
長野県南信工科短期大学校

紀 要

第 2 号

2018



長野県南信工科短期大学校

NAGANO PREFECTURE NANSHIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

長野県南信工科短期大学校紀要

第2号 2018

目 次

巻頭言

紀要第2号の発刊・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・大石修治 1

Review

Growth of Oxide Single Crystals by Flux Method

・・・・・・・・・・・・・・・・Shuji OISHI, Liana JOSEPH, Sayaka SUZUKI, Katsuya TESHIMA 2

論文

電磁ブレーキの応答特性に与える材質と表面処理の影響に関する検討・・・・・・・・田中秀登, 中島篤矢 8

技術講習会における応募者数の推移 -最終的な応募者数の予測と推定- ・・・・・・・・木下幸男 12

技術資料

平成29年度総合課題の取組み・・・・・・・・横道正和, 中島一雄, 湯本和彦, 大工原裕之 16

総合課題「草むしりロボット」の紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・千葉隆史 21

総合課題「電動アシスト車いす」の紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・宮下利仁 24

総合課題「M-POV」の製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・三沢雅芳, 柳沢裕二 26

就職活動支援のためのアンケート調査の活用・・・・・・・・・・・・・・・・荒川 進 29

無線LANによるリモコンカーの製作・・・・・・・・・・・・・・・・・・大工原裕之 34

過渡応答実験による制御工学講義（入門編及び基礎編）の取組み・・・・・・・・宮下利仁 38

事例紹介

3Dプリント活用技術「デジタルモールド」の教育と研究・・・・・・・・中島一雄 43

「地域企業との共同実習」（介護福祉機器の開発講座）の取組み・・・・・・・・中島一雄 46

2018 Ene-1GP SUZUKA KV-BIKE チャレンジへの参加・・・・・・・・・・矢崎美彦 49

サファイア単結晶基板表面におけるルビー単結晶膜のフラックス成長に関する研究計画
・・鮎沢俊輔 52

ライントレースカーを題材にしたプログラミング学習・・・・・・・・・・大工原裕之 53

研究・教育・社会活動の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 57

編集後記・・ 69

JOURNAL OF THE NAGANO PREFECTURE NANSHIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

No.2 2018

CONTENTS

Preface	Shuji OISHI	1
Review		
Growth of Oxide Single Crystals by Flux Method	Shuji OISHI, Liana JOSEPH, Sayaka SUZUKI, Katsuya TESHIMA	2
Paper		
Study on Influence of Materials and Surface Treatment to Give Response Characteristic of Electromagnetic Brake	Hideto TANAKA, Atsuya NAKAJIMA	8
Trend in Number of Applicants for Technical Seminar -Prediction and Estimation of Final Number of Applicants-	Yukio KINOSHITA	12
Technical Report		
2017 Overall Manufacturing Study	Masakazu YOKOMICHI, Kazuo NAKAJIMA, Kazuhiko YUMOTO, Hiroyuki DAIKUHARA	16
Report on Making “Automatic Grass Pic Machine”	Takashi CHIBA	21
Manufacturing Challenge of e-Power Assist Wheelchair.....	Toshihito MIYASHITA	24
Production of M-POV(Music-Persistence Of Vision)	Masayoshi MISAWA, Yuji YANAGISAWA	26
Inflection of Questionnaire Survey for Job Hunting Support.....	Susumu ARAKAWA	29
Production of the Remote Controlled Car by Wireless LAN.....	Hiroyuki DAIKUHARA	34
Efforts of Control Engineering Lecture (Introduction and Basics) through Experiments on Transient Response Characteristics.....	Toshihito MIYASHITA	38
Case Study		
Education and Study on “Digital Mold”: Technique Utilizing 3D Printer	Kazuo NAKAJIMA	43
Efforts toward Joint Practical Study with Regional Company (Development Course of Care Equipment)	Kazuo NAKAJIMA	46
Participation in 2018 Ene-1GP SUZUKA KV-BIKE Challenge.....	Yoshihiko YAZAKI	49
A Plan of Flux Growth of Ruby Crystal Films on Sapphire Crystal Substrates.....	Shunsuke AYUZAWA	52
Programming Instructions Based on Line Trace Cars.....	Hiroyuki DAIKUHARA	53
Research, Education and Social Activities		57
Editor's Note		69

紀要第2号の発刊

長野県南信工科短期大学校長 大石修治

長野県南信工科短期大学は、ものづくりの人材育成（教育）、科学技術の研究開発と地域貢献を目的として、平成28年4月に開校しました。多くの期待をいただきながら、真新しく機能的な建物に最新の設備を導入しての幸せなスタートでした。専門課程（2年）は、「機械・生産技術科」（定員20名）と「電気・制御技術科」（定員20名）の2科です。短期課程（6月）は、「機械科」（定員10名）です。その他に、民間活用委託訓練、障がい者民間活用委託訓練とスキルアップ講座を実施しています。開校から2年半余の歩みを経て、ここに紀要の第2号を発刊できる運びとなりました。

本紀要は、本校の教職員が行った教育・研究・地域貢献等の成果を公表することを目的としています。第2号である本号は、「Review」、「論文」、「技術資料」、「事例紹介」と「研究・教育・社会活動の概要」から成ります。

「Review」の1報では、結晶成長、フラックス法の歴史、原理、実験方法や新たな展開を概説し、酸化物結晶の育成例を述べました。

「論文」では、「電磁ブレーキの応答特性に与える材質と表面処理の影響に関する検討」と「技術講習会における応募者数の推移—最終的な応募者数の予測と推定—」の2報を掲載しました。

「技術資料」では、総合課題の取り組み（総論、草むしり、電動アシスト車いす、M-POV）、就職活動支援、リモコンカーと制御工学講義についての7報を記載しました。

「事例紹介」では、教育研究活動（3Dプリント活用技術、介護福祉機器、2018 Ene-1GP SUZUKA KV-BIKE チャレンジ、ルビー単結晶膜、ライントレースカー）の5件を紹介しました。

「研究・教育・社会活動の概要」では、平成29年度（平成29年4月1日～平成30年3月31日）の本学教職員のアクティビティをまとめました。

本紀要が本校の活動内容を皆様にご理解いただく一助となることを願います。忌憚のないご意見をお寄せいただければ幸いに存じます。

本校は、「ものづくりのスペシャリスト」の育成を目指し、優れた学生を養成する教育研究活動に取り組み続けます。今後とも、ご指導とご鞭撻を賜りますよう切にお願い申し上げます。

Growth of Oxide Single Crystals by Flux Method

Shuji OISHI^{*,**}, Liana JOSEPH^{*,***}, Sayaka SUZUKI^{**}, Katsuya TESHIMA^{*,**}

Summary Crystal growth is an important area of materials science, and significant attention has been paid to artificial oxide single crystals. Flux growth is defined as the use of a liquid inorganic compound or metal at elevated temperature as a solvent for crystallization. The major advantage of flux method is that crystal growth occurs at a lower temperature than that required for the growth from the pure melt. Another advantage of the method is the presence of facets on flux-grown crystals. In addition to this, the type of equipment necessary is moderately simple. The flux growth dates back to the first half of the 19th century. In recent years, flux growth has been used with increasing frequency to grow oxide crystals for electronic devices and physical measurements. A new technique in the growth of thin oxide films from fluxes has been developed. Flux growth is a method by which a wide range of oxide crystals may be obtained.

Key Words : Flux Method, Oxide Single Crystal, Crystal Growth, Artificial Crystal, Thin Film

1. INTRODUCTION

The majority of elements combine with oxygen to form an oxide. Oxide single crystals (hereafter crystals) are arranged regularly in three-dimensional atoms and ions and have the extreme physical properties of those materials. Crystals are not only relevant to physical measurement research as samples, but also play an exceedingly important role in human society. For example, in the clocks around us, artificial quartz crystals mark the passage of time. Most precious stones are also crystals.

Naturally occurring oxide crystals present as minerals. There are also many high quality minerals. However, generally speaking, they have an irregularity in quality and there is anxiety over the depletion of mineral occurrence. Man-made crystals can be provided stably because they can be grown under controlled conditions and have a constant high quality. Artificial crystals are indispensable to materials science.

Crystal growth processes can be divided into three categories: (a) growth from a liquid (liquid→crystal), (b) growth from a vapor (vapor→crystal), (c) growth from a solid (solid→crystal). Due to the ease of rearranging the constituent atoms, growing large crystals is generally done through the liquid phase. The growth from liquid is classified into two categories, melt growth and solution growth. In the melt growth, liquid is composed only of the same components as the crystal. It is necessary for the crystal growth to use temperature in excess of melting point. Since supercooling is the driving force of crystallization, crystals are grown utilizing slow-cooling. The advantage of this method is that large crystals can be grown over a relatively short period of time. On the other hand, solution growth consists of the aqueous solution, the hydrothermal, and the flux techniques. Crystal growth occurs in the cooling of a solution, the evaporation of a solvent, or the temperature

gradient, because the driving force of crystallization is supersaturation. In the aqueous solution method, water acts as the solvent, and crystal growth occurs at a temperature approximate to room temperature (for example, NaCl crystal). In the hydrothermal method, water is again the solvent, and crystal growth occurs under high temperature and high pressure conditions (for example, quartz crystal). To apply the aqueous solution method or the hydrothermal method, it is necessary to dissolve the constituents of the intended crystals in water under prescribed conditions. When the solvent is a substance other than water (such as an inorganic compound or metal), the flux method is used for crystal growth. The most notable advantage of the flux method is that crystal growth occurs at a considerably lower temperature than the melting point of solute. Using this method, crystal growth occurs with little environmental impact. By choosing an appropriate flux, it is possible to grow several types of crystals. The flux method allows crystal growth of small but valuable materials, and research samples. In recent years, flux growth of thin film oxide crystals for materials is being developed.

Elwell and Scheel have authored an excellent book regarding crystal growth from high-temperature solutions¹⁾. The flux method has also been reviewed in detail²⁾. The authors have also presented books³⁻⁶⁾ and reviews⁷⁻¹⁸⁾ about the flux growth of oxide crystals. This review will outline the principles of the flux method, its characteristics, history, choice of flux, experimental, and new developments. In addition, several examples of crystal growth will be introduced.

2. FLUX METHOD

2.1 Principles and Characteristics

The principle advantage of using a flux is that crystal growth occurs at a lower temperature than that required for growth from the pure melt. Flux growth is a method in which oxide crystals may be obtained by use of liquidus curve in phase diagram (solubility). A typical example of a phase diagram used in crystal growth from a high-temperature solution is shown diagrammatically in Fig.1, where A is the material to be crystallized and B is a flux. The solid A has sharp melting point at the temperature T_A . High-temperature solution pointed out at a in Fig.1 (composition; X) on cooling will remain a homogeneous liquid from a temperature T_1 to T_2 . At the temperature T_2 (exactly, slightly lower than T_2), the first infinitesimal amount of the solid

Received August 31, 2018

Accepted November 20, 2018

* Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

** Faculty of Engineering, Shinshu University,
4-17-1 Wakasato, Nagano 380-8553, Japan

*** School of General Education, Shinshu University,
3-1-1 Asahi, Matsumoto 390-8621, Japan

with composition A will spontaneously nucleate. Upon further cooling ($T_2 \rightarrow T_E$), solid A will continue to crystallize while the composition of the liquid follows curve $b \rightarrow E$. In the case of isothermal flux growth, the solution will be concentrated ($a \rightarrow c$), and followed by nucleation and crystal growth. The primary role of the flux is to reduce the crystallization temperature of the solute.

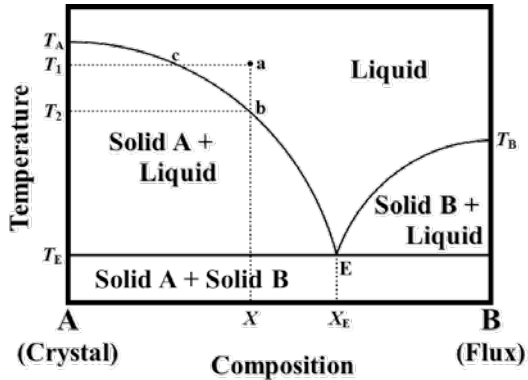


Fig.1 Typical eutectic phase diagram in the crystal(A)-flux(B) system.

Figure 2 shows the method of achieving supersaturation in a high-temperature solution by slow cooling. The region below the solubility curve (S; equal to the liquidus curve shown in Fig.1) represents an unsaturated solution, that is, one that contains less than the equilibrium concentration of solute. On slow cooling from the temperature T_1 to T_2 ($a \rightarrow b$), the concentration of unsaturated solution is kept constant C_1 . The point b represents the solubility at the temperature T_2 . On further cooling ($T_2 \rightarrow T_3$, $b \rightarrow c$), the solution has no change except that the solution is metastable. The region between solubility (S) and supersolubility (SS) curves is metastable. At the temperature T_3 , the excess solute ($C_1 - C_0 = c - d$) dissolves in the flux. The degree of supersaturation (σ) is as follows,

$$\sigma = (C_1 - C_0) / C_0 .$$

When the supersaturation is broken, the solution comes to equilibrium and crystallization is then induced. The initial stage of crystallization in a supersaturated solution is the formation of nuclei of crystalline solid. Crystal growth is the process by which these nuclei attain macroscopic dimensions.

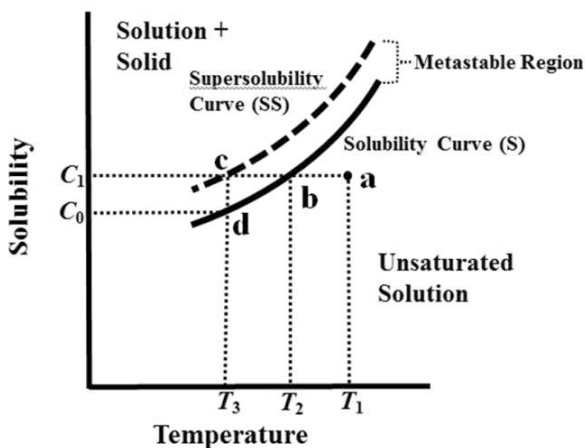


Fig.2 Method of achieving supersaturation in high-temperature solution by slow cooling.

As described above, a flux permits the growth to proceed at temperatures well below the melting point of the solute. This reduction in temperature is the principal advantage of flux growth. The reduction is desirable for the growth of a wide range of materials in the following categories:

- Materials which are incongruently melting
- Materials which have a very high melting point
- Materials which undergo a phase transition
- Materials which have a very high vapor pressure at the melting point
- Materials which have a very volatile constituent

Other advantages of flux growth are based on the fact that the growing crystal is not exposed to steep temperature gradients and that the crystal can grow free from mechanical or thermal strain into the solution. Therefore, well-formed crystals are grown. The disadvantages of the method are substitutional or interstitial incorporation of flux into the crystal, inclusions of flux or impurities, and a slow growth rate.

2.2 History^{1,6,9)}

A flux method which could be defined scientifically began with the growth of Na_2WO_3 crystals in the first half of the nineteenth century¹⁹⁾. In the nineteenth century, as shown in Table 1, approximately 120 kinds of oxide crystals were grown. Among those, there are crystals which still attract attention as crystals today. However, at the beginning of the twentieth century, the Verneuil method by which large crystals could be grown, was developed, and the frequency with which the flux method was used decreased remarkably. In the 1950s after a blank of approximately half a century, the functions of crystals began to gain attention. The KF flux growth of BaTiO_3 butterfly type crystals²⁰⁾ gathered momentum, and the flux method regained popularity. Since that time, the advantages of the flux method have been used effectively to grow many types of functional crystals.

Table 1 List of the oxide crystals grown from fluxes during 19th century (The data were mainly collected from the work¹⁾ of Elwell and Scheel).

AlBO_3 , Al_2O_3 , Al_2SiO_5 , BaO , BaSO_4 , BaSeO_4 , BeAl_2O_4 , $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$, BeNaPO_4 , BeO , Be_2SiO_4 , Bi_2O_3 , $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8\text{-NaAlSi}_3\text{O}_8$ (ss), $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$, Ca_2O_6 , $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$, CaMoO_4 , $(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Al},\text{Mg})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_7]$, $\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_6\text{F}$, CaO , $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl})$, CaSO_4 , CaSeO_4 , CaSiO_3 , $\text{Ca}_2(\text{Ta},\text{Fe})_2\text{O}_7$, CaTiO_3 , CaTiSiO_5 , CaWO_4 , CdO , CePO_4 , CeO_2 , Co_3O_4 , Co_2SiO_4 , CoO , Cr_2O_3 , CuWO_4 , FeCr_2O_4 , $(\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4$, $(\text{Fe},\text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$, Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Fe_2SiO_4 , FeTiO_3 , FeWO_4 , KAlSiO_4 , KAlSi_2O_6 , KAlSi_3O_8 , $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{F}_2$, KFeSi_3O_8 , $\text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{F}_2$, $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{F}_2$, LiAlSiO_4 , $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$, MgAl_2O_4 , $\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$, MgCr_2O_4 , $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$, MgO , $\text{Mg}_2\text{PO}_4\text{F}$, MgSiO_3 , MgTiO_3 , $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, MnCr_2O_4 , $(\text{Mn},\text{Fe})\text{WO}_4$, MnO , Mn_3O_4 , MnSiO_3 , Mn_2SiO_4 , MnWO_4 , MoO_2 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, $\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{CaSO}_4$, $\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{NaCl}$, $\text{Na}_6\text{Al}_6\text{O}_{24} \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$, NaNbO_3 , $(\text{Na},\text{K})\text{AlSiO}_4$, Na_xWO_3 , Nb_2O_5 , NiO , Ni_2SiO_4 , $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$, PbCrO_4 , PbMoO_4 , PbO (Pb_3O_4 , PbO_2), $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, PbSO_4 , PbSeO_4 , $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$, PbWO_4 , SiO_2 (Quartz), SiO_2 (Tridymite), SiO_2 (Cristobalite), SiP_2O_7 , SnO_2 , SnP_2O_7 , SrO , SrSO_4 , SrSeO_4 , Ta_2O_5 , ThO_2 , ThP_2O_7 , TiO_2 (Rutile), TiO_2 (Anatase), TiO_2 (Brookite), TiP_2O_7 , UO_2 , WO_3 , YPO_4 , ZnAl_2O_4 , ZnCr_2O_4 , ZnFe_2O_4 , ZnO , ZnSeO_4 , ZnSiO_3 , Zn_2SiO_4 , ZrO_2 , ZrP_2O_7 , ZrSiO_4
--

2.3 Choice of Flux

Suitable and unsuitable combinations of crystal-flux systems determine whether crystals will develop or not. Choosing an appropriate flux will grow high quality crystals. In crystal growth experiments using the flux method, the flux choice is the most basic and important.

In flux growth, the process from dissolution to crystallization must be carried out. From the solubility point, a good flux should be chemically similar regarding the type of bonding to the solute. On the other hand, crystal-chemical differences should exist in order to prevent solid solubility between the solute and flux. For flux, it is required that there are some similarities and differences with the solute. Utilizing our knowledge of chemical properties, if we research the relationship between the crystals and fluxes, chances of finding an appropriate flux are greater.

The choice of flux is difficult because very little work has been done to date concerning the solubility of the solute in flux at high temperatures. There are no established rules in the flux choice. Generally, we make choices considering past growth examples, and past trial and error. Chapter 10 in reference 1 is particularly useful. If a phase diagram of the crystal to flux is available, it provides valuable information for flux choice, and even decides the mixture composition and temperature conditions. If there are no previous examples or phase diagrams, choices are often made based on past growth examples of compound crystals similar to the intended crystals, and through a process of trial and error. On the other hand, a guide to the choice of suitable fluxes based on chemical knowledge has been proposed^{4,6,21}. The guiding principle can also be used in the evaluation of flux choices dependent on experience.

2.4 Experimental

In flux growth experiments of oxide crystals, it is not necessary to control the atmosphere of the growing crystals. By keeping environmental impact to an absolute minimum, the aim is to grow high quality crystals safely. The workshop or laboratory should be kept in order, and attention must be paid to ventilation. Care must also be taken to avoid electric shock. Care must also be taken with the reagent used as a solute or flux, and must be used correctly. Wherever possible, a non-toxic, easy to handle reagent should be used. Extreme caution should be exercised when the reagent is hazardous or toxic.

An electric furnace is required for flux growth experiments. To operate an electric furnace, an attached temperature controller is convenient. Platinum crucibles are standard vessels for holding high-temperature solutions. The Pt crucible is placed in a larger porcelain crucible, and by placing alumina powder in the space between the two, it is possible to avoid breakage or damage of the Pt crucible. Even if the high-temperature solution leaks, the alumina powder will absorb it, keeping contamination of the electric furnace to a minimum.

In flux growth experiments, reagent-grade chemicals are used. The mixture (solute + flux) is put into the Pt crucible, and then the crucible is placed into the electric furnace. The furnace is heated to a temperature (usually between 900 and 1300°C), and then held at that temperature for a fixed time. Supersaturation can be obtained by (A) slow cooling, (B) flux evaporation, or (C) temperature gradient techniques.

(A) Slow cooling technique:

This is the most frequently used technique. The high-temperature solution which has been held at a high temperature

is cooled at a rate of 1-10°C/h. After that, the electric furnace is turned off, and the solution is cooled. The solidified flux is dissolved in warm water, acid, or alkali. Crystals grown are obtained.

(B) Flux evaporation technique:

The flux is slowly evaporated from the high-temperature solution held at a controlled temperature. The crystal products are separated from the flux by dissolving flux in a similar manner as above.

(C) The temperature gradient technique:

A temperature difference is induced on the high-temperature solution. The nutrient is placed in the high temperature part, and seed crystals attached to Pt wire are placed in the low-temperature part. The temperature difference is held for a long period of time. The nutrient dissolved at a high temperature is transferred into the low temperature part by diffusion or heat convection, and grows over the seed crystals. The crystals which have grown are lifted out from the solution.

3. NEW DEVELOPMENTS IN FLUX METHOD

Oxide crystals for industrial use are often desired in thin film form. High quality thin film crystal is sought in various fields. The author *et al.* developed a new method of thin film crystal growth which applied the flux method skillfully¹⁴. That technique provides many ingenious methods in the supply of solutes²²⁻²⁵ and the pursuit of low temperature flux.

(A) Solute supply from the crucible (for example, ruby $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ crystals)^{22,23}

The solute feeder does not depend on the reagent. Al_2O_3 dissolved in MoO_3 flux from alumina polycrystalline crucible is used as a solute. The high temperature solution is made to crystallize ruby crystals directly on the substrate (crucible wall). The surface of the alumina polycrystalline crucible which is the solute supply source, is coated with ruby crystal aggregates. Figure 3 shows an example of a thin film composed of small ruby crystal aggregates coating an alumina crucible. If an alumina polycrystalline substance can be immersed in an MoO_3 high temperature solution, regardless of its form, it can be coated.



Fig.3 Photograph showing the alumina crucible covered with ruby thin film.

(B) Solute supply from metals (for example, NaTaO_3 crystals)²⁴

A chemical reaction between the metal and flux occurs, and the metal is used as a part of the solute. An NaNO_3 aqueous solution is placed on a sodium tantalum substrate, heated and

cooled. At this point, the tantalum causes a chemical reaction and begins to dissolve, and minute NaTaO_3 crystals grow on the substrate, forming a thin film. The tantalum plays a role in a part of the solute and the substrate. In this case, a part of the flux is also incorporated as the solute.

(C) Solute supply from pastes (for example, hydroxyapatite $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ crystals)²⁵⁾

Since hydroxyapatite [$\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$] is dehydrated by heating to a high temperature, crystal growth is difficult. The KNO_3 - LiNO_3 system with its extremely low eutectic temperature (approximately 125°C) was chosen as flux. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and KOH were used as solute. Water was added to a mixture of solute and flux to make a paste, and this was applied to titanium substrates. This was then heated to 300°C , and cooled. Extremely long whiskers of hydroxyapatite grew directly on the Ti substrates. The thin film was composed of whiskers grown on the Ti surface.

4. EXAMPLES OF FLUX-GROWN CRYSTALS

Flux growth is a method by which oxide crystals may be obtained with less sophisticated equipment. A flux permits the growth to proceed at temperatures well below the melting point of the solute. A reduction in the temperature is desirable for the growth of a wide range of oxide crystals. Another advantage of flux growth is that the well-formed crystals are grown.

The author *et al.* successfully grew more than 100 kinds of oxide crystals over a period of about 45 years. Typical examples are shown in Table 2. Obviously, a wide range of crystals were grown utilizing the advantage of flux method. Oxide crystals such as simple oxides, double oxides, borates, manganates, molybdates, niobates, phosphates, silicates, tantalates, titanates, tungstates, and so on were grown. Ruby ($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}$) and emerald ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}\cdot\text{Cr}$) crystals known as beautiful and attractive gemstones were grown from MoO_3 -based fluxes.

Several examples of crystals grown from various fluxes are shown in Figs.4-10. Figure 4 shows the perovskite (CaTiO_3) crystal grown from KF flux. The basic form was a hexahedron bounded by well-developed faces. The color of the crystals was light blue or brown. Colorless to pale brownish CaNb_2O_6 crystals grown from $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ flux are shown in Fig.5. The basic form of grown crystals was a hexagonal plate. Figure 6 shows the $\text{K}_2\text{Ti}_4\text{O}_9$ whiskers (needle-like crystals) grown from

Table 2 Typical examples of the oxide crystals grown by the author *et al.*.

Al_2O_3 ,	$\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}$,	$\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ni}$,	$\text{Ba}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$,	BaWO_4 ,
$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}\cdot\text{Cr}$,	Ca_2ClPO_4 ,	$\text{Ca}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$,	$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$,	CaKPO_4 ,
$\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$,	CaMoO_4 ,	$\text{CaMoO}_4\cdot\text{Nd}$,	CaNb_2O_6 ,	CaTiO_3 ,
CaWO_4 ,	$\text{ErAl}_3(\text{BO}_3)_4$,	Fe_2TiO_5 ,	Gd_3RuO_7 ,	Gd_2SiO_5 ,
$\text{H}_2\text{Ti}_{12}\text{O}_{25}$,	KAlSi_2O_6 ,	KNb_3O_8 ,	$\text{K}_2\text{Ti}_4\text{O}_9$,	$\text{K}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$,
$\text{KNd}(\text{WO}_4)_2$,	$\text{K}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$,	KTiNbO_5 ,	KTi_3NbO_9 ,	La_2TiO_5 ,
$\text{La}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$,	LaTiO_2N ,	$\text{LiCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$,	LiCoO_2 ,	LiGaO_2 ,
LiGa_5O_8 ,	$\text{Li}_5\text{La}_3\text{Nb}_2\text{O}_{12}$,	LiMn_2O_4 ,	LiNbO_3 ,	$\text{LiNd}(\text{WO}_4)_2$,
$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$,	MgGa_2O_4 ,	$\text{MgNdB}_5\text{O}_{10}$,	MgWO_4 ,	MoO_2 ,
MoO_3 ,	MgNb_2O_6 ,	$\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Nb}_4\text{O}_{13}$,	$\text{NaGd}(\text{MoO}_4)_2$,	NaGdSiO_4 ,
$\text{NaGd}(\text{WO}_4)_2$,	$\text{NaLa}(\text{MoO}_4)_2$,	$\text{NaLa}(\text{WO}_4)_2$,	$\text{Na}(\text{La},\text{Nd})(\text{WO}_4)_2$,	NaNbO_3 ,
$\text{NaNd}(\text{MoO}_4)_2$,	$\text{NaNd}(\text{WO}_4)_2$,	NaTaO_3 ,	$\text{NaTaO}_3\cdot\text{La}$,	$\text{Na}_2\text{Ta}_4\text{O}_{11}$,
$\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$,	$\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$,	Na_xWO_3 ,	$\text{Na}_{0.025}\text{WO}_3$,	$\text{Na}_2\text{W}_4\text{O}_{13}$,
Nb_2O_5 ,	$\text{NdAl}_3(\text{BO}_3)_4$,	NiWO_4 ,	PbMoO_4 ,	$\text{Rb}_3\text{Ta}_5\text{O}_{14}$,
$\text{Sr}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$,	SrSnO_3 ,	$\text{Sr}_2\text{Ta}_2\text{O}_7$,	SrTaO_2N ,	SrTiO_3 ,
$\text{YF}_{1-x}\text{O}_{1+2x}\cdot\text{Er}$,	$\text{Yb}(\text{PO}_4)_3\cdot\text{Er}$,	ZnO ,	ZnWO_4	

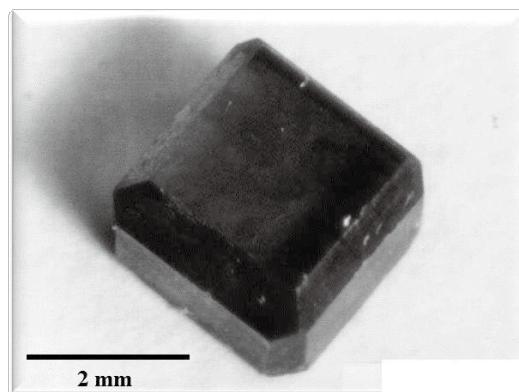


Fig.4 Photograph showing CaTiO_3 crystal grown from KF flux.

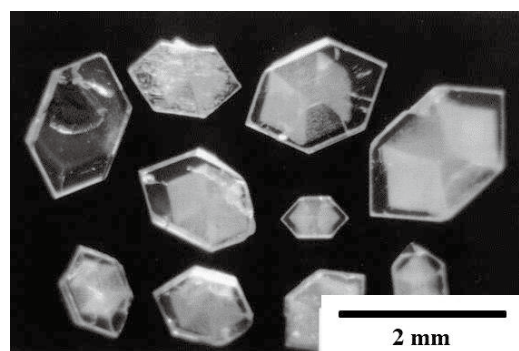


Fig.5 Photograph showing CaNb_2O_6 crystals grown from $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ flux.

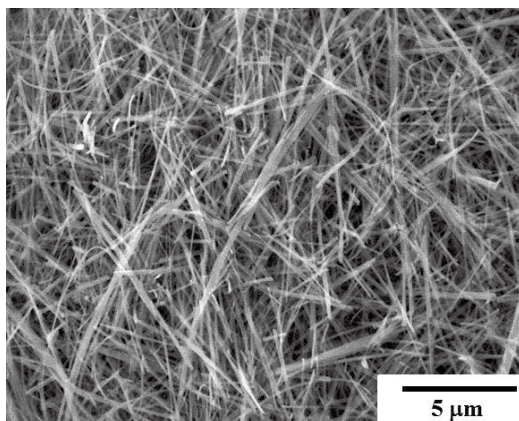


Fig.6 SEM photograph showing $\text{K}_2\text{Ti}_4\text{O}_9$ whiskers grown from KCl flux.

KCl flux. The crystals were colorless and transparent. Figure 7 shows the SrTiO_3 crystals grown from SrCl_2 crystals. The crystal shape was cube-like. The crystals were yellowish and transparent. Figure 8 shows the $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Nb}_4\text{O}_{13}$ crystals grown from Na_2SO_4 flux. The form of grown crystals was a rectangular thin plate. The obtained crystals were colorless and transparent. Figure 9 shows the NaTaO_3 crystals grown from NaCl flux. The form of grown crystals was a cube with well-developed smooth faces and rounded corners. The crystals were colorless and transparent. Figure 10 shows the KNb_3O_8 crystals grown from KCl flux. The form of crystals was prism-like or plate-like. The grown crystals were colorless and transparent.

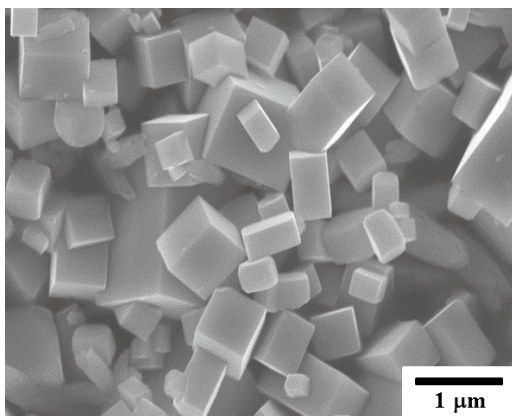


Fig.7 SEM photograph showing SrTiO₃ crystals grown from SrCl₂ flux.

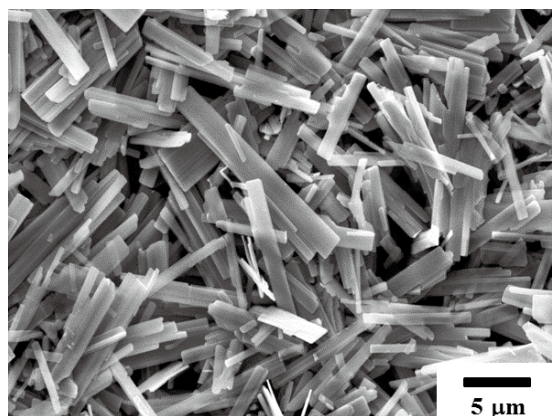


Fig.10 SEM photograph showing KNb₃O₈ crystals grown from KCl flux.

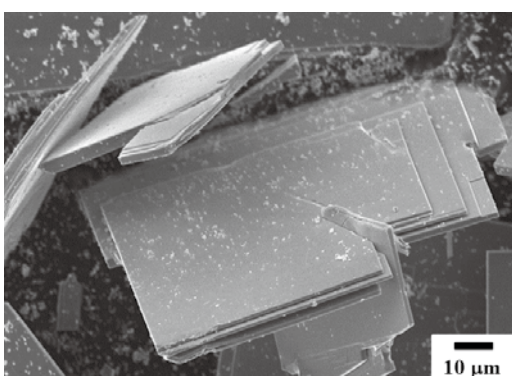


Fig.8 SEM photograph showing Na₂Ca₂Nb₄O₁₃ crystals grown from Na₂SO₄ flux.

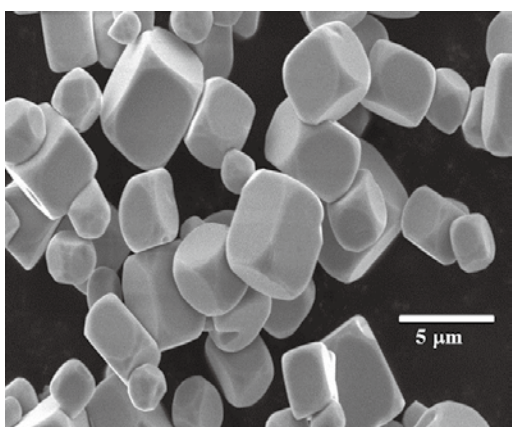


Fig.9 SEM photograph showing NaTaO₃ crystals grown from NaCl flux.

5. CONCLUSIONS

The flux method is a crystal growth technique that has been used for a considerable time, in which crystal growth occurs at a far lower temperature than melting point of crystal. The crystals grown are bounded by well-developed flat faces. The equipment used in flux growth is simple and easy-to-use. Many kinds of highly functional oxide crystals have been grown utilizing the advantages of the flux method. Recently, thin oxide film growth techniques have been developed utilizing modified flux method.

It is likely that flux method will continue to have an important role in the field of crystal materials science.

Acknowledgements

This work was partially supported by JSPS Grant-in-Aid for Scientific Research (C) No.18K05272.

References

- 1) D. Elwell, H. J. Scheel, "Crystal Growth from High-Temperature Solutions", Academic Press, London, (1975).
- 2) For example, D. Elwell, B. N. Neate: Mechanisms of crystal growth from fluxed melts; *J. Cryst. Growth*, **6**, 1499-1519 (1971).
- 3) S. Oishi, "Handbook of Ceramics, 2nd Edition", ed. by The Ceramic Society of Japan, Gihodo Shuppan, Tokyo, 251-252 (2002).
- 4) S. Oishi, "Yoeki karano Kessho Seicho", ed. by K. Sato, Kyoritsu Shuppan, Tokyo, 107-127 (2002).
- 5) S. Oishi, "Crystal Growth Technology", ed. by K. Byrappa, T. Ohachi, William Andrew Inc., New York, Springer-Verlag, Berlin, 561-580 (2003).
- 6) S. Oishi, T. Shishido, K. Teshima, "Furakkusu Kessho Seicho no Hanashi", Nikkan Kogyo Shinbunsha, Tokyo, 1-135 (2010).
- 7) S. Oishi: A simple method of growing emerald crystals; *Seramikkusu*, **29**, 5, 417-420 (1994).
- 8) S. Oishi: Growth of oxide crystals from a sodium chloride flux; *J. Soc. Inorg. Mater., Japan*, **10**, 305, 268-273 (2003).
- 9) S.Oishi, K.Teshima: Flux growth and its history; *J. Flux Growth*, **2**, 1, 2-8 (2007).
- 10) S.Oishi, K.Teshima: Flux growth of corundum crystals; *J. Flux Growth*, **2**, 2, 70-74 (2007).
- 11) S. Oishi, K. Teshima: Flux coating of ruby crystal films; *J. Soc. Inorg. Mater., Japan*, **16**, 338, 3-7 (2009).
- 12) S. Oishi, K. Teshima: Molybdenum trioxide flux growth of ruby crystal films; *Ceramic Data Book*, **37**, 91, 114-116 (2009/10).
- 13) S. Oishi, K. Teshima, Y. Moriya, T. Takata, K. Domen: Flux growth of small crystals of high quality – A new advantage of flux method – ; *J. Soc. Inorg. Mater., Japan*, **19**, 357, 133- 137 (2012).
- 14) S. Oishi, K. Teshima, H. Wagata: Crystal growth of oxides from fluxes; *Taikabutsu*, **64**, 12, 568-573 (2012).
- 15) K. Teshima, H. Wagata, S. Suzuki, N. Zettsu, S. Oishi: Flux growth of visible-light-sensitive photocatalytic crystals; *Shokubai*, **56**, 1, 20-26 (2014).

- 16) K. Teshima, Y. Mizuno, H. Wagata, N. Zetsu, S. Oishi: Design of functional crystal layers via nature-mimetic crystal growth technique "Flux Method"; *Seramikkusu*, **49**, 5, 372-375 (2014).
- 17) K. Teshima, N. Zetsu, H. Wagata, S. Oishi: Nature-mimetic flux innovation of functional inorganic crystals and layers for green energy & environmental materials; *J. Jpn. Soc. Powder Metallurgy*, **61**, 9, 454-459 (2014).
- 18) K. Teshima, S. Oishi, N. Zetsu: Fabrication of functional crystalline layers by environmentally friendly flux processes; *Seramikkusu*, **51**, 8, 478-482 (2016).
- 19) F. Wöhler: Sur le tungstene, *Ann. Chim. Phys.*, 43-53 (1825).
- 20) J. P. Remeika: A method for growing barium titanate single crystals; *J. Am. Chem. Soc.*, **76**, 940-941 (1954).
- 21) S. Oishi, I. Tate, S. Hirano, S. Naka: Choice of fluxes for the crystal growth of oxides from high-temperature solutions; *Nippon Kagaku Kaishi*, **1984**, 5, 685-690 (1984).
- 22) K. Teshima, A. Takano, T. Suzuki, S. Oishi: Unique coating of ruby crystals on an aluminum oxide wall by flux evaporation; *Chem. Lett.*, **34**, 12, 1620-1621 (2005).
- 23) S. Oishi, S. Suzuki, K. Teshima: Ruby coating experiment for the beginners in flux growth; *J. Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology*, 1, 2-6 (2017).
- 24) S. Suzuki, K. Teshima, K. Yubuta, S. Ito, Y. Moriya, T. Takata, T. Shishido, K. Domen, S. Oishi: Direct fabrication and nitridation of a high-quality NaTaO₃ crystal layer onto a tantalum substrate; *CrystEngComm*, **14**, 7178-7183 (2012).
- 25) K. Teshima, H. Wagata, K. Sakurai, H. Enomoto, S. Mori, K. Yubuta, T. Shishido, S. Oishi: High-quality ultralong hydroxyapatite nanowhiskers grown directly on titanium surfaces by novel low-temperature flux coating method; *Cryst. Growth Des.*, **12**, 4890-4896 (2012).

【論文】

電磁ブレーキの応答特性に与える材質と表面処理の影響に関する検討

田中秀登*・中島篤矢*

Study on Influence of Materials and Surface Treatment to Give Response Characteristic of Electromagnetic Brake

Hideto TANAKA, Atsuya NAKAJIMA

あらまし 本研究は、モータ用の無励磁作動型の電磁ブレーキを対象としており、電磁石となるヨーク部分における材質と熱処理やメッキによって、吸引電圧と釈放電圧と吸引時間及び釈放時間の違いを調査した結果を報告する。これらは、電磁ブレーキの応答性を示すもので、最適条件を把握し設計を行うことで、より低い電圧による駆動が可能となり低消費電力につながるものである。

Summary In this research, we report the result of examining the difference between the pull in voltage, the release voltage, the pull in time and the release time by material, heat treatment and plating at the yoke portion which is the electromagnet of the non-excitation type electromagnetic brake for the motor. These are indicative of the response of the electromagnetic brake, and it is possible to drive with a lower voltage by grasping optimum conditions and designing, which leads to low power consumption.

Key Words : Electromagnetic Brake, Pull in Voltage, Release Voltage

1. ま え が き

メカトロニクス要素には、さらなる高精度化と低消費電力化などが求められる。電磁ブレーキにおいては、より低い電圧にてアーマチュアを吸引することで、電磁石の磁力を効率よく得たことになる。また、供給電圧を下げることが可能となり、低消費電力ともなる。釈放電圧においては、高い電圧値であるほどブレーキの制御遅れが少なくなる。そのため特性として、吸引電圧が小さく釈放電圧が大きいほど性能が良いとされている。

電磁ブレーキの構造を Fig.1¹⁾に示す。これは、オリエンタルモータ株式会社によってホームページに公開されている電磁ブレーキの構造図を参考に書き換えたものである。プレートとアーマチュアの間にはブレーキライニングが挟まれており、アーマチュアは、コイルスプリングによってプレート側へ押し付けられる状態となっており、プレートとブレーキライニング間で摩擦力が発生し、モータ軸の回転運動を停止させる方向に作用する制動力として働く。電磁

コイルは、ヨークに収められており、直流電圧 (DC24V) を印加すると電磁石となり、コイルスプリングの抗力に対抗してアーマチュアを電磁石の吸引力によって引き寄せ、プレートとブレーキライニングの間に隙間ができ、摩擦力が発生しない状態となる。

電磁ブレーキは、停電や装置停止状態における無通電状態でのモータ軸位置の保持や非常状態におけるモータ軸に制動をかける用途に使用されている。

本研究では、電磁ブレーキの磁気特性を検討するため、ヨーク部分の材質を S10C, S45C 焼結材の3種類とし、熱処理とメッキによる違いについて調査した結果を報告する。

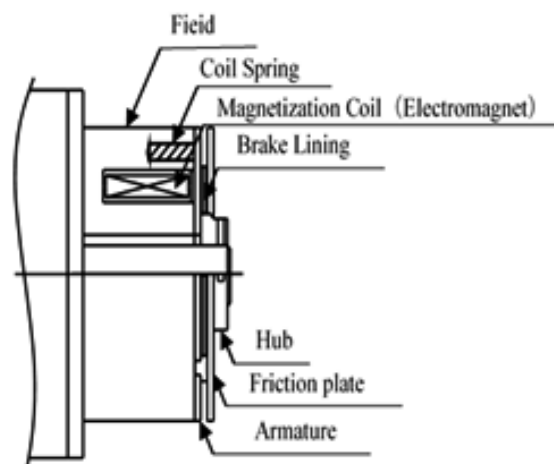


Fig.1 Structure of electromagnetic brake in the case of Oriental Motor Co., Ltd.

受理 2018年 9月 21日

採択 2018年 11月 20日

*長野県南信工科短期大学校 機械・生産技術科,
南箕輪村
Department of Machinery and Production Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

2. 測定試料

試料を Fig.2 に示す。ヨーク部分を柱状鋼からマシニングセンタ NV5000（森精機製作所製）を用いて製作したものである。Table 1 に試験材料の化学成分を示す。

電磁ブレーキの材質は、材料コストの安い炭素鋼を用いる傾向がある。よって試料の材質は炭素鋼2種類、入手可能な焼結材1種類で比較を行った。

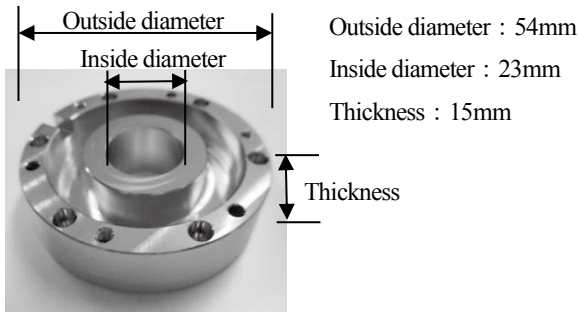


Fig.2 Appearance of the sample prepared by machining.

Table 1 The materials and chemical components [wt%].

Steel Class	C	Si	Mn	P	S	Pb
S10C	0.08 ~0.13	0.15 ~0.35	0.30 ~0.60	≦0.030	≦0.035	—
S45C	0.42 ~0.48	0.15 ~0.35	0.60 ~0.90	≦0.030	≦0.035	—
FM-20*	*	*	*	*	*	*

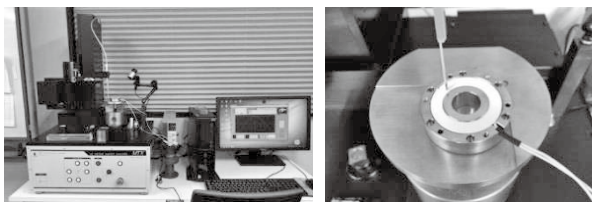
*: FM-20 は、住友電工焼結合金株式会社の商品名

3. 実験結果

下記の4つの方法により、特性比較を行った。

3. 1 コンターマップによる比較

3次元磁界ベクトル分布測定装置 MTX-5R（株式会社アイエムエス製）を用いて、電磁ブレーキのヨーク部分の外径φ54mmをX, Y方向へそれぞれ1mmピッチで測定を行う。この時、試料とセンサヘッドのギャップを0.5mm一定とした。計測環境の様子を Fig.3, 測定座標と磁束密度の検出方向を Fig.4 に示す。測定条件として、電磁コイルは同一品を使用している。



(a) Measurement environment. (b) Sample and stage.

Fig.3 Summary of the measuring equipment and method for the magnetic flux density.

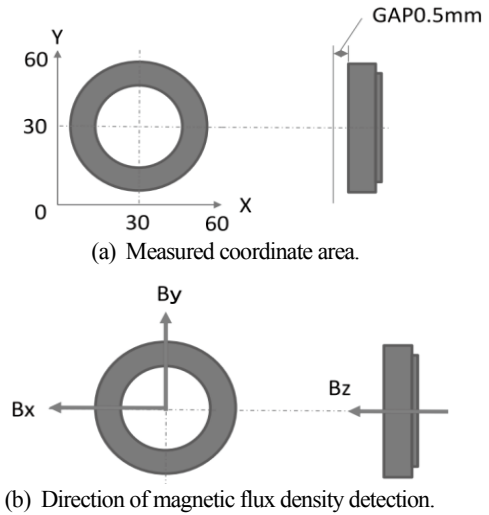


Fig.4 Illustration of the measurement coordinate and detection direction of the magnetic flux density.

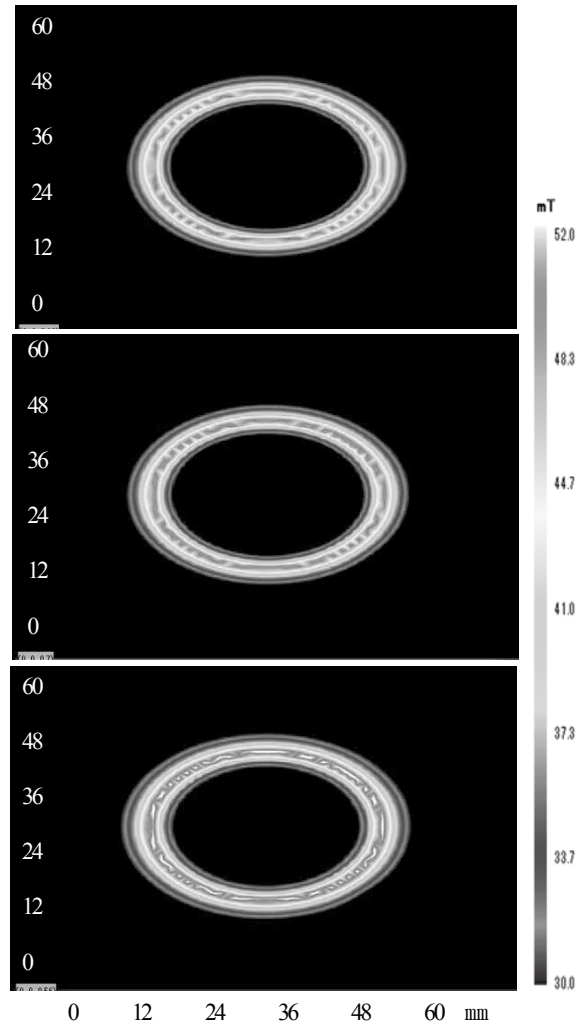


Fig.5 Collar mapping views of the magnetic flux density.

印加する直流電圧 DC24V を連続通電したときの温度上昇を考慮し、コイル電流を 0.19A の定電流とした。なお、電磁コイルの温度上昇は、抵抗法によって Max.78.7deg, 抵抗値

126 Ω と測定している。磁束密度を測定した結果は、比較しやすくするため X, Y, Z の 3 軸データを合成した。その結果を Fig.5 に示す。磁束密度は、高い順番に FM-20, S10C, S45C となった。

3. 2 吸引電圧/時間と釈放電圧/時間の比較

電磁クラッチ及び電磁ブレーキの試験方法の JIS B 1404-2 : 2005 に従って、吸引電圧, 釈放電圧, 吸引時間, 釈放時間の総合的な比較を行う。ここで、吸引とは、電磁コイルに流れる電流によって発生する磁力によって、アーマチュアを吸引することで、ブレーキライニングがプレートに押し付けられる状態から解放することであり、モータ軸を開放する状態を示す。また、釈放とは、電磁コイルによるアーマチュアを吸引している状態から、吸引していない状態となることで、モータ軸をブレーキライニングとプレートによって発生する摩擦力によって固定している状態を示している。Table 2 に測定結果を示す。

Table 2 Results of measurement of pull in and release voltage / time by JIS B 1404-2.

Sample	Pull in Voltage[V]	Release Voltage[V]	Pull in Time[ms]	Release Time[ms]
S45C	14.27	2.82	30.0	5.0
S10C	11.85	5.52	27.0	4.2
FM-20	10.11	7.27	24.4	3.4

吸引電圧は、低い電圧の方がより動作が早くなる方向であり良い特性である。同様に釈放電圧の場合は、高い電圧の方がより動作が早くなる方向であり、良い特性とされる。吸引時間と釈放時間においては、短い方動作が早く良い特性とされている。4つの特性項目について、FM-20, S10C, S45C の順となった。

3. 3 熱処理による比較

試料には、加工前の段階から残留応力が残存しているため、熱処理の影響比較を行う。熱処理の温度履歴を Fig.6 に示す。熱処理による材質の違いを分かりやすくするため、吸引電圧と釈放電圧について処理前と処理後の吸引電圧と釈放電圧を測定比較した結果を Table 3 に示す。

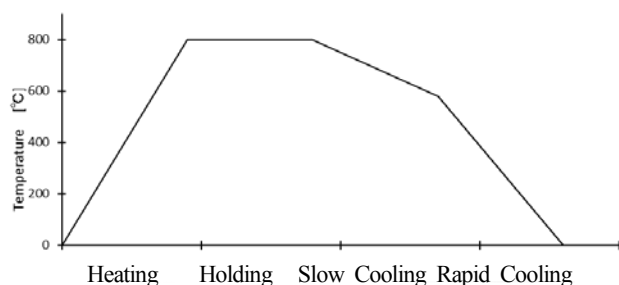


Fig.6 Heat-treatment profile for the removal of residual stress.

Table 3 Results of pull in / release voltage difference in before and after heat-treatment.

	S45C	S10C	FM-20
Pull in Voltage[V]	0.54	0.89	0.28
Release Voltage[V]	0.29	0.81	0.18

今回の試料においては、熱処理の効果が S10C, S45C, FM-20 の順番で大きく差が出ている結果となった。

3. 4 メッキ処理による比較

メッキの種類としては、防錆処理として用いられる三価クロメート処理とした。平均の膜厚は、3.64 μm である。メッキ処理の違いを分かりやすくするため、メッキ処理前とメッキ処理後の吸引電圧及び釈放電圧の差として Table 4 に示す。メッキ処理の前後による差が大きい材質としては、FM-20, S45C, S10C の順番となった。

Table 4 Results of pull in / release voltage difference in before and after plating processing.

	S45C	S10C	FM-20
Pull in Voltage[V]	0.41	0.26	1.17
Release Voltage[V]	0.04	0.07	2.74

4. 考察

4. 1 材質の違いについて

炭素含有量による磁性の変化については、透磁率は炭素含有率の増加にともない急激に減少し、保磁力は急速にほぼ直線的な増加を示すことが報告されている²⁾。また、軟磁性材料の磁気特性は、材料が有する磁気モーメントの大きさと磁化過程における磁壁移動への抵抗力に強く依存する。強磁性を発現する磁気モーメントの主たる担い手は体心立方構造のフェライト相である。斜方晶のセメンタイトも強磁性体であるが、フェライト相に比べて磁気モーメントは非常に小さく、悪影響を及ぼす側面が強い。したがって、一般に磁気特性には炭素量の影響が顕著に表れるとされている³⁾。

4. 2 熱処理とメッキ処理の有無について

今回の比較では、素材の加工を行い測定した結果を処理前の特性としている。その後、熱処理やメッキ処理を行い処理後の測定を再度行い、その差に注目している。

熱処理の前後での比較結果より、S10C が試料の中では熱処理の効果が大きい結果となった。残留応力によるひずみにより、磁気モーメントが乱され、転位が磁壁の障害物として作用することから磁気特性の低下となっていると考

えられる⁴⁾。メッキ処理は、FM-20 が最も影響を受けている。FM-20 は、焼結体であるため、その内部に比較的多くのボイドが含まれることが予想される。メッキ液は、処理中に内部へ浸透し、その結果、磁気回路上の磁気抵抗を減少させる。この磁気抵抗の減少により磁力がより効率的に発生したと推測される。

5. む す び

電磁ブレーキの電磁力を向上させることで、低消費電力化を図ることを目指して、現在用いられている低炭素鋼をベースに特性の比較を行い、下記3点の結果を得た。

- (1) 磁気特性は、炭素含有量によって変化する。
- (2) 残留応力によるひずみによって、格子欠陥が発生して磁気回路上の磁気抵抗が増加して磁気特性に影響を与えていると推測される。(熱処理は必要)
- (3) メッキ処理による磁気特性の改善は小さい。

次世代版の電磁ブレーキを検討する上で、省電力化及び製造コストの低減も重要であり、材質の違いや熱処理、およびメッキによる違いを把握することは有効であると考えられる。

謝 辞

本研究は、南信工科短大振興会研究補助金により実施された。また、林エンジニアリング株式会社、サン工業株式会社、株式会社丸眞製作所による協力を基に研究が推進できたことに感謝します。

参 考 文 献

- 1) オリエンタルモータ株式会社, ホームページ
https://www.orientalmotor.co.jp/tech/reference/servo_motor05/
- 2) 加藤哲男, 富岡達也: 炭素鋼の磁性に及ぼす炭素量の影響; 電気製鋼, 38, 3, 107-114 (1965).
- 3) 山田 一, 鈴木健治, 水野 勉, 脇若弘之, 宮沢永次郎, 小林 学: 高速応答 LDM に用いる磁性材料についての一考察; 電学論 D, 115, 3, 301-306 (1995).
- 4) 坂田昌之, 千葉政道, 森田晋也: 純鉄系軟磁性材料の開発と磁場解析による効果検証; 神戸製鋼技報, 65, 2, 6-11 (2015).

技術講習会における応募者数の推移 —最終的な応募者数の予測と推定—

木下幸男*

Trend in Number of Applicants for Technical Seminar - Prediction and Estimation of Final Number of Applicants -

Yukio KINOSHITA*

あらまし 講習会の応募者を募る際、ある一定期間の応募状況から最終的な応募者数を推定できれば、追加の講習会を準備すべきか、さらに広範囲に募集を呼びかけるべきかなど、事前の対応が可能となる。本研究では、過去のデータを統計的に解析し、経過日数に対する応募者数の関係を近似式で表す試みを行った。その結果、経過日数に伴い応募者が指数関数的に減少することがわかり、最終的な応募者数の推定が可能となった。

Summary At stage of recruiting applicants for technical seminar, if it would be possible to estimate final number of applicants, we can make preparations in advance, i.e. planning additional seminars or calling for wider recruitment. In this work, we try to approximate the relationship between number of applicants and elapsed days by analyzing past data. As a result, it becomes clear that number of applicants decreases in an exponential manner to elapsed days, therefore estimating final number of applicants is realized.

Key Words : Technical Seminar, Number of Applicants, Transition, Prediction, Exponential, Poisson Distribution

1. ま え が き

何らかのイベントを企画して一般に募集案内を行う者にとって、最終的に応募者がどの位になるのかは気になるものである。本稿で取り上げたスキルアップ講座は、地域の在職者を対象とした講座であり、筆者はその企画・運営に携わってきた。その中で、いわゆる“手応え”のような感触を得ることがあった。例えば、募集開始後の数日間に多くの応募が集まり、「これは定員を超えるぞ」と予想できる場合がそれに該当する。

この手応えと最終的な応募者数との間には何らかの関係があるはずで、関係式が明らかになれば応募者数の予測が可能となり、予測が確かであれば早めの対応につながる。本稿は、ある一定期間の応募状況から最終的な応募者数を予測し、統計的に推定することを目的とした研究である。得られた結果をここに報告する。

2. データ分析

2.1 分析方法

平成 28 年度から 29 年度までの 2 年間に受講生を募集した全 60 講座について、講座ごとに募集開始日から締切日までの応募者数を日ごとに集計する。

このデータを元に、日にちの経過に対する全講座の応募者数合計の推移を関係式で表わす。

次に、一つの講座について、募集開始後の 1 週目を第 1 期間、2 週目を第 2 期間、それ以降も同様として、期間ごとの応募者数を最終応募者数で除した値を、その期間の応募者数期間割合として算出する。これを全講座について行ない、応募者数期間割合の平均の推移について最適な近似式を求める。

得られた近似式から、最終的な応募者数を、ポアソン分布を使って統計的に推定する。さらに、実際の最終応募者数が推定内にあるかどうかを確かめる。

2.2 全講座の応募者数の推移と規則性

Fig.1 は全 60 講座の応募者数の推移である。横軸は募集開始日からの経過日数、縦軸は全講座の応募者数の合計を表している。Fig.1 から、募集開始直後の 0～2 日目の間に応募者が多いことや、経過日数に伴い応募者数が徐々に減少していく様子がみとれる。

受理 2018 年 9 月 27 日
採択 2018 年 11 月 20 日

*長野県南信工科短期大学校,
南箕輪村
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

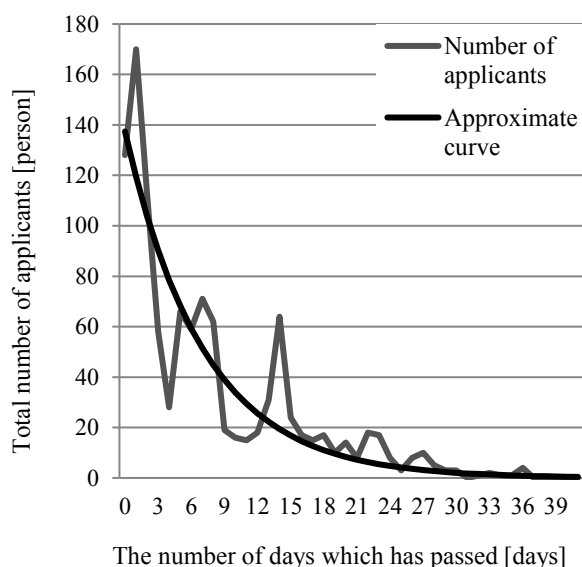


Fig.1 Trends in the number of applicants from the recruitment start date.

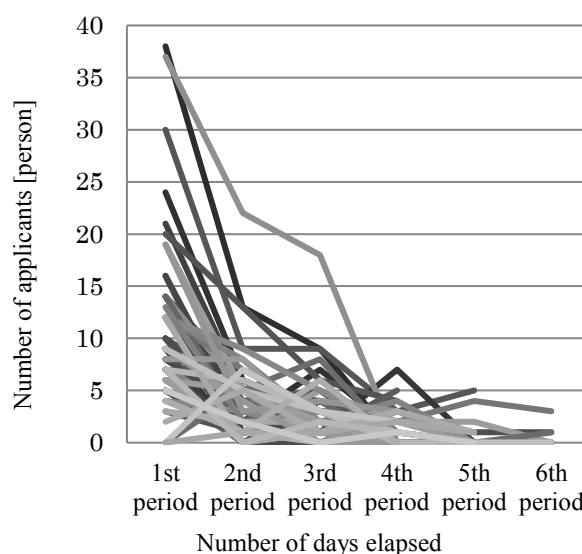


Fig.2 Trends in the number of applicants for each course.

関係式を探るために、直線、2次曲線、指数曲線、Bassモデル¹⁾の各近似を行った。その結果、実際のデータと近似式から求めた値との相関係数は、それぞれ 0.754, 0.864, 0.907, 0.906 となり、いわゆる近似式のあてはめ具合は指数曲線が最も優れていることがわかった。得られた関係は、(1)式ようになる。

$$f(t) = 137.380e^{-0.140t} \quad (1)$$

ここで、 t は経過日数、 $f(t)$ は t 日における応募者数である。なお本研究では、Microsoft Excel のソルバーを用いた最小二乗法により、各近似式の係数を算出した。

2.3 講座毎の応募者数の推移

Fig.2 は、講座毎に表した応募者数の推移である。ここでは、横軸の経過日数を1週間単位でまとめて0～6日目を第1期間、7～13日目を第2期間、それ以降も同様としている。この1週間単位のまとめは、平日と休日の影響を少なくすることと、1日ごとの変動を取り去るために行なった。なお、横軸を6週目の第6期間までとしたが、その理由は以下である。当校のスキルアップ講座では、募集期間を概ね1ヵ月間(4～5週間)としている。中には8週目を超える講座もあるが、6週目を超えての応募者数はこの2年間で合計10人であり、全講座を合わせた総応募者数1117人に比べて少ないため、7週目を以降は省略した。

Fig.2 から、全体の傾向として、それぞれの講座においても応募者数は経過日数に伴い徐々に減少している様子がわかる。

2.4 応募者数期間割合と規則性

Fig.2 のデータを元に、講座ごとの応募者数期間割合を算出した。これを Fig.3 に示す。Fig.3 の破線(---○---)は、全60コースの応募者数期間割合の平均の推移である。

応募者数期間割合の平均の推移について関係式を探るため、直線、2次曲線、指数曲線、Bassモデルの各近似を適用した。その結果、各期間割合の平均と近似式から求めた値との相関係数は、それぞれ 0.869, 0.969, 0.991, 0.989 となり、ここでも指数曲線が最も優れていることがわかった。得られた関係式は、(2)式ようになる。

$$P(x) = 1.231e^{-0.801x} \quad (2)$$

なお、この式の x は期間、 $P(x)$ は x における応募者数期間割合である。

3. 結果と考察

3.1 結果その1 —応募者数の予測と推定—

Table 1 は、式(2)から算出した各期間の応募者数期間割合の期待値である。Table 1 を使えば、最終的な応募者数の予測が可能となる。例えば、平成30年3月開催の『品質工学講習会(パラメータ設計編)』の応募者は、募集開始から1週間目の時点で7名であった。この値から、最終的な応募者数は12.7人(=7人÷0.553)と算出される。

さらに、当校講座への応募者数がポアソン分布に従うと仮定して、最終の応募者数を推定すると、95%信頼区間で6～19人となる。ここで、ポアソン分布を採用した理由を次に述べる。当校のスキルアップ講座の応募者数は、少な

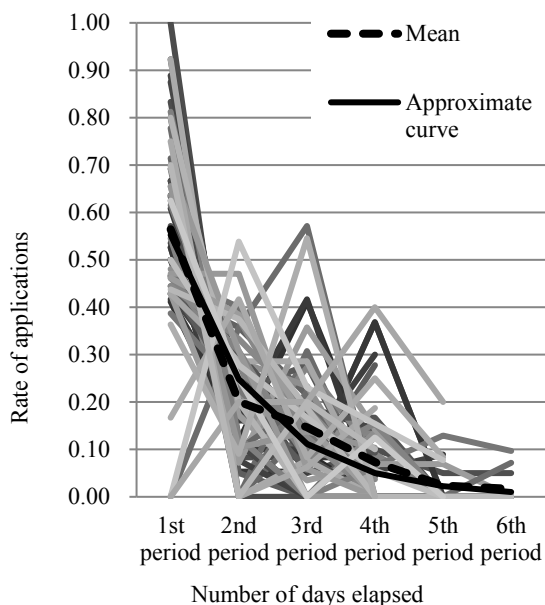


Fig.3 Rate of the number of applicants in each period.

い講座で5人, 多い講座で77人である。一方, 講習会の募集案内を見る人の総数は2000人を超えるものと推定される。仮に2000人とすると, 応募した確率は0.0025~0.0385となり小さな値といえる。このことから, 発生確率の小さな事象に適するポアソン分布を採用した。

なお, 募集案内を見る人の総数を2000人とした理由だが, 講習会の募集案内は企業あるいは個人に対して電子メールやファックスで送付され, その数は概ね700件である。1件の募集案内につき閲覧者は少なくとも1人以上, そこから職場内あるいは関連部署への転送や回覧を考えれば, 数倍から十数倍になると推定される。さらに, 講習会の情報は当校のホームページにも掲載され, 不特定多数の閲覧者がいるものと思われる。

次に, 最終の応募者数の推定方法を以下に示す。95%信頼区間の推定は, 以下のように行なった。単位時間当たり平均 λ 回発生するランダムな事象が, 単位時間に k 回起こる確率 $f(k; \lambda)$ は, ポアソン分布を用いて(3)式のように表すことができる²⁾。

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad (3)$$

(3)式で $\lambda = 12.7$, k を0, 1, 2, 3...と置いて順次計算し, 累積確率が2.5%および97.5%となる k の値を求めると, 6および19を得る。その他の講座についても同じように第1期間の応募者数から最終の応募者数を算出し, さらに95%信頼区間で推定すると, 60講座中53講座が推定範囲内に入ることがわかった。

Table 1 Expected rate of the number of applicants.

Period (x)	1	2	3	4	5	6
Expected rate $p(x)$	0.553	0.248	0.111	0.050	0.022	0.010

以上より, ある程度予測外れを容認すれば, 募集開始後の1週間目で最終応募者数を予測・推定し, より適切な対応が早めに行えるようになる。例えば, 定員を大きく超えそうな場合は同じ内容の講習会を追加で計画するとか, 定員割れが起きそうであれば再度募集を掛けるといった対応が可能となる。

3.2 結果その2 -募集期間の妥当性-

Table 1にみられるように, 第5期間および第6期間の応募者数期間割合は, それぞれ2.2%および1.0%である。当校が行う10~20名程度の募集では, 5週目以降の応募はあまり期待ができない。従って, 現在行っている募集期間が概ね1ヵ月間(4~5週間)というのは, 妥当な設定であることがわかる。

3.3 考察 -他への応用-

本稿の事例では, 募集開始後の経過日数と応募者数との関係が指数曲線で表わせることがわかった。ただ, 関係式(1)および(2), そして3.1の応募者数の予測と3.2の募集期間の妥当性は, 当校のスキルアップ講座特有であると考えられる。なぜなら, 応募者数は講習会の内容, 講習会の頻度, 応募する側の事業内容や業務内容, 募集案内をみる人の規模などに左右されるからである。

一方, 募集案内を多数回行って得られる“手応え”は, 本稿の事例に限ったものではないと考えられる。人が情報を得てから申込みに至るまでには, 一定の時間が必要である。この時間は人によって様々だが, 対象が大勢の人となり, 母集団が大きくなると, そこから何らかの関係を見出せる可能性が生じる。例えば, 講演などの申込み件数, コンサートのチケット販売件数, 新聞広告による商品の販売件数などである。データを取り分析することで, その関係が明らかになり, 得られる関係式はこれまでの経験を補うツールになると思われる。

4. む す び

長野県南信工科短期大学校のスキルアップ講座における応募状況のデータ分析から, 1週間を1期間とした応募者数期間割合が, 期間の経過に伴って指数関数的に減少することがわかった。ここで得られた関係式により, 最終的な応募者数の予測・推定が可能となり, 適切な対応が早めに行えることがわかった。また, 募集期間の妥当性も評価することができた。

謝 辞

本稿の執筆にあたり，数々の助言をいただいた長野県南信工科短期大学校の大石修治校長をはじめ，同校職員の皆様にはたいへんお世話になった。記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 石井健一：微分方程式型モデルによる普及現象の分析；行動計量学, 12, 1, 11-19 (1984).
- 2) 島谷健一郎，“ポアソン分布・ポアソン回帰・ポアソン過程”，近代科学社, 018 (2017).

平成 29 年度総合課題の取組み

横道正和*・中島一雄*・湯本和彦*・大工原裕之**

2017 Overall Manufacturing Study

Masakazu YOKOMICHI, Kazuo NAKAJIMA, Kazuhiko YUMOTO, Hiroyuki DAIKUHARA

1. ま え が き

南信工科短期大学校では、平成 28 年度に引き続いて 29 年度も、ものづくりのテーマ提案から設計・製作・発表までを学生が主体となっていくカリキュラムである「総合課題」を実施した。取り組んだ学生は、機械・生産技術科と電気・制御技術科の 1 年生である。

平成 29 年度に取り組んだテーマを Table 1 に示す。

このうち、No.1, 3, 4, 6 については本誌別稿に譲り、本稿では No.2, 5, 7 について取り組みの状況を報告する。

Table 1 Themes of 2017 overall manufacturing study.

No.	テーマ名	内容
1	M-POV	バーサライタ
2	OVAL RIDE	電動立ち乗り一輪車
3	ムシロー	草むしりロボット
4	電動アシスト車いす	手動車椅子に後付けできる電動アシスト機能
5	対戦型ピンボールゲーム	2 人対戦型ピンボールマシン
6	電動バイク	Ene-1 グランプリ出場のための電動バイク
7	WALL CLIMBER	壁登りロボット

受理 2018 年 10 月 9 日

採択 2018 年 11 月 20 日

*長野県南信工科短期大学校 機械・生産技術科、南箕輪村

Department of Machinery and Production Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

**長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科、南箕輪村

Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

2. 各テーマの詳細

2. 1 OVAL RIDE

2. 1. 1 概要と製作のねらい

OVAL RIDE (オーバルライド) とは、セグウェイのような一人乗りの電動立ち乗り車両である。セグウェイとの違いとしてラグビーボール形状の車輪を持つ 1 輪車を構想し、走行時に車輪を左右に傾けて接地部分を円錐状にすることで、旋回が行えることを狙った。また操縦桿はなく乗員の重心移動によって操縦する。

本テーマには、機械・生産技術科の羽生大河君、小澤優斗君、林快政君、竹村智也君、電気・制御技術科の中村智哉君、竹内謙太君が参加し、羽生君がリーダーを務めた。また大工原及び横道が指導教員を務めた。

2. 1. 2 構造

ラグビーボール状の車輪を作成することが困難であったため、Fig.1 に示すように直径の異なる 6 個のタイヤを組み合わせてひとつに固定し、包絡線がラグビーボール形状となる車輪とした。

モータから車輪への動力伝達はタイミングベルトを介して行っている。制御には Arduino 互換の Genuino101 を用いているが、この CPU ボードは 3 軸のジャイロセンサを内蔵しており、これにより前後方向への倒れの角速度を検出できる。この値とモータへの出力電流値により車両の姿勢を推定し、



Fig.1 Wheel.

Table 2 Specification of OVAL RIDE.

Motor	Brushless DC motor (BLH5100) Orientalmotor
CPU	Genuino101
Power supply	Ni-MH Battery 7.2 V×3
Wheel	φ 200×W350 (φ 200×2, φ 180×2, φ 130×2)

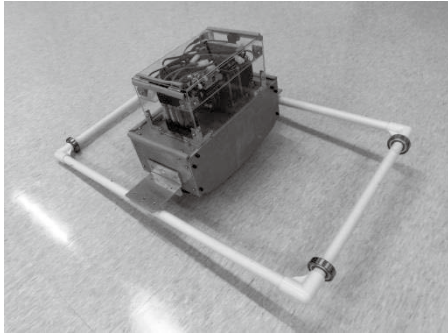


Fig.2 OVAL RIDE with bumper.

倒れないように自立させて走行する制御を行った。自立のための制御アルゴリズムは文献¹⁾に従っているが、制御定数は実験的に求めた。

2. 1. 3 技術的課題とその解決策

本機は倒立振り子であるため、開発中は自立が困難である。また重量物であるモータとバッテリーを本体上部に載せているので転倒すると大きく破損する可能性がある。そこで、本体を取り巻くように矩形の枠（バンパー）を取り付けて、転倒を防止した。

乗員は車輪を跨ぐ姿勢で搭乗する。搭乗した状態で、前後への重心移動による傾斜変化で速度コントロールを行い、左右に傾けることで旋回するという仕様である。しかし本機的设计時に学生は乗員と機体とのインターフェイスについて深く考慮しなかった。そのため、①電源 ON 後の自立制御の開始タイミング、②搭乗のタイミング、③前進や停止の明確な指示方法が問題になった。

①②については、電源 ON 後のシステム初期化終了時にモータにより機体を振動させて搭乗可能を知らせ、その5秒後に自立制御を開始するようにして、その間に搭乗するようにした。③については前後への傾きの変化で加速と停止を読み取るようにした。

2. 1. 4 製作結果

製作した機体の諸元を Table 2 に示す。また概観を Fig.2 に、搭乗状態を Fig.3 に示す。

Fig.3 で乗員が手にしているのは、操縦桿ではなく電源ボタンである。安定して乗り続けるためには乗員がバランスを微調整するより直立している方が良いということもわかった。



(a) With bumper.

(b) Without bumper.

Fig.3 Riding position.

しかし、搭乗した状態での加速と停止の制御は難しかった。停止状態からの走行開始も走行状態からの停止も機体の傾斜変化で指示するが、走行や停止を指示するための傾斜変化なのか、搭乗姿勢の乱れなのか、判別が困難なためである。乗員の意思を明確に伝える方法が必要と考える。

一方、左右への傾斜による旋回は Fig.3 (b)に示すように狙いどおり可能であることが分かった。ただし車輪の形状がラグビーボール形状ではなく多角形であるため、旋回半径を自由に変えるのは難しい。

以上の様に、操縦にはコツが必要であったが、学生同士で試乗すると好評であった。コツが必要なことで、かえって楽しめる乗り物になったと考えられる。

2. 2 対戦型ピンボールゲーム

2. 2. 1 概要と製作のねらい

校内イベント等で子供から大人までが楽しめるゲーム機として製作されたのが対戦型ピンボールである。ピンボールマシンの一種であるが、①2名で対戦して遊べる、②ゲーム内容や難易度を選択するための表示器を持つ、③イベント会場での持ち運びができる、というコンセプトで製作を行った。

本テーマには、機械・生産技術科の熊谷航汰君、清水康太君、山本ジュニア君、電気・制御技術科の唐木佑弥君、北原駿君が参加し、熊谷君がリーダーを務めた。また中島が指導教員を務めた。

2. 2. 2 構造

対戦型ピンボールの競技面は Fig.4 に示すとおり対角線方向に仕切られた二つの区画を持ち、プレイヤーはそれぞれ

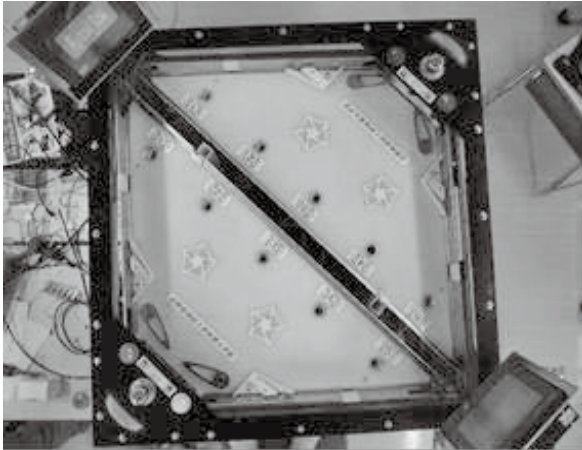


Fig.4 Pinball machine (topview).

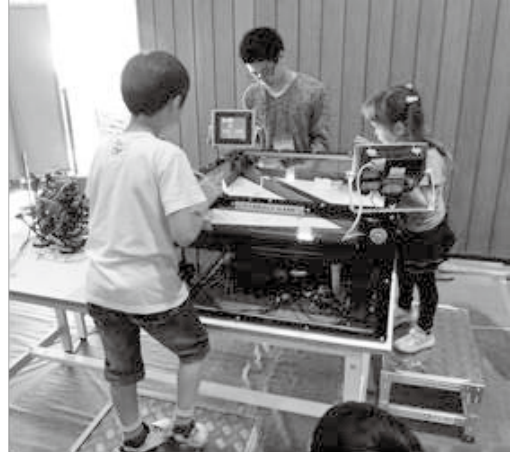


Fig.5 Playing scene.

Table 3 Specification of pinball machine.

Size	W700 × D700 × H400 (mm)	
Main controller	PLC (MELSEC Q00UJ) Mitsubishi Electric	Controller for sensors and actuators
Display	GOT (GOT1000 series) Mitsubishi Electric	Game select, level select, point display
Sub controller	Arduino UNO	Sound and motor control

れの区画の中でピンボールを行う。行えるゲームは、①シンプルゲーム、②底抜けゲームの2種類である。①は総得点を競うゲーム、②は①に相手の得点を減点できる機能を付加したゲームである。

2. 2. 3 課題とその解決

本機の製作にあたっては、初期に立てた計画や概要設計を、設計段階や加工設計段階に至るまで大きく変更することがあり、学生達自身も苦勞をしていた。この経験から、設計段階の入念な調査や調整、情報共有の重要性を学んだ様子である。

1学年次の年度末である平成30年3月の第1回総合課題成果発表会時に、ゲーム機としての最低限の機能は完成したが、電飾用LED輝度の設計変更などのための再配線が間に合わなかった。また、盤上で回転しながら球をはじく羽根の回転数制御、ゲーム内容、盤上に球を供給するエレベータ型ユニットの不具合など、改善すべき点が多く見られた。

その後、平成30年6月の第2回成果発表会及び9月に当校で開催される「人材ふれあいフェア2018」での展示に向けて、これらの点について種々の改善や改良を行った。

2. 2. 4 製作結果

製作した対戦型ピンボールの諸元を Table 3 に示す。

完成したゲーム機は「人材ふれあいフェア2018」で一般にお披露目され、Fig.5 に示すように多くの子供たちを楽しませた。遊具としてゲームが楽しめるだけでなく、音楽が流れる、華やかな電飾を持つなどの完成度により人気を集めたと考える。

2. 3 WALL CLIMBER

2. 3. 1 概要と製作のねらい

WALL CLIMBER とは、垂直の壁を登ることができるロボットである。橋梁などの点検や維持、高層ビルの窓拭きなどの作業を行うロボットを視野に入れて製作を行った。垂直の壁を登るだけでなく、更に壁から天井に移動できることを狙った。

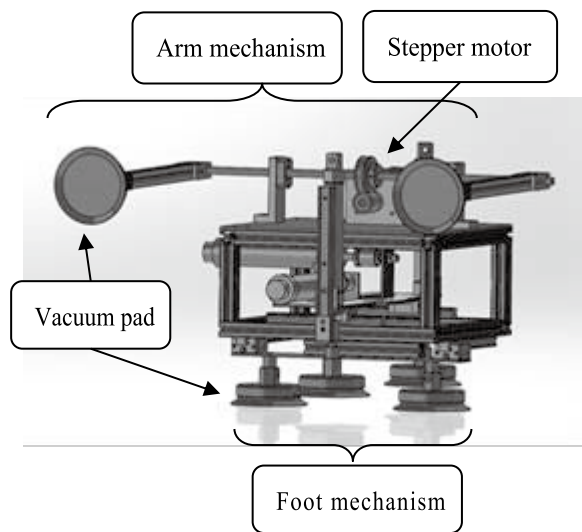


Fig.6 WALL CLIMBER (3D CAD).

本テーマには、電気・制御技術科の降幡光憲君、伊藤椋馬君、木下知輝君、機械・生産技術科の唐澤智也君、湯澤優之介君が参加し、降幡君がリーダーを務めた。また湯本が指導教員を務めた。

Table 4 Vacuum pad and vacuum generator.

Vacuum pad (VPB100RN01) Nihon PISCO	Size	φ 100 × H 63 (mm)
Vacuum generator (VYE05-666) Nihon PISCO	Operating pressure range	0.3~0.7 (MPa)
	Ultimate vacuum	90 (kPa)
	Air consumption	8 (L/min)

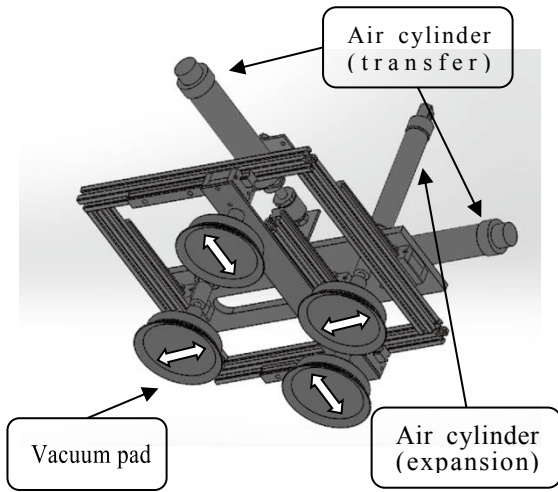


Fig.7 Foot mechanism (3D CAD).

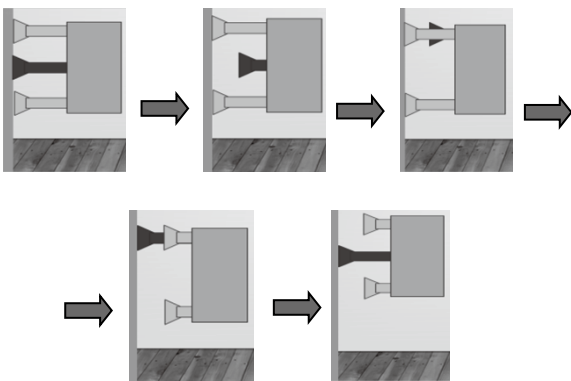


Fig.8 Image of transfer.

Table 5 Specification of WALL CLIMBER.

Size	W660 × D600 × H430 (mm)
Weight	14.7 (kg)
CPU	Arduino
Controller	Wireless type (Bluetooth)

2. 3. 2 構造

WALL CLIMBER は、Fig.6 に示すように真空パッドを備えた足機構とアーム機構を持っており、真空パッドを壁面に吸着させ移動する。真空パッドは、真空発生器で発生させた負圧を利用して対象に対し吸着する空気圧機器である。本機で使用した真空パッドを Table 4 に示す。

壁面を上下左右に移動する際は足機構を使用する。足機構は Fig.7 に示すように 2本の真空パッドを備えた機構 2組から成り、各々エアシリンダ (移動用) により移動動作する。また、内 1組はエアシリンダ (伸縮用) により足機構が吸着面に対し上下する。1組の吸着で自重を支えることが可能であるので、これらの機構を使い Fig.8 のように移動する。真空パッド及びエアシリンダ用のエアは外部のエアコンプレッサから供給する。

天井に移る際は、アーム機構の真空パッドを天井に吸着させた後、足機構の吸着を壁から離し、アーム機構で本体を 90° 旋回させる。そして足機構を天井に吸着させ天井へ移動する。なお、アーム機構の旋回にはステッピングモータを使用した。

また、カメラを搭載しており壁面の様子をリアルタイムで伝送でき、移動方向は無線で操縦する。

これら機体の諸元を Table 5 に示す。

2. 3. 3 技術的課題とその解決策

壁面を登る実験を行ったところ、1回目は登れたが2回目から動作不良になるという事態が生じた。原因は、足機構の一部品が強度不足で変形したためであった。本体重量が最初の見込みより増加したことと強度計算の不足によるもので、設計計算の重要性を知ることとなった。材質と部品の形状を変える対策により強度を向上させた。

2. 3. 4 製作結果

完成した WALL CLIMBER を Fig.9 に示す。校内の壁面でテストを繰り返して登壁動作を確認している。無線操縦により移動方向をコントロールすることができた。また、伝送されるカメラ画像により壁や天井を至近から確認することもできた。

しかしながら、平滑な面でないと十分な吸着が行えないこともわかった。また吸着力とロボットの重量で壁面が変形しない、剥落しないなど、壁自体の強度も必要である。

更に、壁から天井への移動については、動作は可能であったが、一層の確実性と天井の強度が必要である。

また、今回は機構の設計製作に多くの時間を割き、動作プログラムについて追求出来ず機体の操縦操作が複雑になってしまった。より簡潔に操作が可能な動作プログラムを検討する必要がある。

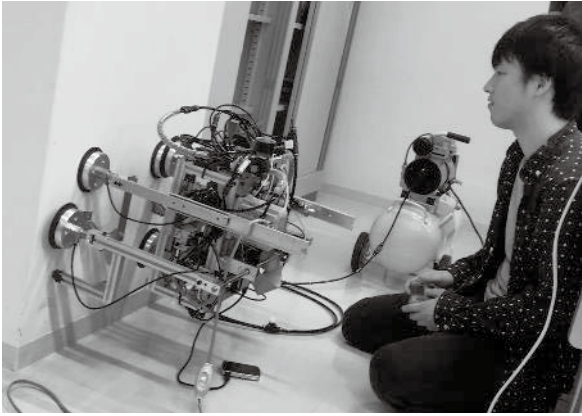


Fig.9 WALL CLIMBER.

安全性や確実性を担保する方法，本体重量の軽減，多様な壁の表面への対応など，今後のテーマを多く発見することができた。

3. む す び

2回目となった今回の総合課題においても，学生による様々なものづくりの提案がなされ，その中から学生自らがテーマを絞り，個々の参加テーマを決め，設計・製作・調整等に取り組んだ。完成までには，技術的・技能的な事柄をはじめ，グループ内での役割分担や進捗管理等の様々な問題が生じたが，いずれのグループもそれらを解決して完成に漕ぎ着けた。こうした経験により，学生は実際にものづくりを行う際に生じる様々な障害とその解決の道筋を体験的に学ぶことができたと考えている。今後，この経験を活かして粘り強い課題解決力を発揮していくことを期待したい。

参 考 文 献

- 1) 松本 治, 梶田秀司, 谷 和男: 移動ロボットの内界センサのみによる姿勢検出とその制御; 日本ロボット学会誌, 8, 5, 541-550 (1990).

総合課題「草むしりロボット」の紹介

千葉隆史*

Report on Making “Automatic Grass Pic Machine”

Takashi CHIBA

1. ま え が き

2年という短期間で実践的な技術者を育成する目的で設立された本校の特色が、1年次の総合課題である。これは複数人のチームで一つの物作りに取り組む活動で、チーム員は機械・生産技術科と電気・制御技術科との混成である。期間はおよそ4か月であるが、その間にインターンシップとして個々に企業実習に出向くため、分業のためのスケジュール管理や情報共有も重要となる。

開校から2年目も学生全員が提案したテーマから、投票で採択し、私が担当したチームのテーマが「草むしりロボット」であった。

本稿では、自動で草むしりをするというアイデアを実現するに至った、学生の取り組みの結晶を紹介する。なお、このテーマに取り組んだ学生は、機械・生産技術科の中山朋也君、増田大輝君、松村崇生君、電気・制御技術科の長島豪君、御子柴優君で、提案者は御子柴君、リーダーを増田君が務めた。

2. 草むしり機構の模索

今回のテーマは、草刈りではなく草むしりをする装置である。草刈りであれば、刃物を回転させたり往復運動させたりと、実際の草刈機や刈り払い機の原理を参考にできる。そこで、草むしり用の機器が考案されていないか調べるところから始めた。

市販の草むしり用具は、複数の杭が間隔を空けて束ねられた形状で、草の茎部分に差し込み回して引き抜くものと、フォーク状の爪を茎部分に差し込んで引き抜くものが大半であった。これらは、人の手で用いる道具だけでなく、電

動式の器具としても実用化されており、今回の開発では前者の回転式を参考にすることとした。

回転式の草抜き用具には、電動ドリル用ビットの形態の商品もある。杭部分を地面に突き刺し、電動ドリルを回転させて引き抜く仕組みである。地面には人間の力で突き刺す。一方今回の装置は自動で作業を行うことを目指しており、大きさとしては縦横高さがそれぞれ500mm程度の自走式車両と考えていたため、重量によって突き刺すことは困難である。

そこで、杭のような部分を穴あけ用のドリルとし、回転させることで、地面に容易に突き刺すことが可能となる。そしてドリルが地面に刺さった状態で、複数本束ねた部分全体を回転させながら引き抜くことで、草を茎から根までを丸ごと抜くことが可能と考えた。ドリルは今回3本とした。

2.1 草むしり機構の回転動作

草むしり動作では、地面に突き刺す段階と地面から引き抜く段階で、回転する部分が異なる。それぞれを別のモーターで駆動する場合、構造が複雑となる。そこで一つのモーターで二つの動作を実現しようと考えた。

そのために、ワンウェイクラッチを使用した。これはラチェット機構と同じ働きを持ち、内輪と外輪との動力伝達が一方だけとなる部品である。草むしり部分全体と駆動軸とをワンウェイクラッチで接合することで、引き抜く段階のみ動力を伝えることが可能となる。また、駆動軸と複数本のドリルとを歯車機構で動力伝達することで、ワンウェイクラッチに動力伝達しない回転方向で駆動すれば、ドリルのみが回転して地面に突き刺すことが可能となる。

Fig.1に、製作した草むしり機構を示す。

2.2 草むしり機構の上下動作

草むしり機構を地面に突き刺してから引き抜くためには、上下動が必要となる。できるだけ構造を簡素にするため、回転動作の駆動力を上下動にも用いる機構とした。

Fig.2に設計時のモデルと製作したギヤボックスを示す。モーターから草むしり機構までの間にウォームギヤを取り付け

受理 2018年10月12日
採択 2018年11月20日

*長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科、
南箕輪村
Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

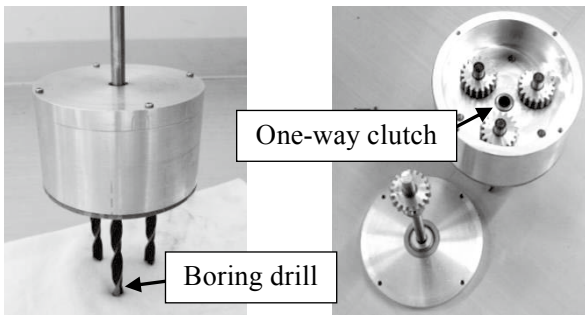


Fig.1 Tool for pulling out grass.

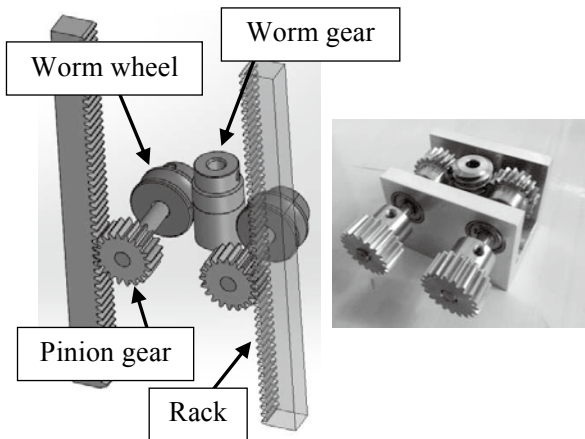


Fig.2 Up and down mechanism.

る。このウォームギヤからウォームホイールを経由して、ラック・アンド・ピニオン機構のピニオンを回すことで、上下動が実現する。

3. 草の検出

今回開発した草むしり機構によって茎から根ごと引き抜くためには、茎部分を中心として地面に突き刺すことが必要である。そこで、カメラによる画像認識によって、草の茎部分を狙って突き刺すことを目指した。

使用した機器等を Table 1 に示す。

Table 1 Equipment for image processing.

Controller	Raspberry Pi 3 Model B
Programming language	Processing 3
Camera	Buffalo BWC-130MH03A/SV

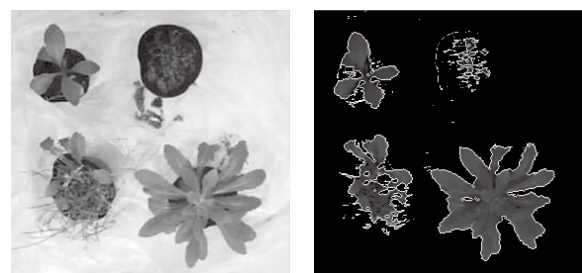
草の茎部分を上部からの撮影画像で認識することは難しい。そこで、草の茎がほぼ中心位置にあると仮定して処理を考えた。撮影画像から草の領域を抽出し重心位置を求め、これを草の中心とした。

重心位置の検出までの大まかな処理の流れは、以下の通りである。

1. 画像撮影
2. 色空間を HSV に変換
3. 草の色相に近い範囲で領域を抽出
4. 色を平滑化
5. 輪郭抽出により個体を識別
6. 輪郭の位置座標から重心位置を計算

コントローラの Raspberry Pi 3 に USB カメラを接続し、リアルタイムで画像を取り込み、上記の処理を行う。画像処理に Open CV 等を用いると、便利なライブラリが利用できるが、今回担当した学生は、アルゴリズムに基づいて、自ら処理をプログラミングした。

撮影画像と画像処理後の画像を Fig.3 に示す。



(a) Pre-processing image (b) Post-processing image

Fig.3 Image processing.

4. ロボット全体

雑草が生えるような土地でも、確実にグリップして移動ができ、前後左右への移動を容易に制御できる仕組みとして、クローラー（無限軌道）方式による駆動とした。模型工作用の市販品は、入手が容易である。しかし軟質プラスチック製であり、想定している大きさ・重さから考えて、使用は難しいと思われた。

そこで、戦車の模型で流用可能な市販品が無いか、インターネットサイトから探すことにした。プラスチック製では、強度の面で不安があったが、金属製のクローラーを用いた無線操縦方式の模型を見つけることができた。

この戦車模型の駆動部分を丸ごと利用するために、プラスチック製シャーシを切断し、必要な部分のみをアルミフレームと接合した。しかし、模型に組み込まれていた駆動系では速度が速過ぎたため、これを取り外し、別のギヤヘッド付きモータに変更して駆動輪に取り付けた。アルミフレームと駆動系とを接合した状態を Fig.4 に示す。

駆動系や草むしり機構の動作は、画像処理用のコントローラである Raspberry Pi からの指令により制御している。画像処理で得られた草の中心位置と草むしり機構の位置が一致するよう微調整で動かした後、草むしり動作を実行する。

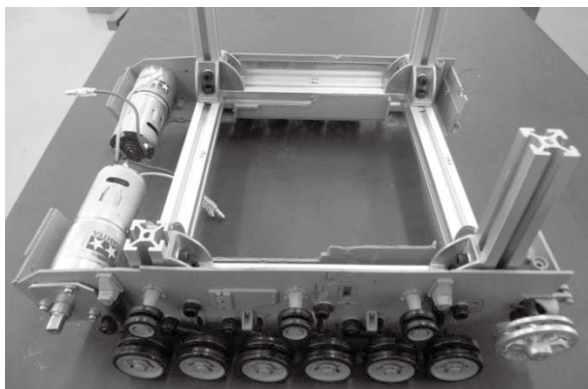


Fig.4 Drivetrain with aluminum frame.

製作した草むしりロボット全体を Fig.5 に示す。草むしり機構を駆動するモータを一つでまかなうことにしたが、重量のせいで上下動の力が不足した。力を上げるために減速比を大きくすると、動作が遅くなってしまふ。

その対策として、草むしり機構に対するカウンターウェイトとしてバッテリーケースをワイヤーでつなぎ、フレーム上部に設置したローラーを介して吊り下げる構造とした。その結果、駆動の負荷が軽減され、スムーズに動作することができた。

5. むすび

今回総合課題で学生が取り組んだ草むしりロボットは、走行しながら草を検出して、工具（草むしり機構）の位置に合わせて移動を微調整し、見事に草を引き抜くことができた。

ただし現時点では、草むしり機構のドリル部分に抜いた草が残ってしまうため、取り除くための機構が必要と考えられる。また実際には、雑草が多く生えて葉が折り重なると、複数の草が一体のものとして画像認識される。その画像をもとに処理をしても、茎から大きく外れた位置を重心と計算してしまい、狙いが外れてしまう。

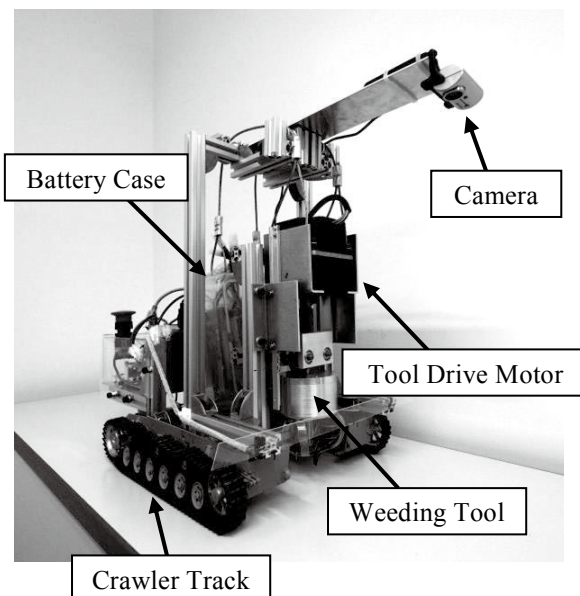


Fig.5 Appearance of the machine.

また、カウンターウェイト用途として、電源のバッテリーを吊り下げて上下に可動する部分に設置するという、電線にとってはあまり好ましくない仕組みとなっている。しかし、駆動の負荷を軽減するために考え出したアイデアとしては、目的が果たされるということで、学生に任せることにした。

このように、実用的にはまだまだ課題が考えられるが、機械系の学生と電気系の学生とが協力して、それぞれの分野で身につけた知識や技術・技能を発揮して、構想通りの機能を実現したことに、大変驚いている。

3次元 CAD でモデリングし、マシニングセンタを駆使して部品を削り出したり、画像処理のアルゴリズムを調べて、自ら処理の関数をプログラムしたり、学生は熱心に取り組んでいた。そんな学生の姿を見て、このカリキュラムの目的が十分果たされたと感じた。

総合課題「電動アシスト車いす」の紹介

宮下利仁*

Manufacturing Challenge of e-Power Assist Wheelchair

Toshihito MIYASHITA

1. ま え が き

当校 1 年生の最後に実施する総合課題の 1 テーマとして、電動アシスト車いすの製作を行った。製作のコンセプトは、市販の手動式車いすに簡単に取付けられる電動ユニットを開発することと、これを用いて坂道でのアシスト走行を可能にすることである。このコンセプトを目指して総合課題をスタートした。

2. 構造と機能

Fig.1 には、電動アシスト車いすの外観を示す。車いすは市販のものを流用し、製作した電動ユニット 2 台を車いす本体の左右フレームにアタッチメントクランプで固定する。電動ユニットは、ブラシレス DC モータ (TD5044-242) とモータドライバ (TD12900A) で構成し、モータ出力軸にはジュラルミン製ローラをリジットカップリングで締結している。ローラは車いす後輪の外周に押し付けるように接触させ、電動ユニットを取付ける。このローラからモータトルクを車いす後輪に伝達する。また、モータドライバを各種センサ信号によって制御するコントローラユニットは車いすの背面側に装着している。

電動アシスト車いすの機能は以下のとおりである。

- (1) 平坦地では手動モードで運転する。
- (2) 上り坂ではモータを駆動させ、電動アシストモードで運転する。左右の圧力センサにより左右操舵が可能とする。傾斜角が 4° 程度、体重 60kg 程度であれば、電動のみで走行可能である。
- (3) 下り坂では基本的に手動モードであるが、モータの

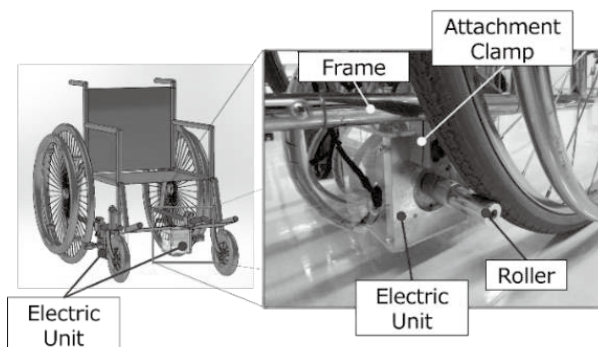


Fig.1 Structure of e-power assist wheelchair.

ダイナミックブレーキを作動させ、緩やかに下ることが出来る (ダイナミックブレーキモード)。

3. 制御回路構成

Fig.2 には電動ユニットの制御回路構成を示す。上位コントローラには Arduino UNO を使用し、3 軸角速度・加速度センサの角度情報によってモータドライバと電磁リレーの制御を行う。圧力センサは左右操舵制御に利用する。左右操舵の判定は左右の圧力差異によって決定する。モータドライバへの速度指令入力信号は Arduino からの PWM 出力信号を平滑化し DC 入力する。ダイナミックブレーキモードでは、モータ動力線の結線切り替えをリレースイッチにより行う。

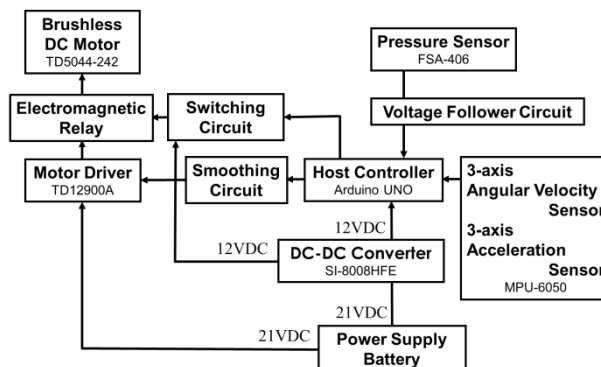


Fig.2 Control circuit configuration of electric unit.

受理 2018 年 8 月 31 日
採択 2018 年 11 月 20 日

*長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科,
南箕輪村
Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

4. む す び

本資料では、総合課題「電動アシスト車いす」の構造と機能、及び制御回路構成について紹介した。市販の手動式車いすに取付可能な電動ユニットを開発し、各モードに自動で切り替わり、かつ上り坂を電動アシスト走行できる電動アシスト車いすを製作することができた。本テーマには、機械・生産技術科の横山翔君、池上慶駿君、城取諒君、村上タカユキ君、電気・制御技術科の松本勇輝君、筒井太賀君が参加し、リーダーを横山君、副リーダーを松本君が務めた。

総合課題「M-POV」の製作

三沢雅芳*・柳沢裕二**

Production of M-POV(Music-Persistence Of Vision)

Masayoshi MISAWA, Yuji YANAGISAWA

1. ま え が き

M-POVとは、音楽(Music)とPOV(パーサライタ)による映像表現を融合させた装置である。このパーサライタとは複数のLED素子を直線に並べたテープ状発光体を高速回転させ、発光パターンの残像効果を用いて映像や模様を作る装置である。この中でも、円柱状にLEDテープを回転させて、円柱全面に映像や文字などを観ることができるタイプを製作した。2018年秋開催の大芝高原イルミネーションフェスティバルへ出展する目標もあり、近くで映像を見る人に反応するインタラクティブ的機能も追加した。

本資料では「M-POV」の構造や表現方法、表示データ作成方法について検討経過及び技術内容を紹介する。なお、本テーマは、電気・制御技術科の長瀬俊也君、田中侑稀君、機械・生産技術科の土田航大君、神谷優人君、登内誠也君、細田聡央君が参加し、リーダーを長瀬君が務めた。

2. 装置構成と機能

Fig.1に、側面のカバーをつけていない状態のM-POV全体の外観写真を示す。円柱回転体の縦方向のフレームにLEDテープを固定し、発光させながら回転させる構造である。設計時には、回転機構、回転体保持構造、回転体の軽量化、モータの長時間稼働への対応、回転体に搭載されるLEDテープ制御用マイコンやLEDへの電源供給などが課題となった。

受理 2018年 8月 31日

採択 2018年 11月 20日

*長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科、南箕輪村

Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

**長野県南信工科短期大学校 機械・生産技術科、南箕輪村

Department of Machinery and Production Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

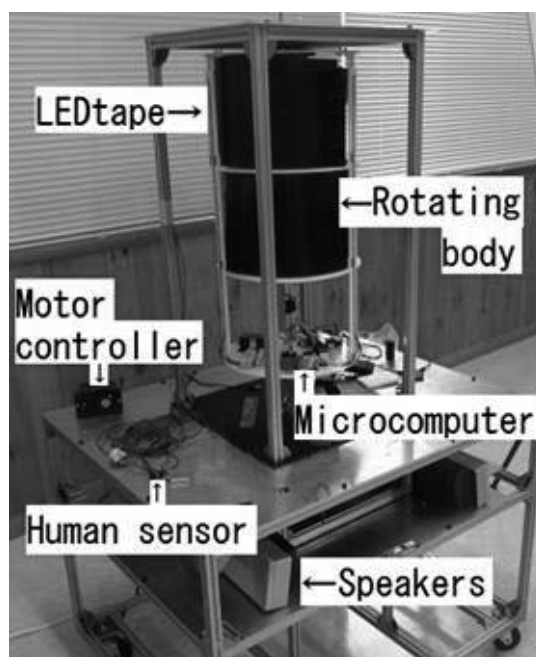


Fig.1 Exterior photo of "M-POV".

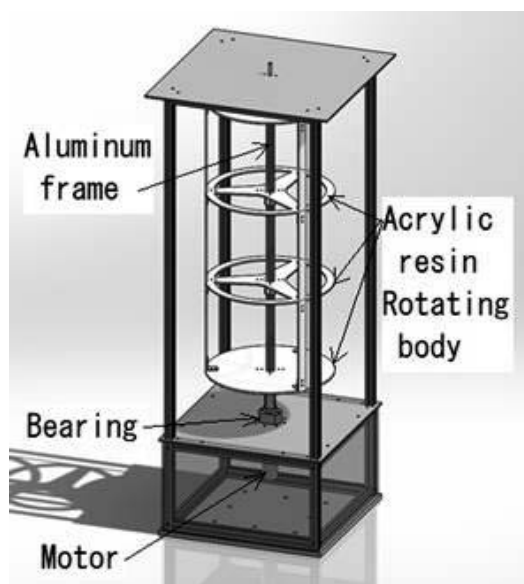


Fig.2 Rotating mechanism.

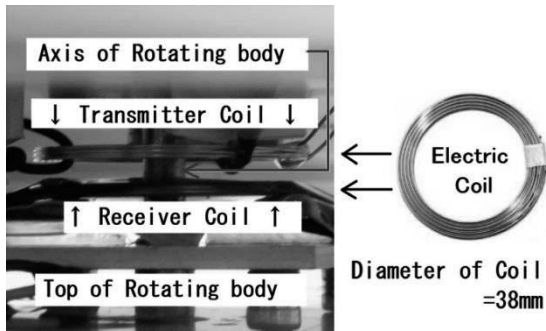


Fig.3 Displacement of power transmitter and receiver coil.

2.1 回転機構部

Fig.2 に回転機構部の模式図を示す。回転体の中心軸（以下、回転体軸）にはアルミフレームを用い、回転体軸の下側にスラスト軸受を配置してモータに回転体重量がかからない構造とした。回転軸固定部及びモータ固定部の部品については専用の設計を行い、フライス盤等により作製した。回転体の軽量化を図るため、材料としてアクリル樹脂を採用し、縦 1000mm 横 2000mm 厚み 4mm の板をレーザー加工して Fig.2 に示す形状とした。加工したアクリル板を回転軸にネジ止め固定して回転体を作製した。回転体の円周部に 3 本の柱がある構造として、其々の柱に LED テープを固定した。

モータについて、当初は外部信号により速度制御可能な小型の DC モータの検討を行ったが、回転させるのにより大きいトルクが必要であることがわかった。予算や時間的制約もあって、最終的には速度コントローラー付きで長時間稼働可能な AC モータを採用することとした。

2.2 回転体内機器への電源供給方式

一般的には回転体内機器への電源供給にはスリップリングが用いられている。この導通箇所には接触子があり、アンペアオーダーの電流を供給可能なものもある。この調査を行ったところ、高価でまた納期の長いことがわかり、採用しなかった。今回採用したのは無接点充電モジュール (Seed Studio D6M114) であり、安価で入手も容易であった。これは送信側と受信側ともにコイルを有していて、送信側コイルで磁界を発生させてコイル間隔が約 10mm 離れたところにある受信側コイルに電気を送ることができる。送信側モジュールに DC12V を入力すると受信側モジュールから DC5V (最大電流 600mA) として出力される。Fig.3 に示すように、送信側と受信側のコイルを接触しないように約 10mm 離して対面配置し、かつコイル中央に回転体軸が配置されるように設置した。これにより、受信電力の制限内で Arduino と LED テープの電力を賄うことができ、LED 点灯表示ができることを確認した。

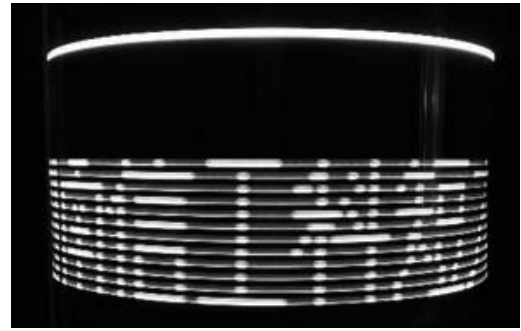


Fig.4 Characters expression example.

2.3 LED テープ制御部

LED テープには ALITOVE WS2812B LED テープ (NeoPixel RGB TAPE LED 5050 SMD LED) を用いた。これはすべてのピクセルについて単独で色と輝度が制御でき、Arduino, Raspberry Pi などを利用してプログラム可能な素子である。また、テープを切断しても各ピクセル単独制御可能なため、回転体に張り付ける長さに切断して使用した。

LED テープ制御用マイコンに Arduino UNO 及び Arduino MEGA を用いた。Arduino UNO はメモリ容量を要しない文字表現や音による映像表現用に使用した。Arduino MEGA はメモリ容量を必要とする画像表現用に使用した。LED テープ制御用の Arduino のライブラリとして FastLED library を用いてプログラムを作成した。Fig.4 に「南信工科短大」の文字を表示し、人間の眼から見られる様子を示す。

2.4 音による映像表現方式

音による映像表現の検討時に、パソコン画面のように画素が固定された場合と異なり、LED テープを回転させながら表現される制約を考慮した。検討の結果、各種映像に変換可能な方式として音のスペクトラムに利用することとした。今回採用したのはスペクトラムシールド (sparkfun MSGEQ7) である。これは入力されたオーディオ信号を 7 つの帯域 (63Hz, 160Hz, 400Hz, 1kHz, 2.5kHz, 6.25kHz, 16kHz) の信号レベルに解析して、それぞれの強度をアナログ出力する Arduino 対応基板である。このライブラリを活用し、得られた信号強度を LED の縦方向の表示素子数に変換させて、LED テープ回転時には 7 スペクトラムのイコライザーとして映像表現されるプログラムを作成した。

また、音源は回転体内になく装置土台内にあるため、スピーカーから音楽を流すと同時に回転体内のスペクトラムシールドに音楽データを送信する必要があった。これに対応するため、Fig.5 に示すように音源からスピーカーアンプへ Bluetooth で送信、また同時に音源からスペクトラムシ

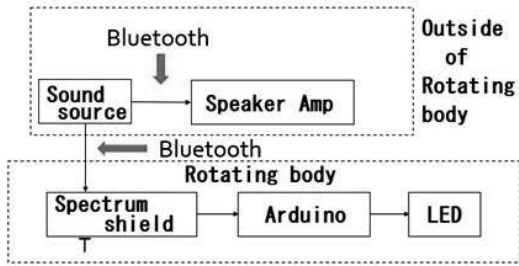


Fig.5 Music data transmission system.

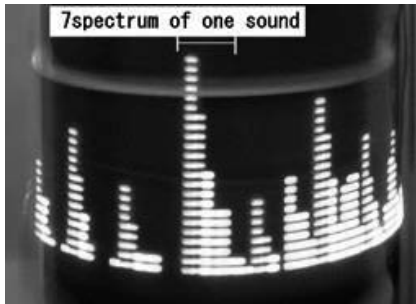


Fig.6 Example of image expression as sound equalizer.

ールドに Bluetooth で送信させることで、2つの機器間の受信時間の差を極力少なくする構成とした。

Fig.6 にイコライザとしての映像表現画像例を示す。音が7スペクトラムに周波数解析された、それぞれの信号強度がLED表示バーの高さとして表現されている。

2.5 人感知時の画像表示

装置の前に人が近づいたときに画像を表示する機能を備えた。本体前面に焦電型人感センサを設置して、人を感知したときには画像をオンする信号を回転体に送り表示させる構成とした。画素数は、回転体の貼り付けるLEDテープの素子数の制限やArduino MEGAのメモリ容量の制限から、画素数は50×50画素に決められた。LEDテープの各素子の色制御信号はRGBの3色に分かれていて、各色は256階調の強度設定ができる。50×50画素の画像では、1画素がRGBの3色のため、50×50×3個の制御データが必要となる。このため、Arduinoプログラム上のLEDテープに送信するRGB各信号データ配列をjpegなどの画像データから半自動的に作成できる手順を構築した。

その手順は次のとおりである。

- a 元となる画像データを50×50画素に変換し保存
- b 画像の各画素を256階調のRGBデータに変換し、csvファイル保存 (Python上でプログラム作成・処理)
- c RGBデータをExcelシート上で画像として確認し修正 (画像表示用マクロ命令を作成・処理)
- d Arduinoプログラム上のRGB各信号データ配列用の文字列に変換 (Excelシート上で処理)

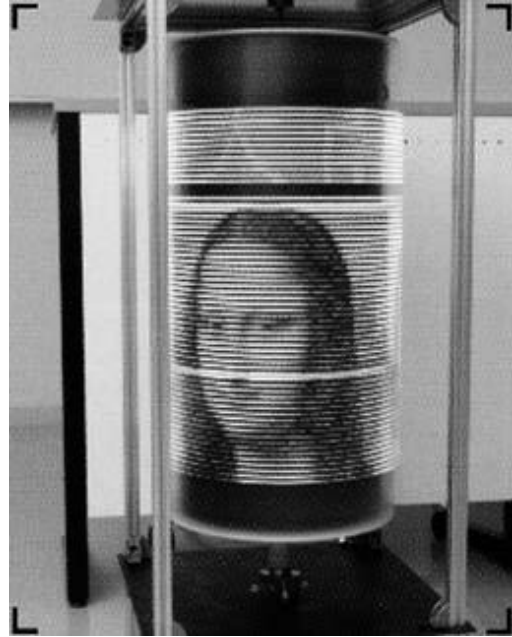


Fig.7 Example of picture image expression at human detection.

これにより、元の画像データから容易にRGB各信号データ配列が作成可能になった。Fig.7に、M-POVの前に人が近づいた時に表示される画像の例を示す。

3. む す び

製作期間や予算の制約がある中で、これまでの学習成果の活用に加えて多くの先生から助言や支援を受けながらアイデアを形にすることができた。製作したM-POVの機能は次のとおりである。

- ① 円柱状回転体 (回転数可変)
- ② LEDテープの発光制御 (RGB256階調)
- ③ 文字表示機能
- ④ 画像表示機能 (人感センサに連動)
- ⑤ 音による映像表現 (7スペクトラムイコライザ)

製作過程で設計と試作を重ねたこともあり、メンバーからの反省点として、進捗状況を全員が把握できていないなどのコミュニケーション不足による作業の遅れなどがあげられた。これらも含めて、メンバーにとって、ものづくりの大変さや完成した時の楽しさなどを知ることができた総合課題であったと思われる。

謝 辞

製作にあたり製作支援を頂いた機械・生産技術科の湯本講師をはじめ、有益なアドバイスを頂いた諸先生方に対して深く感謝の意を表します。

就職活動支援のためのアンケート調査の活用

荒川 進*

Inflection of Questionnaire Survey for Job Hunting Support

Susumu ARAKAWA

1. ま え が き

平成 28 年 4 月に開学した長野県南信工科短期大学校（以下、本校）は、平成 30 年 3 月に第 1 期生を社会へと送り出した。本校の設置目的は、県内企業の産業競争力の維持・発展のために不可欠となる高度な技術・技能をもつ人材の継続的な育成である。これに加え、先端技術の知識を有する人材の確保も重要な目的である。

地域の産業振興のための実践的技術者の輩出には、教育・訓練機関として専門的技術・技能の指導だけではなく、学生のキャリア志向に合わせた出口教育（＝就職指導）も求められる。近年、4 年制をはじめとする大学生の共通の課題として基礎学力の低下、自律性の欠如、コミュニケーション力の低下などが指摘され、そうした学生へのきめ細やかなキャリア教育が受験・入学生の確保など学校運営のカギとなるという報告もある^{1, 2)}。

本校でも自己を言葉あるいは文章で表現するコミュニケーション力に課題を持つ学生も多い。そこで、職種・職業を選択する上で必要となる自己の個性と能力を把握（自己分析）し、これを表現（言語化）することができる形式のアンケートを作成した。アンケート調査は、本校の最終学年である 2 年生の就職活動の支援を目的に実施した。本報告では、このアンケート結果と内定獲得までの活動プロセスとの関係について分析するとともに、アンケートの有効な活用方法についても検討した。

2. 本校のキャリア教育と第 1 期生の就職概況

本校では、実践的な技術者を育成するため“ものづくり”

に関する総合的な学習として総合課題というカリキュラムを 1 年次 9 月よりスタートさせる。ここでは、協働作業を通じて“ものづくり”を体験し、学生自ら問題解決力、コミュニケーション力、協調性、基礎学力や専門知識を活かした活動が求められる。さらに、総合課題には、中間および成果報告会を開催することで就職活動（以下、就活）に必要な自ら考える力、まとめる力、さらには伝える力を身につけさせるキャリア教育としての側面も併せ持つ³⁾。事実、この総合課題を自身の学生生活の中心的な活動としてとらえ、自らの取り組み方やその成果を履歴書など就活時の応募書類に落とし込む学生も多い。

総合課題と同時期に本校のキャリア教育の柱となるインターンシップ体験の準備もスタートする。インターンシップは、社会人としての意識の芽生えと自身の興味のある業種・職種を選択し、職業体験することで自身の職業適性や仕事感を醸成することを狙いとする。本校の学生のキャリア教育と就活支援カリキュラムの流れを Fig.1 に示す。

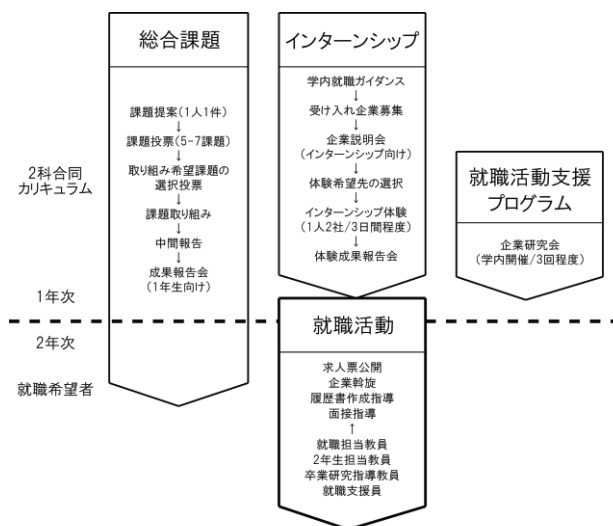


Fig.1 Career education programs in Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology.

受理 2018 年 10 月 1 日
採択 2018 年 11 月 20 日

*長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科、南箕輪村
Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

インターンシップでの職場体験や総合課題での学習活動を経験しながら1年次3月より各個人での就活を本格化させる。学生の就活への教員の関与は、主に就職担当教員が行うが、これに加え、2年生の担当教員と卒業研究担当教員も協力して担う。

平成30年3月に卒業した第1期生の進路状況をTable 1に示す⁴⁾。第1期生では、在職学生と進学希望者を除く就職希望者29名全員の就職決定を達成した。また、本校の設置目的である長野県南信地域への人材の供給という大目標も同地域への就職率が72%と比較的高く、十分に達成できたといえる。

Table 1 Course situation of the new graduates in fiscal 2017.

		機械・生産 技術科	電気・制御 技術科	合 計
卒業生数		18	15	33
就職希望者数		16	13	29
在職学生		1	1	2
進学・その他		1	1	2
就職者数		16	13	29
就職率		100%	100%	100%
就職企業地域	南信地域	13	8	21(72%)
	その他地域	3	2	5
	県外	0	3	3
合 計		16	13	29

3. 就職希望学生へのアンケート調査方法

第1期生の高い就職率を今後も継続させるため、学生の就活動向を追跡し、適時学生個々に必要と考えられる就職指導を行う必要がある。そのためには、Fig.1に示したキャリア教育初期の企業研究会などで学生のキャリアビジョンを刺激すると同時に、これらビジョンを言語化して整理する必要がある。また、就活の過程でのキャリアビジョンの変化をとらえる必要もある。そこで、2年生の就職希望学生に対して、就活状況の確認のためのアンケート調査を行った。アンケート調査は年度が変わり2年生へ進級した直後の4月と5月の2回にわたり行い、その後も就職活動状況の確認調査は月1回の定時点観測を行った。2回のアンケート実施後は、その結果と各学生の就活状況を確認しながら個別の就職指導を展開した。本報告でのアンケート調査対象者は、

専門課程 : 電気・制御技術科 2年生

対象条件 : 就職希望学生

対象人数 : 12名

である。

アンケートは、学生自身のキャリアビジョンが確立されているかを問う内容で、実際の就活を行う上で教員が効果

的な支援を行う資料として活用できるように下記の質問を設定した。質問は、

- ① 就職活動の進捗状況
- ② 未来予想図/希望
- ③ 現在の就職活動で困っていること

の3項目とし、質問②未来予想図は、進級直後の1回目のアンケートでは、「自分の得意分野、好きなこと、どんな仕事に就きたいか」といった自己分析と自己理解を刺激する比較的抽象的な内容とした。2回目は、自己分析からの学生の職業意識の醸成(変化)を観察するため、「どんな職種、どんな企業を希望するか」といった具体的な質問を設定した。本校でも就学や就業意欲は高いものの、他者とのコミュニケーション能力に課題を持ち、自分を表現(言語化)することを不得意とする学生がいる。そのため表現化に重点を置き、アンケートの記入は選択式ではなく自由記述方式とした。

アンケート質問①で得られる進捗状況は、5段階に分けて整理することとした。各就活の段階は、

- I 段階 : 企業情報を得るための企業説明会(企業単独主催あるいは外部による合同企業説明会など)への参加
- II 段階 : 選択した企業へのWEB上での企業エントリーや応募書類などの提出
- III 段階 : 常識問題などの筆記試験や一次面接
- IV 段階 : 二次面接あるいは役員面接
- V 段階 : 内定(獲得)

に設定した。

4. アンケート結果と就職活動動向分析

4.1 アンケート結果

就活初期のアンケート(1回目/4月実施)の回答内容を抽出・整理した結果をFig.2に示す。Fig.2中で回答前に付く○, ●, □, ■および△記号はそれぞれ同一学生の回答を示し、5名の学生からの回答を抽出し整理している。回答内容の整理方法としてアンケート質問②「未来予想図」の回答から学生の自己分析に基づく「希望」を抽出し、その内容の具体度を測り、図中左側へ配置した。この質問②の回答内容に対応した質問③「就職活動で困っていること」の回答内容を図中右側へ配置した。

Fig.2より図左側「未来予想図」の回答が具体的な表現になるほど、「就職活動で困っている」の回答が就活のテクニック上の課題になる。一方、「未来予想図」の内容が“面白い製品, ユニークな製品のモノづくり”(以下“ ”は原文掲載)など具体性の乏しい(抽象度が高い)回答に

なると、「就職活動で困っていること」が“面接に自信がない”あるいは“内定が出るかどうか不安”という漠然とした就活に対する不安を表現するにとどまる。

求人票検索や会社説明会への参加が活発となる時期の2回目のアンケート結果を Fig.3 に示す。ここでは、個々の活動から見えてきた職種や職業のイメージをより具体的な記述として表現するよう促している。その結果、1回目のアンケート回答と比較して具体的な職種や明確な職業が記述される。この職種や職業の具体化に対応するように「就活で困っていること」への回答は就活のテクニックの課題が多くなる。また、自分のやりがいを感じられる仕事あるいは働き方についての迷いを表現する学生も現れる。一方で、具体的な職種“電気工事士”と“機械や電気に係れる仕事”といった抽象的な表現が混在する学生、あるいは“特になし”と就活意欲が後退したかのような記述もみられた。

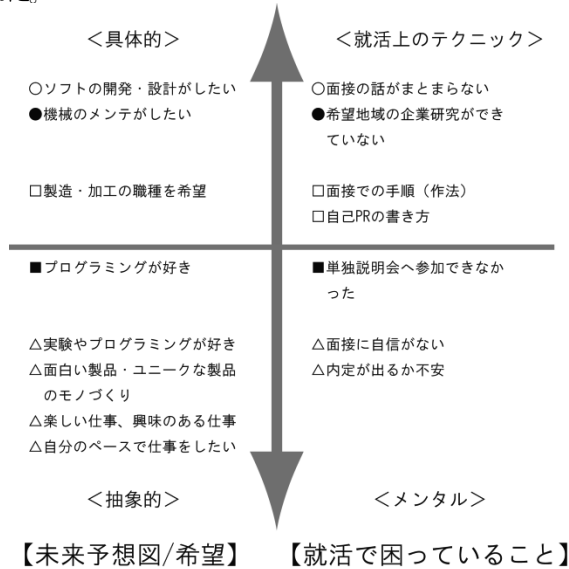


Fig.2 Analysis of first questionnaire.

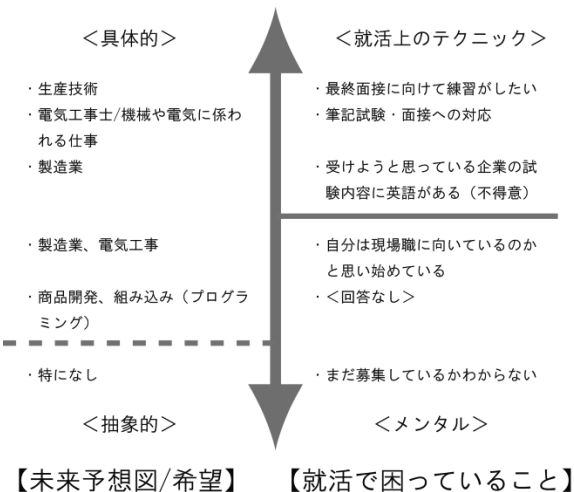


Fig.3 Analysis of second questionnaire.

4. 2 就職活動動向の観測

Fig.2 に示した1回目のアンケート実施日における学生の就活状況を Fig.4 に示す。グラフの縦軸にはそれぞれの活動段階での学生1人当たりの活動件数を示している。1回目のアンケート実施日以前にすでに内定を獲得している学生(12人中1人)がいるものの、大半の学生は個別企業や合同での企業説明会に参加する企業研究が主な活動である。就活初期は、学内(インターンシップを含む)での企業研究から外部へ情報を求める企業研究へと移る時期といえる。

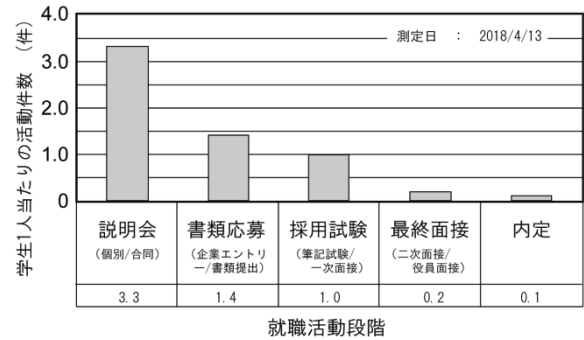


Fig.4 Action number of the early period of job hunting.

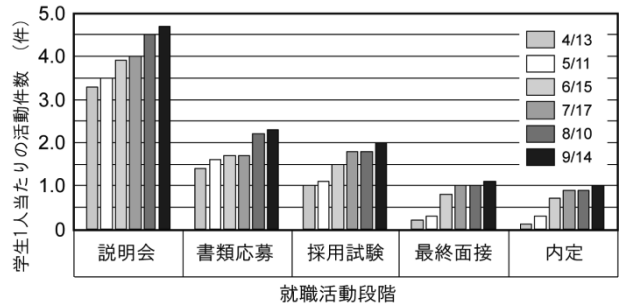


Fig.5 Change of the job hunting action number.

Fig.5には、アンケート調査開始以降9月までの就活状況を示す。企業説明会への参加をはじめ、内定(獲得)までの各段階はいずれも増加している。9月時点での学生1人当たりの活動件数は、概算で説明会への参加が5件、書類応募2件、筆記を含む採用試験2件、最終面接が1件となる。なお、内定件数は0.9件で就職希望学生12人中11人が内定を獲得している。これより、アンケート調査対象学生は、3~5社(合同説明会への参加が多い場合、これ以上の企業社数となる)の企業研究に基づきその中から1~2社を選択して採用試験を受けることが分かる。

Fig.2に示す就活初期の自分の未来像や職業意識は、△→■/□→●/○の順でより具体的な表現となる。また、Fig.3に示したように企業研究など実際に就活を進める中でも、自己分析に基づく自分のやりたい仕事や自分に合った仕事を具体的に見出すことができた学生と見いだせないでいる

学生が存在し、職業意識の醸成度合いに差がある。そこで、Fig.2において自身の未来像や職業意識をより具体的に表現した学生 (Fig.2○) と具体性に乏しい学生 (Fig.2△) の就活状況を比較した結果を Fig.6 に示す。また、Fig.6(b)には Fig.2□あるいは■のように中間的な表現で回答した複数の学生から代表的な1名を抽出し、その就活状況を示した。内定獲得までの各活動段階の件数は、各学生の自己分析に基づく職業意識の醸成度合いで大きな差が現れる⁵⁾。Fig.6(a)の具体的な職業意識を持つ学生は、目的(対象企業とのマッチングや自己能力の成長を確認すること)を持った企業研究が説明会への参加を通じてできている。その結果、選定した企業への書類応募、採用試験の件数は変化することなく、内定を獲得できる。一方、具体性に乏しい表現で自己の職業意識が未醸成な学生 (Fig.6(c)) は、筆記試験や一次面接を含む採用試験をクリアできず、そのたびに新たな企業研究を繰り返すことになる。その結果、説明会への参加、書類応募、採用試験の件数が増加する。また、中間的な大半の学生 (Fig.6(b)) は、継続的に個別企業あるいは合同企業説明会に参加し、企業研究に時間をかけて行っている。ここでは、説明会の参加件数に対して、書類応募、採用試験の件数が少ない。大半の学生は、説明会への参加でより多くの企業内容を知り、自分自身の職業適性を見極め、最もキャリアビジョンがマッチする企業を選択し、次の段階へ進むといえる。

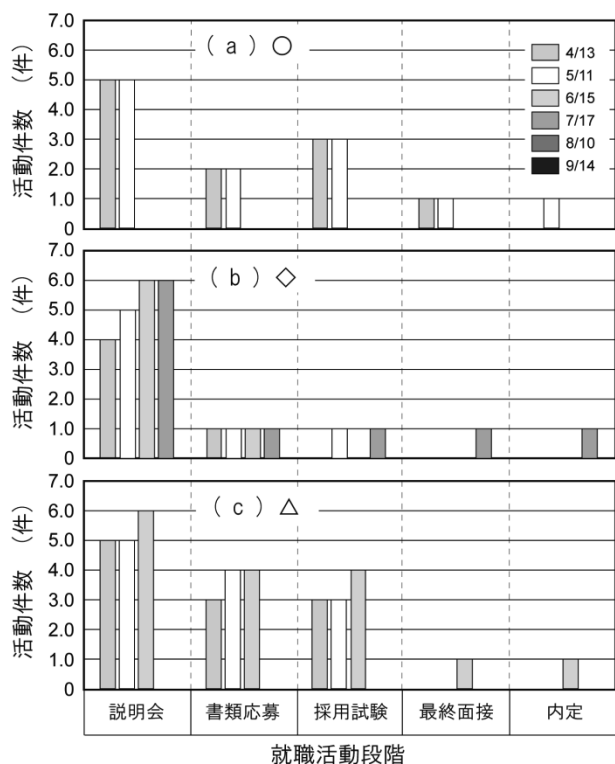


Fig.6 Job hunting action patterns of the student starting from different outlooks on occupation.

4.3 インターンシップ体験と就職先決定

本校で導入しているインターンシップが学生の就職先選択におよぼす効果について、内定者数に占める内定者の選んだ就職先がインターンシップ体験先の割合を Fig.7 に示す。この結果、就活初期から内定者の約50%がインターンシップ体験先を就職先に選択し、この割合は内定者の増加によっても変化しない。

インターンシップ体験先を就職先として希望する学生は、個別の就職指導時におおむねこの体験を好意的にとらえている。また、好意的な内容で応募書類を作成することができている。さらに、体験先での企業側の対応が自身の職業体験以上に好意的な印象を与えたと感じられる。これは、インターンシップ受け入れ先企業が学生に対して採用活動の一環として受け入れた結果であると評価できる。好意的な印象を与えた感想として、例えば、

会社の雰囲気が良い。

社内教育が充実している。

先輩社会人がはつらつと仕事をし、親身になってインターンシップ体験を支えてくれた。

(=こういう会社で仕事をしたい)

などが挙げられた。これらのことから単なる会社見学や説明会では得られない情報が学生の職業意識を刺激したと同時にその企業に共感を与えたと考えられる。さらに、本校ではインターンシップ体験先の選定に多くの時間をかけ、多少の調整と選考があるものの基本的に学生の希望を優先する。このことも、学生の自己分析に基づく職業意識とマッチし、就職を見据えたインターンシップ体験が達成されたと考えられる。

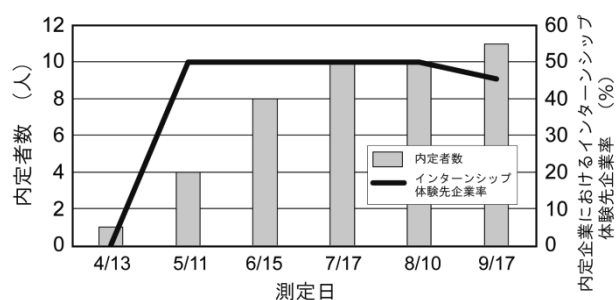


Fig.7 Ratio of number of internship experience companies in the number of informal decision companies.

5. むすび

学生の職業を選択する支援策の一つとして、就職活動初期の自己分析、自己理解を言語化して表現させるアンケート調査を実施した。この結果、自身の仕事観や職業意識を具体的に表現できる学生と具体性に乏しい学生が存在することが分

かった。この仕事観や職業意識の醸成差は、その後の就職活動の苦勞の度合いに影響することが就職活動動向からも観察された。一方、学生の仕事観や職業意識の未醸成は、就職指導を担う教職員の負担⁵⁾とも直結することが予想される。職業意識の未醸成な学生には、自己分析を促す指導から応募書類の添削あるいは面接指導にわたり多くの時間を割く必要がある。就職指導担当者の負担を軽減する絶対的手法の確立は難しい。しかし、学生自身が就職活動前あるいは活動初期により具体的なキャリアビジョンを形成させることができれば、その後の就職指導担当者の負担はある程度軽減できる。また、学生にとっては効率的に企業研究や就職活動を展開できる利点がある。

本校の就職活動前のキャリアビジョンの形成を支援するカリキュラムはインターンシップである。これは内定者に占めるインターンシップ体験先を就職先として選択した学生の割合が40%を超えることから大きな効果があると評価できる。インターンシップは就職活動前の段階で就職意識が低いとしても実務的な職業体験をすることで現状の自己の能力評価と社会人基礎力⁶⁾の必要性、さらには職業的能力の向上心を高める効果が期待できる⁷⁾。

一方、現実にはインターンシップを経験しても、自身のキャリアビジョンを醸成しにくい学生も存在する。これらの学生については、就職活動を開始する前、あるいは就職活動初期にその職業意識を刺激する(自己分析/自己理解を進める)必要がある。本校では、就職活動支援の一環として、企業の方々に直接企業が求める人材について対面式で話ができる学内企業研究会を設定している。

これらの活動を通じて形成される各学生のキャリアビジョンを、就職活動が本格化する前に、就職指導を担う教職員が把握する必要がある。その理由として、本報告で明らかのようにインターンシップあるいは企業研究会を通じてもおおキャリアビジョンの具体化が進まない学生も少なからずいるからである。各学生のキャリアビジョンを把握する方法として、本報告のような形式のアンケートの実施と活用を提案する。

アンケートの効果として期待できるのは、まず、①就職活動前あるいは就職活動初期の学生のキャリアビジョン、具体的な職業を自己分析によって得られているか。②それを表現(言語化)できるか。を各個人について把握できる。次に、自己分析をさらに深化させるきっかけを作ることができる。さらには、応募書類の作成や面接支援に自己分析内容を反映させることができる。アンケートの回答結果を就職指導を担う教職員が共有すれば効率的な個別指導(学生と企業とのマッチングの評価も含めて)が期待できると同時にキャリアビジョンの進まない学生にも必要な対応が可能となる。

謝 辞

まず、アンケートに協力していただいた平成30年度電気・制御技術科2年生の諸君に感謝するとともに、今後の活躍を期待します。学生への個別就職指導やアンケート実施に関して貴重なアドバイスをいただいた長野県就職支援員の池上昭彦氏に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 花田光世, 宮地由紀子, 森谷一経, 小山健太: 高等教育機関におけるキャリア教育の諸問題; KEIO SFC JOURNAL, 11, 2, 73-85 (2011).
- 2) 荒川俊也, 井藤良温: 技術職への就職を見据えた学生教育のフレームワーク; 工学教育, 66, 4, 67-70 (2018).
- 3) 吉田 晋, 福田耕治: グループワークを活用した就職活動支援に有効なキャリア教育; 工学教育, 62, 3, 21-27 (2014).
- 4) 平成30年度学校概要; 長野県南信工科短期大学校
- 5) 碓山恵子, 湯川恵子, 細川和彦, 木村尚仁, 川上 敬: 工学系学生の活動履歴が「就職決定力」に及ぼす要因の研究; 工学教育, 62, 4, 76-80 (2014).
- 6) 経済産業省 WEB ページ: 社会人基礎力 (<http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/>)
- 7) 河府賢治, 岡部顕史: インターンシップによる工学教育の効果; 工学教育, 59, 5, 37-42 (2011).

無線 LAN によるリモコンカーの製作

大工原裕之*

Production of the Remote Controlled Car by Wireless LAN

Hiroyuki DAIKUHARA

1. ま え が き

近年、性能の高いシングルボードコンピュータの入手が容易になり、従来からの組み込み用マイコンとともに機器の制御などに利用されるようになってきた。OS として主に Linux を利用し、主流のパソコンと比べると性能は低いものの、日常的な用途にも活用することができる。しかし、OS を稼働させるために μs 単位での処理が難しくなり、このような用途には依然として組み込み用マイコンが有利である。

そこで、両者の長を生かしたリモコンカーを製作した。シングルボードコンピュータとして Raspberry Pi を使い、組み込み用としては PIC マイコンを利用した。リモコンカーの操作は無線 LAN を使ってパソコンやスマートフォンから行う。

本稿では、2種類のコンピュータの役割についての考え方と、製作過程およびその概要について報告する。

2. ハードウェア構成と製作

製作したリモコンカーに使用した部品や機能についてまとめ、それらを制御あるいは実現するための、2種類のコンピュータへの役割の振り分けについて記す。

2.1 構成部品と所望の機能

リモコンカーは、160mm×60mm の樹脂板にモータや Raspberry Pi などを取り付けて組み立てた。

車体の移動は、2つのタイヤを独立して回転させることで行う。そこで、2組のギヤボックス付きのモータと、直径 56mm、幅 25mm のゴム製のタイヤを使った。

リモコンカーの前方を車体からの視点で確認できるように、カメラを取り付ける。周囲が暗い場合には高輝度白色 LED ライトで前方を照らし、カメラで識別することができるようにした。

リモコンカーを無線 LAN のアクセスポイントとし、操作端末となるパソコンやスマートフォンから直接アクセスして接続する。操作端末からモータの回転や LED ライトの操作と、カメラ画像を確認できるようにした。

処理の完了や操作の受理を、リモコンカーに取り付けたスピーカから音声で知らせることができるようにした。電源は、モータ駆動用に単 3 形乾電池を 2 本使い、Raspberry Pi 用としてモバイルバッテリーを利用した。

以上の機能を実現するために、モータの回転を制御するための FET を使った Hブリッジ回路と LED ライトの点灯／消灯を行うための回路、スピーカを駆動するためのアンプ回路が必要となった。

2.2 コンピュータの特徴

Raspberry Pi には幾つかの種類やバージョンがあるが、今回は Raspberry Pi Model B Revision2 という 2012 年に発売されたものを使った。2016 年に販売が開始された Raspberry Pi3 Model B に比べ、SoC (System on a chip) の違いから処理能力は 6分の1程度で、メインメモリの容量も 2分の1である。しかし消費電力も約半分に抑えられる。

電源として使用するモバイルバッテリーは Raspberry Pi 以外に PIC マイコン、LED ライト、モータ制御回路、アンプとスピーカ回路にも電力を供給する。そのためバッテリーの消耗を考慮して、旧バージョンで試すことにした。

OS は、製作時において最新の Raspbian Jessie を利用した。Linux のディストリビューションの1つである Debian をベースとした Raspberry Pi の公式 OS である。新旧のバージョンなどに関係なく利用できるように、32bit の OS になっている。

PIC マイコンは非常に多くのラインアップがあるが、今回の製作には PIC16F1508-I/P を使用した。ここでは主に、

受理 2018 年 8 月 31 日
採択 2018 年 11 月 20 日

*長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科、
南箕輪村
Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

2つのモータの回転を制御するために、出力できる PWM の本数から選択した。

このマイコンの特徴は、分解能 10bit の PWM 出力が 4 本とれ、分解能 10bit の AD 変換外部チャンネルは 12 本ある。また、CLC (Configurable logic cell) というプログラム可能なハードウェアモジュールを 4 組持っている。今回はアナログ入力や CLC は使わないが、車体に測距センサを取り付けて、障害物までの距離に応じた減速や停止をさせる動作を実現したり、周期の長いサーボモータの制御信号として 10bit 分解能を保ったまま PWM 出力を行うことが可能になる。それぞれ、今後の応用につながる機能である。

2.3 機能の分担と接続

Raspberry Pi には、専用のカメラモジュールを接続することができる。またオーディオ出力端子があるので、アンプを含めたスピーカ基板を接続する。

Raspbian に、必要なサーバソフトウェアをインストールして無線 LAN のアクセスポイントとして動作させる。さらにアクセスしてきたパソコンやスマートフォンに対して、カメラ画像の配信やモータと LED ライトの操作画面を提供する。これを実現させるために、ストリーミングソフトウェアとウェブサーバソフトウェアを利用する。音声出力のために、テキスト読み上げソフトウェアも導入する。

以上のように、Raspberry Pi では OS が稼働する利点を生かし、頭の機能を担わせる。

PIC マイコンには、大きな電流が必要になるモータと LED ライトの制御を行わせる。そのため、制御回路と PIC マイコンを 1 つの基板に作製する。

PIC 基板は Raspberry Pi の GPIO 端子に接続する。この端子でコンピュータ間の通信と PIC 基板への電源供給を行う。

以上をまとめたハードウェア構成図を Fig.1 に示す。

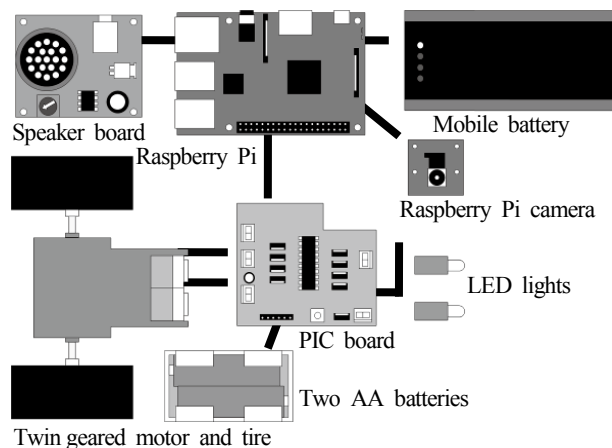


Fig.1 Hardware configuration.

2.4 車体の組立

PIC 基板とスピーカ基板を作製後、構成部品を樹脂板に組み上げた。車体を支えるために、前輪として自在キャスターを使用した。

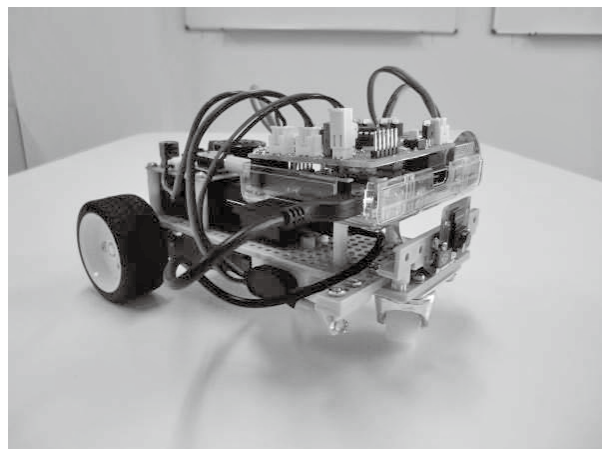


Fig.2 Assembled image.

3. ソフトウェアの設定とプログラミング

リモコンカーを動作させるために、必要なソフトウェアのインストールや設定、プログラミングを行う。ここでは、その過程と概要について記す。

3.1 ソフトウェアのインストールと設定

Raspberry Pi の OS, Raspbian Jessie を使って今回の目的を達成させるために、次の手順でソフトウェアのインストールや設定を進めた。

- (1) ローカルとネットワークの設定
- (2) fcitx, mozc のインストールと設定
- (3) TightVNC, xrdp のインストールと設定
- (4) Samba のインストールと設定
- (5) 無線 LAN の設定
- (6) hostapd のインストールと設定
- (7) isc-dhcp-server のインストールと設定
- (8) WebIOPi のインストールと設定
- (9) mjpg-streamer のインストールと設定
- (10) Aquest Talk Pi のインストールと設定

Raspberry Pi は、モニタやキーボード、マウスを接続して使用できるようになっている。しかし車体に組み上げられた状態で、これらの接続や取り外しは面倒である。そこで、上記の(3)と(4)により、Windows が動作しているパソコンからリモートデスクトップを利用した操作やネットワークを使ったファイルの受け渡しが行えるようにした。また(2)も日本語入力のためであり、開発の利便性から行った。今回の動作だけを考えれば、いずれも必要がない。

また、(5)以降ではソフトウェアのダウンロードに、イー

サネットによる有線 LAN を使った。無線 LAN は閉じたネットワークとし、Raspberry Pi にアクセスするためだけに使う。

3. 2 PIC マイコンのプログラミング

PIC マイコンは Raspberry Pi と USART(Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) を使ったシリアル通信で情報の伝達を行う。今回の通信では Table 1 のように、動作に対するコマンドを決めて使用した。

Table 1 Action and command.

Action	Command	Parameter
LED lighting / lights out	l	1 / 0
Stop	s	
Brake	b	
Motor turn	m	-255~255, -255~255
Accelerator operation	a	-100~100
Handle operation	h	-100~100
The variable information	i	
PIC reboot	r	

PIC マイコンは、Raspberry Pi から送られてきたコマンドに応じた動作を行う。例えば、コマンド文字 l に続けて数値 1 を受信した場合には、LED ライトを点灯する。また i コマンドは、主要な変数の値を Raspberry Pi へ送信する。

通信の設定は Table 2 のとおりである。これをもとに、通信に必要な関数群を作成した。Raspberry Pi 側でもこの設定を行い、PIC マイコンとの通信を行う。

Table 2 Setting of the serial communication.

Parameter	Setting
Baud rate	115,200
Parity	none
Stop bit	1
Byte size	8
Flow control	none

4本の PWM 出力を使って2台のモータの回転を制御する関数、LED 照明を点灯/消灯させる関数を作成した。主処理では作成した関数群を利用して、受信したコマンドに応じた処理を行う。

また、PIC マイコンに比べて Raspbian の起動には時間がかかる。そこで Raspbian は起動直後、コマンドとして割り当てていない文字を送信し、PIC マイコンはこれに応じて LED 照明を3回点滅させてから主処理に入るようにした。

なお、プログラミング環境には MPLAB X IDE を使い、C 言語のプログラムを MPLAB XC8 でコンパイルした。

3. 3 Raspbian でのプログラミング

無線 LAN を使ってパソコンやスマートフォンから操作を行うため、Raspbian に WebIOPi をインストールした。

WebIOPi は簡易なウェブサーバとして働き、HTML に組み込まれた JavaScript から、別ファイルとして作成した Python のマクロ関数を呼び出す機能を持つ。また、GPIO を制御するための Python ライブラリを備えている。

WebIOPi の設定では、http リクエストに対するポート番号、ドキュメントルート、表示する HTML ファイル、実行する Python スクリプトの指定を行う。また PIC マイコンとの通信のために、シリアルデバイスの指定とボーレートの設定も行う。

車体の操作画面となる HTML ファイルに、フォームボタンの押下などで、JavaScript が呼び出されるように記述した。この JavaScript が処理ごとの Python のマクロ関数を呼び出す。また、コールバックによりマクロ関数実行後の返却値を JavaScript で利用することができる。

Python スクリプトでは、シリアルポートのオープンや起動時のダミーコマンドの送出、JavaScript から呼び出されるマクロ関数群を記述した。また、Raspberry Pi は RTC (Real time clock) が実装されていないので、インターネットに接続されていないと手動で日時を設定を行わなければならない。そこで、HTML ファイルが表示されたときに、そのパソコンやスマートフォンの日時を JavaScript で取得して Python スクリプトへ渡し、シェルコマンドを実行して Raspberry Pi に設定することにした。

3. 4 カメラ画像のストリーミング

動画のストリーミングが行える mjpg-streamer をインストールし、操作用の HTML に組み込んで映像を確認できるように設定を行った。処理を軽減するために、解像度を 400×300 pixel、フレームレートを 10 fps とした。

Windows パソコンから Raspberry Pi の無線 LAN に接続して表示させた操作画面を Fig.3 に示す。



Fig.3 Operation screen.

3.5 音声の出力

起動時に無線 LAN への接続が可能になったこと、操作端末が接続されたときに Raspberry Pi に設定された日時を知らせること、操作に対するオーム返しでの確認などを音声で知らせたい。(株) アクエスト社から提供されているテキスト読み上げソフトウェアの Aquest Talk Pi を利用して、こうした動作を実現する。

予め用意したテキストファイルの文や、プログラムで文字列として生成した文言が、日本語の音声としてスピーカから出力されるようにした。

4. 動作と考察

音声が流れることで、リアルタイムに Raspbian での処理の状態がわかるとともに、操作画面だけでは得られないリモコンカーとのコミュニケーションを感じることができる。今回利用したフリーの Aquest Talk Pi では、単語の並びによっては“なまり”が強い。しかし、それがコンピュータというイメージに適合しているという見方もある。

リモコンカーとして操作した感触は、反応がやや遅い。そのためスピードが速いと、カメラ映像だけでの走行は極めて難しい。自在に走行させるには、ある程度の熟練が必要である。これはウェブサーバの反応と、スクリプトの実行速度に原因があると考えられる。

そこで WebIOPi を停止し、代わりに Python に含まれている http.server モジュールを利用したウェブサーバ機能と、CGI スクリプトによる構成を試してみた。しかし、さらに反応が遅いものとなってしまった。

2017 年 9 月 23 日に本校で開催された「人材ふれあいフェア」で、製作したリモコンカーを出品した。ここでは WebIOPi を利用するものの、操作画面を簡易なものに変更した。来場者には、興味を持って楽しんで頂くことができた。



Fig.4 State of the event.

ウェブサーバの他に、アクセスポイントとするための幾つかのサーバや画像のストリーミングなど、多くのソフトウェアが動作している。今回使用した Raspberry Pi は初期のものであり、現在のものに比べて性能が劣る。そこで、最新の Raspberry Pi に変更することで操作性が向上することは容易に想像がつく。また、開発の利便性から OS を GUI にし、RDP サーバを起動して Windows パソコンからリモートデスクトップで操作できるようにしたが、CUI に変えて OS の負荷を軽くすることで、ウェブサーバなどの反応が良くなることが期待できる。さらに、最新の Raspberry Pi に置き換える場合、aarch64 をサポートする別のディストリビューションに変更することで、処理速度のさらなる向上が望める。

以上のように、操作に対する俊敏な反応を得るための方策はいくつか考えられるが、今回は試していない。

5. む す び

IoT の基盤となる技術を学ぶための良い教材が開発できたと感じている。Raspberry Pi の処理能力の課題はあるが、カメラ画像を使ってパターン認識を学ぶことにも発展させることができる。また、人の操作や走行状態に反応してアドバイスを音声で返すような、コミュニケーションツールとしての研究にも活用できる。

パターン認識では、サポートベクトルマシンやディープラーニング、畳み込みニューラルネットワークなどが試せる Python ライブラリが提供されている。また Python は文字列処理を簡易に記述でき、辞書型を使った形態素解析により、記憶した単語を組み合わせるといったプログラムを簡潔に表現することができる。このような分野の学習や研究に、Python と親和性の高い Raspberry Pi を利用することは自然である。

今後は製作したリモコンカーを基にして、上記のような研究に発展させていきたい。

参 考 文 献

- 1) 後閑哲也, “PIC と楽しむ Raspberry Pi 活用ブック”, 技術評論社, 97-121, 130-135, 140-141, 263-269, 302-329 (2017).
- 2) 金城俊哉, “Python プログラミングパーフェクトマスター”, 秀和システム, 87-98, 125-143, 170-174, 317-348 (2016).

【技術資料】

過渡応答実験による制御工学講義（入門編及び基礎編）の取組み

宮下利仁*

Efforts of Control Engineering Lecture (Introduction and Basics) through Experiments on Transient Response Characteristics

Toshihito MIYASHITA

1. ま え が き

当校の電気・制御技術科では、表示デバイス等を各種センサ信号に従って、マイコンを使用して制御する実習、また空圧機器や電動機を PLC で制御する FA 実習の授業があり、入学当初から実習を通して制御技術を学ぶ機会が多く設けられている。これに対し、本来基本にあるべき制御工学（本資料では古典制御理論を示す）の授業は、1 年生後半からスタートし、最終的なフィードバック制御の理解が深まるのは 2 年生中頃となる。当校では、2 年間で第 1 期から第 8 期に分割したカリキュラム編成になっており、その中で制御工学を学ぶ授業は Table 1 に示すように、第 3 期、第 4 期、第 5 期、第 6 期の約 1 年間 162 時限実施し、各期では、入門編、基礎編、PID 制御理論編、PID 制御実習編として実施している。授業スタート時期が入学時点から半年遅れるのはカリキュラム上の理由であるが、授業期間の長さは、その難しさが一つの理由となっている。初めて制御工学を学ぶ学生にとって、「フィードバック制御」とは、「微分方程式」とは、「ラプラス変換」とは、と言った多くの難問や障壁にぶつかり、制御工学の本質的な理解に苦しむことになる。

本資料では、第 3 期と第 4 期の授業で実施する二つの過渡応答実験について紹介する。この実験では、実測だけでなく、微分方程式から算出した計算値との比較を通して、特性の傾向や誤差要因について考察を行う。また、制御対象である物理システムのパラメータを調整することによって、制御対象の数学モデル化を行う。ほとんどの学生にと

受理 2018 年 8 月 31 日
採択 2018 年 11 月 20 日

*長野県南信工科短期大学校 電気・制御技術科、
南箕輪村
Department of Electricity and Control Engineering,
Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology,
8304-190 Minamiminowa, Nagano 399-4511, Japan

って、微分方程式を自ら解く初めての体験になるので、微分方程式が物理現象を表現していること、つまり微分方程式が制御対象の性格を表現していることをまず実感してもらい、「微分方程式」への難しさのイメージを取り除くことが狙いである。また、微分方程式の解法には、ラプラス変換や一般的な数学的解法をなるべく使用せず、Excel 表計算機能を利用してオイラー法¹⁾による数値計算を実施し、学習の障壁をなるべく軽減している。

本資料では、以下に述べる項目によって、前述した「微分方程式」へのイメージ作りと共に、制御工学のベースとなる制御対象の数学モデルの理解と形成方法の習得を目的とする。

- (1) オイラー法による数値計算方法
- (2) 温水加熱実験における水温と時間の関係
- (3) DC モータの起動電流特性

Table 1 Curriculum of control engineering lecture.

Agenda	Contents	Expt. and Practical training
1 st year The third term - Introduction - (Oct. - Dec.)	•Mathematical model (Differential equation) •Laplace transform •Transfer function •Block diagram	•Water heating expt. •Starting current char. of DC motor •Simulation(Euler method)
1 st year The fourth term - Basics - (Dec. - Feb.)	•Response char. (1 st and 2 nd order system) •Stability and poles	•Starting current char. of DC motor •Simulation(Euler method)
2 nd year The fifth term - Theory of PID control - (Apr. - June)	•PID control •Frequency char. (Bode diagram) •Nyquist stability criterion •Loop shaping	•Calculation (Frequency transfer function in complex domain) •Simulation (Euler method, 4 th order Runge- Kutta method)
2 nd year The sixth term - Practice of PID control - (June - Sept.)	•Expt. and practical training to learn PID control	•Temperature control experiment •Water level control experiment •PID control practice using PLC •AC servo control expt. (flywheel load) •AC servo control expt. (single axis control)

2. オイラー法による数値計算方法

制御工学で取り扱う関数は、基本的に時間関数であるので、1 階の常微分方程式は以下のように示すことができる。

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x) \quad (1)$$

ここで、 t ：時間[s]、 x ：任意の出力値である。

上式を等間隔の時間 Δt で刻み、等間隔で刻んだ時間毎に数値計算で解くので、区間 $t_0 \leq t \leq t_N$ の基点 $t_0, t_1, t_2, \dots, t_N$ は次式で表現できる。

$$t_n = t_0 + n \cdot \Delta t \quad (n = 0, 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

オイラー法は(1)式を満たす(2)式の基点における近似値となり、(3)式で表現する。

$$x_{n+1} = x_n + f(t_n, x_n) \cdot \Delta t \quad (3)$$

オイラー法は常微分方程式を数値解法によって計算する基本的な手法であるため、マイコンや PLC 等で制御プログラムを構成する場合には非常に扱いやすい。一方で、他の数値解法と比較して、計算誤差が大きいのが欠点である。

3. 温水加熱実験

3.1 測定方法

温水加熱実験装置の概要を Fig.1 に示す。ビーカー内の水の中に投込み式ヒータを入れて加熱する。ヒータと電源との間にはスイッチを接続し、ON/OFF を手動で切り替えることができる。実験内容は以下のとおりである。

- (1) 1グループにつき、4~5人程度で実験を行う。
- (2) 水温の初期温度は、室温と同程度にするため、ビーカーに水を入れてから十分な時間、室内にて放置しておく。水量は2Lとする。
- (3) ビーカーと床との間には断熱材を入れて、なるべく熱伝導で放熱しないようにする。また、よく攪拌しながら実測する。
- (4) 目標温度は 60°C (333.15K) とするが、 60°C (333.15K) 到達まで ON 状態にする（加熱曲線）。その後 OFF し、 59°C (332.15K) に温度が下降したら、再び ON し、これを3回繰り返す（保温）。その後、OFF 状態で自然冷却する（冷却曲線）。その過程における水温と時間の計測記録を行う。

なお、実験における温度の単位は $[\text{C}]$ を使用するが、式中では $[\text{K}]$ を使用する。

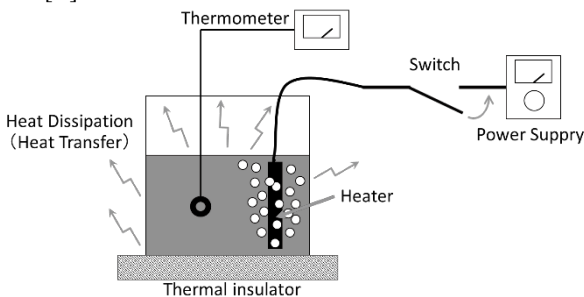


Fig.1 The illustration of water heating experiment.

3.2 計算方法

温水加熱実験における水温の時間変化を示す方程式は、(入力熱量) = (蓄えられる熱量) + (放出する熱量) の熱量収支関係が成立し、次式で近似する²⁾。

$$p(t)dt = Cd\theta + q(t)dt \quad (4)$$

ここで、 $p(t)$ ：ヒータの消費電力 [W]、 C ：熱容量 [J/K]、 θ ：水温 [K]、 $q(t)$ ：放出する熱量 [W] である。

なお、熱容量 C についてはビーカー自体の熱容量を無視し、水のみを考慮することとし、次式で計算する。

$$C = V\rho c \quad (5)$$

ここで、 V ：ビーカー内の水量 $[\text{m}^3]$ 、 ρ ：水の密度 $[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、 c ：水の比熱 $[\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}]$ である。

また、今回放出する熱量 $q(t)$ は、ビーカー底面から床への熱伝導、ビーカー上側開放部からの気化熱、ビーカー側面及びビーカー上側開放部からの輻射熱は無視し、全て周囲の空気中への熱伝達とし、次式で表すものとする。

$$q(t) = Ah(\theta(t) - \theta_0)dt \quad (6)$$

ここで、 A ：放熱面積 $[\text{m}^2]$ 、 h ：熱伝達率 $[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$ 、 θ_0 ：初期水温（室温と同じ）[K] である。

入力をヒータの消費電力 $p(t)$ 、出力を水の温度 $\theta(t)$ とし、(4)式のステップ応答は次式となる。ヒータの消費電力は一定値として、 $p(t)=p_c$ とする。

$$\theta(t) = \frac{p_c}{Ah} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \theta_0 \quad (7)$$

なお、 T は熱時定数であり、 $T=C/Ah$ [s] となる。

ただし、この実験における応答特性の計算には、(7)式を使わず、数値計算を用いるので、(4)式及び(6)式を変形して次式を用いる。

$$\frac{d\theta(t)}{dt} = \frac{1}{C} \{p(t) - Ah(\theta(t) - \theta_0)\} \quad (8)$$

(8)式を用いて、2章に記載したオイラー法に従って、水温 $\theta(t)$ を(9)式を用いて計算する。

$$\theta_{n+1} = \theta_n + \left. \frac{d\theta(t)}{dt} \right|_n \cdot \Delta t \quad (9)$$

今回の計算に用いるパラメータは Table 2 に示す通りである。

Table 2 The parameter of using for the calculation.

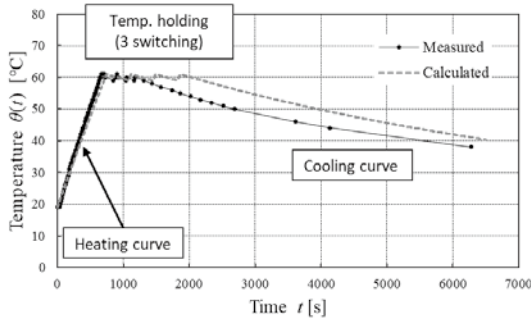
Power consumption of the heater	p_c [W]	500
Quantity of the water	V $[\text{m}^3]$	2×10^{-3}
Density of water	ρ $[\text{kg}/\text{m}^3]$	1000
Specific heat of water	c $[\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}]$	4200
Radiation area	A $[\text{m}^2]$	0.0942
Heat transfer coefficient	h $[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$	13

3. 3 実測値と計算値の比較

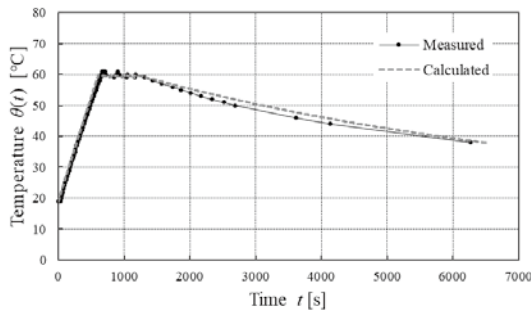
Fig.2 (a)には、水温の実測値と計算値の比較を示す。計算には Table 2 に示すパラメータを使用した。まず加熱曲線では、上昇勾配において実測値の方が高くなった。保温時には、3回のスイッチングを実測では9分間で終了し、計算値では約18分かかっている。また冷却曲線では、40°C (313.15K) に冷めるまでの時間を例に挙げると、実測で約85分、計算で約77分かかり、計算値の方が早く冷却している。これらの結果から、計算誤差の原因は以下のようなことが考えられる。

- ・温度計とヒータとの距離や高さ、攪拌の仕方
- ・温度計のデジタル表示が整数であり、低分解能
- ・冷却曲線時に攪拌せず、放熱量が抑制
- ・微分方程式（数学モデル）が実現象を表現できていない。など。

なお、それぞれの実験グループによって計算誤差の原因は異なるが、おおむね特性の傾向は計算で捉えることができる。また、計算値を実測値に合わせるようにパラメータ調整をした場合、同図(b)のように近似することができる。熱伝達率 $h=11\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ は通常室内で想定される数値の範囲内の調整であるが、熱容量は85%程度に小さく調整する必要がある。物理定数を変更することは理論的には行うべきではないが、制御における数学モデルの近似には、よく使う手法である。



(a) Calculated with the parameters in Table 1.



(b) Calculated at $c=3570\text{J/kg}\cdot\text{K}$, $h=11\text{W/m}^2\cdot\text{K}$.

Fig.2 Water temperature characteristics.

4. DC モータの起動電流

4. 1 測定方法

DC モータの起動電流特性の測定回路図を Fig.3 に示す。直流安定化電源に DC モータと抵抗器 (2.2Ω) を直列接続した回路に 3V の直流電圧をステップ入力する。この時に流れる起動電流波形を測定する。直流安定化電源の出力電圧波形と抵抗器の端子間電圧波形をそれぞれ TP1-P.G.間、TP2-P.G.間でオシロスコープにて測定する。モータに流れる電流は抵抗器の端子間電圧を抵抗値で除算することによって測定する。本測定で用いた DC モータはマブチモーター製 FA-130AR であり、その諸元は Table 3 に示す通りである。なお、実験に際して、1グループあたり 2~3 人で構成する。

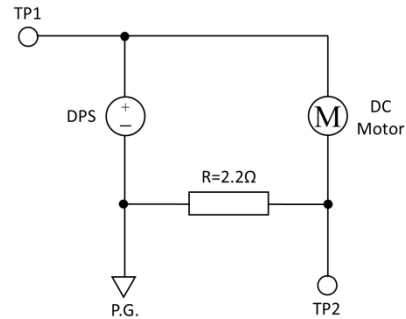


Fig.3 The circuit diagram for measuring the starting current of DC motor.

Table 3 Specification of the measuring circuit.

Inductance	L [H]	3.8×10^{-4}
Resistance	R [Ω]	3.2
Back-emf constant	K_b [V·s/rad]	1.4×10^{-3}
Torque constant	K_t [N·m/A]	1.4×10^{-3}
Rotor inertia	J_c [kg·m ²]	1.3×10^{-7}
Viscous friction constant	B [N·m·s/rad]	1.0×10^{-7}
Coulomb friction torque	T_f [N·m]	6.0×10^{-5}

4. 2 計算方法

DC モータの起動電流特性の計算には、電圧方程式、運動方程式及びトルク式を連立する必要がある。それぞれの方程式を以下に示す³⁾。DC モータの等価回路を抵抗、インダクタンス、誘導起電力の直列回路として、次の電圧方程式で表すことができる。

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = v(t) - v_b(t) \quad (10)$$

ここで、 L : インダクタンス [H], R : 抵抗 [Ω], $i(t)$: 電流 [A], $v(t)$: 入力電圧 [V], $v_b(t)$: 誘起起電力 [V] である。

なお、DC モータの誘起起電力 $v_b(t)$ は次式で表される。

$$v_b(t) = K_b \omega(t) \quad (11)$$

ここで、 K_b ：誘起電圧定数 [$V \cdot s / rad$]、 $\omega(t)$ ：モータの回転角速度 [rad/s]である。

また、DC モータのトルクは電流に比例するので、次式で表現できる。

$$\tau(t) = K_\tau i(t) \quad (12)$$

ここで、 $\tau(t)$ ：トルク [$N \cdot m$]、 K_τ ：トルク定数 [$N \cdot m/A$]である。

次に、トルク発生によってロータが回転するので、ロータの運動方程式は次式で表現できる。

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = \tau(t) \mp \tau_f(t) \quad (13)$$

ここで、 J ：ロータ慣性モーメント [$kg \cdot m^2$]、 B ：粘性摩擦係数 [$N \cdot m \cdot s / rad$]、 $\tau_f(t)$ ：クーロン摩擦トルク(一定値とする) [$N \cdot m$]である。なお、クーロン摩擦トルク τ_f にかかる符号が \mp になっているのは、モータ発生トルクの方と反対方向に働くことを示している。

初期値を 0 として、(10)~(13)式をラプラス変換すると、以下のように表現できる。

$$I(s) = \frac{1}{Ls + R}(V(s) - V_b(s)) \quad (14)$$

$$V_b(s) = K_b \Omega(s) \quad (15)$$

$$T(s) = K_\tau I(s) \quad (16)$$

$$\Omega(s) = \frac{1}{Js + B}(T(s) \mp T_f(s)) \quad (17)$$

ラプラス変換後の各式をブロック線図で表現すると Fig.4 となる。このブロック線図の流れに従って、オイラー法を用いて数値計算を行う。

まず、電圧方程式の(10)式を変形すると次式となる。

$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L}(v(t) - v_b(t) - Ri(t)) \quad (18)$$

この(18)式を用いて、以下のようにオイラー法に適用し、電流を計算する。なお、初期値 $i_0=0$ とする。

$$i_{n+1} = i_n + \left. \frac{di(t)}{dt} \right|_n \cdot \Delta t \quad (19)$$

次に、トルク式は(12)式から次式で計算する。

$$\tau_n = K_\tau i_n \quad (20)$$

続いて、運動方程式の(13)式を以下のように変形する。

$$\frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{1}{J}(\tau(t) \mp \tau_f(t) - B\omega(t)) \quad (21)$$

この(21)式を用いて、以下のようにオイラー法を適用し、回転角速度を計算する。ただし、初期値 $\omega_0=0$ とする。

$$\omega_{n+1} = \omega_n + \left. \frac{d\omega(t)}{dt} \right|_n \cdot \Delta t \quad (22)$$

次に、誘起起電力は(11)式から次式で計算する。

$$v_{bn} = K_b \omega_n \quad (23)$$

ただし、今回測定における直流電源の入力波形は完全なステップ波形ではなく、Fig.5 に示す波形であるため、数値計算では入力電圧波形を理想的なステップ電圧の場合と、Fig.5 に示す実測波形の近似値を入力した場合の 2 通り行った。なお、Fig.5 の近似曲線の関数は次式を使用した。

$$v(t) = v_0 + A_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_1}}\right) + A_2 \left(1 - e^{-\frac{t}{T_2}}\right) \quad (24)$$

ここで、 $v_0=0$ 、 $A_1=0.285$ 、 $A_2=2.70$ 、 $T_1=0.179$ 、 $T_2=0.00263$ とし、Fig.5 の破線が近似曲線である。

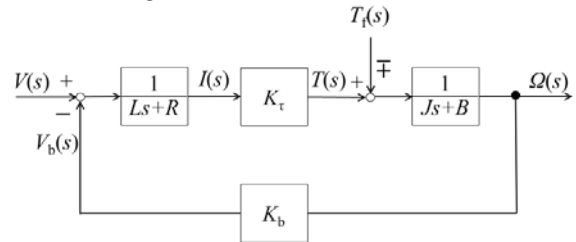


Fig.4 The block diagram of a DC motor.

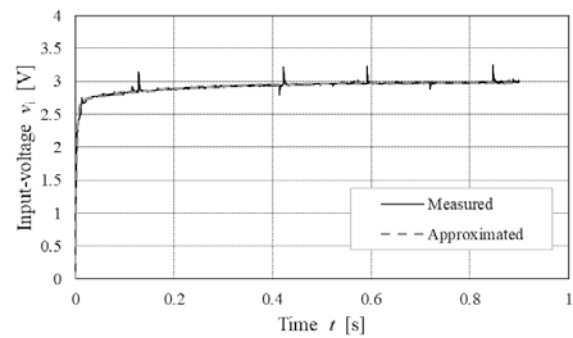
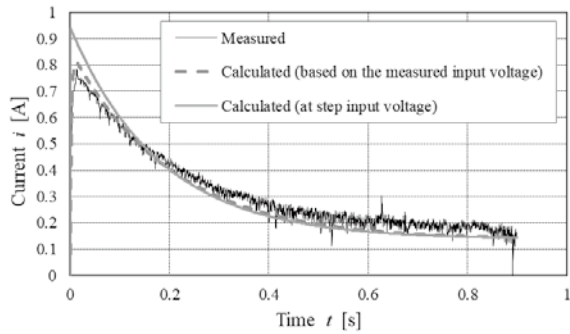


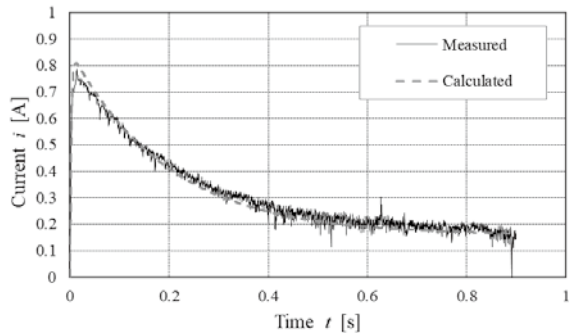
Fig.5 Input-voltage waveform.

4. 3 実測値と計算値の比較

Fig.6(a)には、起動電流特性の実測値と計算値の比較を示す。2通りの計算値のうち、実線で示す計算値は理想的なステップ状の電圧 3V を入力した場合であり、破線で示す計算値は実測した電圧波形の(24)式による近似値を入力した場合である。同図から、実測値及び計算値(ステップ波形入力と実測近似波形入力)における最大電流はそれぞれ 0.783A、0.939A、0.808A であり、実測値との誤差は、それぞれ 20%及び 3.2%であった。特に、起動時の特性に差異が顕著に現れたが、この主要因は結果の通り、入力電圧波形によるものである。更に、定常値近傍において計算値が実測値よりも低い傾向にある。この領域は最大回転速度で定常回転に近い状態であるので、Table 1 に示す粘性摩擦抵抗 B が実際よりも低いと考えられる。従って、 B の値を Table 1 よりも 1.2 倍高くして再計算を行った結果、同図(b)のように、減衰時及び定常時で計算誤差が小さくなり、DC モータの数学モデルが形成できた。



(a) Calculated with the parameters in Table 2



(b) Calculated at $B=1.2 \times 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$

Fig.6 Starting current waveform.

5. む す び

本資料では、制御工学講義（入門編及び基礎編）の中で実施している過渡応答実験及び数値計算について紹介した。この授業では制御工学への初期段階で形成される苦手意識、特に「微分方程式」の難しさのイメージを抑制することを一つの目的として、次に示す事項に注力して授業を実施した。

- (1) 微分方程式が物理現象を表現していることを実感してもらおう。
- (2) 実測値と計算値を比較することで、計算値は現象の傾向を捉えているものの誤差が生じる。この誤差要因について考察する。また、制御対象のパラメータを調整することで、制御対象の数学モデル化を行う。
- (3) 微分方程式をオイラー法によって、自ら Excel 表計算を用いて計算することで、微分方程式の解法だけでなく、数値データの処理方法について習得する。

この授業を終えて、制御工学への印象がどのようになったかをアンケート調査した結果、Fig.7のように47%が「少し自信がついた」と回答した。「苦手になった」と回答したのは6%であり、制御工学のイメージ作りには一定の効果があったと考えられる。

最終的には、制御対象の数学モデルとフィードバック制御との関係、いわゆる制御系へつながっていくが、これについては、その後のPID制御理論編や実習編において理解を深める。また数値計算については、引き続き、授業の中で理論や実験・実習と併せて実施し、習得できるようにする。PID制御理論編と実習編での取り組みについては、次回取り上げて紹介する予定である。

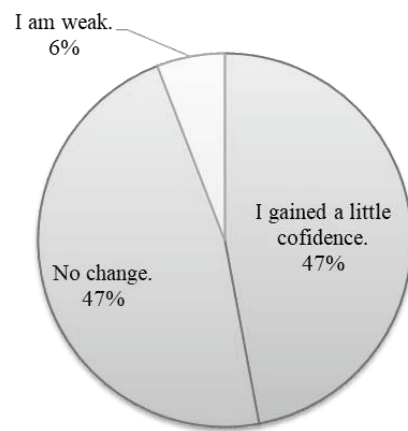


Fig.7 Search result by a questionnaire.

参 考 文 献

- 1) 水上孝一, 市山寿男, 野田松太郎, 南原英生, 渡辺敏正, “コンピュータによる数値計算”, 朝倉書店, (1985).
- 2) 松山 裕, “だれでもわかる自動制御”, 省エネルギーセンター, (2016).
- 3) 佐藤和也, 平元和彦, 平田研二, “はじめての制御工学”, 講談社, (2010).

【事例紹介】

3Dプリント活用技術「デジタルモールド」の教育と研究

機械・生産技術科 中島一雄

1. ま え が き

長野県南信工科短期大学は、平成28年4月に開校し、その後援団体の南信工科短大振興会は開校に先立つ平成26年12月に設立された。

平成29年に南信工科短大振興会より当校へ、振興会会員企業の1社である有限会社スワニーの技術で上伊那地域発の新技术「デジタルモールド」の教育への導入の強い要望があった。多くの関係者の方々の協力のもと、当校の第1期生の学生が2年次に、この最新技術の講座・実演や体験を実施することができ、日経ものづくりをはじめとし、各方面のメディアにも取り上げられた。

また、これをきっかけに南信工科短大振興会主催のイベントである人材ふれあいフェアにおいてデジタルモールド技術を応用したアクセサリ製作を学生が行った。

さらに第1期生の卒業研究においても、私が担当する学生が3Dプリンタで造形した樹脂型に関連する研究を行った。これらの取り組みについて報告する。

2. デジタルモールドとは

デジタルモールド技術とは、技術開発と普及が著しい3Dプリンタを活用した樹脂型によるプラスチック射出成形法で、現在、最も注目されている技術の一つである(図1)。通常、プラスチック成形用金型は金属で製作される。この金型の代わりに、紫外線(UV)硬化性樹脂3Dプリンタで造形した樹脂型を用いる。この樹脂型に、熱可塑性樹脂を射出して成形する革新的な成形技術である。図2に当校が所有するストラタシス社製の紫外線(UV)硬化性樹脂3Dプリンタを示す。

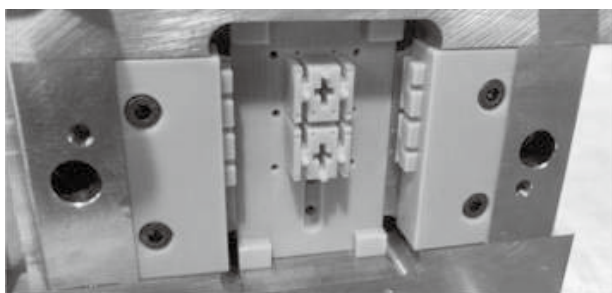


図1 デジタルモールド技術で製作された樹脂型



図2 当校の所有する3Dプリンタ
(Stratasys社製 Objet30 およびObjet30Pro)

3. デジタルモールド技術講座の実施

専門課程の機械・生産技術科と電気・制御技術科の2年生を対象に有限会社スワニー代表取締役社長橋爪良博氏のご協力のもと、平成29年年度7月から9月にかけて、表1の日程で講座を実施した。

表1 デジタルモールド技術講座の日程

	日程	内容
第1回	平成29年 7月14日(金)	デジタルモールド紹介講座
第2回	平成29年 9月7日(木)	デジタルモールド実演講座
第3回	平成29年 9月14日(木)	射出成形機の基礎と デジタルモールドの活用講座

3.1 第1回 デジタルモールド紹介講座

第1回目の講座は、これからデジタルモールド技術を学ぶ上で必要な基礎的な技術と知識の習得を目的に実施した。3Dプリンタや樹脂型を使用したデジタルモールド技術の概要について、紹介された。

聴講した学生達は、講座の時間が終わった昼休み中までデジタルモールドの樹脂型や造形製品に興味深く手に取り、熱心に質問をしていた(図3)。



図3 第1回「デジタルモールド紹介講座」の様子

3. 2 第2回 デジタルモールド実演講座

第2回目の講座は、第1回の紹介講座を踏まえて、デジタルモールドに使用する小型射出成形機を株式会社アイオー・エムの御協力を持ち込んで、成形品ができるまでの一連の流れを実演していただき、学生が体験することができた。

デジタルモールドの特徴である樹脂型の造形には、当校所有の3Dプリンタ(図2)を用いた。実演の内容と御担当いただいた企業は以下のとおりである。

- ・「デジタルモールドについて」 有限会社スワニー
- ・「3Dプリンタについて」
株式会社ストラタシス・ジャパン
- ・小型射出成形機 株式会社アイオー・エム

講座の様子を図4に示す。実際に学生自身がこの技術を体験することで、より興味と理解が深まったと考える。この実演講座では、南信工科短期大学の校章の3次元CADモデルから、デジタルモールド技術を用いて3Dプリンタによる樹脂型(図5)を造形し、小型射出成形機で校章モデルの成形(図6)を行った。



図4 第2回「デジタルモールド実演講座」の様子

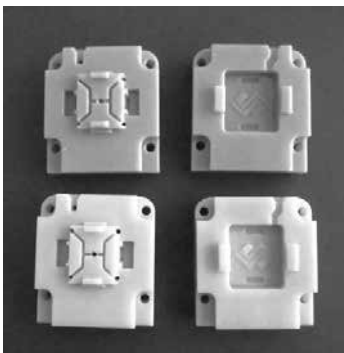


図5 3Dプリンタで造形した樹脂型



図6 成形した校章モデル

3. 3 第3回 射出成形機の基礎とデジタルモールドの活用講座

3回目に実施した講座においては、図7に示す「人圧射出成形機」を南信工科短大振興会の会員企業であるKOA株式会社よりの寄付で導入した。これにより、校内で簡易的に射出成形やデジタルモールド技術の基礎を実際に体験できるようになった(図7)。



図7 人圧射出成形機



図8 射出成形を体験する学生

4. 人材ふれあいフェアへの出展

平成29年年度9月23日(土)に実施された、南信工科短大振興会主催の「人材ふれあいフェア2017」において、機械・生産技術科2年生が3次元CADやデジタルモールド技術を活用し、設計製作したアクセサリ(図9)を来場者に射出成形の実演をしながら配布した。自分達が設計した製品モデルが、うまく射出成形できるまで型の形状を

設計しなおし、3Dプリンタでの樹脂型製作を何度か行っていた。型の製作において、金属製金型であれば数日以上かかるところを、樹脂型では数時間でできてしまうのがこの技術の大きな特長でもあり、学生たちは短時間で型製作のトライ&エラーを繰り返していた。また、型製作上での様々な失敗を簡単に経験でき、試行錯誤できることが学生にとっては大きな学びになると考える。

会場では、家族連れの方が次々に興味深く樹脂型を用いたプラスチック成形の様子をご覧になり、学生も熱心に説明をしていた。

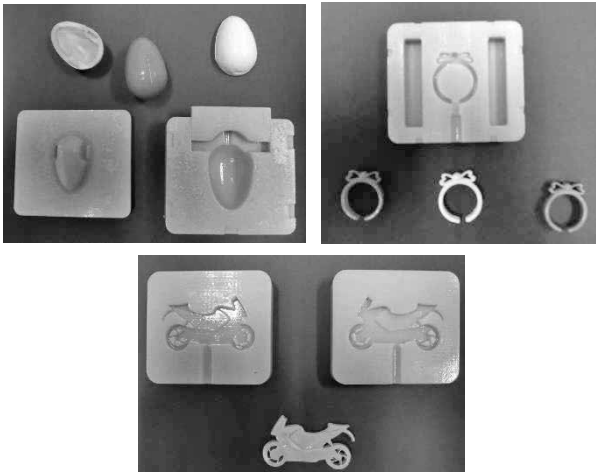


図9 学生が設計・製作したアクセサリーの樹脂型とプラスチック成形品

5. 日経ものづくり記事掲載

デジタルモールドや3Dプリンタを活用した当校の取組みが、日経ものづくり(2017年12月版)に紹介された(図10・11)。開校して間もない当校にとって、大きなPRとなった。



図10 日経ものづくり2017年12月



図11 日経ものづくりの記事

6. 卒業研究の取組み

平成29年度第1期生で私の研究室に配属された学生が、3Dプリンタで造形した樹脂型に関わる、以下の卒業研究を行った。

「樹脂製アディティブマニファクチャリング (AM) 造形物の積層方向による機械的性質への影響」

「射出成形型内の樹脂流動可視化に関する研究」

「アディティブマニファクチャリング (AM) を利用した真空チャック治具の研究」

これらの詳細については、今後の研究活動の中でも紹介していくこととする。

7. 今後の取組み

デジタルモールド技術を教育の中に取り入れていく取組みを進める。可能であれば、今後、校内に射出成形機械の整備を行い、従来の金型設計製作を設計の課題として実施し、応用としてデジタルモールド技術を教育するカリキュラムを実現したいと考える。

謝 辞

この取組みに多大なご協力を頂きました有限会社スワニー橋爪良博代表取締役社長、南信工科短大振興会、株式会社ストラタシス・ジャパン、KOA株式会社、株式会社アイオー・エム、その他多くの関係者に厚く御礼申し上げます。

【事例紹介】

「地域企業との共同実習」（介護福祉機器の開発講座）の取組み

機械・生産技術科 中島一雄

1. ま え が き

平成 29 年の 1～2 月にかけて、専門課程第 1 期生の 2 年次カリキュラムの中で、箕輪町の製造業 11 社で構成される「箕輪町ものづくり交流プラザ」の御協力により、「地域企業との共同実習」を実施した。

この取組みは、平成 29 年 10 月 14 日の箕輪町産業マッチングフェア 2017 の会場において、当日に当校のブースを担当していた私が、南信工科短大振興会の紹介で、「箕輪町ものづくり交流プラザ」の開発した製品を知る機会があったことが発端である。

会場にて、株式会社ミカドテクノスの代表取締役社長伊藤隆志氏より、同プラザの開発した車イスの車輪を清掃する際の補助器具「ジャッキヤー」（図 1）の説明を受けた。これは、簡単な操作と軽い力で車いすが持ち上がる介護生活補助器具である。この開発プロセスを、学生の教育に活かしたいという考えを伊藤氏にお伝えすると、協力を快諾していただいた。その後、南信工科短大振興会、箕輪町商工会、箕輪町ものづくり交流プラザ、上伊那広域連合などの御協力のもと、「地域企業との共同実習」という形で、実施するに至った。

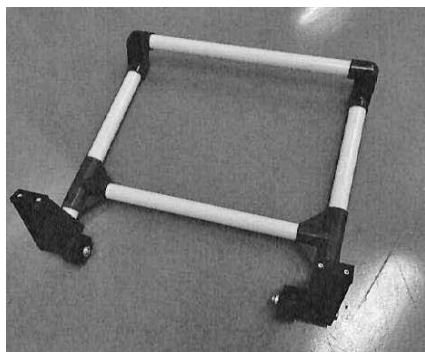


図 1 車いす補助器具「ジャッキヤー」

2. 開発講座の実施

（介護福祉機器の開発講座の実施）

平成 30 年 1 月 12 日（金）に「地域企業との共同実習（介護福祉機器の開発講座）」を実施した。この講座に参加したのは、専門課程の機械・生産技術科および電気制御技術科の 2 年生である。

講座では、前述の「ジャッキヤー」を題材にし、その開発プロセスや手法などを株式会社ミカドテクノス伊藤氏より御紹介いただいた（図 2）。



図 2 ミカドテクノス伊藤氏の講演

その後、図 3 のようにグループワークとして学生が実際に器具を扱いながら、具体的な改善・改良点を提案し、グループごとに発表を行なった（図 4）。

学生達は、生き活きとした表情で様々なアイデアを出し合いながら取り組んでおり、ものづくりの楽しさを経験できた様子であった。



図 3 実際に器具に触れながらの実習



図4 ブレインストーミング後の発表の様子

3. 成果発表会の実施

平成 30 年 2 月 28 日 (木) に「地域企業との共同実習(介護福祉機器の開発講座)」の発表会を行なった。

1 月 12 日 (金) に実施した「地域企業との共同実習(介護福祉機器の開発講座)」のグループワークの提案をもとに、1 月 15 日～2 月 28 日のカリキュラム内で機械・生産技術科の 2 年生が、アイデアのブラッシュアップおよび試作を行った。3 グループに別れ、各々コンセプトを定めて、アイデアを検討・設計・試作を行った。

それぞれのグループのコンセプトと試作品は、以下のとおりである。

グループ 1 「しゃがまずに作業できる」(図 5)

グループ 2 「一般家庭でも使える」(図 6)

グループ 3 「信州らしく木でつくる」(図 7)



図 5 グループ 1 試作品
コンセプト「しゃがまずに作業できる」

発表会では、各グループで製作した試作品を用い、プレゼンテーションと試作段階での問題点などを報告した(図 8)。

発表時の実演の様子を図 9～11 に示す。

発表後には、御協力いただいた「箕輪町ものづくり交流プラザ」の企業の皆様からも御意見や講評をいただき、学生は製品開発の難しさと面白さを実感できたようであった。

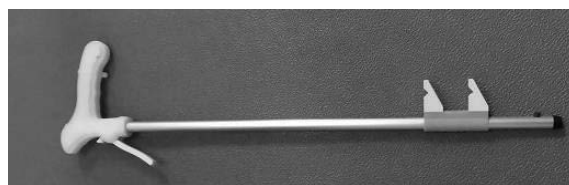


図 6 グループ 2 試作品(ステッキャー)
コンセプト「一般家庭でも使える」

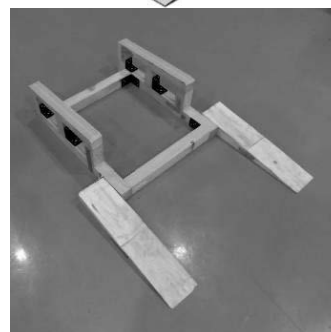
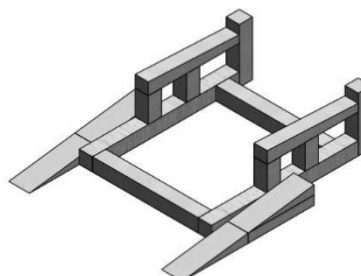


図 7 グループ 3 試作品
コンセプト「信州らしく木でつくる」

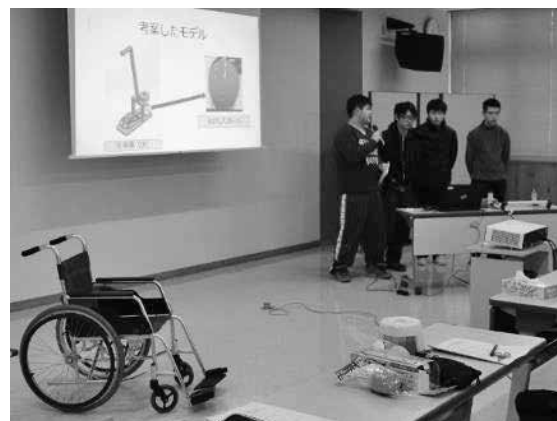


図 8 発表の様子

4. む す び

当校は、南信地域の企業や団体の要望に、県が応える形で開校した学校である。また、当校は規模としては専門課程2科で各科定員20名と決して大きな学校ではない。しかし、考え方を変えれば、これらを組み合わせれば、大きな特長を持ったカリキュラム構築が可能にもなる。今回の取組みはその特長を活かして実施できたものであると考える。振り返って、教員としての視点で学生を見ると、学校の中で完結する授業とは違い、学生自身の成果を企業で評価してもらうことによる責任があるため、全員で懸命に取り組む姿が見られた。技術者としての成長が感じられ、短期間の実習であったが、非常に教育効果が高かったと思われる。

平成30年度以降も、実施方法などの見直しを図りながら、この「地域企業との共同実習」をより発展させ、特長のあるカリキュラムにしていきたいと考える。



図9 グループ1の実演の様子



図10 グループ2の実演の様子



図11 グループ3の実演の様子

【事例紹介】

2018 Ene-1GP SUZUKA KV-BIKE チャレンジへの参加

機械・生産技術科 矢崎美彦

1. ま え が き

当校では、1年次の12月末から3月にかけて、グループでのづくりの一連のプロセスを習得するために総合課題を実施している。これは、学科の枠を飛び越えて、機械・生産技術科と電気・制御技術科の2科の学生で5～6人のグループを結成し、学生自身が作ってみたいものを自由に企画・提案し、ものづくりを行なう授業である。できるだけ学科の専門性の枠にとらわれず、様々な技術に積極的に関わることを目的としている。

2017年度の総合課題のテーマとして、電動バイクの作製が行われた。テーマの発案者は、高校時代に手作りの電動バイクの大会である Ene-1GP に参加経験があり、その経験を活かし、本校でも同大会への出場を目標に作製に取り組んだ。2018年度の4月からは、サークル活動としてメンバーを増員し取り組んだ。

以下に、作製した電動バイクと総合課題から2018年8月5日（日）鈴鹿サーキットで開催された大会までの活動について報告する。

なお、大会には、機械・生産技術科の宮下滉平君、久保田秋津君、中村大晟君、林快政君、湯澤勇之介君、電気・制御技術科の今井隆元君、橋爪凱君が参加し、リーダーを宮下君が務めた。

2. 競技の概要

Ene-1GP とは、充電式単三電池40本を原動力とした手作りの電動バイク（以下車両）によるエネルギーマネジメント競技である。毎年、鈴鹿サーキット（三重県）とツインリンクもてぎ（栃木県）で開催されている。三輪以上の車両で競う KV-40 チャレンジと原動機としてモータを取り付けた自転車で競う KV-BIKE チャレンジの二つのカテゴリーがある。

KV-BIKE チャレンジは、コースを1周あたりのラップタイムで競うタイムアタックと、60分間の走行周回数を競う耐久レースの二種目で構成され、それぞれの順位の合計で総合順位が決定される。大会期間中の追加充電はできないため、この二種目を一回の充電で走りきらなければならない。車両はタイヤが20インチ以上、サドル高さが

60cm以上の市販自転車とし、フレームの軽量化やカウル等の装着は不可となっている。そのため、中学生から一般まで簡単に参加することができる。

鈴鹿サーキットでの大会は、全長2.243km、最大高低差約30m、最大7.8%の登り勾配があるコースでレースが行われる。この登り勾配を克服することが重要となる。

3. 作製車両について

図1に、総合課題で作製した車両の外観を示す。総合課題では、学生の不用となった市販の折りたたみ自転車（ミニサイクル）を用いて車両を作製した。ミニサイクルは、比較的重量が軽く、タイヤの径が小さいことで高トルクを出すことができる。タイヤは、軽くて転がり抵抗が少ないスリックタイヤを採用した。モータは、株式会社ミツバ製のブラシレスモーター&インバータキットを用いた。このキットは、ブラシレスDCモータの構造と動作原理を体感して理解できるように、モータのコイルを手巻きし、インバータ回路を半田付けして組立てていくものである。多様な制御プログラムの開発・試行ができるようにソフトウェア開発環境も付属しており、中学、高校、大学での実習・課題研究の教材に最適である。また、競技規則では、ライダーの手がアクセルから離れるとモータの回転が止まる（モータに電気が流れない）構造にしなければならないことになっている。このキットでは、ボリューム型の変圧抵抗により回転数の変動制御ができるようになっている。

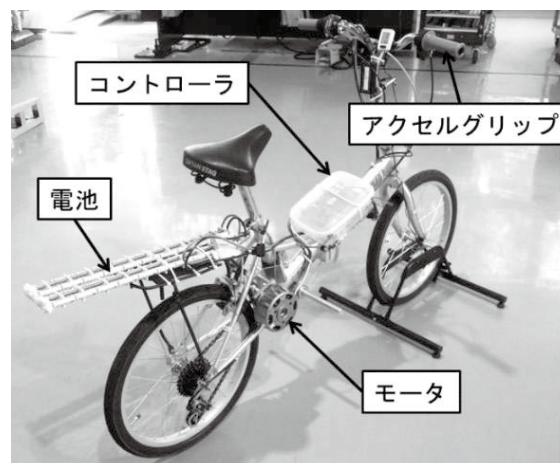


図1 総合課題で作製した車両

そこで、バイクのアクセルグリップのように、ハンドルのグリップを回すことにより可変抵抗のボリュームが回転し、手を離すと自動でボリュームが戻る構造とした（図2）。

作製した車両で試運転をしたところ、以下のような問題点が見つかった。

- ・消費電力が多すぎる。
- ・トルクが足りない。
- ・電池ボックスの電池の保持力が弱い。
- ・電池ボックスが長くて邪魔である。
- ・アクセル（モータ回転数）が最大まで引き上げられない。
- ・車体とチェーンが接触する。

4月からのサークル活動では、これらの問題点を改良した車両（以下車両 A）と、新たに伝達機構を歯車にした車両（以下車両 B）の作製を行った。

消費電力が多すぎる、トルクが足りないという問題を解決するために、モータの銅線の線径をφ1.0mm からφ0.8mm に変更し巻き直した。線径を細くすることにより、消費電流を抑えた。また、細い銅線は線自体が柔らかいため、隙間なくきれいに巻く事ができる。そのため、磁束密度を高め磁力を強くしトルクを増大させることができた。

電池ボックスは、図3に示すように、電池 20 本を鉄の丸棒と 3D プリンタで作製したホルダーで固定するものから、電池 10 本を収納できる電池ボックス（3D プリンタで作製）へ改良した。この電池ボックスは、ボルトを締めることにより電池を保持できる。これを4個収納できるアクリル製のケースを小型のレーザ加工機を用いて加工し、接着により組立て作製した。これにより、40 本の電池をコンパクトに収納でき、車両へ搭載した際の安定性も良くなった。モータコントローラの収納ケースも同様にレーザ加工機を用いて作製した（図4）。

アクセル（モータ回転数）が最大まで引き上げられない問題に対しては、モータ回転数変動機構を改良した。改良前（図2）は、ワイヤの張力が直接、可変抵抗のボリューム部にかかる機構になっていた。そこで、図5に示すようなラック&ピニオン機構にした。アクセルグリップを回すとワイヤでラックが引かれピニオンが回転する。ピニオンには可変抵抗が取り付けられている。これにより、モータの回転数をスムーズに変動でき、回転数を最大まで引き上げられるようになった。

車体とチェーンが接触する問題に対しては、車両 A に関してはチェーンの取り回し方法を変更し、車両 B に関しては歯車伝達にすることで対処した。表1に各車両の諸元を示す。

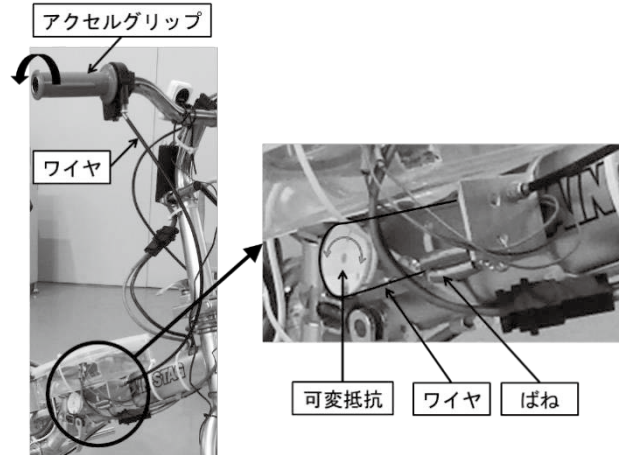
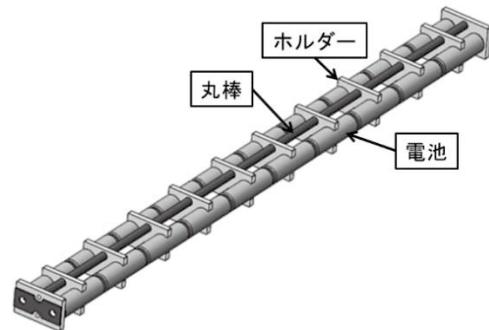
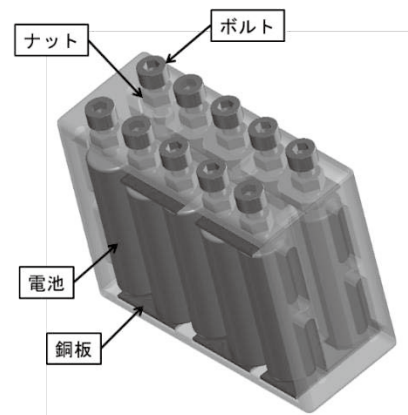


図2 総合課題で作製した車両のモータ回転数変動機構



(a) 改良前



(b) 改良後

図3 電池ボックスと収納ケース

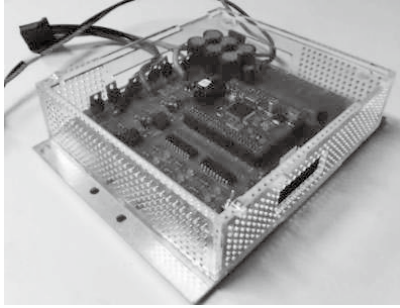


図4 コントローラケース

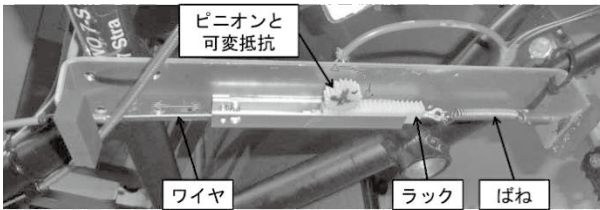


図5 改良したモータ回転数変動機構

表1 車両諸元

	車両 A	車両 B
車種	ミニサイクル	
重量	16 kg	15 kg
タイヤ	20 インチ スリックタイヤ	
モータ	株式会社ミツバ ブラシレスモーター&インバータキット	
電池	Panasonic 社製 eneloop ニッケル水素電池 単3形 BK-3MCC 20 本直列2並列 24V10A	
伝達機構	チェーン	歯車
減速比	1/2.33	1/4

4. 大会結果

大会前日まで車両作製に追われていたが、2台完成させ大会に出場することができた。大会結果を表2に示す。

2台とも大会前に十分な試走ができなかったこともあり、7.8%の登り勾配を登りきることができなかった。競技規則では、走行中に車両がストップした場合、車両を押して歩いても良いことになっている。コースの1/3程度を歩いたが、タイムアタックは競技時間の30分以内にゴールすることができた。耐久レースは、競技規則では、走行中車両トラブルにより停止した場合は、降車した上でコース外を押して歩くことができるが、当該周に必ずピットインしなければならないことになっている。また、1時間経過時点でトップ車両の位置に関係なく、ホームストレート上フラッグ台にてチェッカーフラッグが10分間提示され、チェッカーを受けたチームで、走行周回数の多いものから順位がつく。この10分間にチェッカーを受けていないと、順

位が認定されないことになっている。タイムアタックと同様に勾配を登りきることができず押して歩き、そのたびにピットインすることとなったが、2台ともチェッカーを受け完走することができた。

5. むすび

総合課題の授業とサークル活動を通じ電動バイクを作製し Ene-1GP SUZUKA へ参加した。初参加であったが2チーム出場することができ、本校のアピールに一役買った。また、機械・生産技術科の学生は部品の機械加工、電気・制御技術科の学生はコントローラの半田付けといった形で、お互いの得意とする分野を担当しながら協力して活動することができ、コミュニケーション能力を養う機会にもなった(図6・7)。このような大会への参加は、ものづくりの面白さを味わいながら、勝利を目指して技術力を競うことで、技術者としての在り方を学ぶ格好の機会でもある。これは、本校のアドミッションポリシーでもあり、このような活動が今後も継続されることを期待する。

表2 大会結果

		車両 A	車両 B
タイムアタック	時間	12'29.438	12'46.637
耐久レース	周回数	2周*	3周
	時間	1:01'01.376	1:00'40.795
総合順位 (39チーム中)		32位	30位

※競技規則違反により1周ペナルティ

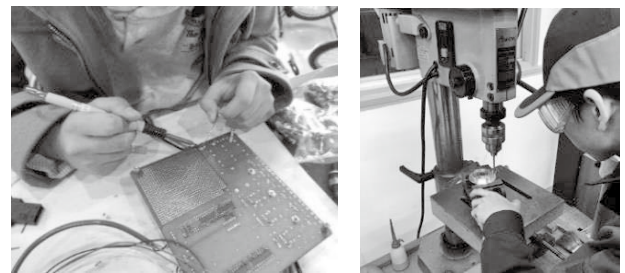


図6 作製風景



図7 参加メンバー (レースを終えて)

【事例紹介】

サファイア単結晶基板表面における ルビー単結晶膜のフラックス成長に関する研究計画

機械・生産技術科 鮎沢俊輔

1. 緒言

サファイア単結晶基板表面に成長させたルビー単結晶膜は、半導体集積回路をはじめレーザーや発光ダイオードとしての利用が期待できる¹⁾。フラックス蒸発法を用いれば、サファイアの融点より遥かに低い温度でサファイア単結晶基板表面に単結晶膜を成長させることができる²⁾。フラックス蒸発法による結晶育成では、フラックスの蒸発によってフラックスに対する溶解度よりも過剰な溶質を含む過飽和状態を作り、不安定な状態を解消するために結晶化することを利用する。これまでに、酸化モリブデンフラックスからのルビー結晶育成の報告や、サファイア基板上のルビー単結晶膜の報告はある^{3,4)}。しかし、溶液中での反応や成長様式は不明である。そこで本研究では、酸化アルミニウム—酸化モリブデン系における溶液中での反応解明、ルビー単結晶成長様式解明及びそれを利用したルビー単結晶膜の新規用途探索を目的とする。

2. 研究課題

具体的な研究課題は以下のとおりである。

- ・酸化モリブデンフラックスに対する酸化アルミニウムの溶解度測定
- ・ルビー単結晶膜の結晶構造評価
- ・ルビー単結晶膜成長に与える結晶面の影響調査
- ・ルビー単結晶膜成長を応用した新規用途探索

3. 本研究の新規性・優位性等

酸化モリブデンフラックスは蒸発物質であり、質量は減少するため定温保持中の溶解度測定は困難である。しかし、サファイア単結晶基板にルビー結晶が成長し始める瞬間を捉え、フラックス中の溶質量を算出することで溶解度を測定できると考える。ルビー単結晶膜成長の概念図を図1に示す。所定の温度に到達後、初めはサファイア単結晶基板の一部が酸化モリブデンフラックスに溶出する。過飽和状態になると、溶出から酸化アルミニウム結晶の成長に転じる。酸化モリブデンフラックスに微量の酸化クロムをあら

かじめ添加することで、成長層はルビーとして得られる。これを利用して溶出から結晶成長に転じる瞬間を捉え、溶解度を測定する。フラックスに対する溶質の溶解度を理解することで目的結晶を最適条件で育成することができる。また、ルビー単結晶の膜厚変化に伴う結晶の性質変化を明らかにするため各成長段階における結晶膜の評価を実施する。さらに、サファイア単結晶基板の面方位の違いによってルビー結晶の成長形態は異なるため、面方位の異なるルビー単結晶膜を作製し、その成長過程を明らかにする。最後に、酸化アルミニウム—酸化モリブデン系におけるルビー単結晶成長と結晶構造に関する基礎知見を応用した新規用途を探索する。なお本研究は、信州大学環境・エネルギー材料科学研究所長（信州大学工学部物質化学科）手嶋勝弥教授との共同研究として実施する。

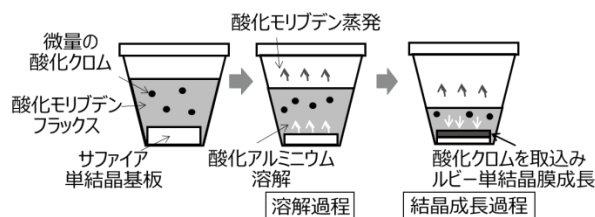


図1 ルビー単結晶膜成長概念図

4. 参考文献

- 1) 中嶋一雄, “エピタキシャル成長のメカニズム”, 共立出版, 1-2 (2002).
- 2) 大石修治, 穴戸統悦, 手嶋勝弥, “フラックス結晶成長のはなし”, 日刊工業新聞社, 1-6 (2010).
- 3) S. Oishi, K. Teshima, H. Kondo: Flux growth of hexagonal bipyramidal ruby crystals; *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 4768-4769 (2004).
- 4) K. Teshima, K. Matsumoto, H. Kondo, T. Suzuki, S. Oishi: Highly crystalline ruby coating on α - Al_2O_3 surfaces by flux evaporation; *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **115**, 379-382 (2007).

【事例紹介】

ライントレースカーを題材にしたプログラミング学習

電気・制御技術科 大工原裕之

1. ま え が き

C 言語は歴史が古いのにも関わらず、組込みシステムのプログラミングを中心として現在でも使用されている。そのため、C 言語からプログラミング学習を始めることが多い。命令語数は限られているものの、文法やライブラリ関数の使用方法などを学びながら、制御構造や基礎的なアルゴリズムも習得するという事は初学者にとってハードルが高い。また習得には相応の時間が必要となる。

制御構造とアルゴリズムは言語によらず共通なので、これを短期間に集中して学ぶことで、その後の言語学習を効率よく進めることができるのではないかと考えた。

ここでは、ライントレースカーを題材にして、機能を持った幾つかのブロックをつなぎ合わせてプログラムを作成する教材を学生に利用させた。目的にあった制御を行うためのアルゴリズムを中心に学習させた内容について報告する。

2. 教材の概要

ヴィストン(株) からロボットプログラミング教材として販売されている「ビュートローバー H8」を使用した。プログラミング環境は「ビュートビルダー2」である。

2. 1 ハードウェア

ビュートローバー H8 は組み立てキットと完成品のどちらかを選び購入するが、今回はキットを選択した。

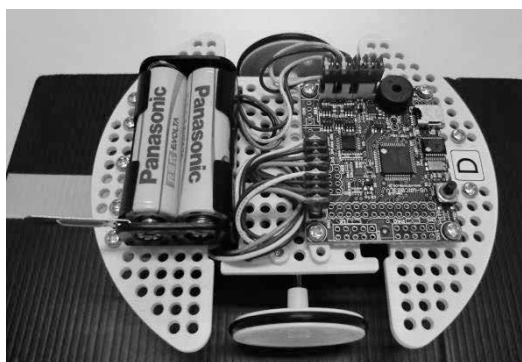


図1 ビュートローバー H8

配線はコネクタが圧着されているのでハンダ付けの必要はなく、+ドライバーだけで組み立てができる。ただしギヤボックスやセンサの取り付けなど、ネジを回す方向に部品

も回転するため、車体ごとの個性が生まれる要因になっている。学生は、2時間をかけて完成させた。

2. 2 プログラム開発環境

キットに付属している CD-ROM に、ビュートビルダー2 とサンプルプログラムなどが収められている。開発用のパソコンとビュートローバーを USB ケーブルで接続すると、HID デバイスとして認識される。この後、ビュートローバーに取り付けたセンサ値や電池の電圧などの表示がされ、プログラムの書き込みなども行うことができる。

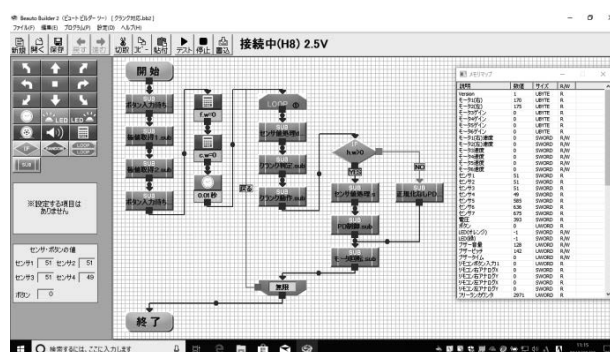


図2 ビュートビルダー2

3. 教材を利用した学習

この教材は、マイコンを利用する卒業研究の事前学習として、研究室の学生3名に与えて実施した。30 時間を、この教材を使った学習に割り当てた。

3. 1 目標と学習の進め方

この教材を利用することが参加条件である「2018 ライントレースロボットコンテスト in SAKU」が、学習終了の時期とも合致したため、この大会へ出場することを目標とした。コースは直線、2種類の半径のカーブ、直角、直線同士の交差を組み合わせたものになっている。

大会のコースで使われる全ての要素を、初めから考えさせることは難しい。また、この教材ではプログラムの変化が車体の挙動としてわかりやすい。そこで、低いレベルからの積み上げとして要素を分けた。さらに設定したレベルに到達するタイミングで、その要素を含んだコースを走行する研究室内大会を行った。大会後は、調整や工夫した点などを互いに報告し、次に含める要素を周知させるという手法で学習を進めた。

3. 2 学習の内容

(1) 直線を走り抜けるタイムを競う

白色系の硬質プラスチックタイル張りの廊下に、幅 19mm の黒色ビニールテープを使って 15m の直線コースを作り、走り抜けるタイムを競うという目標を定めた。計測はスタートゲート付きの計時装置と、センサ付き電池ボックスを作成して使用した。この装置は、スタートゲートが開いてから、離れた場所に置かれたセンサ付き電池ボックスの前を物体が通過し始めるまでの時間を計測する。信号は 2.4GHz 帯の無線により伝達されるので、信号線の長さや引き回しを考慮しなくて済む。この計時装置は、この後の研究室大会においても用いた。



図3 無線を使ったスタートゲート付き計時装置

ここでの目的は、できる限りプログラムでの制御を加えずに直進できるような車体の調整と、ビュートビルダー2での基本的なプログラム開発を習得させることである。

サンプルプログラムの中に、センサから入力される値と設定した閾値とを比較して、左右のモータをそれぞれオンまたはオフとしてトレースを行うものが含まれていたため、これを使用させた。

調整とコース準備を含めて7時間をかけた後、競技を行った。

(2) 直線とカーブのコースでタイムを競う

コンパネサイズの黒いプラダンボールと幅 19mm の黄色ビニールテープを使い、直線、半径 125mm のカーブ、半径 625mm のカーブを組み合わせた周回コースを、学生が協力して作成した。実際のコースは、黒いゴムシートに黄色の塩化ビニールシートを幅 19mm でカットし貼り合わせたものになっている。コースのレイアウトとビニールテープの貼り付け作業に2時間をかけた。

ここでの目的は、10bit で取得できるセンサ値を黒と黄色という2値として捉え、左右のモータをオンまたはオフとしてラインをトレースする方法の限界を知ることである。次に、学生は科目「自動制御」で古典制御理論として PID

制御を学んでいたため、これを取り入れるためのアルゴリズムを考え、理解させることである。

初めの4時間は、先に用いたサンプルプログラムの閾値や走行する速さを調整して作成したコースを走行できるようにさせた。学生自身から、滑らかでより速い走行には、PID 制御が必要ではないかと話し始めた。

次に、予め PD 制御で走行するプログラムを書き込んだ、教員のビュートローバーの走行を見せて効果を確認させた。その後、ビュートビルダー2 で使用できる 16bit の8個の変数やセンサ値の変数への代入、変数の値をモータへ与える方法などを教えた。学生は、教科書²⁾を読み直しながらプログラムに取り入れようとしていたが、進めることができないという状態が2時間続いた。

限界を感じた1人の学生が、オン・オフ制御の考え方も、センサ値の場合分けを増やしてモータの回転を細かく変化させれば良いのではないかとすることでプログラム作成を始めた。良いきっかけと感じたため、教員のプログラム^(付録)を公開し、作成を始めたプログラムと比較するように指示をした。また、教科書の理論とプログラムとの結び付きを考えさせた。

2種類のアルゴリズムでのプログラム作成と、それぞれのパラメータ調整に4時間をかけた後、コースを時計周り、反時計周りでそれぞれ走行するタイムを競う、研究室大会を開催した。

(3) 全ての要素を含めたプログラミング

全ての要素が含まれるように、学生にコースを修正してもらった。

ここまでは、ラインを挟む2個のセンサでトレースを行うものであった。このままでも、交差は問題なく直進し、スピードが遅ければ直角も曲がることを確認させた。速度を上げると直角が曲がれないので、追加用のセンサを2個、学生へ渡して取り付けさせた。

ここでの目的は、追加した2個のセンサをどのように使えば良いか考えさせ、自らのプログラムに反映させることである。研究室大会は行わず、本番での走行を成果とした。学生同士の情報交換などは自由に行わせ、8時間程度を充てた。

プログラム作成と修正、パラメータの調整などを行う中で、センサ値の最大値と最小値を取得して利用するような考えなども生まれた。

3. 3 学習の成果

3名の学生は、与えた教材を利用して自らの考えをプログラミングできる能力を身に付けることができた。車体やコースの製作を含めて30時間で実施した内容として、C

言語で行う場合と比較すると、主観的ではあるが効率の良い学習が行えたと考える。

本番の大会では、1名が家庭の都合のため出場できなかったが、準優勝と5位入賞を果たすことができた。



図4 大会での出走前の様子

4. む す び

今回、ライントレースを題材にしたプログラミング教材を利用し、大会への出場を目指して学習を進めた。

学生にとって、目標や目的が具体的であること、自分の考えた結果を素早く確認できること、自ら課題を解決できるという自信が持てることが重要であると考え。そのため、一般の大会への参加という目標を掲げながら、必要な要素を分けて低い到達目標から順次、達成させていくという手法をとった。本番の出走前の調整でも、自分の考えた動作にならない場合に、初めに行ったセンサによらない直

進の確認を、学生が自ら確かめている場面などが見受けられた。

機能を持ったブロックをつなぎ合わせて動作を作成していくという簡易なプログラミング環境を使うことで、制御構造や必要な動作を行わせるためのアルゴリズムを考えることに集中させることができた。ただし使用したプログラミング環境では、8つの整数型変数しか使用できず、サブルーチンからは別のサブルーチンを呼び出せないなど、かなり制約が大きいものであった。この制約は学習終盤でのプログラム修正の際に、かなり感じていたようである。

メモリを潤沢に搭載したコンピュータを安価に手に入れることができる現在では、もはや必要のないことであるかもしれない。しかし、変数の用途と順番を考えて、新たに使うことができる変数を生み出していくことは、プログラム作成を行うときの思考と同じであり、有益なことであったと考える。

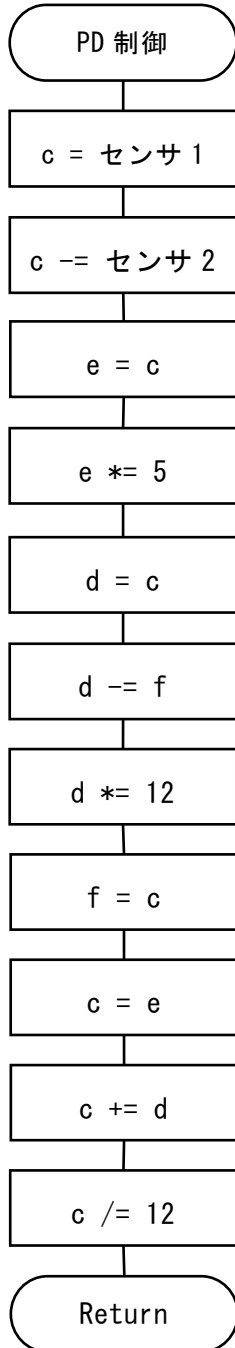
何より、自ら学習し考え判断し、時間をかけて作成してきたものが、良い大会成績として具体的に評価されたことによって、学生たちの自信につながった。これが最も大きな成果であったと感じる。

参 考 文 献

- 1) “ビュートビルダー2 取扱説明書”，ヴィストン株式会社，(2012).
- 2) 佐藤和也，平元和彦，平田研二，“はじめての制御工学”，講談社，113-128 (2010).

付 録

学生へ配布したPD制御サブルーチンプログラム資料



PD 制御の簡易版

センサ値の差 $\rightarrow c$

比例制御値 (ゲイン : 5) $\rightarrow e = 5 * c$

簡易微分値 (ゲイン : 12) $\rightarrow d = 12 * (c - f)$

(f は前回のセンサ値差)

※ 偏差を微分 \rightarrow 偏差の傾きを求める \rightarrow 今回と前回との差を
ループ周期で割る
ループ周期を 1 とした 故に “簡易版”

モータ制御値 (調整値 : 12) $\rightarrow c = (e + d) / 12$

比例ゲイン, 微分ゲイン, モータ制御調整値の 3 つのパラメータ
を調整する

研究・教育・社会活動の概要

(2017.4.1～2018.3.31)

A. 研究活動

1. 総説・解説・展望等

大石修治

「ものづくり」がもつ∞の可能性

経済月報, No.397, 1, 2017.

2. 研究論文

Katsuya TESHIMA, Yuki HARA, Kunio YUBUTA, Shuji OISHI, Kazunari DOMEN,
Mirabbos HOJAMBERDIEV

Application of flux method to the fabrication of $Ba_5Ta_4O_{15}$, $Sr_5Ta_4O_{15}$, $Sr_2Ta_2O_7$, and $BaTaO_2N$
polycrystalline films on Ta substrates

Crystal Growth & Design, 17, Issue 4, 1583 - 1588, 2017.

大石修治, 鈴木清香, 手嶋勝弥

初心者のためのルビーコーティング実験

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 2 - 6, 2017.

手塚佳夫, 御子柴孝

ベッドに寝たきりの方の呼吸検出

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 7 - 13, 2017.

田中秀登, 深海龍夫

ピエゾ誘電素子を利用した力センサ - 準静的な感度を持つ荷重検出法 -

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 14 - 18, 2017.

中島一雄

専門課程 1 年生の総合課題

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 19 - 22, 2017.

蟹江知彦, 横道正和

DC モータを用いたホバークラフトの製作

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 23 - 26, 2017.

中島一雄

ゲーム台『いとをかし』の製作

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 27 - 29, 2017.

矢崎美彦

重錘式振り子時計の製作

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 30 - 32, 2017.

千葉隆史

総合課題「無限ドミノ」製作の指導について

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 33 - 36, 2017.

横道正和

Active Trash Box の開発

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 37 - 40, 2017.

宮下利仁

課題製作「バブルミネーション」の紹介

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 41 - 44, 2017.

湯本一彦

機械装置『KARAKURI』の製作

長野県南信工科短期大学校紀要, 1, 45 - 47, 2017.

3. 特許・発明

宮下利仁, 堀内 学

三相電磁モータ

特許第 6140035 号

特許査定日, 2017.5.12

宮下利仁, 堀内 学

モータのアース線接続構造

特許第 6204847 号

特許査定日, 2017.9.8

宮下利仁, 堀内 学

ステータコアおよび永久磁石型モータ

特許第 6280761 号

特許査定日, 2018.1.26

4. 講演

手塚佳夫

寝たきりの方の見守りシステムの開発

第 1 回南信工科短大教員研究発表会, 2017.11.15

田中秀登

ピエゾ誘電効果を利用した力センサ — 準静的な感度を持つ荷重センサー

第 1 回南信工科短大教員研究発表会, 2017.11.15

中島一雄

3D プリンターの動向 (3D プリンターの最新動向と製造業での活用方法について)

(長野県職業能力開発協会より依頼)

長野県南信工科短期大学校, 2017.12.15

大石修治

高松から長野までの学びの旅路

高松文化講演会, 2018.2.16

田中秀登

デジタルオンデマンドの世界

研究紹介 - ピエゾ誘電効果による力センサー 以上 2 件

地域活性化交流会, 2018.3.9

B. 教育活動

1. 授業担当

- | | |
|------|--|
| 大石修治 | 社会学
川上健夫先生, 北澤君義先生, 向山孝一先生, 塚越英弘先生, 石原秀樹先生,
平田哲夫先生と小林敬二先生に講義いただいた。 |
| 手塚佳夫 | 基礎製図, 機械工学, 油圧・空圧制御, 機械制御 I, ゼミナール
基礎製図, 機械工学では演習を多く取り入れ, 機械制御 I においては補足資料を
用いて授業内容の理解を深めるようにした。 |
| 田中秀登 | 機械加工実習 I, シーケンス制御, NC 工作概論, NC プログラミング実習, 応用
数学, 安全衛生工学, 機械工学基礎実験 (熱伝動, レイノルズ), 振動実験 (FFT,
故障解析), 電気工学概論, 電気工学基礎実験, 機械材料, ゼミナール, 総合課題 |
| 中島一雄 | 機械加工実習 I・III・IV, シーケンス制御, 数値制御, 熱力学, 制御工学実習,
NC プログラミング実習, 機械工学基礎実験 II, 設計製図実習 II・III, 機械設計,
ゼミナール, 総合課題
機械加工実習と設計製図実習において, 「地域企業との共同実習」を取り入れた。 |
| 矢崎美彦 | 機械加工学, 測定工学, 機械工学基礎実験 I・II, 制御工学実習 I, 測定工学実
習, 機械加工実習 I, ゼミナール, 総合課題 |
| 横道正和 | 材料力学 I・II, 力学演習, 機械工学基礎実験 I・II, 安全衛生工学, 測定工学
実習, ゼミナール, 総合課題
材料力学と機械工学基礎実験 I を関連させ, 理論を実験で確認することを心掛け
た。 |
| 柳沢裕二 | 制御工学概論, 制御工学実習, 情報処理実習, ゼミナール, 総合課題
情報処理実習では, 特定の課題をこなすための自走式ロボットを自分たちで考え,
組立ててプログラミングする実習を行った。 |
| 湯本一彦 | 機械工学概論, NC 工作概論, 機械工作法, 切削加工法及び研削加工法, 機械加工
実習 I, 切削加工法及び研削加工実習, NC プログラミング実習, コンピュータ操
作基本実習, 安全衛生, ゼミナール, 総合課題 |

鮎沢俊輔	基礎製図，機械加工実習Ⅰ，機械工学基礎実験Ⅰ，機械設計，材料，NC工作概論，NCプログラミング実習，切削加工法及び研削加工法，ゼミナール，総合課題 実習や課題において，学生自身が能動的に学習に取り組むことができるようにした。
大工原裕之	電気回路，安全衛生工学，ゼミナール，総合課題 電気回路は基礎理論の定着のために，自作演習問題や章ごとの小テストを繰り返し行った。また小テスト実施時に授業アンケートをとり，学生の学びの振り返りと授業改善に活用した。
千葉隆史	FAシステム構築実習Ⅰ・Ⅱ，機械工作実習，電気工学基礎実験，機械制御実習Ⅰ・Ⅱ，ゼミナール，総合課題 実習や実験では，失敗しながら学ぶことができる余地を考えながら指導を行った。
宮下利仁	計測制御工学Ⅱ，自動制御Ⅰ・Ⅱ，電気機器，電気機器実験，ゼミナール，総合課題 計測制御工学Ⅱでは，古典制御理論について微分方程式が物理現象を表現していることを実験により経験し，入門の敷居を低くすることに心掛けた。またラプラス変換による微分方程式の解法を身に付けるだけでなく，Excelを利用した数値計算による微分方程式の解法を学ばせた。
三沢雅芳	電子デバイス工学，ゼミナール，総合課題
浅沼和志	流体力学，生産工学，電気工学概論，電磁気学
有賀武彦	機械工作実習，機械加工実習Ⅱ
大蔵英雄	機械工作実習，測定及びけがき実習
大野田文吉	基礎数学，解析学概論Ⅰ・Ⅱ
大林徹也	FAシステム構築実習Ⅰ・Ⅱ
上村博人	電子デバイス工学基礎実験Ⅰ・Ⅱ
桑澤明男	機械加工実習，機械加工実習Ⅰ・Ⅲ，測定工学
小平剛志	基礎製図，機械設計製図Ⅰ
五味久幸	材料力学，製図，機械制御Ⅰ
竹村雅志	環境・エネルギー有効利用技術Ⅰ・Ⅱ，環境・エネルギー有効利用技術実習
西澤史次	安全衛生作業法（アーク溶接），機械加工実習（アーク溶接）
西山隆也	電子回路基礎実験Ⅰ・Ⅱ，情報工学概論，情報通信工学概論，安全衛生工学，情報通信工学基礎実習，環境・エネルギー有効利用技術Ⅱ
林 寿郎	シーケンス制御，機械制御実習Ⅰ，制御工学実習Ⅰ
林 良一	測定法，測定工学
福澤定市	機械加工実習Ⅰ（手仕上げ・ボール盤・フライス盤），機械加工実習Ⅱ

松崎 旻 体育 I・II

御子柴孝 自動制御 I, 自動制御実習, 機械制御 I (電気製図)

リアナ・ジョセフ
英語 I・II

富澤 正, 松尾誠剛, 宮坂一彦, 藤森直樹
知的所有権

2. 卒業論文

赤羽航平	木材搬送補助具の製作	湯本一彦 (機械・生産技術科)
池上佳吾	へび型ロボットの開発 ーより良い移動のための動き方の研究ー	横道正和 (機械・生産技術科)
伊藤拓也	コンデンサ用箔の製造方法の開発	柳沢裕二 (機械・生産技術科)
織井拓郎	マルチコプターによる立体空間の温度データ 収集法の開発	柳沢裕二 (機械・生産技術科)
春日大和	CFRP 製半球面体の圧縮強度について	矢崎美彦 (機械・生産技術科)
木ノ内郁弥	樹脂製アディティブマニファクチャリング (AM) 造形物の積層方向による機械的性質への 影響	中島一雄 (機械・生産技術科)
小池 寛	射出成型型内の樹脂流動可視化に関する研究	中島一雄 (機械・生産技術科)
小出和樹	マルチコプター用プロペラの耐久性向上に関 する研究	柳沢裕二 (機械・生産技術科)
坂本大樹	オートクレーブ法によるプリプレグと綿布の ハイブリッド成型	矢崎美彦 (機械・生産技術科)
桜井星輝	非拘束な人型ロボットの姿勢制御の研究	横道正和 (機械・生産技術科)
中島篤矢	次世代型電磁ブレーキの開発	田中秀登 (機械・生産技術科)
中山楽里	アディティブマニファクチャリング (3D プ リント) を利用した真空チャック治具の研究 開発	中島一雄 (機械・生産技術科)
橋爪夏希	超音波モータの開発	田中秀登 (機械・生産技術科)
林 駿太	圧電素子を利用した発電装置の研究	田中秀登 (機械・生産技術科)
原田勇麻	能動歩行と受動歩行を併用する二足歩行ロボ ット ー斜面歩行の研究ー	横道正和 (機械・生産技術科)
二木大輝	薄板加工用エンドミルの作製	湯本一彦 (機械・生産技術科)

宮下友宏	ヘビ型ロボットの開発 ー環境に最適化するスキンの研究ー	横道正和 (機械・生産技術科)
山崎康平	オートクレーブ法による半球面体の成型 ープリプレグの裁断形状の違いによる形状精度の比較ー	矢崎美彦 (機械・生産技術科)
有賀祐人	各種センサ管理による植物育成に関する研究	三沢雅芳 (電気・制御技術科)
勝目望夢	16極6スロットモータの高トルク設計の検討	宮下利仁 (電気・制御技術科)
河東秀麿	赤外線距離センサを使った小型積雪計の開発	三沢雅芳 (電気・制御技術科)
北原和亮	ブラシレス DC モータの巻線切換による極数変換の検討	宮下利仁 (電気・制御技術科)
木村崇行	非接触計測による交流電力測定技術の開発	三沢雅芳 (電気・制御技術科)
熊谷 堯	OpenCV と Gaussian フィルタを組合せた画像処理システムの検討 ー自動検索機能付き CD ラックの製作ー	宮下利仁 (電気・制御技術科)
鋤柄直希	サーボモータ用電磁ブレーキの偏摩耗要因の一検討	宮下利仁 (電気・制御技術科)
高橋龍人	睡眠時の体動測定器の開発	大工原裕之 (電気・制御技術科)
田沢卓寛	全天球カメラを用いた遠隔立体視システムの製作	千葉隆史 (電気・制御技術科)
谷垣内遼	先生探索システム「Teachers Finder」の製作 ー位置情報表示システムの作成ー	千葉隆史 (電気・制御技術科)
千葉直樹	自動草刈りロボットの製作 ー自動草認識プログラムと走行機構ー	大工原裕之 (電気・制御技術科)
轟 亮士	自動草刈りロボットの製作 ー草刈り機構部ー	千葉隆史 (電気・制御技術科)
林 恵輔	エアコンの省電力化補助機器の製作	大工原裕之 (電気・制御技術科)
毛利大介	先生探索システム「Teachers Finder」の製作 ー無線機器の検討ー	千葉隆史 (電気・制御技術科)
吉原隼斗	自動ホワイトボードクリーナーの開発	三沢雅芳 (電気・制御技術科)

3. 課外活動

中島一雄, 千葉隆史, 柳沢裕二

若年者ものづくりコンテスト「メカトロニクス職種」練習会

学生5人, 教員3人が参加

東海職業能力開発大学校, 2017.6.24 - 25

鮎沢俊輔

信州大学環境・エネルギー材料科学研究所（信州大学工学部物質化学科）手嶋勝弥教授との共同研究を実施した。

C. 社会活動

1. 役員

1) 学会役員等

大石修治

日本フラックス成長研究会

顧問

2013.1 - 現在

手嶋勝弥

日本材料科学会

評議員

2015.7 - 現在

手嶋勝弥

日本フラックス成長研究会

副会長

2013.1 - 現在

手嶋勝弥

日本結晶成長学会

理事

2010.4 - 現在

手嶋勝弥

表面技術協会

評議員

2008.2 - 現在

手嶋勝弥

表面技術協会

学術委員

2007.2 - 現在

2) 地域および国等での委員等

大石修治

信州大学

特任教授

2015.4 - 現在

大石修治
長野県科学技術産業振興検討会議
委員長
2015.1 - 現在

大石修治
駒ヶ根市「次世代産業 新製品・新技術開発支援事業補助金」
審査員
2017.6 - 2018.3

大石修治
諏訪広域公立大学事務組合公立大学法人評価委員会
委員
2017.9 - 現在

手塚佳夫
長野県駒ヶ根工業高等学校
学校評議員
2016.4 - 2018.3

手塚佳夫
南箕輪村
キャリア教育推進協議会委員
2016.4 - 2018.3

手塚佳夫
箕輪町
新技術及び新製品開発事業審査会委員
2017.5 - 2018.3

手塚佳夫
駒ヶ根市
雇用対策協議会委員

手塚佳夫
長野県産業人材育成支援ネットワーク会議委員

手嶋勝弥
信州大学工学部
教授
2011.4 - 現在

手嶋勝弥
信州大学

学長補佐

2013.4 - 現在

手嶋勝弥

信州大学先鋭領域融合研究群環境・エネルギー材料科学研究所
所長

2014.3 - 現在

2. 対外的活動

1) 国・県、地域等での活動

中島一雄

機械研削砥石 安全衛生特別教育 講師（松本労働基準協会より依頼）

2017.9.9, 松本ポリテクセンター（松本市）

手嶋勝弥, 鈴木清香, 大石修治

人材ふれあいフェア, ルビー結晶をつくろう！（ものづくり体験教室）

2017.9.23, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

「ルビー結晶をつくろう！」のテキスト（A4, 8 ページ）を作成した。参加者にルビーコーティング実験を体験させた。

中島一雄

人材ふれあいフェア, ビー玉エンジンの製作（ものづくり体験教室）

2017.9.23, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

スターリングサイクルを利用したビー玉エンジンの製作体験を、研究室の学生に準備から当日の講師まで担当できるように指導した。

中島一雄

人材ふれあいフェア, オリジナルアクセサリ作り体験コーナー

2017.9.23, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

3D プリンタで製作した樹脂型を用いて、来場者自身に人力射出成形機を使用してオリジナルアクセサリ作りを体験していただき、持ち帰ってもらった。

湯本一彦

人材ふれあいフェア, レーザ加工機によるオリジナルペンスタンドの作製

2017.9.23, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

レーザ加工機によりオリジナルペンスタンドを作製した。加工の様子を見学していただき、持ち帰ってもらった。

鮎沢俊輔

人材ふれあいフェア, ヘロンの蒸気発電を担当

2017.9.23, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

ヘロンの蒸気機関を利用した発電システムの実演を行った。

千葉隆史

人材ふれあいフェア，ニギニギ電子ブザーをつくろう（ものづくり体験教室）

2017.9.23，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

タイマーICによる発信回路を用いた電子ブザーの製作を指導した。発信周波数を決めるコンデンサとして，2枚のアルミ板を貼り合わせた手作りコンデンサを接続し，それを握ることで周波数が変化してブザーの音程が変わる仕組みとした。

三沢雅芳

人材ふれあいフェア，超伝導の実験教室 講師

2017.9.23，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

手塚佳夫

南信工科短大振興会技術セミナー企画・運営

炭素繊維複合材（CFRP）オートクレーブ成形の基礎，

（株）羽生田鉄工所 多田晃・松峯拓郎

2017.9.28 - 29，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

手塚佳夫

南信工科短大振興会技術セミナー企画・運営

グラフィカル言語 LabVIEW による計測・制御の基礎と実践，

（株）スマートセンサーテクノロジー 御子柴孝，日本ナショナルインスツルメンツ（株） 渡辺恵智

2017.9.28 - 29，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

宮下利仁

信州大芝高原イルミネーションフェスティバル

2017.10.7 - 28，大芝高原（南箕輪村）

光と泡と音の三つの要素で演出したイルミネーション装置「バブルミネーション」を出展。気泡によって文字や図形を表現する掲示板であり，フルカラーLEDの照射により文字や図形を強調する。また，その光のリズムは音楽に合わせた構成となっている。開幕当日，長野放送の生放送番組「土曜はこれダネッ！」に製作に携わった学生4人が出演した。

中島一雄

機械研削砥石 安全衛生特別教育 講師（諏訪労働基準協会より依頼）

2017.10.22，長野県岡谷技術専門学校（岡谷市）

柳沢裕二，横道正和

南箕輪村公民館講座（ロボット講座）

2017.11.18，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

小学生の親子向けに Mindstorm を利用したロボットプログラミングの講座を開講した。

大工原裕之，三沢雅芳

キャリアフェス in 東中 講師

2017.11.24，駒ヶ根市立東中学校（駒ヶ根市）

生徒，教員や近隣の小中学生を対象として，熱と電気をテーマにした実験教室を開催した。

超伝導現象の実験とサーモグラフィカメラでの撮像を体験させた。

中島一雄

技能検定 機械検査検定員

2018.1.26 - 28, 松本ポリテクセンター (松本市)

大工原裕之

全国ものづくり高大連携発表会 & マッチングフォーラム in 駒ヶ根 発表, 展示

2018.2.2, アイパル (駒ヶ根市)

「ものづくりをとおして学び続ける本校の取り組み」と題して、総合的な学びの紹介と、高校から本校を経て産業界へ継続する学びと連携について発表を行った。

また、学校紹介パネルと総合課題「Active Trash Box」の展示および説明を行った。

半田英俊, 手塚佳夫

テクノプラザおかや ものづくりフェア 2018 出展

2018.2.2 - 3, ララオカヤ特設会場 (岡谷市)

2) 会員

信州大学ものづくり振興会

伊那谷アグリイノベーション推進機構

一般財団法人 AREC 賛助会員

長野県産業人材育成支援ネットワーク会議

ものづくり産業オープンイノベーション推進研究会

3) 研究・教育相談

柳沢裕二, 牧田英明

技能検定電気系保全作業の実技講習について

2017.12.9 - 10

松本技術専門校を通じて、技能検定電気系保全作業の実技指導について相談を受けたため、地元企業の在職者に対し受検者向けの実技講習会を行った。

D. 研究助成

大石修治

人材ふれあいフェア

2017 年度公益社団法人日本セラミックス協会理工系人材育成活動助成金に採択
5 万円

田中秀登

平成 29 年度南信工科短大振興会研究補助金に採択
20 万円

鮎沢俊輔

平成 29 年度南信工科短大振興会研究補助金に採択
20 万円

E. 報道

大石修治, 川上健夫, 峯村健司, 毛賀澤明宏, 平山直子

「ものづくりの明日」～伊那谷製造業次の 100 年へ～
月刊ワイドニュース 2017.4 月号, 伊那ケーブルテレビジョン, 2017.4.1 - 12
標記のタイトルの座談会を収録した 1 時間番組である。

大石修治

「高松から長野までの学びの旅路」
お茶の間ステーションプラス, 御前崎ケーブルテレビ, 2018.2.24 - 3.2
高松文化講演会での講演を 1 時間に編集した番組である。

編 集 後 記

昨年度の第1号に続き、この度第2号の発刊に至ることができたのは、原稿の執筆と修正そして査読に力惜しまず取り組んでくれた教職員の理解と支援のたまものと深く感謝します。

第2号発刊に当たり、大石校長に専門とするフラックス法の解説を英文で執筆いただきました。結晶成長と技術英語の両方に親しみ、原稿に込められた校長からのメッセージを感じていただければ幸いです。また今号には、工学教育・研究開発に関する技術情報はもちろん、講習会への応募者数の予測、アンケート調査と就職活動との関係など、身近な業務の中にある疑問や現象を題材としたものも含まれていますので、技術系ではない方の目に触れる機会も期待しております。事例紹介のコーナーも新設しました。5篇のうち2篇は、地域企業の協力により実現した当校オリジナルの活動、1篇は今後の研究計画、そして残る2篇は学生が主人公となって活躍したイベントの記録です。

誌面に掲載できたのは、本校の活動の一部にとどまります。これら以外にも、たくさんご紹介したい研究・授業・取り組みを行っていますので、ぜひ南箕輪の地に足をお運びいただき、その様子をご覧くださいいただければ大変幸いです。

紀要委員会 主任 武久泰夫

2018年度 紀要委員会
委員長 大石 修治
委員 池上 和夫
横道 正和
荒川 進
主任 武久 泰夫

長野県南信工科短期大学校紀要 第2号 2018

平成 30 年 12 月 26 日 印刷

平成 30 年 12 月 28 日 発行

編集 長野県南信工科短期大学校 紀要委員会

発行者 長野県南信工科短期大学校

〒 399-4511 長野県上伊那郡南箕輪村 8304-190

TEL 0265-71-5051 FAX 0265-72-2064

印刷所 ユニプリント株式会社

〒 399-3302 長野県下伊那郡松川町生田900-1

TEL 0265-34-1515
