

---

長野県南信工科短期大学校

---

# 紀 要

---

第 4 号

---

2020



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4号 2020

---

## 目 次

### 巻頭言

紀要第4号の発刊	武久泰夫	1
----------	------	---

### 解説

フラックス法を見直すきっかけとなった実験 -BaTiO <sub>3</sub> バタフライ型双晶のKFフラックス育成-	大石修治, 鈴木清香, 鮎沢俊輔, 手嶋勝弥	2
--	------------------------	---

### 技術資料

DEPTHカメラを用いた牛の体型測定	松原洋一	7
農業分野向け簡易型分光光度計の製作	三沢雅芳	11
なじみ把持を行うロボットハンドの研究	横道正和	14

### 事例紹介

オンライン授業の実施例	柳沢裕二	17
霜柱の発生について	太田晃生	23
人工知能初心者が体験した手書き数字認識の事例	武久泰夫	25
ルビー結晶の人工育成に関する研究成果	鮎澤俊輔	29

研究・教育・社会活動の概要		31
---------------	--	----

編集後記		43
------	--	----

**JOURNAL OF  
THE NAGANO PREFECTURE NANSHIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

---

No.4 2020

---

**CONTENTS**

<b>Preface</b> .....	Yasuo TAKEHISA	1
<b>Review</b>		
Trigger Experiment for the Restart of Flux Method —Growth of BaTiO <sub>3</sub> Butterfly Twins from KF Flux— .....	Shuji OISHI, Sayaka SUZUKI, Shunsuke AYUZAWA, Katsuya TESHIMA	2
<b>Technical Report</b>		
Body Measurement of Cow using Depth Camera .....	Yoichi MATSUBARA	7
Manufacture of Simplified Spectrophotometers for Agriculture .....	Masayoshi MISAWA	11
Study on Underactuated Robot Hand .....	Masakazu YOKOMICHI	14
<b>Case Study</b>		
Examples of Online Lessons .....	Yuji YANAGISAWA	17
Observations on the Occurrence of Frost Columns .....	Teruo OHTA	23
Recognition of Handwritten Numbers Experimented by AI Beginner .....	Yasuo TAKEHISA	25
Research Results on Artificial Growth of Ruby Crystals .....	Shunsuke AYUZAWA	29
<b>Research, Education and Social Activities</b> .....		31
<b>Editor's Note</b> .....		43

## 巻頭言

## 紀要第 4 号の発刊

長野県南信工科短期大学校 副校長 武久 泰夫

「百聞は一見に如かず」——手紙よりも電話、電話よりも映像、情報量とリアルタイム性を追求して通信手段は発展を遂げてきました。そして 2020 年ほど、その重要性がクローズアップされた年もなかったのではないのでしょうか。一斉に巷にあふれだしたオンライン○○・・・○○に入る言葉は、授業、会議、診断、ライブ、飲み会など枚挙に暇がありません。これまでは、消去法の挙句、仕方なく選択されていたこれらの情報交換手段が、むしろ第一候補に躍り出てきた、そんな時代の曲がり角を意識させられる世相となっています。

本紀要の原稿にあるように、当校でも一部の授業をオンラインで実施しました。受講した学生、担当した教員の感想は良きにつけ悪きにつけ様々です。それについては、事例紹介で取り上げていますのでぜひご覧ください。

当校でオンライン授業に全面移行できなかった理由としては、半分程度を占める実験や実習などの実務教育に重きを置いている事情があります。モノづくりの世界には、材料に触れ、動きを確認し、音を聞き、時には嗅覚まで動員し、つまり五感を駆使してこそ体得できる内容が多く含まれています。今のところ当校は、リアルな授業に一日の長ありと軍配を上げていますが、バーチャルも猛迫しているようです。いずれ、当校の実験・実習が、ヘッドセットにコントローラを用いた VR の世界に没入する形式に取って代わられる日が来るかもしれません。実際、e-Sports を体験した人が「本物と寸分違わぬ臨場感」と興奮気味に感想を述べている場面を見たことがあります。e-旋盤、e-フライス盤、そんな設備を使っただけの実習が工学教育現場でのニューノーマルになると言われても、もはや違和感はありません。

製造業の DX (デジタルトランスフォーメーション) 化は、2020 年を起点として加速される流れになりそうです。当校で学ぶ学生が、その流れの中でも迷うことなく推進役を担う人材となれるよう、時代の潮流をとらえた工学教育を施して参ります。

## 【解説】

## フラックス法を見直すきっかけとなった実験 — BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶の KF フラックス育成 —

大石修治<sup>\*,\*\*</sup>・鈴木清香<sup>\*\*</sup>・鮎沢俊輔<sup>\*,\*\*\*</sup>・手嶋勝弥<sup>\*,\*\*,\*\*\*\*</sup>

### Trigger Experiment for the Restart of Flux Method — Growth of BaTiO<sub>3</sub> Butterfly Twins from KF Flux —

Shuji OISHI, Sayaka SUZUKI, Shunsuke AYUZAWA, Katsuya TESHIMA

**あらまし** フラックス法は、相転移温度よりもはるかに低い温度で結晶を育成できることを特長とする。19世紀に発展したフラックス法が、20世紀初期に使用頻度がなくなった。結晶の機能が注目されはじめた1954年に、強誘電体であるBaTiO<sub>3</sub>のバタフライ型双晶がKFフラックスから育成された(J. P. Remeika)。その実験は、フラックス法の有用性を再認識させ、フラックス法を見直す契機となった。Remeikaの実験は、フラックス法の特長を十分に活用していた。KFフラックスの選択はきわめて妥当であった。Remeikaの論文を参考に、著者らが結晶育成を試みると、大きさが10mmほどで淡黄色透明のBaTiO<sub>3</sub>バタフライ型双晶が成長した。六方晶系を経由しないで、直接に立方晶系のBaTiO<sub>3</sub>バタフライ型双晶を育成できた。

**Summary** Crystal growth is an important area of materials science. Flux growth is defined as the use of a liquid inorganic compound at elevated temperature as a solvent for crystallization. The major advantage of flux method is that it permits crystal growth at a temperature well below the phase transition point. The flux growth dates back to the 19th century. From this time the activity and interest in flux growth began to increase. The early success achieved was not followed up, because the more attractive Verneuil method was devised. Again, the use of fluxes to grow crystals began with the work of BaTiO<sub>3</sub> butterfly twins from KF flux by J. P. Remeika in 1954. In this review, the flux growth carried out by Remeika was evaluated. It was found that KF flux used was suitable for the growth of BaTiO<sub>3</sub> crystals. By referring to the literature, the authors also grew BaTiO<sub>3</sub> butterfly twins from KF flux. Pale yellowish and transparent twins up to 10 mm in size were grown. Remeika's experiment gave an excellent scientific achievement in the field of flux growth. In the recent years, flux growth has been used with increasing frequency to grow crystals.

**Key Words** : Trigger Experiment, Restart of Flux Method, Crystal Growth, Barium Titanate, Butterfly Twin, KF Flux, Remeika

#### 1. はじめに

チタン酸バリウム (BaTiO<sub>3</sub>, 化合物名: 三酸化チタ

ン(IV)バリウム)は、ロッシェル塩 (KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> · 4H<sub>2</sub>O), リン酸二水素カリウム (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) とヒ酸二水素カリウム (KH<sub>2</sub>AsO<sub>4</sub>) に次いで1940年代に発見された強誘電体である<sup>1, 2)</sup>。BaTiO<sub>3</sub>は、それまでの強誘電体と異なり、水素を含まず、融点が高く、水溶性でない化合物である。新しいタイプの強誘電体材料であるBaTiO<sub>3</sub>が物性物理学や電気・電子材料の分野で大いに注目された<sup>1, 2)</sup>。当時、それらの分野の研究用試料としてBaTiO<sub>3</sub>結晶がぜひとも必要であった。

BaTiO<sub>3</sub>結晶を育成する方法として、高温での多形転移を避けるために、低温で結晶を育成できるフラックス法が採用された。フラックス法は、溶質とフラックスから成る高温溶液からの結晶育成法である。その特長は、①結晶の相転移温度よりもはるかに低い温度で

受理 2020年 9月 10日

採択 2020年 12月 17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

\*\*信州大学工学部, 長野市  
Faculty of Engineering, Shinshu University,  
4-17-1 Wakasato, Nagano 380-8553, Japan

\*\*\*信州大学大学院総合医理工学研究科, 長野市  
Graduate School of Medicine, Science and Technology,  
Shinshu University,

4-17-1 Wakasato, Nagano 380-8553, Japan

\*\*\*\*信州大学先鋭材料研究所, 長野市  
Research Initiative for Supra-Materials,  
4-17-1 Wakasato, Nagano 380-8553, Japan

結晶が成長する、②成長した結晶は、結晶構造を反映したフラットな結晶面で囲まれた自形をもつ、③装置が簡便で操作がやさしい、ことなどである<sup>3)</sup>。

フラックス法は、1820年代のナトリウムタングステンブロンズ (Na<sub>x</sub>WO<sub>3</sub>) 結晶に始まり、1900年くらいまでは多種類の酸化物結晶の育成に用いられた<sup>3-5)</sup>。ところが、1900年代初頭に融液法の一種類であるベルヌーイ法による大型結晶の育成が開発されるとともに、使用例がほとんどなくなった。使用例がないままにおよそ半世紀が過ぎた。結晶の機能性が注目され始めた1950年代に、強誘電体材料である BaTiO<sub>3</sub> 結晶の育成が強く望まれた。結晶の融点よりも低い温度で、直接に立方晶系の BaTiO<sub>3</sub> 結晶を育成するためにフッ化カリウム (KF) フラックス法が開発された<sup>6)</sup>。成長した BaTiO<sub>3</sub> 結晶はバタフライ型の双晶であった<sup>6)</sup>。BaTiO<sub>3</sub> 双晶の KF フラックス成長は、物性研究用の試料を提供するだけでなく、珍しい形態であるために、結晶成長学の分野でも大いに注目された。この実験を契機にフラックス法の利点が見直された。現在、フラックス法できわめて多くの結晶が育成され、表面工学の考えを付与して開発されたフラックスエピタキシャル法にまで展開している<sup>7)</sup>。

本稿では、フラックス法を見直す大きな契機となった BaTiO<sub>3</sub> 双晶の KF フラックス成長実験<sup>6)</sup> を振り返り、評価する。その実験<sup>6)</sup> を参考に、著者らも実際にバタフライ型 BaTiO<sub>3</sub> 双晶を KF フラックスから育成してみる。それらの結果をここに報告する。

## 2. BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶成長の開発研究

結晶の機能性が注目され始め、1954年に強誘電体 BaTiO<sub>3</sub> のバタフライ型双晶が初めて KF フラックスから育成された<sup>6)</sup>。成長した結晶のサイズは物性の測定に十分であり、形態はバタフライ型であった。この実験がフラックス法の見直しに繋がり、再びフラックス法の使用が活発になった。契機となった論文<sup>6)</sup> の長さはわずか1ページ程度である。その前年に、BaTiO<sub>3</sub>-KF系状態図が発表された(長さ約1/2ページ)<sup>8)</sup>。引き続き、そのデータが修正された(長さ約1/6ページ)<sup>9)</sup>。このごく短い3報<sup>6, 8, 9)</sup>により、バタフライ型の大型双晶が成長する条件(未溶解溶質粒子の存在、温度など)が明らかになった。論文発表としては、BaTiO<sub>3</sub> 双晶のフラックス育成<sup>6)</sup> よりも状態図<sup>8, 9)</sup> の研究が先行した。これらの著者は、いずれも Bell Telephone Laboratories の所属である。同一の研究所で

プロジェクトを組み、BaTiO<sub>3</sub> 結晶の材料開発に取り組んだことが推し測れる。

それから数年が経ち、日本での BaTiO<sub>3</sub> 双晶の KF フラックス育成の研究は、和久<sup>10, 11)</sup> や佐々木<sup>12, 13)</sup> によってさらに詳しく推進された。双晶の成長を詳しく検討した結果、以下のことがわかった。

- (1) 溶解度よりも過剰の溶質量が必要であり、その未溶解粉末が双晶の結晶核になる<sup>10-13)</sup>。
- (2) 溶質の BaTiO<sub>3</sub> 粉末の性質が双晶成長に影響を与える<sup>10-13)</sup>。
- (3) 最高保持温度は、1000~1200°Cが適切である<sup>12-13)</sup>。
- (4) 速い成長速度が持続できるような冷却速度が必要である<sup>10-13)</sup>。
- (5) 電気炉内の温度分布が双晶生成に影響を与える<sup>11-13)</sup>。

## 3. BaTiO<sub>3</sub> 双晶の KF フラックス成長の評価と実験

最初に、フラックス法の見直しの契機を与えた J. P. Remeika の育成実験<sup>6)</sup> を評価する。続いて、その論文<sup>6)</sup> を参考にして、実際に BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶の KF フラックス成長を試みる。

### 3.1 Remeika の育成実験の評価

強誘電相である BaTiO<sub>3</sub> 結晶を得るための Remeika の実験<sup>6)</sup> は、以下のとおりである。BaTiO<sub>3</sub> 粉末 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をドーブ) を白金るつぼの底部に置き、溶質濃度が約30%になるように試薬の KF 粉末で被い、ふたをした。そのるつぼを電気炉に入れ、それを所定の温度(1150~1200°Cの間)まで加熱し、その温度で8時間保持した。その後、その溶液を850~900°C間の温度まで一定速度で徐冷した。この温度ではまだ液体である KF を注ぎだした。最終的に、冷却してから成長した結晶を取りだした。1950年代であるので、温度制御には多くの労力が費やされたであろうことが推し測れる。

(a) フラックス法の採用：フラックス法の特長を十分に活用し、KF フラックスから BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶を育成した<sup>6)</sup>。フラックス法は、溶質とフラックスから成る高温溶液の液相線(溶解度曲線)を利用して結晶を育成する方法である。結晶が成長する温度は結晶の融点よりもはるかに低い。したがって、多形転移がある物質などの結晶育成に使用できる。BaTiO<sub>3</sub> は、Fig.1に示すように、温度変化にともなう5種類の多形が知られている<sup>14)</sup>。通常、結晶育成にはまず融液の冷却を考える。合致溶融(融点1618°C)する BaTiO<sub>3</sub> の

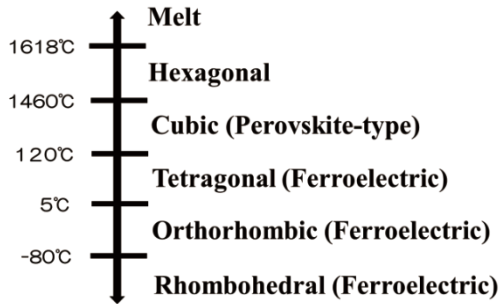


Fig.1 Polymorphic forms of BaTiO<sub>3</sub>.

化学量論組成の融液を冷却すると、六方晶の結晶が生成する。それが室温まで保持されてしまうために、目的の強誘電相は得られない。立方晶（ペロブスカイト型）の結晶を成長させれば、それは冷却時に強誘電相に転移する。したがって、六方晶の生成を避けて、1460°C以下の温度で直接に立方晶の結晶を育成することが望まれる。そのために、フラックス成長の特長を十分に活用した結晶育成法を採用したことは妥当であった。

(b)KFフラックスの選択：BaTiO<sub>3</sub>双晶の育成にKFフラックスを選んだ<sup>6)</sup>。フラックスの選択は、きわめて重要であり、結晶が成長するか否かを決定する。フラックス育成実験では、フラックス選択が最初であり、最も基本的である。フラックス成長では、必ず溶解一品出のプロセスを経る。高温で溶質を溶解するためには、結晶とフラックス間の化学的性質の類似性が必要である。溶液から目的結晶が晶出するためには、ある程度の相違性もほしい。フラックスには、溶質とある程度の類似性とある程度の相違性が同時に要求される。

ここで、Remeikaが選択したKF (K<sup>+</sup>とF<sup>-</sup>)と溶質のBaTiO<sub>3</sub> (Ba<sup>2+</sup>, Ti<sup>4+</sup>とO<sup>2-</sup>)のイオン半径を比較してみる。ShannonとPrewittが求めた値<sup>15)</sup>を使用し、結晶中での配位数を考慮しないで6配位の値でそのイオンの半径とする。

Ba<sup>2+</sup> : 0.136 nm, Ti<sup>4+</sup> : 0.0605 nm, O<sup>2-</sup> : 0.140 nm,  
K<sup>+</sup> : 0.138 nm, F<sup>-</sup> : 0.133 nm

溶質の陽イオンBa<sup>2+</sup>とフラックスの陽イオンK<sup>+</sup>の大きさがほぼ等しい。陰イオンO<sup>2-</sup>と陰イオンF<sup>-</sup>のイオン半径がほぼ等しい。高温におけるBa<sup>2+</sup>とK<sup>+</sup>, O<sup>2-</sup>とF<sup>-</sup>が入り代わるのはサイズの的に可能であろうことが推し測れ、フラックスに対する溶質の溶解が期待できる。高温溶液の冷却時には、価数の大きいイオン (Ba<sup>2+</sup>, Ti<sup>4+</sup>とO<sup>2-</sup>) どちらの組み合わせが化学結合力から見て有利であり、融点の高いBaTiO<sub>3</sub>が結晶として晶出することを期待できる。

Remeikaが経験的に選択したであろうKFは、きわめて合理的なフラックスであることが評価できる。さらに、選択したKFフラックスは、(1)容器の白金るつぼをほとんど侵さない、(2)BaTiO<sub>3</sub>はKFより密度が大きく、結晶が溶液中に沈みやすい(るつぼ底部で核発生しやすい)、(3)水溶性であるために取り扱いが容易である、などの長所ももつ。

以上のように、Remeikaの実験では、選択した適切なフラックス(KF)からバタフライ型BaTiO<sub>3</sub>双晶を得た。この実験が、フラックス法の有用さを見直す大きなきっかけとなった。

### 3. 2 双晶育成の実験

Remeikaのフラックス育成実験<sup>6)</sup>を参考にして、BaTiO<sub>3</sub>双晶のKFフラックス成長実験を試みた。1100°CでのBaTiO<sub>3</sub>の溶解度は9 mol%である<sup>8)</sup>ので、溶液に過剰の溶質を含ませるために、溶質濃度は15 mol%とした。溶質の供給は、塩基性酸化物BaO<sup>16)</sup>と酸性酸化物TiO<sub>2</sub><sup>16)</sup>が高温溶液中で化学反応することを期待して、BaCO<sub>3</sub>粉末とTiO<sub>2</sub>粉末の混合物とした。冷却速度は、通常のフラックス法よりも速い50°C/hとした。

#### (a) 実験方法

粉末試薬のBaCO<sub>3</sub> (和光純薬工業(株)製, 99.9%), TiO<sub>2</sub> (ルチル) (和光純薬工業(株)製, 99.9%)およびKF (和光純薬工業(株)製, 試薬特級)を用い、BaTiO<sub>3</sub> (15 mol%) - KF (85 mol%)になるように混合した。その調合物(18.42 g)を容量30 cm<sup>3</sup>の白金るつぼに充填した。それを電気炉に入れ、45°C/hで1100°Cまで加熱した。その温度で5時間保持した後に、50°C/hで600°Cまで冷却した。以後、電源を切断し、放冷した。固化したフラックスを温水で溶解除去して、生成した結晶を取り出した。

#### (b) 結果と考察

KFフラックスから、淡黄色透明で10 mmほどに達する大きさのBaTiO<sub>3</sub>バタフライ型双晶が成長した。

フラックスを溶解除去している際の晶出状況をFig.2に示す。固化したフラックス(白色)中に淡黄色透明のBaTiO<sub>3</sub>バタフライ型双晶が成長していた。双晶は、多数成長したけれども、フラックスの溶解プロセス中にバタフライの形態が壊れてしまう場合があった。バタフライ型双晶だけでなく、淡黄色半透明で粒状のBaTiO<sub>3</sub>結晶(1 mm以下のサイズ)も成長した。

成長した結晶のX線回折図形をFig.3に示す。室温で測定した粉末X線回折図形(Fig.3(a))は、Fig.3(c)

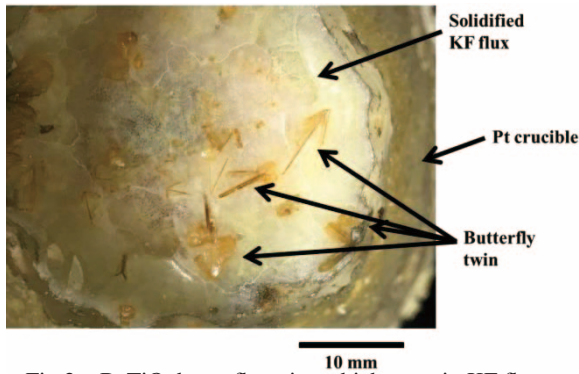


Fig.2 BaTiO<sub>3</sub> butterfly twins which grew in KF flux in the platinum crucible.



Fig.4 Grown butterfly twin of BaTiO<sub>3</sub>.

#### 4. おわりに

フラックス法は、相転移温度よりもはるかに低い温度で結晶を育成できる。成長する結晶は、自形をもっている。フラックス法の装置は簡便で、操作はやさしい。19世紀に発展したフラックス法が、20世紀初期に使用頻度がなくなった。1950年代に入り、BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶の KF フラックス育成が契機となり、フラックス法の価値が見直された。BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶の KF フラックス成長実験を評価した。フラックスの選択はきわめて妥当であった。その論文を参考に、結晶育成を試みると、大きさが 10 mm ほどで淡黄色透明の BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶が成長した。フラックス法の特長を活用し、六方晶系を経由しないで立方晶系の BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶を育成できた。BaTiO<sub>3</sub> 結晶を欲しいというその時代の要求が、フラックス法の有用性を再認識させた。

#### 謝 辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C) (課題番号 18K05272) の助成を受けた。記して謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- 1) 高橋秀俊：チタン酸バリウム，日本物理学会誌，**5**, 284-292 (1950).
- 2) 沢田正三：新強誘電体の発見をめぐって，日本物理学会誌，**51**, 633-638 (1996).

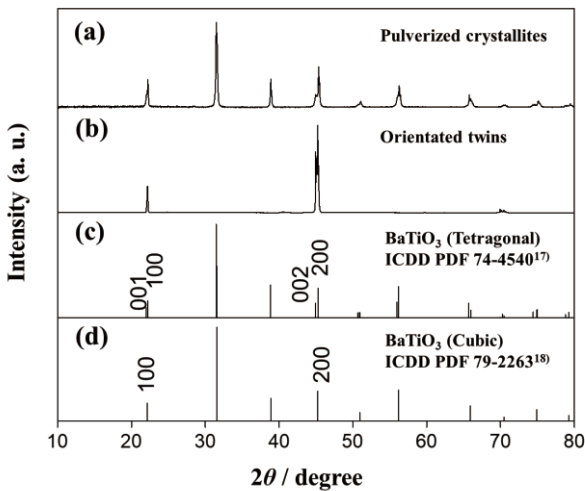


Fig.3 XRD patterns of BaTiO<sub>3</sub> crystals.

に示す正方晶系の BaTiO<sub>3</sub> 結晶の文献データ (格子定数:  $a=4.0022 \text{ \AA}$ ,  $c=4.0318 \text{ \AA}$ )<sup>17)</sup> と良く一致した。したがって、成長した結晶は正方晶系の BaTiO<sub>3</sub> であることがわかった。

取りだした BaTiO<sub>3</sub> バタフライ型双晶の例を Fig.4 に示す。2つの大きなフラットな結晶面でバタフライの形態を呈している。その結晶面を配向させた X 線回折図形 (Fig.3(b)) では、(001), (100), (002) および (200) 面による回折線が優先的に出現した。それ以外の回折線はほとんど現れなかった。したがって、室温における結晶 (正方晶系) の面指数は、{001} と {100} である。一方、Fig. 3(d) に示す立方晶系の文献データ (格子定数:  $a=4.0060 \text{ \AA}$ )<sup>18)</sup> は、正方晶系のそれ (Fig.3(c))<sup>17)</sup> と良く類似している。Fig.3(b) に示す強い回折線は、立方晶系の (100) と (200) 面による回折線とほぼ一致している。以上のことから、BaTiO<sub>3</sub> 結晶を擬立方晶系と見たときの面指数は、{100} であることがわかる。これは、文献の記述<sup>19)</sup> と一致する。BaTiO<sub>3</sub> 双晶は、高温で {100} 面が発達した立方晶系として成長し、室温では正方晶系に相転移している。

- 3) 大石修治, 宍戸統悦, 手嶋勝弥, “フラックス結晶成長のはなし”, 日刊工業新聞社(2010).
- 4) 大石修治, 手嶋勝弥: フラックス成長とその歴史, *J. Flux Growth*, **2**, 2-8 (2007).
- 5) S. Oishi, L. Joseph, S. Suzuki, K. Teshima : Growth of Oxide Single Crystals by Flux Method, *J. Nagano Prefec. Nanshin Insti. Tech.*, No.2, 2-7 (2018).
- 6) J. P. Remeika : A Method for Growing Barium Titanate Single Crystals, *J. Am. Chem. Soc.*, **76**, 940-941 (1954).
- 7) S. Ayuzawa, S. Suzuki, M. Hidaka, T. Yamada, S. Oishi, K. Teshima: Role of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Addition in Epitaxial Growth of Ruby Crystal Films on Sapphire Crystal Substrates via MoO<sub>3</sub> Flux Evaporation, *Cryst. Growth Des.*, **20**, 4157-4163 (2020).
- 8) C. Karan, B. J. Skinner : BaTiO<sub>3</sub>-KF Phase Diagram, *J. Chem. Phys.*, **21**, 2225 (1953).
- 9) C. Karan : BaTiO<sub>3</sub>-KF Phase Diagram, *J. Chem. Phys.*, **22**, 957 (1954).
- 10) 和久 茂 : フッ化カリウム法によるチタン酸バリウム単結晶の製造法, 工業化学雑誌, **61**, 966-969 (1958).
- 11) 和久 茂 : BaTiO<sub>3</sub> (融剤法), 応用物理, **33**, 667 (1964).
- 12) 佐々木 宏 : 強誘電体および圧電材料の結晶作成 バタフライ双晶の育成, 日本物理学会誌, **20**, 44-49 (1965).
- 13) 佐々木 宏 : BaTiO<sub>3</sub>結晶の作成, “単結晶作成法”, 日本物理学会編, 朝倉書店, (1966) pp.226-236.
- 14) 平野真一, 中 重治 : セラミックスの状態図, “セラミックスの化学—現象から原理へ—”, セラミックス編集委員会講座小委員会編, 窯業協会, (1982) pp.38-68.
- 15) R. D. Shannon, C. T. Prewitt : Effective Ionic Radii in Oxides and Fluorides, *Acta Cryst.*, **B25**, 925-946 (1969).
- 16) 大石修治, 楯 功, 平野真一, 中 重治 : 高温溶液法による酸化物単結晶の育成におけるフラックスの選択, 日本化学会誌, **1984**, 685-690 (1984).
- 17) ICDD File 74-4540.
- 18) ICDD File 79-2263.
- 19) D. Elwell, H. J. Scheel, “Crystal Growth from High-Temperature Solutions”, Academic Press, London (1975) pp.220-223.

## 【技術資料】

## DEPTH カメラを用いた牛の体型測定

松原洋一\*

## Body Measurement of Cow using Depth Camera

Yoichi MATSUBARA

## 1. まえがき

長野県畜産試験場においては、最初の人工授精の適期の把握や、たくさんの牛乳がとれるような牛の体型の改良のためなどの目的で、牛の体重や体型の測定を行っている。従来の体型測定では、牛を背線が水平になるように直立させて物差しで測定している。この測定は手間であるとともに、物差しの当て方の影響等で数 10mm 程度のばらつきが生じる。

本研究では、非接触の Depth カメラを用いて、牛の撮像を行い、リアルタイムで牛の体型測定を行うシステムを開発した。

## 2. 測定システムの構成

## 2. 1 システム概要

測定システムの概要を Fig.1 に示す。畜舎に既設されている体重計の上部に Depth カメラを設置した。上部には屋根があったため、屋根の梁にカメラを固定した。カメラはノートパソコンに USB3 ケーブルで接続し、測定結果をリアルタイムに表示した。

## 2. 2 Depth カメラ

Depth カメラには、Intel RealSense D415 を使用した。Fig.2 にカメラの外観写真と Table 1 にカメラの仕様を掲載する。カメラは屋外／屋内兼用となっている。設置位置は屋根の下であるが、両サイドは屋外になっており、屋外対応が必要と考えられる。

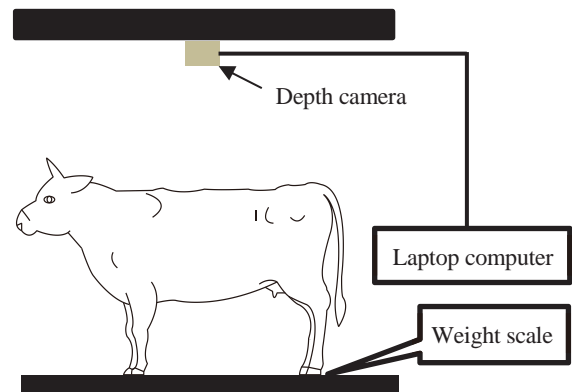


Fig.1 System schematic.



Fig.2 Appearance photo of RealSense D415.

Table 1 RealSense D415 specifications.

Use Environment	Indoor / Outdoor
Depth Technology	Active IR Stereo
Depth Range	0.3 m ~ 10 m
Depth Field of View (FOV)	65° × 40° × 72°
Depth Output Resolution	Up to 1280 × 720
Depth Frame Rate	Up to 90 fps
Interface	USB3.0

受理 2020年 8月 17日

採択 2020年 12月 17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

奥行き計測方法には Active IR Stereo 方式が用いられている。カメラから Fig.3 のような赤外線光 (IR) のパターン光を対象に照射し、左右に配置した二つのイメージセンサで撮像することで、三角測量の原理で奥行きを測定することが出来る。なお、この二つのセンサとは別に RGB センサも配置されており、カラー画像も同時に撮像が出来る。ただし、今回の研究ではカラー画像は使用せず、奥行き画像のみを使用した。

### 2. 3 プログラミング環境

プログラミング言語として Python3 を用いた。開発環境として Jupyter Lab を使用している。RealSense 開発用に、pyrealsense2 というラッパーライブラリが用意されており、これを使用して開発を行った。奥行き画像は NumPy 形式で取得できるので NumPy も使用している。あわせて、画像表示のために OpenCV も使用した。

### 2. 4 牛の体型測定箇所

牛の体型測定箇所を、Fig.4 に示す。主な測定箇所は、

- ①体高：き甲部（第 3 胸椎棘突起）頂点より地面に至る垂直距離。
- ④尻長：腰角前端より坐骨端に至る直線距離。
- ⑤腰角幅：左右腰角外縁の直線距離。
- ⑨十字部高：腰角を結ぶ直線と背線との交差点。
- ⑩坐骨幅：坐骨結節間の直線距離。

となる。牛上部から撮像した場合は、これらの箇所を測定できる可能性は十分ある。

## 3. 測定

### 3. 1 十字部高測定処理フロー

撮像した牛の奥行き画像を Fig.5 に示す。左側が牛の頭部、右側が尻部である。明るいほど高い（カメラに近い）事を示し、黒の画素は測定できていないことを示す。

画像から、最も計測しやすいと思われる体高と十字部高の測定を目指した。しかし、体高については、き甲部が画像から判別できないため除外し、まずは十字部高の測定を行うこととした。

Fig.6 に十字部高の測定処理フローを示す。撮像を開始し、画像が 1 フレームずつ取得できる。処理は 1 フレーム毎に行う。撮像開始時には牛はカメラ下にいないことを前提としており、地面が映っていると仮定している。撮像開始直後に画像中心範囲の平均高さを算出することで、床高さを得る。



Fig.3 IR pattern image.

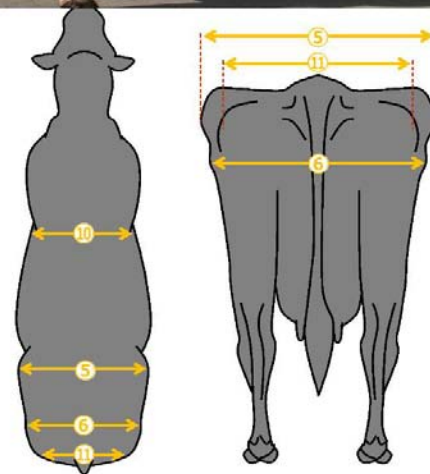
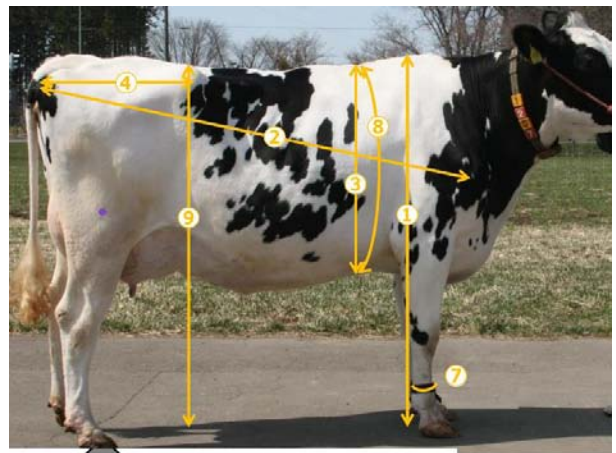


Fig.4 Body measurements in cow<sup>1)</sup>.

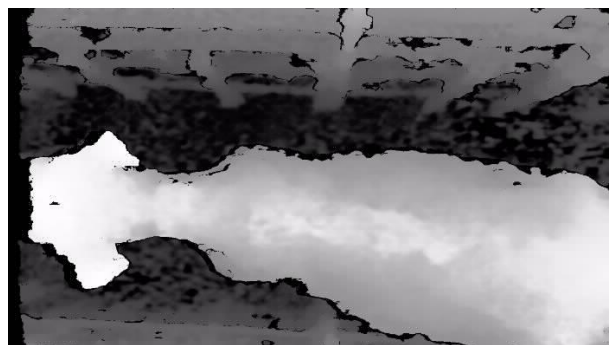


Fig.5 One of the depth images grabbed of a cow.

次に牛の体型測定を行う。まず、各列毎（X座標毎）の最大高さを得る。最大高さは最小の奥行き値となる。ただし、測定不能箇所が0として扱われるので、0値を大きな値に置換した後、最小値を求めている。これらの処理はNumPyを使用して一括で行っているので高速に処理が可能である。

求めた最大高さより100mm低い高さを閾値として、牛の側面位置を求める。Fig.7で紫色に示した線が側面位置になる。体の左右（画像では上下）の側面位置より幅を求め、幅が最大になる位置を腰角位置とする。腰角位置の最大高さとし、先に求めた床高さとの差を十字部高として出力する。なお、幅は単純に画像の上下方向の画素数により決定した。Fig.7のように、牛の背線が若干斜めではあるが無視できるものとして扱った。

なお、カメラから1フレームずつ取得する代わりに、あらかじめ保存した動画から1フレームずつ画像を取り出すこともでき、この場合も同様の測定処理が可能である。

### 3. 2 十字部高以外の測定

腰角の位置が求められているので、腰角幅も計算できそうである。しかし、ここまでの処理は奥行き画像で行っている。奥行き画像には、水平方向の実座標が含まれておらず、画像上の寸法（単位：画素）は求められても、実寸法（単位：mm）は求められない。水平方向の実寸法を求めるには、各画素を三次元の点群に変換する必要がある。技術的には可能であるが、今回の研究ではそこまでは進めることが出来なかった。

## 4. 実験及び考察

長野県畜産試験場において、2頭の牛の奥行き動画を撮像し、撮像した動画から十字部高を測定した結果を示す。Fig.5やFig.7で示すように牛を撮像し、十字部高を出力した結果の推移をFig.8のグラフに示す。グラフの左側は牛が登場してくるタイミングの為、正確に計測できていない。その後は比較的安定に計測できている。しかし、牛が首を上下左右に曲げたり、画像上下に映る柵に近づくことにより正確に測定できていない場合もあった。従来方法での実測値はCOW1で1600mm、COW2で1410mmであった。数値が安定しているタイミングでは、概ね測定値と合致している。

どのタイミングの測定値を採用すれば良いかと言うことが課題となる。文献<sup>1)</sup>によれば、牛の背線を地面に対して水平に保った状態で測定するのが良いようで

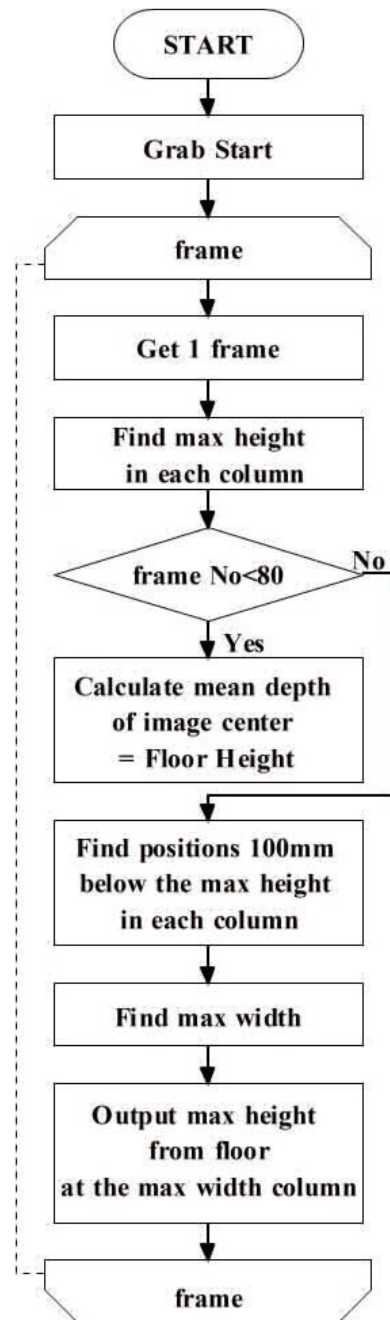


Fig.6 Measurement process flow chart.

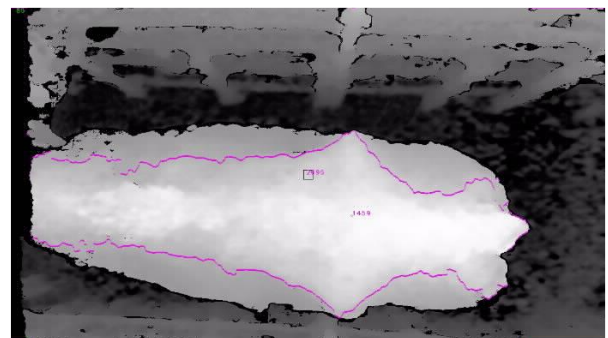


Fig.7 Height measurement image.

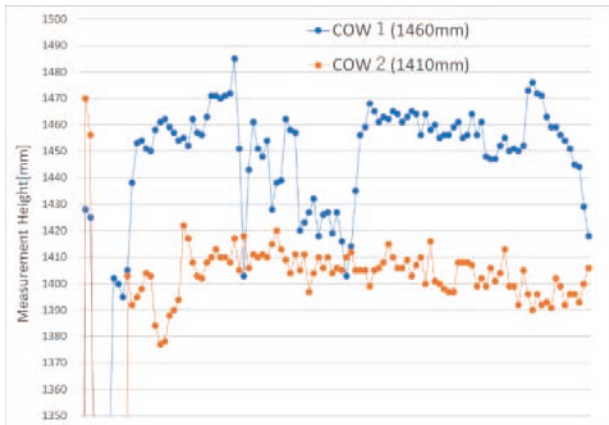


Fig.8 Transition of height measurement results.

ある。今回のプログラムでは背線の高さ＝最高点の高さは計算しているが背線の水平具合までは測定できていない。

## 5. まとめ

牛の体型測定として、Depth カメラを用い、十字部高の測定システムを開発した。実際の牛 2 頭で測定したところ、物差しを用いた実測値と概ね同一の測定結果が得られた。ただし、牛の姿勢によりばらつきが生じるため、牛の姿勢、特に背線が地面に対して水平かどうかを検知して測定を行う必要があると考える。

十字部高以外の測定項目については、奥行き画像を三次元点群データに変換して処理する必要がある。

また、カメラの設置場所についても検討が必要である。今回の測定箇所まで牛を移動するのは手間のかかることのようにあり、より簡便に測定できるような設置場所やもしくは可動式タイプの測定が望ましい。その場合、カメラが必ずしも床と水平に設置できるとは限らないため、傾き補正等の処理も必要と思われる。

以上の課題について、引き続き今後の課題として取り組んでいきたい。

## 6. 謝辞

本研究にあたり、テーマの提案と実際の測定等にご協力いただいた長野県畜産試験場の中島純子様へ深く感謝致します。卒業研究<sup>2)</sup>として研究に取り組んだ本校電気・制御技術科 三期生の小林駿介様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 牛体測定, 酪農ジャーナル電子版 酪農PLUS+ ; <https://rp.rakuno.ac.jp/archives/knowledge/188.html>
- 2) 小林駿介: 非接触による牛の体形測定の研究; 長野県南信工科短期大学卒業論文, (2020).

## 【技術資料】

## 農業分野向け簡易型分光光度計の製作

三沢雅芳\*

## Manufacture of Simplified Spectrophotometers for Agriculture

Masayoshi MISAWA

## 1. まえがき

農業分野向けとして、果実等の色選別や糖度判別の自動化のため、分光光度計が用いられている。一般的に光と呼ばれるのは、波長の短い方から紫外線、可視光、近赤外線や遠赤外線である。分光光度計とは、これらの光に含まれる波長ごとに光の強度を評価する装置である。色識別についてはカメラ画像の処理による方法もあるが、今回は表面の色を分光する方法に注目した。この方法により熟成度や場合によってはキズやイタミ等の判別が可能となる。糖度判別については、対象物に近赤外光を照射して、その透過光を分光して糖度に関する光の強度変化について、基準と比較することにより評価が可能となる。しかし、これらのシステムは大規模となるため、応用分野が限られている。そこで、安価かつ小型化を目的に簡易型装置の製作を行った。この農業分野の社会的ニーズもあって、MEMS 等の先端技術が活用された小型かつ安価な分光素子が市販されている。また、これらを活用するための信号処理基板やシングルボードコンピュータも提供されている。これらを組み合わせて分光光度計の主要な機構を作成し、WindowsPC（以後は PC）上でデータを表示し解析するまでのソフトウェアを作成した。

本資料では、測定波長の異なる 2 種類の分光光度計の装置構成について報告を行い、最後に、製作した装置を用いて評価した事例も示す。

受理 2020 年 9 月 16 日

採択 2020 年 12 月 17 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. 装置の構成

## 2. 1 可視光用分光光度計

可視光用分光素子として、浜松ホトニクス製のミニ分光器マイクロシリーズ C12880-MA<sup>1)</sup> を使用した。このセンサは、高感度で測定波長域が広い小型の分光器ヘッドとなっている。また、反射型凹面ブレードグレーティングがあり、入射光を下部に取り付けられているグレーティングチップに反射させ、光の回折現象を利用して光のスペクトルを測定する性質を利用している。センサ仕様を Table 1 に示す。

Table 1 Specification of C12880-MA.

サイズ	20.1×12.5×10.1mm
質量	5g
感度波長範囲	340~850 nm
波長分解能 (半値幅)typ.	12 nm
波長分解能 (半値幅)max.	15 nm
冷却	非冷却
内蔵素子	スリット付 CMOS リニアイメージセンサ
総画素数	28 pixels
測定条件	Typ. Ta=25°C

信号処理用シングルボードコンピュータとして Arduino UNO を用いた。分光素子の信号を Arduino 互換とするボードとして、Hamamatsu Photonics PURE Engineering 製ブレイクアウトボード (Fig.1) を使用した。センサは、中央部に設置されている。



Fig.1 Sensor on Breakout Board.

このブレイクアウトボードの Arduino 向けサンプルプログラムが公開されている<sup>2)</sup>。このプログラムを参考にして、Arduino 用 LCD(A000096)に表示させるプログラムを作成した。Fig.2 に LCD に蛍光灯のスペクトルを表示した様子を示す。

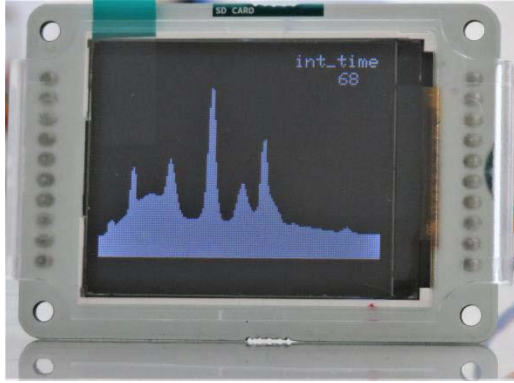


Fig.2 Spectrum of Fluorescent Light on LCD.

受光素子はシリコンであり、フィルタが設置されているので、センサ固有の光感度特性がある。Fig.2の表示プログラムでは、分光素子の波長変換係数すなわち横軸の波長は補正されているが、縦軸の光強度に係る光感度補正がされていない状態である。光感度補正を行うため、Arduino と PC を接続して、processing (オープンソースのプログラム言語とその開発環境) 上でプログラムを作成して、感度補正を行った。この確認のため、(株) AT システム製カラーコンパス MF<sup>3)</sup>の測定データとの比較を行ったところ、良好な結果が得られた。Fig.3 に示すように、波長に相当する色をつけて表示する機能とピーク値の波長を示す機能を備えた。なお、黒色表示の可視光以外波長域については、センサ測定可能波長範囲の両端のため感度は低く補正係数が大きくなるため、ノイズの影響を受けやすい。

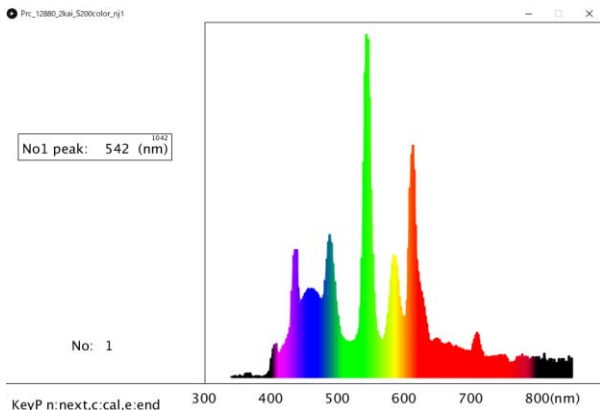


Fig.3 Spectrum of Fluorescent Light on PC display.

## 2. 2 近赤外用分光光度計

近赤外 (NIR) 用分光素子として、浜松ホトニクス製のミニ分光器 C14834MA-01<sup>4)</sup> を使用した。受光素子にシリコンを用い、近赤外域で高感度な小型グレーティング型分光器で、連続スペクトルが取得できるという特徴がある。C14834MA-01 の仕様を Table 2 に示す。

Table 2 Specification of C14834MA-01.

サイズ	11.7×4.0×3.1mm
質量	0.3g
感度波長範囲	640～1050 nm
波長分解能 (半値幅)typ.	17 nm
波長分解能 (半値幅)max.	20 nm
冷却	非冷却
内蔵素子	スリット付高感度 CMOS リニアイメージセンサ
総画素数	256(光学的黒を含む) pixels
測定条件	Typ. Ta=25°C

評価用キット (Fig.4) (C14989+C15036) を購入し、直接 PC に表示させる方式とした。これには C 言語の評価用プログラムが付属している。これについてはメーカーの許可を得て、ノイズ除去や



Fig.4 C15036 Board  
(The tip is the sensor).

グラフ表示等の機能を追加したプログラムを作成した。

近赤外センサの光源には、果実等を透過させることを目的としているため、強力な光源である HATAYA 製 RY-200 を選定した。Fig.5 に、ペットボトルに入れた水を透過した近赤外光のスペクトルを示す。

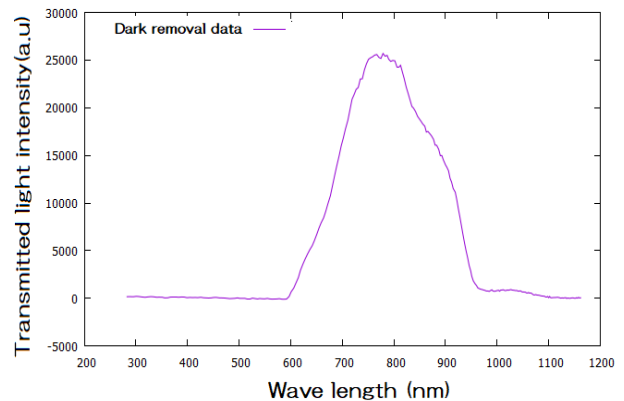


Fig.5 NIR Spectrum of Water Transmitted light intensity.

これはプログラム上でダーク（照射無）除去を行った結果である。感度波長範囲が640nm～1050nmであり、その範囲外では強度をゼロとする処理も行った。

### 3. 農業分野向け測定事例

#### 3.1 りんごの色測定

赤いりんごについて、新品の表面状態を可視光用分光光度計で測定した。参照光にはブレイクアウトボードに付属の白色LEDを利用した。その後、りんごの一部をへこませて傷ませて、数日放置した後に測定を行った。これと傷む前とのスペクトル比較を行った結果を Fig.6 に示す。400～500nm の間に変化が表れているのが分かる。これはりんごの光沢があるときには白色LEDの主要な波長の光が反射していたが、傷んだことにより光沢が失われ、反射が少なくなったためと考えられる。この結果から、傷みが進行している状態においても光沢の差を判別できることがわかった。

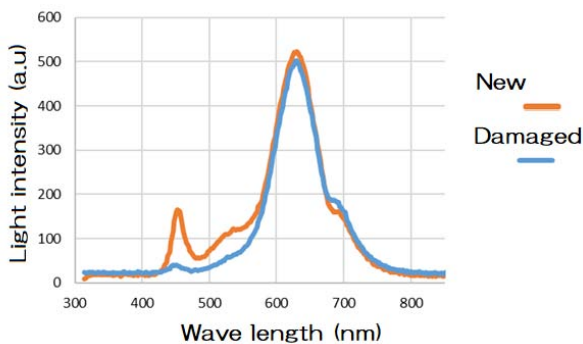


Fig.6 Spectrum of New Apple and Damaged Apple.

#### 3.2 砂糖水の測定

製作した近赤外用分光光度計による糖度測定について検討を行った。糖度測定には ATAGO 糖度計 PAL-1 を使用した。グラニュー糖と水を 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 の重さの割合で混ぜて、糖度が 50, 28, 21, 10 の 4 種類の砂糖水を用意した。これらについて透過光スペクトル測定を行い、それぞれの砂糖水の透過測定スペクトルを並べたところ、明確な差が見られなかった。そこで、砂糖が入っていない水のスペクトルを基準に吸光度を計算したところ、波長が 960nm 付近にピークが確認された。全てのデータを並べて比較するため、ピーク周辺以外のスペクトル分布が同一となるように規格化処理を行った。その結果、Fig.7 に示すように、砂糖の濃度すなわち糖度が高くなるほど吸収のピーク値が大きくなる傾向が確認された。

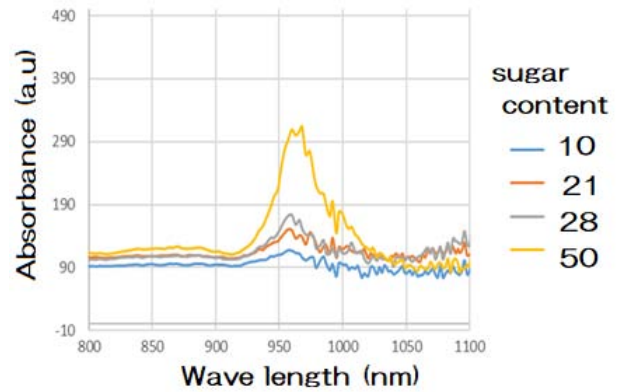


Fig.7 Absorbance of several sugar content waters.

### 4. むすび

農業分野向けの簡易型分光光度計として可視光用と近赤外用と 2 種類の装置を製作した結果を次に示す。

- (1) 可視光用分光光度計では、Arduino 単体で動作する装置を製作し、蛍光灯等の測定ができた。
- (2) 可視光用分光光度計と PC と組み合わせ、波長ごとに色分けしたスペクトル表示ができた。
- (3) 可視光用分光光度計を用いて、りんごの色や光沢度の変化をとらえることができた。
- (4) 近赤外用分光光度計と PC との組合せにより、透過光測定が可能なシステムが作成できた。
- (5) 近赤外用分光光度システムでは、PC 上でのデータ処理により砂糖水の濃度に係る吸光度の変化をとらえることができた。

### 謝 辞

装置調整にあたり貴重なご助言を頂きました非常勤講師の御子柴孝先生に心より感謝致します。また装置の機能確認を担当しまとめあげました 2019 年度卒研生の高橋君に感謝致します。

### 参 考 文 献

- 1) C12880 カタログ.[https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/c12880ma\\_kacc1226j.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/c12880ma_kacc1226j.pdf) (2020).
- 2) C12880 用ボード.[https://github.com/groupgets/c12880ma/blob/master/hardware/c12880ma\\_breakout\\_full.PDF](https://github.com/groupgets/c12880ma/blob/master/hardware/c12880ma_breakout_full.PDF) (2020).
- 3) カラーコンパスカタログ.[http://www.at-system.jp/colorcompass/colorcompass\\_mf.pdf](http://www.at-system.jp/colorcompass/colorcompass_mf.pdf) (2020).
- 4) C14384 カタログ.[https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/c14384ma-01\\_kacc1272j.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/c14384ma-01_kacc1272j.pdf) (2020).

## 【技術資料】

## なじみ把持を行うロボットハンドの研究

横道正和\*

## Study on Underactuated Robot Hand

Masakazu YOKOMICHI

## 1. まえがき

加工組立型産業で使われるマニピュレーションでは、既知のワーク形状情報と正確な位置決めを前提とした専用のロボットハンドを用いて高速な動作を実現していることが多い。一方で農作物など異形のワークをハンドリングするための多指ロボットハンドでは、複数の指位置を未知のワーク形状に沿うように制御する必要がある。

こうした動きを実現するロボットハンドとして、全関節部分にアクチュエータを配置するタイプがあり、高い俊敏性や再現性が期待できる。しかし複数の指の間で把持圧力を調整するために、複数の圧覚センサの配置やアクチュエータ間の協調動作を行う複雑な制御が必要で、また複数アクチュエータ搭載によって大きく重くなるという欠点もある。

これと異なり、ワークに触れることで形状に沿って把持を行い、センサフィードバックを必要としないタイプも提案されている。またこの把持方式は「なじみ把持」と呼ばれる。なじみ把持の具体的な機構として、一本のワイヤにより複数の関節を駆動してワークに沿わせるもの<sup>1)</sup>、袋状構造でワークを包み込んで捕捉するもの<sup>2)</sup>など様々な提案がなされている。

そうした機構の一例として、複数の指を差動歯車によって動かし、なじみ把持を行うロボットハンドを試作したので報告する。

## 2. 動作原理

本研究では3本の指を持つロボットハンドを試作した。各指は関節を持たず、ハンドは指の開閉のみを行う。対象とするワークは100×10×10(mm)から150×120×120(mm)程度の大きさとした。こうしたワークに対し、大きさや形状に合わせて指の開度を自動的に調整するなじみ把持を試みた。

センサフィードバックなしで対象ワークに合わせた指位置に調整するために差動歯車機構を用いている。差動歯車機構とは、二つの回転入力を加算あるいは減算して一つの回転軸へ出力する歯車列である。具体的な機構は無数に考えられるが、自動車の駆動系に用いられるデフレンシャルギアと呼ばれる機構が有名であり、本研究でもその機構を用いている。

デフレンシャルギアの構造をFig.1に示す。入力となるリングギアはギアケースに直結されている。ギアケース中には上下にサイドギアがあって、それぞれ上下の軸に固定されている。また両サイドギアは一つのピニオンギアを介して噛み合っている。リングギアが回転するとギアケースが回り、上下の軸もそれに連れて回転する。上下の軸のどちらかの抵抗が大きくなるとその軸の回転

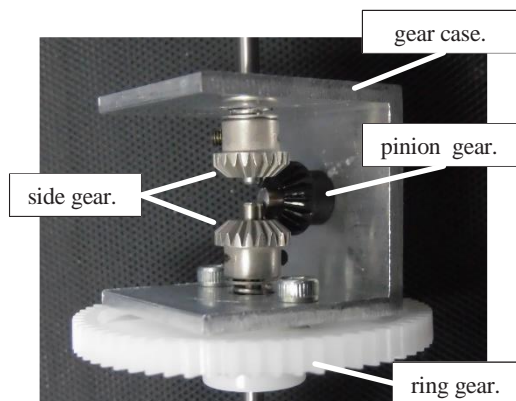


Fig.1 Differential gear.

受理 2020年10月5日

採択 2020年12月17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

数が下がり、それによりピニオンギアが回転して他方の軸の回転数が上がる。上下の軸のトルクが等しくなるとその状態で釣り合って回転し続ける。

このディファレンシャルギアを組み込んだ本ロボットハンドの駆動系の模式図を Fig.2 に示す。図中ではディファレンシャルギアを DIF と表記している。

3本の指 (finger) は一つのモータで駆動される。モータの回転は DIF-1 で 2 分割され、DIF-2 及び DIF-3 のリングギアを回転させる。DIF-2 の二つの出力軸には finger-1 及び finger-2 が取り付けられている。また DIF-3 の二つの出力軸の一方には finger-3 が取り付けられ、もう一方の出力軸はトルク制御器につながる。ハンドが閉じる時には finger-1 と finger-2 は同方向に回転し、finger-3 はそれらに対向する指として逆方向に回転する。トルク制御器は摩擦ブレーキのように働き、トルクが設定値を超すまでは軸を回転させず、それ以上になると空回りさせる。

この機構により、開いた指の間にワークを置いて指を閉じる方向にモータを回転させると、始めはトルク制御器の軸は回転せず最も摩擦抵抗の少ない指の軸が回転する。指はワークに触れるとそこで停止し、次に摩擦の少ない指が動く。順に指がワークに接触して 3 本目の指が停止すると、トルク制御器が軸に設定トルクをかけた状態で空回りする。このトルクが指の把握力となる。ワークの位置が 3 本の指の間であれば、異形のワークであっても全ての指を接触させて握る「なじみ把持」を行うことができる。

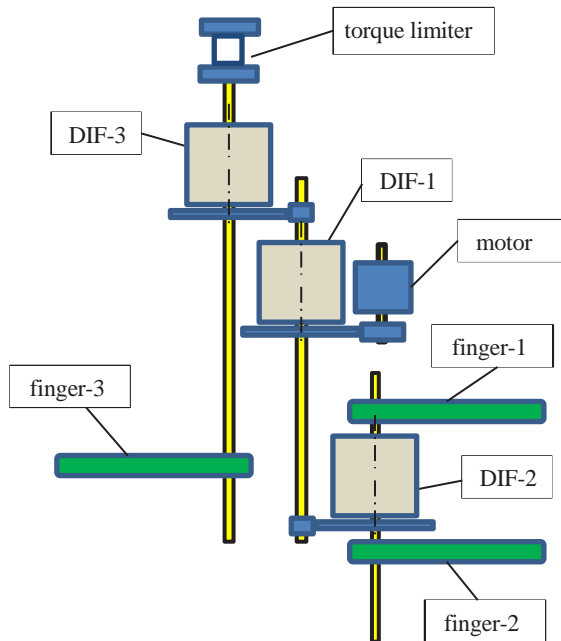


Fig.2 Schematic diagram.

### 3. 試作

試作したロボットハンドを Fig.3 に示す。

複数の軸がギアを介してつながり、DIF-3 の出力である finger-3 を DIF-2 の出力である finger-1 と finger-2 の間に配置する構造になっている。3 本の指を駆動するモータは、今回は回転方向や回転速度をソフトウェアだけで簡単に変更できるステッピングモータとした。

トルク制御器としては、DIF-3 の出力軸に円形のフランジを取り付け、このフランジ面と対向させて固定面を設置し、その間に摩擦材としてスポンジを挟むことで抵抗を生じさせるようにした。挟むスポンジの厚さを変更する事でトルクを変更するようにした。トルク制御器を Fig.4 に示す。

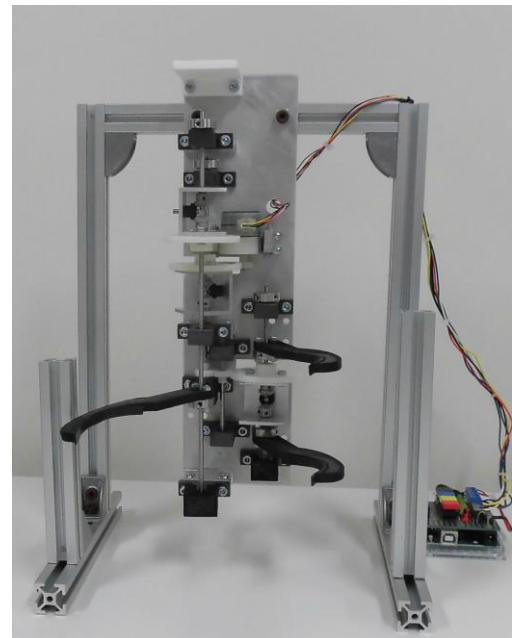
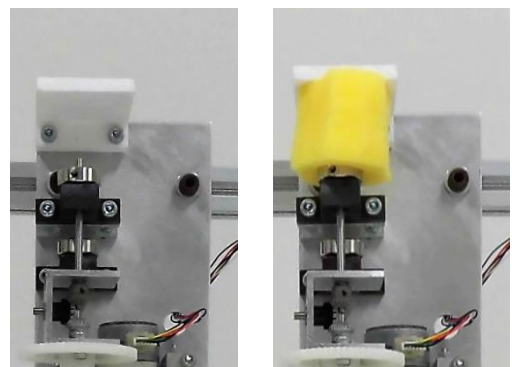


Fig.3 Robot hand.



(a) without sponge.

(b) with sponge.

Fig.4 Torque limiter.

#### 4. 実験結果及び考察

試作したロボットハンドで水の入ったプラスチックカップを把持した結果を Fig.4 に示す。また異形ワークとしてドライバーの柄を把持した状態を Fig.5 に示す。いずれのワークについてもなじみ把持ができている。またトルク制御器の摩擦材の厚さを変えることで、把持力を変化させることができた。

本ロボットハンドは、独立して動く 3 本の指を一つのアクチュエータで駆動する劣駆動システムである。各指の位置を正確に制御することはできないが、能動的な制御を行わなくてもワークの形状に従ったなじみ把持ができる。実現されている多くのなじみ把持も劣駆動によるものが多い<sup>3)</sup>。

トルク制御器については、今回は簡易な摩擦による方式としたが、回転ダッシュポットや磁気カップリングの利用など様々な方式が考えられる。トルク制限値を電氣的に制御できるようにすることが望ましい。

歯車の組み合わせなので小型化も可能で、人の手サイズ程度のものは作成できると考える。また指の数をもっと多くすることも可能である。



Fig.5 Holding a cup.



Fig.6 Holding a screwdriver.

#### 5. むすび

- (1) 差動歯車を利用した劣駆動ロボットハンドを提案し試作した。独立した 3 本の指を一つのアクチュエータで駆動できる。
- (2) センサフィードバックを行うことなくワーク形状に従って 3 本の指で握る「なじみ把持」が実現できた。

本研究においてロボットハンドの製作に協力いただいた令和元年度機械・生産技術科卒業生の三澤一斗君に感謝したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 広瀬茂男, “生物機械工学”, 工業調査会, 191-199(1987).
- 2) 多田隈健二郎: 包み込み式グリップ機構の原理および具現化; 日本ロボット学会誌, 35, 1, 36(2017).
- 3) 原田研介: マニピュレーションの現在と将来; 日本ロボット学会誌, 35, 1, 2(2017).

## 【事例紹介】

## オンライン授業の実施例

電気・制御技術科 柳沢裕二

## 1. はじめに

令和2年度は新型コロナウイルス感染拡大防止のために、社会の様々な部分で既存の仕組みの見直しが行われている。

教育分野も例外ではなく、当校においても授業の在り方をみなおして、感染拡大防止の取り組みを実施してきた。その一つとして、電気・制御技術科で5月11日から5月29日まで実施したオンライン授業の取り組み事例について紹介する。

## 2. 事前準備

当校では年度当初から、オンライン授業を視野に入れて準備するという方針が出されていたため、ゴールデンウィーク明けからの授業再開を目指して4月中旬に準備を行った。

## 2.1 連絡網

学生の現状確認や学校からの学生への連絡を、スムーズに行うための連絡網の構築を最優先で行った。

4月8日、9日に入学式及びオリエンテーションを実施した際に、学生にメールアドレスを登録してもらい、Googleグループのメーリングリスト機能で一斉送信できるようにした。学生の中にはメールに不慣れな者もいたため、学生たちが使い慣れているSNSアプリケーションのLINEでクラス内のグループを作ってもらい、連絡網の補助とした。

## 2.2 カリキュラム

当校の授業の半分以上は実習・実験が占めている。実習・実験の多くは校内にある専用の機器や工具を使用するため、オンライン授業で実施することはできない。そのため、すべての授業をオンライン授業として実施することは不可能と判断し、学科はオンライン授業、実習・実験は登校しての対面授業というように、両方を併用することとした。

そこで、感染拡大防止のために1日当たりの登校者数を減らした分散登校となるように、表1のように1年生と2年生の登校日がずれるようにカリキュラムを調整した。

表1 曜日ごとの授業形態

	月	火	水	木	金
1年生	オン	オン	登校	オン	登校
2年生	オン	登校	オン	登校	オン

オン：オンライン授業

登校：登校して対面授業

## 2.3 機器・ネットワーク環境

オンライン授業を実施するにあたって必要な機器・環境は図1の通りである。

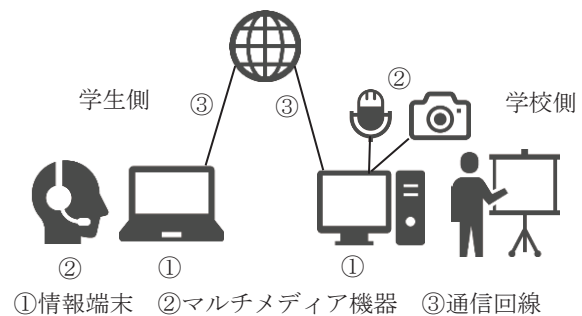


図1 オンライン授業に必要な機器・環境

## 2.3.1 学校側の設備

学校側の設備は既に十分整っていた。カメラ、マイク等のマルチメディア機器は、準備を始めた時期には入手困難になっていたが、画像認識用に導入してあるマイク付きウェブカメラを活用した。

## 2.3.2 学生側の設備

学生側の設備については、Googleフォームを用いて実態調査を行ない状況を確認した。

情報端末（PC）およびマルチメディア機器（マイク、カメラ）を所持していない学生が複数人いたが、学校の設備を貸し出すこととした。

一般的に貸出PCは図2のようなカメラとマイクが標準で搭載されていて、可搬性に優れたノートPCが望ましい。

しかし、当校にあるノートPCは実習・実験に必要なソフトウェアが入っており、貸し出すと対面授業に支障をきたしてしまう。卒業研究等で比較的自由に使



図2 貸出に向いているノート PC

えるようにしているデスクトップ PC があつたため、ウェブカメラや無線化機器などの付属品をつけて貸し出すこととした。(図3)



図3 実際に貸出した PC と周辺機器

デスクトップ PC は運搬に手間がかかるため、休校期間中の4月に車で取りに来てもらった。

当校にはタブレットもあるが、家庭内に無線ネットワーク環境が整っていないと利用できない点と、PC用アプリケーションを使った授業ができない点から、貸し出しはしなかった。

通信回線については、スマートフォン等からの携帯電話回線でも性能は十分だが、1日100分×2回ずつオンライン授業を行うと一か月で通信量が5.6GB程度という試算<sup>1)</sup>があるため、十分な通信量で契約してある回線が望ましい。

そういった点で貸し出しが不可能な通信回線については、幸いなことに全員が自宅からの固定回線が利用可能であったので、メインは固定回線、トラブル時は携帯電話回線を利用することとした。

## 2.4 ソフトウェア

### 2.4.1 オンライン会議ソフトウェア

オンライン授業に用いるオンライン会議ソフトウェアには Zoom Video Communications 社の Zoom を用いた。(図4)

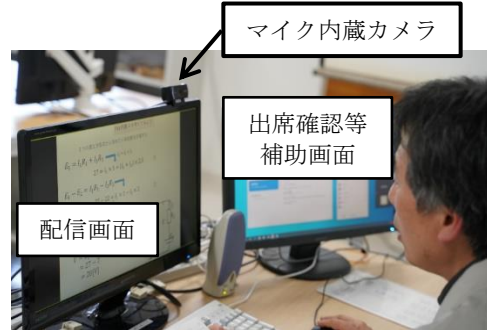


図4 Zoom を用いたオンライン授業の様子

Zoom の特徴は以下の通り。

- ・ PC 操作に不慣れな学生でも直感的に使える
- ・ 学生側はアカウント登録不要、無料利用可
- ・ パスワードや承認機能で参加者を限定できる
- ・ 画面の共有機能を有する
- ・ PC, スマートフォンともに同様に使用可

学生はスマートフォンに慣れ親しんだ世代であり、入校したばかりの1年生全員が PC を使い慣れているわけではないため、使いやすさを重視した。

Zoom は3人以上の参加者が40分以上利用するには、ホスト(学校側)が有料プランに契約している必要がある。

### 2.4.2 オンラインストレージ

課題の配布・提出等のファイルの受け渡しには、オンラインストレージを活用することとした。Google 社のビジネス向け有料サービス G Suite の教育機関版(無料)の G Suite for Educations に南信工科短期大学校として登録し、全学生が表2のような G Suite の各種サービスを利用できるようにした。

表2 G Suite の主なアプリケーション

アプリケーション	用途
Gmail	メール, 連絡網
ドライブ	ファイル共有
Meet	オンライン会議
カレンダー	カリキュラム共有
Classroom	課題管理
ドキュメント スプレッドシート スライド	オフィスソフトの代替

こうして、クラウドストレージである Google ドライブが利用できるようになったため、カリキュラムや授業資料の配布は全員が利用可能な共有フォルダを使い、製作途中の課題や、個人のメモ等は学生個々の専用フォルダを使えるように設定をした。当校で借りているレンタルサーバーの契約上の制約から、メールアプリケーションの Gmail を使うところまでは至らなかったが、Gmail が使えれば、2.1 で示した連絡網の構築がより簡単にできたと思われる。

## 2. 5 事前テスト

4月24日に早い時期から環境が整っていた2年生の有志に協力してもらい、Zoom を用いたオンライン授業の事前テストを行った。その結果以下のようなことが分かった。

- ・遅延は若干あるが支障のない範囲
- ・画質は良いときと悪いときがある (図5, 6)
- ・PowerPoint 資料の画面共有はかなりはっきり見える
- ・ファイル送信は PC 限定で、スマートフォン版では利用できない
- ・学生が許可すれば、学生の画面を共有し、教員側がその画面を操作することが可能

このことから、説明資料は可能な限りデータで用意して画面共有で見せて、ホワイトボードを映す場合はかなり大きな字で書く必要がある、ファイル共有はオンラインストレージが必須などを確認した。

その後、5月8日に1年生、2年生それぞれに接続テストを行った。うまく接続できない学生には、スマートフォンで接続して PC の状況を見せてもらったり、Zoom のチャット機能や LINE のクラス内グループでフォローを行ったりした。

Google ドライブは、登校日に各自のアカウント情報を渡すとともに操作方法について説明を行った。

## 3. 実際の運用

5月11日から授業が再開され、表1で示したようにオンライン授業と登校しての対面授業が混在した授業が始まった。学生だけでなく教員も不慣れであったため、実施しながら色々と工夫を凝らしていった。

### 3. 1 サポート職員

職員もオンライン授業は初めてであったため、授業担当職員以外にオンライン授業をサポートする職員がつくように心がけた。

回線不良による切断者や遅刻者の途中入室対応、チ

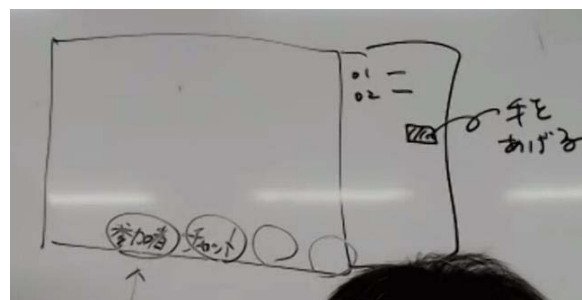


図5 画質が良い時のホワイトボードの見え方

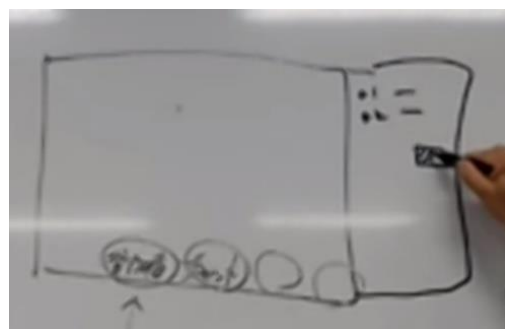


図6 画質が悪い時のホワイトボードの見え方

ャットによる質問、画面切り替え忘れなどは授業担当の気が回りきらない部分であるため、サポート職員がオンライン授業に参加しながら授業担当職員をフォローした。

一部の学生の回線が安定せず、頻繁に接続不良になったこともあり、サポート職員が連絡を取って、その学生だけやむを得ず登校して授業を受けてもらうこともあった。(図7)



図7 授業担当職員, サポート職員, 登校した学生

### 3. 2 距離感

学生のプライバシーに配慮し、ごく一部の授業以外は学生側のカメラはOFFにして、学生は音声のみで授業に参加してもらっていた。そのため、心理的にも実

際にも学生の顔が見えず、反応をつかみにくかった。

そこで、授業の開始と終わりのあいさつ時には全員マイク ON にしてメリハリをつけたり、課題の進捗について個々に細かく質問したり、挙手機能を使ったりといった対応を行った。質問については「誰か分かる人」のような聞き方ではなく、具体的に指名して答えてもらうようにした。

### 3. 3 ブレイクアウトセッション

Zoom には参加者を数人ずつのグループに分け、グループメンバーだけで音や映像を共有できるブレイクアウトセッションという機能がある。これが一部の授業で大変役に立った。

英会話では、二人一組になって会話練習をしているが、普段の教室の授業ではどうしても隣の声が聞こえてしまう。しかしブレイクアウトセッションでは二人だけの環境が作れるため、周りを気にせず練習できる。その中で、講師が各セッションを順番に訪問し、きめ細かなアドバイスをすることもできた。なお、会話練習なのでお互いの顔が見えたほうが良いという講師からの提案もあり、会話練習の時間だけはカメラを ON にしてもらえよう学生に依頼した。

安全衛生で KYT（危険予知トレーニング）をした際にも、他グループの声が聞こえない少人数でのグループディスカッションが行えた。

### 3. 4 画面共有

画面共有機能は、教員側の資料を見せるために使うのがほとんどであったが、学生の画面を共有することもあった。プログラミングやオフィスソフトなど PC のソフトウェアを使って課題を行う授業において、課題に苦戦している学生の画面を本人の許可を得たうえで共有し、その画面を用いて解説・フォローを行った。学生がつまずくポイントは共通していることが多いので、学生の取り組み中の課題を通して説明することで、画面を共有している本人以外にも役立つ説明とすることができた。

また、画面共有は対面授業にも影響があった。対面授業ではホワイトボードに書いたり、資料をプロジェクタで映したりしていたが、席が後ろの学生には見づらく、感染拡大防止のために席の間隔を普段より広くとっていたため、普段よりもさらに見づらくなってしまっていた。オンライン授業で画面共有を活用した際に、解像度が高くとても見やすかったため、対面授業でも教員の画面を配信して、学生が手元の PC の画面で見られるようにしたり、教室

内に配置した大型ディスプレイに配信したりすることで、席が後ろの学生でも見やすい環境を構築した。

(図 8)



図 8 大型ディスプレイに同時配信している実習

### 3. 5 G Suite for Educations

G Suite には表 2 のとおり様々なアプリケーションが含まれているが、今回の事例ではオンラインストレージである Google ドライブを主に活用した。

ファイルの管理になじみのない学生もあり、初めて触れるクラウド環境にかなり苦戦した者もいた。学生が普段使い慣れているスマートフォンは、ファイルの保存場所を意識せずとも使えるため、今までの新入生でもファイル管理がおぼつかない学生もいた。そのためファイル操作に四苦八苦することはあらかじめ予測できていたことではあったが、クラウド環境だとさらに苦勞するようだった。週に 2 回は登校日があったため、登校日にフォローすることで学生も徐々に操作に慣れていった。

Zoom と同じオンライン会議アプリケーションである Meet については、Zoom の方が UI 面で優れており使い勝手が良かったため使用頻度は低かった。しかし、G Suite のユーザは Meet を無料で利用可能であるため、費用面では格段に優れている。

課題管理をサポートする教育機関向けアプリケーションの Classroom も一部の授業で活用した。その日の授業の振り返り演習をこまめに行うことができることに加え、その場で解答が分かるため、学生自身も自分の理解度を知ることができた。

その他にも表 2 のようにオンライン授業に便利なアプリケーションが含まれているが準備不足もあり十分な活用はできなかった。

#### 4. 実施後のアンケート

5月25日に緊急事態宣言が全国で解除され、長野県でも6月1日からの「社会経済活動再開に向けたロードマップ」が策定されたことを受け、感染拡大防止策を十分行ったうえで、6月1日から対面授業を中心とした授業に切り替えることとなった。

オンライン授業は5月末をもって一区切りとなったため、これまでのまとめとして表3のようなアンケートを行った。

##### 4.1 良かった点

「オンライン授業をやってよかった点」について自由記述を求めたところ、表4の通りであった。

気軽さという点では、好意的にとらえられている学生が多いようだった。

3.3で述べた通り、手元の画面で見られるのは評判がよく、逆にとらえると今までのプロジェクタやホワイトボードは見づらかったと反省させられるところがある。

画像や動画で記録して後で活用するという発想が当たり前に出てくる点については、世代差を感じさせられた。今の学生は2000年頃に生まれ、スマートフォンやSNSが普及している時期に十代を過ごしているため、情報端末やコンテンツに対する考え方が、昭和生まれの私たちとかなり違うのだと考えさせられた。

##### 4.2 困った点・悪かった点

「オンライン授業をやって困った点・悪かった点」について自由記述を求めたところ、表5の通りであった。

3.2で述べた「距離感」については学生側もかなりの不満を持っており、ストレスを感じていたようだった。質問しやすい環境づくりや授業のスピードは、分かりやすい授業に不可欠な要素なので、オンライン授業を実施していくうえで最優先で改善すべき点はここだと考える。

画面共有については評判が良かったが、配信環境については不満も多かった。ホワイトボードをなるべく広く使えるようにマイク内蔵カメラの位置を下げて配信した場合があったが、画像も音声ももっと近くで撮れるようにすべきであった。マイクとカメラは別々にしたほうが調整しやすいとも感じた。

PCやネットワーク環境については、基本的に学生個人の者を利用してもらったため、性能不足で苦労した学生もいたようだった。自宅のオンライン授業の環

表3 アンケート概要

実施期間	2020/05/26～2020/06/05
回答対象者	28名（電気・制御技術科学生 1年生12名、2年生16名）
回答数	18
実施方法	Googleフォームで作成・集計

表4 主な回答（良かった点）

分類	主な記述内容
通学	交通費がかからない 朝の時間に余裕ができる
気持ち	リラックスして受けられる いつもより集中できる トイレに行きやすい
見る 聞く	資料が見やすい科目もあった 席に関係なく見えるし聞こえる
記録	スクリーンショットを撮れる 録画して後から聞き直せる
調査	先生の目を気にせずネットで調べられた

表5 主な回答（困った点・悪かった点）

分類	主な記述内容
質問しづらい	個人的に聞きに行けない 生徒からレスポンスを返すのが難しい 生徒がどこで困っているか先生が分かっていない 一度見逃すと追いつけない
進捗が早い	追いつくのが大変で、理解できずに終わった 白板に書かれた文字を消すのが早かった
画像・音声	画面が見えづらいと感じる場面が多かった ホワイトボードが光に反射して見えないときがあった 音量を最大にしても先生の声が聞こえにくい
PC・環境	家のPCがスペック不足で、落ちそうになった 家のPCに授業で使うPowerPointがなく困った
二画面	画面共有しながらExcelの作業するのが大変 いくつか立ち上げた際に、画面が一つだと大変
データ VDT作業	保存場所が別であるためデータ移行忘れが発生する 目が疲れる

境を全員が一定以上の基準を満たすように強制することは家庭の経済的理由もあり困難である。これは学校単独ではどうにもならない課題であるため地域と協力した働きかけが必要と感じた。

#### 5. むすび

1か月間という短い期間ではあったものの、オンライン授業を実施することはできた。とりあえずやってみるという点では、意外と何とかできたという印象で

あり、技術の進歩と普及に驚かされた。しかしオンライン授業をより快適に、当たり前のように活用できるようにするためには課題も多く残されており、改善の必要性を強く感じた。今回の取り組みは学校側、学生側の両方の視点で様々な意見をもらえ、良い事例になったと感じている。

新型コロナウイルスの影響で社会のあり方について大きな変革期が訪れている。就職活動ではオンライン会社見学やオンライン面接が当たり前になってきており、企業ではオンライン会議や在宅勤務がより活発に行われるようになっている。クラウドサービスをはじめとするオンラインアプリケーションの活用もより進

んでいくことが予想される。

そういった点において、オンライン授業は対面授業ができない場合の代替手段で終わらせるのではなく、これから時代に適応した技術に触れ、経験を積んでいくための教材として利用すべきものである。オンライン授業を一過性のものにとらえずに今後も活用していくことが必要だと考える。

#### 参 考 文 献

- 1) 大向一輝：オンライン講義の通信量；  
<https://scrapbox.io/utdh/オンライン講義の通信量>

【事例紹介】

## 霜柱の発生について

事務局 太田晃生

### 1. はじめに

霜柱は寒冷地における冬の風物詩ともいえる自然現象である。本校の花壇における初冬期の発生状況を観察した。

### 2. 霜柱の発生と気象条件

暖冬であった令和元年度の最初の霜柱は、11月21日に観測された。以後1か月にわたる観測結果は表1のとおり。(今シーズンの最終観測日4月15日)

表1 気象条件と霜柱の発生

	観測時間	気温	地温	霜柱
11月21日	-	-	-	○
11月22日	-	-	-	○
11月26日	8:00曇	5.5	8.0	
11月27日	8:00雨	8.0	9.5	
11月28日	8:00曇	5.8	9.0	
11月29日	8:00晴	0.0	4.5	○
11月30日	8:00晴	0.0	2.2	○
12月1日	6:30晴	△3.2	2.0	○
12月2日	8:00雨	6.5	8.0	
12月3日	8:00晴	1.2	5.0	
12月4日	8:00晴	△3.4	1.8	○
12月5日	8:00晴	△3.0	3.8	○
12月6日	8:00晴	△3.9	2.4	○
12月7日	7:30薄曇	△2.8	3.1	○
12月8日	7:30晴	△7.2	1.1	○
12月9日	8:00晴	△6.8	1.2	○
12月10日	7:40晴	△2.2	3.1	○
12月11日	8:00晴	△1.8	3.8	○
12月12日	7:30霧雨	4.4	4.8	
12月13日	8:00晴	△8.0	1.8	○
12月16日	8:00晴	△8.6	0.1	
12月18日	8:00雨	8.6	8.0	
12月19日	8:00曇	2.9	6.0	
12月20日	8:00薄曇	3.7	6.0	
12月22日	6:40曇	△2.0	4.0	○
12月23日	8:00薄晴	0.5	3.8	
12月24日	8:00薄	0.5	4.0	
12月25日	8:00晴	△2.8	2.9	○
12月26日	8:00薄晴	1.2	3.0	○
12月27日	8:00雨	3.8	5.0	
12月29日	10:00晴	△0.5	2.0	

#### (1) 観測の条件

気温は地表付近の温度を計測

地温は地中約10cm付近の地温を計測

「-」計測値なし 「○」霜柱あり



図1 気温と地温の計測の様子

#### (2) 発生状況

11月下旬から12月は朝の冷え込みも少なく降雪もほとんどなかったが、地表付近が氷点下、地中は0℃以上の時に霜柱がよく観測された。

また降雨(雪)により多量の水分が地中に浸透した後、冷え込みがあった朝には長い霜柱が発生する傾向がみられた。



図2 観測された霜柱

### 3. 霜柱の生長条件

霜柱は地中の水分が毛細管現象により地上に向かって上昇し、地表の冷気によって凍ることで成長する。この時、霜柱の先端に核となる細かな粒子が必要になるため粒子となる土の性質も関係する。

霜柱の発生・成長を観察するために次の実験をおこなった。

### (1) 実験装置

空のペットボトルを切断し、上部を逆さにして砕いた鹿沼土を入れ、ティッシュペーパーを使って下部から水を吸い上げることとした（図3）。下部の水が氷ることを避けるため容器をビニールで巻いたり、容器下部を地中に埋めるなど試行錯誤した。実験装置において発生した霜柱の様子を図4に示す。

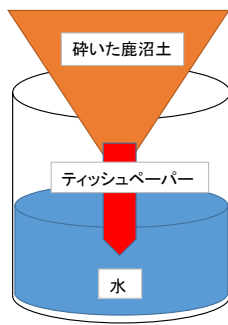


図3 実験装置



図4 発生した霜柱

### (2) 水の実験

水が氷る際に異物を吐き出す作用があることを踏まえ、水道水に絵具を溶かしたものや経口補水液（糖類、クエン酸、甘味料等含む）を用いて(1)と同様の実験を行った。

絵具を溶かした水溶液には、水の温度の低下により不飽和となった絵具が出現し沈殿した。また、毛細管現象で吸い上げられた絵具はティッシュペーパーを上昇するにつれて絵具の色が薄くなり、色付きの霜柱を観測することはできなかった。

### (3) 霜柱の種類

12月25日に最も長い12cmの霜柱が出現した。長い霜柱は1本1本が細い棒状であった（図5）。



図5 棒状霜柱

観察期間中、花壇のラベンダー（シソ科）の根元に霜柱のような氷の塊（図6）を3回観察することができたが、それ以後は確認できなかった。地中から吸い

上げられて茎に残っていた水分が抜けてしまったためと思われる。



図6 ラベンダー根元に発生した霜柱状の氷塊

校内の別地点の日影となる場所で2層の霜柱を発見した（図7）。前日にできた霜柱が気温が低く溶けないまま、翌日、新たに霜柱ができたものと推測される。

表土が凍結する寒冷な朝に下層部の未凍結の水が表面に向かって上昇したものの、上部の凍結表土との間で行き場を失い凍結層の形成が見られた（図8）。



図7 2層の霜柱



図8 凍結層の形成

## 4. おわりに

天然の霜柱は「踏むときの音の響き」から観察を通して気象条件を推察する対象となった。「雪は天からの手紙」と表現した中谷宇吉郎氏の言葉<sup>1)</sup>が思い出される。

## 参考文献

- 1) 中谷宇吉郎, “雪”, 岩波書店 (1994).

## 【事例紹介】

## 人工知能初心者が体験した手書き数字認識の事例

電気・制御技術科 武久泰夫

## 1. はじめに

筆者は、31年前に長野県に採用され、いわゆる地方公設試の一つ長野県情報技術試験場（現在は長野県工業技術総合センター環境・情報技術部門）に配属となった。学生時代は、パーソナルコンピュータが研究室に1台かせいぜい2台しか設置されていない時分であり、誰もが自由に使える環境とは程遠く、大学院生の先輩に遠慮しつつベーシック言語で簡単なプログラムを作成するのが関の山であった。

浅学のまま情報関係の職場に配属されたため、何を研究対象にすればよいのか途方に暮れ、当時の技術情報誌に特集の組まれる機会が多かった人工知能を勉強してみることにした。エキスパートシステム、遺伝的アルゴリズム、ニューラルネットワーク、ボルツマンマシンがその時代の主役である。それらのうち「先輩職員が手を付けていない」条件をパスしたニューラルネットワークとボルツマンマシンを取り上げ、動作原理を確認する極初歩的なプログラムの実装を試みたりした。今はそれらのプログラムが存在せず、記憶もあまいなため、確たることは言えないが、ボルツマンマシンはいくらパラメータを調整しても、参考書に示されているような性能が出ず、自分の未熟さを省みないまま興味を失っていった。一方のニューラルネットワークに関しては、簡単なシミュレーションの結果が人間の判断に近いものであったため「なるほどなあ」と腑に落ちる部分はあったが、如何せん、経験不足と当時のPCの処理能力では、地域企業支援の助けになるようなアプリケーションとはならず、肩身が狭くなって異なる方向に研究の舵を切った。そのまま研究を続けていけば、と思いついても後の祭りである。

以来、人工知能を迂回して過ごすこと30年、そこに到来したのが第三次人工知能ブームである。「“深層学習”とはあたかも深淵なる脳の思考過程を模した言い回しではあるけれど、つまるところニューラルネットワークの層を増やただけでしょ。」そんな醒めた視線で傍観しているうち、避けようもないほどにAIの情報があふれだした。筆者が若気の至りで見切りをつ

けた30年前と比べて、何がどのように進化したのか、それを確かめるためには自ら実験してみるしかない。

## 2. 30年ぶりの人工知能

過去にニューラルネットワークを少しかじったとはいえ、30年の時間がほとんどの記憶を消し去り、もう一度ゼロから人工知能とくに深層学習を勉強しなおすつもりで、参考書を物色するところからはじめた。インターネット上の書評をもとにオンラインで参考書を注文する方法もあるが、ブーム最中だけあって関連書籍が多すぎて書評を読み出すとつきりがない。今回はリアルな書店に足を運び、中身を確認した上で「はじめてのディープラーニング」<sup>1)</sup>という本を購入した。決め手になったのは、帯に印刷されていた「ディープラーニングの基礎知識と実践的なプログラムを、フレームワークを使わずに解説しています。」という紹介文である。既存のフレームワークを使用した経験がないため、憶測でしかものが言えないが「フレームワークを使用＝本質部分のブラックボックス化」の関係が想像され、**deep learning**を**shallow learning**ただけで理解したつもりになってはいけないと自戒し、それらを使用していない書籍を選んだ。この参考書を読んで、学習の本質は30年前に勉強したバックプロパゲーションにこそあると再認識した。

では当時と何が異なって現在の爆発的普及に至っているのか？筆者が感心したのは、手書き文字の認識で紹介されている、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）である。

畳み込み自体は、画像研究では大変一般的な処理であり、特段目新しいものではないが、これをニューラルネットワークの一層と位置付けて、そのフィルタ係数を最適化するアルゴリズムは少なくとも30年前に学んだ内容には含まれておらず「この手があったか」と思わずにはいられなかった。しかし、よくよく調べてみるとCNNの基本原理はネオコグニトロン<sup>2)</sup>として、1980年代に福島邦彦氏によって提唱されていた。30年前の筆者が人工知能の研究に本気で取り組んでいけば、この著名な手法に行き当たらないはずはなかったわけ

で、覚悟が甘かったと言わざるを得ない。

画像処理における畳み込みは、エッジ強調やノイズ除去の目的で使用されることが多いため、CNN を画像認識に適用すれば、各画像の特徴を際立たせるようにフィルタ係数が最適化されるであろうことは想像に難くない。さらに、対象物の位置に対するロバスト性を高める工夫＝プーリング処理も実に腑に落ちる。長野県情報技術試験場の職員時代に実装した素のニューラルネットワークは、正規化されたデータのみしか対象にし得なかったのに対し、CNN なら多層化を省いたとしても、よりフレキシブルに高精度な認識性能を発揮する期待を抱いた。

### 3. 手書き数字認識の実験

今回は、CNN をととして人工知能の進化を体験することが目的であるため、購入した参考書のサンプルプログラムとサンプルデータをそのまま流用した。従って研究的な要素はゼロに近い。実験の概要を説明すると、以下ようになる。

- 1) 0~9 までの 10 種類の手書き数字をデジタル化（解像度 8×8 画素）した合計 1797 枚の画像を用意する。サンプル例を図 1 に示す。
- 2) これらの画像を、学習に用いる 1198 枚（訓練データ：全体の 2/3）、性能評価に用いる 599 枚（テストデータ：全体の 1/3）の二つに分割する。
- 3) 前者の画像を用いて CNN の学習を行う。
- 4) 後者の画像を、学習済み CNN に入力し、どの程度正確に認識できるかを評価する。

本実験では、全結合層の中間層を単層としたサンプルプログラムしか扱っていないため、深層学習という言葉を使うのは憚られ、最も単純な CNN の性能評価、との記述が正当な表現といえる。深い層を設けるまでもなく十分な認識性能が示された理由として、限定的なデータ数、1 サンプル当たりの画素数（64 個）の少なさ、10 分類という単純さが考えられる。多層化による性能向上は、より難易度の高いデータを対象にする機会まで温存しておきたい。また、CNN の実行にあたり、ユニットの個数をはじめとする各種パラメータを設定する必要があるが、それらはサンプルプログラムの値を変えることなく流用している。

1198 枚の手書き数字データで学習した CNN に 599 枚のテストデータを入力したとき、学習の進捗に対し、どのように認識精度が向上するかの結果を図 2 に示す。

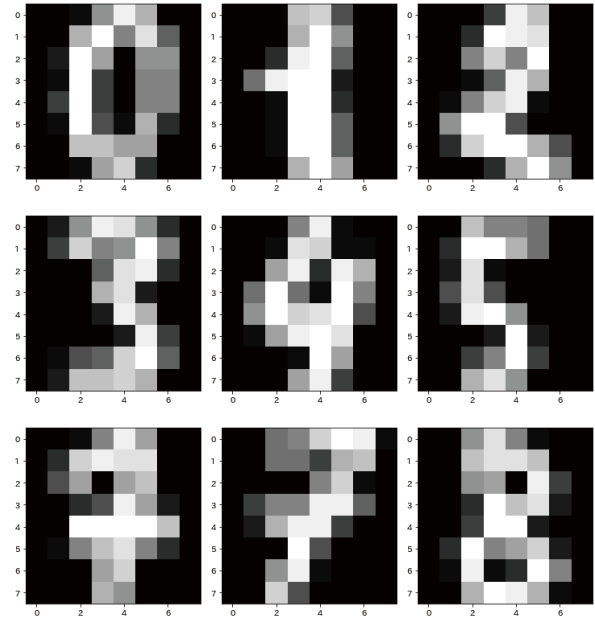


図 1 手書き数字のサンプル 0~8

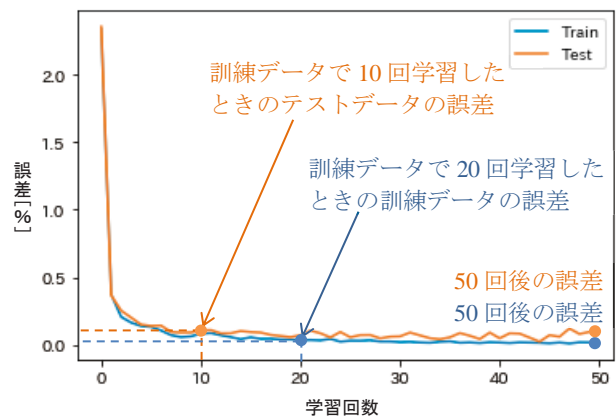


図 2 学習回数と認識誤差の関係

学習過程（横軸）が進むとともに誤差が急速に低下し、50 回の学習終了時点では、訓練データに対しては 100%、テストデータに対しては 97.8% の認識が可能となった。この学習済み CNN にテストデータを入力したとき、どの数字として認識したかを表 1 に示す。

参考書に掲載されているサンプルなので、理想的に学習が進む事例を取り上げているはずである。一方で、ある程度パラメータを変化させても同じような結果が得られるところから、CNN が鷹揚に適応してくれているものと思われる。仮に人間がチューニングをしたとすれば、シーケンシャル処理では対応できず、極めて高度な職人技的パラレル処理を求められることは容易に想像できる。あちらを立てればこちらが立たずの天邪鬼なパラメータを手なずけ、バランスよく調整してくれる CNN の威力を実感した。

表1 テストデータに対する CNN の回答  
対角要素は正解の青字, 不正解は赤文字

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	60	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	62	0	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0	60	0	0	0	0
6	2	1	0	0	0	0	63	0	3	0
7	0	0	0	0	0	0	0	63	0	1
8	0	1	0	0	0	0	0	0	55	0
9	0	1	0	1	0	0	0	0	0	57

正解は6だが誤って8と認識した個数が3つ

表2 180度回転した数字に対する回答  
最高頻度の出力は赤文字

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	34	0	6	10	3	3	0	0	0
2	2	0	20	25	0	1	0	3	0	0
3	0	0	6	1	0	2	12	0	40	0
4	1	2	0	0	44	1	0	1	4	10
5	0	2	0	28	1	25	3	0	0	2
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	68
7	0	7	0	0	28	0	18	0	11	0
8	0	0	3	1	0	2	0	1	49	0
9	4	1	0	0	10	8	20	0	16	0

6を180度回転させると9にみえる

#### 4. 180度回転した数字の認識

参考書のプログラムを丸写しして追実験し、書かれてあるとおりの結果が確認されました、というのがここまでの内容である。当たり前でしょ、と言われれば返す言葉に窮する。最後に、少しだけモディファイした実験を行ったので、それについて言及しておく。学習するまでの過程は参考書と同じながら、テストデータの数字を180度回転させ、その認識結果を観察する実験である。テストデータのサンプル例を図3に、CNNの認識結果を表2に示す。

0, 1, 8は180度の回転に対してほぼ不変、また6と9は180度回転すると相互に入れ替わる。人間の感覚どおり、これらの数字の認識結果には、その特徴が反映された。他の対称性の乏しい数字では、誤回答が目立つ中で、4のみ180度回転した画像の認識精度が高い。これはどういうことなのか。回転した結果が他のいずれの数字とも似ている部分を見いだせず、仕方なく4に分類した結果なのか、別の要因があるのか、予想がつかない。バックプロパゲーションを基本にして、CNNが認識精度を向上させていく仕組みは、根気よく参考書を読み解けば理解できるが、このように予測不能な処理結果をもたらすところが、AIは何を根拠に判断しているのか分からないといわれる所以なのかもしれない。

#### 5. 最後に

本実験は、ネオコグニトロンに起源を置くCNNの性能評価であり、深層学習と呼べるような多層化はされていないことを再度おことわりしておく。

もしこの数字認識を、人工知能的な手法を用いず純粋な画像処理だけで実行しようとすれば、相当の工夫

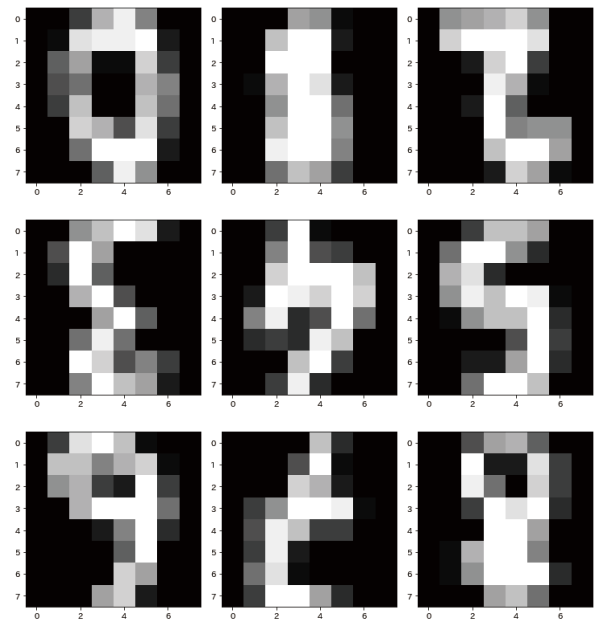


図3 180度回転した数字のサンプル 0~8

が必要となるであろう。学習という手続きにより、シンプルなプログラムでここまでの精度をマークしたCNNの性能には、手放して称賛を送りたい気分になる。

30年前と比較して、デジタルデバイスの性能、学習に使えるビッグデータ、インターネット上に公開されているサンプルプログラムやプラットフォーム、関連する情報量、人工知能の実績と信頼度、そしてそれを受け入れる社会の醸成、ことごとく違ってきている。

今回は、うまくいくことが保証されている実験の追試を行っただけなので、研究の醍醐味となるときどきわくわくを感じる機会はありませんでした。しかし、もし実社会の課題解決に人工知能を実装できれば、それはやりがいのあるチャレンジになるであろうことを予感させるに十分な試行であった。特に、在学中の学生にこそトライしてもらいたい。

### 参 考 文 献

- 1) 我妻幸長, “はじめてのディープラーニング”, SB クリエイティブ (2018).
- 2) K. Fukushima : Neocognitron : A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position ; Biological Cybernetics, 36, 193-202 (1980).

## 【事例紹介】

## ルビー結晶の人工育成に関する研究成果

機械・生産技術科 鮎沢俊輔

## 1. 研究要旨

ルビー結晶は、酸化クロムを1%程度含有した酸化アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 結晶であり、宝石として有名である。化学的、機械的に優れた性質から、ルビー結晶は宝石用途以外にも工業材料として多用されている。高品質なルビー結晶を簡便に育成できれば、工業材料としてのルビー結晶を安定的に供給することができる。そこで我々は種となる結晶上に新たな結晶を育成するエピタキシャル成長に注目した。本研究では、サファイア種結晶をもとに良質なルビー結晶をエピタキシャル成長させることを目的とした。そのために、三酸化モリブデン ( $\text{MoO}_3$ ) を用いたフラックス蒸発法によってルビー結晶を育成した。 $\text{MoO}_3$  は人体に対する毒性がなく扱いやすい特長を持つ。良質なルビー結晶を育成するためには、フラックスに対する溶質の溶解度、結晶成長に及ぼす保持温度の影響、フラックス蒸発の制御に関する知見等が必要である。本研究では、サファイア結晶基板を種結晶としたルビー結晶膜エピタキシャル成長を通じてこれらの知見を得た。サファイア結晶基板上にエピタキシャル成長したルビー結晶を図1に示す。



図1 エピタキシャル成長したルビー結晶

## 2. 論文発表実績

本研究は、長野県南信工科短期大学校が信州大学工学部手嶋・是津研究室と共同で実施した。これまで、アメリカ化学会の学術雑誌「Crystal Growth & Design」にルビー結晶のエピタキシャル成長に関する4報の研究論文を発表した。大型で高品質のルビー結晶を簡便に育成する技術の確立が評価された。4報目の論文「Form Design of Bulky Ruby Crystals with Well-developed (1123) Faces-Epitaxial Growth of Crystal Films on Sapphire Substrates via  $\text{MoO}_3$  Flux」は同誌の10月号の supplementary cover に選ばれた。この supplementary cover は、<https://pubs.acs.org/toc/cgdefu/20/10> からダウンロードすることができる。

## 3. 発表論文目録

以下に発表した4報の論文を示す。

1. Shunsuke Ayuzawa, Sayaka Suzuki, Miki Hidaka, Shuji Oishi, Katsuya Teshima, Epitaxial Growth of Ruby Crystal Films on Sapphire Crystal Substrates and Solubility of Aluminum Oxide in Molybdenum Trioxide Flux, *Cryst. Growth Des.*, Vol. 19, No. 7, pp. 4095–4100 (2019年7月発行に掲載)
2. Shunsuke Ayuzawa, Sayaka Suzuki, Miki Hidaka, Shuji Oishi, Katsuya Teshima, Effect of Holding Temperature on Growth of Ruby Crystal Films via Molybdenum Trioxide Flux Evaporation–Solubility of Aluminum Oxide, Growth Rate, and Material Balance, *Cryst. Growth Des.*, Vol. 20, No. 3, pp. 2019–2026 (2020年3月発行に掲載)
3. Shunsuke Ayuzawa, Sayaka Suzuki, Miki Hidaka, Tetsuya Yamada, Shuji Oishi, Katsuya Teshima, Role of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  Addition in Epitaxial Growth of Ruby Crystal Films on Sapphire Crystal Substrates via  $\text{MoO}_3$  Flux Evaporation, *Cryst. Growth Des.*, Vol. 20, No. 6, pp. 4157–4163 (2020年6月発行に掲載)

4. Shunsuke Ayuzawa, Tetsuya Yamada, Naoki Katsuta, Sayaka Suzuki, Hiromasa Shiiba, Shuji Oishi, Katsuya Teshima, Form Design of Bulky Ruby Crystals with Well-Developed (1123) Faces—Epitaxial Growth of Crystal Films on Sapphire Substrates via  $\text{MoO}_3$  Flux, *Cryst. Growth Des.*, Vol. 20, No. 10, pp. 6283–6289 (2020年10月発行に掲載)

#### 4. 今後の展望

本研究により、 $\text{MoO}_3$  フラックス蒸発法によって高品質なルビー結晶を育成するために必要な知見を得ることができた。今後は、エピタキシャル成長の研究を続けることで結晶成長の基本的なメカニズムを解明できるであろう。フラックスからの結晶のエピタキシャル成長は、種結晶の溶解・析出のプロセスを経ることから、その様子を観察することができる。結晶核が生成し成長したバルク状結晶では観察が難しい溶解・析出プロセスを観察することができる。結晶成長メカニズムの基礎であり神髄に迫ることができる可能性がある。また、 $\text{MoO}_3$  フラックスから、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  とは別のコランダム構造の結晶を育成できる可能性がある。コランダム構造の結晶を簡便に育成することができれば、半導体をはじめ様々な分野に役立てることができるであろう。本研究を核にして、フラックス法により所望の形状や性質を持った新しい結晶材料を開発していきたい。

また、長野県南信工科短期大学校で開催の人材ふれあいフェアでは、一般の方に向けたルビー結晶作り体験会を実施している。体験会では、アルミナ製のつぼに直接ルビー結晶を育成する。図2にルビー結晶を育成したアルミナ製のつぼを示す。体験会の様子を図3



図2 ルビー結晶を育成したアルミナ製のつぼ



図3 ルビー結晶作り体験会の様子

に示す。体験会を通じて一般の方々に科学技術の魅力を伝えていきたい。

#### 5. 謝辞

本研究は、南信工科短大振興会研究補助金を受けて実施した。記して謝意を表す。

## 研究・教育・社会活動の概要

(2019.4.1～2020.3.31)

### A. 表彰

手嶋勝弥, 鈴木清香, 簾 智仁, 林 文隆, 山田哲也, 田中秀樹, 寺島千晶, 大石修治, 是津信行  
日本 MRS 貢献賞「ナノ材料デザインのためのフラックス結晶育成アプローチ」  
2019.11.29

### B. 研究活動

#### 1. 総説・解説・展望等

Fumitaka Hayashi, Shuji Oishi, Katsuya Teshima  
Flux growth of highly crystalline particles of idiomorphic mixed metal oxides for water purifier application,  
Advances in Materials Science Research, NOVA Science Publishers, Inc. (New York), 38, 57-80 (Chapter 3), 2019.

#### 2. 研究論文

Sayaka Suzuki, Haruka Saito, Kunio Yubuta, Shuji Oishi, Katsuya Teshima  
Growth of millimeter-sized platy single crystals of NaTaO<sub>3</sub> from Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> flux,  
Crystal Growth & Design, 19, 7, 3607-3611, 2019.

Shunsuke Ayuzawa, Sayaka Suzuki, Miki Hidaka, Shuji Oishi, Katsuya Teshima  
Epitaxial Growth of Ruby Crystal Films on Sapphire Crystal Substrates and Solubility of Aluminum Oxide in Molybdenum  
Trioxide Flux,  
Crystal Growth & Design, 19, 7, 4095-4100, 2019.

Shunsuke Ayuzawa, Sayaka Suzuki, Miki Hidaka, Shuji Oishi, Katsuya Teshima  
Effect of Holding Temperature on Growth of Ruby Crystal Films via Molybdenum Trioxide Flux Evaporation—Solubility of  
Aluminum Oxide, Growth Rate, and Material Balance,  
Crystal Growth & Design, 20, 3, 2019-2026, 2020.

松原洋一  
焦点法を用いた奥行き測定  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 2 - 8, 2019.

鮎沢俊輔, 清水康太, 神谷優人, 羽生大河, 登内誠也  
水溶液からのリン酸二水素アンモニウム結晶の育成  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 9 - 12, 2019.

三沢雅芳, 鮎沢俊輔  
自動ホワイトボード消し装置の製作  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 13 - 16, 2019.

宮下利仁

制御工学講義における PLC を使用した PID 制御の実践  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 17 - 22, 2019.

荒川 進

「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—  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 23 - 29, 2019.

横道正和

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して—  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 30 - 33, 2019.

太田晃生

本校における太陽光発電の検証  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 34 - 35, 2019.

中島一雄

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—  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 36 - 38, 2019.

武久泰夫

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  
長野県南信工科短期大学校紀要, 3, 39 - 41, 2019.

### 3. 特許・発明

なし

### 4. 講演

藤岡和史, 坂本 智, 山口 貢, 荒川 進, 近藤康雄, 山口顕司  
ワイヤソーによる溶射被膜の微細加工  
2019 年度砥粒加工学会学術講演会 (ABTEC2019), 2019.8

鈴木清香, 鮎沢俊輔, 大石修治, 手嶋勝弥  
フラックス法によるルビー薄膜のエピタキシャル成長を利用した新規溶解度測定技術の提案  
表面技術協会第 140 回講演大会.2019.9.9-10. (10E-01)

大石修治

結晶の成長  
上伊那退職校長会令和元年度ぬるみの会秋の研修会, 2019.10.19

鮎沢俊輔, 鈴木清香, 大石修治, 手嶋勝弥

三酸化モリブデンフラックスへの酸化アルミニウムの溶解度およびそれを活用したルビー結晶膜のエピタキシャル成長  
第 48 回結晶成長国内会議, 2019.10.31

大石修治

静岡県立池新田高等学校創立 100 周年記念講演式典（ビデオ出演），2019.11.13

荒川 進

長野県南信工科短期大学校における「キャリア教育」の取組み紹介と学生の就職活動の動向

長野高専×南信工科短大教育研究シーズ研究会，2019.11.15

松原洋一

焦点法を用いた奥行測定研究の紹介

長野高専×南信工科短大教育研究シーズ研究会，2019.11.15

大石修治

岡谷工業高等学校～南信工科短期大学校連携～ アルミ缶から人工ルビーを作る

産業教育 MIRAI フェア 2019（ビデオ出演），2019.12.7

鳥海壮矢，藤岡和史，坂本 智，山口 貢，荒川 進

溶射被膜の微細加工によるワイヤ工具の工具摩耗

日本産業技術教育学会第 31 回関東支部大会，2019.12

## C. 教育活動

### 1. 授業担当

大石修治	社会学 中田教一先生，小澤 仁先生，向山孝一先生，飯島 智先生，伊藤秀章先生，太田哲郎先生および望月圭介先生に講義いただいた。
武久泰夫	電磁気学，制御工学概論 電磁気学では，物理現象は数式によって表現できることを実感してもらえよう，身近な現象と数式を対応させて説明するように心がけた。また，常に単位系に気を配るよう指導した。
荒川 進	ゼミナール，総合課題，安全衛生工学，力学演習，機械材料，油圧・空圧制御，機械工学 安全衛生では，社会人としてあるいは大学校での実習の基本的なルール身につけることに重点をおいた授業を展開した。機械材料や機械工学という工学分野の学問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。
田畑克敏	制御工学概論，情報処理実習 A，制御工学実習 I・II・III，設計製図実習 III，ゼミナール，総合課題，安全衛生工学
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，「地域との共同実習」を実施，KOA（株）より提案の「円筒型ケース取出し治具」製作を担当した。
矢崎美彦	測定工学，機械加工学，機械工学基礎実験 II，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	機械工学 A，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 材料力学及び機械工学 A 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。
湯本一彦	制御工学実習 I・II・III，シーケンス制御，機械工学基礎実験 I・II，機械加工実習 III・IV，

	設計製図実習Ⅱ・Ⅲ, 機械加工実習Ⅲ, 機械工学B, 安全衛生, ゼミナール, 総合課
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。
松原 洋一	電気回路, 電磁気学, 安全衛生工学, ゼミナール, 総合課題, FAシステム構築実習Ⅱ FAシステム構築実習Ⅱでは, 画像処理実習機等を用い, 光学系の基本から画像処理の基礎知識までの授業を行った。学生自身が検査手法を自ら考えることにも取り組んだ。
千葉隆史	FAシステム構築実習Ⅰ, 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
宮下利仁	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, 環境・エネルギー有効利用技術実習, 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	機械加工実習Ⅰ・Ⅲ
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, 計測制御工学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
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
鶴田忠則	安全衛生作業法 (アーク溶接), 機械加工実習 (アーク溶接)
土橋美博	基礎製図, 設計製図実習Ⅱ・Ⅲ
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, 機械加工実習Ⅰ
福澤定市	機械加工実習Ⅰ, 測定及びけがき実習
藤崎淳子	設計製図実習Ⅱ, 情報処理実習B
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

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

池上尚吾	動物的歩容遷移の再現	横道正和 (機械・生産技術科)
池戸勇貴	六足歩行ロボットによる階段歩行の研究	横道正和 (機械・生産技術科)
上野心響	リン酸二水素アンモニウム大型結晶の育成とその応用	鮎沢俊輔 (機械・生産技術科)
大倉龍弥	マレットゴルフ用スティックの開発 ー トポロジー最適化によるフェイス, ヘッド部形状の検討ー	湯本一彦 (機械・生産技術科)
鎌倉祥太	ドリル加工用切削動力計の設計	荒川 進 (機械・生産技術科)
木下 峻	3D プリンタ製樹脂型による粉体圧縮と焼結に関する基礎研究	中島一雄 (機械・生産技術科)
佐々木敦司	マレットゴルフ用スティックの開発 ー 粉末冶金製フェイス開発における打撃音の検討ー	矢崎美彦 (機械・生産技術科)
佐藤寿紀	表面硬化層を有する被削材のドリル加工における切削動力の解析	荒川 進 (機械・生産技術科)
関島辰一	ひずみゲージを用いたドリル加工用切削動力計システムの試作と動作評価	荒川 進 (機械・生産技術科)
高田李勇	ラズベリーパイに関する研究	田畑克敏 (機械・生産技術科)
武田向日葵	透明なリン酸二水素アンモニウム結晶の育成	鮎沢俊輔 (機械・生産技術科)
戸田侑弥	マレットゴルフ用スティックの開発 ー 粉末冶金製フェイス開発における強度の検討ー	矢崎美彦 (機械・生産技術科)
仲間 力	3D プリンタ活用樹脂型の熱処理の最適化および保管方法に関する研究	中島一雄 (機械・生産技術科)
野崎将史	3D プリンタ活用樹脂型の離型に関する研究	中島一雄 (機械・生産技術科)
深澤玲雄	Arduino の活用と 100V 回路の制御に関する研究	田畑克敏 (機械・生産技術科)
松崎勇紀	Arduino と有接点シーケンスによる電圧変換回路の研究	田畑克敏 (機械・生産技術科)
三澤一斗	メカニカルな適応制御により把持を行うロボットハンド	横道正和 (機械・生産技術科)
森脇大貴	ドリル穴加工における切削動力の解析	荒川 進 (機械・生産技術科)
矢澤拓己	マレットゴルフ用スティックの開発 ー スティック用試験機の検討ー	湯本一彦 (機械・生産技術科)
赤羽優希	画像処理を用いた自動押印機の開発	千葉隆史 (電気・制御技術科)
大沼哲也	ライントレース車両ロボットの自己学習システムの構	宮下利仁 (電気・制御技術科)

## 築

鎌倉誠永	音声認識を用いた冷蔵庫の在庫管理システムの開発	千葉隆史（電気・制御技術科）
木澤辰徳	無線通信を用いた位置情報認識システムの開発	松原洋一（電気・制御技術科）
小林駿介	非接触による牛の体形測定の研究	松原洋一（電気・制御技術科）
榊山佳輝	機械学習によるじゃんけんシステムの構築	宮下利仁（電気・制御技術科）
高橋優輝	分光器を用いた農業用デバイスの研究	三沢雅芳（電気・制御技術科）
竹村健人	猫の生態調査用バイオロギング機器の開発	松原洋一（電気・制御技術科）
田中健太	機械学習によるコーヒーの淹れ方の研究	宮下利仁（電気・制御技術科）
長島 豪	赤外線アレイセンサによるジェスチャー認識に関する研究	三沢雅芳（電気・制御技術科）
二山 敦	音発生場所のカメラ画像上表示装置の製作	三沢雅芳（電気・制御技術科）
花岡 歩	画像処理による個人識別システムの研究	松原洋一（電気・制御技術科）
福与晃司	多極少スロットモータにおける高トルク設計の研究	宮下利仁（電気・制御技術科）
降旗偉大	モーションキャプチャを用いた作業者の動作解析システムの構築	千葉隆史（電気・制御技術科）

### 3. 課外活動

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。

松原洋一

信州大学工学部田中清教授・白井啓一郎准教授との奥行計測に関する共同研究を実施した。

松原洋一

SUWA 小型ロケットプロジェクトにメンバーとして参加し、エンジン開発、無線を使った遠隔点火システムの開発に携わった。

### D. 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

## 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)  
2019.6 - 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  
2019.6 - 2020.3

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

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先鋭材料研究所  
所長

2019.4 - 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  
伊那市新産業技術推進協議会委員ならびにスマート工業部会長

2019.5 - 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

松原洋一  
高校生ものづくりコンテスト電子回路組み立て部門 長野県大会 審査員長

2019.8.9

武久泰夫  
長野県企業局「与田切川上流域地点発電所建設工事」総合審査委員長

2019.9 - 2020.3

## 2. 対外的活動

### 1) 国・県、地域等での活動

手嶋勝弥，鈴木清香，鮎沢俊輔，大石修治

人材ふれあいフェア，ルビー結晶をつくろう！（お楽しみものづくり体験コーナー）

2019.9.7，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。

荒川 進

人材ふれあいフェア，ポンポン船

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

ポンポン船を作製し，その場で船を浮かべてその動きを楽しんだ。

田畑克敏

人材ふれあいフェア，電子オルゴール作り体験コーナー

2019.10.3，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

半導体デバイスを用いてオルゴール作りを体験し，持ち帰ってもらった。

中島一雄

人材ふれあいフェア，オリジナルアクセサリ作り体験コーナー

2019.9.7，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。

矢崎美彦

人材ふれあいフェア，マシニングセンタの実演（ペン立ての製作）

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

マシニングセンタによりペン立てを作製した。加工の様子を見学してもらおうと共に，ペン立てを持ち帰ってもらった。

横道正和

人材ふれあいフェア，ロボット操縦コーナー

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

人型ロボットや六足ロボット，蛇型ロボットの操縦体験コーナーの運営

鮎沢俊輔

人材ふれあいフェア，色つき結晶体験

2019.10.3，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。

松原洋一

人材ふれあいフェア，簡単プログラミング教室

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

IoTキットである Mesh を用いた簡単なプログラミング教室を開催した。

千葉隆史

人材ふれあいフェア，レーザー彫刻写真を担当

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

レーザー加工機でアクリルプレートに写真データを彫刻し，持ち帰ってもらった。

宮下利仁

人材ふれあいフェア，産業用ロボットを担当

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

産業用ロボットの操作体験をしてもらった。

三沢雅芳

人材ふれあいフェア，いろいろな磁力体験（磁石から超伝導まで）とサーモグラフィ体験を担当

2019.9.7，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

千葉隆史他

信州大芝高原イルミネーションフェスティバル

2019.10.5 - 26，大芝高原（南箕輪村）

キーボードの演奏にあわせて光（映像）が飛び交うイルミネーション装置（ステラトーン）を展示した。

横道正和，湯本一彦

南箕輪村公民館連携講座

立体化眼鏡を作って立体写真を見よう

2019.10.19，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

矢崎美彦

Let's be a STEM Girl ～地域から未来の理工系女子を～，3D技術によるものづくり（3D-CADによるモデリング体験）

2019.11.23，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

鮎沢俊輔

Let's be a STEM Girl ～地域から未来の理工系女子を～，水溶液からのリン酸二水素アンモニウム結晶の育成

2019.11.23，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

松原洋一

Let's be a STEM Girl ～地域から未来の理工系女子を～，無線ブロックを使った体感プログラミング

2019.11.23，長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

松原洋一

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

2020.1.31，駒ヶ根総合文化センター（駒ヶ根市）

電気・制御技術科の1年生が授業の中で作成したマイコンとセンサを用いた製作物5点ほどの展示説明を行った。

田畑克敏

技能検定 電気機器組立て検定員

2019.12.21 - 22, 2020.1.11, 岡谷技術専門校 (岡谷市)

中島一雄

技能検定 機械検査検定員

2020.2.14 - 15, 松本ポリテクセンター (松本市)

## 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

INA Valley 産業支援ネットワーク

## 3) 研究・教育相談

中島一雄

経木に関わる技術相談

2019.4 - 2020.3

株式会社やまとわ より, アカマツを経木の活用に関する技術相談を受け, 研究を開始した。

中島一雄

粉末冶金技術の活用方法に関する技術相談

2019.4 - 2020.3

ナパック株式会社, 有限会社スワニーより, 3D プリンタと粉末冶金技術に関する技術相談を受け, 研究を開始した。

## E. 研究助成

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)

ブラック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 年度日本学術振興会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

3D プリンタを活用した樹脂型等に関する研究

令和元年度南信工科短大振興会研究補助金に採択

20 万円

矢崎美彦, 湯本一彦

マレットゴルフスティックの開発

令和元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

サファイア基板表面におけるルビー結晶成長に及ぼす育成温度の影響  
令和元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

本校開校から5年目を迎え、これまでの学校の基礎固めから前を向いた歩みに移行を始めました。地域と連携した研究活動にも着手し、教育訓練機関としての役割にとどまらず地域とともに成長しています。また、他の高等教育機関や企業経営者などから様々な分野の先進的な取組について講義をいただく機会にも恵まれ、広い視野の涵養につながっています。

今年にはコロナ禍における小グループ授業や Zoom 授業準備など例年になく多忙のなか、原稿の執筆と査読に御協力いただいた教員の皆さんに深く感謝申し上げます。

日々の教育では、基礎技術を大切にしながら最新の設備を駆使した技術を組み合わせ、企業ニーズに応えた人材育成に引き続き尽力し、外部に対する研究の発信も続け、皆様からの期待に応えてまいりたいと思います。そして、本紀要がその一助となる事を期待します。

紀要委員会 委員 太田晃生

2020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4号 2020

---

令和2年12月26日 印刷

令和2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 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

---