
長野県南信工科短期大学校

紀 要

第 1 号

2017



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1号 2017

目 次

巻頭言

紀要第1号の発刊…………… 校長 大石修治 1

論文

初心者のためのルビーコーティング実験…………… 大石修治, 鈴木清香, 手嶋勝弥 2
ベッドに寝たきりの方の呼吸検出……………手塚佳夫, 御子柴 孝 7
ピエゾ誘電効果を利用した力センサ ―準静的な感度を持つ荷重検出法― …… 田中秀登, 深海龍夫 14

技術資料

専門課程1年生の総合課題…………… 中島一雄 19
DCモータを用いたホバークラフトの製作…………… 蟹江知彦, 横道正和 23
ゲーム台『いとをかし』の製作…………… 中島一雄 27
重錘式振り子時計の製作…………… 矢崎美彦 30
総合課題「無限ドミノ」製作の指導について…………… 千葉隆史 33
Active TrashBoxの開発…………… 横道正和 37
課題製作「バブルミネーション」の紹介…………… 宮下利仁 41
機械装置『KARAKURI』の作製…………… 湯本一彦 45

研究・教育・社会活動の概要…………… 48

編集後記…………… 56

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

No.1 2017

CONTENTS

Preface	Shuji OISHI	1
 Paper		
Ruby Coating Experiment for the Beginners in Flux Growth	Shuji OISHI, Sayaka SUZUKI, Katsuya TESHIMA	2
Breath Detection of Bedridden Person on Bed.....	Yoshio TEZUKA, Takashi MIKOSHIBA	7
Force Sensor Using the Piezo-Dielectric Effect —Load Detection Method with Quasi-Static Sensitivity—	Hideto TANAKA, Tatsuo FUKAMI	14
 Technical Report		
Total Production by 1st Year Students in the Specialized Technical Program	Kazuo NAKAJIMA	19
Production of Hovercraft Using DC Motors	Tomohiko KANIE, Masakazu YOKOMICHI	23
Production of Desktop Game Machine『ITO OKASHI』	Kazuo NAKAJIMA	27
Production of Weight Driven Pendulum Clock	Yoshihiko YAZAKI	30
Leading of Producing “Endless Domino Machine”	Takashi CHIBA	33
Development of Active Trash Box.....	Masakazu YOKOMICHI	37
Manufacturing Challenge of Illuminations System “BUBBLEMINATION”	Toshihito MIYASHITA	41
Production of Mechanical Equipment “KARAKURI”	Kazuhiko YUMOTO	45
 Research, Education and Social Activities		48
 Editor's Note		56

巻頭言

紀要第1号の発刊

長野県南信工科短期大学校長 大石 修治

長野県南信工科短期大学校は、ものづくりの人材育成（教育）、科学技術の研究開発と地域貢献を目的として、平成28年4月に開校しました。多くの期待をいただきながら、真新しく機能的な建物に最新の設備を導入してのスタートでした。専門課程（2年）は、「機械・生産技術科」（定員20名）と「電気・制御技術科」（定員20名）の2科です。短期課程（6月）は、「機械科」（定員10名）です。その他に、民間活用委託訓練、障がい者民間活用委託訓練とスキルアップ講座を実施しています。開校から1年半余の歩みを経て、ここに最初の紀要を発刊できる運びとなりました。

本紀要は、本学の教職員が行った教育・研究・地域貢献等の成果を公表することを目的としています。第1号である本号は、主に「論文」、「技術資料」と「研究・教育・社会活動の概要」から成ります。

「論文」では、結晶材料に基づく教育工学、福祉の機械工学と荷重検出のセンサ工学分野での3報を掲載しました。

「技術資料」では、2科の学生が一体となって取り組んだ総合課題7テーマを記載しました。

「研究・教育・社会活動の概要」では、平成28年度（平成28年4月1日～平成29年3月31日）の本学教職員のアクティビティーをまとめました。

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

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

【論文】

初心者のためのルビーコーティング実験

大石修治*・鈴木清香**・手嶋勝弥***

Ruby Coating Experiment for the Beginners in Flux Growth

Shuji OISHI, Sayaka SUZUKI, Katsuya TESHIMA

あらまし フラックス結晶育成の初心者が、人材ふれあいフェアでルビーコーティング実験を行った。酸化モリブデン系フラックス蒸発法を用い、アルミナるつぼ表面をルビー微結晶でコーティングした（膜厚 100～300 μm ）。その微結晶は、自形をもっていた。実験者は、美しい赤色透明のルビーコーティング薄膜を見て、宝石づくりを満喫した。ルビーコーティング実験は、簡便な装置とやさしい操作で実行でき、ものづくり喚起の実験として適切である。

Summary Ruby ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$) is a well-known red gemstone. Ruby coating experiments were carried out by the beginners in flux growth at the Human Resources Interactive Fair. Ruby layer was successfully grown on a wall of an alumina (Al_2O_3) crucible by evaporation of molybdenum trioxide (MoO_3)-based flux. The crucible played an important role of solute, vessel and nucleation site. The ruby layers, obtained with a thickness up to 100-300 μm , were red and transparent. The layers consisted of tiny ruby crystals having flat faces. The ruby coating can be done with the aid of relatively simple equipments, and the operation is easy. Flux coating of ruby crystals is attractive enough to induce interest in manufacturing.

Key Words : Ruby Coating, Flux Method, Molybdenum Trioxide Flux, Alumina Crucible, Beginner in Flux Growth, Interest in Manufacturing

1. ま え が き

ルビー結晶 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$, 三方晶系) は、酸化アルミニウム (Al_2O_3) に微量のクロム (Cr, 着色剤) が固溶した赤色宝石である。7月の誕生石であり、高い人気を誇っている。ルビーは、硬さがダイヤモンドに次ぎ、刺激によって光を放出する性質をもつために、重要な工業材料でもある。融点は約 2050 $^{\circ}\text{C}$ である。

結晶は、一般に融液や溶液から育成する。溶液法に属するフラックス法の特長は、融点に満たない低温で自形（結晶構造を反映したフラットな平面で囲まれること）

をもつ結晶が成長することである¹⁾。人工でのルビー結晶は、1837年に始まった²⁾。それ以来、鉛化合物（酸化鉛 PbO やフッ化鉛 PbF_2 など）系³⁾ や氷晶石 (Na_3AlF_6)⁴⁾ がルビー結晶育成の主なフラックスとして使われ続けてきた。鉛化合物は有害であり、氷晶石は固化したフラックスと結晶との分離が難しいという欠点をもつ。両フラックスともに、成長する結晶の形態は六角板である。著者らは、高温溶液からの酸化モリブデン (MoO_3) フラックス蒸発を駆動力として、赤色透明で六方両錐形のルビー結晶 (mm サイズ) が成長することを見いだした⁵⁾。 MoO_3 フラックスへのアルカリ金属酸化物（例えば、 Li_2O ）の添加は、フラックスの蒸発量をコントロールでき、結晶を大型化した⁶⁾。その経験を基礎として、アルミナ (Al_2O_3) るつぼ表面をルビー微結晶 (μm サイズ) が集合した薄膜でコーティングする方法も開発した⁷⁾。 MoO_3 系フラックスは、高温でアルミナるつぼ表面付近を溶解する。溶け出した Al_2O_3 が溶質となる。なお、人工ルビー結晶は、人間が育成するけれども、紛れもなく本物であり、模造ではない。

ものづくりは、工業を力強く支える産業分野である。ものづくりに熱意をもつ人材の供給は、いつの時代にお

受理 2017年 8月 1日

採択 2017年 10月 26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

*** 信州大学環境・エネルギー材料科学研究所, 長野市
Center for Energy and Environmental Science, Shinshu
University, 4-17-1 Wakasato, Nagano 380-8553, Japan

いても欠くことはできない。ものづくりに興味をもつための教育の入り口として、ルビー結晶のフラックス育成が有効である。ルビー結晶づくりは、比較的簡便な装置と容易な操作で行うことができ、宝石づくりの満足感や達成感を味わうことができる。六方両錐形ルビー結晶のMoO₃系フラックス成長実験が理科教育に有効であることはすでに報告されている^{8,9)}。しかし、フラックス法を用いたルビーコーティング薄膜の作製を教育に応用した例は全く見当たらない。

本研究では、ものづくりに興味をもつスタートとして、白金るつぼを使用する必要がないルビーコーティング実験を提案する。結晶育成の経験がない初心者を対象とした初めての公開ルビーコーティング実験を試みた。得られた結果をここに報告する。

2. 実験方法

長野県南信工科短期大学校キャンパスで開催された人材ふれあいフェア（2016年11月12日、主催：（公財）上伊那産業振興会、南信工科短大振興会、長野県南信工科短期大学校）のものづくり体験教室人工ルビーコースにおいて、中学生から70歳台までの男女14名がルビーコーティング実験を行った。それに先立ち、長野県南信工科短期大学校と上伊那産業振興会の事務局員の4名が体験教室の予行実験を行った（2016年10月25日）。いずれの参加者も、結晶成長分野では全くの初心者である。実験を開始するにあたり、著者が作製したテキスト「ルビー結晶をつくろう！」（Fig.1）¹⁰⁾を用いて説明した。そのテキストは、ルビー、フラックス法、実験操作および観察方法などを、図表を用いて述べている。

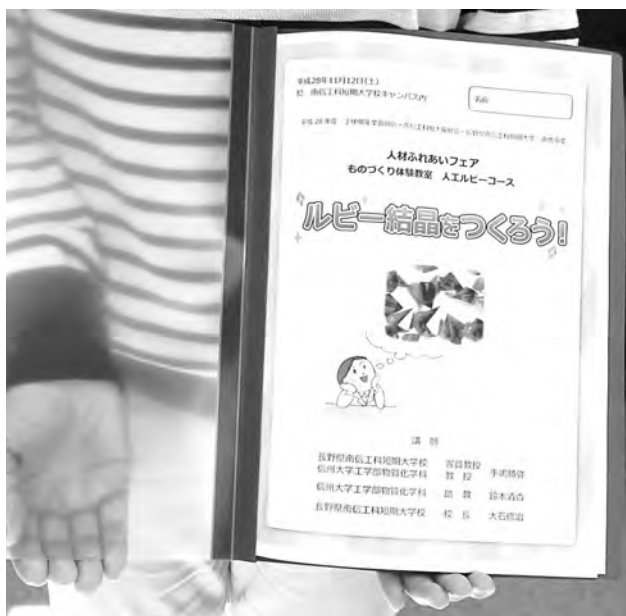


Fig.1 A textbook used at the Human Resources Interactive Fair.

MoO₃系フラックスからのルビーコーティング実験の設備や操作は以下のものであった。実験参加者は調合物を作製し、調合物を充填したるつぼを電気炉に挿入した。電気炉での加熱は温度プログラムによった。るつぼの取りだし、写真撮影や電子顕微鏡観察は著者が担当した。

2.1 実験設備と器具

- (1) 電気炉：（株）クリスタルシステム製、モリシリ小型マッフル炉 BF-1700- II -N, 温度制御装置つき。
- (2) 電子天秤：(a)（株）エー・アンド・デイ製, FX-300i, 秤量 320 g, 最小表示 0.001 g。
(b) ザルトリウス・ジャパン（株）, ELT103, 秤量 100 g, 最小表示 0.001 g。
- (3) 酸化マグネシウム（MgO）粉末：電気炉床に敷き詰め用。
- (4) 薬包紙：試薬の秤量。
- (5) 薬サジ：試薬の秤量。
- (6) 磁器乳鉢・乳棒：試薬の混合用。
- (7) ビーカー：1 L。

2.2 試薬

市販のアルミなるつぼと粉末試薬を用いた。溶質は、高温溶液中でアルミなるつぼ表面付近から溶解したAl₂O₃として供給される。

- (1) アルミなるつぼ：（株）ニッカトー製、純度 99.6%、容量 30 cm³、高さ 46 mm、底部直径 20 mm、上部直径 42 mm。
- (2) 酸化クロム（Cr₂O₃）：関東化学（株）製、鹿特級。
- (3) 酸化モリブデン（MoO₃）：（株）アライドマテリアル製。
- (4) 炭酸ナトリウム（Na₂CO₃）：和光純薬工業（株）製、試薬特級。

2.3 コーティング実験

ルビーの着色源であるCr₂O₃粉末（0.020 g）に、フラックスのMoO₃粉末（50.000 g）とNa₂CO₃粉末（1.935 g）を加えて調合物とした。

この調合物を容量 30 cm³のアルミなるつぼに充填した（Fig.2）。そのアルミなるつぼを、電気炉床上に敷いた

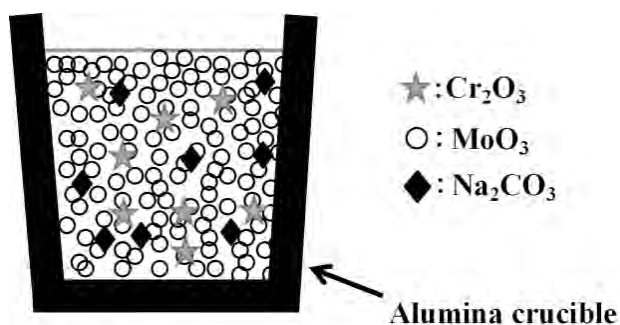


Fig.2 Schematic illustration of charging the mixture in alumina crucible.

MgO 粉末（高温溶液が洩れた場合の電気炉汚損を防ぐため）上に設置した。電気炉を 45℃/h の速度で 1100℃ まで加熱し、10h 保持した。その後、150℃/h の速度で 500℃ まで冷却し、以後室温まで放冷した。るつぼを電気炉から取り出した。

2. 4 評価

るつぼ内のルビーコーティング状況を肉眼で観察した。顕微鏡や電子顕微鏡を用いて、ルビー結晶の析出状況を観察した。さらに、ルビー結晶の形態も観察した。

3. 実験結果と考察

人工ルビーコースに参加の 14 名と予行実験に参加の 4 名がルビーコーティング実験に取り組んだ。参加者全員がアルミなるつぼをルビー微結晶でコーティングすることができた。

3. 1 ルビーコーティングと観察

電気炉からるつぼを取り出すと、Fig.3 に示すように、アルミなるつぼ内部の表面が赤色に着色していた。るつ



Fig.3 Photograph showing the alumina crucible with ruby layer.

ぼ内側表面から溶け出したアルミナを含む高温溶液からフラックスが蒸発して過飽和になり、クロムが固溶した赤色のルビー微結晶（六方両錐形、30～300 μm 程度）がるつぼ内側表面に成長した。ランダムな方位に配向した多数の微結晶が集合して薄膜（厚さ：100～300 μm）を形成していた。薄膜は、微結晶の結晶面が光を反射して所々がキラッと輝いていた。ルビーの赤紫色の着色状況は、実験者によって、ごくわずかの濃淡があった。これは、試薬の秤量誤差や電気炉室内でのるつぼの設置場所の違いによるわずかな温度条件の差異が影響していると考えられる。

Fig.4 は、ルビーコーティングした薄膜表面の写真で

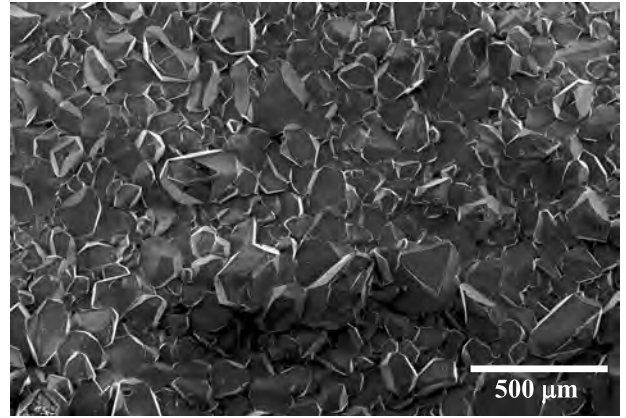


Fig.4 Scanning electron micrograph showing surface image of ruby layer grown on alumina crucible.

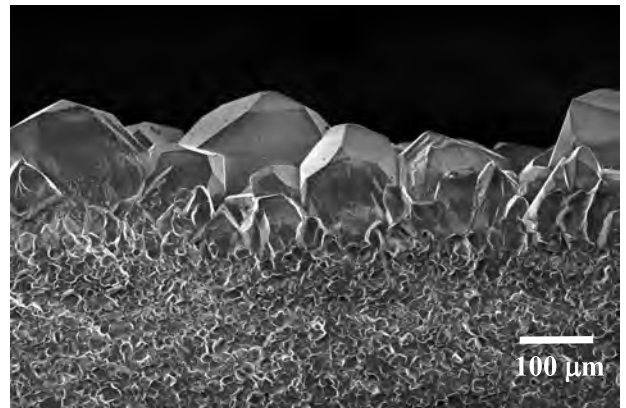


Fig.5 Scanning electron micrograph showing cross-sectional image of the alumina wall covered with the ruby layer.

ある。六方両錐形を基本とした多数のルビー微結晶が成長していることがわかる。結晶の方位は、ランダムである。Fig.5 は、コーティングしたるつぼの断面の写真である。上部は、成長したルビー微結晶からなる薄膜である。微結晶は自形をもっている。下部はるつぼを形成しているアルミナ粒子の集合体である。ルビー微結晶とアルミナ粒子の境界が明瞭である。その境界は、溶解せずに残ったアルミナるつぼと結晶成長が開始した境を表している。

成長したルビー結晶薄膜は、るつぼから剥がしとることができなかった。アルミナ粒子の一部が溶解され、溶け残った粒子を結晶核としてルビー微結晶が成長したためであろう。アルミナるつぼの役割は、(1) 溶質供給源、(2) 容器と (3) 結晶核生成位置提供の 3 種類を兼ねている。なお、ルビー薄膜の厚さや個々の結晶粒の大きさは、成長条件を変えることによってコントロールすることができる。

3. 2 ルビーコーティング実験の体験

ルビーコーティング実験に参加し、自らルビー結晶をつくった参加者からの主な感想や意見は以下のものであった。

●参加者A（男性、もと製造業に従事）

ルビー結晶の生成に感動した。とてもきれいであった。粉末の試薬からルビーができるまでの過程が体験できてよかった。どうして結晶ができるのか不思議であった。ルビーの成長状況が実験者によって異なっていた。ものづくりの楽しさを若者にも味わって欲しい。基本をしっかりとして学んで欲しい。電子天秤の使用は初めてであった。便利さがわかった。コーティングでなく、大きなルビーを欲しい。

●参加者B（女性、主婦）

ルビーに魅かれる。人工でつくって大変うれしい。結晶をつくる喜びがあった。初めて使った電子天秤は料理用とは異なる使用感があった。結晶成長は、料理と共通することが多い。ルビーコーティングしたるつぼを加工してアクセサリにしたい。女性は、ものづくりに適していると思う（女性が活躍する場かも知れない）。コーティングも良いが、コロッとしたルビーが欲しい。

●参加者C（男性、もと製造業に従事）

ルビーコーティングを通し、つくる喜びを味わった。粉末試薬の混合物→高温溶液→結晶成長のメカニズムをぜひ知りたい。不思議が強い。コーティング作品は、アクセサリに使えるのではないかな。結晶成長は、人づくりに繋がる部分があると思う。わからないことを探求する材料になる。困難の克服から科学技術は進展する。若者の自分磨きを期待する。

●参加者D（女性、主婦）

光物は好きである。ルビーも大好き。試薬の秤量と調合物の混合に喜びがあった。ルビーができることが驚きであった。今回の参加者数では少ないので、定員を倍にして欲しい。もっと簡単にルビーができる方法を開発して欲しい（加熱に電子レンジの使用など）。説明の冊子が必要である。コロッとしたルビーも欲しい。

以上のように、ルビーコーティング実験は、概ね楽しかったようである。実験者の思いをまとめると、(1) 真理探求への興味、(2) 宝石作製の喜び、(3) 実験操作の楽しさ、(4) 若者への期待や(5) 結晶育成技術への期待などである。

3. 3 ものづくり喚起としてのルビーコーティング実験

本実験では、地球に代わって、自らが実験室で本物のルビー結晶をフラックス育成できる醍醐味を楽しむことができる。フラックス法の特長は、低い温度での自形結晶の成長に加え、用いる装置が比較的簡便で操作が容易であること、などである¹⁾。小さくても価値の高い宝石としてのルビー結晶への興味は多数の人達がもっているであろうし、その宝石を自らフラックス法でつくるこ

とへの興味は測り知れない。粉末試薬を混合した調合物を加熱した高温溶液から多数のルビー微結晶が析出して、ルビーコーティング薄膜ができる。その溶液中で生じているであろう化学反応を想像することも楽しい。フラックス育成実験の際、「なぜ融点以下の温度で結晶が成長するのか」などの科学的疑問が限りなく湧きでてくるであろう。教科書で読む「溶解度」、「過飽和」、「結晶核生成」や「結晶成長」などを実感できる。体験して培った確かな科学知識は、将来に確かな技術を生むシードとなるであろう。フラックス成長したルビー結晶は、材料工学分野では素性の明らかな確かな結晶材料の知見を提供する。理学分野では、真理探究の材料として多くの情報を与える。

2の実験方法に記した設備（あるいは、それらとの同等品）と試薬（いずれも、常温では固体）が準備できれば、特殊な技術を必要とすることなく実験を進めることができる。ルビー結晶の成長は、結晶化の駆動力がフラックス蒸発であるので、さほど厳密な温度コントロールは必要ない。市販の電気炉を調達できれば実験することができる。実験操作はやさしく、特別な技術はいらない。実験に関与すれば、結晶づくりを身近に捉えることができる教育的効果が大きい。指導方法を工夫すれば、高等学校、中学校、小学校や親子ものづくり教室などの教材としても使用できるであろう。析出状況や成長したルビー結晶を写真撮影で記録できることが望ましい。ブラックライトを準備できれば、フォトルミネセンスを観察できる。学習意欲の喚起になる。

ルビーコーティング薄膜やそれを形成する個々の結晶は赤紫色透明できれいである。個々の結晶の形態は、フラットな面で囲まれ、幾何学的に美しい自形である。成長した結晶は、十分な満足感や達成感を与える。同時に、「なぜフラットな面で囲まれた結晶が成長するのか」の疑問が湧く。時として形態が明瞭でなく、汚れた結晶が成長することもある。その結晶にも愛着が湧く。多種多様なものづくりに興味をもつ出発点として、フラックス法によるルビー結晶づくりは適している。

宝石好きの女性は数多い。女性が行うルビー結晶づくり実験は、女性自身が満足するだけでなく、母親あるいは将来の母親として、子どもに理科に興味深く語り、次世代を担う若者にもものづくりの楽しさを引き継ぐことができる。リケジョの養成にも大きな役割を果たすであろう。

4. あ と が き

宝石は、古来から多くの人達を魅了してきた。開催した人材ふれあいフェアで、結晶育成にはまったくの初心者（中学生～70歳台の男女）が宝石の代表であるルビー結晶のコーティング薄膜をつくった。あこがれのルビー結晶を自ら育成し、大きな満足感と達成感を得た。地球に代わっての宝石づくりであった。フラックス法の装置は比較的簡便で、操作はやさしい。完成に向かった前向きな姿勢での実験は、ものづくりや物質に対する興味を掘り起こす。ものづくり教育の入り口として、ルビーコーティング実験は大きな効果があった。

謝 辞

人材ふれあいフェアの開催に当たり、向山公人上伊那産業振興会理事長と向山孝一南信工科短大振興会長に多大なご高配をいただいた。実験の実施では、長野県南信工科短期大学校の手塚佳夫副校長、北村浩康事務局長、蟹江知彦教授をはじめ多くのスタッフにお世話になった。上伊那産業振興会の伊藤憲明事務局長をはじめとする皆様にもお世話になった。記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 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).
- 2) M.Gaudin: Note sur la Formation Artificielle du Corindon, Compt. Rend., 4, 999-1000 (1837).
- 3) 例えば, 大石修治, 近藤人資, 小林 壮, 渡辺章司, 若林信一, 住吉義博: ルビー結晶のフラックス育成, 日本化学会誌, 1997, 2, 107-111 (1997).
- 4) 例えば, K. Watanabe, Y. Sumiyoshi: Growth of Corundum Single Crystals from Molten Cryorite (Na_3AlF_6), J. Cryst. Growth, 24/25, 666-668 (1974).
- 5) S. Oishi, K. Teshima, H. Kondo: Flux Growth of Hexagonal Bipyramidal Ruby Crystals, J. Am. Chem. Soc., 126, 15, 4768-4769 (2004).
- 6) K. Teshima, H. Kondo, S. Oishi: Growth of Hexagonal Bipyramidal Ruby Crystals by the Evaporation of a $\text{Li}_2\text{O}-\text{MoO}_3$ Flux, Bull. Chem. Soc. Jpn., 78, 7, 1259-1262 (2005).
- 7) K. Teshima, A. Takano, T. Suzuki, S. Oishi: Unique Coating of Ruby Crystals on an Aluminum Oxide Wall by Flux Evaporation, Chem. Lett., 34, 12, 1620-1621 (2005).
- 8) 大石修治, 手嶋勝弥, 宮本 亮, 宮坂 晃, 鈴木孝

臣: ルビー結晶の酸化モリブデン系フラックス成長, 化学と教育, 54, 6, 356-358 (2006).

- 9) 芦澤孝彦: 地域や大学と連携した環境教育の実践, 工業教育, 46, 5, 52-55 (2010).
- 10) 手嶋勝弥, 鈴木清香, 大石修治: ルビー結晶をつくらう!, 人材ふれあいフェアものづくり体験教室 人工ルビーコーステキスト, 1-8 (2016).

【論文】

ベッドに寝たきりの方の呼吸検出

手塚佳夫*・御子柴 孝***

Breath Detection of Bedridden Person on Bed

Yoshio TEZUKA*, Takashi MIKOSHIBA***

あらまし 本研究では、ベッドで寝たきり生活を余儀なくされている人達の見守りを行うことを目的とし、ベッド上の人の呼吸を検知して、一定時間呼吸停止が確認された場合に警報する安価なシステムを構築した。

まず、歪みゲージとワイヤロープを用いた検出システムを考案してワイヤロープにかかる荷重の変化から呼吸を検出した。次に、ピエゾケーブルを用いた検出システムにより呼吸検出を行い、2時間のモニタリングによりその有効性を確認した。

Summary In this study, the purpose is to construct an inexpensive system that monitors bedridden person unrestrainedly. An alarm is issued when respiration stop is confirmed for a set time by detecting respiration of a person on the bed.

First, a detection system using a strain gauge and a wire rope was designed, and respiration was detected from a change in the load applied to the wire rope. Next, respiration was detected by a detection system using a piezo cable, and its effectiveness was confirmed by monitoring for 2 hours.

Key Words : Measurement, Unrestrained Monitor, Respiration Monitor, Piezo Cable

1. ま え が き

内閣府の平成29年版高齢社会白書によると、65歳以上の高齢者人口は3,459万人となり、総人口に占める割合（高齢化率）は27.3%となった。また、介護保険制度における要介護又は要支援の認定を受けた人は平成26年度末で591.8万人となり、平成15年度末から221.4万人増加しており、高齢者の要介護者等数が急速に増加している。このように、現在の日本は超高齢社会を迎えて自宅で介護を行うケースが増えており、介護者の高齢化も進んで、介護負担の軽減が求められる。

また、病気や高齢によりベッド上での生活を余儀なくされている人達には、呼吸停止等の異常が発生したときに検知し通報するシステムが不可欠であり、無侵襲・無拘束で違和感の無い、安全で安価なシステムが求められる。

寝たきりの方の見守りを行う方式としては、画像処理によるもの¹⁾、圧力センサシートを用いたもの²⁾、温度計センサを用いたもの³⁾、空気圧センサを用いたもの⁴⁾等の研究が報告されている。それらの方式は、検出精度も高く視覚的に確認できる等の優れた機能を有するものの、プライバシーに係わる問題や、身体に近い部分でのセンシングが必要となるために使用者に違和感を与えること、シーツ交換時の取り扱いに注意が求められること等の課題がある。

本報では、ベッドに横臥している人を見守りを目的とし、呼吸を検知して一定時間の呼吸停止が確認された場合に警報するシステムの構築を行った結果について報告する。

2. 呼吸検出方法の検討

寝たきりの方の見守りを行うには、被験者に違和感を与えずに、無侵襲・無拘束で行うことが求められる。本研究では、ベッドの架台とマットレス間に検出部を設置し、マットレス上に横臥している人の呼吸検出を試みた。

2.1 ワイヤロープと歪みゲージを用いた呼吸検出

通常の呼吸では、吸気時の主呼吸筋である横隔膜の働きが腹部において体幹の動きとして現われる。ベッド上で横臥している人の腹部に位置する箇所を検出部を設置し、そこに加わる圧力変化を検知することにより呼吸を

受理 2017年 8月4日
採択 2017年 11月7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

** 株式会社スマートセンサーテクノロジー, 伊那市
Smart Sensors Technology Corporation, 3927-7 Arai, Ina,
Nagano 399-0021, Japan

検出する。

2. 1. 1 検出部

検出部の概略図を Fig.1 に示す。検出部は表裏に各2枚の歪みゲージ（東京測器 FLA-3-11-1L）を4アクティブゲージ法により取り付けした検出板、その検出板にたわみを与えるワイヤロープ（ ϕ 1.5 mm）、ロープに張力を与えるテンション部からなり、これらをベッドの架台のフレームに取り付けている (Fig.2)。ロープテンションは、ロープ中央位置に荷重 10 N を加えた時の変位が 18 mm となるように設定した。その変位と歪みゲージ出力の関係を Fig.3 に示す。これより、変位が 5 mm を超えるあたりからロープに加わる荷重による変位に比例したゲージ出力が得られることが判る。この検出部をベッドの架台とマットレス間に設置し、ワイヤロープにかかる荷重の変化を歪みゲージで検出する。

2. 1. 2 実験装置

Fig.4 に実験装置の全景を示す。本装置は、人の呼吸動作を歪みゲージ出力として検出する検出部、そのゲージ出力を増幅する増幅器、これを A/D 変換してパーソナルコンピュータ (PC) の画面に表示し、データとして蓄えるデータ処理部からなる。本装置は検出部をベッドのマットレスの下に設置し、人が横臥したときの呼吸を検出する。尚、画面表示及びデータを記録するプログラムは、National Instrument 社製の計測・アプリケーション開発システム LabVIEW によって自作した。

ここで、ゲージ出力を増幅する増幅器には、市販のストレインアンプ (NEC 三栄製動ひずみ測定器 AS1203) と、自製したアンプを用いた。呼吸の検出には高ゲインの増幅器が必要となるが、市販の増幅器は安定性に優れるものの高価であるため実用化するには課題がある。そこで、高ゲインの呼吸検出装置を自作して比較実験を行った。

2. 1. 3 市販のストレインアンプによる呼吸検出

出力増幅に市販のストレインアンプ (増幅率 40000 倍) を用いたとき、(a) 仰臥位においては、検出部を②腹部に設置したときに被験者の呼吸に合致した出力波形が確認できた。また、(b) 腹臥位においては、検出部を①胸部、②腹部、③腰部のいずれに設置した場合でも同様に呼吸を確認できたが、(c) 右側臥位及び (d) 左側臥位においては、どの場合も呼吸を検知することができなかった。Fig.5 に呼吸の出力波形が得られたときの仰臥位及び腹臥位の実験結果を示す。

2. 1. 4 自作した呼吸検出装置による呼吸検出

製作した呼吸検出装置 (17400 ~ 134000 倍) の設置風景と検出システムの構成を Fig.6 に示す。歪みゲージからの出力を増幅して、これを PIC マイコン (PIC18F452)

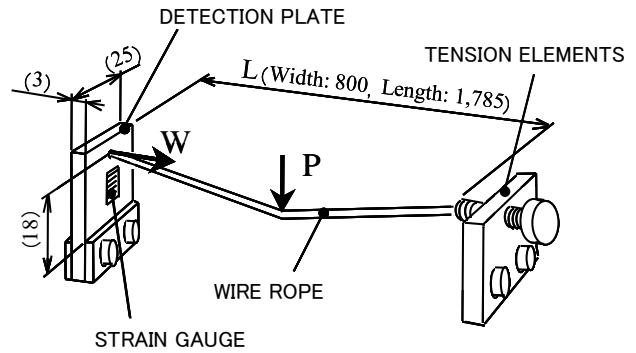


Fig.1 Schematic of the detection unit.

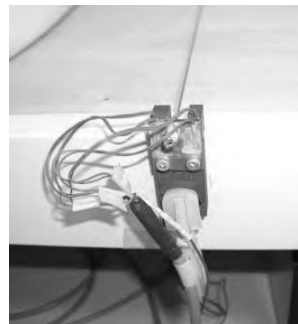


Fig.2 Detection plate with 4 strain gauges.

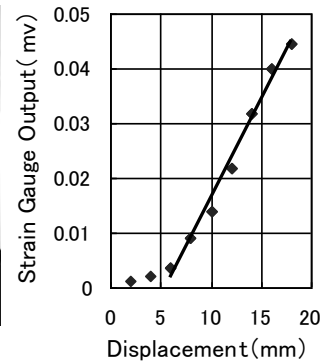


Fig.3 Strain Gauge Output.

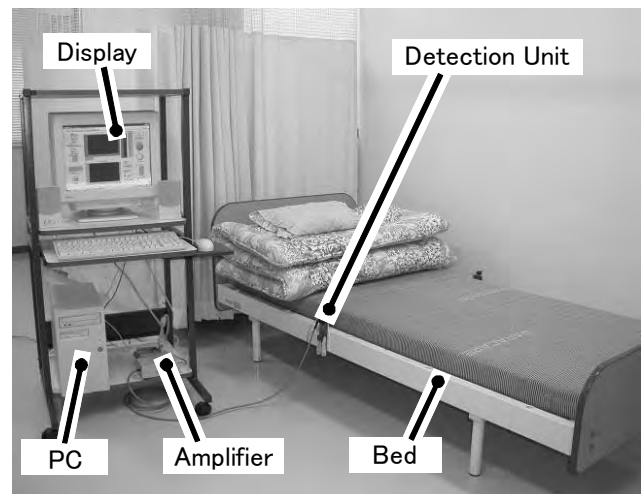


Fig.4 Photograph of experimental equipment.

によって A/D 変換をし、更に信号処理を行うことにより呼吸の点滅表示 (LED) を行うとともに、一定時間 (20 秒) 呼吸の検出が行われなかった場合には警報用 LED の点灯と警報を発する呼吸検出装置を製作した。この検出装置からの呼吸信号波形をディスプレイに表示するとともに、ノートパソコン (PC) に信号データを集録する。

Fig.7 はワイヤロープ上に被験者がいない場合の 30 分間の検出結果を示す。ここに示されているのは、製作した装置が検出したノイズである。Fig.8 は 20 歳男子 (身長 166 cm, 体重 60 kg) が 30 分間横臥した時のデータで、

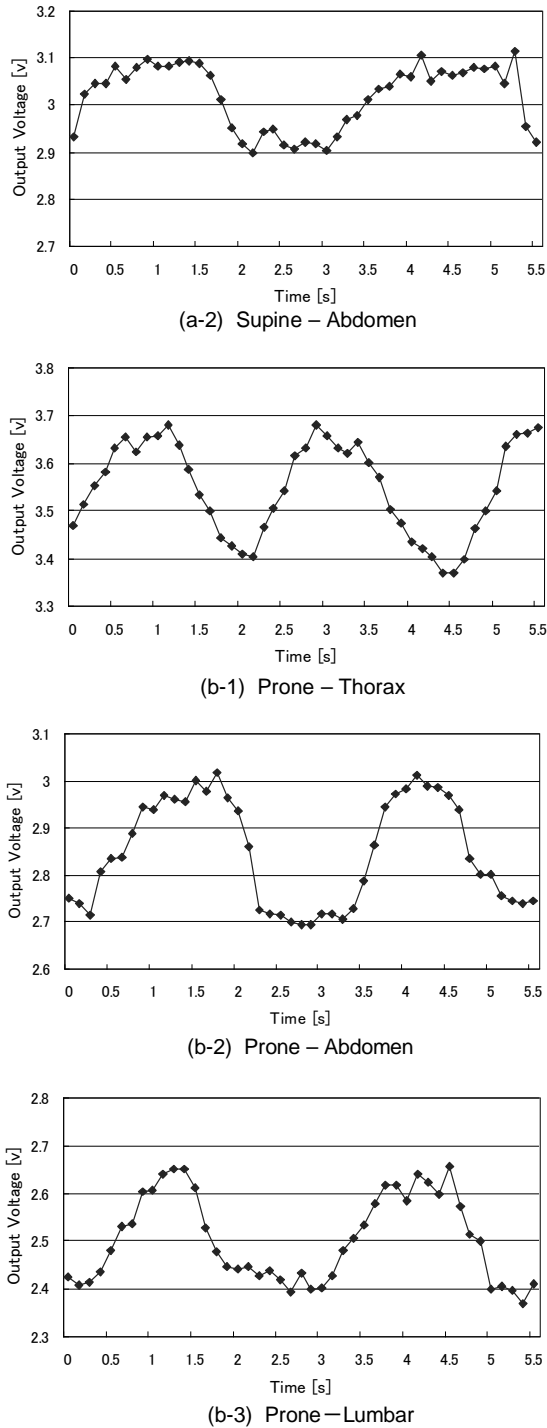


Fig.5 Respiration waveform in supine and prone position. (AS 1203 x 40000)

この間に仰臥位→右側臥位→左側臥位と横臥姿勢の変更を行っている。Fig.7 と Fig.8 の右図の2分間の検出データを比較すると、Fig.8 では呼吸を含む体動が検出されているがノイズの影響が大きく明確な呼吸波形を確認することができなかった。呼吸検出では高倍率の増幅回路が必要であるため、ノイズ除去が課題となる。 Fig.9 は20歳男子(170 cm, 58 kg)が2時間横臥した時の実験データで、Fig.8 と比べて出力電圧が全体的に小さめに表れ

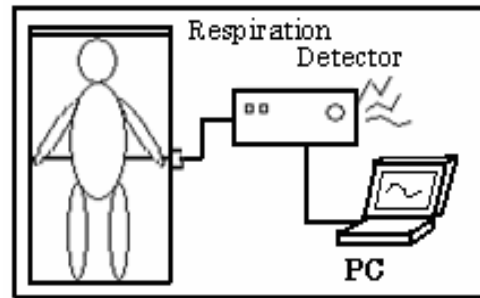
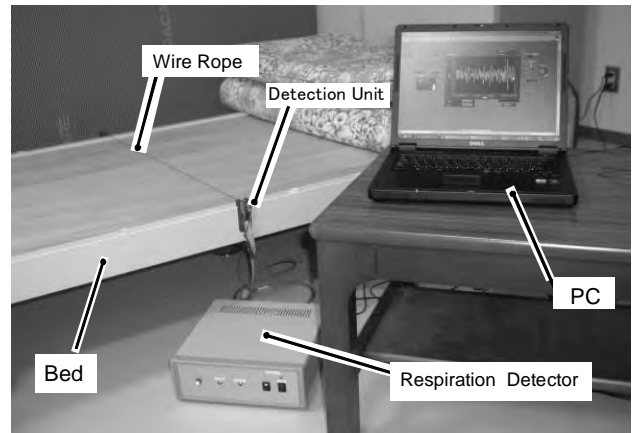


Fig.6 Photograph and configuration diagram of respiration detection system.

ているのは、被験者が睡眠状態となり、安定した状態で検出が行われたためと考えられる。

また、Fig.7, Fig.8, 及び Fig.9 の計測開始（電源投入）後の約2分間は歪みゲージ出力が安定状態に落ち着くまでの時間である。この時間は、呼吸検出装置内の増幅回路の入力部に設けたR, Cによるハイパスフィルタ（直流分カット）の時定数等によって決定される。なお、製作した呼吸検出装置では+0.625 V, -0.625 Vを閾値とし、検出電圧がこれを越えた（下回った）ときに呼吸を行っているとは判断し、これを越える（下回る）電圧が20秒間検出できなかった時に警報を発するようにしている。2時間の呼吸モニタリング実験において、呼吸検出異常の警報が2回発せられた。これは、横臥姿勢の変更が行われた実験開始から55分後と75分後に発しており、電源投入後と同様に、横臥姿勢変更後のゲージ出力安定化までに時間がかかったために警報が発せられたと考える。そのため、安定化にかかる時間の短縮（時定数の最適化等）も必要であることが判る。

2. 2 ピエゾケーブルを用いた呼吸検出

次に、ワイヤロープに替えて piezo polymer 同軸ケーブル (φ 3.0 mm, 東京センサ AWG#20WP, 以下 piezo ケーブル) を用いた呼吸検出機構の検討を行った。piezo ケーブルは同軸ケーブルとして設計され、芯線と編み線間の絶縁体に piezo フィルム (圧電フィルム) を使用し、外被はポリエチレンで被覆してある⁵⁾。ケーブルに衝撃が

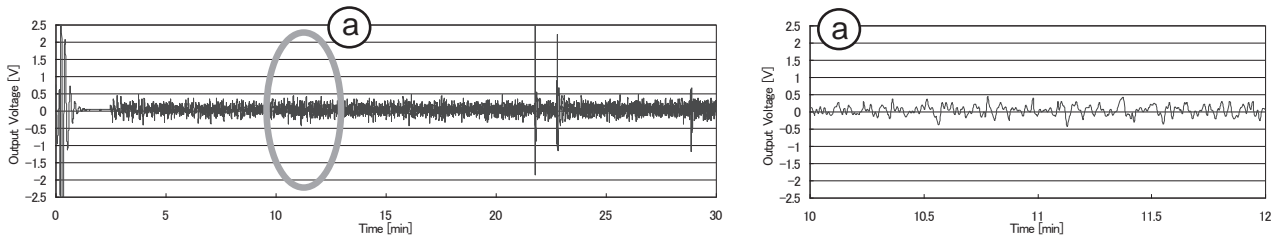


Fig.7 Signals Noise. (30 minutes)

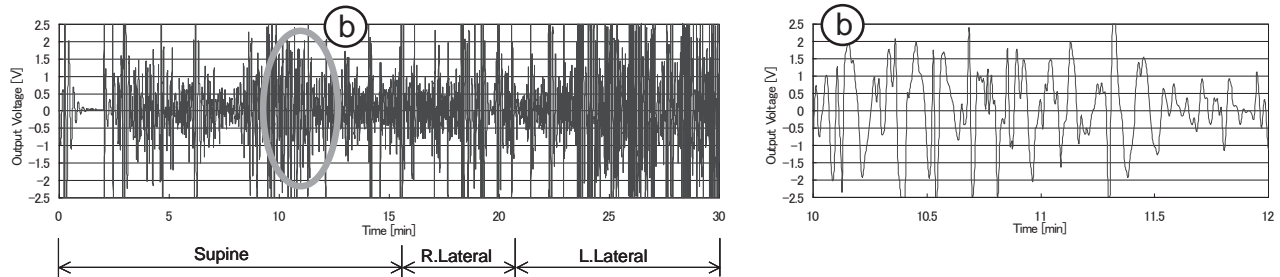


Fig.8 Respiration Signals. (30 minutes)

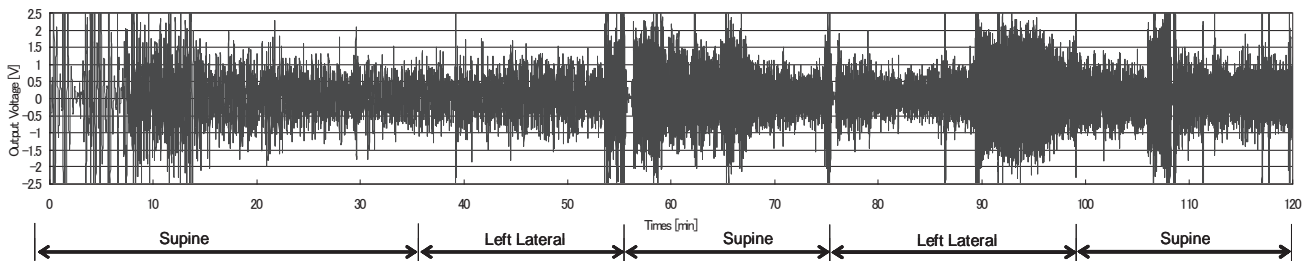


Fig.9 Respiration Signals. (2 hours)

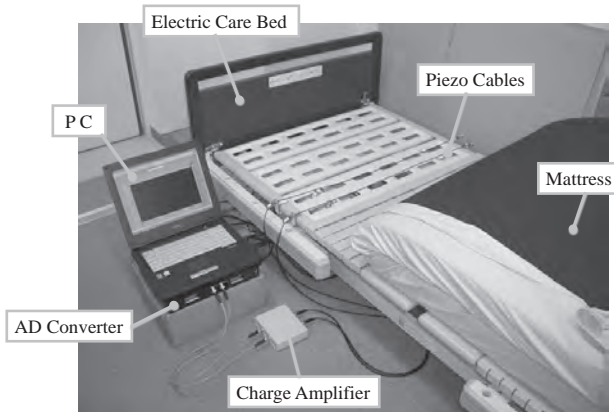


Fig.10 Photograph of Experimental device.

加えられたり、引っ張られたりすると、力の大きさに比例して電荷が生じる。 Piezokabelは感度が高いため、その出力は増幅せずに PC に送信する。

2. 2. 1 実験装置

Fig.10 に実験装置の全景を示す。本装置は、呼吸時における横隔膜の動きを、マットレスの下に設置した Piezokabelにより検出し、自作したチャージアンプにより電荷 - 電圧変換した後に A/D 変換を行い、パーソナルコンピュータ (PC) の画面に波形を表示して、データとして蓄える。

2. 2. 2 実験方法

使用したベッドは介護用ベッド (パラマウントベッド社製キューマウラ KQ-623) で、この架台部に Piezokabel (長さ 84 cm) を設置して、ケーブルテンションを中央位置で 10 mm 変位時 1 N に設定した。この上に、厚さ 9 cm の体圧分散マットレス (イノアックリビング社 INO-1)、ベッドパッド、シーツを敷いた。ここに被験者 (20 歳男子、身長 172 cm、体重 60 kg) が横臥して、ケーブル位置、背もたれ角度、横臥姿勢を変化させた時の呼吸検出を行った。

2. 2. 3 呼吸検出結果

Piezokabelは、予備実験において最も大きく呼吸波形が表れた被験者のみぞおち位置 (ベッド上端から 47cm) に設置し、下記の結果を得た。

(1) ケーブル位置を変化させた時の呼吸検出

Piezokabelの位置を、仰臥位の被験者のみぞおち部を基準に、上下 20 cm 変化させた時の検出結果を Fig.11 に示す。ここで、出力値が小さくなるものの呼吸波形が確認でき、横臥位置の上下広範囲にわたって呼吸検出が行えることを確認した。なお、ケーブル本数を増やすことにより、より広範囲での呼吸検出が可能になる。

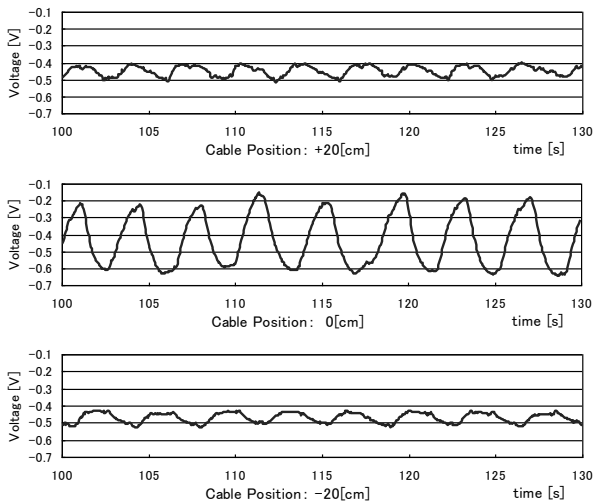


Fig.11 Respiration waveform when cable position is changed.

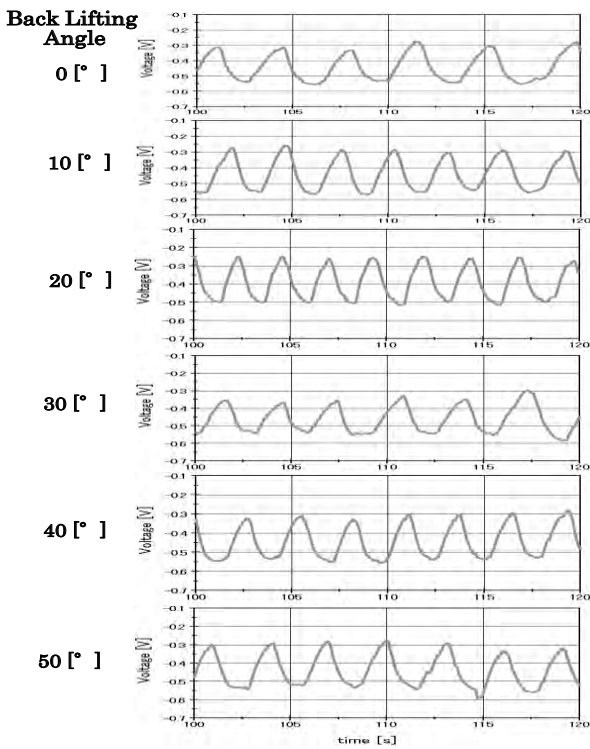


Fig.12 Respiration waveform when changing back lifting angle.

(2) 背もたれ部の角度を変化させた時の呼吸検出

ベッドの背もたれ角度を0～50 [deg] 変化させて呼吸検出を行った結果を Fig.12 に示す。ここで、検出値に大きな変化は表れなかった。これは、背もたれ角度を変えてもケーブルにかかる圧力が殆ど変わらなかったためと考える。

(3) 横臥姿勢を変化させた時の呼吸検出

Fig.13 に横臥姿勢を仰臥位、腹臥位、右側臥位、左側臥位に変化させた時の呼吸波形を示す。ここで、仰臥位が最も振幅の大きい波形が得られ、腹臥位ではやや小さ

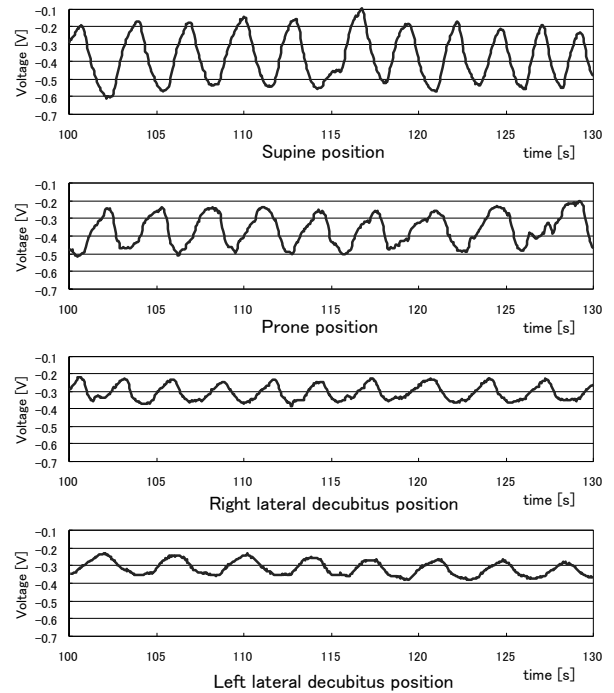


Fig.13 Respiration waveform when recumbent posture is changed.

くなる事が判る。左右の側臥位ではケーブルへの圧力が加わりにくいいため出力値は小さくなるものの、呼吸波形は確認できた。

2. 2. 4 ピエゾケーブル出力の検証

ベッドマットレスの下に設置したピエゾケーブルの出力波形が、横臥している人の呼吸波形を示しているか否かを検証することは、システムの有効性を確認する上で必要となる。そこで、ピエゾケーブル出力と呼吸時に生じる人体の表面筋電位 (EMG) 及び体動のカメラ画像との比較を行った。

(1) 呼吸筋の表面筋電位とピエゾケーブル出力の比較

人の呼吸には安静時の通常呼吸と、深呼吸や運動時の努力呼吸がある。一般に、通常呼吸では横隔膜、外肋間筋、腹直筋が、努力呼吸においては胸鎖乳突筋、斜角筋、腹横筋が働くとされている⁶⁾。そこで、予備実験として呼吸時の各筋の表面筋電位 (EMG) 測定を行い、測定筋として外肋間筋を選び、その EMG とピエゾケーブル出力を同時計測した。

Fig.14 に、外肋間筋の EMG 信号とピエゾケーブルの出力信号の測定結果を示す。尚、EMG 測定にはニホンサンテック社製小型4チャンネル筋電図アンプ BA1104m (EMG) 及び双極銀棒電極付ヘッドアンプ BA-U410m を使用した。ここで、EMG 信号に同期して呼吸波形が表れていることが確認できた。

(2) カメラ画像とピエゾケーブル出力の比較

ピエゾケーブルの出力波形が横臥している人の呼吸を

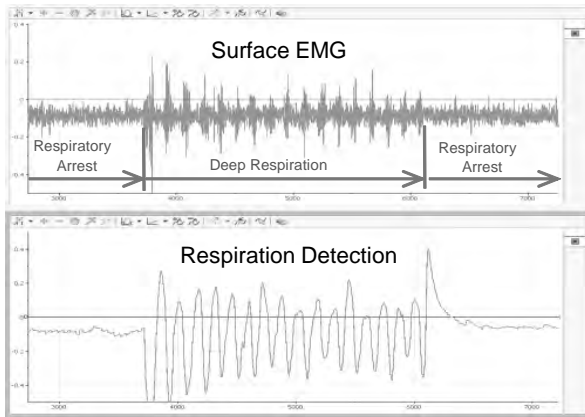


Fig.14 Verification of respiration detection by surface EMG of external intercostal muscle.

示しているかを検証するために、被験者の腹部に赤色のマーカ(φ40 mm)を貼り付けてカメラで撮像し、National Instrument 社製 Vision Assistant を用いて画像処理することにより、その位置座標を検出し記録した。被験者が呼吸をしている時のマーカの座標とピエゾケーブルの出力波形を信号視覚化解析システム DIAdem で表示したものを Fig.15 に示す。

これらの検証結果から、ピエゾケーブル出力が呼吸波形を示すことを確認した。

3. 長時間測定と警報システムの構築

ベッドに横臥している人の呼吸を検知し、一定時間の呼吸停止が確認された場合には警報するシステムの構築を行った。

3. 1 2時間連続計測及び無呼吸の検出

2時間の連続計測(モニタリング)を行った結果を Fig.16 に示す。なお、今回の実験ではピエゾケーブルを2本(ケーブルA:ベッド上端から47 cm とケーブルB:ベッド上端から56 cm)設置した。ここで波形が大きく乱れている所は、被験者(20歳男子、身長172 cm、体重60 kg)が手足を動かしたり、姿勢を変えたことによるものであるが、正常に呼吸検出が行われていることが判る。更に、男子学生3名(身長171~185 cm、体重61~72 kg)と女子学生1名(身長154 cm)がそれぞれ2時間ずつ横臥した場合においても、正常に呼吸検出が行えることを確認している。

また、被験者が仰臥位で30秒間の呼吸停止を行ったときの検出結果を Fig.17 に示す。ここで、無呼吸時には呼吸波形は確認できないが、呼吸の再開時に出力値の振幅が大きくなって呼吸波形が表れることが確認でき、無呼吸状態の検出が行えることが判る。

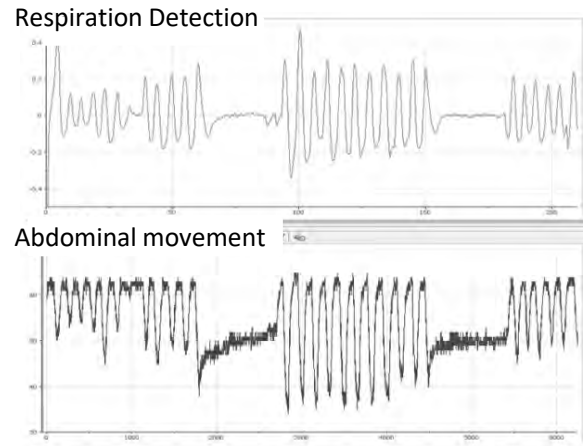


Fig.15 Verification of respiration detection by measurement of abdominal movement.

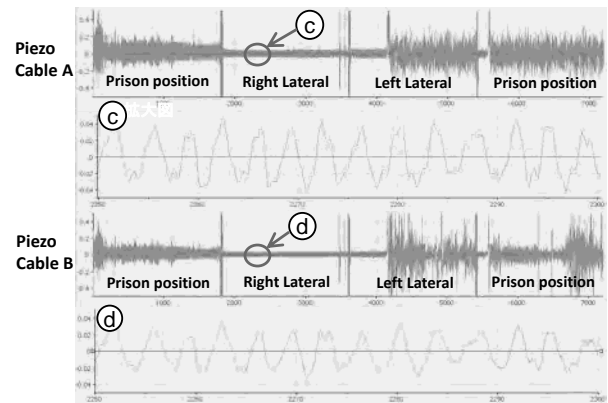


Fig.16 Respiration detection monitoring for 2 hours.

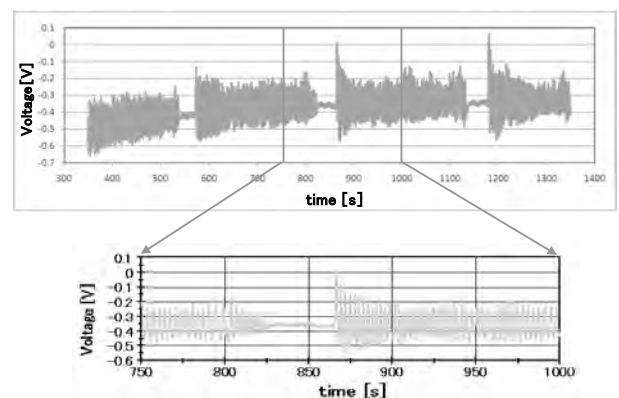


Fig.17 Detection of apnea condition.

3. 2 警報システムの構築

ピエゾケーブル出力を検出して画面表示及び記録を行うプログラムを、LabVIEWによって自作した。その表示画面を Fig.18 に示す。ここで、画面上に出力表示を行うとともに、一定時間呼吸の停止が確認された場合に警告表示と警報を行う機能を持たせている。

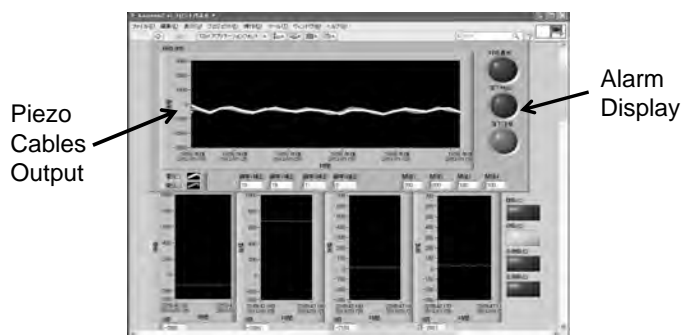


Fig.18 PC screen display by LabVIEW.

4. む す び

ベッドの架台とマットレス間に検出部を設置して、被験者に無侵襲無拘束で違和感が無い呼吸検出システムを構築した。

- (1) 歪みゲージとワイヤロープを用いた検出機構を考案し、これをベッド架台とマットレス間に設置して、ベッド上に横臥している人の呼吸検出を行った。横臥者の呼吸時の横隔膜の動きを検知するために、人の腹部に位置する箇所ワイヤロープ（検出部）を配置した。市販のストレインアンプを用いたときは仰臥位、腹臥位で呼吸検出が可能であったが、自製したアンプでは明確な呼吸波形を確認することはできなかった。呼吸検出では高倍率の増幅回路が必要であり、ノイズ除去が課題となる。また、電源投入時の安定化にかかる時間の短縮（時定数の最適化等）も必要である。
- (2) ワイヤロープの代わりにピエゾケーブルを用いた呼吸検出システムを構築し、ベッド上の被験者の横臥位置、背もたれ角度、横臥姿勢を変化させても、呼吸検出が可能であることを示した。また、被験者の呼吸筋の表面筋電位とカメラ画像解析による腹部の動きがピエゾケーブル出力と一致することを確認した。
- (3) ピエゾケーブルを用いた呼吸検出装置による2時間のモニタリング実験を行い、横臥姿勢を変えても呼吸が検出されることを確認し、ベッド上で横臥している人に呼吸停止等の異常が発生した場合に検知し警報を発するシステムを構築した。

謝 辞

本研究の成果は、長野県工科短期大学校での卒業研究として取り組んだ多くの学生の貢献によるものであり、ここに関係した諸氏に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 西田佳史, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正, 視覚情報による睡眠時無呼吸症候群診断手法; 日本ロボット学会誌, 1.16, 2, 274-281 (1998).
- 2) 西田佳史, 武田正資, 森武俊, 溝口博, 佐藤知正, 圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測; 日本ロボット学会誌, 16, 5, 705-711 (1998).
- 3) 長谷川浩, 岩本和久, 水谷将文, 山口隆美, コンピュータネットワークを利用した在宅医療システムのための生体機能測定の基礎的実験; 日本機械学会 2000年度年次大会講演論文集 (I), 395-396 (2000).
- 4) 久野弘明, 高島充, 大河井宏明; 空気圧センサによる臥床時の呼吸・心拍・体動情報の計測, 電気学会論文誌 C, 124, 4, 935-3-940 (2004).
- 5) 株式会社 東京センサ ; PIEZO FILM PRODUCT INFORMATION, 15 (2012).
- 6) Bernard Kingston (足立和隆訳), よくわかる筋の機能解剖, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 177-198 (2000).

【論文】

ピエゾ誘電効果を利用した力センサ — 準静的な感度を持つ荷重検出法 —

田中秀登*・深海龍夫**

Force Sensor Using the Piezo-Dielectric Effect — Load Detection Method with Quasi-Static Sensitivity —

Hideto TANAKA*, Tatsuo FUKAMI**

あらまし 圧電セラミックに外力を加え、歪みを生じると外力に比例した電荷を発生する。しかし、圧電セラミックの絶縁抵抗が有限なため、発生した電荷はセラミック内部で放電される。このように印加応力には変動分に対してのみ応答する微分型の動作をするために、準静的な応答を必要とされる荷重（圧力）検出には不向きであるとされている。そこで、我々は積層型アクチュエータと圧電セラミックの単板を一体化した、センサ機能内蔵のスマートアクチュエータを考案し、荷重検出方法を検討してきた。荷重検出用圧電セラミックと抵抗、タイマICにより発振回路を構成し、印加応力に伴う静電容量変化を発振周波数の形で検出する方法を確立した。さらに、圧力調整器への応用を試みた結果を報告する。

Summary The piezoelectric ceramics have been considered unsuitable for detecting quasi-static mechanical pressures because their output signal is not directly proportional to the pressure but responds in a so-called differential operation. This is because the resultant electric charges are discharged through the finite internal resistance as well as externally connected circuit. In order to overcome the problem, we have newly devised an intelligent or smart actuator having with a built-in pressure sensor, consisting a multi-layered piezoelectric actuator and a piezoelectric ceramic plate uni-axially joined together. The variation of the electrostatic capacitance of the sensing ceramics upon pressure application has successfully detected by the frequency change of the RC oscillator circuit which makes it possible to realize digitally controlled feed back systems. A result of application of the sensing method for an air regulator has been also discussed.

Key Words : Piezoelectric ceramic, Load detection, Sensor, Actuator, Air regulator.

1. ま え が き

圧電セラミックを用いたアクチュエータは、他のアクチュエータに比べ大きな発生力と高速応答が特徴であり、荷重（圧力）制御を伴う用途も多い。具体例としては、流体制御バルブなどであって、力の平衡を利用する圧力調整器がその一例である。この様な用途へ適用することを考えると、単にサブミクロンの微小な変位を制御するだけではなく、圧縮バイアス（弾性的な負荷）のかかった状態での制御が必要であり、何らかの荷重（発生

力）検出を行う必要がある。従来のロードセルを用いた荷重（圧力）検出手段は、小型化と経済性の面で採用することができない。

そこで、積層型圧電アクチュエータとセンサ用圧電セラミックを一体化した、センサ機能内蔵のスマートアクチュエータを考案し、従来は不向きであるとされる準静的な荷重検出方法を確立した^{1)~3)}。そして、その応用

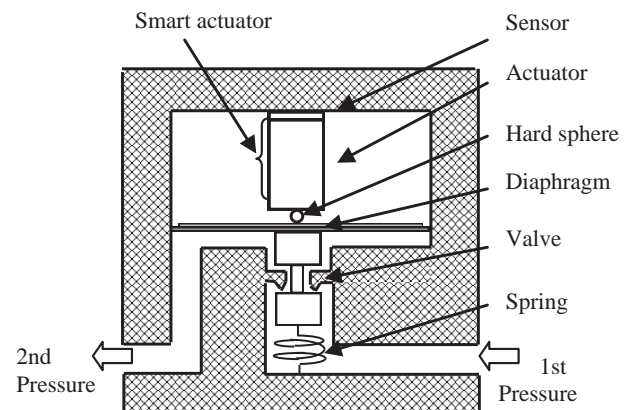


Fig.1 Schema of the air regulator.

受理 2017年 7月 31日

採択 2017年 10月 31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

** 国立大学法人信州大学 名誉教授
Professor Emeritus, Shinshu University, 4-17-1
Wakasato, Nagano 380-8553, Japan

として圧力調整器へ組み込み実験をおこなったので結果を報告する。

圧力調整器へスマートアクチュエータを組み込んだ模式図を Fig.1 に示す。スマートアクチュエータを圧力調整器へ応用することにより、圧力検出用のセンサが不要となり、小型化・低価格化そして高精度化の面で優位性を持つと考えられる。

2. 荷重検出方法

2.1 荷重センサと問題点

従来、主に用いられる歪みゲージ型の荷重センサは、ダイヤモンドにより力を大きな歪みに変換する必要がある、さらなる小型化は難しい。また、これまでに提案されている圧電正効果を応用したセンサは、加速度センサやノックセンサなどの動的な力に対しては十分な性能を發揮しているが、準静的な荷重検出はできない。また、共振周波数近傍でのインピーダンス変化を利用するセンサ⁴⁾も提案されているが、インピーダンスの変化が急峻で、かつ計測範囲が狭く測定のタイミングや組み込み状態の変化により、安定性や再現性などに問題があり、実用に供されていない。

分極処理された圧電セラミックに外力を加え、歪みを生じると外力に比例して圧電セラミックの表面に電荷が生じ、電圧として観測される。しかし、圧電セラミックが印加応力には変動分に対してのみ応答する微分型の動作をするために、準静的な応答を必要とされる荷重（圧力）検出には不向きであるとされている⁵⁾。

2.2 準静的荷重検出の原理

センサ用圧電セラミックに応力が加えられた場合の誘電特性の挙動を調べるために、温度、応力及び分極を独立変数とする熱力学ポテンシャルである弾性ギブス熱力学関数を採用して考察した。熱的な条件が一定のとき、圧電セラミックの特性は電界及び応力により決定される。キュリー温度 $T^{\circ}\text{C}$ よりも、十分に低い温度 $^{\circ}\text{C}$ ($T \ll T_c$) の強誘電体相では、一次の相転移をする結晶も二次の相転移をする結晶も類似のヒステリシス曲線を描くので、解析的表現が簡単になる二次の相転移をする強誘電体を考えた (Fig.2)。単位体積の強誘電体を考え、系の弾性ギブス熱力学関数を電束密度 D (C/m^2) および、応力 X (N/m^2) によりべき級数展開すると式 (1) のように示せる。

$$G_1 = G_{10} - \frac{1}{2}s^p X^2 - \frac{1}{2}\beta^x D^2 + QXD^2 + \frac{1}{4}\gamma D^4 \quad (1)$$

z 軸方向の分極のみを考え、極力簡単な表現にするた

め係数が4階のテンソルで表される物理量の項までの展開とした。 G_{10} は分極していない状態に対する自由エネルギーであり、また、第2項の s は弾性コンプライアンスで、フックの法則に従う弾性的なエネルギーに寄与する項である。第3項と5項は誘電的なエネルギーである。 β^x は温度の関数であり、キュリー点よりも十分に低い温度を想定しているので正の実数であり、 γ は分極効果の非線形性を表現したものである。第4項は電歪相互作用エネルギーであり、 Q は電歪定数である。応力は圧縮方法を正とした。電界 E は、式 (1) を D で偏微分することにより、式 (2) のように求められる。

$$E = \frac{\partial G_1}{\partial D} = -\beta^x D + 2QXD + \gamma D^3 \\ = \gamma D^3 + (-\beta^x + 2QX)D \quad (2)$$

これは、 D - E のヒステリシス特性を定量的に表現したものであり、通常の圧電セラミックにおいては、曲線と縦軸との交点 D_0 が動作点となり、 D_0 は式 (2) における $E=0$ のときの D の値（自発分極）であるから、

$$D_0 = \sqrt{\frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{2QX}{\beta^x}\right)^{1/2}} \quad (3)$$

ここで、2次の相転移のみを扱うので、 $2QX \leq \beta^x$ である。また、応力 X を印加したときには、縦軸上で $\Delta D = d_{33}X$ だけシフトし、次式の D の点が動作点となる。

$$D = D_0 + d_{33}X \quad (4)$$

したがって、応力印加時の動作点は式 (4) より、

$$D = \sqrt{\frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{2QX}{\beta^x}\right)^{1/2}} + d_{33}X \quad (5)$$

また、電界 E と電束密度 D との関係から式 (2) を D により、偏微分すると逆誘電率 $1/\epsilon$ が求められる。

$$1/\epsilon = \frac{\partial^2 G_1}{\partial D^2} = 3\gamma D^2 + (-\beta^x + 2QX) \quad (6)$$

ここで、 D の値は式 (5) のように応力に依存するからこれを代入して、応力が印加されているときの逆誘電率は次のように求められる。

$$1/\epsilon = 3\gamma \left\{ \frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{2QX}{\beta^x}\right) + 2d_{33}X \sqrt{\frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{2QX}{\beta^x}\right)^{1/2}} + d_{33}^2 X^2 \right\} \\ - \beta^x + 2QX \quad (7)$$

ここで、応力 X が小さいときには次のように近似できる。

$$\sqrt{\frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{2QX}{\beta^x}\right)^{1/2}} \doteq \sqrt{\frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{2QX}{2\beta^x}\right)} = \sqrt{\frac{\beta^x}{\gamma} \left(1 - \frac{QX}{\beta^x}\right)} \quad (8)$$

したがって、逆誘電率 $1/\varepsilon$ は次式で表せる。

$$1/\varepsilon = 3 \left(\gamma d_{33}^2 - 2 \sqrt{\frac{\gamma}{\beta^x}} d_{33} Q \right) X^2 + 2 \left(3 \sqrt{\beta^x \gamma} d_{33} - 2Q \right) X + 2\beta^x \quad (9)$$

式 (9) には、温度の依存しないと考えられる電歪定数 Q と温度に依存する圧電歪み定数 d_{33} があるので、 Q のみによって式を整理することを考え、 d_{33} と Q の関係を整理する。

$$d_{33} = 2\varepsilon_0 \varepsilon_r Q P_s \quad (10)$$

さらに、 $\varepsilon_0 \varepsilon_r = 1/\beta^x$ 、 $P_s = \left(\beta^x / \gamma \right)^{1/2}$ を考慮すると

$$d_{33} = \frac{2}{\beta^x} Q \left(\frac{\beta^x}{\gamma} \right) = \frac{2Q}{(\beta^x \gamma)^{1/2}} \quad (11)$$

が得られる。この式を式 (9) に代入して、次のように温度に依存する変数としては β^x のみとなり、温度に対して見通しの良い表現が得られる。

$$1/\varepsilon = 3 \left(\gamma \frac{4Q^2}{\beta^x \gamma} - 2 \sqrt{\frac{\gamma}{\beta^x}} \frac{2Q}{(\beta^x \gamma)^{1/2}} Q \right) X^2 + 2 \left(3 \sqrt{\beta^x \gamma} \frac{2Q}{(\beta^x \gamma)^{1/2}} - 2Q \right) X + 2\beta^x \quad (12)$$

ここで、分極処理なしの試料における逆誘電率 $1/\varepsilon$ は、 $d_{33} = 0$ を式 (9) へ代入することで求められる。

$$1/\varepsilon = -4QX + 2\beta^x \quad (13)$$

また、分極処理ありの試料における逆誘電率 $1/\varepsilon$ は、式 (12) を整理することにより

$$1/\varepsilon = 8QX + 2\beta^x \quad (14)$$

と求められ、それぞれ荷重 X の一次関数で表される。

以上より、分極処理なしの試料では、荷重 X が大きくなるほど、逆誘電率は減少していくことがわかる。また、分極処理ありの試料では、荷重が大きくなるほど、逆誘電率は増加していくといえる。したがって、誘電率を計測することで荷重検出が可能になる。そして、圧電効果は、圧電正効果や逆効果が既に知られているが、荷重に対して逆誘電率が変化することこの現象を我々は『ピエゾ誘電効果』と称している。

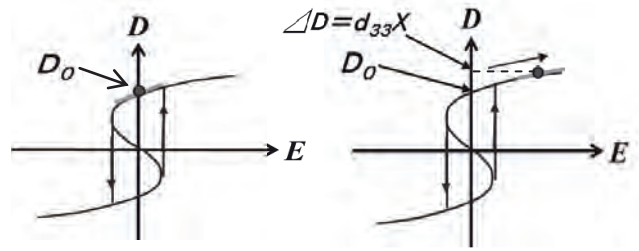


Fig.2 Flux density vs. field characteristics.

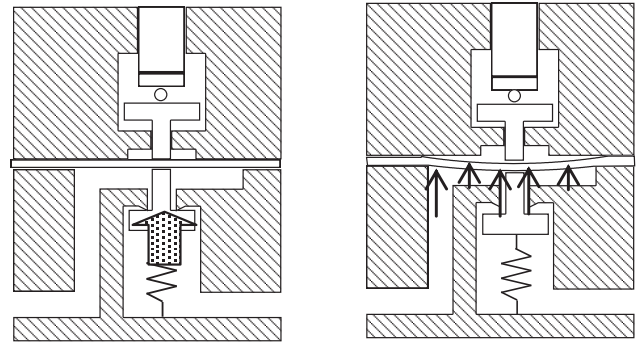


Fig.3 Operation of the air regulator.

3. 圧力調整器への応用実験

3.1 圧力調整器

圧力調整器は、上流側（一次側）圧力を予め設定された下流側（二次圧力）へ減圧する圧力調整器である。本来は、二次圧力を検出して弁体の制御を行う方法が一般的であるが、考案したスマートアクチュエータを応用することにより、アクチュエータの発生力を検出して二次圧力を演算によって求め、推定制御を行って二次圧力を計測する圧力センサが省略できる。圧力調整器はアクチュエータで駆動することにより、遠隔操作が容易となり、高速制御が可能というメリットを持つ。スマートアクチュエータを応用することにより、さらに小型化が可能で構造も単純化でき経済性の面でも優位性が大きいものと考えられる。

3.2 圧力調整器の構造とその動作

圧力調整器の構造は Fig.1 に示したように、アクチュエータとアクチュエータの力をバルブに伝達するダイヤフラム、バルブ（ノズル、シート）、スプリングで構成されている。圧力調整器の減圧動作は、考案したスマートアクチュエータの発生する力と気体の圧力との釣り合いにより行われる。Fig.3 を用いて動作の説明を行う。同図 (a) に圧力調整器の初期状態が示してあり、前段のバルブが開かれると一次側に気体が入る。バルブはスプリングと気体圧により、バルブは押し付けられ、流路は閉じた状態で二次側への気体の流入が無い状態を

保っている。同図 (b) の二次圧力の調整動作では、アクチュエータに電圧が印加されると変位を発生し、ダイヤフラムが押し下げられる。

バルブはダイヤフラムの動作をそのまま受けるので、バルブは開き二次側へ気体の流入する経路ができる。二次側へ流入した気体圧が、ダイヤフラムを押し上げる力となる。流入した気体圧により、二次側の圧力が上昇し、ダイヤフラムを押し上げる力とアクチュエータの発生力が釣り合うと、バルブが閉じて一次側から二次側への気体の流入が止まり、二次圧力が安定する。二次側の気体の消費が進み、再び二次圧力が低下するとダイヤフラムを押し上げる力が減少し、アクチュエータの発生力との釣り合いが崩れ、ダイヤフラムが押し下げられる。これにより、再度バルブが開き、気体が流入する経路が確保される。

このように、バルブの開閉量は上下方向に作用する力の平衡により決定されるので、二次圧力が P_2 から P'_2 へ降下してバルブが δ だけ開き新しい平衡状態となった場合を考え、アクチュエータの発生力 F_a 、バルブの底面積 S_{sd} 、ダイヤフラムの面積 S_D 、スプリングの反力 F_S 、スプリングのバネ定数 K_S 、一次側圧力 P_1 とすると、次式で表現できる。

$$P'_2 = \frac{F_a - S_{sd} \times P_1 - (F_S + \delta K_S)}{S_D - S_{sd}} \quad (15)$$

ここで、一次圧力を一定と仮定して形状や特性から決定される項を既知とすれば、アクチュエータの発生力から二次圧力を演算により推定することが可能である。

3. 3 圧力制御の実験方法

圧力調整器にスマートアクチュエータを組み込み、圧力制御を行った実験ブロック図を Fig.4 に示す。試作した圧力調整器の一次側には、試験的に一次圧力を調整するためのレギュレータと一次圧力測定用の圧力計があり、二次側には二次圧力測定用の圧力計と気体消費量を調整するノズル、流量計が接続されている。マイコンボードにより二次圧力設定と制御演算処理を行い、スマートアクチュエータへ印加する駆動電圧に相当する電圧指令を D/A 出力する。電力増幅器により、マイコンボードが出力した電圧を駆動電圧に増幅した上でアクチュエータへ印加する。アクチュエータは、駆動電圧にしたがって動作を行い、スマートアクチュエータのセンサ部の圧電セラミックは、その動作により生じた荷重の変化を発振回路により周波数の形に変換する。この発振回路の出力は、帰還制御をおこなうためマイコンボードへ戻し、クローズドループを構成する。マイコンボードには、圧力や内部演算パラメータの設定を行うディップスイッチ

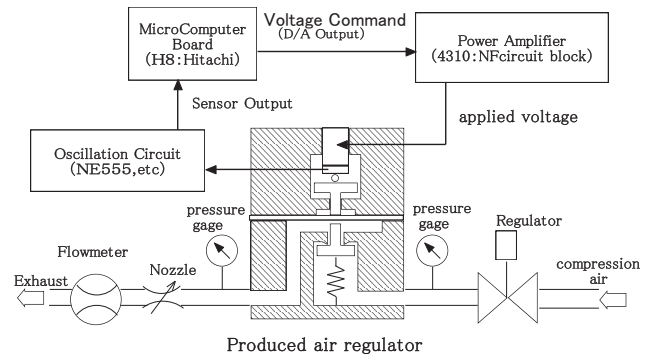


Fig.4 Experimental block diagram.

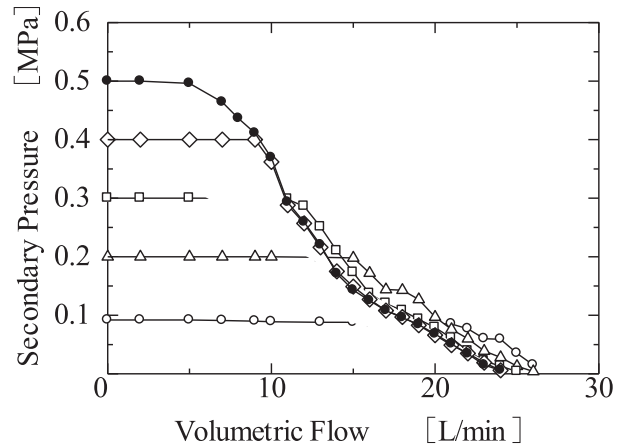


Fig.5 Flow characteristic. (Steady characteristic.)

や LCD 表示器などが実装してある。

3. 4 実験結果

定常特性として、一次圧力 0.5 MPa 固定、二次側のノズルを徐々に開放した場合の二次圧力の制御限界を確認した。二次圧力の設定値を 0.1 ~ 0.5 MPa までを 0.1 MPa 毎に変化させ流量 - 二次圧力特性を測定した結果を Fig.5 に示す。二次側の流量が変化しても設定した二次圧力を保っており、制御されていることが確認できる。また、圧力調整器としては、二次圧力が設定値を維持している領域が使用可範囲と判断され、アクチュエータの変位量とバルブの設計により決定される。今回の試作品では、二次側使用流量が約 5 L/min 程度の場合、0.5 MPa まで使用可能であるといえる。

3. 5 回復時間の算出

流体回路の時定数を算出するには、一次側から二次側において伝達関数を考えると良いので、断面積および体積変化を電気回路に相当する抵抗と容量で表現できる。流速が十分に遅い層流域 (等温変化で線形) として、一次圧力 p_1 、二次圧力 p_2 、流量 q とすると、流体回路抵抗 Rq は次式で表せる。

$$Rq = \frac{p_1 - p_2}{q} \quad (16)$$

一方、二次側の体積 V 、圧力 p_2 の状態に体積 dV の気体が一次側より流入して、圧力 dp_2 だけ増加したとすると、気体回路容量 C とすれば式 (17) を満たす。

$$dV = C dp_2 \quad (17)$$

また、流量 q は式 (18) で示すことができる。

$$q = \frac{dV}{dt} = C \frac{dp_2}{dt} \quad (18)$$

式 (17)、(18) より、

$$CR_q \frac{dp_2}{dt} = p_1 - p_2 \quad (19)$$

ここで、全ての初期値を 0 としてラプラス変換すれば

$$sCR_q(s)p_2(s) = p_1(s) - p_2(s) \quad (20)$$

よって、圧力調整器の伝達関数 Gr は、次式で表せる。

$$Gr = \frac{p_2(s)}{p_1(s)} = \frac{1}{1 + sCR_q} = \frac{1}{Ts + 1} \quad (21)$$

したがって、実際に一次側圧力を 0.5 kg/cm^2 のとき、二次側圧力が一次側圧力に変化する状態を考え、目標流量 5 L/min ($83.33 \text{ cm}^3/\text{s}$) とすると、二次側体積は、 31.8 cm^3 (直径 4.5 cm 、高さ 2.0 cm の円筒形状) であるので、気体回路の時定数は 0.3816 s と求められる。これにより、Fig.6 の実測値約 0.38 s に近い値を求めることができた。

5. む す び

従来は困難とされている圧電セラミックによる準静的な荷重検出方法の検討を行い、『ピエゾ誘電効果』を利用する方法を開発した。さらに、圧電セラミックの近傍で発振回路を構成し、荷重の変化を発振周波数の変化として計測する手段を採用することで、デジタル機器との融合性にも優れ、周囲のノイズやケーブルの状態による影響が受けにくいという特徴を持たせることができた。センサ機能を内蔵したスマートアクチュエータの応用として、圧力調整器へ組み込み実験を行い有効性が確認できた。これは一つの例に過ぎず、産業において多数の応用が可能であると思われる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、セラミック材料に関して非常に重要なアドバイスを賜りました、信州大学学術研究院番場教子准教授と太子敏則准教授に心より感謝申し上げます。また有限要素法を用いた構造解析について、貴重なご助言を賜りました信州大学学術研究院辺見信彦教授に感謝致します。

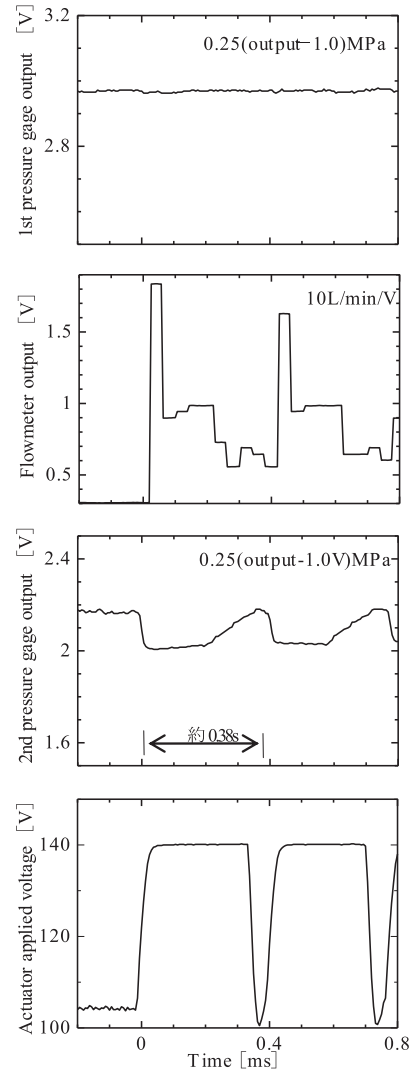


Fig.6 Operation waveform of each part. (Step response)

参 考 文 献

- 1) 田中秀登, 松瀬勇太, 深海龍夫: 強誘電体の非線形を利用した荷重検出, 電子情報通信学会誌, Vol. J85-C, No.8, 779-781 (2002).
- 2) Hideto TANAKA, Yuuta MATSUSE, Tatsuo FUKAMI: Sensing for Force of Multi-layered Ceramic Actuator Using Piezoelectric Ceramic Plate, Sensors and Materials, Vol.14, No.6, 347-351 (2002).
- 3) 田中秀登, 松瀬勇太, 深海龍夫: 弾性非線形を利用した圧電セラミックアクチュエータの発生力センシング, 日本AEM学会誌, Vol.10, No.3, 320-327 (2002).
- 4) 新美智秀, 藤本哲夫, 和田研一: 圧電セラミックスを用いた圧力センサの基本特性, 日本機械学会誌, (C編), 57, 542, 3347-3351 (1991).
- 5) 一ノ瀬昇: 圧電セラミックス新技術, 日本電子材料工業会, 6-18 (1991).

【技術資料】

専門課程 1 年生の総合課題

中島一雄*

Total Production by 1st Year Students in the Specialized Technical Program

Kazuo NAKAJIMA*

1. ま え が き

昨今の企業のイノベーションへの取組みにおいて、異分野・異業種との連携が欠かせない企業では、コミュニケーション能力の向上を目的とする研修も多く実施されている。その必要性が高まる一方で、企業の若年社員全般においてコミュニケーションが苦手な社員の割合が増えている。

採用担当者や教育担当者からは技術開発・技術継承、更には従来以上にスピードが要求される企業活動の様々な場面で、より円滑なコミュニケーションや情報共有が必要になることがあるという声を聞く。実際に筆者が企業を訪問見学した際に、若い人に必要なこととして、あいさつやホウ・レン・ソウ（報告・連絡・相談）というコミュニケーションにつながるキーワードをほとんど全ての企業で耳にしている。

南信工科短期大学校の設置概要¹⁾に示されているとおり、当校ではカリキュラムの特色としてコミュニケーション能力の向上を挙げている。また「急速な技術革新に対応できるカリキュラム編成^{1),2)}も特色の一つである。この総合課題によって、自分の専門分野だけでなく、様々な分野での対応力の養成が期待できると考えている。

また、2年次に実施する卒業研究は指導教員の下で、1人ずつが専門的なテーマを深く追及するものである。それに対しこの総合課題とは、自分達でテーマを提案・選定し、互いに協力し合っものづくりを体験する。このように卒業研究と全く異なる主旨で実施することで、情報共有の重要性、協調性、責任感やコスト意識などを身

に付けるなどの別の教育効果が期待できることに意味がある。

南信工科短期大学校では、2年間を約3か月ごとの8期に分けてカリキュラムを構築している。この中で、1年次のまとめの時期にあたる第4期（12月末から3月）をインターンシップと並行で、グループでものづくりを体験し、問題解決に取り組む総合課題を実施した。

2. 総合課題のカリキュラムと概要

カリキュラムの概要は Table 1 のとおりである。

Table 1 Curriculum of the total production.

実施時期	内容
10月	第3期初旬に全体への総合課題カリキュラム説明
11月	学生全員によるテーマ提案 第1回投票 テーマを選抜 第2回投票 メンバーの決定
12月	全体で本格的に活動開始
1月～2月末	インターンシップと並行で総合課題製作 毎朝出欠確認と各グループミーティングの遂行
3月	第1回総合課題成果発表会
次年度4月～6月 (2年次)	週中2時限を総合課題の修正・まとめの時間として継続
6月(2年次)	第2回総合課題成果発表会

総合課題のカリキュラムの特長を以下に挙げる。

- (1) 学生自身が作ってみたいものを自由に提案、企画書を掲示板に掲示、2回の投票によってテーマおよびグループメンバーを決定する。
- (2) 科の専門性の枠にとらわれずメンバーを決め、様々な技術に積極的に関わる。他科の学生と共同で取り組むことも新しい試みである。

受理 2017年10月3日

採択 2017年11月7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

- (3) 決められた予算と期間の中で、調査・企画・設計・加工・組立・制御というものづくりの一連のプロセスを実践する。
- (4) 工程・予算の管理や部品の注文なども学生自らが行う。
- (5) 教員はサポートの立場で助言などを行い、学生主体の行動を促す。
- (6) 他の期のカリキュラムと異なり、この期間中（第4期）は1週間を通して、同じ総合課題の授業にすることで、並行して実施するインターンシップの日程設定の自由度を確保できる。

3. 選定したテーマと製作品

2回の投票を経て、選定されたテーマ及び製作品は次のとおりである。なお、テーマは7つ選定され、各グループ4～6名のメンバーで構成された。

なお詳細は本誌の各テーマ別の技術資料に譲る。

3. 1 ホバークラフト（グループ1）

グループ1で製作したホバークラフトをFig.1に示す。

今回クリーンかつガソリンを使用しない、DCモーターを活用したコードレス方式のホバークラフトを設計及び製作した。当初、人は搭乗する予定ではなかったが、ミーティングを重ねる中で搭乗型に変更した。このため、設計計算の見込みの甘さや設計変更などのトラブルがあった。推進機構は完成には至らなかったが機体を浮かせることには成功した。

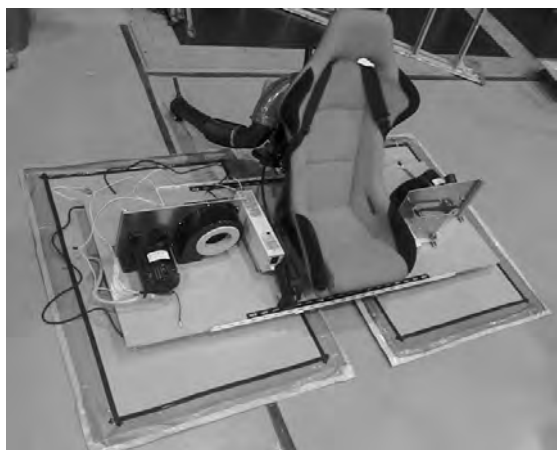


Fig.1 Hovercraft. (Group 1)

3. 2 いとをかし（グループ2）

グループ2はイベントなどで体験ができるゲーム台を製作した（Fig.2）。景品を吊るしてある糸をカットし、景品を獲得する卓上ゲーム台。PLC（programmable logic controller）による制御技術を使用し、ラインカットユニットや上下（Z軸）方向の機構に工夫を施した。



Fig.2 Desktop game machine [ITO OKASHI]. (Group 2)

3. 3 重錘式振り子時計（グループ3）

機械式の振り子時計をグループ3で設計製作した（Fig.3）。地元企業が保有する時計台を参考にした。時計台自体の高さを高くすることができないため、3つのおもりを順番に落下させる機構を設計製作し、1回の巻き上げで約1日稼働できるようにした。



Fig.3 Weight type pendulum clock . (Group 3)

3. 4 無限ドミノ (グループ 4)

グループ 4 では、Fig.4 に示すように倒れたドミノ牌が磁力を利用して自動で起き上がることにより、ドミノ牌が倒れる動きを無限に続けることのできる装置を製作した。



Fig.4 Endless domino. (Group 4)

3. 5 Active Trash Box (グループ 5)

人が投げたゴミを自動でキャッチするゴミ箱をグループ 5 が製作した (Fig.5)。Kinect (Microsoft 社製 L6M-00005) を用い、内蔵されているカメラとセンサによりゴミの座標を取得し、落下地点をパソコン上で計算する。算出された落下地点は無線通信モジュールを用いてゴミ箱台車に搭載されているマイコンボードに無線で送信する。難易度の高いテーマであったが、電気制御技術科と機械生産技術科 2 科のメンバーで、協力することによる力を最も発揮できていたグループであった。



Fig.5 Active trash box. (Group 5)

3. 6 バブルミネーション (グループ 6)

グループ 6 は、光と泡と音の 3 つの要素で演出したイルミネーション装置を製作した (Fig.6)。翌年度の 10 月に開催される大芝高原イルミネーションフェスティバルへの出展を目標にして改良を続けた。



Fig.6 Bubbllumination. (Group 6)

3. 7 KARAKURI 機械装置の製作 (グループ 7)

グループ 7 は、様々な“からくり”を使って鉄球をゴールまで運ぶ装置を製作した (Fig.7)。鉄球の動きや、機構の動きを見て、楽しむ。グループメンバーが電気・制御技術科の学生だけであったため、機械設計、加工、組立などで苦労していたが、最後にはメンバー全員で協力し合うことで力を発揮し、完成することができた。

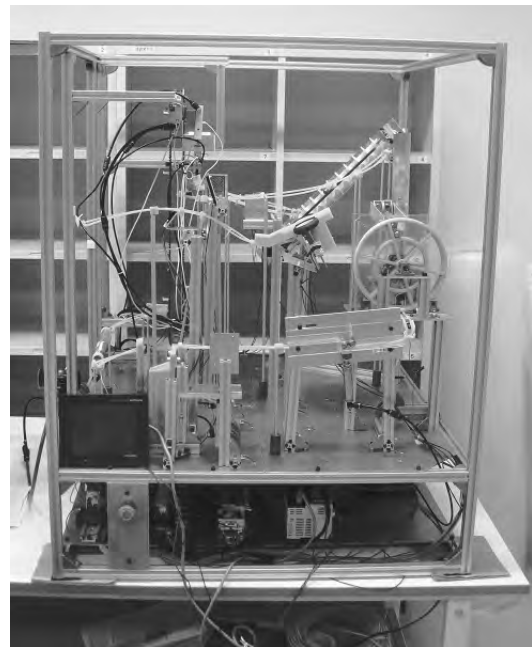
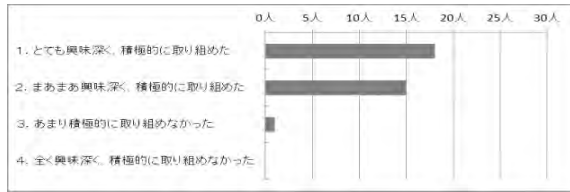


Fig7 KARAKURI. (Group 7)

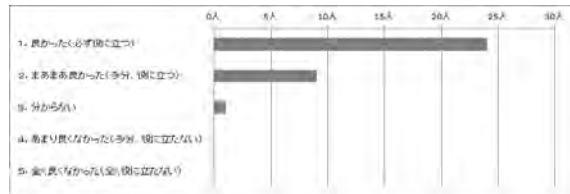
4. アンケートによる取組み評価

総合課題の全カリキュラムが終了した後、学生 34 名にアンケートを実施した。その結果を以下に示す。

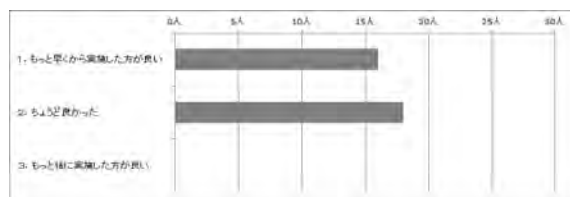
Q1. 興味深く、積極的に取り組めたか



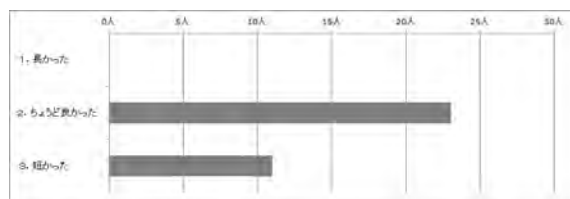
Q2. 総合課題の経験は良かったか(今後役に立つか)



Q3. 実施時期



Q4. 実施期間

Q5. 学生によるテーマ提案と投票による
テーマとグループ決め

総合課題全体の感想は、以下のようであった。

- ・ 完成した時の大きな達成感、喜びがあった。
- ・ 計画、工程管理の重要性を学んだ。
- ・ 1からものづくりをする楽しさ、難しさを感じた。
- ・ 協調性が大事と感じた。
- ・ コミュニケーション（情報交換）の大切さを学んだ。
- ・ 普段の授業では学べないようなことを経験できた。
- ・ コストを意識して活動でき、良い学習の場であった。

当校の「ものづくりのスペシャリストを目指して」という開校主旨に沿えるようなカリキュラムを考案・実施した。アンケート結果からは期待以上の良い成果が得られたとことを実証した。また、同時に課題や改善点も見られた。更なる魅力あるカリキュラムへの発展に向け、参考にしていきたいと考える。

5. む す び

南信工科短期大学第1期生に対して実施した総合課題について、その成果と課題を以下に要約し、次年度へ向けての参考とする。

- (1) ほぼ全員が興味深く、積極的に各グループの総合課題に取り組めた。また、その経験が今後の自分に役に立つと思うと回答している。このことからこのカリキュラムは学生にとって有意義な内容であったといえる。
- (2) 1からものづくりを行う苦勞・喜び・達成感、工程の管理やコミュニケーションの大切さなど、通常の授業では得難い経験を学生自身が得たとほとんどの学生が実感したようで、ものづくりのスペシャリストを目指すというカリキュラムの主旨に概ね沿った効果があった。
- (3) もう少し早い時期からの実施を検討する必要がある。
- (4) 異なる科の学生でメンバーが構成されているグループは、情報共有の必要性を必然的に感じ、互いの強みを活かしながら作業を進めていた様子が見られた。次年度以降はできるだけ2科の学生が混在するグループ構成が良い。
- (5) 今後2期生以降の1年生の総合課題の開始時期に、2年生がアドバイザーなどとして交流を持つカリキュラムを考えると、1年生の総合課題のスムーズな導入や、2年生の更なるコミュニケーション能力の向上、また指導力の向上にも効果があることが期待できる。

謝 辞

当カリキュラムの実施について、御理解いただき、貴重なアドバイスなど多大な協力をいただきました校長、副校長を始めとする教職員や講師の方々に厚く御礼申し上げます。また、熱心に取り組んでいただいた学生の皆様に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 「長野県南信工科短期大学設置概要骨子」
<http://www.pref.nagano.lg.jp/hisho/kensei/soshiki/soshiki/bukaigi/documents/20140123siry02.p>
- 2) 「長野県南信工科短期大学の設置について」
http://www.pref.nagano.lg.jp/rodokoyo/kensei/soshiki/shingikai/ichiran/roumon/documents/26-1_8_nanshin.pdf

【技術資料】

DC モータを用いたホバークラフトの製作

蟹江知彦*・横道正和**

Production of Hovercraft Using DC Motors

Tomohiko KANIE, Masakazu YOKOMICHI

1. ま え が き

長野県南信工科短期大学の平成28年度総合課題製作実習におけるテーマの一つとして、ホバークラフトの製作が選定された。ホバークラフトは一般的にエンジンを使用¹⁾しているが、この場合、騒音や排気・ガソリン燃料等が問題視されている。学生らはこの点に着目し、クリーンかつガソリンを使用しない、コードレス方式のDCモータ活用型ホバークラフトの設計・製作に取り組んだ。本テーマには機械・生産技術科4名、電気・制御技術科2名の合計6名の学生が参加し、筆者がその指導教員を務めた。今回、目標とする設計仕様を全て満足することはできなかったが、最大の目標である成人男性一人を乗せてホバークラフト本体を地面から浮かすことができたので、その設計・製作事例についてここに報告する。

2. 原 理

ホバークラフトは、艇体の下に空気を吹き込み続け、艇体と地面の間に圧力室を作り、その圧力により浮上する構造となっている。ここで、艇体を浮上させるための圧力 P (Pa)は、圧力室面積を A (m²)、搭乗者などを含めた艇体の全備重量を W (kg)、重力加速度を g (m/sec²)とすれば

$$P = \frac{W \cdot g}{A} \quad (1)$$

受理 2017年 9月 29日

採択 2017年 10月 30日

* 長野県南信工科短期大学 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
(現 蟹江技術士事務所)

** 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

で求めることができる。

またベルヌーイの定理及び連続の式から、風量 Q (m³/sec)と圧力室の静圧 P (Pa)の関係は、圧力室の周囲長を C (m)、浮上高を h (m)、空気密度を ρ (kg/m³)、縮流係数 D_c (≈ 1)とした場合、

$$Q = C \cdot h \cdot D_c \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \quad (2)$$

で表される。

これらの基本式をもとに全備重量 $W=90$ kgのホバークラフトを浮上させるための各種理論計算を行った。

3. 設計及び製作

設計にあたっては、まず艇体の大まかなサイズと重量を決め、搭載可能なサイズの市販のファンとモータを選択して風量を設定し、その風量で浮上可能な圧力室面積を確保して寸法を決定した。

艇体は、上板と下板と呼ぶ二枚の板を重ねた構造とし、またバランスのために左右にファンとモータを配置して両側から圧力室に空気を吹き込む構造とした。その構想図をFig.1に示す。

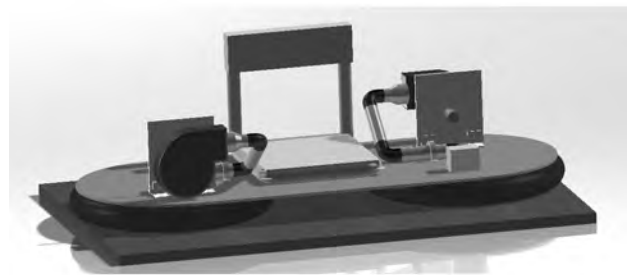


Fig.1 Concept image.

3. 1 艇体の重量等の仕様

艇体には比較的軽量で強度のある木材を使用することにして、モータ等も加えた本体重量を20 kg程度と見込んだ。なお、全備重量は搭乗者の体重70 kgを加えて90 kgとした。

またスカート部には、着地時のクッション性も加味し

て、スポンジを用いる構造とした。

3. 2 ファンとモータの選択

ファンには、軽量・小型な樹脂製であること、安全性のためにケーシングが付属されていること、更に取り付けが容易なことを考慮してシロッコファンを選択した。なお、ファンの大きさは全体サイズの制約から、モータ回転数3000 rpmで風量 $Q=13.8 \text{ m}^3/\text{min}$ が得られる $\phi 150$ タイプを使用することとした。

また、エンジンでの浮上が一般的な中で、モータによる浮上は最も重んじた部分であるが、軽量かつバッテリー駆動が可能な3000 rpm以上の回転性能を有する107WタイプのDCモータを選択した。

3. 3 浮上圧力の確認

最初に、艇体が浮上するのに必要な圧力室面積について検討した。シロッコファン静圧 $P=460 \text{ Pa}$ 、艇体の全備重量 $W=90 \text{ kg}$ とした場合、(1)式より圧力室面積 A が 1.92 m^2 以上必要となることがわかる。圧力室面積を広げれば全備重量も増加してしまうため、この点を考慮して今回の設計では、圧力室面積は 1.92 m^2 ($1.2 \times 1.6 \text{ m}$ 、圧力室の周囲長 $C=5.6 \text{ m}$)とした。

この時の浮上高は、風量 $Q=0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ 、圧力室の静圧 $P=460 \text{ Pa}$ 、圧力室の周囲長 $C=5.6 \text{ m}$ 、縮流係数 $D_c=1$ 、空気密度 $\rho=0.125 \text{ kgf}/\text{m}^3$ として、(2)式より浮上高 $h=0.29 \text{ mm}$ となる。一般的に、屋内平地において艇体が浮上するのに必要な浮上高は 0.2 mm 程度確保できれば問題ないと言われていることから、理論的にこれらのパラメータを用いることにより艇体の浮上は可能であると考えた。

3. 4 試作実験とその結果

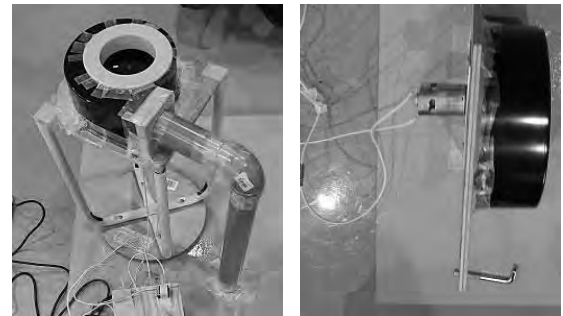
以上の設計をもとに試作を行った。電源は商用電源から艇体上の直流安定化電源を経由する有線方式とした。しかし、試作したホバークラフトで実験を行ったところ、残念ながら浮上できなかった。ファンとモータのみの単体接続試験では、107WタイプDCモータの回転数は4800 rpm程度まで問題なく上昇したが、ファン及びモータを艇体に取り付けて、圧力室までの配管を行うと2500 rpm程度までしか回転数が上昇しなかった。試作機の動作状況を観察すると、ファンを覆うケーシング部ならびにスカート部から空気漏れが発生しており、これらが改善すべき点であると考えた。

3. 5 改良点とその結果

(1) 回転数不足への対応

回転数の不足は、配管による空気流の管摩擦に対しモータがトルク不足で対応できないためと考えた。そこで従来の配管方式を廃止し、Fig.2に示すファンを上板に直付けする直付方式とした。更にモータ自体にも余力がな

いため、400WタイプDCモータに変更した。但し400Wモータは、トルクは大きいが高回転数が2100 rpmであったため、Fig.3に示すようにタイミングベルトを活用して回転数を約3倍に増加させた。



(a) Piping method (b) Directly attached method

Fig.2 Mounting method of the fan.

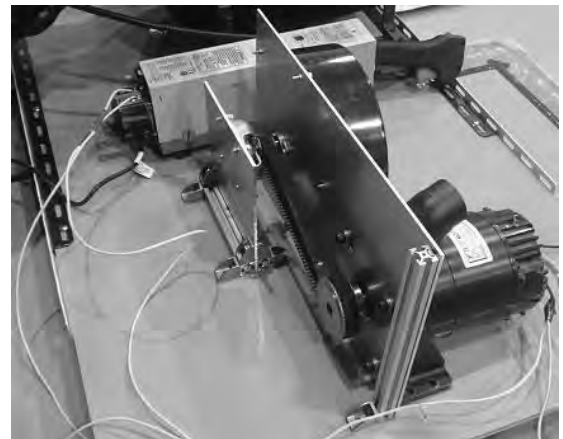


Fig.3 Use of the timing belt.

(2) スカートからの空気漏れへの対応

艇体の剛性が低いため、圧力室から力が加わると撓んで地面との隙間に狭い部分と広い部分ができる。スカートにはスポンジを用いていたが、隙間幅の傾斜に追従できず、地面との間に過大な隙間ができて空気漏れに繋がっていた。そこでスカートを布（ブルーシート）製に変更した。形状は、Fig.4に示す圧力室周囲に袋型に広がるバッグスカート方式とした。これにより隙間幅変動に追従して空気漏れを抑制できるようになった。

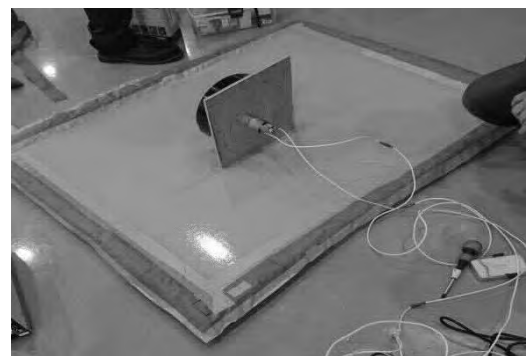


Fig.4 Bagskirt.

また、左右バランスを制御するため、圧力室を左右に独立して設ける構造とした。

(3) ケーシング空気漏れへの対応

ファンを覆うケーシングから、空気の入力方向への空気漏れ（逆流）が観察された。その理由として、今回利用したケーシングではファンの中心と空気取入口中心を合致させるのが難しいため、取入口の周囲に部分的に大きな隙間が発生していることがわかった。そこで隙間を覆うため、3Dプリンタを用いてオリジナルカバーを製作し、逆流現象を解消した。

4. 実験結果及び考察

4.1 DCモータによる浮上について

ホバークラフトの最終全体図をFig.5に示す。

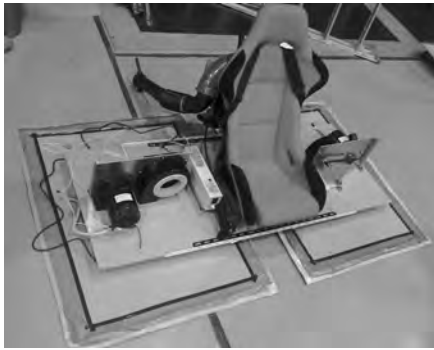


Fig.5 Hovercraft.

最初の実験として、Fig.5に示すホバークラフトに人員が搭乗しない状態で浮上実験を行った。その結果、Fig.6に示す通り、本ホバークラフトを無事浮上させることができた。

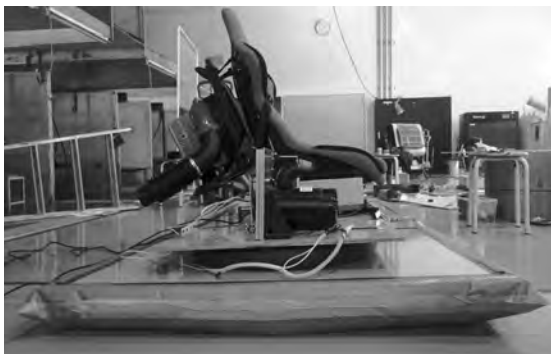
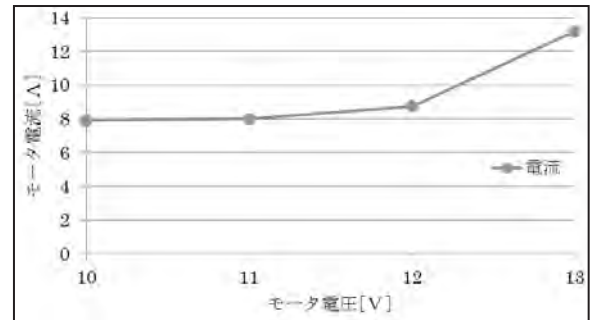


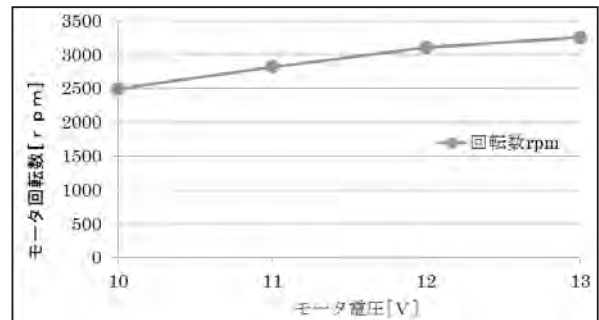
Fig.6 Hovering.

次に、浮上までのモータの電圧対電流特性、電流対回転数特性、モータ内部の温度分布について測定した。これらの測定結果をFig.7に示す。なお、電圧及び電流値の測定にはデジタルマルチメータ（共立電気計器製：1009）、ファンの回転特性測定には非接触式デジタルタコメータ（小野測器製：HT-5500）、モータ内部の温度

分布測定には可視IR温度計（FLUKE製：VT04A）、更に電源装置には直流安定化電源（菊水製：PAS40-9）を使用した。



(a) I-V curve



(b) V-R curve



(c) Temperature distribution of the motor

Fig.7 400W DC motor characteristics.

これらの図より、モータ電圧が10 Vから12 Vへ上昇するのに比例して、回転数が2500 rpmから3100 rpmに増加しているが、モータ電流は殆ど変化していないことがわかる。このとき（モータ電圧12 V以下）、ホバークラフトは未だ浮上していない。

更にモータ電圧を12 Vから13 Vへ上昇させると、回転数もそれに比例して3100 rpmから3260 rpmに増加し、モータ電流も約8.8 Aから13 Aと急激に増加して、ホバークラフトは浮上する。つまりこの回転数においてファンは浮上するために必要な静圧を初めて発生し、それによりスカート下部から空気が流出してファンとしての仕事を開始され、そのために必要な電流が流れたと考えられる。

また、浮上した状態でのモータの発熱状態を表しているのがFig.7の(c)である。この図より、モータの発熱温

度は概ね60℃程度であることから、安全な動作範囲であることが確認できた。

なお、最後に体重55 kg程度の乗員を乗せた時の浮上実験を試みたが、この場合においても無事ホバークラフトは浮上することができた。

4. 2 推進力及び電源のコードレス方式について

今回、Fig.5示すホバークラフトの座席背部に推進実験のためのダクトを装着し、ファンによる推進を検討した。しかし予備実験の結果、推進には浮上よりはるかに大きな風力が必要であることがわかり、今年度については実験したに留まっている。また、コードレス方式については電池の方式を検討したのみに留まり、残念ながら総合課題期間中に実現することができなかった。但し、今回製作した艇を浮かすためには、170 Wの直流電源容量が必要であることがわかった。

5. む す び

我々のグループは、総合課題製作実習としてDCモータを活用したホバークラフトの製作に取り組んだが、最大の目標である成人男性一人を乗せてホバークラフトを地面から浮かすことは達成することができた。一方、浮いたホバークラフトを進行方向に推進させること、ならびにDC電池等を活用して電源供給をコードレス方式にすることは、残念ながら達成することができなかった。

今回の実験では、400 WのDCモータに対して実際には170 Wの電源しか供給していない。これはモータ駆動に使用した直流安定化電源の性能を考慮したためであり、小型・大容量タイプの直流安定化電源を活用することにより、風圧特性が更に向上し、積載可能重量が増加できるものと期待している。

最後に、本テーマには機械・生産技術科の池上佳吾君、春日大和君、小池覚君、坂本大樹君、電気・制御技術科の泉澤拓人君、中村諒君が取り組み、リーダーを池上君が務めた。

「原理的な理論計算に基づき実際に作ってみると、艇体の強度や部品取り付け上の問題など様々な不具合が生じ、更に予算の制約もあり、思ったとおりには進まなかったが、そうしたことが逆に貴重な経験となった」という学生たちの率直な感想があり、私自身、正にそのとおりだと考えている。学生らは本実習を通して、グループによるプロジェクト遂行の難しさや厳しさを学んだが、この体験を今後の就職活動や卒業研究に活かして欲しいと望んでいる。

謝 辞

ホバークラフトの製作にあたり数々の有益なアドバイスを頂いた機械・生産技術科の中島准教授、ならびに本校非常勤講師の御子柴先生、米山先生に対して深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 三野正洋, “ホバークラフト・トータルガイドブック”, パワー社, 3-6 (1997).

【技術資料】

ゲーム台『いとをかし』の製作

中島一雄*

Production of Desktop Game Machine 『ITO OKASHI』

Kazuo NAKAJIMA

1. ま え が き

南信工科短期大学校専門課程1年次のカリキュラムの1つの柱である総合課題において、第1期生のゲーム台『いとをかし』のグループを担当したのでその報告をする。

総合課題の2回の学生による投票を経て選定されたテーマは、当校のイベント等で使用でき、実際に体験できるゲーム台であった。

このテーマのメンバーは、機械・生産技術科の中島篤矢君、織井拓郎君、木ノ内郁弥君、橋爪夏希君、林俊太君の5名で、グループリーダーは、提案者でもある中島篤矢君が務めた。

提案者の中島篤矢君によると、このテーマを考える際にPLC (Programmable Logic Controller) 制御を勉強できる課題に取組みたいという目標を持っていたとのことである。

総合課題のカリキュラム初期に、学生が調査とミーティングを行い、構想設計と仕様確定作業を進める中で、景品を吊っている糸(ライン)をカットして景品を獲得する形式のゲーム台を製作することとなった。名称の『いとをかし』は、学生の提案で古語からの意味「とてもおもしろい」とゲーム台の構造の「糸でお菓子を吊っている」から命名された。

筆者の学生への接し方は、すべてを教育指導するのではなく、できるだけ補佐をする立場で接し、学生の自主性、創造性、協調性を促すように努めた。

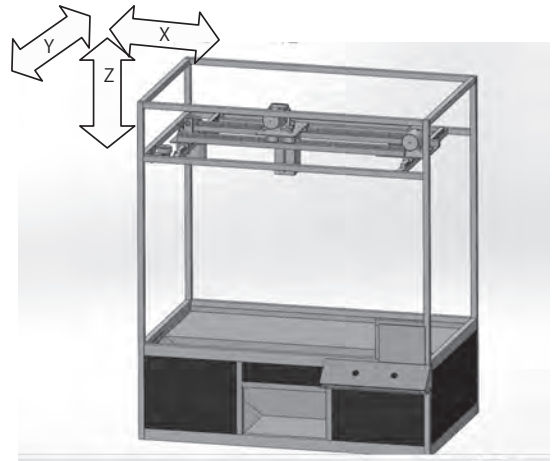


Fig.1 Modeling of desktop game machine
『ITO OKASHI』.

また、教員としての視点で見て、この取り組みによるものづくりの一連のプロセスを体験することにより、技術者としての学生の成長とその教育効果を確認できた。

2. 製 作

2.1 工程

- (1) 構想設計及び基本仕様の確定後、三次元CAD : SolidWorks (以降SW) を用い、基本設計を進めた。
- (2) 基本設計後、部品の選定と注文を行う。以下の計算による理論値をもとにモーターを選定した。

$$F = FA + mgu \quad Tr = FD/2\eta\iota$$

F : 荷重 FA : 外力 m : 質量 g : 重力加速度

μ : 摩擦係数 Tr : トルク D : プーリー径

η : 効率 ι : 減速比

- (3) 各部品を揃え、加工・組立を進めながら、強度の再計算やSWモデルの見直しなどの詳細設計を行った。
- (4) 制御方法にはPLC制御技術を採用し、タッチパネル表示器(三菱電機製GOT:以降タッチパネル表示器)を用いる。このタッチパネル表示器について、総合課題のカリキュラムを実施する段階では授業で履修していなかったため、必要な技術を教

受理 2017年10月3日

採択 2017年10月30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

育する必要があった。

タッチパネル表示器の画面では以下の表示や操作が行えるようにした。

- ・ 難易度選択 (EASY, NORMAL, HARD)
- ・ 操作可能残時間数の表示
- ・ 次操作への切り替えスイッチ

3. 仕様および各部機構

3. 1 基本仕様

基本仕様を以下に上げる。

- (1)機械外寸 1200×1000×640
- (2)入力機器 押しボタンスイッチ・タッチパネル
- (3)主な機構
 - X・Y軸 ACリバーシブルモータとタイミングベルト リニアガイド
 - Z軸 ACリバーシブルモータとロープによる巻上げ機構
- (4)制御方法 PLC制御

3. 2 動作の特徴

ラインカットユニットを上下左右に操作し、景品の獲得を目指す卓上ゲーム台で、一般的なUFOキャッチャーとは異なり、X方向（左右）、Z方向（上下）で位置調整後、最後にY軸方向（プレイヤーに向かって）にユニットが移動し、景品を吊るラインを切断する。

イベントなどで子供が使用することを想定し、操作用押しボタンスイッチが2個だけとシンプルにし、更に操作方法が視覚的に分かるようにタッチパネル表示器の画面表示が切替わるように工夫した。



Fig.2 Operating manual.



Fig.3 The first stage of desktop game machine.

3. 3 機構

3. 3. 1 Z軸上下伸縮ロッド機構

Z軸の上下動作用にアルミ製の伸縮ロッド機構を考案し、設計製作した(Fig.1)。これは内部にロープを通し、ロッド上部のモーターによるロープの巻上げによってロッドが伸縮する構造である。上下端位置確認のため、リミットスイッチを取付けてある。

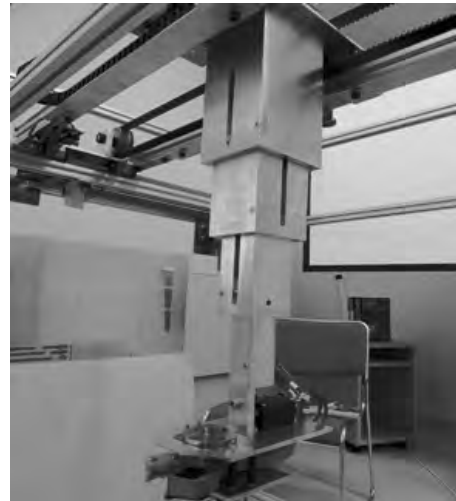


Fig.4 Terescopic rod unit.

3. 3. 2 ラインカット機構



Fig.5 Line cut unit.

開閉動作にはRCサーボMG995を用いた。

ラインカット機構のメイン部品は3Dプリンタ(Stratasys社製Objet30)を用いて、アクリル系樹脂で製作した。

ラインカット機構の切断安定性を確保するため、機構の見直しを数回実施することとなった。しかし、3Dプリンタによる造形は複雑な形状の部品製作時間を大幅に縮減することができ、金属に加工による部品製作に比べ、短時間でリトライできた。

3. 3. 3 製作時の実験

ラインカットに使用するRCサーボMG995の周波数を簡単な回路を組んで調べた。ファンクションジェネレーターを用い、パルス信号幅に応じたサーボの開閉角を求めた。実験の中で、周波数400の値を0°として基準位置とし、モーター軸の傾きを求めた。

Table 1 The relations between the pulse width and angles.

パルス幅 (ms)	周波数 (Hz)	角度 (°)	難易度
0.833	600	約 45°	HARD
0.625	800	約 70°	NORMAL
0.3.13	1600	約 90°	EASY

この実験結果を用い、プログラムでゲーム難易度をラインカット部の開き幅で変えられるように設定した。

3. 3. 4 装飾とイベントへの出展

各種イベントへの出展などを想定して、ゲーム機背面の装飾を検討した。名称の『いとをかし』より和風な壁紙を採用することとした。



Fig.6 Complete Photo of Desktop Game Machine 『ITO OKASHI』.

平成29年9月23日に実施された南信工科短大振興会主催の「人材ふれあいフェア」において、完成品を出展し、来場者にゲームを楽しんでいただく機会があった。当日は家族連れの子供たちにとっても人気で、Fig.7のようにゲーム機の前に列ができており、準備したお菓子は全て無くなってしまったほどであった。この様子に担当した学生も満足な様子であった。



Fig.7 A look of the event.

4. む す び

南信工科短期大学第1期生に対して実施した総合課題について 『いとをかし』に携わったメンバーのアンケート結果では全員が、この課題に「興味深く積極的に取組めた」、更には「今後の自分にとって役立つ」と回答している。ただし、期間に関しては「短かった」と答える人数が5人中3人であった。この理由を聞いてみると、それぞれに改善点、改良点や追加の機能を付けるなど、より完成度を上げる良い意味での欲や向上心が見受けられた。課題を終えた学生に聞いてみると計画性やコミュニケーションの大切さや、コスト意識などが身に付いたなどという感想が聞かれた。

謝 辞

この総合課題ゲーム台『いとをかし』の製作について、意欲的に取組んでいただいた学生に感謝をいたします。

【技術資料】

重錘式振り子時計の製作

矢崎美彦*

Production of Weight Driven Pendulum Clock

Yoshihiko YAZAKI

1. ま え が き

当校では、1年次の12月末から3月かけてグループでものづくりの一連のプロセスを取得するために総合課題を実施している。この総合課題の趣旨は、当校の「ものづくりのスペシャリストを目指して」の開校主旨の礎として、グループで協力しあうことの必要性を知り、自分たちのアイデアを形や動きにしていく体験を通じて、発想・想像力や情報収集力を身に付け、ものづくりの楽しさ、大変さ、達成感を体験することである。

この趣旨に基づき、普段身の回りにあるものを作りたいと考えた学生から電気を要しない機械式時計が発案された。グループ内での企画の段階で、錘と振り子で動く「重錘式振り子時計」を製作することとなった。最初に、地元企業の時計台を見学させていただき参考にしながら設計を行った。以下に今回製作した重錘式振り子時計について説明する。

なお、本テーマには、機械・生産技術科の赤羽航平君、小出和樹君、中山楽里君、二木大輝君が参加し、リーダーを二木君が務めた。

2. 重錘式振り子時計の基本構造

Fig.1に、重錘式振り子時計の基本構造を示す。重力による錘の下降を動力源とし、この力により歯車を回転させる。しかし、これだけでは歯車は連続的に回るだけなので、この歯車を一定の周期で少しずつ回転させる必要がある。そこで、振り子の等時性を利用したアンクル (pallet) とガンギ車 (escape wheel) と呼ばれる装置を

利用する。

アンクルの先端がガンギ車と呼ばれる歯車の歯の先に一回一回入り込んだり、離れたりすることでガンギ車を少しずつ回す。逆に、アンクルの先端が離れるときにガンギ車の歯の先でアンクルの先端が左右に少しずつ押される。この押される力が振り子に伝わり、振り子が止まらずに左右へ揺れ続けることができる。振り子の長さや錘の重量により振り子の周期を調整し、アンクルと連結している振り子の運動でガンギ車を1歯毎の間欠回転に減速させ、時を刻む機構となっている。

通常の重錘式振り子時計は、動力となる錘の下降距離を長くすることにより、長時間の稼働を可能としている。そのため、時計台のような高い構造物でよく用いられている。

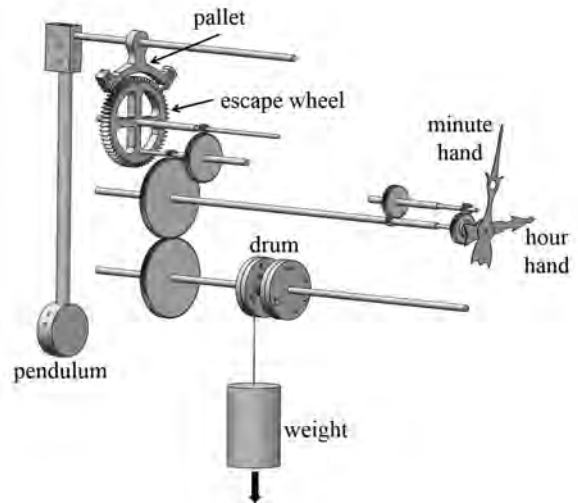


Fig.1 Mechanism of weight driven pendulum clock.

3. 製作工程

重錘式振り子時計の製作工程は、以下の通りである。

(1) 仕様の決定

Table 1に製作した時計の仕様を示す。室内に設置でき数人で持ち運ぶことができる大きさにした。歯車列の軸間距離を調整しやすくするために筐体をアルミフレームで製作し、ブラケットでフレームの移動を容

受理 2017年 8月 5日
採択 2017年 10月 27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

易にした。また、振り子の周期を1秒とし、1分間でガンギ車が1回転するように仕様を決定した。錘は普通旋盤の実習で出た鉄鋼の廃材を利用し、市販のバケツに鉄鋼製の塊を入れ、錘の重量を一つ当たり約56[N]とした。

(2) 設計

設計には3次元CAD (SolidWorks) を使用し、各種部品設計や組立イメージをモデリングした。

先に述べたように、長時間稼働させるためには錘の下降距離をいかに長くするかが重要である。しかし、今回は室内に設置できる大きさにするため、時計自体の高さを高くすることが不可能であった。そこで、複数の錘を連続的に落下させ、できるだけ一回の巻き上げで長時間稼働するような機構を考案した。

Fig.2に、今回製作した時計の概略図を示す。図に示すように錘を3つ取付け、これらが連続的に落下するようにした。

Fig.3に、錘の巻き上げ機構を示す。軸とラチェット歯車が一体となっている。ストッパーで巻胴が固定されているときは、ラチェット歯車は空転する。ストッパーが外れると錘により巻胴が回転し、巻胴に取付けられた爪がラチェット歯車と噛み合い軸が回転する。

Fig.4に、錘の切替機構を示す。Fig.3に示した巻胴が同一軸上に3つ配置されている。錘①が降下しているときは錘②、③はストッパーにより巻胴が固定されているため回転しない。錘①が最下点に達すると錘に取付けられたワイヤが引っ張られ、ストッパー①が外れる。これにより、錘②が降下する。同様に、錘②が最下点に達すると錘に取付けられたワイヤが引っ張られ、ストッパー②が外れ錘③が降下する。このようにして、3つの錘が連続的に落下する機構とし、できる限り長時間稼働するように工夫した。

Table 1 Specification.

Size	W : 300 [mm]
	D : 740 [mm]
	H : 1500 [mm]
Weight	56 [N] × 3piece
Pendulum cycle	1.0 [s]

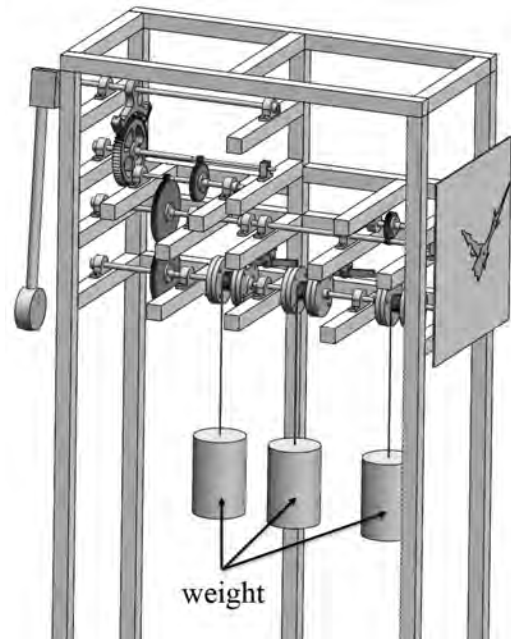


Fig.2 Schematic diagram of weight driven pendulum clock.

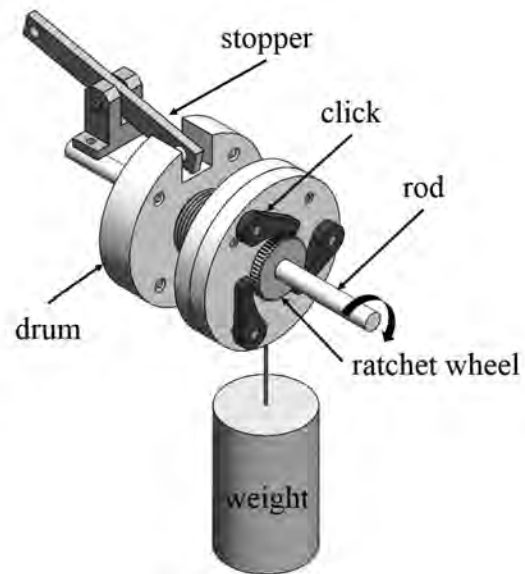


Fig.3 Winding mechanism.

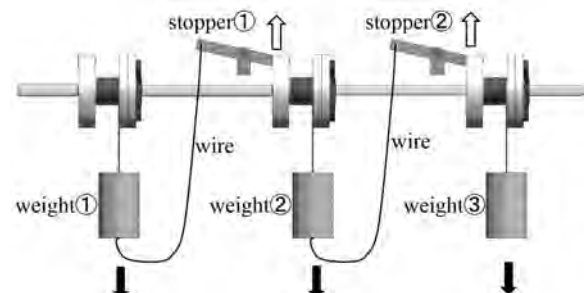


Fig.4 Mechanism of Weight Switching.

(3) 部品加工

Fig.5に、部品の一例を示す。加工実習の復習も兼ね、なるべく多くの工作機械を使用して部品加工を行なうことを目的とした。

巻胴は、マシニングセンタおよび普通旋盤により加工した。ガンギ車とアンクルは、ワイヤカット放電加工機により加工した。時計針・分針は、レーザ加工機により加工し、文字盤の数字は3次元プリンタで造形した。

(4) 組立および調整

筐体となるアルミフレームを組上げ、歯車の軸間距離を測りながら歯車を組込み歯車の位置を調整した。

振り子の長さやおもりの重さを微調整し、ガンギ車が1分間当たりの1回転するよう調整した。Fig.6に今回製作した重錘式振り子時計を示す。

4. む す び

ものづくりの一連のプロセスを取得するための総合課題において、重錘式振り子時計の製作を行なった。その結果、振り子の周期調整を何度も行い、1時間に1秒程

度の誤差の時計を製作することができた。錘を複数使用し、連続的に落下させることにより、1回の巻上げで約24時間稼働させることができた。しかし、錘を巻上げるために、現在は巻胴を直接回して巻き上げなくてはならない。狭い部分に手を入れなくてはならないので、作業性が悪い。ハンドルなどを使い、簡単に錘を巻き上げる設計追加などが必要である。また、より長時間連続して稼働させるためには、頻りに錘を巻上げなくてはならない。錘の数を増やしたり、巻胴の軸径を細くしたりするなどの改良が考えられる。さらに、周囲の振動や衝撃に弱く、人の多い場所などでは振り子の長さや、ガンギ車とアンクルのかみ合わせなどを調整しなおさなければならなくなってしまったので、振動対策も必要である。

総合課題を終えた学生からは、「普段身の回りに使われているものを実際に作ってみる難しさ、限られた予算や時間をうまく使いながら自分たちの知識やアイデアを出し、考えることの楽しさを学んだ。」「自分たちの知識不足を実感する場面が多くあったため、今後は総合課題の経験を生かし、自分たちの知識を高めていきたい。」などの声が聞かれた。



(a) Dram

(b) Clock dial



(c) Escape wheel and pallet

Fig.5 Parts.



Fig.6 Weight driven pendulum clock.

【技術資料】

総合課題「無限ドミノ」製作の指導について

千葉隆史*

Leading of Producing “Endless Domino Machine”

Takashi CHIBA

1. ま え が き

本校は、長野県2校目の工科短期大学校として、県内製造業への寄与という目的を持って設立された。機械系および電気系の二つの専門課程というコンパクトな学校であるため、開校準備の段階からその特色を生かすカリキュラムの模索がなされた。その一つが、本稿で紹介する総合課題である。

技術系の学生が取り組む活動の集大成は卒業研究である。本校でも2年次のカリキュラムに組み込まれている。この卒業研究の大きな目的は、学生個々にテーマに取り組むことによる自立した責任感の習得である。一方、本校の役割として、県内製造業への技術者の輩出という観点から、集団活動ならではのスキルアップも必要と考えている。例えば、自分の役割の進め方と集団でのスケジューリングとの関係を把握することや、他セクションの進捗度の把握とサポートの仕方など、‘自’と‘他’との関係性を意識できるかが鍵となる。企業から学生に対して求められる能力の筆頭は「コミュニケーション能力」であり、実践的な技術者の養成を目指す本校では、集団活動で必須な能力の向上は不可欠である。

そこで本校では、1年次の第IV期目(12月～3月)に総合課題という科目を設け、2学科合同で集団による製作活動を実施することにした。テーマは学生全員の提案から選定し、所属するチームも学生自身が選ぶことで、できるだけ学生が自主性を発揮できるよう制度を練り上げた。我々指導する立場はオブザーバーであるため、私自身は少し距離を置きながら、進捗の把握と技術的な壁

に直面しているようであれば、アドバイスをしよう心掛けた。

本稿では、私が担当したチームの製作過程と製作物の紹介を行う。なお、本テーマには、機械・生産技術科の伊藤拓也君、原田勇麻君、細田聡央君、山崎康平君、電気・制御技術科の有賀祐人君、北原和亮君が参加し、リーダーを山崎康平君が務めた。

2. アイディアの具現化

今回私が担当したチームのテーマは「無限ドミノ」である。通常のドミノ倒しでは倒れたドミノ牌は倒れたままであるが、この装置では自動的に起き上がることで再び倒れることが可能となり、ドミノ倒しが継続する。テーマを発案した学生によると、製作を目指す装置が既にインターネットの動画サイトで公開されており、その装置と同じようなものを作りたいと考えたことが動機とのことであった。

総合課題は集団での製作活動が第一の目的であるため、オリジナリティの乏しいテーマも認めている。ただ、今回は動作状態を動画で見ただけで、原理や仕組みは不明であるため、どのように実現するかを考えながら進める必要があった。

2.1 大まかな構想

ドミノが倒れた後に自動的に起き上がるには、何らかの力で起こす仕組みが必要となる。インターネット上には様々な原理でドミノ倒しを続ける装置の動画が見られるが、目指す装置の動画ではドミノ牌を起こすための目立った機構は見られない。そこで非接触で倒れたものを引き起こす原理として、磁力の利用が発案された。

磁力で引き起こすためには、ドミノ牌に永久磁石を内蔵する必要がある。そこでドミノ牌は市販品を購入せずに、製作することにした。製作するドミノ牌は、軽量化と磁石の収納スペースを確保するために中空構造とした。機械・生産技術科のメンバーが、3次元CADや3Dプリンタを利用していくつか試作した後、すべての牌を3Dプリンタで造形することにした。

受理 2017年10月3日

採択 2017年10月30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

ドミノ倒しが継続するためには、ドミノの配置形状が始めも終わりもない閉じた輪郭となる。当初無限ドミノの名にちなんで「∞」の形に並べたいと学生は考えたが、磁力によって引き起こすには、交差する部分が難しくなるため、結局手本となる動画同様、円形配置となった。

2. 2 基礎実験

無限ドミノが実現するためには、倒れたドミノ牌を引き起こす仕組みの実現が不可欠である。構想通りに磁力によりドミノ牌が起き上がるか、基礎実験を行った。

2. 2. 1 電磁石方式

はじめに考案された原理は、ドミノ牌の真下にコイルを配置し、ドミノ牌に内蔵した永久磁石と吸引するようコイルに通電して電磁石の原理でドミノ牌を起こす方式である。ドミノ牌1個につき1個のコイルを配置することで、起こすタイミングは個々に制御可能となる。ドミノ牌の大きさは、一般的なものと同じぐらいとしたため、ドミノを配置する間隔は、20~30 mm程度となる。したがって、この間隔に収まるコイルで、ドミノ牌を引き起こすことが可能か、事前に実験を行った。なお、今回の総合課題では、1チーム当たりの予算が定められており、必要な部材の調達予算内で行うことが原則である。

電磁石としてコイルを調達する場合、数十個必要となるため、安価な市販品の流用ができれば、コストや製作時間の効率が良い。そこで、市販されているソレノイドのコイルを活用しようと考えた。磁力はできるだけ強力であることが望ましいが、ドミノの間隔に収まる寸法である必要がある。基礎実験用に準備したソレノイドは、単価の安さとサイズから選択した秋月電子通商の商品である。

調達したソレノイドを電磁石としてドミノ牌を引き起こす実験を行ったが、全く起き上がる動きを見せなかった。学生は他にも学校にあるリレー等、電磁石として調達し易いもので実験を行ったが、要求される寸法で調達性の良いコイルにより起こすだけの磁力を得ることは困難と判断し、この方式を諦めることにした。

2. 2. 2 永久磁石方式

次に考えた仕組みが、ドミノ牌の下側から強力な永久磁石を近づけることで、ドミノ牌の起き上がりを実現する方式である。ドミノの配置を円形としたため、ドミノの下側に近づける磁石の動きは円運動で可能となる。

そこで、教材として導入した設備にロータリーテーブルがあったため、これを利用して円運動で通過する永久磁石によりドミノ牌が起き上がることが可能か実験を行った。Fig.1にその実験をしている様子を示す。

この実験の結果、強力なネオジム磁石を用いることで

ドミノの起き上がり動作が可能であると確認された。そこで、モータ駆動で起き上がり用磁石を円運動させて、ドミノ牌の下側を磁石が通過することで、順次ドミノ牌を起こす仕組みとした。



Fig.1 Testing by students.

3. 装置の製作

装置の製作は、ドミノ牌や土台となる部分、モータやアームの固定に必要な接合部品等、機械加工が必要な部分を機械・生産技術科の学生が担い、モータドライバ回路や制御用マイコン周辺の回路と動作プログラムを電気・制御技術科の学生が担うことにした。

3. 1 全体構成

ドミノ牌と土台となる筐体、内部に起き上がり用磁石を回転させるモータ等を配置した3次元CADによるモデルをFig.2に示す。

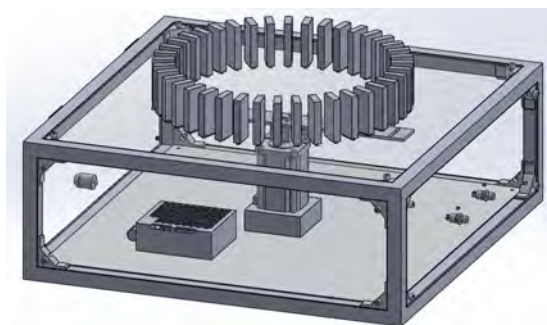


Fig.2 Completed image.

3. 2 ドミノ牌

Fig.3に製作したドミノ牌を示す。起き上がるためには軽量化する必要があるため、中空構造としている。3Dプリンタにて成形したが、素材の樹脂に若干柔軟性があるため、強度が確保できるようにリブを入れている。

3. 3 起き上がり機構

Fig.4にドミノ牌を起こす機構部を示す。円運動の軌跡でちょうどドミノ牌の真下を起き上がり用磁石が回転す



Fig.3 Domino made by 3D printer.

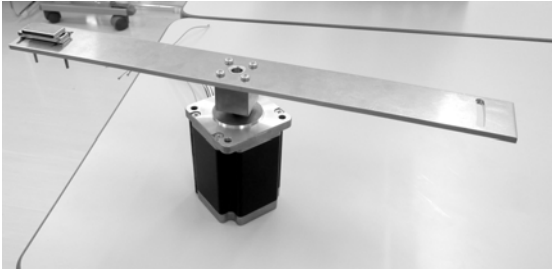


Fig.4 Mechanism for standing dominoes up.

る機構となっている。モータは2相励磁型のユニポーラステッピングモータである。モータの軸にアーム状の部品を取り付け、先端に磁石が固定されている。モータ軸とアームとを固定する継手は、取り付け穴位置を正確に合わせる必要があるため、マシニングセンタを使用して加工した。

3. 4 回路部

ドミノが倒れていく速度に対して、起こす速度をほぼ同調させるためには速度調整が必要と考え、速度制御が容易なステッピングモータを選定した。電気的な制御には、学生が実習で用いたArduino UNOを採用したため、ステッピングモータの励磁パターン生成が容易なユニポーラを選定した。増幅段については、学生が独自にユニポーラステッピングモータ用ドライバキットの回路図を探し出してきたので、そこで使える能力のトランジスタを部品ケースから見つけて、回路製作等は学生に任せた。当初、学生の知識はマイコン制御の初歩段階であったため、実習で学んだ知識を活用して、一定時間処理を待つ関数を用いて励磁パターンの時間間隔を制御していた。しかしそれでは正確なインターバルとならないため、キーワードとして「タイマー割り込み」だけを教えて、学生自身に調査させてプログラムに挑戦してもらった。組み込み関数を学生自身が調べて試行錯誤していたが、こちらから少々アドバイスを手直しをするだけで動作させることができた。

3. 5 完成した装置

各部品を組み上げて完成させた装置をFig.5に示す。実

際に組み上げる段階で苦心した部分は、ドミノが倒れてから起き上がる動作を規制するヒンジ状の機構である。構想段階では釣りに用いる細いナイロン糸での固定を考えていたが、接着性が悪かったため細い針金を使用してヒンジ状の機構を構成した。

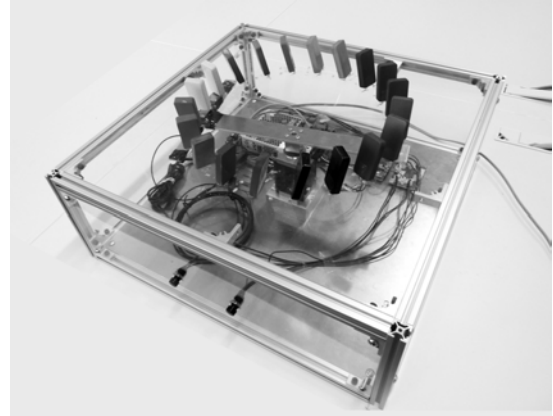


Fig.5 “Endless Domino Machine”.

4. 改良版の製作

今回の総合課題は1年次に一旦完了した後、2年次の第V期（4月～6月）に更に改良する機会が設けられた。「無限ドミノ」ではドミノ牌の作り直しや、起き上がり機構の見直し等に取り組むことにした。しかし、これまで使用していた3Dプリンタがタイミング悪く故障して、使用できなくなるアクシデントに見舞われた。そこでドミノ牌自体はアルミ合金を削り出して製作することにした。

機械・生産技術科のメンバーは、CAD/CAMの実習で、複雑な形状のCAMデータ作成まで取り組んでいたため、ドミノ牌製作用治具からドミノ牌自体まで、マシニングセンタによる削り出しで作り出すことができた。

改良した装置をFig.6に示す。この改良版のドミノ牌は、金属製であるため肉薄に仕上げることができ、樹脂製より少し重量が増えた程度で実現した。

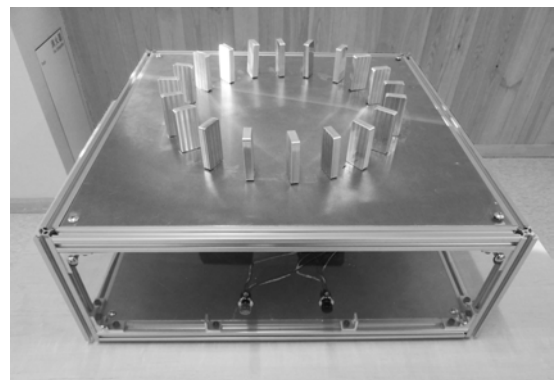


Fig.6 Developed “Endless Domino Machine”.

5. む す び

製作した装置は、手本としたインターネット動画の装置に比べて動作の完成度は低いものであった。また、機械系、電気系両方の学生がメンバーのチームであったが、お互いに担当領域を手伝うことは困難に見えた。それは、1年次とはいえかなり専門的な知識を用いていたためと思われる。実際に、チーム内で担当業務の割合で不穏な空気となった場面もあった。しかし、自分たちが取り組むと心に決めたテーマについて、必死に活動した結果、技術的な力量をかなり上げた者もあり、また、コミュニケーションの大切さに気付いたようにも見受けられた。

今回、指導する立場で気を付けたこととして、学生の提案をできるだけ手助けすることと、「作る」プロセスを省かないことである。この活動を通じて著しく成長した学生の姿を見て、学生自身のポテンシャルを信じることが大切だと感じた。

【技術資料】

Active Trash Box の開発

横道正和*

Development of Active Trash Box

Masakazu YOKOMICHI

1. ま え が き

Active Trash Boxとは、「ゴミを投げるとそれが落下するより素早く落下地点に移動してキャッチするゴミ箱」につけた名称であり、長野県南信工科短期大学の平成28年度総合課題として学生が提案し採択されたテーマの一つである。開発期間は約2ヶ月である。

本テーマには、電気・制御技術科の木村崇行君、勝目望夢君、谷垣内 遼君、林 恵輔君、機械・生産技術科の桜井星輝君、宮下友宏君が参加し、リーダーを木村君が務めた。

2. システムの概要

Active Trash Boxは、走行機構を持つゴミ箱と、ゴミを検出するセンサを持つPCから構成される。システム概要図をFig.1に示す。

センサは毎秒30コマでカラー画像と距離画像を撮像できる。投擲物（ゴミ）がセンサ視野に入るとPCでその

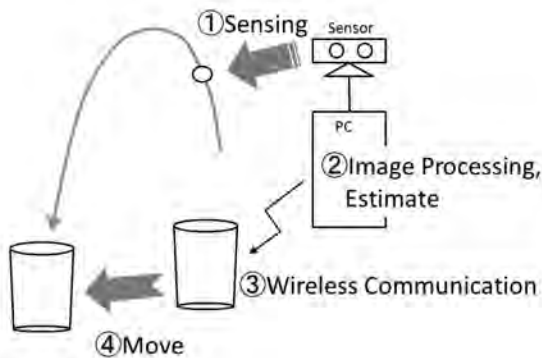


Fig.1 Overview.

受理 2017年 8月 14日

採択 2017年 10月 30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

運動ベクトルを求めて落下地点を予測する。その地点をゴミ箱に無線送信し、移動させてゴミをキャッチする。

ゴミをキャッチする範囲はゴミ箱を中心に直径3 m程度、投擲物の最高高度は2 m程度として開発を行った。

3. 構成要素及び開発内容

3.1 走行台車

走行台車とは、ゴミ箱底部に組み込んだ走行機構の名称である。走行台車は3つの車輪を持つが、駆動力をできるだけ効率的に使うために全ての車輪を駆動輪とした。駆動力は、一つの走行用モータから走行用タイミングベルトにより3輪に伝えられる。また全ての車輪は方向輪を兼ねており、3輪が揃って移動方向を向く。これは一つの操舵用サーボモータから操舵用タイミングベルトを介して3輪の方向軸を同時に回転させることで実現している。

また機構設計の最初に市販のゴミ箱を選定し、そこに収まる形状とした。そのため、走行台車はφ200 mmのコンパクトな設計となった。設計には3D-CADシステム、加工にはマシニングセンタなど、学内設備を活用して製作した。この走行台車をFig.2に示す。

走行台車にはArduino互換基板のGenuino 101を搭載して走行用モータと操舵用サーボモータを制御している。移動方向と距離はPCから無線で伝えられる。制御ソフトの開発にはArduinoIDEを利用し、サーボライブラリやTimerライブラリなど各種ライブラリを活用した。

走行台車の設計では、想定した範囲の投擲に対応できるゴミ箱の加速度を求め、ゴミ箱の自重を2 kgと想定して、タイヤの直径や駆動のためのギヤ比を考慮しながら、必要な速度及び加速度が得られる走行用モータを選定した。操舵用サーボモータはトルク及び角速度ができるだけ大きいものを選んだ。使用したモータの諸元をTable 1に示す。

3.2 センサ

投擲物を検出するセンサにはMicrosoft社のKinectを用いた。Kinectは、カラーカメラ、深度センサなどを搭載

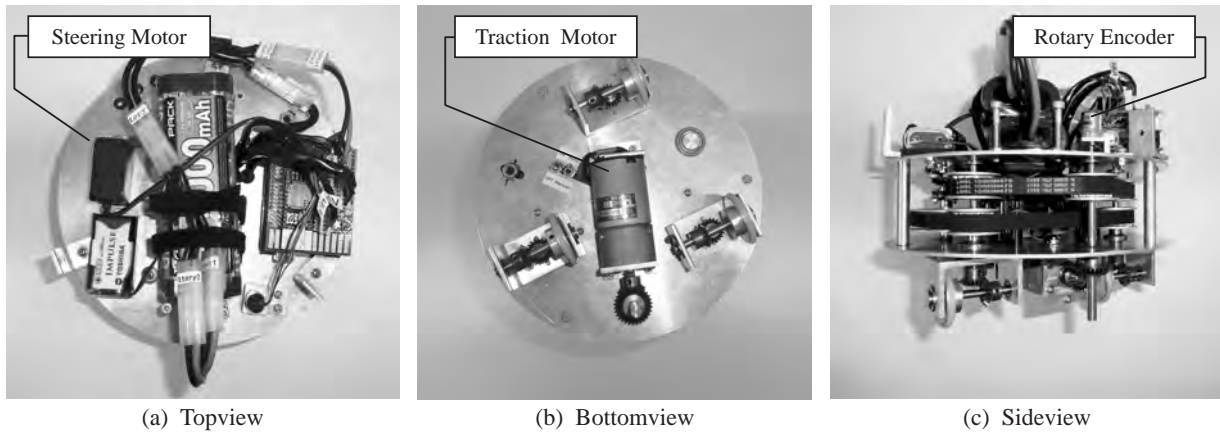


Fig.2 Carriage.

Table 1 Specifications for motors.

Traction Motor (TUKASA TG-85R-SU-4.8-KA)	21 W, 12 V 2667 rpm 68.6 mN·m
Steering Motor (GWS 19CLN/2BBMG)	7.4 V 0.09 sec/60° 19.8 kg·cm



Fig.3 Kinect.

Table 2 Specifications for the Kinect.

Type	Kinect v1 (L6M-00005)
Viewing angle	43° vertical 57° horizontal
Resolution	Color 640 × 480 Depth 320 × 240
Range (depth)	0.8 ~ 4.0 m
Frame rate (depth and color stream)	30 frames per second

Table 3 Software development environment.

OS	Windows7	
Language	Visual C++ (VS2015)	
Library	Image processing	OpenCV 3.1
	Kinect	SDK ver 1.8

した複合型センサデバイスである。深度センサによってカラーカメラと同じ視野についての距離画像が得られる。また加速度センサと仰角調整モータが内蔵されているので、重力方向を検出してカメラ光軸を水平に制御することができる。外観をFig. 3に、主要諸元をTable 2に示す。

3.3 無線ユニット

無線通信のために、モノワイヤレス(株)のTwelite DIP及びMonostickを使用した。これらは相互に通信可能な無線ユニットで、Twelite DIPを走行台車のGenuino 101基板に、MonostickをPCのUSBポートに接続した。PCやGenuinoからは単純なシリアルポートとしてアクセスできるため、無線のプロトコルを気にすることなくソフトウェアを作成することができる。

3.4 PC及び制御ソフトウェア

システム全体を制御するPCには、一般的なWindowsデスクトップPCを用いた。

制御ソフトウェアの開発言語はC++である。カラー画像や距離画像を処理するためにオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリであるOpenCVを利用した。Kinectの利用には公開されているSDKを使った。これらのソフトウェア開発環境をTable 3に示す。

開発したソフトウェアの処理フローは以下のとおりである。

初期設定で、まずKinectのカメラ光軸を制御して水平にし、以降はそのまま視野を固定する。次にカメラ視野中の床面上の点の座標から逆算してセンサの設置高さを求める。またゴミ箱が視野に入るように置き、画像処理により検出して座標を求める。これらにより現実の座標系とセンサの座標系を合致させる。

その後、ゴミの投入待ちとなる。移動物の検出機能はOpenCVの中にも含まれている¹⁾が、今回は視野にゴミ以外の移動物は入らないように条件を限定して、背景画



Fig.4 Continuous photos of catching.

像との差分により検出した。画像が変化してゴミが投げられたと判断するとその画像のゴミの座標を求め、続いて次のコマでもゴミの座標を求めて、二つの座標位置及び時間差から運動ベクトルを求める。それを初期値とする単純な放物線として落下位置を計算し、ゴミ箱の高さを補正して、走行台車に移動方向と距離を送信する。

走行台車は、まず指示方向に車輪を向け、次に指示された距離を最大加速度で移動してゴミをキャッチする。

4. 動作実験及び結果

完成したシステムで、投擲物をキャッチする実験を行った。キャッチ動作の連続画像をFig.4に示す。画像右側の机の上にKinectが設置されている。各コマ内の左向き矢印は投擲物を指している。Fig.4の各画像右下の数値は、最初のコマを0秒としたときの時刻である。0秒で投擲物が手を離れ、0.4秒でゴミ箱が動き始めている。0.6秒のコマは最高点の通過後であり、0.8秒でキャッチしている。投擲物の検出と軌道計算ができており、走行台車の反応速度も間に合っていることが分かる。

しかし、数多く実験を行ってみると、残念ながら投擲物のキャッチ率は5%以下であった。

5. 考 察

本システム開発の結果、走行台車の性能は目標をほぼ満足できた。またPCでKinectを制御し、取得したカラー画像と距離画像を処理して投擲物の落下地点を予測して、その結果を無線で走行台車に伝え、落下時間内に移動させるという初期の目標を達成できた。

しかしキャッチ率には不満がある。キャッチ率が低い原因は以下のとおりと考えている。

5.1 Kinectによる撮像について

実際にシステムを開発してみると、①カラー画像と距離画像で視野にずれがある、②カラー画像では投擲物が写っているのに距離画像上には写っていない場合がある、という課題があった。①の視野のずれは、座標ごとの位置補正用テーブルを用意することである程度解消できた。しかし、②の距離画像上で投擲物が検出できない問題は、解消に至らなかった。カラー画像上で投擲物はぶれて撮像されているが、速い移動体の距離画像撮像は更に難しいのかもしれない。距離画像の良好な撮像条件を明確化できれば解消できる可能性があると考えている。

また今回の投擲に関しては、人間の感覚に比べてKinectの視野は狭く、しかも深度センサには奥行き方向の検出限界もあるので、検出可能領域にゴミを投げ入れるのは意外に難しい。投擲初期の2コマが視野に入れ

ばよいのだが、実際に投げ込んでみると入らないことも多く、感覚的なキャッチ率の低下要因となっている。Kinectには、今回用いたタイプの他に視野角がより広く、カラー画像及び距離画像の解像度が向上した新版(v2)があり、その利用によりキャッチ率の向上が期待できるが、一方で深度データについてはばらつきが大きいとの報告²⁾もある。本システムでの利用は今後の課題である。

5. 2 走行台車について

走行台車では、駆動と方向決めを同一車輪で行っているが、それを実現するため、方向軸を中空パイプにしてその中に駆動を伝える回転軸を通す構造としている。ところが、車輪を駆動すると方向軸を回す向きの反力が発生し、それにより操舵用タイミングベルトが撓んで方向軸が動き、走行方向がずれてしまうことがわかった。操舵用タイミングベルトの張力を上げれば撓みを少なくできるが、サーボモータ軸の負荷増大となるので調整が難しい。どの程度までの撓みなら許容できるかの解析もできていないが、操舵用タイミングベルトを歯車に置き換えるといった構造の変更が必要かもしれない。

5. 3 実験環境について

本システムの開発では、照明や投擲について再現性の高い実験環境を作り出し、その上でキャッチ動作を動画等で記録して解析が行える実験装置を整えて改善結果を検証していくのが望ましい。しかし2ヶ月の開発期間ではそこまで実験環境を整えることができなかった。これらを実現できれば、完成度をより高めることができると考えている。

6. む す び

本課題を担当したメンバーにとって、機構や回路の設計・製作もソフトウェア開発も初めての事柄が多く、非常に難しい課題であった。また数メートルの投擲という短時間の現象への挑戦であり、画像処理やモータの応答が間に合うのか、センサの分解能は十分なのかなど、分からないことばかりであった。2ヶ月間での開発は困難ではないかと心配していたが、実際に形が見えてくると学生達は必要な技術を驚くほど早く習得して形を実現し、課題を解決していった。また、例えば車輪を滑らせないぎりぎりの加速度の調整など、数多くの擦り合わせを行った。毎晩遅くまで頑張った彼らを称えたい。

最後になるが、お忙しい中丁寧にご指導いただいた上村博人講師を始めとする外部講師の皆様に感謝したい。

参 考 文 献

- 1) Gary Bradski, Adrian Kaehler, “詳解OpenCV コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識”, (株)オライリージャパン, (株)オーム社, 321-327(2009).
- 2) 中村薫 他, “KINECT for Windows SDKプログラミング Kinect for Windows V2センサー対応版”, (株)秀和システム, 412-413(2015).

【技術資料】

課題製作「バブルミネーション」の紹介

宮下利仁*

Manufacturing Challenge of Illuminations System "BUBBLEMINATION"

Toshihito MIYASHITA

1. ま え が き

2017年秋開催の信州大芝高原イルミネーションフェスティバルへの出展を目標にして製作したのが、本装置「バブルミネーション」である。作品コンセプトを考える上で、幻想的かつオリジナリティがあり、更に限られた時間と予算の中で、本校1年次に習得した技術の集大成であることを考慮して、企画・立案を行った。

この「バブルミネーション」は光と泡と音の三つの要素で演出したイルミネーション装置である。水を貯めた透明アクリルパイプ上部からLEDの光を照射し、パイプ底部より発生させた気泡に光を反射させて気泡を強調させる。48本のパイプを一列に整列させ、エアポンプを制御することによって、気泡で文字や図形を形成する。例えば掲示板のように情報を発信することや、音楽と同期させて光と気泡を演出することができる。

本資料では、「バブルミネーション」の構造及び機能について紹介する。また、その技術的な内容や設計検討についても述べる。

2. 構造・機能の概要

Fig.1に「バブルミネーション」全体の外観写真を示す(ただし、イルミネーションフェスティバル出展時の仕様とは異なる)。水を貯めた48本の透明アクリルパイプをアルミフレームに固定し、各パイプにチューブを介して1台ずつエアポンプを設置する(Fig.2参照)。アクリルパイプ底部に固定したエアストーンにエアポンプから空気を送り、気泡を発生させる。エアポンプへの水の流

入防止のため、エアストーンとエアポンプを接続するチューブに逆止弁を中継する。更に空気量を調節する調整弁も中継した構造となっている(Fig.3参照)。

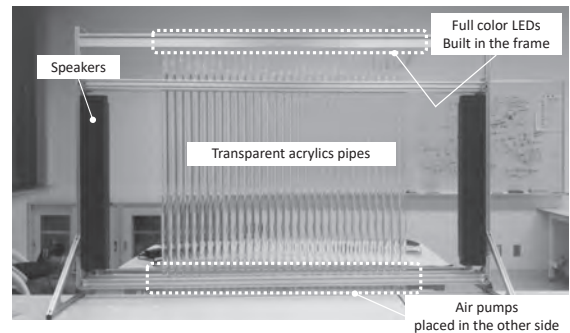


Fig.1 The whole of illuminations system "BUBBLEMINATION".

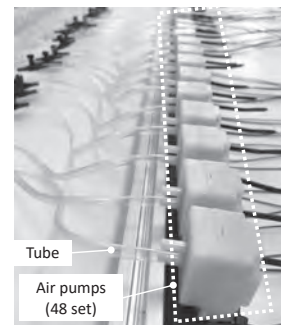


Fig.2 The enlargement of the air pumps part.

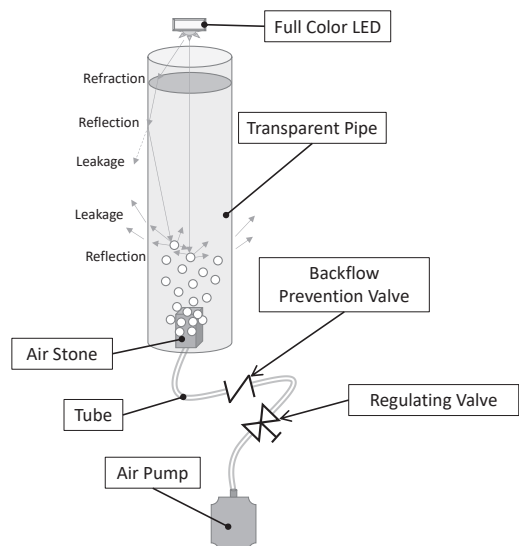


Fig.3 The illustration of "BUBBLEMINATION".

受理 2017年 6月 30日
採択 2017年 10月 31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

48台のエアポンプを駆動・制御し、文字や図形を気泡により表現することができる。また各パイプに1個ずつ計48個のフルカラーLEDをパイプの真上に設置し、水面への光の入射角を小さくする。水中へ入射した光は更に屈折角が小さくなり、水中からの光の漏れが少なくなることによって、パイプ下部まで光が伝達する。気泡を発生させると気泡に反射した光はパイプに対して入射角が小さくなることによって、パイプ外に光が漏れることとなる (Fig.3参照)。従って、Fig.4及びFig.5の写真のように気泡により表現した文字や図形が光によって強調さ

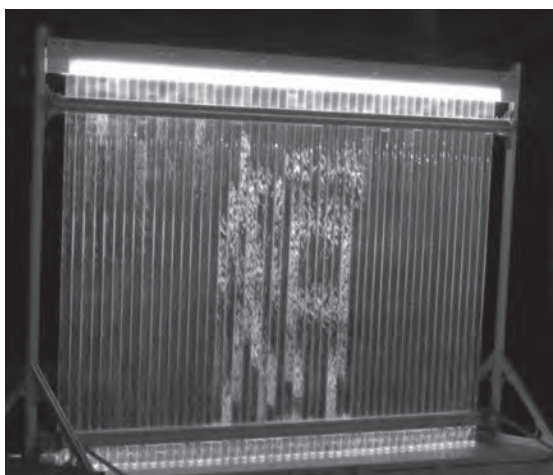


Fig.4 The expressed bubble character “短”.

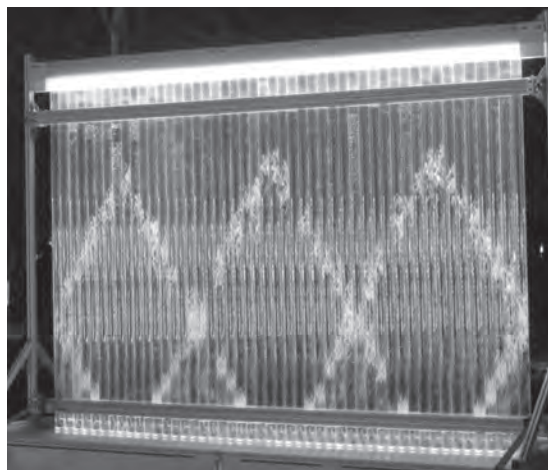


Fig.5 The expressed bubble symbol “◇◇◇”.

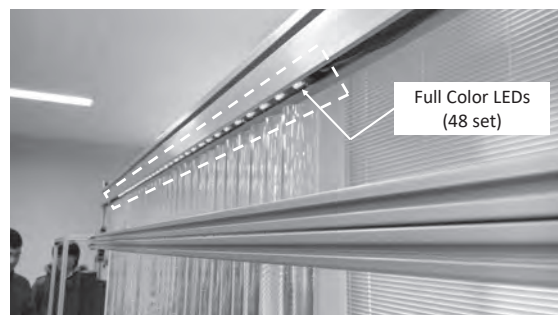


Fig.6 The enlargement of a portion in which full color LEDs were installed.

れることとなる。また、Fig.6に示すように、フルカラーLEDを取付けた基板はフレーム内に埋め込み、外観の良さや防雨を考慮した構造としている。更に、音楽に合わせて気泡や光を制御し、今までにない幻想的なイルミネーションを実現する。

また本装置は野外展示を想定していることから、持ち運び・防雨を考慮する必要がある。そのため、現場での組み立て・分解が容易にでき、天候に関わらず動作できる構造としている。

3. 駆動回路構成

Fig.7に駆動回路の概略を示す。メインコントローラにはArduino DUEを使用し、エアポンプ、フルカラーLED及び音楽再生用MP3シールドを制御する。Arduino DUEを採用した理由は二つあり、クロック周波数とフラッシュメモリ容量である。LEDドライバIC (MY9221) の制御周波数は70MHz以上必要であるため、クロック周波数84MHzの性能を有するArduino DUEをコントローラとして選択した。また、フルカラーLEDの複雑な色の組合せや曲に合わせた色合いを表現するために、プログラムを格納するメモリ領域をなるべく多く確保する意図があった。

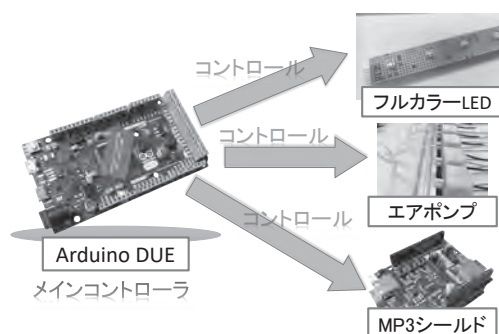


Fig.7 The outline of the drive circuit.

3.1 フルカラーLEDの駆動回路

Fig.8にフルカラーLEDの駆動回路のブロック図を示す。Arduino DUEからの制御信号により48個のフルカラーLEDの色とタイミングを制御する。フルカラーLED素子は、光の三原色RGBの3本の端子とGNDの計4本の端子で構成されているため、48個×3本=144本の端子を制御する必要がある。今回はLEDドライバIC (MY9221SS) を12個カスケード接続し、シフトレジスタ機能を使用することで、LED制御回路とArduino DUEとの接続数をシリアル通信2本と電源1本とGND線1本の計4本となり、最小本数で構成した。なお、このLEDドライバICは、PWMジェネレータと定電流ドライバを内蔵し、12chの出力端子を備えている。従って、1つのLEDドライバICにつき、

4つのフルカラーLEDの動作が可能のため、全体で12個のドライバICを使用している。

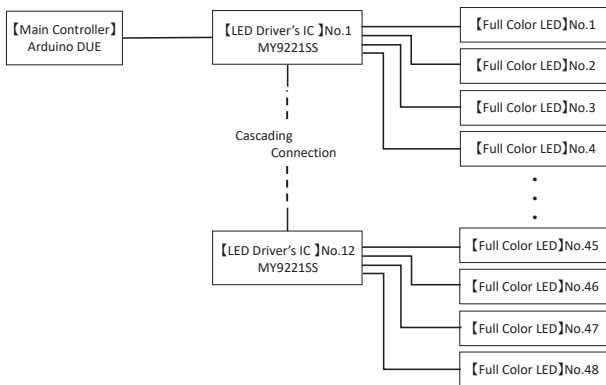


Fig.8 The block diagram of the driving circuit of full color LEDs.

3. 2 エアポンプ駆動回路

Fig.9にエアポンプ駆動回路のブロック図を示す。使用したエアポンプはDCモータ駆動式である。エアポンプ駆動には、モータの逆起電力による電流を回路側へ流さないために、モータ側へ還流するダイオードを内蔵したトランジスタアレイIC (TD62081AP) を使用し、スイッチング回路を構成している。そのスイッチング制御にはシフトレジスタIC (SN54HC595) を使用している。このシフトレジスタICは制御データを最大で8bitシフトアウトすることができるので、6個のシフトレジスタが必要となる (6個×8bit=48台)。従って、シフトレジスタを実装した基板6個をカスケード接続し、Arduino DUEとを最小本数5本の端子によって接続している。

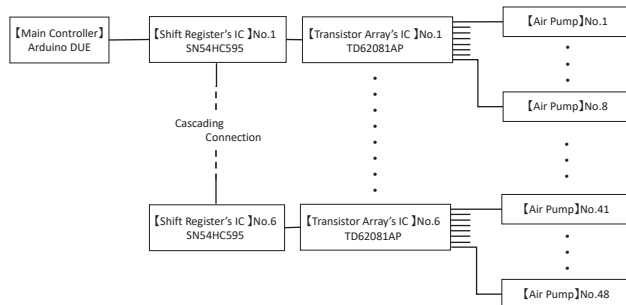


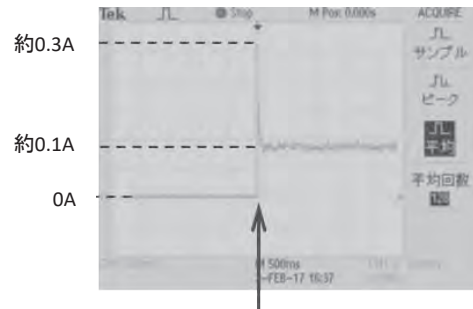
Fig.9 The block diagram of the driving circuit of Air pumps.

4. 設計検討

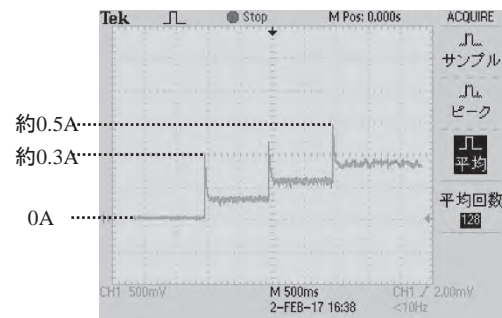
4. 1 エアポンプの起動電流特性を考慮した駆動パターン

エアポンプは、定格電圧DC12 V、消費電力1.8 Wである。エアポンプに直流電圧をステップ入力した時の起動電流波形をFig.10に示す。電圧印加時には、エアポンプ1台あたり0.3 Aの電流が流れ、定常時には0.1 Aの電流となる (Fig.10 (a)参照)。仮に3台のエアポンプを駆動さ

せる場合、同時に起動させると、 $0.3 \times 3 = 0.9$ Aの電流が流れるが、それぞれのエアポンプの起動タイミングをずらすと、Fig.10 (b) のように0.5 A程度に抑制することができる。このような原理に従って、エアポンプの駆動タイミングをそれぞれずらした駆動パターンのプログラムを作成し、外部電源容量やトランジスタアレイの電流容量以内に抑制した。



At the time of voltage input
(a) In the case of one air pump



(b) In the case of three air pumps

Fig.10 The characteristic of starting current per air pump.

4. 2 風による抗力を考慮した構造設計検討

本装置は野外での出展を想定しているので、風から受ける抗力に対して、構造材であるアルミフレームが十分な強度を有しているかの検証を計算にて行った。

抗力 D の計算式は次式で表される⁽¹⁾。

$$D = C_D \frac{\rho}{2} v^2 A \quad [\text{N}] \quad (1)$$

ここに、 ρ : 流体の密度[kg/m³]、 v : 流体の速度[m/s]、 A : 流体の流れ方向の物体の最大投影面積[m²]、 C_D : 抗力係数。

抗力係数 C_D は抗力を受ける物体の形状によって異なる。アクリルパイプは円柱状であるので、長さと同径比から、 $C_D \approx 0.9$ である。しかし、円柱のアクリルパイプを隙間なく並べた場合、ほぼ板状として考えられるため、アクリルパイプを並べた縦横寸法比から、 C_D は1.13程度である。従って、円柱状のアクリルパイプを隙間なく並べる

と風から受ける抗力は約1.3倍となってしまうため、今回はアクリルパイプ間の隙間を約3 mm設けることとし、抗力低減を図った。

風速5 m/s時の抗力を(1)式により求め、その抗力を荷重条件として、構造解析 (SolidWorks Simulation) を行った。その結果、アクリルパイプを支える水平方向のアルミフレームに最も応力が発生し、7 MPa程度であった。アルミの耐力は33 MPa程度であるので、十分な安全率を確保していることを確認した (Fig.11参照)。

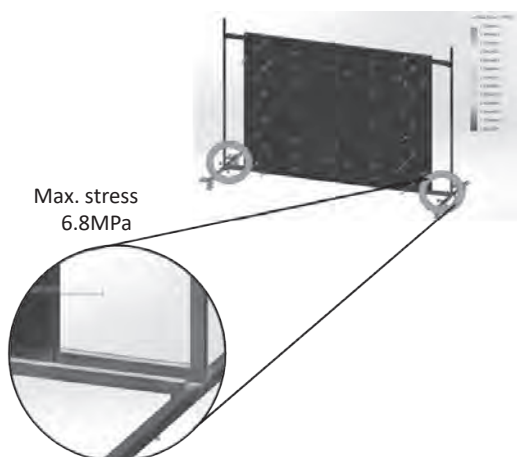


Fig.11 The contour figure showing stress distribution.

5. む す び

本校1年次の集大成となる総合課題において、その中の1テーマであるイルミネーション装置「バブルミネーション」を企画及び製作を行った。本資料では「バブルミネーション」の構造・機能について紹介し、以下の点について詳細を述べた。

- (1) フルカラーLED及びエアポンプの制御には、シフトレジスタを中継し、カスケード接続することによって、制御信号をシフトアウトする回路で行った。これにより、メインコントローラとの接続端子本数を最小限に抑制した回路構成となっている。
- (2) エアポンプの起動電流を考慮して、起動タイミングをずらして、電源容量を極力抑制した設計となっている。
- (3) 風による抗力を考慮したアルミフレームの構造解析検討を実施した。その結果、十分な強度を有していることを確認した。

本年秋開催の信州大芝高原イルミネーションフェスティバルでは、光と泡と音の三つの要素で演出したイルミネーションを出展する。

なお、本テーマには、電気・制御技術科の熊谷 堯 君、

池上 駿 君、河東 秀磨 君、轟 亮士 君、吉原 隼斗 君が参加し、リーダーを熊谷君が務めた。

謝 辞

本課題製作にあたり、多大なご支援とご教授頂いた本校非常勤講師の博士(工学) 西山隆也 先生、同じく博士(工学) 御子柴 孝 先生に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 森田 泰司, “流体の力学計算法”, 東京電機大学出版局, 119-120 (1996).

【技術資料】

機械装置「KARAKURI」の作製

湯本一彦*

Production of Mechanical Equipment “KARAKURI”

Kazuhiko YUMOTO

1. ま え が き

長野県南信工科短期大学校では、1年次に機械・生産技術科、電気・制御技術科の2科共同で総合課題に取り組んでいる。総合課題では、学生各々が扱うテーマを考え投票により選定し、4～6人のグループで1つのテーマに当たる。設計・加工・組立・配線・プログラミング等の一連の作業を体験し、ものづくりへの理解を深めることが目的である。

当グループでは、既存のピタゴラ装置を参考にして、様々な機構やワークの動きを見て楽しむ機械装置を作製した。装置は、7つの機構（カラクリ）により鋼球を目的の場所まで全自動で搬送する。

本テーマには、電気・制御技術科の田沢良寛君、鋤柄直希君、高橋龍人君、千葉直樹君、毛利大介君が参加し、リーダーはテーマの提案者である田沢君が務めた。

2. 装置の機構及び操作

2.1 装置概要

モータ、空気圧機器による7つの機構を持ち、機構間はレールにより連結する。装置はタッチパネルにより操作し、鋼球は全機構、レール上を移動し装置内部を1周し元の位置へ戻ってくる。全体図をFig. 1に示す。

2.2 基本仕様

基本仕様について以下のとおりである。

- | | |
|----------|-------------------------|
| (1) 装置寸法 | W 800×D 800×H 1000 [mm] |
| (2) 使用鋼球 | SUJ2, φ15 mm |
| (3) 操作方法 | タッチパネルを使用 |
| (4) 制御方式 | PLC制御 |

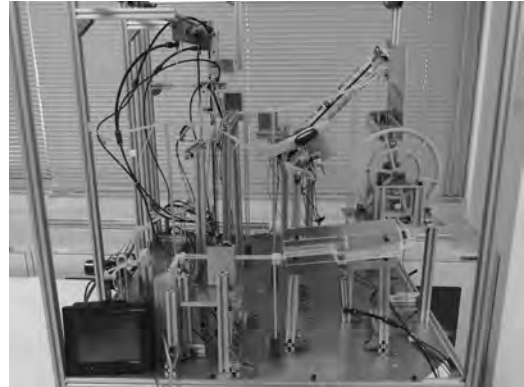


Fig.1 Mechanical Equipment “KARAKURI”.

(5) 各機構（配置順）

- ① スタート機構
- ② 大型上下機構
- ③ コンペア機構
- ④ アルキメディアンスクリュー機構
- ⑤ アーム機構
- ⑥ 打ち出し機構
- ⑦ 観覧車機構

(6) レール

外径4 mmのポリアミドチューブでレールを作製し、その上を鋼球が転がり各機構間を移動する。

(7) センサ、リミットスイッチ

各機構始動のタイミングを調整するため、レール上にフォトマイクロセンサ（回帰反射型）4個、リミットスイッチ1個を配置させ鋼球を検知する。配置場所はFig. 2のとおりである。

受理 2017年10月10日

採択 2017年10月30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

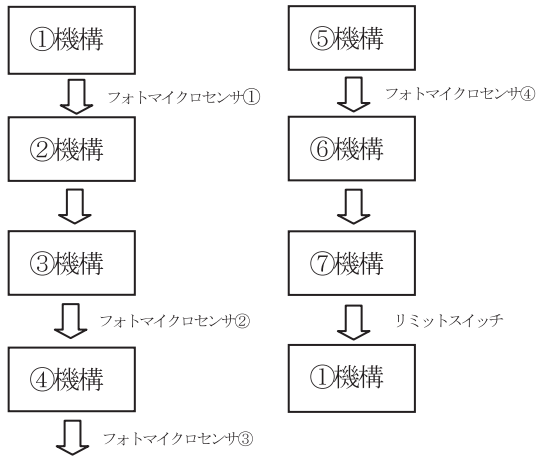


Fig.2 Arrangement of sensor and switch.

2. 3 各機構の特徴

2. 3. 1 スタート機構

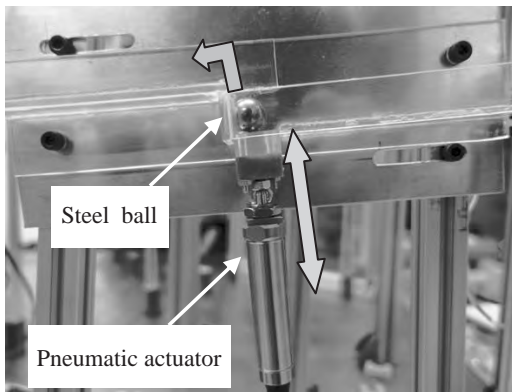


Fig.3 Start unit.

エアシリンダ（単動型）により鋼球が持ち上がり、コースを進む。コースはアクリル板、アルミ板により作製し、鋼球が転がるよう傾斜が付けられている（Fig. 3）。

2. 3. 2 大型上下機構

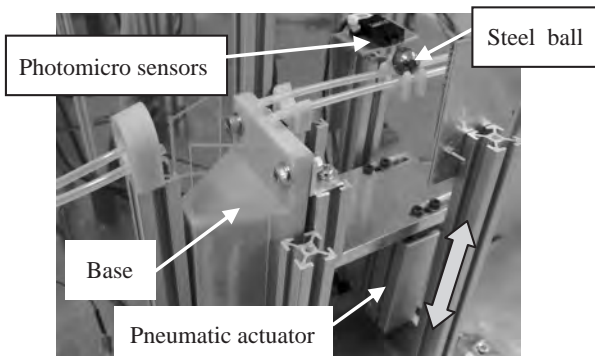


Fig.4 Large up and down unit.

エアシリンダ（複動形）により鋼球を台座ごと上昇させ、次の機構へ運ぶ（Fig. 4）。台座は、フォトマイクロセンサ①にて鋼球を検知してから一定時間経過後に上昇し5秒後に下降する。

2. 3. 3 コンベア機構

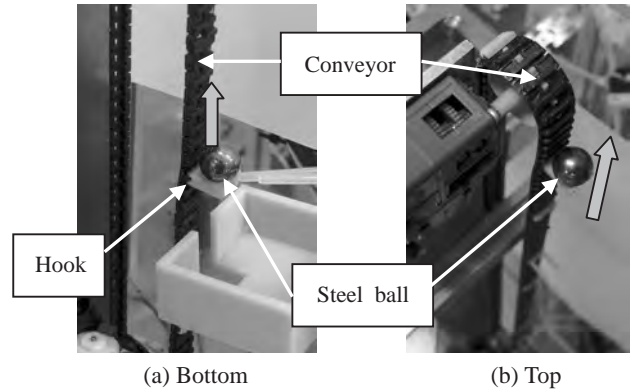


Fig.5 Conveyor unit.

フックを等間隔で取り付けられたコンベアをDCモータで駆動させ、フックで鋼球を上昇させる。コンベアは、前機構の大型上下機構が下降してから一定時間後に始動させ、フォトマイクロセンサ②通過後に停止させる（Fig. 5）。

2. 3. 4 アルキメディアンスクリーユ機構

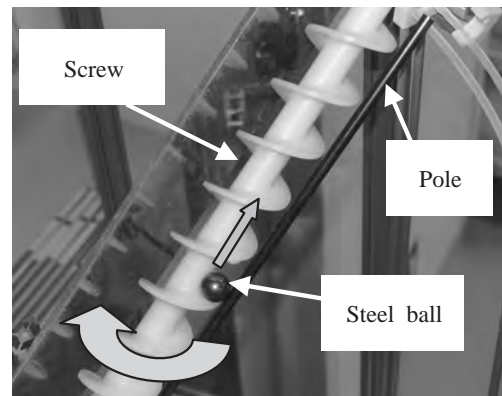


Fig.6 Archimedes' screw unit.

スクリーユの回転により、ポールに沿って鋼球を搬送する（Fig. 6）。フォトマイクロセンサ②通過後にDCモータを始動させスクリーユを回転させ、フォトマイクロセンサ③通過後に停止させる。

2. 3. 5 アーム機構

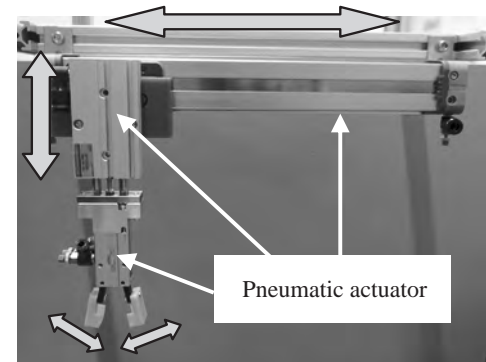


Fig.7 Arm unit.

3つの空気圧機器を使用し、鋼球を掴み搬送する（Fig. 7）。フォトマイクロセンサ③通過後に始動する。

2. 3. 6 打ち出し機構

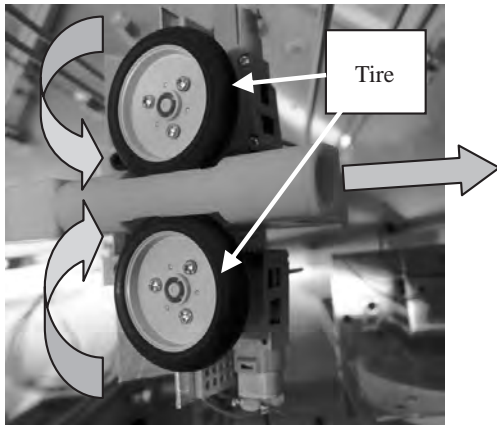


Fig.8 Launch unit.

2つのタイヤをDCモータで回転させ、搬送されてきた鋼球をピッチングマシン（ホイール式）の要領で打ち出し、次機構へ移動する（Fig.8）。機構は、フォトマイクロセンサ④通過後に始動し、一定時間経過後に停止する。

2. 3. 7 観覧車機構

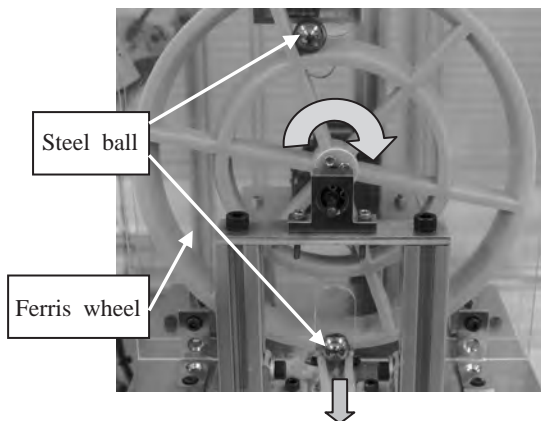


Fig.9 Ferris wheel unit.

観覧車をDCモータで駆動させ、内部の鋼球を機構入口から出口へ搬送する（Fig.9）。DCモータは前機構が始動してから一定時間後に始動し、レール上のリミットスイッチ通過後に機構は停止する。

2. 4 タッチパネルによる操作

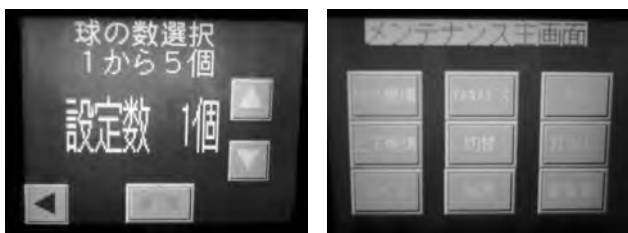


Fig.10 Touch panel.

装置はタッチパネルにより操作する（Fig.10）。操作画面にて鋼球数を指定し決定ボタンを押すと装置が始動し、

指定数だけ鋼球をゴールまで搬送させる。鋼球が戻ってくると次の鋼球が発射される。また、メンテナンス画面では、各機構に対応したボタンを押すことで、各機構を単独で駆動させることが出来る。

当初の計画では、PLC制御により複数の鋼球を一定の間隔で同時に搬送させることも考えていたが、プログラム作成が間に合わず実現出来なかった。

2. 5 加速機構の検討

コイルによる磁気作用を利用し、鋼球を加速させ打ち出す機構を検討した（Fig.11）。コイルの巻数、電圧を調整し鋼球を加速させることが出来たが、作業中のトラブルにより回路基板が損傷し装置に組み込めなかった。しかし、この作業をとおして電子回路に対する理解が深められた。

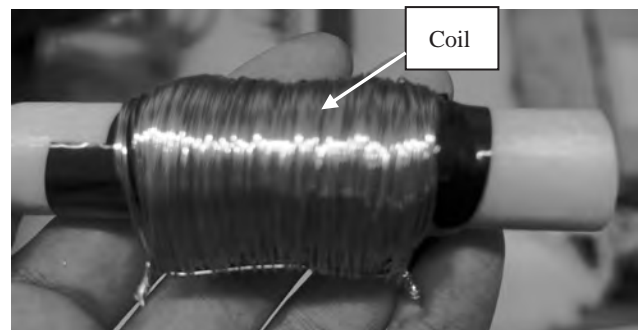


Fig.11 Acceleration unit.

3. む す び

約4ヶ月の及ぶ取り組みであったが、当初の計画から大幅に遅れ、不十分な箇所を残して発表会を迎えることとなった。遅れの一番の要因は、装置の基本設計がなかなか固まらなかったことである。各機構のアイデアは学生から出るが、各機構の基本構造、配置を決めることに多大な時間を割き、基本設計の進め方に大きな反省点を残した。また、当グループはメンバー全員が電気・制御技術科の学生であったため、部品加工に苦勞した。

作業は放課後遅くまで及ぶこともあったが、学生達は粘り強く最後まで完成を目指していた。学生からは、「ものづくりへの興味がより深まった」、「情報共有や連携の重要性を理解した」といった声があり、ものづくりの大変さや楽しさを知り、そして最後には達成感を得られたように見受けられた。

研究・教育・社会活動の概要 (2016.4.1~2017.3.31)

A. 表彰

蟹江知彦

第64回電気科学技術奨励賞 (公益財団法人 電気科学技術奨励会)

業界・地域ニーズに対応した電気科学分野の実践技術者を育成する「企業人向け技術セミナー」の開発と実践
2016.11.16

B. 研究活動

1. 総説・解説・展望等

手嶋勝弥, 大石修治, 是津信行

フラックス概念を導入した環境調和プロセスによる機能性結晶薄膜の創成
セラミックス, 51, 8, 478-482, 2016.

2. 研究論文

Masaaki Kurihara, Fumitaka Hayashi, Kosuke Shimizu, Hajime Wagata, Toshiyuki Hirano, Yasuhiro Nakajima, Hiromasa Nishikiori, Shuji Oishi, Kazunari Domen, Katsuya Teshima

Flux-boosted coating of idiomorphic CuInS_2 crystal layers on Mo-coated glass substrate CrystEngComm, 18, 20, 3612-3616, 2016.

Kenta Kawashima, Mirabbos Hojamberdiev, Hajime Wagata, Masanobu Nakayama, Kunio Yubuta, Shuji Oishi, Kazunari Domen, Katsuya Teshima

Amount of tungsten dopant on the photocatalytic water oxidation activity of LaTiO_2N crystals grown directly by an NH_3 -assisted flux method Catalysis Science & Technology, 6, 14, 5389-5396, 2016.

Fumitaka Hayashi, Shoichi Kurokawa, Hiromasa Shiiba, Hajime Wagata, Kunio Yubuta, Shuji Oishi, Hiromasa Nishikiori, Katsuya Teshima

Exceptional flux growth and chemical transformation of metastable orthorhombic LiMnO_2 cuboids into hierarchically-structured porous $\text{H}_{1.6}\text{Mn}_{1.6}\text{O}_4$ rods as Li ion sieves Crystal Growth & Design, 16, 11, 6178-6185, 2016.

蟹江知彦, 蟹江登喜子

託児サービス付き職業訓練の実施事例と効果・分析について
実践教育ジャーナル, Vol.31, No.2, pp.1-6, 2016.

庫本篤, 蟹江知彦

形式手法を用いた自動計測システム的设计事例

計測自動制御学会中部支部 教育工学論文集, Vol.39, pp.46-48, 2016.

3. 国際会議プロシーディング

N.Mizuno, T.Takeo, T.Kanie

Effect of Ferrite Core Dimensions on Isolation Characteristics of RF Splitters that Employ a Superimposed DC Bias Current

Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering, ID 90174, 2016.

4. 特許・発明

宮下利仁，堀内 学

永久磁石型モータの製造方法

特許第5956288号

特許査定日H28.5.25

宮下利仁，堀内 学

永久磁石式モータ，および永久磁石式モータの製造方法

特許第5956277号

特許査定日H28.6.24

宮下利仁，山口政裕

3相永久磁石モータ

特許第6010416号

特許査定日H28.8.30

5. 講演

大石修治

酸化物結晶のフラックス成長

高知大学複合領域科学部門主催グリーンサイエンス講演会2016－先駆者達の研究と若人への提言－，2016.7.15

大石修治

ものづくりの科学技術

長野県駒ヶ根工業高校進路講話，2016.8.26

大石修治

ものづくり

人材ふれあいフェア，2016.11.12

手塚佳夫

教育研究活動の実践～福祉機器の開発

第1回地域活性化交流会，2016.11.29

大石修治

南信工科短期大学校について

公益社団法人日本技術士会長野県支部主催講演会「開校した長野県南信工科短期大学校の見学と講演会」，

2016.12.3

蟹江知彦

公益社団法人日本技術士会長野県支部主催講演会「防災行政無線のデジタル化について」，2016.12.3

6. 口頭発表・ポスター発表

1) 国内学会

Xiong Xiao, Fumitaka Hayashi, Tomohito Sudare, Kunio Yubuta, Annabella Selloni, Shuji Oishi, Katsuya Teshima

Effects of alkali metal salt based fluxes on growth of platy Li_2TiO_3 crystals
第11回日本フラックス成長研究発表会講演要旨集, 1006, 11, (2), 94, 2016.

蟹江知彦

MSL-CC法を用いた常温からキュリー温度におけるフェライトコア透磁率分散特性の測定
電子情報通信学会信越支部大会講演予稿集, 8C-5, 2016.

蟹江知彦, 水野尚登, 竹尾隆

並列抵抗を用いた超広帯域4分配器の特性改善
電子情報通信学会総合大会講演予稿集, C-2-58, 2017.

山田哲也, 是津信行, 大石修治, 手嶋勝弥

混合ハロゲン化物フラックス育成における一次元 $\text{Li}_2\text{NiPO}_4\text{F}$ 結晶の成長過程の時間分解断面SEM 観察
第11回日本フラックス成長研究発表会講演要旨集, 1004, 11, (2), 92, 2016.

林文隆, 黒川翔一, 椎葉寛将, 湯蓋邦夫, 大石修治, 手嶋勝弥

準安定相斜方晶 LiMnO_2 結晶のフラックス育成とその選択的Li イオン吸着特性評価
第11回日本フラックス成長研究発表会講演要旨集, 1P28, 11, (2), 131, 2016.

鈴木清香, 小松麦, 湯蓋邦夫, 大石修治, 手嶋勝弥

NaTaO_3 結晶のヘテロエピタキシャル形成とその成長方位の解析
第11回日本フラックス成長研究発表会講演要旨集, 1P47, 11, (2), 153, 2016.

宍戸統悦, 野村明子, 湯蓋邦夫, 森孝雄, 田中雅彦, 岡田繁, 山崎貴, 菅原孝昌, 佐原亮二, 林好一, 手嶋勝弥,
大石修治, 川添良幸, 吉川彰

ペロブスカイト型固溶体化合物 $\text{RRh}_3\text{B}_x\text{C}_{1-x}$ の合成と評価
第11回日本フラックス成長研究発表会講演要旨集, 1P14, 11, (2), 114-115, 2016.

庫本篤, 蟹江知彦

形式手法による自動計測システムの開発事例
計測自動制御学会中部支部第160回教育工学研究会 (大同大学), 発表番号(11), 2016.

水野尚登, 竹尾隆, 蟹江知彦

バイアス重畳・並列抵抗併用型高周波分配器のアイソレーション評価
電気関連学会東海支部連合大会講演予稿集, C5-4, 2016.

水野尚登, 蟹江知彦, 竹尾隆

バイアス電流重畳型高周波分配器における並列抵抗がアイソレーションに与える影響
電子情報通信学会総合大会講演予稿集, C-2-59, 2017.

C. 教育活動

1. 授業担当

手塚佳夫	基礎製図，機械工学，油圧・空圧制御，ゼミナール 基礎製図，機械工学では，できるだけ演習を多く取り入れて理解を深めるようにした。
中島一雄	機械加工実習Ⅰ，シーケンス制御，NC工作概論，NCプログラミング実習， 切削加工法及び研削加工法，機械設計，材料，総合課題，ゼミナール
矢崎美彦	機械加工学，測定工学，機械工学基礎実験Ⅰ，機械加工実習Ⅰ， NCプログラミング実習，総合課題，ゼミナール
横道正和	機械材料，材料力学Ⅰ，材料力学Ⅱ，機械工学基礎実験Ⅰ， 安全衛生工学，応用数学，総合課題，ゼミナール 機械材料や材料力学では各論に深入りしすぎないようにして，原理原則からの洞察を心掛けた。
湯本一彦	機械工学概論，NC工作概論，機械工作法，切削加工法及び研削加工法， 機械加工実習Ⅰ，切削加工法及び研削加工実習，NCプログラミング実習， コンピュータ操作基本実習，安全衛生，総合課題，ゼミナール
蟹江知彦	電気回路，電子デバイス工学，電気工学基礎実験，電子回路基礎実験， 電子デバイス工学基礎実験，安全衛生工学，ゼミナール，総合課題
千葉隆史	機械制御実習Ⅰ，機械制御実習Ⅱ，ゼミナール，総合課題 機械保全電気系保全作業3級の受験対策として，回路図作成の勘所や反復練習を指導して，でき るだけパターンとして身につくように工夫した。
宮下利仁	計測制御工学Ⅰ，計測制御工学Ⅱ，ゼミナール，総合課題 計測制御工学では，古典制御理論について微分方程式が物理現象を表現していることを実験によ り経験し，入門の敷居を低くすることに心掛けた。またラプラス変換による微分方程式の解法を 身に付けるだけでなく，Excelを利用した数値計算による微分方程式の解法を学ばせた。
浅沼和志	流体工学，電気工学概論，電磁気学
大蔵英雄	機械加工実習
大野田文吉	基礎数学，解析学概論Ⅰ，解析学概論Ⅱ
桑澤明男	機械加工実習
小平剛志	基礎製図，機械設計製図Ⅰ
五味久幸	材料力学，製図
西澤史次	安全衛生作業法（アーク溶接），機械加工実習（アーク溶接）
西山隆也	情報工学概論，情報通信工学概論，安全衛生工学，情報通信工学基礎実習

林 寿郎 シーケンス制御, 機械制御実習 I

林 良一 測定法

松崎 旻 体育 I, 体育 II

御子柴 孝 自動制御 I

米山達夫 油圧・空圧制御

リアナ・ジョセフ 英語 I, 英語 II

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

日本材料科学会

評議員

2015.7-現在

手嶋勝弥

日本フラックス成長研究会

副会長

2013.1-現在

手嶋勝弥

日本結晶成長学会

理事

2010.4-現在

手嶋勝弥

表面技術協会

評議員

2008.2-現在

手嶋勝弥

表面技術協会

学術委員

2007.2-現在

2) 座長等

蟹江知彦

平成28年度電子情報通信学会信越支部大会

基礎・境界Ⅱセッション

2016.10.8.

長岡技術科学大学（長岡市）

3) 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

高知大学

非常勤講師

2016.7.1-31

大石修治

長野県科学技術産業振興検討会議

委員長

2015.1-2016.1

大石修治

駒ヶ根市「次世代産業 新製品・新技術開発支援事業補助金」

審査員

2016.8-2017.3

手塚佳夫

長野県駒ヶ根工業高等学校

学校評議員

手塚佳夫

南箕輪村

キャリア教育推進協議会委員

手嶋勝弥

信州大学工学部

教授

2011.4-現在

手嶋勝弥

信州大学

学長補佐

2013.4-現在

手嶋勝弥

信州大学先鋭領域融合研究群環境・エネルギー材料科学研究所

所長

2014.3-現在

2. 対外的活動

1) 国・県、地域等での活動

蟹江知彦, 千葉隆史, 宮下利仁

南箕輪村公民館・長野県南信工科短期大学校連携講座

燃料電池を用いたミニカーの製作（親子ものづくり教室）

2016.9.10, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

蟹江知彦

長野県駒ヶ根工業高校生向け体験授業

トランジスタを用いたスイッチング回路の実験

2016.10, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

蟹江知彦, 宮下利仁

長野県南信工科短大振興会向け技術講習会

現場で活かす高周波技術の入門講座

2017.3.14, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

手嶋勝弥, 鈴木清香, 大石修治

人材ふれあいフェア, ものづくり体験教室人工ルビーコースを担当

2016.11.12, 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。

蟹江知彦

人材ふれあいフェア, LEDを用いたレベルメータの製作（ものづくり体験教室）

2016.11.12, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

中島一雄

人材ふれあいフェア, CAD/CAM/マシニングセンタを用いた機械加工（ものづくり体験教室）

2016.11.12, 長野県南信工科短期大学校（南箕輪村）

手塚佳夫, 北村浩康, 蟹江知彦, 横道正和, 千葉隆史, 村松聡, 宮下利仁

諏訪圏工業メッセ2016 出展

2016.10.13-15, 諏訪湖イベントホール（諏訪市）

VTR, ポスター等での学校紹介を行った。

蟹江知彦, 横道正和

長野県中小企業団体中央会 ものづくり補助金成果事例発表会 出展

2016.9.26, RAKO華乃井ホテル（諏訪市）

蟹江知彦

南箕輪村民文化祭 出展

2016.11.5-6, 南箕輪村民センター (南箕輪村)

手塚佳夫, 蟹江知彦

テクノプラザおかや ものづくりフェア2017 出展

2017.2.3-4, ララオカヤ特設会場 (岡谷市)

蟹江知彦

第4回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 出展

2017.2.3, 駒ヶ根総合文化センター (駒ヶ根市)

北村浩康, 手塚佳夫

飯田技術専門学校2017技能フェスタ 出展

2017.3.5, 飯田技術専門学校 (飯田市)

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

3) 研究・教育相談

手塚佳夫, 中島一雄

林業用機械について

2016.4.13

林業用機械の開発に関する相談を受けた。

手塚佳夫, 横道正和

CVTについて

2016.7.8

産業支援機関からCVT開発に関する相談を受けた。

宮下利仁

ブラシレスDCモータについて

2017.3.30

結線仕様の異なるブラシレスDCモータの駆動方法に関する相談を受けた。

編 集 後 記

多くの皆様の力によって長野県南信工科短期大学校紀要が創刊されました。全学年の学生が揃う開校2年目を迎えた中で、充実したカリキュラムを実現するための貴重な時間を割いて寄稿していただいた皆様、そして査読をしていただいた皆様に感謝申し上げます。

この紀要は教員の研究成果を示すと同時に、校が立ち上がっていく軌跡を形にしたものです。本校が目指す「教育、研究、地域貢献」の具現化の試みや、特徴的な取り組みである「総合課題」に関する論考を多数掲載することができました。これらにより本校の現在の息吹を感じ取っていただければ幸いです。

本紀要がこれから号を重ねるごとに、一層多くの成果を世に問うものとなることを期待しています。

読者の皆様には本誌に対するご指導とご鞭撻をよろしくお願いします。

紀要委員会 主 任

2017年度 紀要委員会

委員長 大 石 修 治

委 員 手 塚 佳 夫

池 上 和 夫

田 中 秀 登

主 任 横 道 正 和

長野県南信工科短期大学校紀要 第1号 2017

平成 30 年 1 月 14 日 印刷

平成 30 年 1 月 15 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
