for students for understanding frictional force.

1. はじめに

高専低学年、あるいは高等学校で学習する物理の重要なテーマとして摩擦力がある。物理の問題文では「ただし摩擦はないものとする」、「ただし空気抵抗はないものとする」といった物理特有の言い回しによってしばしば無視され、「ないはずがないだろう」と反論されることもある摩擦力であるが、では摩擦力や空気抵抗を無視しないで現象を解析しようとするとき考慮すべき事柄が多くなるために困難を感じるようになる学生も多い。それにより、「まず簡単にして原理を知り、徐々に現実に近いものにする」という、物理学の手法である「現象の理想化・モデル化」の重要性を身に以て学ぶことになる。

また摩擦力は物理の学習以前に生徒が経験的に習得してきた「素朴概念（誤概念、misconception）」としてもしばしば登場し、物理を学習する障害となっていることが知られている[1,2]。例えば「力を加え続けられない限り物体はやがて止まる（つまり慣性の法則など存在しないのである）」という典型的な素朴概念を持っている学生は、摩擦力を力として認識できていないために学習に困難を感じる。また静止しているときにはたらく摩擦力を常に μN （ μ は静止摩擦係数、 N は垂直抗力）で表される最大値としてのみ理解している学生もいる。この場合、なめらかな斜面上にひもでつながれて静止している物体と、あるいは斜面上に摩擦力（静止摩擦力）によって静止している物体が本質的に同じであることが理解され

ないという報告もある[3,4]。このように、摩擦力は目に見えない力であることもあり、学習時に混乱を生じやすいテーマである。

この論文では摩擦力のうち、その物体にはたらく得る最大値である最大摩擦力 μN について議論する。摩擦力が μN と書ける事実はアモンソン＝クーロンの摩擦の第1法則としても知られている。摩擦力に関する学習の中で、

$$\mu = \tan \theta \quad (1-1)$$

という式にしばしば出会う。ここで角度 θ は互いに直交する N と μN の合力と、 N とのなす角のことである（第2章の図2）。式 (1-1) は、水平方向にはたらく最大摩擦力の大きさが鉛直方向にはたらく垂直抗力によって与えられるために成立する関係式である。本論文は様々な状況において、動き出す瞬間の力のつり合いから式 (1-1) が得られることを見ることで、摩擦の学習の助けとすることを目的とする。

この論文の構成は以下の通りである。第2章では初等力学で学習する典型的な2例をレビューする。第3章では摩擦力がはたらく向きに特に注意を要する例として人間が走る場合に足に働く力を考える。第4章ではより定量的な考察を必要とする例として床に置いた物を最小の力で引っ張る際の条件を議論する。第5章でまとめを行う。

2. 典型的な二つの例

この章では、物理の基礎コースで学習する二つの典型的な例について議論する[5]。

2.1 斜面から物体が滑り落ちる角度

問1：斜面上に質量 m の物体を置き、徐々に斜面の角度を上げていく。物体が滑り始める角度（摩擦角） θ を求めよ。

解1：図1のように物体にはたらく力を描く。重力 mg ¹ を斜面に平行な方向と斜面に垂直な方向に分解する。角度 θ で物体が滑り落ち始める瞬間には摩擦力は最大摩擦力 μN になるため、このとき物体にはたらく力のつり合いの式は

$$mg \sin \theta = \mu N, \quad (2-1)$$

$$mg \cos \theta = N, \quad (2-2)$$

となる。これより式 (1-1) が得られる。

このことは、図2のように力を描くとより直感的に理解できる。斜面に平行な方向に x 軸、斜面に垂直な方向に y 軸をとると、物体が滑り始める瞬間には二つの直交する力 N と μN の合力（点線の矢印）が mg とつり合う。このとき N と μN のなす角が θ に等しくなるため、式 (1-1) が得られる。

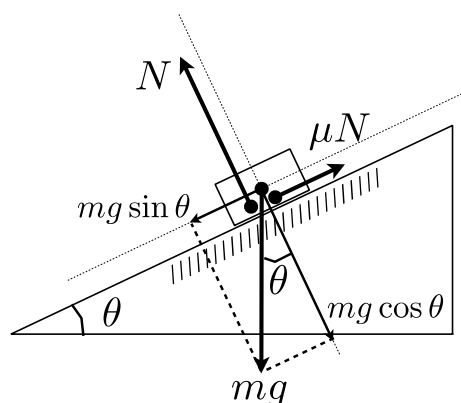


図1 物体が滑り始める瞬間にはたらく力

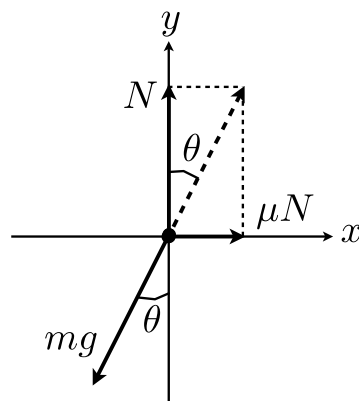


図2 N と μN の合力（点線の矢印）と mg のつり合い

2.2 立てかけた棒が倒れる角度

問2：質量 m 、長さ ℓ の一様な棒をなめらかな壁に立てかけ、徐々に棒を傾けていく。棒が滑り始める角度 θ を求めよ。

解2：図3のように物体にはたらく力を描く。角度 θ で棒が倒れ始めるとき、棒が床から受ける摩擦力は最大摩擦力 μN になっており、これが壁からの垂直抗力 R とつり合うことになる。水平方向と鉛直方向のつり合いの式は

$$R = \mu N, \quad (2-3)$$

$$mg = N, \quad (2-4)$$

また棒が回転しない条件として、A点周りの力のモーメントのつり合いの式は

$$mg \sin \theta \cdot \frac{\ell}{2} - R \cos \theta \cdot \ell = 0, \quad (2-5)$$

となる。以上の式 (2-3)、(2-4)、(2-5) を解くと以下の関係式が得られる。

$$\mu = \frac{1}{2} \tan \theta. \quad (2-6)$$

式 (1-1) と $\frac{1}{2}$ の因子だけずれているのは、棒には大きさが異なり、力の作用点がそれぞれで異なっていることに由来する。すなわち、A点から見て重力 mg の作用点（重心）は距離 $\frac{\ell}{2}$ 、壁からの垂直抗力 R は距離 ℓ だけ離れているためである。従って、仮に棒が一様ではなく重心がA点から $\frac{\ell}{a}$ の位置にある場合は、

式 (2-6) は $\mu = \frac{1}{a} \tan \theta$ となる。

直感的には図4から理解できる。垂直抗力 R と重力 mg をB点まで平行移動させ、つり合いの式 (2-3)、(2-4) を用いる。そしてその合力（点線の矢印）が線分 AB' 上にあれば、A点周りの力のモーメントは

1 この論文ではこれ以降重力加速度の大きさを g とする。

$$\mu = \tan \theta$$

ロということになり、回転しない（図4ではA点にはたらく力 μN と N はもともとA点周りの回転に寄与しないため省略した）。このとき、相似な三角形の関係から

$$\tan \theta' = \frac{AC'}{B'C'} = \mu \tag{2-7}$$

$$\tan \theta = \frac{AC}{BC} \tag{2-8}$$

となり、重心の位置から $AC' = \frac{1}{2}AC$ 、また $BC = B'C'$ であるので、式(2-7)と(2-8)をまとめると式(2-6)が得られる。

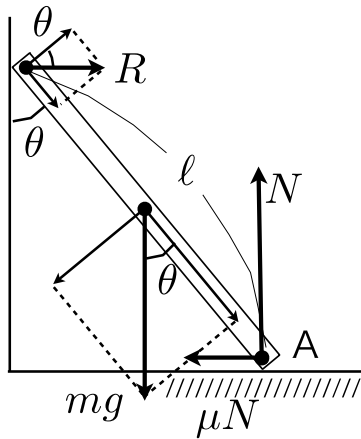


図3 棒が倒れ始める瞬間にはたらく力

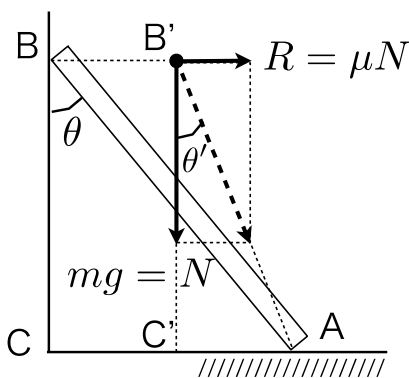


図4 つり合いの式を考慮し、A点周りに回転しない条件を表した様子。A点にはたらく力は省略

3. 走る場合

特に摩擦力がはたらく向きに注意しなければならぬ一例として、人間が走るときに足と地面の間に

はたらいている摩擦力を考える[6]。

問3：走るときに地面を足で蹴る際、蹴る力をいくらにすれば推進力を最大にできるか。

解3：簡単のために、すねを棒とし、足をその先についた球であると近似する。すねが鉛直方向からの角度 θ の角度にあるとき、足はすねによって鉛直下向きからの角度 θ の方向へ力を受け、これが地面を蹴る力として地面に伝わる（図5）。その水平成分を T 、鉛直成分を F とすると、 T が地面を後に蹴る力になる。ここで、地面から足が受ける摩擦力の向きに注意が必要である。摩擦力は動く向きとは逆向きにはたらく力であるが、今の場合、前に走ることを妨げる後ろ向きの力ではない。もし摩擦がなければ、足を後に蹴ったときにはそのまま後に滑ってしまう。摩擦力はその「後に滑る」ことを妨げる効果を持つため、前向きにはたらくことになる。後ろ向きに地面を蹴る力 T の大きさによって、 $T \leq \mu N$ では足が滑らずに地面を蹴ることができ、 $T > \mu N$ のときは最大摩擦力を超えるので滑ってしまうことになる。足が滑らない限り、静止摩擦力は常に T とつり合いの関係にあり、 T が最大値をとるときは $T = \mu N$ が成り立つ。このとき、

$$\tan \theta = \frac{T}{F} = \frac{\mu N}{N} = \mu \tag{3-1}$$

が得られる。ただし鉛直方向のつり合いの式 $F = N$ を使った。

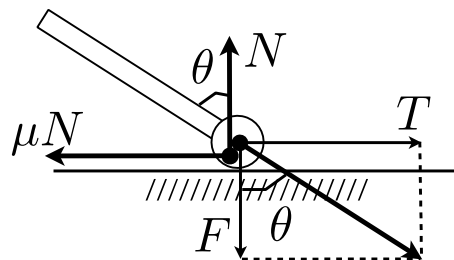


図5 推進力が最大になるときに足にはたらいている力

4. 荷物を引く場合

ある状況において極値を求めるという場合に $\mu = \tan \theta$ が得られる問題を考える。ここではより定量的な議論が可能になる。

問4：水平であらい床の上に置かれた質量 m の物体にひもを取りつけ、水平面から角度 θ の方向へ引いた。物体を動かすのに必要な力が最も小さくなる角度を求めよ。

解4：図6のように物体にはたらく力を描く。動

き始めた瞬間の水平方向と鉛直方向のつり合いの式は

$$F \cos \theta = \mu N \quad (4-1)$$

$$F \sin \theta + N = mg \quad (4-2)$$

となる。この問題はある種のジレンマを引き起こす。より上に向かって引けば (θ を大きくすれば) 物体を持ち上げる力が大きくなるため垂直抗力 N が小さくなり、最大摩擦力 μN は小さくなる。従って小さい F で動かせると思われそうであるが、そのときは横に引く力が小さいということであるので動きづらくなる。逆に横に引く力を大きくすると (θ を小さくすると) 最大摩擦力 μN を小さくできないので、やはり動きづらくなる。 θ を大きくするか小さくするか、どちらの方が動かしやすいのかというジレンマが生じる状況において両者のバランスが取れる角度 θ はいくらかであるか、という問題である。

式 (4-1)、(4-2) より F を θ の関数として求めると、

$$F(\theta) = \frac{1}{\mu \sin \theta + \cos \theta} \cdot \mu mg \quad (4-3)$$

となる。数学的にはこの関数 $F(\theta)$ の極小値を与える θ を求めよ、という問題であるが、ここでは3通りの求め方を挙げる。

①高専低学年の学生や高校生など、微分を使った物理が未習である学生は三角関数の合成の公式 [7]

$$a \sin \theta + b \cos \theta = \sqrt{a^2 + b^2} \sin(\theta + \varphi) \quad (4-4)$$

$$\cos \varphi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \sin \varphi = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (4-5)$$

を用いて求めることが適切であろう。式 (4-3) を書き直すと

$$F = \frac{1}{\sqrt{\mu^2 + 1} \sin(\theta + \varphi)} \cdot \mu mg \quad (4-6)$$

$$\cos \varphi = \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2 + 1}}, \sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{\mu^2 + 1}} \quad (4-7)$$

となる。 F は $\sin(\theta + \varphi) = 1$ のとき極小値 (最小値)

$$F_{min.} = \frac{1}{\sqrt{\mu^2 + 1}} \cdot \mu mg \quad (4-8)$$

をとる。このとき、 $\sin(\theta + \varphi) = 1$ に加法定理を適用して式 (4-7) を使うと式 (1-1) が得られる。

②高専高学年や大学初年次の、微分を学習した学生には式 (4-3) を θ で微分して極値を求めた方が簡単である。式 (4-3) を微分すると

$$\frac{dF}{d\theta} = \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{(\mu \sin \theta + \cos \theta)^2} \cdot \mu mg \quad (4-9)$$

となるので、極値の条件より式 (1-1) が得られる。これは2階微分の符号が正であり確かに極小値になっているが、証明は省略する。

③力の矢印を (x, y) 平面のベクトルとして描いて考えることもできる。図7は物体が動き出す瞬間には

たらく力のつり合いを表している。ここで N と μN の合力は破線の矢印で描かれており、その N とのなす角 α は

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{\mu^2 + 1}}, \sin \alpha = \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2 + 1}} \quad (4-10)$$

と与えられる。この合力の始点を P 、終点を Q とすると、 α は式 (4-10) によって与えられる固定値であるから、 F の最小値とはつまり、原点と直線 PQ との最短距離ということになる (図8)。これは明らかに原点から直線 PQ におろした垂線の長さのことであるから、これより $\alpha = \theta$ となる。このとき式 (4-10) より、式 (1-1) が得られる。

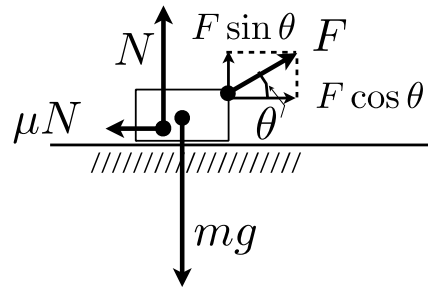


図6 物体が動き始める瞬間にはたらいっている力

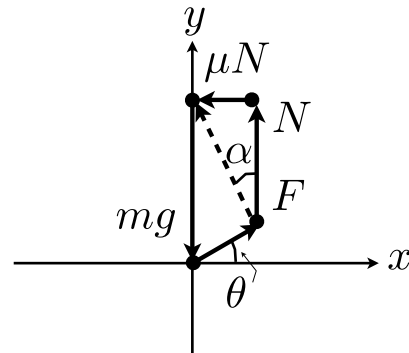


図7 (x, y) 平面のベクトルとしてのつり合いの式

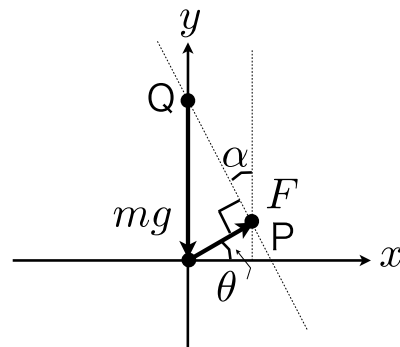


図8 原点から直線 PQ に下ろした垂線の F

$$\mu = \tan \theta$$

5. まとめ

この論文では、摩擦を学習する際に登場する

$$\mu = \tan \theta \quad (5-1)$$

という式に焦点を当て、この式が登場する様々な具体例について議論した。静止摩擦係数 μ は最大摩擦力 μN として現れるため、物体が「動き始める瞬間」を調べることで上記の公式が導出される。その中でも第3章では推進力が最大、第4章では荷物を引く力が最小、という更なる条件を加えたときに式 (5-1) が得られる例を見た。他にも、物体が滑らずに回転する場合の転がり摩擦[8]や、摩擦力の原因を物質表面の凹凸によって説明するモデル[8,9] (ただしエネルギー保存則を考慮すると必ずしもこのモデルは正しくない) などにも同様の関係式が現れる。特に第4章の例で物体の大きさを考慮することにより、横に滑るのか回転するのかという異なる運動をする場合が生じることになり、力学の問題として興味深い。

アモンソン＝クーロンの摩擦の第1法則「摩擦力は垂直荷重に比例する」に基づき、比較的簡単な計算によって様々な状況で共通の式 (5-1) が得られる様子は、初等物理学を学ぶ学生にとって摩擦力の理解を深める上で助けとなると思われる。第3章の走る場合の例では摩擦力がはたらく向きという定性的な事柄に焦点をあてて学習することができる。前へ進むときに摩擦力が前向きにはたらく (走ることを妨げる向きではなく、足が滑ることを妨げる向きである) ことに気づくためには、足と地面にはたらく力の関係を正確に読み取ることができなければならない。第4章の例では摩擦力が垂直荷重 (垂直抗力) に比例するという、より定量的な事柄に焦点をあてることができる。ひもを引く角度の選択がジレンマを引き起こすことに気づくためには、その力を、荷物を引く水平成分と荷物を持ち上げる鉛直成分に分解して、それぞれの効果を理解できなければならない。これらは摩擦力の学習を促す良い例題であると考えられる。

摩擦に関する授業実践として、筆者は本校における1年生物理の授業において、人気テレビ番組をもじって「すべらない物理」と題したゲームを行った。ベニアの板に様々な日用品を乗せ、学生に手伝わせて板を傾けていく。しばらくはどれも板上に残っているが、傾きが大きくなるといずれ限界がきて滑り出す。最後まで滑らずに残る物は何れかを学生に予想させるというゲームである。エントリーした日用品は、ぞうきん (乾いたものと濡れたもの)、ペットボトル (空のものと満タンのもの)、ガムテープ、紙ヤスリ、教科書、ペットボトルロケット、チョコレート

ート、ドアストッパーなどである。このゲームにより、静止した状態、滑り出す瞬間、動いている最中という三種類の現象を体験することができる。特に滑り出す瞬間には本文の問1の状況に対応しており、学生は表面の「ザラザラ具合」である静止摩擦係数 μ を少なくとも無意識には念頭において予想しているため、その後の解説も含めて摩擦力の学習の一助とした。ただしその効果はまだ定量的に調べてはおらず、今後の課題とする。ちなみにこのゲームの正解者数は授業を行った順に1名、6名、22名であった (常にぞうきんが優勝した)。

これらをもとに、摩擦力を可視化できる教材の開発等も含めて授業改善に活かしていきたい。

参考文献

- [1] 新田英雄：素朴概念の分類，物理教育第 60 巻 第 1 号 17，(2012)
- [2] エドワード・F・レディッシュ：科学をどう教えるか，丸善出版，(2012)
- [3] Andrea A. diSessa and Bruce L. Sherin：What changes in conceptual change?, Int. J. Sci. Educ. **20**(10), (1998)
- [4] Chandralekha Singh：Effect of Misconception on Transfer in Problem Solving, AIP Conf. Proc. **951**, 196，(2007)
- [5] 例えば、和達三樹監修・小暮陽三編集：高専の物理[第5版]，森北出版株式会社，(2000)
- [6] 望月修：オリンピックに勝つ物理学，講談社，(2012)
- [7] 例えば、高遠節夫ほか：新基礎数学、第日本図書，(2011)
- [8] 例えば、田中久一郎：摩擦のおはなし、日本規格協会，(1985)
- [9] Galen T. Pickett：A Pedagogical Model of Static Friction, ArXiv:1507.04015

創造性を育む実験・実習の実績報告

—上島町×弓削商船共同開発企画—

木下 つる代*

Report on the Results of Experiments and Practical Training that Foster Creativity

—Cooperative Development Plan of Kamijima Town and National
Institute of Technology, Yuge College—

Tsuruyo Kinoshita*

Abstract

In recent years, I often heard the words “Industry-academia collaboration”, “Regional creation”, “Town development”. National Institute of Technology, Yuge College has concluded an agreement on cooperation with Kamijima town. The authors began “Cooperative development plan” from 2012 school years for development of both sides. We aim to create experiments and practical training to foster the creativity of students, and we are making works in cooperation with the town. In this report, we report on the implementation of this project.

1. はじめに

近年、「産学連携」「地域創生」「町おこし」という言葉をよく耳にするようになった。弓削商船高等専門学校（以下、本校）は所在地である上島町と連携協力の協定を締結している。

筆者は双方の発展を目指して平成 24 年度より実験・実習テーマとして「上島町×弓削商船共同開発作品企画」を立上げた。学生の創造性を育む実験・実習づくりを目標とし、町と連携して作品の製作を行っている。

本報告では、「上島町×弓削商船共同開発作品企画」（以下、本企画）の経緯と実績について報告する。

2. 企画の概要

2. 1 背景と目的

本校は複数の島からなる上島町にあり、全国でも珍しい離島にある高専である。上島町は規模が小さく、人口の約 1 割は本校の関係者であるため、上島町にとって本校は重要な機関と言える。

上島町と本校は連携協力の協定を締結している。双方が連携して地域の発展や教育研究の充実に努めてお

り、町と本校とが協業することで、上島町にあるものと本校にあるものを組み合わせて新しいものを作りたい。地域の持っている力と学生の持っている力を引き出したいと考えている。

新しいものとは、「あるもの」と「あるもの」の組み合わせであり、つくる力とは「あるものとあるものを新しく組み合わせる力」のことである^[1]。

上島町には豊かな自然や昔ながらの文化、島らしい特産品が数多くある。本校には各専門知識をもった教員がおり、ものづくりをするための設備・機械等もある。そして何よりエンジニアの卵である学生が在学している。そこで、双方の活性化を促し、より密接な関係を築くための試みとして平成 24 年度より本企画を始動させた。

企画のテーマとして①学生主体、②独創的、③実用的という 3 つのコンセプトを掲げた。作品は筆者が担当する実験・実習で製作が可能なもの、島の特色を生かしているもの、日常生活で使用できるものを検討した。その結果、平成 24 年間から 3 年間は図 1 に示すステンレス製の「上島コースター」を、平成 27 年度からは図 2 に示すポリスチレン製のペーパークリップ「上島クリップ」を製作した。これらの作品製作を通して実験・実習のさらなる充実に図っている。

* 技術支援センター

2.2 上島町の協力

本企画は筆者が担当している実験・実習を発展させたものであり、上島町の協力を得ながら実験・実習内容の充実を図っている。

上島町はパッケージデザインの考案および製作費の補助を担当しており、実験・実習と量産にかかる材料費および消耗品費用を負担している。本校は作品のデザイン考案および製作を担当し、実験・実習の課題として学生が行っている。実験・実習時間内に製作できない量産分については筆者が担当している。

作品の製作枚数および上島町からの補助金額を表1に記す。また図3に、上島町考案のパッケージの一例を示す。パッケージには上島町と本校を説明文と写真で紹介し、QRコードから各ホームページへ跳べるように工夫されている。



図3 パッケージデザイン



図1 上島コースター



図2 上島クリップ

表1 製作枚数および補助金額

年度	作品	枚数	補助金
H24	コースター	1000 枚	30 万円
H25	コースター	1000 枚	25 万円
H26	コースター	500 枚	22 万円
H27	クリップ	1000 枚	25 万円
H28	クリップ	1000 枚	17 万円

2.3 期待される効果

本企画により次のような効果が期待できる。

- ① 実験・実習内容が充実する (本校)。
- ② 教育機関の充実をアピールできる (上島町)。
- ③ 町と学校とのより良い関係作り (双方)
- ④ 町の存在と学校の技術力の PR (双方)

今までの実験・実習では、ものづくり工程の一部分のみを取り上げたもので、その工程が実際のものづくりの現場でどう使われているのかがわかりにくいところがあった。

本企画においては、企画から製造までもものづくりの一連の流れを経験できるため、技術力の育成や技術の重要性に対する理解が深まる。また、従来の実験・実習は決められた内容をこなす形式であったため、学生は作業者になりがちであった。本企画では自分で考えながら実験・実習に挑むことで、創造性も育成される。

2.4 実験・実習内容

実験・実習内容は以下の通りである。

テーマ：CAD/CAM 加工実験

対象：電子機械工学科 3 年生および情報工学科 3 年生 (約 80 名)

期間：通年

時間：1 班当り 6 時間 45 分～7 時間 30 分

使用ソフト：jw_software_club JW-CAD
三菱 CamMagicAD

使用機器：三菱 ワイヤカット放電加工機 NA2400
オーレーザーHAJIME
アネスト岩田 サンドブラスター CHB600

3. 上島コースター

3.1 製作過程

平成24年度から26年度まで3年間製作した上島コースターの製作過程は以下の通りである。

- ① 企画：上島町というテーマでデザインを考案
- ② 設計：要件を織り込んだCAD図面およびCAMによるNCデータの作成
- ③ 投票：デザイン案の中から量産するデザインを投票で決定
- ④ 製造：ワイヤカットによる機械加工、サンドブラスト、手仕上げ
- ⑤ 納品：上島町に納品し、パッケージングを行って完成

デザインは1人1案作成し、量産デザインは学生が投票を行って投票数の多いデザインのみを加工する。

3.2 課題

上島コースターを製作する上でいくつかの課題が見えてきた。

1つ目として、デザインがわかりにくい。これに関しては、デザインのコンセプトをパッケージに差し込むことで対応した。学生にデザインのコンセプトを書き出してもらい、それをパッケージに同封することで、よりPR効果が高まったと考えている。

2つ目として、上島町のことをもっと知りたいという学生からの要望があった。本校の学生は町外の出身者がほとんどである。学校に来るだけでは町のことはわからないという声も耳にする。筆者は本校の卒業生で上島町民でもあることから学校と町の双方を知っているため、貴重な青春時代を過ごす町に興味が無いというのは寂しいことであると感じた。そこで学生が町に興味や関心を持つように、上島町のパンフレットを配布し、町の魅力を学生に紹介することで対応した。

3つ目として、加工時間とコストの問題がある。コースター材料であるステンレスの切削にはワイヤカット放電加工機を用いるが加工に時間がかかり、実験・実習時間内にすべての加工が終了できない。より良いデザインにしようという学生の意欲を引き出すことができるかと判断し投票制による代表作品のみを加工していたが、その一方で、自分が一生懸命考えたデザインも加工して欲しいという声もあった。また、刃物にあたるワイヤ線は使い捨てであり、ろ過フィルタやイオン交換樹脂といった数ヶ月毎に交換する消耗品も必要なたためランニングコストも高かった。中にはワイヤカットで加工し難いような複雑なデザインもある。その対策として、平成25年に導入したレーザー加工機を用いた作品の製作を検討することになった。

4. 上島クリップ

4.1 作品の変更

3.2で述べたワイヤカット放電加工機による問題の解決策として、本校に導入されたレーザー加工機を用いた上島コースターに代わる作品を検討した。

実験・実習後の学生アンケートの結果ではコースターの使用率は25%であり、普段の生活でコースターを使う習慣があまり無いということがわかった。コンセプトの一つである「実用的」という面で言うと一般的に使用率の高い作品に変更する必要がある。学生アンケートで「他に作ってみたいものはありますか」という設問の回答を元に、コースターよりも小さなサイズでレーザー加工機でも加工できる材料で、さらに量産に向くものを検討した。その結果、本のしおりにも使え、紙を挟んだりすることもできるペーパークリップに決定した。

4.2 材質の変更

上島コースターと上島クリップの材質およびサイズの比較を表2に記す。

上島コースターは円形コルク板にステンレス板を貼り付けた2重構造である。大きさは市販品のコルクサイズに合わせて直径=90mmとした。上島クリップは市販のペーパークリップの大きさを調べて平均的な大きさとした。厚みはしおりとして使用する際に邪魔にならないようできるだけ薄くしたかったが、 $t=0.8\text{mm}$ で試作したところ強度不足であったため $t=1.0\text{mm}$ を選択した。

表2 材質およびサイズの比較

	材質	サイズ
コースター	ステンレス	$\phi 90, t0.8$
	コルク	$\phi 90, t2.0$
クリップ	ポリスチレン	W30, H40, t1.0

4.3 製作過程

平成27年度から製作中の上島クリップの製作過程は以下の通りである。

- ① 企画：上島町というテーマでデザインを考案
- ② 設計：要件を織り込んだCAD図面およびCAMによるNCデータの作成(図4)
- ③ 投票：デザイン案の中から量産するデザインを投票で決定
- ④ 製造：レーザー加工機による機械加工
- ⑤ 納品：上島町に納品し、パッケージングを行って完成

上島コースターからの変更点は④においてワイヤカット放電加工機がレーザー加工機になったこと、サンドブラスターを用いた吹付け作業および機械加工後の手仕上げ作業が無くなったことである。



図 4 実験・実習の様子

4. 4 レーザー加工機による加工の利点

機械加工をワイヤカット放電加工機からレーザー加工機に変更したことによる利点を以下に記す。

- ① ワイヤカット放電加工機では困難な複雑な形状を加工することが可能。
- ② 作品のサイズを小さくし、材質をステンレス+コルクからポリスチレンにすることで材料費が 50% 削減された。
- ③ ポリスチレン製にすることでオレンジ、黒、白、黄色の 4 色のカラーバリエーションの設定が可能になった。
- ④ ワイヤカット放電加工機で 20 枚当り 6~8 時間かかっていた機械加工時間が、1 枚当り 3~5 分に短縮された。
- ⑤ レーザー加工機の主な消耗品はハニカムテーブルで年間約 45,000 円である。ワイヤカット放電加工機に必要な消耗品はカットワイヤ、ろ過フィルタ、イオン交換樹脂等で年間約 150,000 円かかっていたため、消耗品費用が約 30% 削減された。
- ⑥ 上島コースター製作に必要なステンレス板とコルク板を貼り合わせる手仕上げの工程が不要になり、製作時間の短縮になった。

5. 上島クリップの効果

本実験・実習を受けた学生全員を対象に満足度調査を行った。

「自分で製作したクリップの満足度は何%になりますか」という問いに対し回答の平均は 70%であった。理由としてはオリジナルであること、思い描いたものが実際に形になったこと、自分で製作したから愛着がわいた等の意見があった。これらの意見から、本企画が技術力や想像力の育成に繋がったことが確認できる。

実験・実習でも機械に触れる機会がほとんど無い情報工学科の学生からは、ものづくりという貴重な体験ができて良かった、実際に作品を製作し普段行っているプログラミングとは異なる達成感を得られた等の意見があった。

学科を問わずエンジニアを目指す学生に自分が考案したものが形になり実際に手に取った時の喜びを味わって欲しいという筆者の想いが伝わったと考える。

また、自分達のアイデアが上島町の PR に役立っていると思うと嬉しく、とてもやる気を持って製作に臨めた。という意見もあり、上島町に興味や関心を持ってもらいたいという想いが伝わったと言える。

上島クリップの使用率は 35%で上島コースターの使用率 25%より 10%向上した。使用方法としては本のしおりにしたり、授業で配られたプリントを挟んだりする他、部屋に飾っているという意見もあった。

「改善して欲しいことはありますか」という問いに対しての回答で、カラー展開があれば良い、壊れそうと使えないと言った意見があった。

これらの意見を元に今後はカラーのバリエーションが多く、強度の高い材料を見つけて作品の質向上に努めたい。

「この実験・実習に取り入れて欲しい内容は何か」という問いに対しての回答で他の材質を加工してみたい、他のものを作ってみたいと言う意見があった。今後は他の材料での検討やクリップ以外の作品を検討することで、実験・実習内容のさらなる充実を図りたい。

6. 作品の活用

6. 1 広報活動

量産した作品は出張先やイベント、来庁者や学校の来客者等に配布している。

上島町ではふるさと納税の商品として活用したり、全国各地で行われている物産展で配布したりしている。図 5 のように全国の島々が集まる祭典アイランダーにおいて東京進出も果たした。

本校では中学校への広報活動訪問時に持参したり、国際交流で来校したタイやモンゴルの学生に配布したりしている。

また、上島町の広報誌や HP への掲載や、CATV の

週間ニュースでの放送等も行った。図 6 は朝日新聞に掲載された記事である。

出張先で上島クリップを配布したところ、自分でも製作してみたいという依頼があった。平成 28 年 11 月には他高専から 4 名の女子学生を本校に招き、実際にオリジナルクリップ製作を体験してもらった。このような活動で実験・実習内容を発展させていくことで、地域への貢献にも繋がると考える。



図 5 アイランダーの様子



図 6 朝日新聞の記事

6. 2 発表実績

本企画をポスター発表や研修会で発表し、学外への情報発信も行っている。発表した実績を以下に記す。

- ① 「上島町×弓削商船高専共同開発企画 ～実習におけるコースター製作～」平成 25 年度西日本地域高等専門学校技術職員研修会（機械系）（2013. 8. 21-23）
- ② 「上島町との共同プロジェクトによる工作実習の改善」高専テクノフォーラムポスター発表（2014. 8. 20-21）
- ③ Report on the Improvement of Training Program Cooperated with a Local

Administration, T.Fujimoto・Y.Seto・T.Kinoshita, International Symposium on Advances in Technology Education 2015 (2015. 9. 16-18)

7. まとめ

平成 24 年度に実験・実習のテーマとして立ち上げた「上島町×弓削商船共同開発作品企画」の経緯と実績を報告した。本企画は平成 24 年間から 3 年間はステンレス製のコースターを製作し、平成 27 年度からはポリスチレン製のペーパークリップを製作している。本企画は筆者が担当している実験・実習を発展させたものであり、上島町の協力を得ながら実験・実習内容の充実を図ったものである。

企画のテーマは①学生主体、②独創的、③実用的の 3 つのコンセプトを掲げ、実験・実習で製作が可能で、島の特色を生かしており、日常生活で使用できる作品づくりを考えた。平成 24 年度から 3 年間は上島コースターを製作したが、ワイヤカット放電加工機による加工にいくつかの課題が見つかったため、解決策として上島コースターに代わる作品を検討した。

平成 27 年度から製作している上島クリップはレーザー加工機を用いる。これにより、製作時間の短縮と材料費・消耗品の削減に繋がった。

作品を上島クリップに変更したことで使用率が 10% 向上し、満足度も 70% と高いものとなった。自分が考案したものを形にすることで、学生にもものづくりの楽しさ、完成品を手にした時の喜びを感じてもらえた。これらの結果から、本実験・実習は学生の創造性育成に繋がる内容になったと考える。

本企画は上島町の協力により成り立っており、量産した作品は町と本校の PR に活用されている。

今後は、他の材料での検討やクリップ以外の作品を検討することで、実験・実習内容のさらなる充実を図っていく。更に、上島町との連携を深めながら地域貢献にも繋げていきたい。

参考文献

- [1] 吉本哲郎：地元学をはじめよう，p25，（2008 年）
- [2] 全国の島々が集まる祭典アイランダー2016HP
<http://www.i-lander.com/>