

---

長野県南信工科短期大学校

---

# 紀 要

---

第 3 号

---

2019



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3号 2019

## 目 次

### 巻頭言

紀要第3号の発刊 .....	横道正和	1
----------------	------	---

### 解説

焦点法を用いた奥行き測定 .....	松原洋一	2
--------------------	------	---

### 論文

水溶液からのリン酸二水素アンモニウム結晶の育成 ..... 鮎沢俊輔, 清水康太, 神谷優人, 羽生大河, 登内誠也		9
---	--	---

### 技術資料

自動ホワイトボード消し装置の製作 .....	三沢雅芳, 鮎沢俊輔	13
制御工学講義における PLC を使用した PID 制御の実践 .....	宮下利仁	17
「校外研修」学習を組み込んだ授業の展開 ー電気・制御技術科「機械制御Ⅱ」科目での実践ー .....	荒川 進	23
長野県南信工科短期大学校におけるキャリア教育の効果 ーインターンシップを中心にしてー .....	横道正和	30

### 事例紹介

本校における太陽光発電の検証 .....	太田晃生	34
鉋くず厚さ測定装置の製作 ー削ろう会全国大会での使用についてー .....	中島一雄	36
機械学習ライブラリィを用いたサポートベクトルマシンの一事例 .....	武久泰夫	39

研究・教育・社会活動の概要 .....		42
---------------------	--	----

編集後記 .....		56
------------	--	----

# JOURNAL OF THE NAGANO PREFECTURE NANSHIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

---

No.3 2019

---

## CONTENTS

<b>Preface</b> .....	Masakazu YOKOMICHI	1
<b>Review</b>		
Depth Measurement by Depth-from-Focus Method .....	Yoichi MATSUBARA	2
<b>Paper</b>		
Growth of Ammonium Dihydrogen Phosphate Crystals from Aqueous Solution ..... Shunsuke AYUZAWA, Kota SHIMIZU, Yuto KAMIYA, Taiga HANYU, Seiya TONOUCI		9
<b>Technical Report</b>		
Production of Automatic White Board Cleaner ... Masayoshi MISAWA, Shunsuke AYUZAWA		13
Practice of PID Control using PLC in Control Engineering Lecture ... Toshihito MIYASHITA		17
Development of Learning Incorporating "Off-Campus Training" — Practice by "Machine Control II" Subject in Department of Electricity and Control Engineering — ..... Susumu ARAKAWA		23
Effect of Career Counseling at Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology — Focuses on Internship — .....	Masakazu YOKOMICHI	30
<b>Case Study</b>		
Validation on Solar Power in This Institute .....	Teruo OHTA	34
Development of Thickness Measuring Device for Wood Shavings — Usage in Kezuroukai National Convention — .....	Kazuo NAKAJIMA	36
An Example on Support Vector Machine using Machine Learning Library ... Yasuo TAKEHISA		39
<b>Research, Education and Social Activities</b> .....		42
<b>Editor's Note</b> .....		56

## 紀要第3号の発刊

長野県南信工科短期大学校 特任教授 横道正和

長野県南信工科短期大学校が開校して3年を経過し、ここに紀要第3号を発刊いたしました。

開校からこれまでの間に、本校の教育・研究・地域貢献は様々な試行を重ねて大きく育ってきました。総合課題や地域企業との共同実習といった特徴ある教育、広い領域への視野を持つ様々な研究、企業や団体と連携を図りながら地域を盛り立てようとする地域貢献活動、何れも日頃からの教員の努力とそれに応える学生の熱意、地域の皆様との連携の賜物です。本紀要はこうした活動の成果を掲載しています。

本校は、専門知識と実践力を兼ね備えた技術者の輩出を目指しています。専門知識とは科学技術の知識であり、人から抽出され、多くの英知により育まれるものです。実践力とは技能であり、人の中にあってその人と共に育ち、死と共に消えていくものです。技術は人の外に、技能は人の内にあり、両者が結び付いて科学技術は具現化されます。

こうした技術と技能の結び付きは本校の大きな関心事であり、そのため本校の研究は具現化をテーマとした応用研究が主体となります。その幅は毎年広がってきており、すぐに役立つ研究から遠くまで視野を広げようとする研究まで、あるいは工学分野から教育分野まで、日頃の活動とともに内容も一層多彩になってきました。これらの成果をぜひご一読ください。

「一隅を照らす、此れ国の宝なり」という言葉があります。置かれた場所で最善を尽くし、それによりその周りを照らす人こそ国の宝であるという意味です。本校教員は、技術の高度化・複雑化とそれに伴う技能の多様化に対応しながら、新たな結び付きを懸命に模索しています。そうした日々の実践に基づいた多彩な成果が一つひとつ一隅をしっかりと照らし、更にこの信州の一隅から千里の彼方へその光を届けることができればと思っています。本紀要がそのための窓となることを願って止みません。

今後とも皆様のご支援を、どうぞよろしくお願いいたします。

## 焦点法を用いた奥行き測定

松原洋一\*

### Depth Measurement by Depth-from-Focus Method

Yoichi MATSUBARA

**あらまし** 被写体の奥行き測定方法の 1 つとして焦点法 (DFF:Depth-from-Focus) がある。焦点の異なる複数の画像から被写体の奥行きを推定し、3 次元画像を構築する方法である。本稿では、DFF 法の原理と精度を解説する。また、DFF 法の処理の根幹に当たる合焦評価方法の代表的な手法を紹介し、それらの課題と改善手法について説明し、比較実験により大きく改善されていることを示す。

**Summary** Depth-from-Focus(DFF) method is measuring method of the size toward the depth direction. In DFF method, a set of multiple images taken with different focus settings is used and the depth of an object is estimated. This review explains the principle and accuracy of DFF method. In addition, we introduce representative method of focus measure method that is basis of DFF method processing, explain their problems and improvement method, and show that it is greatly improved by comparative experiments.

**Key Words** : Depth from Focus, Shape from Focus, Focus Measure

### 1. ま え が き

工業製品の検査や品質管理工程において、顕微鏡やデジタルマイクロスコープ観察の際に、被写体の寸法を簡便に計測したいという要望が増している。平面方向の寸法測定は顕微鏡とカメラを組み合わせるなどして可能であるが、奥行き方向については容易には測定できない。

奥行き方向の測定手法としては、光の干渉を利用した干渉法<sup>1)</sup>、複数のカメラで異なる方向から撮像して奥行きを推定するステレオ法<sup>2)</sup>、ライン光やランダムドット光を被写体に投射し、三角測量の原理で奥行きを推定する光投影法<sup>3)</sup>などがある。特に光投影法は近年、物体のピッキング等に広く使用されてきている。しかし、いずれの方法も特殊な光学系が必要となり、顕微鏡への設置は難しいなど簡便な測定手法にはならない。また、別の手法として Time of flight 法<sup>4)</sup>がある。

カメラ側から光を照射し、光の往復時間から奥行きを測定する方法である。しかしこの方法では、cm 程度の精度しか得られず、工業製品の寸法測定としては向いていない。

特殊な光学系を使用しない方法として、焦点の合い具合から奥行きを推定する焦点法がある。焦点法の 1 つとして、焦点の異なる複数枚の画像を用いて奥行きを推定する Depth-from-Focus (DFF) 法がある (Shape-from-Focus 法とも呼ばれる)。顕微鏡での撮像では、レンズと被写体間の作動距離が適切でなければ画像は不鮮明となる (ぼける) が、このことを利用し、被写体表面を最も鮮明とする作動距離から、奥行き形状を推定できる。作動距離を変えて複数枚の画像を撮像する必要があるが、特殊な光学系は必要ではないため、デジタルマイクロスコープでの奥行き測定方法として利用されている。

本稿では、2 章で DFF 法の原理について説明し、3 章で DFF 法の処理の中心をなす合焦評価方法について述べる。従来の方法での課題を挙げ、その改善手法を述べる。4 章では各種手法での比較実験を通して、改善手法の優位性を示す。

### 2. DFF 法の原理

#### 2. 1 測定方法と処理フロー

受理 2019 年 8 月 8 日

採択 2019 年 11 月 29 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

DFF 法では焦点の異なる複数の画像を使用して奥行きを推定する。顕微鏡に適用する場合は、被写体とレンズとの距離である作動距離を変えて撮像することで複数枚の画像を得る。Fig. 1 は作動距離を変えて撮像した画像である。Fig. 1 (a)から(d)へ向かって作動距離が近づいている。画像の中央部分に凹みがあり、凹み周辺は(b)で合焦しており、凹み中央部は(d)で合焦している。このように合焦位置から外れた作動距離で撮像すると、画像はぼけて不鮮明になる。

画像の鮮明さの度合いを数値化することで、合焦位置を定量的に推定できる。各画素毎に合焦位置を推定することにより、被写体の相対奥行き形状を推定できる。

DFF 法においては、画像の鮮明さの度合いの評価をいかに適切に行うかが重要である。鮮明さの度合いの評価を合焦評価 (Focus measure) と言い、その評価を数値化した値を合焦評価値と呼ぶ。

DFF 法における標準的な処理の流れを Fig. 2 に示す。撮像した各画像の各画素に対し合焦評価を行う。次に、必要に応じ、周囲の合焦評価値と比較をして平滑化 (Aggregation) を行う。最後に合焦評価値の最大値位置を推定・補間することで、奥行き画像を得る。合焦位置より奥行きを推定すると同時に、合焦時の輝度から、被写体全体に焦点があった全焦点画像を得ることもできる。

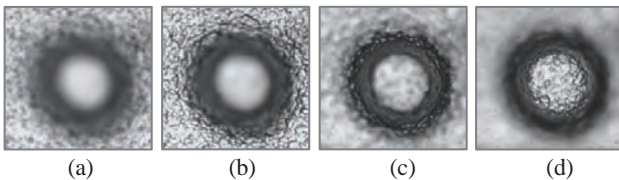


Fig. 1 Images with different focal points taken at different working distances.

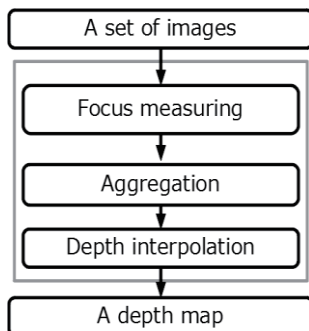


Fig. 2 Algorithm flow chart of typical DFF method.

## 2. 2 測定精度

DFF 法における奥行き方向の測定精度は、作動距離を変化させたときに、ボケ度合いが変化すると認識できる最小距離程度であるといえる。従って、レンズの被写界深度 (Depth of field) 程度であると言える。

Fig. 3 は被写界深度の模式図である。物体から出た光は、合焦位置から外れると広がりを持って像面で結像する。許容錯乱円は、ぼけたと認識できる最小の広がり大きさである。この大きさは、レンズの収差が十分小さければ、撮像素子の画素サイズ程度である。

被写界深度  $Dof$  は、以下の式で表される<sup>5)</sup>。

$$Dof \approx \frac{2CoC \cdot F_{eff}}{M^2} \quad (1)$$

ここで、 $CoC$  は許容錯乱円径、 $F_{eff}$  は実効 F ナンバー、 $M$  は光学倍率である。実効 F ナンバーは、レンズの F ナンバーを  $F$  とすると  $F_{eff} = F(1 + M)$  と表される。例えば、 $M=10$ 、 $F=2.8$  のレンズを用いて、画素サイズ  $4.4 \mu\text{m}$  の撮像素子で撮像した場合、 $Dof = 2.7 \mu\text{m}$  となる。

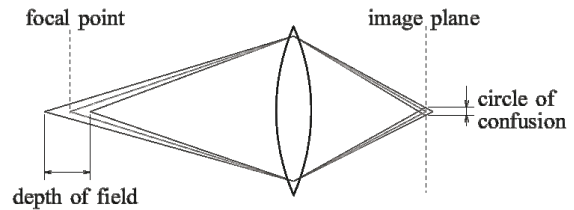


Fig. 3 Schematic diagram of depth of field

## 3. 合焦評価

### 3. 1 合焦評価値の計算方法

DFF 法では合焦評価値の計算方法が重要であり、様々な手法が提案されてきた。本 3. 1 節では主な合焦評価値の計算方法を紹介する。

- (1) 一階微分：画像の一次微分や勾配を指標として用いる方法である。画像に X, Y 方向のソベルフィルタをかけその強度 (二乗和) を用いる Tenengrad 法<sup>6)</sup>、一次微分の分散値を用いる方法<sup>7)</sup>などがある。
- (2) 二階微分：画像の二次微分を用いる方法である。代表的な手法に、Modified Laplacian (ML) 法<sup>8)</sup>がある。この方法は、X, Y 方向の二次微分値の絶対値を加算する方法である。また、斜め方向の微分も考慮した方法<sup>9)</sup>、二次微分の分散値を用いる方法<sup>7)</sup>なども提案されている。

- (3) ウェーブレット変換：画像のウェーブレット変換に基づいて評価値を求める方法である。ハイパス帯域とローパス帯域の比を指標とする方法<sup>10</sup>、ウェーブレット変換のサブバンドの内、高周波の3バンドの総和や分散を用いた方法<sup>11</sup>などがある。
- (4) 統計値：画像の統計値を基に評価値を求める方法である。輝度値の窓範囲内での分散値や偏差 (Gray level variance) を用いる方法<sup>12</sup>、ヒストグラムのエントロピーを用いる方法<sup>13</sup>などがある。
- (5) その他：複数のバンドパスフィルタを用いる方法<sup>14</sup>などがある。

いずれの手法でも、注目画素近傍範囲 (窓範囲) の指標の値を総和計算して、合焦評価値として用いている。上記手法を含む多くの手法について、性能評価を行った結果が文献 15)にある。ここでは、対象物によって性能が大きく変わることが指摘されている。ただその中でも、前述の ML 法は様々な条件で比較的良好結果を得られていた。

### 3. 2 DFF 法の課題

これらの DFF 法には共通する問題点が2つある。

- (i) 大きな輝度変化をもつエッジの周辺で合焦評価に失敗する：Fig. 4 の中央のエッジ近辺 (矢印箇所) では、ぼけ画像(b)の輝度 (実線) が大きく変化しており、合焦時(a)のテクスチャ由来の輝度変化 (点線) を上回る。このように、エッジ由来の輝度の変化量がぼけて広がり、合焦時のテクスチャ由来の輝度変化量を上回ると、ぼけた領域が合焦と誤判定される。
- (ii) テクスチャが少ない平坦領域で奥行き推定精度が低下する：平坦領域の輝度変化は小さく緩やかとなり、ぼけ画像と合焦画像を知覚的にも区別しにくい部分がある。このような領域は奥行き推定がうまくいかない場合がある。

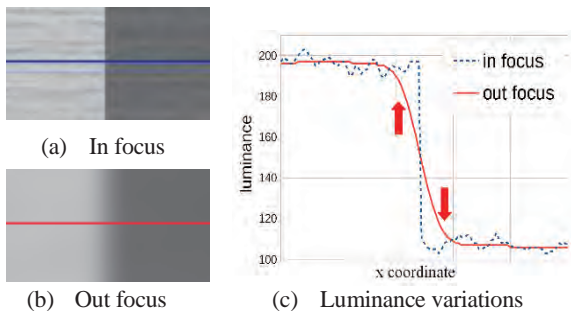


Fig. 4 Influence of strong luminance intensity of blurred edges onto their neighboring textures with weak intensity.

### 3. 3 課題解決手法

3. 2 節の問題を解決する方法として 2015 年に Frommer らにより提案された AHO 法<sup>16</sup>がある。また、AHO 法をベースとし、主に合焦評価方法を変更した RM 法<sup>17</sup>が提案されている。

#### 3. 3. 1 AHO 法

AHO 法では合焦評価値の計算に微分値の絶対値を用いる。ここで、微分の次数は、1~10 などの複数の次数を用いる。高階微分を行うことで、周辺の画素の情報も考慮されることになり、事実上窓半径を広げた場合に似た効果があらわれる。このことにより 3. 2 節の課題(ii)に対して一定の効果が期待できる。

また、微分の方法も、X,Y および斜めの4方向で計算を行う。エッジと平行方向に微分を行う場合にはエッジの影響を受けない。このことで課題(i)についても改善効果が期待できる。微分次数  $i$ 、方向  $j$  における合焦評価値  $\phi_{i,j}$  は、

$$\phi_{i,j} \approx \left| \frac{\partial^i I}{\partial x_j^i} \right| \quad (2)$$

となる。ここで、 $I$  は画像を表す。

合焦評価値の奥行き方向の変化を合焦評価曲線と呼ぶ。一般的には、焦点の合った奥行きを頂点とする単峰の山形の形状になる。AHO 法では、複数の次数、複数の方向で求めた合焦評価曲線を“Curve standard deviation” (CSTD) という指標を用いて合成する。CSTD は半値全幅に似た指標であり、山形の曲線の鋭さと関連する (鋭い山ほど CSTD は小さくなる)。CSTD の値を用いた重みを使い、複数の次数、複数の方向で求めた合焦評価曲線を合成することで1つの合焦評価曲線を得ることが出来、合焦位置を推測できる。合成した合焦評価曲線  $\psi$  は以下の式で表せる。

$$\psi(x, y, z) = \sum_i \sum_j \alpha_{i,j}(x, y) \hat{\phi}_{i,j}(x, y, z) \quad (3)$$

ここで、 $\alpha_{i,j}$  は CSTD を用いて求めた重みであり、曲線が鋭いほど重みは大きくなる。 $\hat{\phi}_{i,j}$  は各  $(i,j)$ 、各画素  $(x,y)$  での合焦評価曲線を最大値で正規化した値  $\hat{\phi}_{i,j}(x, y, z) = \phi_{i,j}(x, y, z) / \max_z \phi_{i,j}$  である。ここで、 $z$  は奥行き方向の画像番号を示す値となる。

なお、4章の実験では、微分次数は1~10次とした。

#### 3. 3. 2 RM 法

RM 法では、合焦評価値の計算に注目画素の画素値とその周辺画素の平均値の変化率を用いる。ただし、一般的な標準偏差や平均偏差などの計算とは異なり、平均値からの差分のかわりに比率を用いる (以降、

Ratio against mean : RM 値と呼ぶ)。単純な計算ではあるが、画像の暗所や平坦領域でも、ピーク形状の鋭い合焦評価曲線を得られる。

各画像の画素値を $I_z(x, y)$ とし、注目画素での計算に用いる周辺画素については、ある画素 $(x, y)$ を中心とした半径 $r$ の正方形窓に含まれる画素の集合(座標)を $(x', y') \in \mathcal{N}_r(x, y)$ 、窓内部に含まれる画素数を $|\mathcal{N}_r| = (2r + 1)^2$ と表すと、窓半径 $r$ での周辺の画素値の平均 $M$ は

$$M_z^r(x, y) = \frac{1}{|\mathcal{N}_r|} \sum_{\{x', y'\} \in \mathcal{N}_r(x, y)} I_z(x', y') \quad (4)$$

となり、RM 値は次のように定める。

$$RM_z^r(x, y) = \left| \frac{I_z(x, y)}{M_z^r(x, y)} - 1 \right| \quad (5)$$

更に周辺で得られた RM 値の平均を求め合焦評価値 $\phi$ とする。

$$\phi_z^r(x, y) = \frac{1}{|\mathcal{N}_r|} \sum_{\{x', y'\} \in \mathcal{N}_r(x, y)} RM_z^r(x', y') \quad (6)$$

RM 法では、複数の窓半径を用いて合焦評価曲線を得た後、AHO 法と同様に CSTD の重み $\alpha$ を用いて曲線を合成し、合焦評価曲線 $\Psi_{x, y}(z)$ を得る。

$$\Psi_{x, y}(z) = \sum_r \alpha_{x, y}^r \hat{\phi}_{x, y}^r(z) \quad (7)$$

エッジ付近では小さい窓半径の方が合焦評価曲線が鋭くなる傾向にある。このため CSTD を用いた重み $\alpha$ は窓半径が小さい方が大きくなる。一方、テクスチャの少ない領域では窓半径の大きい方が合焦評価曲線が鋭くなり、 $\alpha$ も大きくなる。このことから、3.2 節の課題(i) (ii)に対して効果が期待できる。

なお、以降の実験では、 $r \in \{1, \dots, 10\}$ とした。

## 4. 実験

### 4. 1 シミュレーション画像を用いた評価

シミュレーション画像を用いて奥行き推定の性能評価を行う。評価に用いる手法は：Modified Laplacian (ML) 法，Gray level variance (GLV) 法，AHO 法，および RM 法<sup>17)</sup>である。

Fig. 5 にシミュレーション画像の作成に用いた 2 種類のテクスチャ画像と 3 種類の正解奥行きマップを示す。

Set (i) : 2 種類の金属面を撮影した画像を貼り合わせ、 $700 \times 700$  サイズのテクスチャ画像(a)を作成し、奥行きマップ(b)と(c)には斜面と段差の 2 種類を用いた。用意した奥行き値をもとに画像(a)の各画素をぼかし、焦点の異なる 11 枚の画像を生成した。ぼかす際の“点

拡がり関数”にはガウス関数を用いた。焦点位置から外れるほどガウス関数の平滑化が強くなるようぼかした。

Set (ii) : Pertuz らが公開配布している画像セットであり、 $256 \times 256$  サイズの焦点の異なる 30 枚の画像となる。(d)はすべての画像から合成した全焦点画像となる。

Fig. 6 に各手法での奥行き推定結果を示す。Fig. 6 (a-1), (a-2)では中央部に輝度エッジに起因するアーティファクトが生じているが、AHO 法(a-3)や RM 法(a-4)では見られない。Set (ii)の結果では、黒色の平坦領域で差異が生じており、RM 値を用いた Fig. 6 (c-4)が最も良

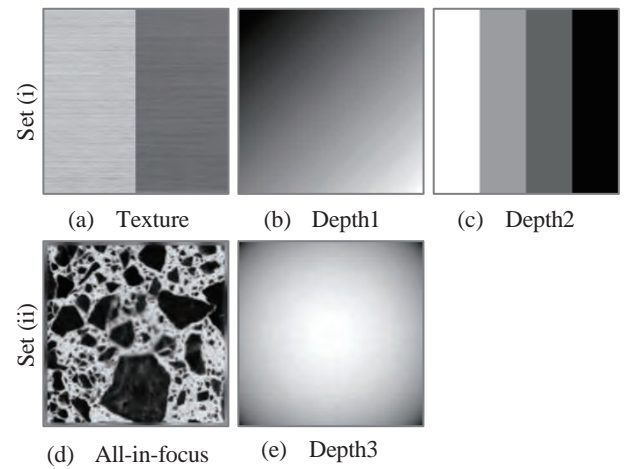


Fig. 5 Image sets (i) and (ii) used for simulation; Set (i):texture image (a) and two depth maps (b),(c), Set (ii):all-in-focus image (d) and depth map (e).

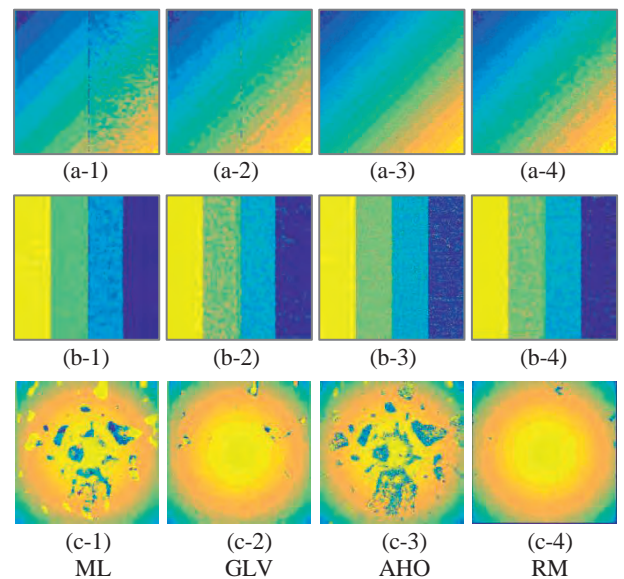


Fig. 6 Comparison of DFF method with use of images for simulation in Fig. 5.

好な結果となった。

また、推定した奥行きマップ  $D$  と Fig. 5 (b), (c), (e)の正解奥行き (Ground truth) マップ  $D^*$  との二乗平均平方根誤差

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{\sum_{x,y} 1} \sum_{x,y} (D(x,y) - D^*(x,y))^2} \quad (8)$$

を計算した結果を Table 1 に示す。RMSE が低いほど推定結果が良いことを意味する。太字は最良の結果を示す。なお、画像全体の画素を用いて計算した RMSE に加え、中央部分  $100 \times 100$  画素の輝度変化の大きなエッジを含む範囲のみで計算した RMSE を参考用に示した。(ただし、画像の外周部分は境界部分となるため、RMSE の計算からは除外した。)

Fig. 6 および Table 1 の結果から、3 枚すべての奥行きマップにおいて RM 法が最良の結果を示した。Fig. 5 (a)に見られたエッジの影響を受けておらず、また、Fig. 5 (d)に見られた平坦領域 (テクスチャが少ない領域) にも対処できているといえる。

#### 4. 2 実画像を用いた定性評価

実際にデジタルマイクロスコープで撮影した画像を用いて、奥行き推定の実験を行った。Fig. 7 に全焦点画像と奥行き推定画像を示す。(a-\*)は基板の金メッキ部分とレジスト部分である。下半分のレジスト部分はテクスチャが少ない。ML や AHO ではレジスト部に異常値が多いが RM ではノイズも少なく推定できている。(b-\*)は金属と樹脂の成形品で、左端にネジ穴がある以外は概ね平坦である。ここでも RM 法がほぼ平坦な部分をきちんと奥行き推定できている。その他の方法では平坦部分に凸凹があるように推定されている。(c-\*)はマーガレットの花芯である。RM 法のみ、小花と小花の間の奥まった部分を正確に推定できている。

このように、実際の撮像画像を用いた実験でも RM 法が良好な結果を示した。

#### 4. 3 市販マイクロスコープとの比較

市販のデジタルマイクロスコープにも DFF 法による奥行き測定機能が備わっているものがある。キーエンス社製デジタルマイクロスコープ VHX-1000 で撮影・奥行き測定した結果と RM 法の結果を比較した。被写体は金パッド付きレジスト上にチップ部品が載った基板である (Fig. 8)。なお、RM 法では、VHX-1000 で撮像した複数の画像を JPEG 出力したファイルを使用しているため、VHX-1000 が用いた画像とは若干異なる。

2 つを比較すると、右側にある一段高いチップの境

Table 1 Comparison of RMSE values with ground truth depth maps, using images in Fig. 5.

Method		ML	GLV	AHO	RM
Depth1	center	28.5	19.3	11.4	<b>11.3</b>
	whole	23.6	11.8	10.6	<b>10.0</b>
Depth2	center	26.0	25.1	21.5	<b>16.6</b>
	whole	18.2	14.3	23.8	<b>12.2</b>
Depth3	whole	54.4	13.7	66.6	<b>4.0</b>

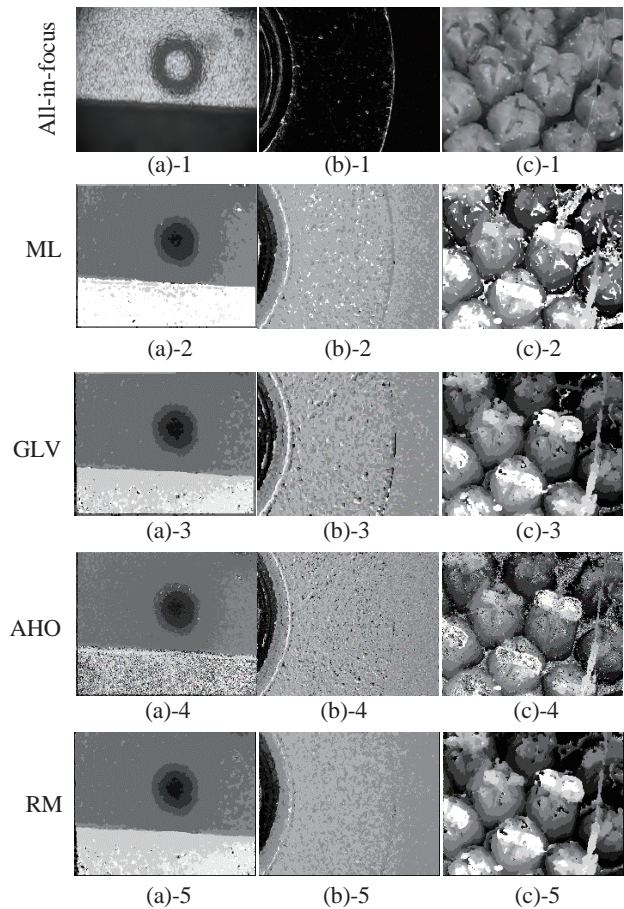


Fig. 7 Results of depth estimation using actual images.

(\*-1), (\*-2), (\*-3), (\*-4), and (\*-5) represent All-in-focus, ML, GLV, AHO, and RM respectively. (a-\*), (b-\*), and (c-\*) represent an electronic substrate, a molded item consisting of metal and resin, and marguerite flowers.

界が大きく異なる。VHX-1000 では、強い平滑化をかけてなだらかなエッジとなっているが、RM 法ではシャープな境界になっている。また、チップ左側の黒いパッド部分でも違いが出ている。まず VHX の全焦点画像(a-1)では、パッド部分が一部白くなっている。これは、チップ上の白く光るハンダ部分の影響を受けて

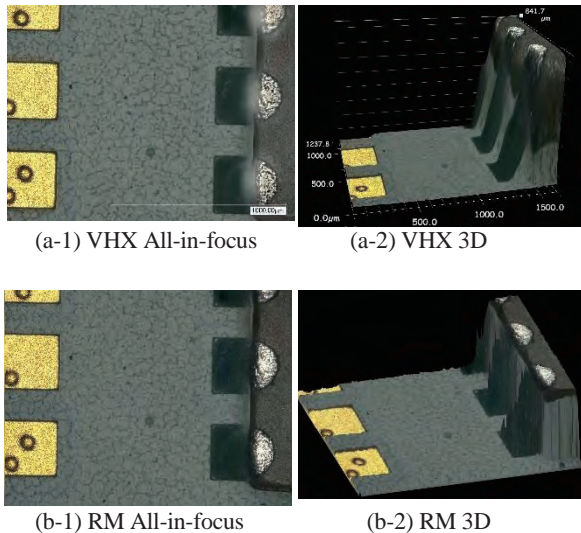


Fig. 8 Comparison between VHX-1000 and RM method.

いるためと思われる。一方 RM 法では白浮きした部分はほとんど見られない。ただし、RM 法では、パッド部分の奥行き推定がばらついている。VHX ではばらつきは無いがなだらかに傾斜しており、実際の形状とは異なる。このように、RM 法の方がより正確な形状に近いと思われるが、ばらつく部分も有り見た目としては必ずしも良くない。VHX は強い平滑化がかかった画像になっており、やや正確性を欠くが見た目は悪くない印象である。ただし、全焦点画像については明らかに RM 法に優位性がある。

本稿では、平滑化については触れていないが、3D 画像として扱う場合には小さなばらつきも気になるため、重要な要素にはなると考える。

## 5. む す び

奥行き測定方法の1つである DFF 法についての原理と精度の説明、並びに処理の根幹である合焦評価手法について比較実験を行い、RM 法が良好な結果を得た。また市販のデジタルマイクロスコープとの比較も行い、課題もあるが良好な結果を得た。

DFF 法は簡易な光学系で構成できる利点はあるものの、作動距離を変えて複数回撮像するため、撮像時間がかかるといったデメリットがある。近年、電氣的に焦点距離を変えられる液体レンズが普及してきており、液体レンズを用いて高速に焦点を変えて複数回撮像することで、DFF の適用範囲が拡大する可能性も考えられる。その為にも、より高精度かつ高速な計算方法が求められる。

## 謝 辞

本稿は、信州大学工学部 田中清教授および白井啓一郎准教授に多大なるご指導とご協力を頂き研究した成果をまとめたものであり、厚く感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 林 恭平, 青戸智浩 : 白色干渉法を用いた高精度非接触距離計測システムの開発 ; 精密工学会学術講演会講演論文集, 2014, 123-124 (2014).
- 2) Y. Y. Schechner, N. Kiryati : Depth from defocus vs. stereo: How different really are they? ; International Journal of Computer Vision, 39, 2, 141-162 (2000).
- 3) J. Pages, J. Salvi, R. Garcia, C. Matabosch : Overview of coded light projection techniques for automatic 3d proling ; IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1, 133-138 (2003).
- 4) D. Piatti, F. Rinaudo : SR-4000 and CamCube3.0 time of flight (ToF) cameras: Tests and comparison ; Remote Sensing, 4, 4, 1069-1089 (2012).
- 5) 東芝テリー技術部映像応用技術担当 : 知っておきたい撮影レンズの基礎～レンズ選定編～ ; 東芝テリー技術情報, 14-15 (2016).
- 6) E. Krotkov : Focusing ; International Journal of Computer Vision, 1, 3, 223-237 (1988).
- 7) J. L. Pech-Pacheco, G. Cristobal, J. Chamorro-Martinez, J. Fernandez-Valdivia : Diatom autofocusing in brightfield microscopy: a comparative study ; 15th International Conference on Pattern Recognition. ICPR-2000, 3, 314-317 (2000).
- 8) S. K. Nayar, Y. Nakagawa : Shape from focus: An effective approach for rough surfaces ; IEEE International Conference on Robotics and Automation, 218-225 (1990).
- 9) A. Thelen, S. Frey, S. Hirsch, P. Hering : Improvements in shape-from-focus for holographic reconstructions with regard to focus operators, neighborhood-size, and height value interpolation ; IEEE Transactions on Image Processing, 18, 1, 151-157 (2009).
- 10) J. Kautsky, J. Flusser, B. Zitová, S. Šimberová : A new wavelet-based measure of image focus ; Pattern Recognition Letters, 23, 14, 1785-1794 (2002).
- 11) G. Yang, B. Nelson : Wavelet-based autofocusing and unsupervised segmentation of microscopic images ; Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on

- Intelligent Robots and Systems, 3, 2143-2148 (2003).
- 12) A. S. Malik, T. S. Choi : Consideration of illumination effects and optimization of window size for accurate calculation of depth map for 3d shape recovery ; Pattern Recognition, 40, 1, 154-170 (2007).
  - 13) L. Firestone, K. Cook, K. Culp, K. Preston : Comparison of autofocus methods for automated microscopy ; Cytometry, 12, 3, 195-206 (1991).
  - 14) 山口竜宏, 仲野 豊, 吉田俊之 : 帯域適応型 Shape From Focus/Defocus 法について ; 映像情報学会技報, 34, 22, 1-4 (2010).
  - 15) S. Pertuz, D. Puig, M. A. Garcia : Analysis of focus measure operators for shape-from-focus ; Pattern Recognition, 46, 5, 1415-1432 (2013).
  - 16) Y. Frommer, R. Ben-Ari, N. Kiryati : Shape from focus with adaptive focus measure and high order derivatives ; Proc. of British Machine Vision Conference (BMVC), 1-12 (2015).
  - 17) 松原洋一, 白井啓一郎, 田中 清 : ポアソン分布に基づく輝度偏差を用いた適用的合焦評価による Depth from focus 法 ; 画像電子学会誌, 46, 2, 273-282 (2017).
  - 18) S. Pertuz : Shape from focus ; <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/55103-shape-from-focus>, (2016).

【論文】

## 水溶液からのリン酸二水素アンモニウム結晶の育成

鮎沢俊輔\*・清水康太\*・神谷優人\*・羽生大河\*・登内誠也\*

### Growth of Ammonium Dihydrogen Phosphate Crystals from Aqueous Solution

Shunsuke AYUZAWA, Kota SHIMIZU, Yuto KAMIYA, Taiga HANYU, Seiya TONOUCHI

あらまし 数 cm 級のリン酸二水素アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) 結晶を水溶液の冷却法によって種結晶から育成した。冷却速度が  $1.250\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}$  より速い場合は小さい結晶が多く成長した。 $0.625\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}$  より遅い冷却速度では、大きな結晶が成長した。結晶は無色透明であったが、内部にくもりが見られた。冷却速度が遅い場合、フラットな面で囲まれた大きな結晶が成長した。冷却速度が遅いことで、結晶が準安定領域にて成長した。育成した結晶の面角と格子定数から計算した面角はよく一致し、 $\{100\}$  面及び  $\{011\}$  面に囲まれた結晶であることが分かった。 $\{011\}$  面に垂直な方向及び  $\{100\}$  面に垂直な方向の成長速度を比べると  $\{100\}$  面の方が遅かった。成長速度の違いは  $\{011\}$  面に比べて  $\{100\}$  面が広い形状をもたらしたことが明らかになった。

**Summary** Centimeter-sized ammonium dihydrogen phosphate ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) crystals were grown on the seed crystals by the aqueous solution cooling method. When the cooling rate was  $1.250\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}$  or above, many small crystals grew. The large crystals grew at a cooling rate of  $0.625\text{ }^\circ\text{C}/\text{h}$  or below. The crystals were colorless and transparent, but an opaque portion was observed inside. When the cooling rate was slow, the large crystal surrounded by flat surfaces was formed. The crystal grew in the metastable region due to the slow cooling rate. The observed facial angle of the grown crystal was almost the same as that calculated by using the lattice constant. It was found that the grown crystal was surrounded by  $\{100\}$  and  $\{011\}$  faces. Comparing the growth rates in the direction perpendicular to the  $\{011\}$  and  $\{100\}$  faces, those of  $\{100\}$  faces were slow. It was clarified that the difference in growth rates predominated the  $\{100\}$  faces growth over the  $\{011\}$  faces.

**Key Words** : Ammonium Dihydrogen Phosphate, Aqueous Solution Cooling Method, Super Solubility Curve, Solubility Curve, Crystal Nuclei, Metastable Region

### 1. ま え が き

リン酸二水素アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) の結晶構造は正方晶系であり、格子定数は  $a = 7.50\text{ \AA}$ ,  $c = 7.55\text{ \AA}$ <sup>1)</sup> である。 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  は消火剤、肥料原料、食品添加物等に用いられる危険性の低い物質である。また、多量の水で希釈し排水処分ができることから廃棄が容易である。 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  を湯に溶解し室温まで冷却するだけでも数 cm 程度の結晶を得ることが可能であり、工学

方面にも大いに利用されている<sup>2)~6)</sup>。実用材料として用いるためには数 10 cm 以上の均質な結晶を得ることが必要であるため、適切な条件の下で結晶を育成することが求められる。一般的に結晶の育成条件は溶解度をもとに検討する。溶解度曲線を Fig.1 に示す。

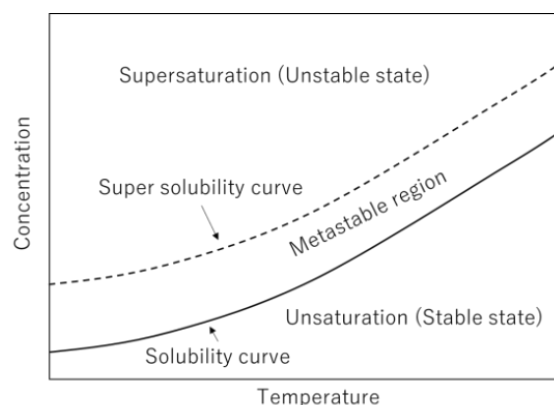


Fig.1 Solubility curve.

受理 2019年 9月 24日  
採択 2019年 11月 29日

\*長野県南信工科短期大学 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

溶解度とは平衡状態で溶媒に溶けている溶質の飽和濃度である。溶解度は溶液温度とともに増加する。溶解度曲線より下側は溶液の未飽和状態を表す。未飽和領域では溶液からの結晶化は生じず安定な溶液状態である。一方、溶解度曲線の上側は溶液の過飽和状態を表す。過飽和状態にある溶液は不安定であるため、平衡値である溶解度に向かい不安定な状態を解消しようとする。このとき溶液に過剰に溶解していた溶質が結晶化する。平衡状態から大きくずれて過飽和状態にあるとき溶質は集合して多数の結晶粒子を瞬時に発生させる。この現象を核発生という。このような急激な核発生が見られる溶液の温度と濃度を結んだ曲線が過溶解度曲線である。溶解度曲線と過溶解度曲線の間は準安定領域と呼ばれており、自発的に結晶核は生じない。核発生を抑えて目的物質の高品質結晶を育成するためには準安定領域内で操作する必要がある。

$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  の溶解度の温度依存性は大きいので冷却法により大きな結晶を育成することが可能である。しかし冷却条件によって育成される結晶の形態は大きく異なる。急速に冷却した場合は平衡状態から大きくずれた過飽和状態になるため準安定領域を超え過溶解度曲線に達して多数の結晶核が生じる。一方、徐々に冷却した場合は準安定領域内の平衡に近い条件で結晶成長することが可能である。平衡に近い条件で育成された結晶は平衡形と呼ばれ、結晶面で囲まれた形をとる。この場合大きく均質な結晶を育成することが可能である。以上のように冷却法によって大きな結晶を育成するためには平衡に近い適切な条件を見出すことが重要である。

そこで本研究では、水溶液から  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶を育成する際の適切な冷却条件を見出すこと、形態を観察することにより育成した結晶を評価することを目的とした。

## 2. 実験方法

溶質は市販試薬の  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (富士フィルム和光純薬製, 和光一級) を、溶媒は市販の精製水 (TRUSCO 製) を用いた。溶質濃度は  $60^\circ\text{C}$  における溶解度の 90% にあたる量を目安として、溶質 60 g, 溶媒  $70\text{ cm}^3$  によって溶液を調製した。調整した溶液を容量が  $100\text{ cm}^3$  の透明な容器の中に入れ、容器の底に種結晶を設置した基板を置き、ゆるく蓋をした。その容器をウォーターバス (アズワン製, サーマックス TM-3A) の中に設置することで温度を制御した。ウォーターバスの有効内

寸法は  $183 \times 241 \times 153\text{ mm}$  であった。熱湯に溶質を溶解し、 $60^\circ\text{C}$  から  $30^\circ\text{C}$  まで冷却することによって結晶を育成した。

水溶液から  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶を育成するための条件を Table 1 に要約する。

Table 1 Experimental conditions

Conditions	Cooling rate $^\circ\text{C}/\text{h}$	Seed crystal
①	Without temperature control	Fig.2b
②	1.250	Fig.2b
③	0.625	Fig.2b
④	0.416	Fig.2b
⑤	0.625	Fig.2c

適切な冷却条件を見出すために条件①～④の実験を実施した。ウォーターバスにより各冷却速度に設定し結晶を育成した。①についてはウォーターバスを用いず、 $60^\circ\text{C}$  から室温まで温度制御せずに冷却した (約  $30^\circ\text{C}/\text{h}$ )。使用した基板を Fig.2a に示す。樹脂製の基板 (直径約 45 mm) の中心にシリコン樹脂を塗り 10 個の  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶 (約 5 mm) を種結晶として設置した (Fig.2b)。それぞれの条件で育成した結晶を溶液から取り出し観察することで結晶を評価した。

結晶の形態変化を観察するために条件⑤の実験を実施した。冷却条件は実験③と同様であった。Fig.2a に示した樹脂製の基板 (直径約 45 mm) の中心にシリコン樹脂を塗り、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶の  $\{100\}$  面を約  $25\text{ mm}^2$  露出させ種結晶として設置した (Fig.2c)。制御温度が  $60^\circ\text{C}$  に到達した時点からカメラによる撮影を開始し、1 時間毎に撮影した。撮影した写真から  $\{011\}$  面及び  $\{100\}$  面に垂直な方向の成長長さを測定した。また、育成した結晶の面角を測定した。格子定数と各面に垂直な方向の成長速度から  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶の形態を描き、面角を比較することで結晶を評価した。

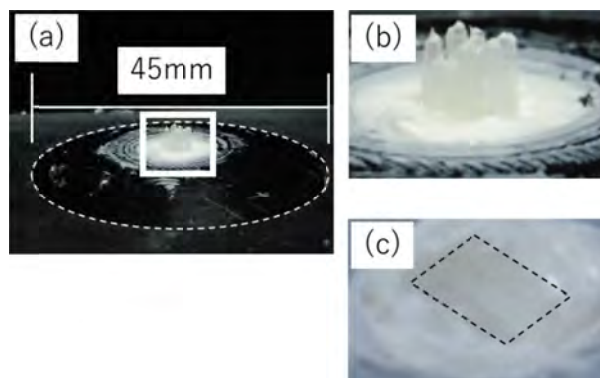


Fig.2 Seed crystal substrate. (a) Resin disk with seed crystals, (b) about 5 mm seed crystal installed on the disk, and (c) seed crystal with  $\{100\}$  face exposed about  $25\text{ mm}^2$ .

### 3. 結果と考察

適切な冷却条件を見出すための実験結果を Fig.3 に示す。Fig.3aは温度制御をせず(約 30 °C / h) 育成した結晶である(条件①)。容器の壁と基板上に多くの雑晶が見られた。室温まで急速に冷却したため Fig.1 に示した過溶解度曲線に達して結晶核が多発した。この場合、種結晶以外にも多くの場所で結晶が成長するため、小さな結晶が多く発生した。Fig.3bは 1.250 °C / h の冷却で成長した結晶である(条件②)。基板全体に結晶成長した様子が見られた。種結晶部分の結晶が最も大きく成長した。この場合にもいくらか結晶核が発生し種結晶以外の場所でも結晶は成長した。条件①と②を比較すると、②では発生した結晶核の数は少なく、一つ一つの結晶は大きく成長した。Fig.3cは 0.625 °C / h の冷却で成長した結晶である(条件③)。種結晶を核としたため大きな結晶が基板の中心に成長した。結晶の表面は大きな面に覆われた。各面に覆われた各々の種結晶が成長し結晶同士が接合して大きな結晶となった。条件②と③を比較すると、③では発生した結晶核はさらに少なく、大きな結晶が成長した。Fig.3dは 0.416 °C / h の冷却で成長した結晶である(条件④)。結晶核が発生しなかったため完全に種結晶を核として結晶が成長した。表面を大きな面に覆われた大きな結晶が成長した。①~④の結果より、1.250 °C / h より速い成長速度では過溶解度曲線に達して結晶核が多発し、小さい結晶が多く成長する。0.625 °C / h より遅い冷却速度ではほとんど準安定領域にて結晶が成長するため

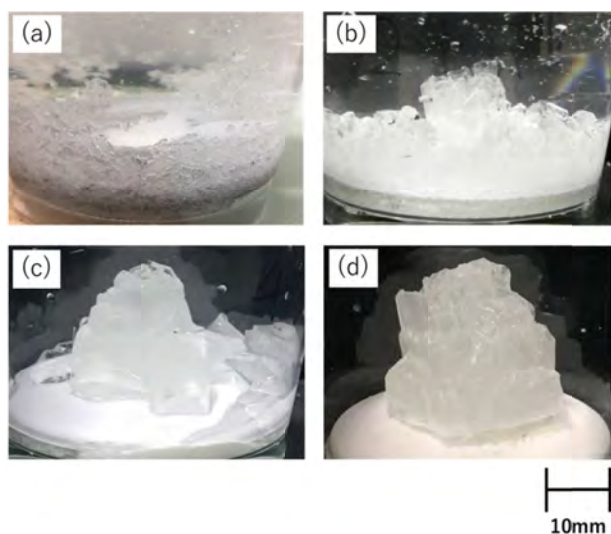


Fig.3 Crystals grown at each cooling rate.

(a) Without temperature control, (b) 1.250 °C / h, and (c) 0.625 °C / h, (d) 0.416 °C / h.

大きな結晶が成長することが分かった。

{100} 面を露出させて種結晶を設置した基板からの成長の様子を観察した(条件⑤)。Fig.4aに結晶成長開始時の様子を示す。種結晶は基板と同じ高さになるように埋め込まれていた。Fig.4bに結晶成長開始から 24 h 後の様子を示す。縦方向と横方向に結晶は成長し、元の種結晶の数倍の大きさにまで成長した。上面は種結晶の {100} 面から成長した大きな平面で覆われた。Fig.4cに結晶成長開始から 48 h 後の様子を示す。24 h 成長後から形を保ちさらに大きな結晶に成長した。上面及び側面は {100} 面及び {011} 面で覆われたことが推察された。種結晶は {100} 面を露出させたが、成長の過程で {011} 面が現れた。

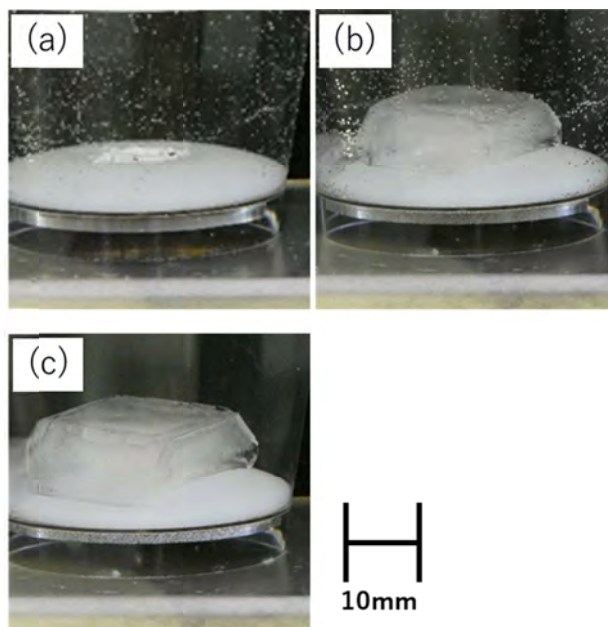


Fig.4 The growth process of the crystal grown from the substrate with a {100} face exposed as a seed crystal. (a) Immediately after start of crystal growth, (b) after 24 hours, and (c) after 48 hours.

{011} 面に垂直な方向及び {100} 面に垂直な方向の成長長さの時間依存性を Fig.5 に示す。グラフの傾きは結晶の成長速度を表す。どちらの方向の成長も成長初期は成長速度が速く、時間が経つにつれて遅くなった。結晶は時間が経つにつれて大きく成長し、その表面積は大きくなるので、結晶成長する箇所が増えて見目の結晶成長速度は遅くなった。{011} 面に垂直な方向及び {100} 面に垂直な方向の成長速度を比べると {100} 面に垂直な方向の成長速度の方が遅かった。

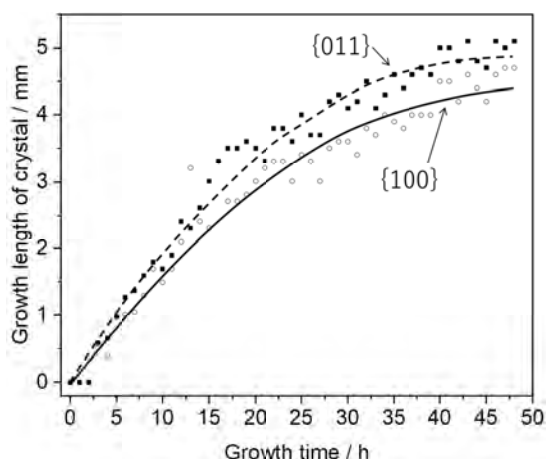


Fig.5 Time dependence of growth length in the direction perpendicular to the {011} and {100} faces.

Fig.6a 及び b に成長後に基板から取り外した結晶を示す。成長が遅い面は広い面として成長する。{100}面に垂直な方向の成長は {011}面に垂直な方向の成長に比べて速度が遅いため横長の形状になったことが推察された。

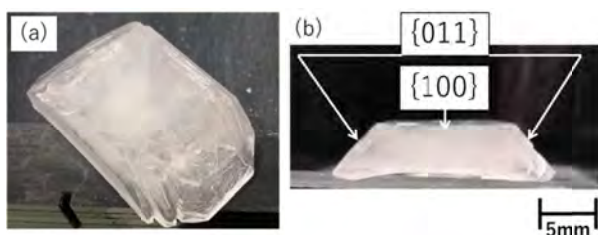


Fig.6 Crystal grown from the substrate with a {100} face exposed as a seed crystal. (a) Top surface, and (b) side surface of crystal.

育成した  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶の形態を Fig.7 に示す。格子定数は  $a = 7.50 \text{ \AA}$ ,  $c = 7.55 \text{ \AA}$  とし, {011}面に垂直な方向の成長速度の方が {100}面に垂直な方向よりも速い条件とすると, 両端に四角錐を持ち c 軸方向に長い四角柱形となった。{011}面と {100}面の面角は  $44.8^\circ$ と算出された。Fig.6 に示した結晶から {011}面と {100}面の面角は  $45.1^\circ$ と測定され, 計算値とよく一致した。平衡に近い条件⑤によって {011}面と {100}面で囲まれた大きく均質な結晶を育成することができた。

#### 4. む す び

大きな  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶を水溶液の冷却法によって種結晶上に育成することができた。冷却速度が  $1.250 \text{ }^\circ\text{C/h}$  より速い場合は過溶解度曲線に達して結晶核が多発し, 小さい結晶が多く成長した。 $0.625 \text{ }^\circ\text{C/h}$  より遅い

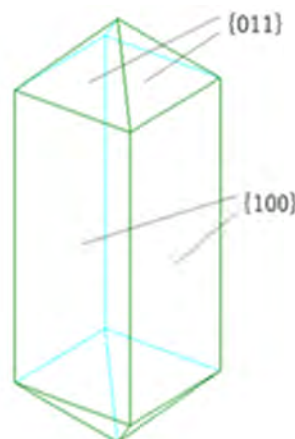


Fig.7 Crystal form of  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ .

冷却速度ではほとんど準安定領域にて結晶が成長するため大きな結晶が成長することが分かった。結晶は無色透明であったが, 内部にくもりが見られた。{100}面を露出させて種結晶を設置した基板から {100}面及び {011}面で覆われた大きな結晶を育成できた。種結晶は {100}面を露出させたが, 成長の過程で {011}面が現れた。準安定領域にて結晶を育成したために {100}面及び {011}面が現れた。{011}面に垂直な方向及び {100}面に垂直な方向の成長速度を比べると {100}面に垂直な方向の成長速度の方が遅かった。成長速度の違いは {011}面に比べて {100}面が広い形状をもたらしたことが明らかになった。適切な冷却条件を見出すこと及び結晶の形態変化を観察したことはより大きく均質な  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  結晶を育成するための基礎的な知見となる。

本研究は, 長野県南信工科短期大学の 2018 年度卒業研究として実施した。また, 研究によって得られた知見を元に 2018 年度人材ふれあいフェアにおいて結晶づくりの講座を開催した。

#### 参 考 文 献

- 1) ICDD PDF 37-1479.
- 2) 加藤智恵子, 浅田栄一: リン酸二水素アンモニウム (ADP) 分光結晶の育成および X 線反射強度; 分析化学, 20, 6, 713-717 (1971).
- 3) 国崎 豊: 結晶の育成; 応用物理, 26, 10, 473-477 (1957).
- 4) 大原儀作, “単結晶作成法”, 日本物理学会編, 朝倉書店, 261-263 (1966).
- 5) 桐山良一: 溶液より人工鉱物単結晶の生成; 工業化学雑誌, 59, 11, 1231-1235 (1956).
- 6) 小川智哉: 板状 ADP 結晶の育成; 応用物理, 26, 10, 526-527 (1957).

## 自動ホワイトボード消し装置の製作

三沢雅芳\*・鮎沢俊輔\*\*

### Production of Automatic White Board Cleaner

Masayoshi MISAWA, Shunsuke AYUZAWA

#### 1. ま え が き

本テーマは総合課題の授業で取り組んだ5つのテーマの中の一つで、自動でホワイトボードの文字を消す装置をグループで作製した。ニックネームはメンバーの意見をもとに「消したい零式改」に決められた。当初は自動でホワイトボードを消す装置があれば役に立つというイメージだけで漠然としたものであったが、ディスカッションを重ねて、文字や絵を消す方式、移動方式などを具体化した。その後、設計、部品発注、加工・組立、プログラミングを行って作製した装置を動かして所定の動作を確認した。

本資料では装置の構造、消す方式、制御方式について検討経過及び技術内容を紹介する。なお、製作メンバーは電気・制御技術科の高橋優輝君、大沼哲也君、長島豪君、機械・生産技術科の佐藤寿紀君、仲間力君、三澤一斗君で、リーダーは高橋君、サブリーダーを佐藤君が務めた。

#### 2. 装置動作概要

Fig.1 に装置動作の概念図を示す。装置本体のボックスはアルミフレームのレール上を左右に移動できる。消す動作はクリーナー部を上下移動させてふき取る方式とした。左端からスタートし、クリーナー部の上下

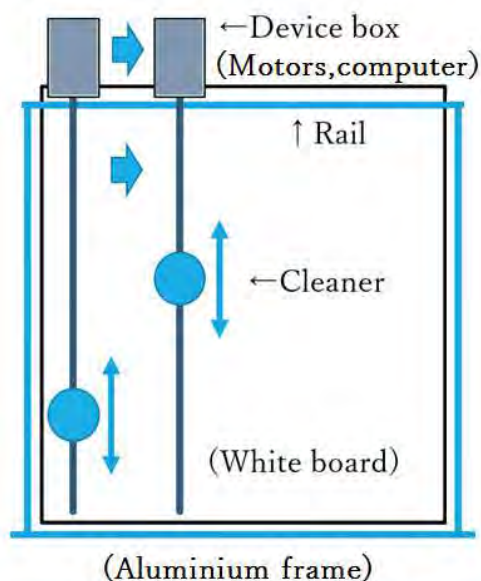


Fig.1 Device operation concept drawing.

移動後に一定距離の右移動と、これらの動作を繰り返して、ホワイトボード右端まで到達した後に左端に戻る方式とした。

#### 3. 装置構成と機構

##### 3.1 クリーナー部

手拭き用のホワイトボード消しの形状はプラスチックの箱型ケースで、ふき取り部には波型に織り込まれた布がケースに挟んで固定され、ホワイトボード面に固定されるようにケース内に磁石が取り付けられている。これを参考にして、クリーナー部にはフェルトの布をプラスチック板に固定して、板自体は磁石を取り付けて磁力でホワイトボードに固定できる方式とした。板の形状は回転して消す方式としたので円盤状とした。

##### 3.2 クリーナー部の上下移動機構

モータの軽量化を図るために上下移動機構について、V ベルト方式とボールねじ方式とを検討した (Fig.2)。

受理 2019年 8月 27日

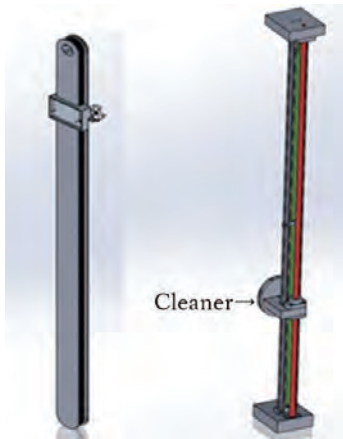
採択 2019年 11月 29日

\*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 Electronics 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



(a)V belt (b)Ball screw

Fig.2 Vertical movement ideas.

クリーナー部を取り付けた V ベルトを縦軸レールに収めてモータで V ベルトを回転させ本体を上下させる機構と、ボールネジのナットブラケット部分にクリーナー部を取り付けてモータで上下させる機構の 2 案を考えた。案を絞るためにそれぞれの機構を使ったときに、スラスト方向すなわち縦方向にかかるモータ軸のトルクを概略計算したところ、ボールねじ方式のトルクは V ベルト方式の 10 分の 1 程であることがわかった。モータの負荷が少ないことはモータの小型化になるのでボールネジ方式のクリーナー部上下移動機構を採用することとした。

### 3. 3 クリーナー部の回転機構

クリーナー部の回転にはラック & ピニオンのギア機構を利用した (Fig.3)。ボールネジが回転することで可動部が上下に移動する。上下移動に合わせてラック上をピニオンが回転しながら移動するとクリーナー部も同様に回転するという仕組みで、上下移動しながらクリーナー部も回転でき、これにより 1 個のモータに 2 つの機能を持たせることができた。

### 3. 4 左右移動機構

横方向はタイヤをアルミフレームの溝 (レール) を走らせて左右に移動する仕組みとした (Fig.4)。モータの回転力をベベルギアで中央にあるタイヤに伝え、左右に移動させる。Fig.4 に示すベベルギアのギア比は 1 : 3 である。ベベルギア軸に直結のタイヤの両脇にある 4 つのタイヤは補助タイヤで、装置移動時の傾きを抑制する役割を持たせている。本体ケースはくの字に開く形となっていて、アルミフレームの溝を走らせるときにはアルミフレームを挟んだ後にボックス横につけたパッチン錠で開かないように固定する。

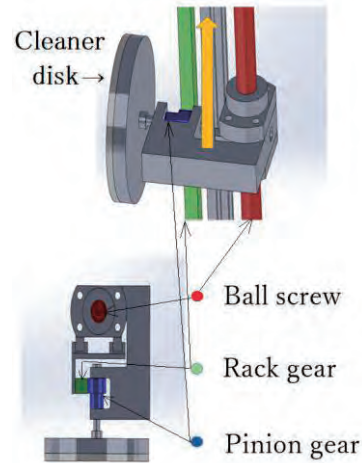


Fig.3 Cleaner rotating mechanism.

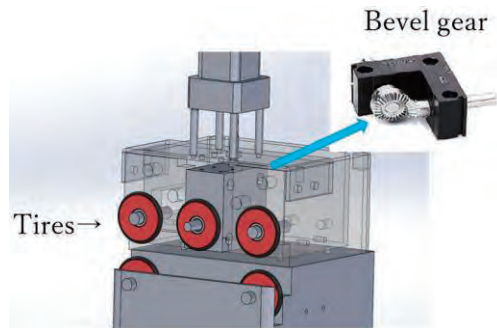


Fig.4 Lateral movement mechanism.

## 4. 装置制御方式

### 4. 1 モータ制御

制御装置について検討した結果、小型で必要十分な制御機能を有するシングルボードコンピュータの Arduino を用いることにした。Arduino については UNO より入出力端子の多い MEGA も検討したが、入出力端子数が十分であったので装置に組み込むのはより小型の UNO とした。モータはコンピュータ制御により回転数変更や方向転換が可能なステッピングモータを採用することとした。また、装置本体ボックスの形状もできるだけ小型化を目指し、消す動作および装置全体の移動に必要なトルクを考慮しながらモータを選択した。モータ選択のためのトルク計算は重量や機構を設定して行った。左右移動モータについてはトルク計算値に基づき機種を選択し、実際に購入品で良好な左右移動動作を確認できた。一方、クリーナー部の上下移動用モータのトルク計算値を満たしたモータについて、モータ電源オンしても良好な回転動作が確認

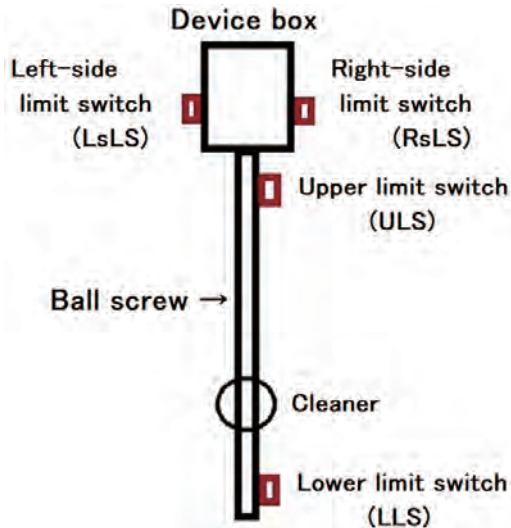


Fig.5 Limit switches layout.

できないことがあった。これは、クリーナー部が磁石でホワイトボードに吸着させているので、これを回転させるために必要なトルク値の見積が不十分であったためと考えられた。計算よりも実機で実際に動かせることを優先して、よりトルクの大きいモータに変更することにした。当初選定のモータの形状を基に装置ボックスを設計し 3D プリンタにより一辺が約 16cm の立方体のケースを作製してあった。さらに製作時間の制限もあったこともあり、トルクは大きい回転速度の遅い予備のモータを用いることにした。このモータを用いることによってクリーナー部の回転動作を確認できた。しかし、回転スピードに制限があったので消す動作時間が予定より長くなることになった。

クリーナー部の上下移動用モータに最終的に採用したのは 57 mm 大型ステッピングモータ（製品名 StrawberryLinux#12082, 保持トルク：18kgf・cm）であり、このドライブには L6470 モータドライバキット（StrawberryLinux#12023）を用いた。L6470 の Arduino 制御プログラムはインターネット公開されている L6470\_commands プログラム<sup>1)</sup>を参考にして作成した。クリーナー部の上下移動や停止の動作について Arduino からドライバキットを介してモータを制御する方式とした。装置ボックスの左右移動用モータにはコントローラ内蔵ステッピングモータのシナノケンシ製 Plexmotion SSA-TR 42D42SD（許容トルク：1.0N・m）を採用した。このモータには動作プログラムをモータコントローラに複数記録できるソフトウェアが付属している。このソフトにより、右方向移動と左方向移動の 2 つのプログラムを作成し記録保存した。装置ボッ

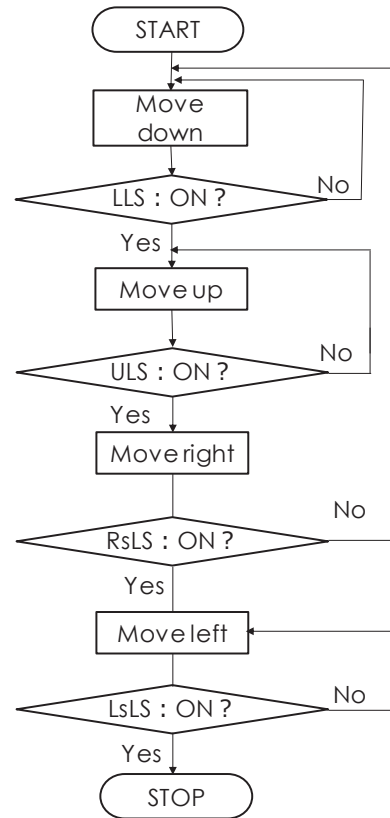


Fig.6 Basic flow chart (#LS:refer to Fig.5).

クスの右移動または左移動の動作をさせるため、Arduino から Arduino 用リレーを介してモータにプログラム番号選択信号を送る方式とした。上下移動および左右移動用モータの電源には DC24V 電源を用いた。

#### 4.2 制御プログラム

クリーナー部がボードの上端にあるか下端にあるか、また装置ボックスが枠の左端にあるか右端にあるかをセンシングするためにリミットスイッチを備えた。Fig.5 にリミットスイッチの配置図を示す。これらのリミットスイッチのオンオフ信号を基に制御を行う基本的なフローチャートを Fig.6 に示す。装置ボックスが枠の左端にありクリーナー部が上端にあるときを原点とした。基本動作は、クリーナー部が縦方向に一往復した後一定距離の右移動の動作と、これを繰り返して装置ボックスが右端まで移動した後に、装置ボックスが左方向に移動して左端に到達したところで停止するものである。

仕様を検討している段階では、各種の補助機能のアイデアが出された。例えば、人感センサや障害物センサを搭載し、対象物をセンサが検知した際には停止する機能、消し残しの状態を光の反射率で推定する機能、ふき取りカスを回収する機能やホワイトボードの領域

を分割指定して消す機能などがあった。それぞれについて個別に検討したが、機能を搭載するまでの性能が得られなかったため、検討段階で終わったものが多い。ふき取りカスについては、クリーナー面のフェルト布を全面的に貼るのでなく隙間をあけ隙間部には両面テープを貼って、カスの落下をできるだけ防ぐ工夫を行った。なお、装置には緊急停止機能は備えてあり、運転中に停止スイッチを押すと停止するプログラムも組み込んである。

## 5. 動作確認結果

Fig.7 にホワイトボード (120cm×90cm) にセットした装置全体の写真を示す。ホワイトボードを囲うようにアルミフレームの枠を設置した。枠上側の横フレームをレールとして、それを装置ボックス内のタイヤで挟むようにセットした。装置の長さは 135cm で、重さはボールネジやモータ 2 個の重量があるので 9Kg となった。このセット状態で、モータ用電源と制御コンピュータ用電源をオンすると、電源ランプが点灯し装置が動き出す。クリーナー部の上下移動と消す動作を行ってから一定距離の右移動と、これらの動作を繰り返して右端に達した後に左端に戻る動作を確認できた。また停止スイッチを押すと停止し、オフすれば動作を継続する機能も確認できた。試行錯誤はあったが、自動ホワイトボード消し装置の完成に至った。

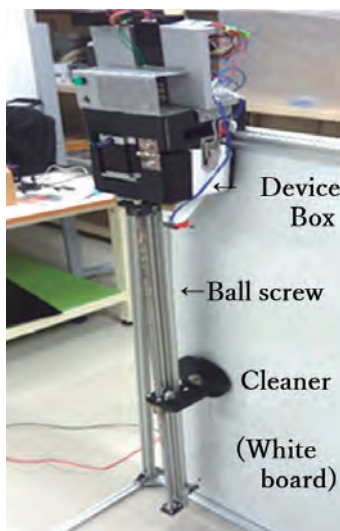


Fig.7 Whole device photograph.

## 6. むすび

グループで検討する過程で、詳細設計にこだわるあまり全体像を打ち出すまでに時間がかかってしまったことや、全体像が見えない中でグループ内のコミュニケーションを取り合うことに難しさがあったなどの体験を経て、製作時には試行錯誤しながらも最終的にはアイデアを形にすることができた。主な事項を次に示す。

- (1) 工夫した点は、フェルトを貼り付けた円盤状クリーナー部の上下移動にボールネジを採用し、ラック・ピニオンギアと組み合わせることにより、上下移動時にクリーナー部が回転しふき取る機構にしたことである。
- (2) モータはクリーナー部の上下移動と装置ボックスの横移動用の 2 台として、モータ制御はリミットスイッチによる移動端検出信号を監視しながらシングルボードコンピュータにより行う方式とした。
- (3) 個々の機器や部材について小型化を考慮しながら選択して装置全体のコンパクト化を行い、設計の形状に収めることができた。
- (4) 装置の基本動作は、クリーナー部の上下移動と横移動を繰り返して消す方式として、実際にその動作を確認できた。

メンバーにとってスケジュール管理の重要性などの教訓や完成した時の達成感を得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。

## 参 考 文 献

- 1) spinelify : L6470 を Arduino で簡単に動かすスケッチ ; [spinelify.blog.fc2.com/blog-entry-41.html](https://spinelify.blog.fc2.com/blog-entry-41.html) (2019).

## 制御工学講義における PLC を使用した PID 制御の実践

宮下利仁\*

### Practice of PID Control using PLC in Control Engineering Lecture

Toshihito MIYASHITA

#### 1. ま え が き

昨年度当校紀要において、制御工学講義における入門編及び基礎編の取組みについて述べた<sup>1)</sup>。温水加熱実験における水温と時間の関係や DC モータの起動電流特性を実験課題として取り上げ、それぞれの現象を微分方程式によって表現し、自作したオイラー法数値シミュレーションプログラムによって微分方程式を解き、実測値と計算値の比較を行う内容であった。学生がこの講義を通して、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うことや、オイラー法を用いた数値シミュレーションを習得することが主な狙いであった。

今回はその続編として、PLC (Programmable Logic Controller) を上位コントローラとした PID 制御実習装置を教材に使用する。ラダーロジックによって PID 制御プログラムを作成し、実習装置を動作させる。PLC の A/D 及び D/A 変換機能とバッファメモリを利用することによって、位置検出のアナログデータをデジタル化し、そのデジタルデータをフィードバック制御に用いる。つまり、制御プログラムが数値処理となるので、これまで学習してきたオイラー法の考え方がここで活かされることになる。

今回習得を目指すのは、装置の入出力特性を表すブロック線図の構築、回転系と直動系両方を含む制御対象における運動方程式表現、システム全体の数値シミュレーションプログラム作成、ラダーロジックによる PID 制御プログラム作成、そして安定余裕による PID

ゲインの決定についてである。言わば当校における制御工学の最終編である。

本稿は、PLC を使用した PID 制御の実践内容を技術資料として、以下の構成でまとめたものであり、全て古典制御理論で記載している。

- (1) 実習装置の構成とブロック線図化
- (2) ラダーロジックによる動作プログラムの作成
- (3) 安定余裕による PID ゲインの決定

なお、本稿における記載の流れは、講義での流れとほぼ同じである。

#### 2. 実習装置の構成とブロック線図化

本章では、実習装置の概要を示すと共に、実習装置を入出力システムとして捉えて、システム全体をブロック線図で表現し、各信号間の変換係数、制御対象の運動方程式、その運動方程式に関わる係数や変数を明確化する。講義においては完成したブロック線図から、オイラー法を用いた数値シミュレーションプログラムを作成するが、その内容は省略する。ブロック線図さえ完成できれば、制御系 CAD 等でもシミュレーションが可能である。

##### 2.1 実習装置の概要

Fig.1 及び Table 1 には実習装置の概要を示す。実習装置は株式会社新興技術研究所が製造・販売するスライドテーブルモジュール、送りネジモジュール、AC サーボモータ・ドライバモジュール、ポテンショメータモジュール及び三菱電機製 PLC を組合せたシステムであり、スライドテーブルの位置を制御量とした位置フィードバック制御システムを構成している。AC サーボモータの駆動トルクがカップリングを介して送りネジに伝達することによって、動作を回転から直動に変換し、更にコネクティングロッド連結によってスライドテーブルを変位させる。スライドテーブルにはポテンショメータの回転軸先端に取付けたラバーディ

受理 2019年 9月 10日  
採択 2019年 11月 29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

スクを接触させ、スライドテーブルの動作と共にポテンシオメータの回転軸が回転し、その位置を角度情報として検出する。

上位コントローラには、三菱電機製 PLC 及びディスプレイモジュールを使用した。PLC は電源ユニット、CPU ユニット、アナログ入出力ユニット、デジタル入出力ユニットで構成し、ディスプレイモジュールのタッチパネル機能を入力スイッチとして、設定開始、動作開始、停止の 3 つの指令を PLC に入力する。ポテンシオメータユニットは同じものを 2 台用意し、1 台は前記したスライドテーブルの位置検出用に、もう一方は、目標位置設定用に使用する。各ポテンシオメータユニットからの出力電圧を PLC アナログ入出力ユニットの A/D 入力端子に入力し、D/A 出力端子から PID 制御アルゴリズムによって決定した操作量を AC サーボドライバに入力する。つまり、これが PID コントローラである。

なお、実習装置の詳細は参考文献 2) を参照されたい。

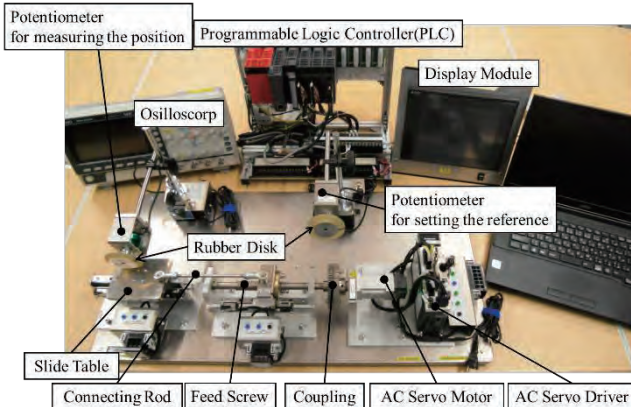


Fig.1 Practice equipment.

Table 1 List of modules used for practice equipment.

Module	Maker	Model Number	Remarks
Slide Table		MM-VM310	Connecting rod
Feed Screw	SHINKO	MM-VM140	Lead $p = 4$ mm
AC Servo Motor and Driver	ENGINEERING RESEARCH CORP.	MM-VA345	Rated torque $\tau_R = 0.32$ N·m Coupling diameter = 82 mm
Potentiometer		MM-VS510	Output 5/350 [V/degree]
PLC Power Supply		Q61P	
PLC CPU		Q03UDECPU	
PLC Analog I/O	Mitsubishi Electric Corp.	Q64AD2DA	Connected to slot-No.0
PLC Digital Input		QX42	Connected to slot-No.1
Disply		GOT2000	Touch screen

実習装置の大まかな信号の流れを Fig.2 のブロック線図で示す。スライドテーブル位置の目標値を  $r(t)$ 、制御量を  $y(t)$  とし、フィードバック制御系が形成され

ている。 $e(t)$ はスライドテーブル位置の目標値に対する偏差である。伝達要素 1 と伝達要素 3 はポテンシオメータの入出力と A/D 変換を表現しているの、同じ伝達関数である。また、伝達要素 2 は PID コントローラや制御対象の伝達関数等で構成されるブロックである。

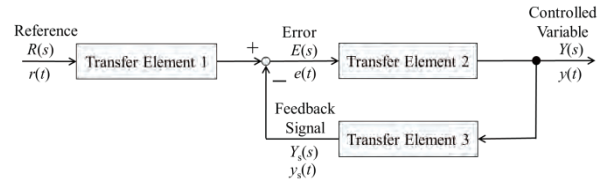


Fig.2 Simplified block diagram of the entire system.

## 2. 2 伝達要素 1 及び 3 の伝達関数

伝達要素 1 及び伝達要素 3 のブロック線図をそれぞれ Fig.3 及び Fig.4 に示す。両伝達要素の伝達関数は同じであり、A/D 変換及び最小・最大を-4000~4000 になるように数値演算するブロックで構成されている。伝達要素 1 と伝達要素 3 で異なるのは入力の設定値か検出値かである。なお、信号の流れの方向は Fig.2 の記載と同じになるように、Fig.3 は左から右へ、Fig.4 は右から左へと記載している。以下各伝達関数について説明していく。

伝達関数  $F(s)$  はスライドテーブルの位置からポテンシオメータの回転角度への変換を表しているの、次式となる。

$$F(s) = \frac{1}{r_p} \tag{1}$$

ここで、 $r_p$  : ポテンシオメータ回転軸先端に取付けたラバーディスクの半径 [mm] (=31.9 mm) である。

次に、伝達関数  $G(s)$  はポテンシオメータの回転角度から電圧への変換を示している。350° 回転で 5V 出力の線形特性であるので、 $G(s)$  は次式となる。

$$G(s) = \frac{5}{350} \frac{1}{180^\circ} \tag{2}$$

次に、PLC のブロック線図について説明する。ポテンシオメータの出力電圧を PLC に入力すると、A/D 変換によってアナログ値 5V がデジタル値 4000 に変換されるので、その変換係数は  $4000/5=800$  である。その後プログラム上で、-2000 シフトした値を 2 倍する数値演算を行う。結果的に、ポテンシオメータの出力電圧が 2.5V の値を中央値として、0V で-4000、5V で+4000 のデジタル値に変換する。

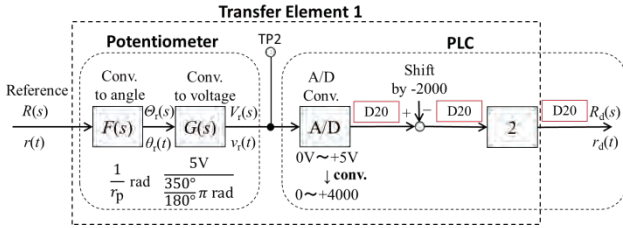


Fig.3 Block diagram of Transfer Element 1.

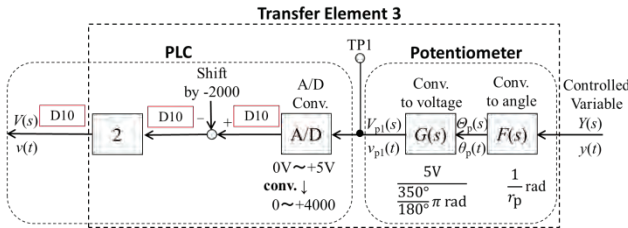


Fig.4 Block diagram of Transfer Element 3.

2. 3 伝達要素 2 の伝達関数

Fig.5 は伝達要素 2 のブロック線図であり、PLC、サーボシステム、制御対象等で構成されている。PLC は PID コントローラ部と D/A 変換器で構成されている。制御対象はサーボモータの回転軸からスライドテーブルの直動機構までの駆動系であり、この数学モデルはモータ回転軸換算の運動方程式となる。その他、送りネジ機構の回転角度から直動変位への変換と速度から変位に変換するための積分器のブロックがある。

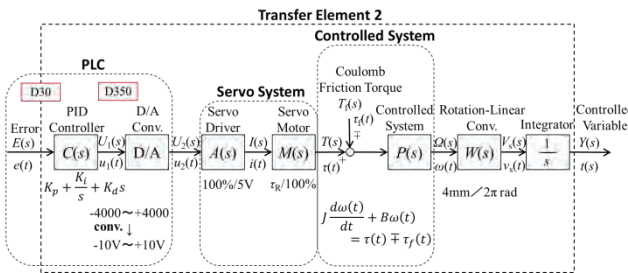


Fig.5 Block diagram of Transfer Element 2.

2. 3. 1 PLC の伝達関数

PID コントローラの伝達関数  $C(s)$  のブロック線図を Fig.6 に示し、 $C(s)$  は次式で表現する。

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (3)$$

ここで、 $K_p$  : 比例ゲイン、 $K_i$  : 積分ゲイン、 $K_d$  : 微分ゲインである。

PLC 内の D/A 変換器では、サーボドライバへのトルク指令入力が  $-10V \sim +10V$  であるため、PID コント

ローラの操作量が  $-4000$  のとき  $-10V$ 、 $+4000$  のとき  $+10V$  へ変換される。従って、D/A 変換の変換係数は  $10/4000$  である。

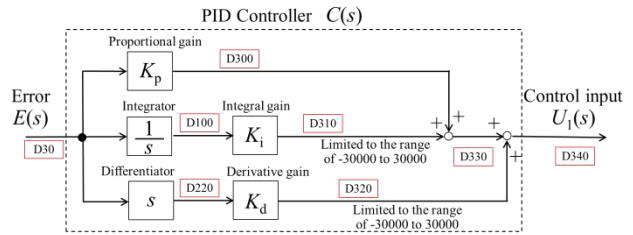


Fig.6 Block diagram of PID Controller.

2. 3. 2 サーボシステム

サーボシステムは AC サーボモータ及びサーボドライバで構成している。サーボシステムの応答特性は機械系の応答特性と比較して非常に高速なため、単純なトルク発生器として取り扱うことができる。サーボドライバへの制御信号  $5V$  はトルク出力  $100\%$ 、またトルク出力  $100\%$  は定格トルクに設定してあるので、サーボドライバ及びサーボモータの伝達関数  $A(s)$ 、 $M(s)$  は次式となる。

$$A(s) = 100/5 = 20 \quad (4)$$

$$M(s) = \tau_R/100 \quad (5)$$

ここで、 $\tau_R$  : サーボモータの定格トルク ( $=0.32$ ) [ $N \cdot m$ ] である。

2. 3. 3 制御対象の運動方程式

制御対象はモータ回転軸に関わる動作となるので、その運動方程式は次式で表現できる。

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = \tau(t) \mp \tau_f(t) \quad (6)$$

ここで、 $J$  : モータ回転軸換算の慣性モーメント [ $kg \cdot m^2$ ]、 $\omega(t)$  : 回転角速度 [ $rad/s$ ]、 $B$  : 粘性摩擦係数 [ $N \cdot m \cdot s/rad$ ]、 $\tau(t)$  : モータトルク [ $N \cdot m$ ]、 $\tau_f(t)$  : クーロン摩擦トルク [ $N \cdot m$ ] である。なお、 $\tau_f(t)$  の符号を  $\mp$  としているのは、回転方向とは反対方向、または回転速度が  $0$  の場合モータトルクとは反対方向に摩擦トルクが働くという意味である。

(6)式をラプラス変換することによって、制御対象の伝達関数  $P(s)$  は次式となる。

$$P(s) = \frac{1}{Js + B} \quad (7)$$

なお、オイラー法による数値シミュレーションを行う際に、(6)式の角速度の微分項、つまり角加速度

$d\omega(t)/dt$  を利用するので、 $P(s)$  のブロック線図は Fig.7 のように等価変換したブロック線図となる。

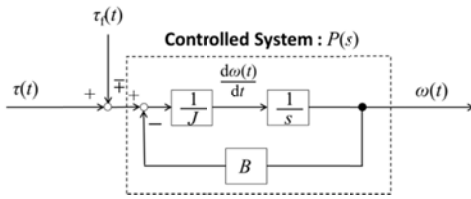


Fig.7 Block diagram of Controlled System.

ここで、(6)式中の係数  $J$  及び  $B$ 、変数  $\tau_f(t)$  の値が不明であるので、これらを計算及び実測で以下のように求めていく。

$J$  の内訳は、回転体（モータのロータ、カップリング、送りネジ）の 3箇所と、直動体（送りネジのブッシュ、ステージ、スライドテーブル、コネクティングロッド）の 4箇所における回転軸換算の慣性モーメントの合計である。それぞれ計算し積算すると  $J = 6.8 \times 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  となる。

$\tau_f(t)$  は回転方向とは反対に働く一定の大きさを持つ摩擦トルクであるので、 $\tau_f(t)$  の測定は次のように行う。まず、カップリング外周に紐を巻き付け、巻き終わりを張力計のフックに結び、ゆっくり引っ張った時の一定の張力を測定する (Fig.8 参照)。この張力の測定値にカップリングの半径を乗算した値を  $\tau_f(t)$  とする。測定の結果、 $\tau_f(t)$  は  $8.2 \text{ mN}\cdot\text{m}$  であり、次式で表現する。

$$\tau_f(t) = \begin{cases} -8.2 \text{ mN}\cdot\text{m} & \text{at } \omega(t) > 0 \\ +8.2 \text{ mN}\cdot\text{m} & \text{at } \omega(t) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

ただし、 $\omega(t)=0$  の時はモータトルクと反対方向に働く。

$B$  は Fig.8 の測定方法で行う。紐を引っ張る時の張力と速度の複数パターン測定を行い、トルク-角速度特性の勾配から  $B$  を求める。しかし、精度の良い測定が困難であるので、ここでは目安程度とし、測定結果から  $10^{-4} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$  程度としておく。次章において、応答波形の実測値と計算値のシステム同定によって、 $B$  値の検証を行う。

なお、回転から直動への変換を表す伝達関数  $W(s)$  は、送りネジのリードが  $4 \text{ mm}$  であるので、次式となる。

$$W(s) = 4/2\pi \quad (9)$$

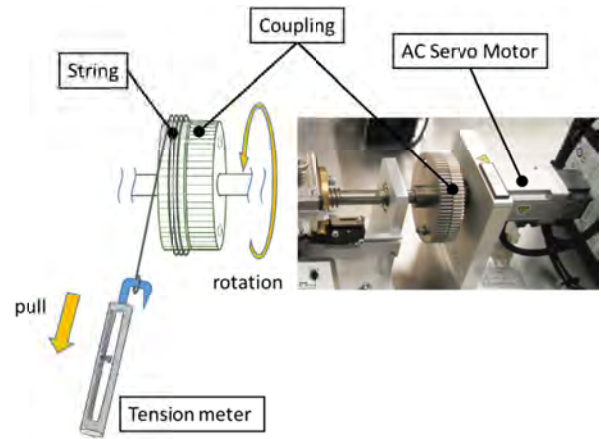


Fig.8 Measurement of friction.

### 3. ラダーロジックによる動作プログラムの作成

実習装置を動作させる制御プログラム（ラダー図）の一例を Fig.9 に示す。なお詳細な説明は文献 2) を参照されたいが、要点を以下に説明する。

Fig.9 の 8 行目に定義するデータレジスタ D20 が目標位置、7 行目に定義するデータレジスタ D10 が現在位置である。D30 は目標位置と現在位置の偏差である。比例 (P) ゲイン  $K_p$  は 25-26 行目に記載してあり、図の例では  $K_p = 20 \div 6 \div 3.3$  に設定している。同様に積分 (I) ゲイン  $K_i$  は 27-28 行目  $K_i = 2 \div 10 = 0.2$ 、微分 (D) ゲイン  $K_d$  は 29-30 行目  $K_d = 2 \div 1 = 2$  にそれぞれ設定している。PID 制御の操作量は D340 である。ただし、データレジスタは整数型であるので、実際は各ゲインを小数で取り扱うことができない。乗算・除算する相手の変数となるデータレジスタの値が、整数 3桁あるいは 4桁であるので、設定するゲインが小数点以下 1桁程度であれば、小数の効果は整数部に現れ、整数で取り扱っても誤差は生じない。

なお、参考のため Fig.3, 4, 5 及び 6 のブロック線図にも、上記データレジスタが記載してある。

作成した制御プログラムの動作確認のため、 $K_p=1$ 、 $K_i=0$ 、 $K_d=0$  として実習装置を動作させる。測定値は位置検出用ポテンシオメータの出力電圧  $v_{pl}(t)$  であり、初期値を  $3 \text{ V}$ 、目標値を  $4 \text{ V}$  とする。Fig.10 にその応答特性の実測値と計算値を示す。なお、 $B$  値が未確定であったので、Calc. No.1, No.2 及び No.3 において、それぞれ  $B=1 \times 10^{-5}$ 、 $1 \times 10^{-4}$ 、 $1 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$  を適用した。Calc. No.2 の  $B$  値は 2.3.3 節において求めた実測値である。同図から、Calc. No.2 が実測波形に最も近似する結果が得られたので、 $B$  値の妥当性が確認で

きたと共に、シミュレーションプログラムの妥当性も検証できた。

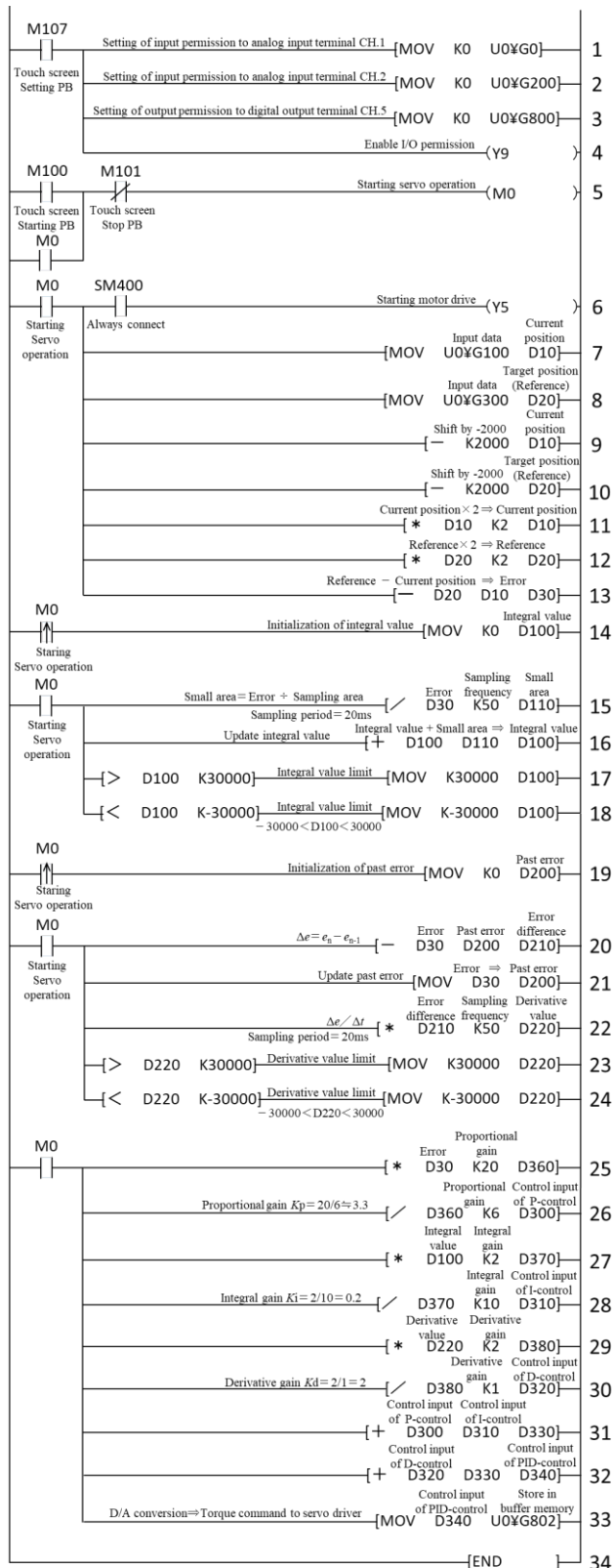


Fig.9 Example of ladder diagram.

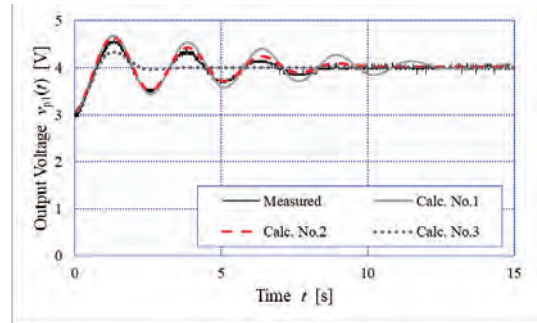


Fig.10 Output voltage waveform of the potentiometer for sensing the slide table's position at  $K_p=1$ .

#### 4. 安定余裕によるPIDゲインの決定

PIDコントローラの各ゲインの決定には、ブロック線図から開ループ伝達関数  $L(s)$  を求め、周波数領域  $L(j\omega)$  における安定余裕（今回は位相余裕のみ）の評価によって行う。位相余裕の目安は、プロセス制御の場合は  $20^\circ$  以上、サーボ機構の場合は  $40\sim 60^\circ$  と言われているが<sup>3)</sup>、今回は  $60^\circ$  以上を評価基準とした。Fig.2～6 及び (1)～(9) 式より、開ループ伝達関数  $L(s)$  は次式となる。

$$L(s) = C(s) \cdot \alpha_{D/A} \cdot A(s) \cdot M(s) \cdot P(s) \cdot W(s) \cdot \frac{1}{s} \cdot F(s) \cdot G(s) \cdot \alpha_{A/D} \cdot 2 \quad (10)$$

$$= \frac{144\tau_R}{35r_p\pi^2} \cdot \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s^2(Js + B)}$$

ここで、 $\alpha_{D/A}$  : D/A 変換係数 ( $= 10 / 4000 = 0.0025$ ) ,  $\alpha_{A/D}$  : A/D 変換係数 ( $= 4000 / 5 = 800$ ) である。

位相余裕が  $60^\circ$  以上ある場合の一例として、 $K_p=3$ ,  $K_i=0.2$ ,  $K_d=2$  における  $L(j\omega)$  のベクトル軌跡を Fig.11 に示す。位相余裕は  $84^\circ$  である。この時の応答波形を Fig.12 に示す。オーバーシュートはなく、立ち上がり時間は  $1.3s$ 、整定時間は  $3s$  程度の安定な波形が得られた。シミュレーション結果は実測値にほぼ一致している。

次に、位相余裕が  $60^\circ$  以下の場合の一例として、 $K_p=3$ ,  $K_i=0.5$ ,  $K_d=0.2$  における  $L(j\omega)$  のベクトル軌跡を Fig.13 に示す。位相余裕は  $16^\circ$  である。この時の応答波形を Fig.14 に示す。オーバーシュートが  $9\%$  程度発生し、立ち上がり時間は  $0.5s$ 、整定時間は  $2.8s$  程度の振動を生じる波形であった。シミュレーション結果は定常特性に振動が僅かに残り実測値と異なるが、過渡特性においては、実測値にほぼ近似できている。

以上、開ループ伝達関数の安定余裕を評価基準として各ゲインを選定し、シミュレーションによって応

答特性を確認することで、各ゲインを決定することができる。何が最適ゲインかはシステムの用途に応じて異なるものであるので、まずはシステムの正確な数学モデルが構築でき、ある評価基準によって設計できることが重要である。

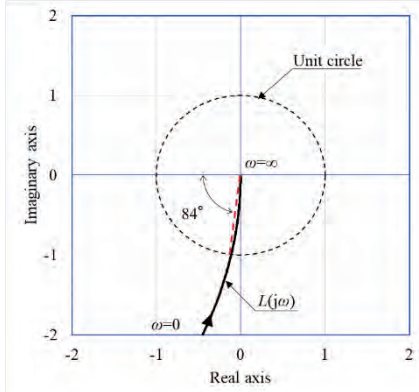


Fig.11 Vector locus of  $L(j\omega)$  at  $(K_p, K_i, K_d) = (3, 0.2, 2)$ .

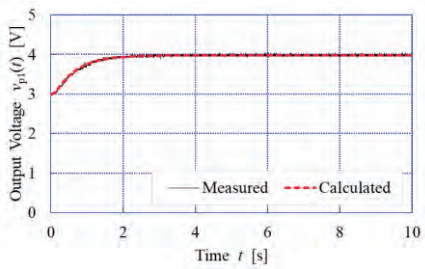


Fig.12 Output voltage waveform of the potentiometer at  $(K_p, K_i, K_d) = (3, 0.2, 2)$ .

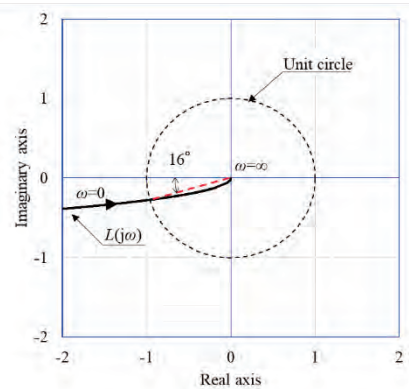


Fig.13 Vector locus of  $L(j\omega)$  at  $(K_p, K_i, K_d) = (3, 0.5, 0.2)$ .

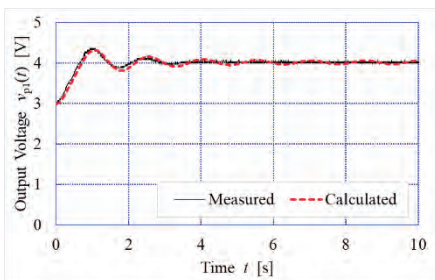


Fig.14 Output voltage waveform of the potentiometer at  $(K_p, K_i, K_d) = (3, 0.5, 0.2)$ .

## 5. む す び

本稿は、PLC を使用した PID 制御の実践について技術資料としてまとめたものである。実際の講義では、本稿と同様の流れで、下記に示す事項に注力して実施した。

- (1) 実習装置全体を表現するブロック線図の構築
- (2) 制御対象の運動方程式とそれに使用する係数や変数の導出
- (3) オイラー法による数値シミュレーションプログラムの作成
- (4) 周波数領域におけるベクトル軌跡に現れる安定余裕を考慮した PID ゲインの決定
- (5) ラダーロジックによる PID 制御プログラムの作成と実習装置の動作実験
- (6) 応答特性の実測値と計算値の比較

実際のシステムを目前に置き、システム全体を把握するには、やはりブロック線図の構築が必要である。ブロック線図が構築できたならば、システムを数学モデルとして表現できたことと等価であるので、シミュレーションが可能となる。シミュレーションが可能になれば、机上において事前に制御パラメータを検討し、応答特性の検証が容易にできる。実際の現場では、製品の動作確認を必ず実験的に行う。その際、暴走など危険が生じないように、事前に十分な検証を行う。また、システム的设计段階でも、理論的な設計根拠が各部品、各ユニット、システム全体において問われる。従って、システムの正確な数学モデルを構築することが重要となる。

本稿で述べた内容は、当校で学生が学んできた制御工学の知識を実践力に移行する重要な位置付けであり、制御工学講義の最終編である。

## 参 考 文 献

- 1) 宮下利仁：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；長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 38-42 (2018).
- 2) 熊谷英樹，“ゼロからはじめる PID 制御”，日刊工業新聞社, 167-180 (2018).
- 3) 川田昌克, 西岡勝博，“MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学”，森北出版社, 142 (2012).

# 「校外研修」学習を組み込んだ授業の展開 —電気・制御技術科「機械制御Ⅱ」科目での実践—

荒川 進\*

## Development of Learning Incorporating "Off-Campus Training" — Practice by "Machine Control II" Subject in Department of Electricity and Control Engineering —

Susumu ARAKAWA

### 1. ま え が き

長野県南信工科短期大学校（以下、本校）の設置目的は、第一に実践力のある“ものづくりのスペシャリスト”を地域産業へ輩出することにある。

本校が属する長野県の中・南信地域では、電子デバイスメーカーをはじめ自動車関連機器あるいは航空機部品製造など精密機器に関連する企業が中小規模で事業を展開している。求められる技術者像は、自身が専ら学習あるいは習得した知識・技能以外を付加価値として身に付けている人材であることも多い。これは、本校学生の就職活動における面接内容調査からもその傾向がうかがえる。本校を例にすると、「機械・生産技術科」の学生は、電気領域の知識と技能、「電気・制御技術科」の学生には、材料、機械（加工も含む）領域の基礎的な知識と技能あるいはそれらに触れる経験が求められる。そのため本校では、主に2年次に両科で横断的なカリキュラムが設定されている。

さらに本校では2年次に学生自治会主催で本校後援会の支援を受けて、1泊2日の校外研修を実施している。研修の目的は、県内外における最新の科学技術や実用化された技術の見聞を広めることである。学生にこれまで得た知識や技能がどのような分野で、あるいはどのように活用されているかなど、自分たちの学習

の社会性を感じ取ってほしいとの願いもある。平成30年度の校外研修は、東京で開催された「日本国際工作機械見本市」（JIMTOF2018）<sup>1)</sup>を主な研修先とした。「日本国際工作機械見本市」は、国内外から工作機械メーカー、工具メーカーあるいは産業用ロボットなど幅広い関連機器が一堂に会する展示会である。実用化された最新の技術や次世代のコンセプトが紹介される。工学系の学生の校外研修先としてもその利用価値は高い。ただし、大きな展示会になれば、自身の目的（情報収集、見学対象機器など）を達成するためには事前の準備（出展内容、出展場所の確認など）が必要となる。特に、本校の電気・制御技術科の学生にとっては、工作機械、機械加工の展示会現場で直に課題を見つけるのは困難である。そのため、こうした機械系展示会への意欲的な参加の動機付けと技術知識の効率的な習得には何らかの支援を必要とする。

そこで、校外研修前後に設定されている電気・制御技術科2年生対象の「機械制御Ⅱ」科目に校外研修の事前学習（展示会の歩き方）を取り入れた。本報告では、「校外研修」事前学習の授業の詳細と授業を展開するうえで工夫あるいは心掛けたことを紹介する。また、授業の評価方法として取り入れたテキストマイニング手法を紹介するとともに、実際に評価を行った結果について述べる。

### 2. 授業の展開

#### 2.1 校外研修の展開(組込)先科目「機械制御Ⅱ」

科目「機械制御Ⅱ」は、本校電気・制御技術科の2年生を対象とし10月から11月にかけて開講される。平成30年度のシラバスでは、教科書<sup>2)</sup>に則して工作機械、機械加工、測定と検査などの単元を設定し、電気

受理 2019年 9月 30日

採択 2019年 11月 29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

系学生の機械工学の基礎知識の習得を目標とした。

平成30年度の「機械制御Ⅱ」（受講者13名）は、2年次の6月から9月にかけて開講される「機械工作実習」と関連させた。Table 1に科目「機械制御Ⅱ」の授業計画を示す。また、同じく4月から9月にかけて履修する科目「機械制御Ⅰ」では、機械工学の基礎分野である機械・電子製図（演習も含む）、機械材料、材料力学基礎を単元に設定している。教科書は「機械制御Ⅰ」、「機械制御Ⅱ」とも同じものを使用した<sup>2)</sup>。副教材には、単元ごとに内容整理用プリントとパワーポイントを利用した。

「機械制御Ⅱ」は、校外研修先に「日本国際工作機械見本市」の選定を受けて、単元「工作機械」にNC加工機、単元「機械加工」に実習で使用した工具についての学習を取り入れた。

## 2.2 校外研修事前学習

「機械制御Ⅱ」では、「国際工作機械見本市」の展示傾向を考慮して、校外研修期間の前後の単元の順番を入れ替えた（Table 1）。また、校外研修直前の授業には、研修準備として事前学習を組み込んだ。

単元「工作機械」では、加工実習で実際に操作・体験した汎用旋盤、フライス盤に加え、特殊加工機による加工方法を紹介し、さまざまな加工機により必要形状が得られることを学習した。次単元の「機械加工」では、汎用機械から現代産業の主力工作機械であるNC工作機械について、どのような加工ができるのか、あるいはどのように作業者が介在するのかをパワーポ

イントを使った事例で紹介した。加えて実習で使用した工具についても紹介している。これらの単元では、工作機械のバリエーションと加工事例の紹介を通じて、工作機械への興味・関心を高めることを目的とした。

この段階で校外研修の見学先である「日本国際工作機械見本市」の情報提供を行った。また、本校に導入され、使用体験のない工作機械について校内見学を実施した。本校にも多くの工作機械が導入され、他学科の学生が実習体験をしていることを知るとともに、それぞれの工作機械がどのような加工ができるかを知る機会を設定した。

校外研修直前週の「研修準備講習」では、見学予定の展示会パンフレットを元に出展企業数や会場規模を想定する授業を展開した。数時間の滞在で無目的な見学では、情報収集が効率的にできないと感じ取ることが目的である。そこで、効率的な情報収集のための計画を作成する活動を学生に展開させた。ここでは、

- ① 就職内定先の事業
- ② 卒業研究テーマ
- ③ 各個人の産業・技術的興味
- ④ 「機械制御Ⅱ」授業の中で取り上げた加工機

に関する内容で見学テーマを設定し、深堀りしたい分野で動機付けられた見学計画を調査し決定させた。調査ツールとして、インターネットを活用したキーワード検索を用いた。見学計画は、一人一人に、

- I. どのような（個人）テーマで見学するのか
- II. どこ（分野・領域/出展企業）を見学するのか

Table 1 Schedule and contents of “Machine Control II” subject.

Class schedule	Education unit	Learning contents	Teaching aids
Oct. 5 1st C.H.	Measurement and test	.... omit.	/ Textbook
2nd C.H.	Fit tolerance		/ Print for contents rearranging (use the issue of practice)
9 1st C.H.	Machine tool		
2nd C.H.			
12 1st C.H.	Machining	<on Prior learning > / Explanation of aim (about how to continue with learning) / Provision of information about JIMTOF2018	/ Teaching materials of PowerPoint (Introduction of the NC processing machine and tools. About wear of cutting tool)
2nd C.H.	NC processing machine		
19 1st C.H.	Prior learning of off-campus training	<on Preparing for off-campus learning > / Visit of machine tool in the campus / Survey by exhibition company in JIMTOF2018 / Setting of the visit theme (by the style of presentation)	/ Pamphlet of JIMTOF2018 (List of exhibition company. Booth guide of exhibition hall.) / Website of JIMTOF2018
2nd C.H.			
Nov. 2	*Off-campus training		
9 1st C.H.	Mechanical technology	... omit.	
2nd C.H.			
16 1st C.H.	Fluid machinery		
2nd C.H.			
30 1st C.H.	Heat engine	*Deadline of report of off-campus training	
(2018) 2nd C.H.	Terminal exam.		

\*C.H. : Class Hour

を発表形式でまとめ記録した。記録は、2名の書記学生を選任し文書化を行った。この記録は、校外研修出発前にプリントとして学生に配布した。

### 2. 3 校外研修後レポート

電気・制御技術科2年生には、「機械制御Ⅱ」科目の授業の一環として校外研修を位置付けたため、研修後のレポート作成を両学科共通の校外研修後レポート課題とは別に課した。レポートの作成条件（構成）は、

- I. 全体の目的（見学の意義・動機付け）
- II. テーマ（事前設定課題，現地調達課題）
- III. 内容（調査内容，小まとめ）
- IV. まとめ（総合的，感想）

とした。この章立ては、校外研修の事前学習で立てた学生の目的やテーマとの比較分析を容易にするために設定した。また、本報告では研修後レポートの「III. 内容」と「IV.まとめ」についての分析を省略した。

## 3. 授業および研修の評価

### 3. 1 記述式文書分析方法

テキストマイニングは、アンケート調査など文書形式のデータを定量的に分析する手法である<sup>3, 4)</sup>。その目的は、言語表現を工学的な数値化データと同様に視覚化して示すことにある。テキストマイニングによる分析の対象は、幅広く書籍，新聞，論文あるいはインターネット上に氾濫する文章（情報）など多岐にわたる<sup>5, 6)</sup>。

文章の定量的評価は、数値化データとは異なり、文字列であるため、文章構文を解析し名詞，形容詞あるいは助詞のような品詞分類する必要がある。この「文書/文章」を抽出用“辞書”を介して「言葉/単語」として分割抽出することを形態素解析と呼ぶ。特に、日本語文章は米英語文章のように単語が空白で区切られていないため、他言語に比べ単語分類が難しいとされる<sup>6)</sup>。そこで、本報告では、樋口耕一<sup>7, 8)</sup>によって開発された文書データのテキストマイニング用ソフトウェア“KH Coder”を分析に利用した。KH Coderは、多言語対応で、単語間の関連性やその意味について文章から探る探索的分析と分析者による仮説に基づく仮説検証的分析が可能であるなど分析ツールとして多くの機能を有するフリーソフトウェアである。また、その特徴は、解析補助ツールに

- ◆茶筌（ちゃせん）：形態素解析
- ◆MySQL：データベース
- ◆R：統計解析結果の可視化

などのフリーウェアで構成されている点である<sup>7)</sup>。このように分析者が比較的自由に使用できることから多分野においてKH Coderを活用した多くの報告がある<sup>9, 10)</sup>。

本報告では、「機械制御Ⅱ」科目で実施した校外研修の事前学習の記録文書（学生の研修テーマ）と研修後のレポート（見学目的と報告テーマ）文書をテキストマイニングの分析対象とした。特に、形態素解析から得られる抽出単語に着目した。

### 3. 2 事前学習記録の単語分析

事前学習記録は、

- I. どのようなテーマで見学するのか（事前テーマ）
- II. どこを見学するのか（選択訪問先）

について各個人の計画が表現されている。

「I.事前テーマ」の文書データから抽出した単語の頻度を Fig.1 に示す。「I.事前テーマ」から抽出された単語は、最も高い出現頻度の単語に「工作機械」、続いて「メーカー」「AI 技術」「トレンド」「機器」「調査」「IoT 技術」「マシニングセンタ」「空圧機器」「使用」「特徴」「部品」「用途」の順で頻度が高い。ここで、「AI 技術」「IoT 技術」の出現頻度が比較的高いのは、対象が電気系学生である特徴的な傾向である。これらを恣意（分析者の仮説）的<sup>3)</sup>に文章化すれば、例えば、

- ・「工作機械」「メーカー」の「トレンド」「調査」
- ・「空圧機器」の「特徴」とその「用途」の「調査」
- ・「AI 技術」と「IoT 技術」の「マシニングセンタ」への「使用」例の「調査」

など複数の文章が類推できる。これら類推文章と事前学習の記録原文を並列列記した結果を Table 2 に示す。記録原文は、発表時の口述内容を文書化したため「→」「・」「/」「()」など記号を用いてそれらの関係性が表されている。分析に供した文書データでは、これら記号はすべて句読点（全角「，」「。」「。」）に変換している。Table 2 より類推文章は、原文の文章構造と比較的よく一致し、形態素解析からその特徴的な単語が抽出されていることが確認される。

Fig.1 の出現頻度の低い単語も含めて見学の事前テーマは、

- ◆「メーカー」の「強み」の「調査」
- ◆「工作機械」「マシニングセンタ」「レーザ加工機」など「機器」の「トレンド」や「特徴」「用途」の「調査」
- ◆「AI 技術」「IoT 技術」「省エネ技術」「故障対

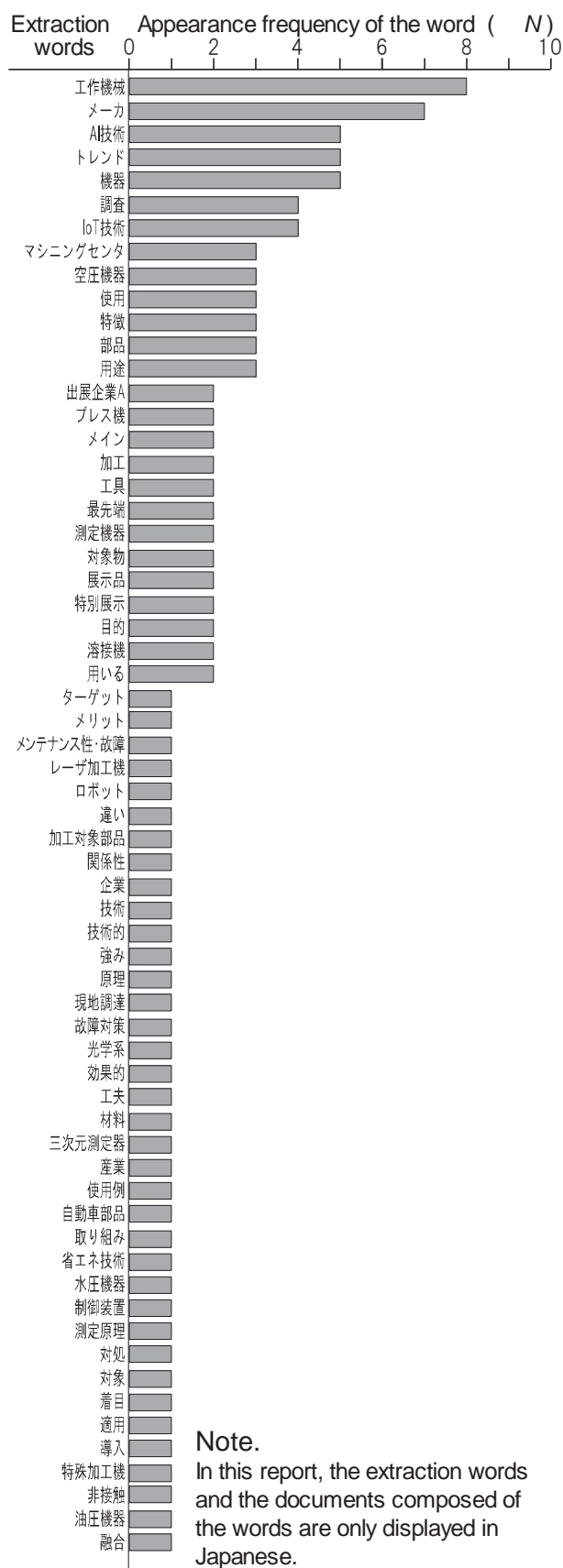


Fig.1 Frequency of extraction words from theme document of prior learning before the off-campus training.

策」「非接触」など「最先端」「技術」（「技術的」）の「調査」

と整理することができる。ここで「」内の単語は、すべて抽出単語である。

これらの単語を選択した背景で分類した結果を Table 3 に示す。出現した単語は、その多くが「機械制御Ⅱ」科目の教科書内容、履修済みの「機械工作実習」を含む事前学習、卒業研究テーマから動機付けられている。一方、その他に分類した「現地調達」は、上記の学習経験からテーマを選定できなかった学生もいることを示す。これに対し、個人的嗜好に分類した「出展企業 A」および「特別展示」をテーマに選定した学生は、学習経験のほかにホームページや提示した展示会資料からもテーマを発掘できたことを示す。

しかしながら、Fig.2 に示す「Ⅱ.選択訪問先」では明確な出展企業（名）の出現頻度は低く、個人で設定したテーマを解決するためのより具体的な活動計画（訪問する出展企業）が決まっていない学生が多い結果となった。

### 3. 3 研修後レポートの単語分析

校外研修後に提出されたレポートについて、「Ⅰ.全体の目的」および「Ⅱ.テーマ」に含まれる単語を形態素解析で抽出した結果を分析する。Fig.3 にレポートの「Ⅰ.全体の目的」から抽出された単語を示す。出現する単語は、事前学習で口述内容を記録した文書データと異なり、レポートとしての記述形式文書のため「学ぶ」「高める」「知る」など動詞が多く含まれる（図中□）。これら動詞が受ける名詞単語との組み合わせには、例えば、動詞「目指す」であれば名詞「技能者」を受けることが容易に推測される。また、ここで特徴的な単語として「就職」も出現している（図中☆）。出現する単語の動詞と名詞の組み合わせを検討した結果を Table 4 に示す。これより展示会を見学後のレポートの「Ⅰ.全体の目的」は、収集した情報を何らかの形で活かせるよう設定されていると推察される。情報の活用（活かす）先は、Table 4 中の名詞群（Noun group）で「就職」「人材」に対して動詞群（Verb group）で「活かす」「目指す」に代表されるように学生の就職内定先であることを示唆する表現が比較的多く観察される。また、「理解」「知識」を「深める」構造のような卒業研究に情報の活用先を設定している学生もいると推察される。

次に、実際に見学して得られた情報や内容に即して文書化された研修後の「Ⅱ.テーマ」（研修後テーマ）

Table 2 Relationship between the original sentence in the document of prior learning and the artificially sentence used extraction words by morpheme analysis.

Analogical document obtained through the extraction word at high appearance frequency in figure 1.	Original documents of the recorded presentation contents after prior learning.
・「工作機械」メーカ [のトレンド] 調査	(12)「工作機械」 [のトレンド]
・「空圧機器」 [の特徴] とその用途の調査	(01)「空圧機器」 →目的・「使用例」 (01)「マシニングセンタ」 →メーカごと [の特徴]
・「AI技術とIoT技術」の「マシニングセンタ」 [への「使用例」] の調査	(13)最先端の「工作機械」 (「IoT/AI技術」を用いた) (16)「AI技術」 → 「工作機械」 [への適用]

Table 3 Source of extraction words by morpheme analysis.

Imaginable source	Appearance word group
Textbook "Machine Control II"	「特殊加工機」 「溶接機」「プレス機」
"Machine training" Machine tool of campus. Prior learning.	「マシニングセンタ」 「レーザ加工機」 「ロボット」「空圧機器」 「三次元測定器」
Business of the new employers.	「自動車部品」 「制御装置」
Theme of the graduate study.	「省エネ技術」「非接触」 「測定機器」「測定原理」 「AI技術」「IoT技術」
Individuals' tastes.	「出展企業A」「特別展示」
Others.	「現地調達」

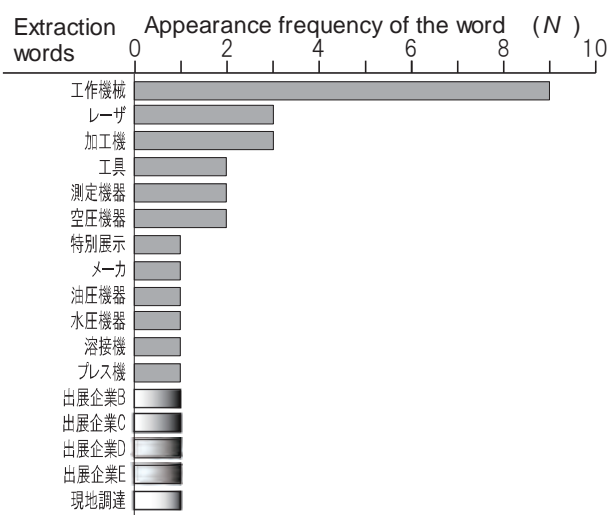


Fig.2 Frequency of extraction words from documents of visit plans of prior learning before the off-campus training.

と事前学習におけるテーマ（事前テーマ）（Fig.1）に出現する単語を比較した結果を Fig.4 に示す。その結果、事前テーマのみに出現する単語（Fig.4(A)）、研修後テーマのみに出現する単語（Fig.4(B)）および両者で一致（共通）する単語（Fig.4(C)）に分類できる。なお、表記のゆれ<sup>3)</sup>や同意の単語については同一の単語とみなして整理している。

Fig.4(A)に示す事前テーマのみに代表的な単語には、下線で示すような「トレンド」「機器」「部品」「対象物」「材料」「産業」など“もの”を特定できない抽象的単語が多い。言い換えれば、研修後テーマでは抽象的な表現が減り、より具体化したテーマが設定されていることが推察される。一方、Fig.4(B)に示す研修後テーマにのみ出現する単語は、「出展企業 C, F, G」「固有技術 A」のようにより具体的な企業名や固有技術名が出現する。この結果は、現地（展示会）で

具体的な情報を直接収集することで表現の質が変わったことを示す。校外研修学習のような現物を目にするあるいは手にする体験学習が学生の興味や意欲を高める効果があることが出現単語の分析から示唆された。さらに、「就職」「卒業研究」といった学習成果の活用先を示す単語もここで出現する。

#### 4. む す び

校外研修で工作機械の技術を主テーマとした大型展示会を見学するにあたり、学習分野の異なる電気系学生の効率的な見学計画と効果的な研修学習を支援するため、同時期に履修する横断的授業科目に校外研修の事前学習を取り入れ実施した。この取り組みの中で、学生がどのように見学計画（個人のテーマ）を立て、実際にどのようにテーマに基づいて活動したかを事前学習の記録と研修後のレポート両文書データについて

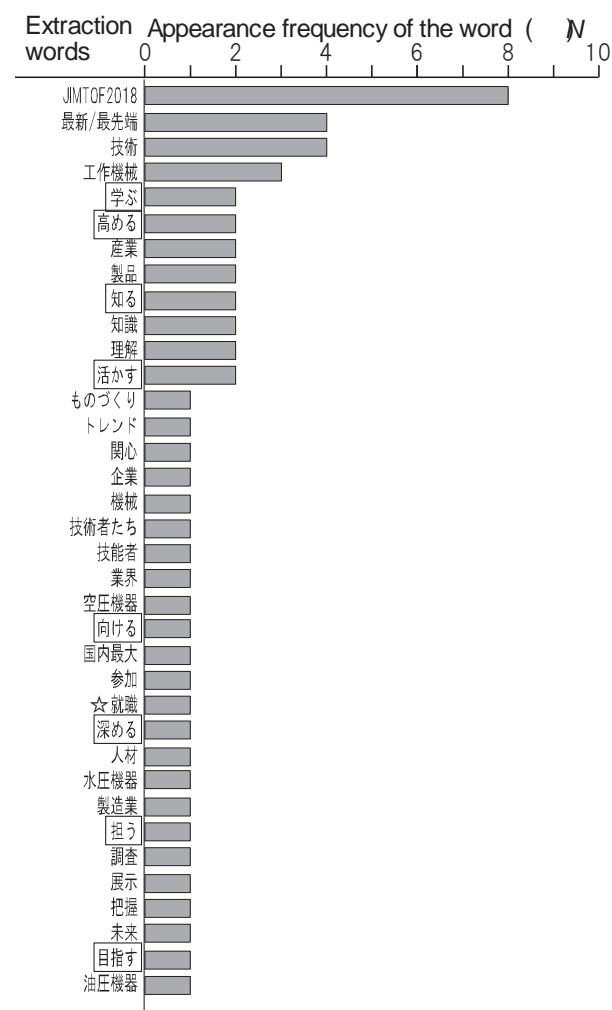


Fig.3 Frequency of extraction words from object paragraph in the report after off-campus training.

テキストマイニングを用いて分析した。分析にはテキストマイニング用フリーソフト KH Coder を用いた。分析は、主に文書データから形態素解析によって抽出される特徴的な単語の出現頻度に基づいて行った。分析から推定された結果を以下に示す。

(1) KH Coder を用いて抽出した単語について、分析者の仮説に基づいて作成した類推文章は、学生が口述記録した文章とその構造が比較的によく一

致し、分析対象文書の特徴的な単語を抽出できることが確認できた。

- (2) 校外研修の事前学習を通じて設定された見学テーマに含まれる単語は、「機械制御Ⅱ」科目の教科書内容、それより先に経験する工作実習、事前学習の一環として行った校内工作機械見学のように学習体験に基づく単語群、就職活動や内定先事業に関連する単語群および卒業研究テーマに関連する単語群であることが推定された。
- (3) 事前学習で設定したテーマには、抽象的単語が多く含まれる一方で、校外研修後のテーマからは抽象的単語が減少する。これは、実際に校外研修学習を体験することで収集した情報に基づいたより具体的なテーマ設定が可能になったことを示唆する。このことから同じテーマの設定であってもそれを構成する表現（言葉/単語）が体験に基づく場合に具体的である一方、実体験をとまなわない場合は抽象的になることが推察される。
- (4) 校外研修後のレポートは、口述内容を記録した文書データに比べ、抽出された単語に動詞が多く含まれる。これは、レポートが名詞や動詞など品詞のバラエティに富む表現で文章化されているためと推察した。また、抽出した単語を名詞と動詞で組み合わせると校外研修で得た情報は、学生の就職内定先（の事業）あるいは卒業研究にその活用先が設定されていることも推察された。

### 謝 辞

平成 30 年度校外研修を企画した長野県南信工科短期大学校学生自治会役員、本校学生委員（中島一雄准教授、大工原裕之准教授（現長野県佐久平総合技術高等学校 教頭）、湯本一彦講師、三沢雅芳講師および校外研修を支援していただいた南信工科短期大学校後

Table 4 Combination of verb and noun in extraction words from object paragraph in the report after off-campus training.

Noun group	Verb group	Target of utilized information
「関心」	「高める」	for New employers
「製造業」「業界」	「担う」	
「製品」「トレンド」「産業」「技術」	「学ぶ」「知る」	
☆「就職」（先事業）「ものづくり」	「活かす」	
（社会）「人材」「技能者」	「目指す」	
「未来」	「向ける」	for Graduate study
「理解」「知識」	「深める」	

援会（前会長 今井 寛氏）に謝意を表す。

授業の中に校外研修の事前学習を取り入れることを提案いただいた千葉隆史准教授，事前学習記録と研修後レポートの分析を快く了承してくれた平成 30 年度電気・制御技術科 2 年生諸氏に深く感謝を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 日本国際工作機械見本市ホームページ, WWW.jimtof.org (2019.8.30).
- 2) 大西 清編著, “機械工学入門シリーズ 機械工学一般 第3版”, オーム社 (2016).
- 3) 牛澤賢二, “やってみようテキストマイニング 自由回答アンケートの分析に挑戦!”, 朝倉書店 (2018).
- 4) 山内長承, “Python によるテキストマイニング入門”, オーム社 (2017).
- 5) 市村由美, 長谷川隆明, 渡辺 勇, 佐藤光弘: テキストマイニング: 事例紹介; 人工知能学会誌, 16, 2, 192-200 (2001).
- 6) 脇森浩志: ビッグデータに対するテキストマイニング技術とその適用例; Unisys Technology Review, 115, 337-349 (2013).
- 7) 樋口耕一主催, KH Coder ホームページ, https://kxcoder.net (2019.8.30).
- 8) 樋口耕一: 言語研究の分野における KH Coder 活用の可能性; 計量国語学, 31, 1, 36-45 (2017).
- 9) 田中京子: KH Coder と R を用いたネットワーク分析; 久留米大学コンピュータジャーナル, 28, 37-52 (2014).
- 10) 越中康治, 高田淑子, 木下英俊, 安藤明伸, 高橋 潔, 田幡憲一, 岡 正明, 石澤公明: テキストマイニングによる授業評価アンケート分析ー共起ネットワークによる自由記述の可視化の試みー; 宮城教育大学 情報処理センター研究紀要, 22, 67-74 (2015).

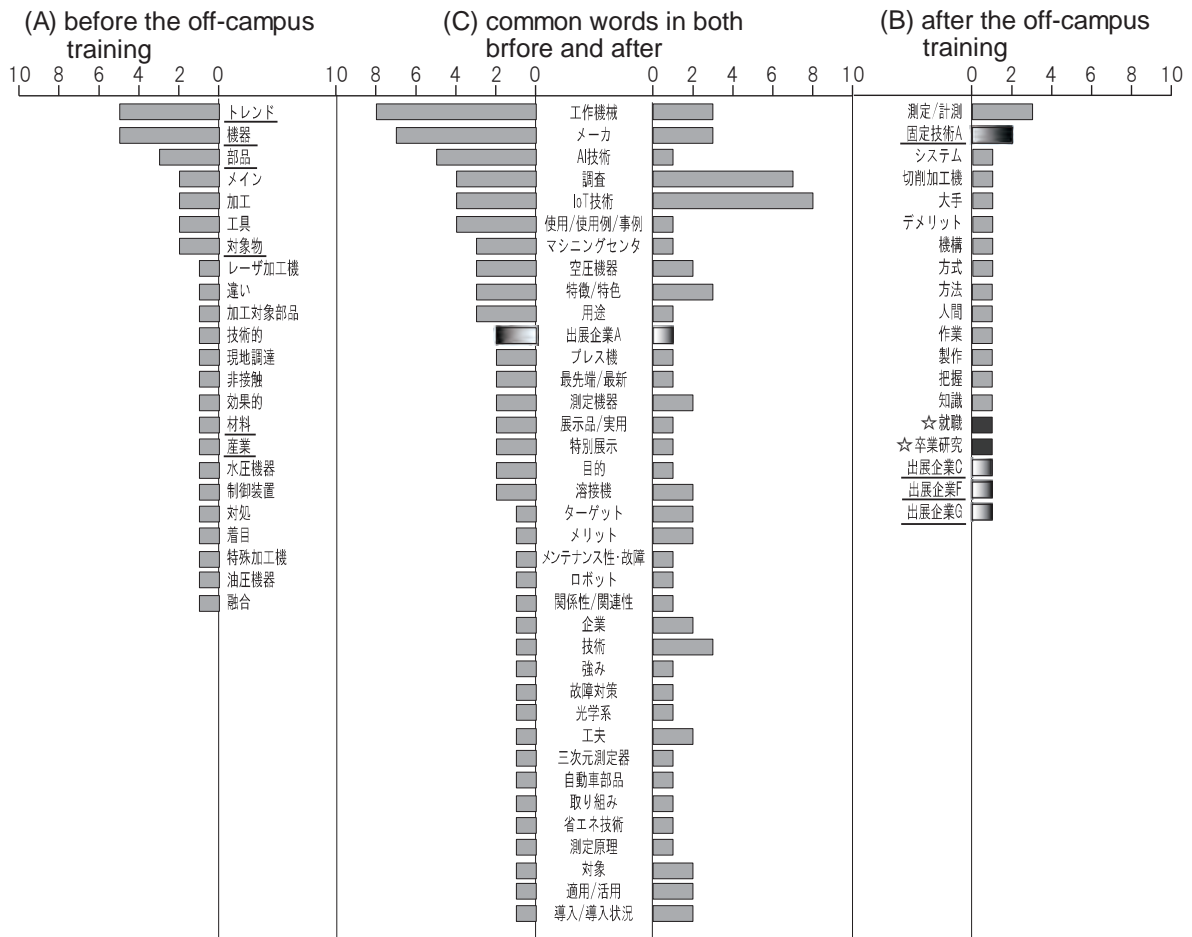


Fig.4 Comparison of extraction words in the theme before with after the off-campus training.

# 長野県南信工科短期大学校におけるキャリア教育の効果 —インターンシップを中心に—

横道正和\*

## Effect of Career Counseling at Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology —Focuses on Internship—

Masakazu YOKOMICHI

### 1. ま え が き

長野県南信工科短期大学校（以下、本校）は開校して4年目を迎えた。これまでに卒業生を2回送り出している。

卒業後の主な進路は製造業への就職であるため、それに向けたキャリア教育<sup>1)</sup>を行っており、特徴としてはカリキュラム中にインターンシップを組み込んでいることが挙げられる。本稿では、開校初年度から実施しているインターンシップを中心に本校のキャリア教育の効果を調査する。

### 2. キャリア教育の概要

本校は2年制の短期大学校であるので、1年次の終わりには就職活動のシーズンが始まる。その時期に学生がスムーズに就職活動を行うためには、それまでに学生自身が「自己理解」と「業界研究」などと呼ばれる準備を行っておくことが望ましい。しかしながら、ほとんどの学生は高校を卒業して1年未満であり、就職を自分の問題として自発的に考えることは難しく、また主な就職先業界である製造業や具体的な企業についての知識も乏しい。そこで、学校として「キャリア形成セミナー」「インターンシップ」「校内企業研究会」というキャリア教育によりサポートを行っている。以下にそれぞれの概要を示す。

受理 2019年10月4日

採択 2019年11月29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. 1 キャリア形成セミナー

キャリア形成セミナーは、内容を自由に設定できる授業時間である週1回の「ゼミナール」を利用して実施している。2018年度を例にとれば、11月の上旬から12月末までのほぼ毎週のゼミナールをキャリア形成セミナーとして利用し、自己理解から具体的な就職活動方法までを、座学やグループワーク等を通じて学んだ。

### 2. 2 インターンシップ

本校のインターンシップでは、あらかじめ定めた実習期間に学生一人当たり2社の企業実習を行う。企業には実習期間に合わせての受け入れをお願いし、調整しながら実施している。2018年度は2019年1月の第3週および2月の第2週を実習期間として定め、企業に受け入れていただいた。各実習期間内での日程は企業のご都合によって設定していただき、企業実習がない日の学生は登校して別の課題を学んだ。

また企業実習に先立ち、学生が実習希望先の企業を選定するために「インターンシップ受入企業説明会」（以下、受入説明会）を実施している。インターンシップの受け入れが可能な企業にお集まりいただき、本校の学生ホール内に各社のブースを構えていただき、学生がブースを回って企業概要や実習内容を伺う。



Fig.1 Internship acceptance company briefing session.

2018 年は夏休み明けの 8 月下旬から 9 月にかけてのゼミナールの時間を利用し、全 45 社が 3 回に分かれて参加いただいた (Fig.1)。学生はこの受入説明会後に実習希望企業を学校に提出し、それに基づいて企業や学生間の調整を行って実習を実施する。また学生は、受入説明会参加企業や受け入れ可能を表明している企業以外の企業でも自由に希望できる。受け入れていただけるかどうかは学校が打診する。

### 2.3 校内企業研究会

校内企業説明会は、インターンシップ終了後の 2 月中旬に企業にお集まりいただき、学生ホールに構えたブースで各社の特徴を説明していただくもので、これにより学生は企業や業界の理解を深める。形式は受入説明会と似ているが、説明時間が受入説明会では 15 分と非常に短いのに対し校内企業研究会では 30 分と長く、キャリア教育やインターンシップを経験した学生の企業研究意欲に応じていただいている。2018 年度は 3 回に分かれて全 48 社にお集まりいただいた。

## 3. キャリア教育の効果

### 3.1 調査対象

本校は 2017 年度と 2018 年度に卒業生を送り出し、本稿執筆時点では 2019 年度卒業予定の学生が就職活動を行っている。本稿では 2017 年度と 2018 年度に卒業して就職した者および 2019 年度卒業予定者のうち 9 月上旬時点の内定者で入社意思決定者（見なし就職者）を「就職者」として対象とした（総数 88 名）。なお 2017 年度と 2018 年度の就職率はそれぞれ 100% と 97% である。2019 年度の就職希望者に対する見なし就職者の比率は 87% である。

本校の学生のほとんどは県内出身で、特に本校の所在地である伊那地域出身者が多い。就職先としては県内、特に出身地域の製造業を希望するものが 9 割程度

である。3 年間の就職実績では県内企業への就職が 93% を占めている。

また、キャリア教育に協力いただいた企業を「キャリア教育参加企業」とさせていただき、こちらについても調査対象とした。キャリア教育参加企業とは、これまでに受入研究会に参加した企業、インターンシップ（企業実習）を受け入れた企業、校内企業研究会に参加した企業とした（重複なしで 90 企業）。キャリア教育参加企業は伊那地域を中心とする県内企業であり、本校の学生に対する採用意欲も高い。

以上の対象について、インターンシップを中心に校内企業研究会とあわせて効果を調査した。

### 3.2 インターンシップ実施企業への就職率

インターンシップ実施企業への就職率等についての調査結果を Table 1 に示す。A は卒業後就職した者の総数、B はそのうちのインターンシップ実施企業への応募者数、C はインターンシップ実施企業への就職者数であり、B/A はインターンシップ実施企業への応募率、C/A はインターンシップ実施企業への就職率である。

インターンシップ実施企業への就職率は 3 年間の平均で 27% であり、これは全国の大学生についての調査結果である 22.3%<sup>2)</sup>と同程度の値である。また就職者におけるインターンシップ先への応募率は 43% である。これはインターンシップが就職先選定に大きな影響を与えていることを示していると言える。

また、インターンシップ先への就職を希望しない学生に聞き取り調査を行うと、自分がその企業に合っていないことがインターンシップでの経験ではっきりしたためという回答がかなりある。大卒の新規就職者の 3 割程度が 3 年以内に退職しているというデータもあるが<sup>3)</sup>本校のインターンシップには雇用のミスマッチを防止する成果もあると考えられる。

Table 1 Employment states to intern with.

year	number of employed (A)	number of applicant to intern with (B)	number of employed to intern with (C)	applicants rate (B/A)	employment rate (C/A)
2017	29	6	3	21%	10%
2018	32	13	9	41%	28%
2019	27	19	12	70%	44%
total	88	38	24	43%	27%

Table 2 Employment states of career counseling participating companies.

year	number of employed (A)	number of career counseling participating companies (B)	number of employed to career counseling participating companies (C)	employment rate to career counseling participating companies (C/A)	average number of employed to career counseling participating companies (C/B)
2017	29	53	14	48%	0.26
2018	32	65	18	56%	0.28
2019	27	67	23	85%	0.34
total	88	90	55	63%	0.61

Table 3 Difference in employed number by participating level to career counseling.

	internship acceptance company briefing session (A)				meeting for companies study (B)				(A+B)								total
	3	2	1	0	3	2	1	0	6	5	4	3	2	1	0		
attendance (C)	3	2	1	0	3	2	1	0	6	5	4	3	2	1	0		
number of companies (D)	9	28	14	39	26	23	23	18	6	12	14	12	18	20	8	90	
number of employed (E)	14	18	9	14	28	11	10	6	13	7	10	9	9	5	2	55	
average (E/D)	1.56	0.64	0.64	0.36	1.08	0.48	0.43	0.33	2.17	0.58	0.71	0.75	0.50	0.25	0.25	0.61	

### 3. 3 キャリア教育参加企業への就職率

キャリア教育参加企業への就職状況を Table 2 に示す。A は就職者数、B は各年度のキャリア教育参加企業数、C はキャリア教育参加企業への就職者数、C/A は就職者に占めるキャリア教育参加企業への就職率、C/B はキャリア教育参加企業への平均就職者数である。ここで B の合計値が3年間の参加企業数の合計と異なるのは重複を除いた参加企業数であるためである。同様の理由で C/B の値も合計値は3年間の合計とは異なる。2019年度分は最終的な数字ではないが、本校を卒業して就職する者の6割程度 (Table 2 の C/A の total) がキャリア教育参加企業に就職していることがわかる。業界や具体的企業の知識に乏しい学生にとって、キャリア教育は企業を知るために大きな効果があると言える。一方で、キャリア教育参加企業という集まりは、学生の就職先希望をひとつおりの満たした企業群であるため、それ以上の企業研究意欲を阻害している懸念もある。

### 3. 4 キャリア教育に参加する企業への影響

前項までは学生側から見たキャリア教育の効果であるが、企業側から見ると、キャリア教育参加企業への平均就職者数 (Table 2 の C/B) が3年間で0.6名であるので、キャリア教育に参加することにより5年間で1名の就職が期待できるということになる。

さらに、3年間のキャリア教育への参加の回数と就職者についてのより詳細な関係を Table 3 に示す。A は受入説明会への出席回数と就職者数の関係、B は校内企業研究会への出席回数と就職者数の関係であり、A+B は両方の会への通算出席回数と就職者数の関係である。また C は出席回数、D は各出席回数に該当する企業数、E はその企業への就職者総数、E/D は各出席回数の企業への平均就職者数である。A+B は重複を除いた数であり、単純な A と B の合計にはならない。

同一企業への就職者数の3年間の累計の最大値は4名で1企業、次に多いのが3名で2企業である。この企業3社のうちの2社が、A+B が6回の企業に含まれ

る。また Table 3 の E/D に示すとおり、平均就職者数は A+B が 6 回の企業が突出して多い。参加回数が多くても、同一の学生と顔を合わせることができるのは両方の会で 1 回ずつの最大 2 回であり、特定の学生にアピールする機会が極端に増えるわけではない。もともと人気の高い企業がキャリア教育への協力も熱心であったとも考えられるが、就職者数が多い理由は不明である。

また説明時間の短い受入説明会の方が校内企業研究会より学生に大きな影響を与えている傾向も見られる。これは受入説明会が学生にとって企業との最初の接触であり、その印象が後の行動にまで影響を与えているということであろう。さらに、自分でインターンシップ希望先企業を選定することが、就職希望先選定の先行経験となったとも考えられる。いずれにせよ、キャリア教育での企業との接触経験は学生のその後の就職活動に大きな効果や影響を及ぼしており、企業の採用活動結果への影響も大きい。

### 3. 5 その他の効果

インターンシップ終了後に実習先企業から参加学生についての評価書を頂戴している。個々の学生に対し直接公開はしないが、貴重なアドバイスとして教員から学生に伝えることで、その後の就職活動での注意や自信につながっている。また次年度にインターンシップを行う学生達に企業からの視点としてまとめて伝達し、学生の質の向上に結び付けている。

## 4. む す び

本校のキャリア教育は学生の就職に強い影響を与えていることがわかった。

- (1) インターンシップ実施企業への就職率は 27% であり全国の平均と同程度である。
- (2) インターンシップおよびそれに付随する受入説明会と校内企業研究会に協力いただいている企業への就職率は約 6 割である。これらは学生の就職先選択に非常に強い影響力を持っている。
- (3) 企業にとって本校のキャリア教育への参加は採用に大きな影響がある。

以上のような事柄を踏まえて、今後も学生および企業の両者にメリットのあるキャリア教育を工夫していきたいと考えている。また、本稿では取り上げなかった個別の学生への就職指導にも生かしていきたい。

最後に、インターンシップの受け入れと受入説明会および校内企業研究会にご協力いただいている南信工科短大振興会および会員企業に心から感謝したい。

## 参 考 文 献

- 1) 荒川 進：就職活動支援のためのアンケート調査の活用；長野県南信工科短大学校紀要, 2, 29-33 (2018).
- 2) 就職みらい研究所：就職白書 2018—インターンシップ編—；リクルートキャリア (2018).  
[https://www.recruitcareer.co.jp/news/20180215\\_02.pdf](https://www.recruitcareer.co.jp/news/20180215_02.pdf)
- 3) 前田正子，“無子高齢化”，岩波書店, 120 (2018).

【事例紹介】

## 本校における太陽光発電の検証

事務局 太田晃生

### 1. はじめに

本校第1実習棟屋根に設置されている太陽光発電設備の発電状況について、2016年4月1日から2019年3月31日までの3年間に自動計測された日射量、太陽光パネルの発電量、気温をもとに検証をおこなった。

### 2. 検証の内容

本校の太陽光発電に関する諸条件を表1に示す。太陽光パネルの発電量は日射量に比例するが、気温については、多結晶シリコンを使用した太陽光パネルモジュールの変換効率に影響を与えるものの、発電量に与える影響は小さいとされている。なお、検証にあたっては、Excelを用いてデータから散布図を作成し、相関係数、回帰直線を求めた。

#### 2.1 日射量と太陽光パネルの発電量の関係

日射量と太陽光パネルの発電量の相関関係を、回帰直線により検証した結果を図1に示す。回帰直線の相関係数（R<sup>2</sup>乗値）は0.9728で、相関関係が認められる。また両者の関係について、気温10℃未満、10℃から20℃未満、20℃以上の3パターンにデータを区分し、それぞれに対して検証を行った結果を図2に示す。日射量と太陽光パネルの発電量の傾き係数を比較すると、温度区分が上昇するほど係数が小さく、3.9%の違いがみられた。

表1 太陽光発電に関する諸条件

本校標高	780 m
設置建物の高さ	8 m
設備設置状況	屋根置き
太陽光パネル	京セラ KS1924P-3CR3
枚数	105 枚
変換効率	14.21%（仕様書値）
傾斜角度	16.7 度
測定日数	2016.4.1～2019.3.31 うち欠測（2018.8.5～8.6）を除く 1093 日
10℃未満日数	478 日
10～20℃未満日数	327 日
20℃以上日数	288 日

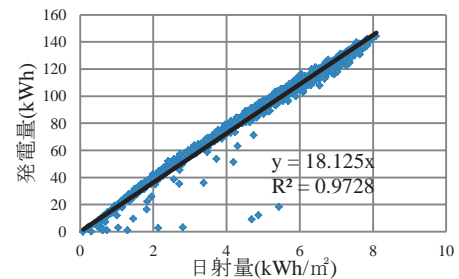


図1 日射量と発電量の相関関係

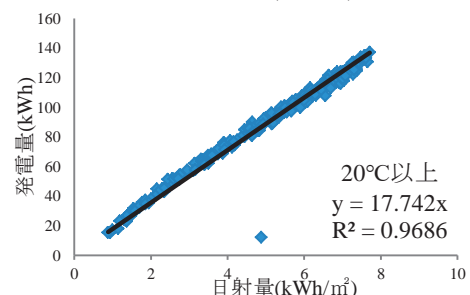
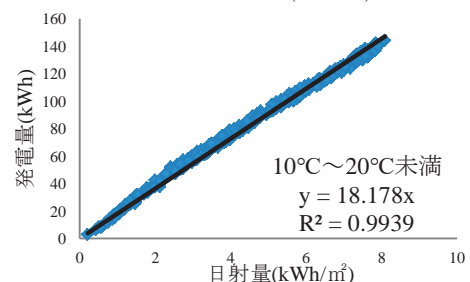
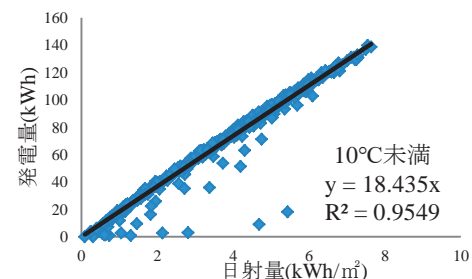


図2 日射量と発電量の相関関係（温度区分別）

#### 2.2 季節ごとの日射量と太陽光パネルの発電量との関係

3か年の各月の日射量と発電量を平均し、1か月を30日になるよう補正してグラフ化した関係を図3に示す。日照時間に相関して12月から4月に日射量、発電量とも増加し、8月から12月にかけては日射量、発電量ともに減少している。

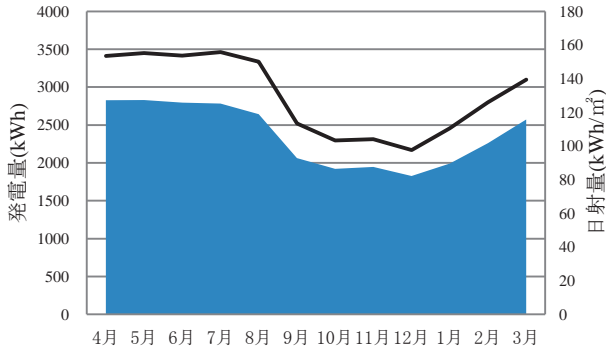


図3 各月の日射量と発電量

春分、夏至、秋分、冬至それぞれの日における日射量と発電量との関係について検証を行った。日の出日の入り時刻は国立天文台暦計算室が公表する長野県の時刻を参考に、日照時間と日射量の関係を比べた。

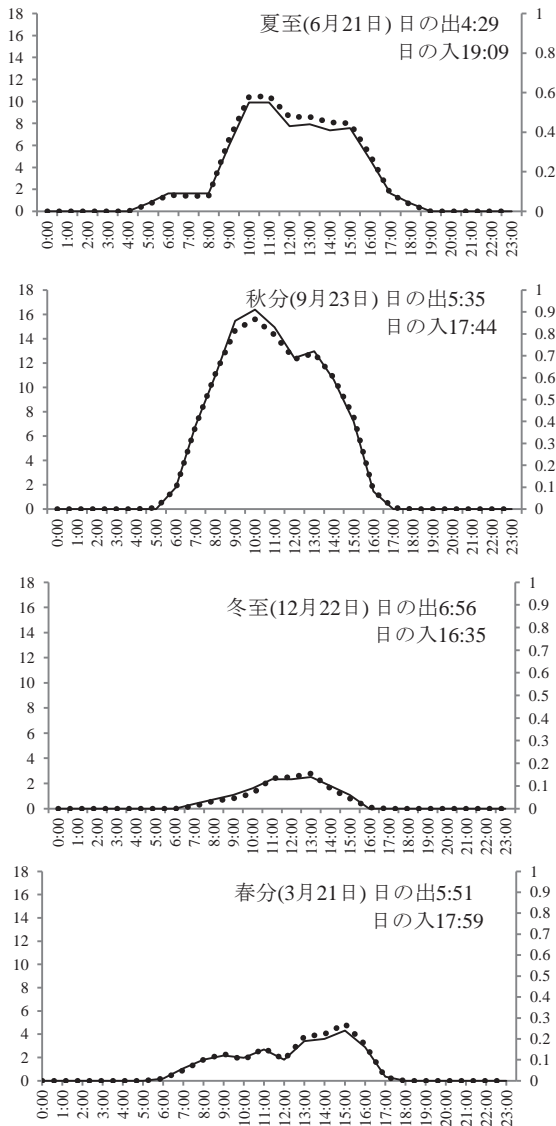


図4 二至二分の日射量と発電量 (2018年度)

左軸 (点線) 発電量 kWh/m<sup>2</sup>  
 右軸 (実線) 日射量 kW

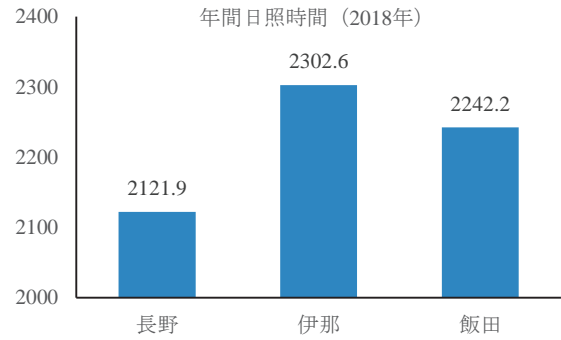


図5 長野県内3市の年間日照時間

### 2.3 本校の太陽光発電の適地性

本校の太陽光発電の適地性について検証する。2018年の長野気象台の観測によれば、伊那市は県内でも年間日照時間が長い地域である(図5)。

長野県では再生可能エネルギーの普及促進を図るため、一定の前提条件を置いたシミュレーションにより太陽光発電の適地を示す信州屋根ソーラーポテンシャルマップを令和元年6月に公表した。それによると、第1実習棟屋根(図6参照)は適地とし、年間日射量(推定値)は1,385kWh/(m<sup>2</sup>・年)、設置可能な設備容量は30.0kW、発電量は37,810kWh/年とされている。

一方、本校の計測による平均年間日射量は1,580.9kWh/(m<sup>2</sup>・年)、発電量は28,802.4kWh/年である。設置設備容量20.2kWを設置可能設備容量の30.0kWに換算すると、発電量は42,775.8kWh/年となりシミュレーション値を大きく上回る。これらの結果から、本校は極めて太陽光発電に適した場所に立地しているといえる。

### 3. むすび

今後、固定価格買取制度の買取期間満了を迎える一般住宅が増えるなか、変換効率の高いモジュールが安価に普及することが望まれる。



図6 本校の見取り図

## 【事例紹介】

# 鉋くず厚さ測定装置の製作 — 削ろう会全国大会での使用について —

機械・生産技術科 中島一雄

## 1. まえがき

南信工科短期大学の機械・生産技術科のカリキュラムには、2年次に地域からテーマを提案していただき、実習を行う「地域との共同実習」がある。平成30年度のこの実習で、学生の2つのチームが「鉋（かな）くず厚さ測定装置」を設計開発と製作をした。この「鉋くず厚さ測定装置」は、木工や建築の職人達の集まりである「削ろう会」より相談を受けて製作を行ったものである。この製作品が、「第35回 全国削ろう会 信州伊那大会」で使用され、次年度以降の全国大会でも使用されることになった。これらについて報告する。

## 2. 鉋くずの薄削り競技について

削ろう会の競技会の中で、いかに鉋くずを薄く削るかを競い合う「薄削り競技」の種目がある。その内容は、鉋で幅50mm程度の木材から鉋くずを削り、その厚さを測定して競い合うものである。熟練技能者による競技上位入賞者は、厚さ4~10 $\mu\text{m}$ の鉋くずを削ることができる。それまで、この厚さの測定方法は、シックネスダイヤルゲージという測定器を用い、測定者が1か所ずつ計3か所の鉋くずの厚さを別々に測定していた。測定者の熟練度や測定個所のバラツキが原因で、測定精度が悪く、競技の公平性が保てないという問題があった。

## 3. 製作のきっかけと試作品

最初にこの鉋くずの厚さ測定に関する相談があったのは、「全国削ろう会 信州伊那大会」に先駆けて実施された削ろう会プレ大会の打合せの場であった。それは前述の鉋くず厚さ測定の問題を解決できないかという内容であった。

詳細内容の確認の後に「鉋くず厚さ測定装置」の最初の試作を行った（図1）。

主要部品を3Dプリンタで製作し、完成品を平成30年9月に、当校を会場にして実施された削ろう会



図1 鉋くず厚さ測定装置の試作品

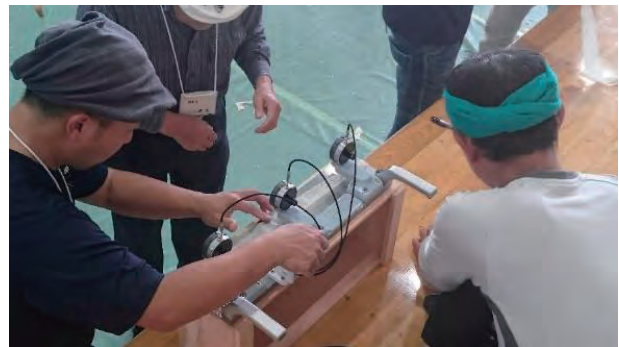


図2 プレ大会にて試作品を使用する様子

プレ大会にて競技者の方々に使用していただいた（図2）。この試作品の使用を通していただいた課題は、以下のとおりである。

- 1) 測定部に鉋くずを入れる際に引っ掛かり、鉋くずが重なったり破れたりする。
- 2) 装置自体の軽量化が必要。
- 3) 誰が測定しても安定した精度で測れるようにしたい。測定者のバラツキを無くしたい。
- 4) 大会によって多少の測定箇所の変更などがあるので、柔軟に対応できるように設計してほしい。
- 5) 1 $\mu\text{m}$  (0.001 mm) の測定精度が必要。試作品の3Dプリンタで製作した部品の剛性が低く、測定圧により部品自体が変形してしまうため、十分な精度が出ていない。

## 4. 学生の設計課題としての展開

この「鉋くず厚さ測定装置」の設計製作は、学生

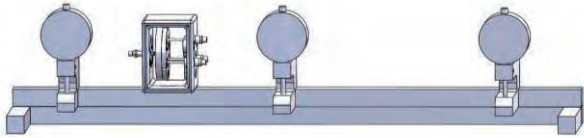


図3 学生が設計した3次元CADモデル

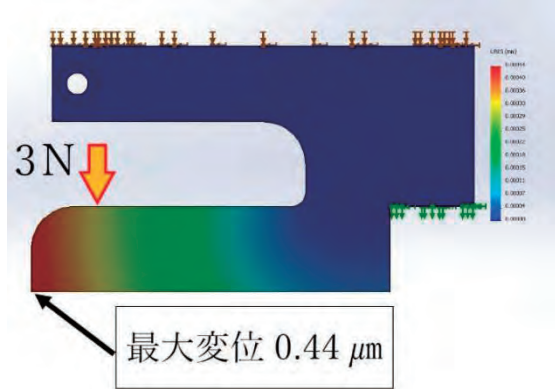


図4 CAEによる解析結果

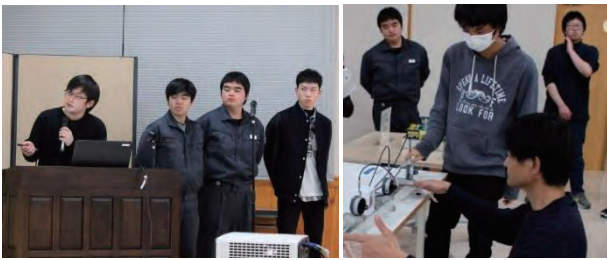


図5 成果発表会の様子

が取り組むのに良いテーマになると考えた。プレ大会の際にいただいた意見を元に、学生が異なる設計の2台の製作を行った。特に設計上考慮したのが、誰が測定しても正確に精度の高い測定ができ、結果のバラツキを無くすことであった。

ダイヤルゲージの測定部には約0.1kgf(約1N)の荷重がかかっており、学生達はその3倍の荷重(3N)をかけても1μm以下の変形に留める設計を行った。3次元CADで設計し(図3)、測定精度に影響のある部品のCADモデルに対し、コンピュータによる強度解析(CAE解析)を行った(図4)。解析の結果、3Nの荷重がかかった場合でも変位量は0.44μmとなり、実際の荷重範囲1N程度であれば問題なく使用できることを確認した。また、測定子が鉋くずに接触する直前の位置で、速度を落とし、ゆっくり下がるようにダンパーを組み込む設計をした。これにより、繊細な鉋くずを、誰が測定しても同じ圧力で測定できるようになった。

平成30年12月に実習の成果発表会を行った。その

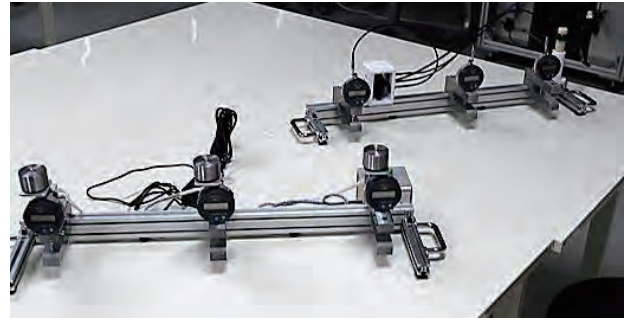


図6 鉋くず厚さ測定装置  
(最終的な成果品2台)



図7 鉋くず厚さ測定装置の最終確認の様子

様子を図5に示す。

この発表会の後、さらに製作品の改良を行い、1台は測定部上昇機構の電動化という大幅な設計変更をすることになった。成果発表会から2か月の間、改良を続け、卒業を控えた平成31年2月末に最終的な成果品2台(図6)を引き渡すことができた。その時の様子を図7に示す。この2台は、電動操作と手動操作の異なる設計で、1μm単位で鉋くずの厚さを3箇所同時測定ができる。

## 5. 全国削ろう会信州伊那大会での使用

令和元年5月11日土曜日と12日日曜日に実施された「第35回 全国削ろう会 信州伊那大会」(図8, 図9)で、学生が設計製作をした「鉋くず厚さ測定装置」が使用された。

主催者発表の来場者数は2日間で10,000人であった。様々な競技の中で参加者が最も多い「薄削り競技」の予選で「鉋くず厚さ測定装置」が活躍した。実際に大会会場で職人の方々が「鉋くず厚さ測定装置」を使用している様子を図10に示す。

大会前には、400名を超える競技参加者の連続測定ができるか不安があった。また、競技者も「鉋くず厚



図8 全国削ろう会信州伊那大会（会場入り口）



図9 全国削ろう会信州伊那大会（競技会場内）



図10 鉋くずの厚さを計測する職人の様子

さ測定装置」に戸惑うであろうと考えていた。しかし、当日は競技者の測定も滞りなく進めることができた。さらに、実際に使用した方々からも測定のしやすさや安定した測定精度などを高く評価された。設計製作に携わった卒業生も来場し、製作品が評価されていることを大変喜んでいた。

## 6. 次年度以降の削ろう会全国大会での使用決定

全国削ろう会信州伊那大会での使用を経て、削ろう会では、次回の京都亀岡大会においても、引き続きこの「鉋くず厚さ測定装置」を使用したいと伺った。その後、正式に次大会での使用が決定したということで、大変ありがたく、学生達も頑張った甲斐があったと思われる。

## 7. むすび

削ろう会の全国大会を通して、工学を学ぶ学生と職人の良いコラボレーションができた。携わった学生や教員にとっても、とてもやりがいのある活きた教材であった。使用した方々の評判も良かったとのことで、教員として胸をなでおろした。学生にとって、削ろう会のような外部の方から依頼された案件に応えるため、種々の課題をクリアしていきながら、一つの製品を作るプロセスを授業の中で経験できた。これは彼らにとって貴重な経験であったと考える。今後の技術者としての人生の上で、大きな財産になると思われる。

## 謝 辞

このような機会を与えていただきました削ろう会様、同会長様、南信工科短大振興会様、その他 関係者の方々に心より御礼申し上げます。

## 【事例紹介】

# 機械学習ライブラリを用いたサポートベクトルマシンの一事例

電気・制御技術科 武久泰夫

## 1. はじめに

人工知能の代名詞となったディープラーニング (Deep Learning) は深層学習と訳され、日英ほぼ両単語とも市民権を得ているが、サポートベクトルマシン (Support Vector Machine) の日本語訳を見たことはない。ベクトルに相当する日本語が存在しないためと想像するが、仮に「支持ベクトル機械」などと訳されていたら、ここまで技術者の興味を引いたかどうか。やはり名前は重要である。

筆者がサポートベクトルマシンという名称を目にしたのは、十数年前の画像処理のシンポジウムと記憶している。いつかは勉強してみたいと憧憬しながらもその機会を逸していたが、今や人工知能が人知を超えるかもしれないと言われる時代。当校においても関連の技術を学んでおく必要性を感じ、この機会に機械学習について調べることにした。本稿では、多分に私的な思い入れもあって選択した、サポートベクトルマシンの初歩的な一事例を紹介する。

## 2. 機械学習ライブラリ scikit-learn

筆者は過去に C 言語を用いて画像処理に関する技術開発を行った経験があり、サポートベクトルマシンを実装するに当たっても、慣れ親しんだ C 言語でプログラム開発を行うつもりであった。しかし、インターネット上に公開されている記事には、圧倒的に Python 言語の機械学習ライブラリ scikit-learn を利用している例が多く、その紹介サイト内の事例の豊富さと分かりやすさにも惹かれ、Python と scikit-learn の組み合わせを採用した。

早速、scikit-learn の事例紹介サイト<sup>1)</sup>に移動し、サポートベクトルマシンの体験プログラムをコピー&ペースト、実行してみると、当たり前だが事例と同じ結果が得られる。こんなに短いコードで実現できるのか、ある種の感動と同時に拍子抜けした。わずか数十行のプログラムで実現できる処理であれば、理解するのもそれほど難しいことではあるまい。高を括りつつプログラムをなぞってみて、それが無意味なことに気が付

くのに時間はかからなかった。短いプログラムでサポートベクトルマシンを実現しているそのからくりは、各種の機能がモジュール化された scikit-learn の関数を呼び出しているからであり、個々の処理過程はブラックボックス化されてサンプルプログラム上に表れないために短くなっているに過ぎない。何度読み返してみたところでサポートベクトルマシンそのものの理解には至らず、いよいよ系統立てて勉強する必要性を痛感した。

インターネット上の解説記事は「こんな感じの処理を行うものです」といった紹介が多く、短時間で概要を知るには適しているが、数学的な背景にまで踏み込んで理解するには、時間はかかっても専門書を通読することが結局は近道と気づき、講談社から出版されている書籍「サポートベクトルマシン」<sup>2)</sup>を購入した。前半の基本部分を二度読み返してから再度プログラムに向き合うこと数回、回を追うごとにパラメータの意味、データセットの構成、結果の解釈の仕方等に関する理解が進んできた。一方、初めて使用する Python と C 言語との違いには、いまだに戸惑っている。

その専門書を読み進めるのに、事前の知識を必要としないかと問われれば「少なくとも微分、行列、確率の知識は必要です」と答えたい。また、最終的には最適化問題に帰着するため、最適化に関する経験を有していると大変心強い。筆者の場合、画像処理の技術開発を行ったときに非線形最適化を C 言語で実装した経験が役立った。ここで断っておくと、サポートベクトルマシンの雰囲気を感じるだけであれば専門書を読み込む必要はなく、scikit-learn の豊富な事例に触れるだけで充分であろう。

## 3. サポートベクトルマシンによる分類

筆者が試したのは、先の事例紹介サイト中の「Plot different SVM classifiers in the iris dataset」という例である。対象とするデータ群は、アヤメの花の4つの特徴量(ガクの長さ/幅、花弁の長さ/幅)を1セットとして、異なる3種類のアヤメのデータ150セットから構成されている。本実験では、4つの特徴量から2つ



図1 3種類のアヤメと4つの特徴量

表1 アヤメデータセットの一部

No.	ガク		花弁		種類
	長さ	幅	長さ	幅	
0	5.1	3.5	1.4	0.2	Setosa
1	4.9	3.0	1.4	0.2	
2	4.7	3.2	1.3	0.2	
...					
49	5.0	3.3	1.4	0.2	
50	7.0	3.2	4.7	1.4	Versicolor
51	6.4	3.2	4.5	1.5	
52	6.9	3.1	4.9	1.5	
...					
99	5.7	2.8	4.1	1.3	
100	6.3	3.3	6.0	2.5	Virginica
101	5.8	2.7	5.1	1.9	
102	7.1	3.0	5.9	2.1	
...					
149	5.9	3.0	5.1	1.8	

を用いて、150個のアヤメデータを3種類に分類する。このとき、サポートベクトルマシンはどのように分類し、正答率はどの程度になるかを求める。図1に3種類のアヤメの写真と4つの特徴量<sup>3)</sup>、表1にデータセットの一部を示す。使用するカーネルとしては、正則化係数  $C$  の異なる線形関数2種類、3次多項式関数、Radial Basis 関数の4つを用意した。これらのデータセットに対し、「ガクの長さ」と「ガクの幅」を特徴量として分類した結果を図2に示す。青い点群が Setosa, 赤い点群が Virginica, グレーの点群が Versicolor のプロットである。これらのデータを学習した4種類のサポートベクトルマシンは、背景色のように領域を分割した。Setosa は、他の二種類に比較して「ガク長：短, ガク幅：広」の特徴があるため精度よく分類されているが、ガクの特徴が似通っている Versicolor と Virginica は分布が混在し、分類精度が低下している様子がわかる。表2に、正答率をカーネル関数ごとに示す。

続いて、学習に用いる2つの特徴量の組み合わせを「ガクの長さ」と「花弁の幅」に変えて実験を行った結果を図3に、正答率を表3に示す。特徴量を「ガクの長

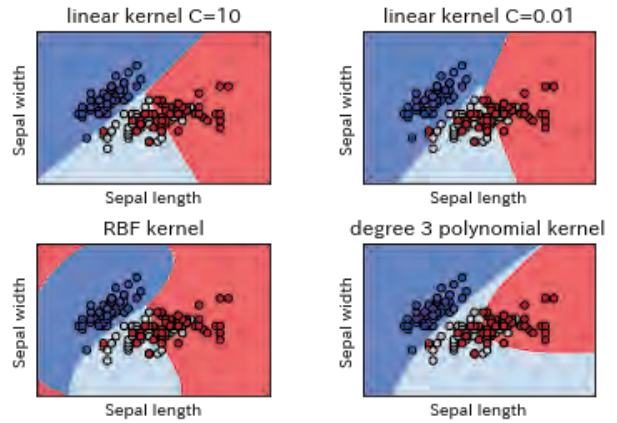


図2 ガクの長さ」と「幅」を特徴量とした分類

表2 カーネル関数と正答率

カーネル関数	正答率
線形 $C=10$	0.820
線形 $C=0.01$	0.760
3次多項式	0.827
Radial Basis	0.813

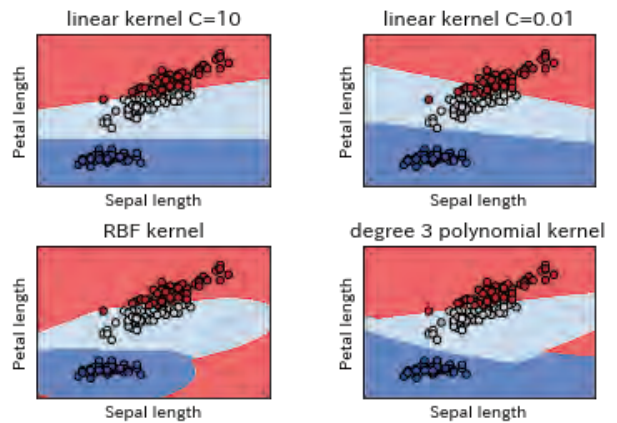


図3 ガクの長さ」と「花弁の幅」を特徴量とした分類

表3 カーネル関数と正答率

カーネル関数	正答率
線形 $C=10$	0.967
線形 $C=0.01$	0.893
3次多項式	0.960
Radial Basis	0.967

さと花弁の幅」に変えたことにより分布がまとまり、分類精度が向上している様子がわかる。ここで、同じ線形関数でありながら正則化係数  $C$  が異なるカーネル関数の結果を見ると、 $C$  が大きい場合の正答率が高くなる傾向がある。一般に、 $C$  を大きくすると正答率は向上するが、限定された個数のデータのもとでは過学習という現象に陥って汎用性を失うらしく、それを回避するパラメータ調整の方法が専門書に解説されている。残念ながら、現時点で筆者の理解はそこまで進ん

でない。なお、4つの特徴量すべてを用いた分類も可能だが、2次元にしないと図示が困難なため、今回は2つのみを使用した。

#### 4. 最後に

本校が位置する長野県上伊那地域に限らず、製造業における課題の一つは、最終工程における製品検査である。不良品の出荷を未然に防ぐ重要な役割を担いながら、生産性の向上に寄与するプロセスではないため、「自動化や無人化したい対象」トップランクに挙げられる。画像検査装置の発達により省人化は進んでいるものの、未だ目視検査で最終確認を行っている企業が多い。中には学習機能が付加されたものもあり、効果を実証されているようだが、中小企業においては、コスト、IT技術者の不在、サンプルデータの蓄積不足などが足かせとなり、現時点で導入が難しいのが現実である。地域産業への貢献を期待されている本校では、このような中小企業の課題に対応できる技術の蓄積を

目指している。

本稿の例は単純な数値データを対象としており、上記のような画像検査への応用とは隔たりが大きいものの、機械学習ライブラリ `scikit-learn` の有効性を確認することができた。これからの研究課題は、いわゆる前処理といわれる「画像の特徴量の抽出」と想定される。仮にサポートベクトルマシン以外の機械学習を用いたとしても、前処理は共通プロセスなので、当校のような地域密着型の大学校では、機械学習そのものの性能向上よりも、企業ごとに異なる検査画像の前処理のような研究にフォーカスを当てていきたい。

#### 参 考 文 献

- 1) [https://scikit-learn.org/stable/auto\\_examples/index.html](https://scikit-learn.org/stable/auto_examples/index.html)
- 2) 竹内一郎, 鳥山昌幸, “サポートベクトルマシン”, 講談社 (2019).
- 3) <http://suruchifialoke.com/2016-10-13-machine-learning-tutorial-iris-classification/>

## 研究・教育・社会活動の概要

(2018.4.1～2019.3.31)

### A. 研究活動

#### 1. 総説・解説・展望等

手嶋勝弥, 鈴木清香, 大石修治, 是津信行  
フラックス法×大型結晶粒子が導く材料フロンティア  
セラミックス, 53, 12, 865-868, 2018.

Shuji Oishi, Liana Joseph, Sayaka Suzuki, Katsuya Teshima  
Growth of oxide single crystals by flux method  
Journal of the Nagano Prefecture Nanshin Institute of Technology, 2, 2-7, 2018.

手嶋勝弥, 林 文隆, 山田哲也, 鈴木清香, 簾 智仁, 大石修治, 是津信行  
信大クリスタル×NaTiO<sub>2</sub> ～水をキレイにする化学～  
長野県産業環境保全協会 会報サン, 47, 7-14, 2019.

大石修治  
フラックス法での結晶づくり  
セラミックス, 54, 2, 65, 2019.

#### 2. 研究論文

Tetsuya Yamada, Yukinori Murata, Sayaka Suzuki, Hajime Wagata, Shuji Oishi, Katsuya Teshima  
Template-assisted size control of polycrystalline BaNbO<sub>2</sub>N particles and effects of their characteristics on photocatalytic water oxidation performances  
The Journal of Physical Chemistry, Part C, 122, 15, 8037-8044, 2018.

Sayaka Suzuki, Minoru Yanai, Tetsuya Yamada, Hajime Wagata, Yutaka Sasaki, Shuji Oishi, Kazunari Domen, Katsuya Teshima  
Ta<sub>3</sub>N<sub>5</sub> photoanodes fabricated by providing NaCl-Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> evaporants to tantalum substrate surface under NH<sub>3</sub> atmosphere  
Applied Energy Materials, 1, 11, 6129-6135, 2018.

田中秀登, 田中篤矢  
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  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 8-11, 2018.

木下幸男  
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—  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 12-15, 2018.

横道正和, 中島一雄, 湯本和彦, 大工原裕之  
平成 29 年度総合課題の取り組み  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 16-20, 2018.

千葉隆史

総合課題「草むしりロボット」の紹介  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 21-23, 2018.

宮下利仁

総合課題「電動アシスト車いす」の紹介  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 24-25, 2018.

三沢雅芳, 柳沢裕二

総合課題「M-POV」の製作  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 26-28, 2018.

荒川 進

就職支援活動のためのアンケート調査の活用  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 29-33, 2018.

大工原裕之

無線 LAN によるリモコンカーの製作  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 34-37, 2018.

宮下利仁

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  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 38-42, 2018.

中島一雄

3Dプリント活用技術「デジタルモールド」の教育と研究  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 43-45, 2018.

中島一雄

「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  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 46-48, 2018.

矢崎美彦

2018 Ene-1GP SUZUKA KV-BIKE チャレンジへの参加  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 49-51, 2018.

鮎沢俊輔

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  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 52, 2018.

大工原裕之

ライトレースカーを題材にしたプログラミング学習  
長野県南信工科短期大学校紀要, 2, 53-56, 2018.

### 3. 特許・発明

宮下利仁, 鈴木正司, 堀内 学, 武捨雅樹  
ステータ, ステータの製造方法, およびモータ  
特許第 6424078 号  
特許査定日, 2018.9.25

### 4. 講演

大石修治  
長野県南信工科短期大学の就職状況  
第 10 回上伊那市町村長と経営者の懇談会, 2018.10.4

鈴木清香, 齋藤 遼, 大石修治, 手嶋勝弥  
フラックスおよび溶質の  $\text{NaTiO}_3$  結晶サイズおよび結晶相への影響  
第 13 回日本フラックス成長研究発表会, 2018.12.13

大石修治, 鮎沢俊輔, 鈴木清香, 手嶋勝弥, 伊藤憲明  
「人材ふれあいフェア」でのルビーコーティング実験  
公益社団法人日本セラミックス協会 2019 年年会, 2019.3.24

横道正和  
長野県南信工科短期大学の特徴的取り組みとその事例  
第 1 回 INA Valley 産業支援ネットワーク情報交換会, 2018.7.4

中島一雄  
3Dプリンタ (AM) を活用した射出成形用樹脂型に関する研究  
日本機械学会北陸信越支部第 56 期総会・講演会, 2019.3.2

荒川 進  
「溶射」修理技術から表面改質技術へ  
長野県中小企業家同友会研修会, 2019.3.5

赤岡三志郎, 藤岡和史, 源馬正也, 坂本 智, 山口 貢, 近藤康雄, 山口顕司, 荒川 進  
溶射被膜の精密溝加工  
精密工学会秋季学術講演会, 2018.9

赤岡三志郎, 坂本 智, 山口 貢, 荒川 進  
溶射被膜の微細加工に関する基礎的研究  
日本産業技術教育学会第 30 回関東支部大会, 2018.12

三沢雅芳, 長瀬俊也  
「ものづくりをとおして伊那谷再発見 ～イルミネーションフェスティバルに出展～」  
第 11 回伊那谷再発見, 2019.1.19

## B. 教育活動

### 1. 授業担当

- |       |  |
|-------|--|
| 大石修治  | 社会学<br>勝岡求仁先生，鷹野 準先生，向山孝一先生，原 敬明先生，藤田智之先生，堀 政則先生および中山裕一郎先生に講義いただいた。  |
| 武久泰夫  | 電磁気学，制御工学概論，安全衛生工学<br>制御工学概論では，Excel VBA による PID シミュレーションをとおして，制御の実際とプログラミングも体験できる内容とした。   |
| 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，情報処理実習<br>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。   |
| 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<br>機械加工実習と設計製図実習において，「地域との共同実習」を実施，削ろう会「鉋くず厚さ測定装置」を製作した。                  |
| 矢崎美彦  | 測定工学，機械工学基礎実験 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   |
| 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<br>実習や卒業研究において，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。  |
| 荒川 進  | 機械制御 I，機械制御 II，ゼミナール，総合課題，基礎製図，機械材料，油圧・空圧制御，機械工学<br>基礎製図では，技術者の素養となる製図の基本知識を身につけるとともにルールに沿った図面の描き方を理解するよう心掛けた。機械制御では，電気系学生にとっては異分野となる金属材料や機械工学について興味をもって学習に取り組めるように心掛けた。 |
| 大工原裕之 | 電気回路，安全衛生工学，ゼミナール，総合課題<br>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  |

単に手順をたどるのではなく、自ら構想できる内容をテーマとして提示した。

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 自動制御Ⅱでは，制御システム全体をブロック線図で表現し，適切にPIDゲインを設定できることを目標に授業を実施した。
三沢雅芳	電子デバイス工学，ゼミナール，総合課題 電子デバイスに係る地域企業をできるだけ具体的に示し，その技術力の高さを説明した。
浅沼和志	生産工学，流体工学，電磁気学，電気工学概論
有賀武彦	機械工作実習，機械加工実習Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ，測定工学
魚谷 渉	安全衛生作業法（アーク溶接），機械加工実習（アーク溶接）
大林徹也	FAシステム構築実習Ⅰ・Ⅱ，制御工学実習Ⅱ・Ⅲ
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・Ⅱ
小平剛志	総合課題（3D-CAD）
五味久幸	材料力学，製図，機械制御Ⅰ（製図）
坂井盛男	基礎数学，解析学概論Ⅰ・Ⅱ
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
土橋美博	基礎製図，機械設計製図Ⅰ・Ⅱ，設計製図実習Ⅰ
西澤信雄	環境・エネルギー有効利用技術Ⅰ
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，電気工学概論，電気工学基礎実験，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），測定及びけがき実習
藤崎淳子	設計製図実習Ⅱ

松崎 旻 体育 I・II

御子柴孝 計測制御工学 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, 宮坂一彦, 藤森直樹  
知的所有権

## 2. 卒業論文

池上慶駿 軟弱物を把持できるロボットハンドの研究 横道正和 (機械・生産技術科)

小澤優斗 オートクレーブ法による CFRP 成型の最適条件の検討 矢崎美彦 (機械・生産技術科)

神谷優人 種結晶方位がリン酸二水素アンモニウム結晶成長に与える影響 鮎沢俊輔 (機械・生産技術科)

唐澤智也 薄板加工用エンドミルの作製 湯本一彦 (機械・生産技術科)  
ーダウンカット時の仕上がりの改善についてー

久保田秋津 3D プリンタ (AM) で造形した樹脂型初期温度の成形への影響 中島一雄 (機械・生産技術科)

熊谷航汰 マイクロ水力発電の研究 湯本一彦 (機械・生産技術科)  
ー発電用水車のゴミ対策の検討ー

清水康太 冷却速度がリン酸二水素アンモニウムの結晶成長に与える影響 鮎沢俊輔 (機械・生産技術科)

城取 諒 オートクレーブ法によるプリプレグと布のハイブリッド成型 矢崎美彦 (機械・生産技術科)

土田航大 金属型内と 3D プリンタ (AM) で造形した射出成形用樹脂型内の樹脂流動の比較 中島一雄 (機械・生産技術科)

登内誠也 不純物添加によるリン酸二水素アンモニウム結晶の不均質領域の可視化 鮎沢俊輔 (機械・生産技術科)

中村大晟 3D プリンタ (AM) による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)  
ー圧縮試験と曲げ試験ー

中山朋也 ホバリング可能なオーニソプターの研究 横道正和 (機械・生産技術科)

羽生大河	温度条件がリン酸二水素アンモニウム結晶成長に与える影響	鮎沢俊輔（機械・生産技術科）
林 快政	3D プリンタ(AM)による造形物の特性の改善と評価	中島一雄（機械・生産技術科）
増田大輝	多関節索状構造ロボットに関する研究	横道正和（機械・生産技術科）
松村崇生	薄板加工用エンドミルの作製 －刃先形状による加工性の改善について－	湯本一彦（機械・生産技術科）
宮下滉平	3D プリンタ(AM)による造形物の特性の評価 －荷重たわみ温度試験と引張応力試験－	中島一雄（機械・生産技術科）
村上タカユキ	不整地を移動する多足歩行ロボットの研究	横道正和（機械・生産技術科）
山本ジュニア	マレットゴルフ用スティックの開発 －打撃音の評価－	矢崎美彦（機械・生産技術科）
湯澤優之介	マレットゴルフスティック用試験機の開発	鮎沢俊輔（機械・生産技術科）
横山 翔	マレットゴルフ用スティックの開発 －パラメータ設計による飛距離・直進性の改善－	矢崎美彦（機械・生産技術科）
細田総央	マイクロ水力発電の研究 －縦軸水車型発電機について－	湯本一彦（機械・生産技術科）
伊藤椋馬	移動体に搭載可能な無線通信によるリアルタイム立体視システムの開発	千葉隆史（電気・制御技術科）
今井隆元	IoT を用いたダイエットシステムの構築	荒川 進（電気・制御技術科）
唐木佑弥	自走ナビゲートロボットの開発	大工原裕之（電気・制御技術科）
北原 駿	自動小型傾斜面スキャナーの製作	三沢雅芳（電気・制御技術科）
木下知輝	カメラを使ったラインレースカーの研究	大工原裕之（電気・制御技術科）
松本勇輝	画像処理を用いた電動アシスト車いすのスロープ走行の検討	宮下利仁（電気・制御技術科）
竹内謙太	泥電池の製作と発電力の活用法についての検討	荒川 進（電気・制御技術科）
筒井太賀	自動草刈りロボットの研究	大工原裕之（電気・制御技術科）

長瀬俊也	マイクロ波利用の行動履歴・状態記録システムの作成	三沢雅芳（電気・制御技術科）
中村智哉	画像処理を用いた電動アシスト車いすの衝突防止機能の検討	宮下利仁（電気・制御技術科）
橋爪 凱	簡易分光分析の果実管理への応用	三沢雅芳（電気・制御技術科）
降幡光憲	超音波センサによる表面粗さ計の研究	荒川 進（電気・制御技術科）
御子柴優	深層学習を利用した資源プラスチック選別工程の省力化	千葉隆史（電気・制御技術科）

### 3. 課外活動

矢崎美彦

2018 Ene-1GP SUZUKA KV-BIKE チャレンジ

学生7人，教員1人が参加

鈴鹿サーキット，2018.8.5

矢崎美彦，中島一雄

2018 Ene-1GP MOTEGI KV-BIKE チャレンジ

学生5人，教員2人が参加

ツインリンクもてぎ，2018.11.24

鮎沢俊輔

信州大学先鋭材料研究所（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。

荒川 進

横浜国立大学坂本智教授グループと焼結金属材料の切削加工共同研究を行った。

### 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

信州大学経法学部

ゲスト講師 (テクノロジー概論)

2018.6 - 7

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

大石修治

駒ヶ根市「新製品・新技術開発支援事業補助金」

審査員

2018.5 - 2019.3

大石修治

一般財団法人信州大学工学部若里会

評議員

2018.5 - 現在

武久泰夫

長野県駒ヶ根工業高等学校評議員

2018.4 - 現在

武久泰夫

南箕輪村「新技術・新製品開発事業補助金」審査委員長

2018.4 - 現在

武久泰夫

箕輪町「新技術及び新製品開発事業補助金」審査委員長

2018.4 - 現在

武久泰夫

駒ヶ根市雇用対策協議会委員

2018.4 - 現在

武久泰夫

長野県産業人材育成支援ネットワーク会議委員

2018.4 - 現在

横道正和

箕輪町工業ビジョン検討委員会委員

2018.6.26 - 2019.3.31

中島一雄

長野県職業能力開発協会 技能検定（機械検査）検定委員

2019.2.1 - 3

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

卓越教授

2019.1 - 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 - 2019.3

## 2. 対外的活動

### 1) 国・県、地域等での活動

千葉隆史, 中島一雄, 横道正和

青少年のための科学の祭典 2018 ー伊那大会ー

「ビックリ！一瞬で水が凍った」(水の過冷却状態の実験)

2018.6.30 - 7.1, 信州大学農学部キャンパス (南箕輪村)

大工原裕之

2018 ライントレースロボットコンテスト in SAKU

2018.8.26, 佐久情報センター (佐久市)

研究室の学生2名とともに入門クラスに出場し, 優勝, 準優勝, 5位という成績を収めた。

千葉隆史

南箕輪村公民館連携講座

歯ブラシロボット作り

2018.9.8, 長野県南信工科短期大学校 (南箕輪村)

大工原裕之

研修講座「シーケンス制御の基礎と有接点リレーシーケンス」講師

2018.9.20, 長野県南信工科短期大学校 (南箕輪村)

長野県総合教育センターの教職員向け研修講座の一部として実施し, 工業高校教員7名が参加した。

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! (楽しい体験教室コーナー)

2018.9.22, 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。

横道正和

人材ふれあいフェア, ロボット操縦コーナー

2018.9.22, 長野県南信工科短期大学校 (南箕輪村)

人型ロボットの操縦体験コーナーの運営

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

2018.9.22, 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, 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, 持ち帰ってもらった。

中島一雄

人材ふれあいフェア, スターリングクーラー体験コーナー

2018.9.22, 長野県南信工科短期大学校 (南箕輪村)

手動で温度差を発生させるスターリングクーラーの設計製作を学生に指導し, 来場者に操作体験をしてもらった。

矢崎美彦

人材ふれあいフェア，小型レーザー加工

2018.9.22，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

小型レーザー加工機によりキーホルダーを作製した。加工の様子を見学してもらうと共に，キーホルダーを持ち帰ってもらった。

湯本一彦

人材ふれあいフェア，空中浮遊コマづくり体験

2018.9.22，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

磁石を利用した空中浮遊コマを作製した。作製したコマは持ち帰ってもらった。

鮎沢俊輔

人材ふれあいフェア，色つき結晶体験

2018.9.22，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

りん酸二水素アンモニウムを用いた色つき結晶の育成を実演し，持ち帰ってもらった。

荒川 進

人材ふれあいフェア，光るおもちゃ作り

2018.9.22，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

LEDを使った簡易テスターを題材に，電気が流れるもの流れないものを光で確認できるおもちゃを作製し，持ち帰ってもらった。

宮下利仁

人材ふれあいフェア，非接触給電駆動のプラレールを担当

2018.9.22，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

乾電池の替りに電磁誘導を利用した非接触給電システムをプラレールに適用し実演した。

三沢雅芳

人材ふれあいフェア，超伝導の実験教室 講師

2018.9.22，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

宮下利仁

総合課題特別講義企画

モータの種類と選定方法

山洋電気（株）堀内学

2018.10.3，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

三沢雅芳，柳沢裕二，長瀬俊也，田中侑稀，土田航大，神谷優人，登内誠也，細田聡央

信州大芝高原イルミネーションフェスティバル

2018.10.6 - 27，大芝高原（南箕輪村）

LED テープを，プログラムに従って各素子の色を変えて回転させることにより，映像が浮かび上がる装置（M-POV）を展示した。映像の一つとして地元のゆるキャラの「まっくん」を出したところ，子供などから「まっくん」だと反応があった。

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

2019.2.1, 駒ヶ根総合文化センター (駒ヶ根市)

「総合課題と自動小型傾斜面スキャナー ～南信工科短期大学校での私の実践～」と題した学生発表と展示説明を行った。

## 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

INA Valley 産業支援ネットワーク

## 3) 研究・教育相談

中島一雄

削ろう会「鉋くず厚さ測定装置」の製作

2018.6 - 2019.2

削ろう会より鉋くずの厚さを測定する方法について相談を受け、「鉋くず厚さ測定装置」の試作品の製作を行った。この試作品を基に、機械・生産技術科2年生の「地域との共同実習」の中で、この「鉋くず厚さ測定装置」の改良をカリキュラムとして取り入れた。

宮下利仁

ブラシレス DC モータの技術相談

2018.12.14

ヴィオニア日信ブレーキシステムジャパン株式会社より、車載用ブレーキシステムの液圧応答性向上のためのブラシレス DC モータの設計方針について。

## D. 研究助成

大石修治

人材ふれあいフェア

2018 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

大石修治 (研究代表者), 手嶋勝弥 (連携研究者), 鈴木清香 (連携研究者)

フラックススクリーニング法を活用したクリスタルマップの新提案

平成 30 年度～令和 2 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) に採択 (18K05272)

455 万円 (直接経費 350 万円+間接経費 105 万円)

(平成 30 年度 110 万円, 令和元年度 120 万円, 令和 2 年度 120 万円)

中島一雄

平成 30 年度公益財団法人 TAKEUCHI 育英奨学金助成金に採択  
250 万円

中島一雄

平成 30 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 30 年度南信工科短大振興会研究補助金に採択  
20 万円

## 編 集 後 記

本校が掲げる3つのミッションは、ものづくり人材の育成・研究開発の推進・地域産業への貢献です。紀要第3号に投稿された9本の原稿は、人材育成に焦点が当てられたもの3本、研究的色彩の強いもの4本、地域貢献に資するもの2本とバランスよく網羅され、全体として彩り豊かな内容となりました。また各原稿は、解説・論文・技術資料・技術紹介の4つのいずれかに分類されますが、どの種類の原稿であっても、配分こそ違え、上記3つの要素が盛り込まれているように感じられます。当校のように地域に密着した教育研究機関では、教育・研究・地域貢献はそれぞれ独立に行われるものではなく渾然一体となって成り立っている、そんなメッセージとしてもご覧いただければ幸いです。この傾向が益々高まり、来年の第4号が一層充実した内容になることをどうぞご期待ください。

紀要委員会 主任 武久泰夫

2019年度 紀要委員会  
委員長 大石 修 治  
委 員 太田 晃 生  
          荒川 進  
          松原 洋 一  
主 任 武久 泰 夫

長野県南信工科短期大学校紀要 第3号 2019

---

令和元年 12 月 24 日 印刷

令和元年 12 月 25 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 株式会社 宮 澤 印 刷

〒 399-4117 長野県駒ヶ根市赤穂 4295 番地

TEL 0265-82-2571

---