

# BULLETIN OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT

## 職業能力開発報文誌 第33巻第1号 2021 (通巻52号)

### 〈実践報告・資料〉

- |  |               |        |
|--|---------------|--------|
| 種子島ロケットコンテスト（Cansat 部門）への挑戦ー3カ年の取り組みー                    | 川内職業能力開発短期大学校 | 内田 泰   |
| 磁気探査用ペンレコーダのための無線遠隔操作装置の開発                               | 九州職業能力開発大学校   | 寺内 越三* |
| 安全面を考慮した電気柵の製作   | 北海道職業能力開発大学校  | 木村 天津郎 |
| 技能競技大会を通じた教育訓練と業務への波及効果                                  | 東海職業能力開発大学校   | 赤羽 広治  |
| 第4次産業革命の要素技術を利用したクローラ併用型6脚ロボット「オメガ」の制作ーアジャイル開発を応用した総合制作ー | 浜松職業能力開発短期大学校 | 寺田 憲司  |

\*代表者氏名

### 〈投稿のしおり〉



# 職業能力開発報文誌 第33巻第1号 2021 (通巻52号)

## 目 次

### 〈実践報告・資料〉

- |   |               |                           |
|---|---------------|---------------------------|
| 種子島ロケットコンテスト（Cansat 部門）への挑戦 - 3カ年の取り組み -                    | 川内職業能力開発短期大学校 | 内田 泰<br>(受付日 R2. 1. 7)    |
| 磁気探査用ペンレコーダのための無線遠隔操作装置の開発                                  | 九州職業能力開発大学校   | 寺内 越三*<br>(受付日 R2. 5. 29) |
| 安全面を考慮した電気柵の製作  | 北海道職業能力開発大学校  | 木村 天津郎<br>(受付日 R2. 6. 8)  |
| 技能競技大会を通じた教育訓練と業務への波及効果                                     | 東海職業能力開発大学校   | 赤羽 広治<br>(受付日 R2. 7. 1)   |
| 第4次産業革命の要素技術を利用したクローラ併用型6脚ロボット「オメガ」の制作 - アジャイル開発を応用した総合制作 - | 浜松職業能力開発短期大学校 | 寺田 憲司<br>(受付日 R2. 7. 21)  |

\* 代表者氏名

### 〈投稿のしおり〉



# 種子島ロケットコンテスト(Cansat 部門)への挑戦

## －3カ年の取り組み－

川内職業能力開発短期大学校 内田 泰

Challenge to the Tanegashima rocket contest (Cansat division)~ Three-year initiatives~

UCHIDA Yutaka

**要約** 2016年度より総合制作実習の一環として、種子島宇宙センターで開催される「種子島ロケットコンテスト (Cansat 部門)」に参加してきた。これまでに通算3度の大会参加を通じて、2017年度(第14回大会)では準優勝、2018年度(第15回大会)では日本航空宇宙学会賞を受賞した。その製作の過程と独自の工夫点について述べる。

### I はじめに

鹿児島県は国内唯一であるロケット発射場が2ヶ所も設置されており、県内各地に宇宙関連の研究施設等が存在する。このような宇宙を身近に感じられる環境で宇宙開発技術者を目指す若年者に向けて、様々な競技内容で技術力・創造性を競う大会として「種子島ロケットコンテスト」が開催され、2018年度で15回目を迎えた。

川内職業能力開発短期大学校では、総合制作実習の一環として2016年度に「Cansat (カンサット) 部門」へ初めて挑戦し、これまでに通算で3度の大会出場を果たした。本稿では、大会優勝を目指して学生と共に製作に励んだ経過や独自の工夫点、競技結果について報告する。

### II 種子島ロケットコンテスト 概要

#### 1 大会 概要

「種子島ロケットコンテスト」は高校生以上の若年者を対象として、大きく分けて2種類の競技(ロケット部門、Cansat 部門)が設定され、会場は「国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(通称 JAXA)」の種子島宇宙センター竹崎芝生広場となっている。

大会への参加に際しては、8月～12月の間に「設計計画書」を大会事務局に提出する必要がある。設計計画書とは製作物の寸法・重量、特徴、開発計画等を記述し、製作の実現性と独自性を示すものとなる。これを基に書類審査が行われ、2018年度(第15回大会)のCansat 部門においては、我々を含む約30団体から50チームが

本選出場を果たした。なお、参加チームは全国の大学・高専・工業高校が大半であったが、職業能力開発短期大学校からの参加は我々のみであった。

#### 2 競技の流れ

種子島ロケットコンテストにおけるCansat 部門では、以下のような流れで競技が行われる。なお、機体落下の際に危険が伴うため、競技は1チーム毎に実施される。

- ① GPS受信機により、予め各チームが目的地の緯度・経度を取得する。
- ② 気球(大会事務局が用意)に取り付けたケースへ機体を収納し、上空50mまで上昇させる。
- ③ ラジコン用電波を用いた無線機(大会事務局が用意)による遠隔操作でケースの蓋を展開して機体を落下させる。
- ④ パラシュートにより減速をしながら機体が地上に着陸した後、各種センサからの情報を基に自律移動で目的地を目指す。

競技の採点項目は主に2点あり、制限時間30分以内でどれだけ目的地に近付けることができるか、さらにその到達が偶然によるものではないことを証明するため、高度の推移や地上移動中の緯度・経度の変化、目的地までの距離等の制御記録を、競技終了後に大会事務局へ提出する必要がある。

### III Cansat とは

#### 1 Cansat 概要

「Cansat」とは、飲料用の空き缶サイズ程度の「小型模擬衛星」のことをいう。宇宙開発技術の教育を目的として、1998年にアメリカと日本の大学から誕生した。GPS受信機をはじめとする各種センサを搭載しており、地上50mからパラシュートを装着した状態で、落下した地点から目的地まで制限時間内にどれだけ近付けるかを競う競技となっている。

機体構造は各種存在するが、「フライバック式」と「ローバー式」が代表的である。前者は飛行模型に似た形をしており、動力を持たないために落下時の旋回を制御することにより目的地を目指すため、難易度が高いとされている。後者は着陸後にモーターを動力として、各種センサからの情報を基に目的地への移動を試みる。我々は比較的容易かつこれまでの大会実績の観点から「ローバー式」を採用した。その外観を図1に示す。

#### 2 機体構成

Cansatの機体構成は各チームで特色が異なるが、我々はマイコンとしてRX62Nを用いた構成で臨んだ。その構成を図2に示す。

Cansatが上空から落下した後は、自律制御により目的地を目指すこととなる。そのためには搭載された各種センサを駆使して走行に必要な情報を取得するが、「気圧センサ」「GPS受信機」「地磁気センサ」は特に重要な役割を担っている。

##### 2-1 気圧センサ

減速を目的として取り付けたパラシュートを地面への着陸直前に切り離す必要があるため、機体落下中に地上からの高度を算出する。なお、高度の算出には温度情報も必要となるため、気圧センサ内部に温度計測を兼ね備えているものを採用した。

##### 2-2 GPS受信機

機体に搭載したGPS受信機を用いて、予め目的地の緯度・経度を取得しておくことにより、現在地の緯度・経度との三角関数から、目的地までの距離と方位を算出しながら走行する。

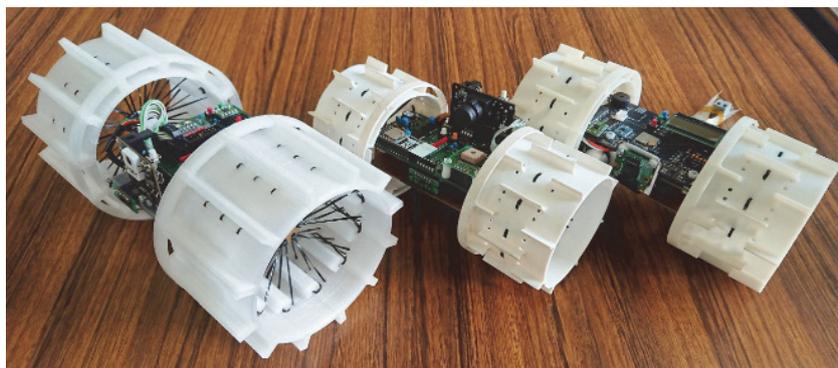


図1 製作した Cansat  
(左から 2018 年度、2017 年度、2016 年度の機体)

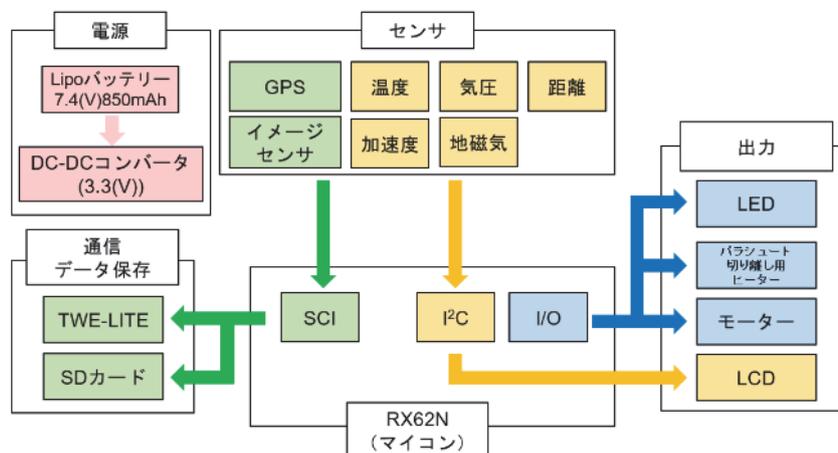


図2 2018 年度 製作機体 構成図

### 2-3 地磁気センサ

目的地までの方位へ機体が移動するように、機体正面の方位を算出する。ただし、地面の隆起等により機体に傾斜が発生すると方位に誤差が生じてしまうため、Z軸の出力値から回転行列を用いて方位の補正を行う。

## IV 独自の工夫点

過去2度の大会参加を通じて、最終的に2018年度(第15回大会)においては以下のような工夫点を取り入れた製作に励んだ。これらは過去の失敗からの改善に限らず、学生と共に試行錯誤を経て採用された項目も少なくない。

### 1 着地時の衝撃吸収

パラシュートを装備しているとはいえ、上空からの投下により着地時の衝撃は凄まじく、機体の損傷により走行不可能になるチームが続出するとの事前情報があった。そのため、生産技術科に設計・製作の協力を依頼して衝撃吸収を目的としたゴムスポークを採用したタイヤを3Dプリンタで製作した。その外観を図3に示す。



図3 ゴムスポークを採用したタイヤ

### 2 イメージセンサ

目的地までの距離の算出はGPS受信機から得られた緯度・経度を用いるが、GPS受信機の測位精度の理由から2m程度の誤差が発生する。そこで、目的地に設置された目標物をイメージセンサによって検出して0m到達を目指した。様々な候補が挙げられた中で、スムーズな開発と高精度な検出を両立させるために、Charmed Labs「CMUcam5 PIXY2」を採用した。その外観と性能概要を図4と表1に示す。



図4 Charmed Labs「CMUcam5 PIXY2」

表1 CMUcam5 Pixy2 性能概要

項目	概要
プロセッサ	NXP LPC4330、204MHz デュアルコア
イメージセンサ	Aptina MT9M114 解像度 1296×976
レンズ視野	水平 60度、垂直 40度
データ出力	UART シリアル、 SPI、I <sup>2</sup> C、USB etc
寸法	38mm × 42mm × 15mm
重量	10g

このイメージセンサには専用のプロセッサが搭載されており、非常に高速・高性能な情報処理を可能とする。目標物の色や形を予め登録しておくことで、縦横の幅や中心座標を瞬時に検出することができる。このため、映像のどの位置に目標物が存在するかを認識することが可能となっている。また、豊富なデータ出力形式においてデータフォーマットは統一されており、あらゆるマイコンとの接続を容易なものにできる。この採用によって、目的地に設置された目標物の検出を精度高く行うことで、0m到達実現も不可能ではないと考えた。

### 3 目標物

目標物の設置場所は大会事務局が決定するが、目的地には事前に競技者自身が目標物を設置しても良い規則となっているので、イメージセンサの特徴を活かした目標物の製作を検討した。2017年度(第14回大会)までは検出を単色で行っていたため、同系色の他の物体を目標物として誤認識してしまうことがあった。そこで、2色(赤・緑)を組み合わせた「色帯」により検出することで認識精度が向上して正確に検出できると考えた。試

作した目標物を図5に示す。しかしながら、機体が接近した際に2色の色帯が十分に映らず検出不可能になってしまうことが判明した。



図5 試作した目標物

そこで、どの進入角度であっても検出できる色帯の並びを検討した結果、「斜め」にするという発想に辿り着いた。順調に進んでいた検証であったが、低確率ではあるが進入角度によって不具合が発生した。これは色帯が斜めであっても、目標物に接近した際に幅が広すぎると1色しか検出できないことが原因であると判明した。色帯の幅を狭くすれば解決することはできるが、狭すぎると遠距離からの2色の検出が困難となる。GPS受信機の測位誤差を考慮すると、できるだけ遠い距離から目標物を検出できた方が良いことは明白であったため、「広すぎず、狭すぎず」というジレンマを解決するために色帯の幅を統一せず領域毎に分けることで、距離に左右されず目標物の検出率を向上させることができた。最終的に競技に使用した目標物を図6に示す。

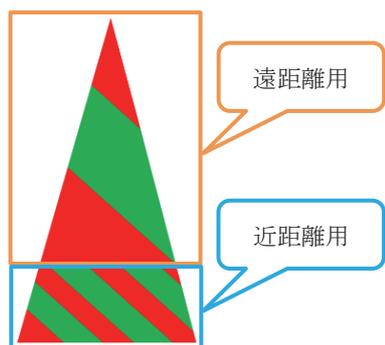


図6 2018年度(第15回大会) 目標物

また、目標物の素材によって光の反射が発生し、本来の色を検出できないことが判明した。この様子を図7(1)に示す。光の反射具合は屋内・屋外で異なるのはもとより、太陽の高さや逆光によっても左右され、安定した検出のためにイメージセンサの調整には苦慮していたところだった。そこで既存の目標物にフェルト生地を被せ

たところ、図7(2)に示すように見事に光の反射を抑えることに成功した。



(1)既存の目標物



(2)フェルト生地 of 目標物

図7 光の反射対策を施した目標物

## V 大会報告

### 1 大会日程

大会は3日間で構成されているが、競技自体は2日目のみであり、初日の開会式後には「技術発表会」が実施される。これは各チームが製作においてどのような創意工夫を行ったかというプレゼン大会であり、採点の一部となっている。持ち時間は3分とごくわずかではあるが各チームの発表を聴講することで、次年度に繋がる重要な情報収集の機会となった。学生の発表中の様子を図8に示す。



図8 技術発表会 発表中の学生  
(2017年度(第14回大会))

さらに、最終日にも技術交流会が実施される。これは事前に提出された設計計画書を閲覧した大会事務局が、独自性と技術レベルの高いチームを厳選し、技術発表会

では収まりきれなかった内容について発表する。このように大会を通じてお互いの知識や経験を共有し、参加者全体で技術向上を目指す意識が随所に感じられた。

## 2 大会結果

### 2-1 2016 年度(第 13 回大会)

当日は晴天・ほぼ無風の好条件が整った。また、我々の競技は午後からとなり、十分な準備を行って本番を迎えられることとなった。しかし、会場での最終調整を行っている機体が予期せぬ動作を繰り返し、本番直前までトラブル対処に追われ、気持ちの整理も不十分なまま競技開始となった。競技開始直前の様子を図 9 に示す。



図9 競技開始前 機体準備

上空でのケースの開閉を学生の遠隔操作により行い、機体はパラシュートを展開しながら落下を始めた。チームによってはパラシュートが絡まって自由落下をする、あるいは風に流されて競技エリア外に着陸する機体もあった中で、降下は非常にうまくいった。着陸後は機体が動作する予定だったので、学生が駆け寄ってその状況を確認したが、機体の動作が確認できずにあえなくリタイヤとなった。着陸直後の機体を図 10 に示す。



図10 着陸直後の機体

動作不良の原因について分析したところ、緊張もあったのか学生がケース開閉の操作に集中しすぎてしまい、動作開始スイッチを押したまま機体をセットするというヒューマンエラーを犯してしまった。通常では考えられないことだが、直前までの修正作業に追われて失

念したものと思われる。平静を保てない時こそ確実性が問われると身を持って学び、宇宙産業において失敗は許されないという厳しさを痛感するには、非常に良い経験となった。

### 2-2 2017 年度(第 14 回大会)

普段では起こりえない事態であっても、大会当日の心境・天候・状況に変動されることなく常に同じ行動を冷静にとれるように、競技の開始から終了までの一連を想定した手順書が必須であると感じたため、ヒューマンエラー対策として作業手順書とチェックリストを作成し、確実な準備が行えるよう入念なりハーサルを重ねて本番に臨んだ。競技開始前に準備に臨む学生の様子を図 11 に示す。



図11 競技準備に励む学生

高度 50m から投下された機体は予定通り高度 4m 付近でパラシュートを切り離すことに成功し、着陸後には安定した動作を開始した。その後は目標物を目指して自律走行して 0m 到達に至った。0m 到達直後の機体の様子を図 12 に示す。



図12 0m 到達直後の機体

あたかも 0m 到達できたように見えたが、機体の制御履歴を確認すると事前に登録した目的地の緯度・経度は本来の地点とは異なる場所を誤って登録していたことが分かった。これでは完璧な制御が行えたとは言えず、

制御履歴も未完成のまま競技を終了してしまっ

た。最終結果として、全 30 チーム中で 0m 到達を達成したのは我々以外にもう 1 チームあり、そちらは制御履歴によって全てが正確に動作していることが証明されたため、到達記録は同じ 0m であっても制御履歴の差から我々は準優勝となった。大会事務局から授与された賞状を図 13 に示す。惜しくも優勝を逃してしまっ

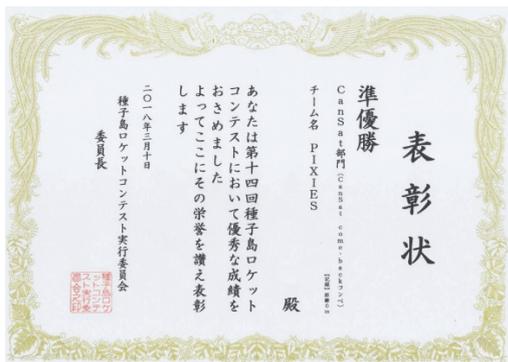


図13 2017 年度(第 14 回大会) CanSat 部門  
準優勝 賞状

### 2-3 2018 年度(第 15 回大会)

これまでの経験と新たなるデバイスの採用、そして何より学生の斬新なアイデアと抜群のチームワークによって、2018 年度(第 15 回大会)は優勝を狙える万全な準備が整った。大会前日には会場にて入念な検証を行い、百発百中の成功率で本番を迎えたが、いざ本番を直前に迎えると緊張は機体にも移るものなのか、競技開始直前から気圧センサの不具合により高度の算出に支障を来すようになった。高度が算出できなくなると着陸直前にパラシュートを切り離すことができず、GPS 測位移動への制御の遷移が不可能となる。この状況に対して、加速度センサを用いて着地を検出してパラシュートの切り離しを行うプログラムを実装する等の解決策も検討されたが、残された準備時間では対応できず、不安を残したままの競技開始となったが、やはりパラシュートを切り離すことができずにリタイヤとなり、競技終了を迎えた。

今大会こそは間違いなく優勝の自信があっただけに非常に悔いが残ってしまったが、表彰式において競技の上位入賞者以外に贈られる特別賞として、我々の機体が「日本航空宇宙学会賞(通称:アカデミック賞)」を受賞した。大会事務局から授与された賞状を図 14 に示す。これには学生も大いに喜び、自分達の苦勞と経験が認め

られたと達成感で満たされていた。

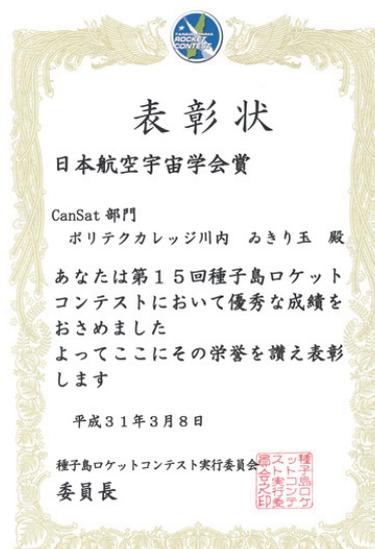


図14 2018 年度(第 15 回大会)  
日本航空宇宙学会賞 賞状

## VI おわりに

種子島ロケットコンテストへの挑戦は、2016 年度(第 13 回大会)の学生が高校生の頃に出場できなかったことから自分で仲間を探し、筆者に支援を求めたことから始まった。当初は筆者も競技内容はおろか、CanSat に対する理解や要素技術の知識・経験は皆無からの船出であった。トラブルに直面してはその都度学生と協議をしながら打開策を検討し、時には学生から教えられることも少なくなかった。これまでの手探り状態を通じて、筆者自身も非常に大きな成長を遂げることができたと実感しているため、最初に声を掛けてくれた学生に対しては、感謝の意を表したい。

競技会への参加は敷居が高いと尻込みしてしまうが、目標達成が明確であり、製作に対する学生の意欲を増進させるには非常に良いテーマであると思われる。そして、何よりその過程にある試行錯誤にこそ、学生が卒業後に経験する社会生活において必ず活かされる場面があると考えられる。したがって、筆者は今後も競技会への参加を通じて学生の挑戦を支援し、彼らの将来に役立てられる活動が続けていく所存である。

# 磁気探査用ペンレコーダのための 無線遠隔操作装置の開発

九州職業能力開発大学校 寺内 越三\*  
株式会社精巧エンジニアリング 儀保 五十一  
株式会社精巧エンジニアリング 玉城 幸憲

Development of the Wireless Remote Controller for a Pen Recorder used in Magnetic Prospecting  
TERAUCHI Etsuzou, GIBO Isokazu, TAMASHIRO Yukinori

**要約** 株式会社精巧エンジニアリングと共同で磁気探査用ペンレコーダの無線遠隔操作装置を開発した。先の大戦で激戦地となった沖縄県では、現在でもたくさんの不発弾が発見・処理されており、道路工事等での事前の磁気探査は重要な作業である<sup>(1)</sup>。磁気探査は探査員と記録員の2名以上により実施される。探査員はセンサを移動させながら、ペンレコーダを操作する記録員に無線機を用いて測定位置を示すマークの記入を指示する。しかし、磁気探査は広大な土地や掘削坑の中等において実施されるため、探査場所から記録場所までの距離が離れていたり、坑底から地表面までに高低差が生じていたりと作業環境の見通しは悪い。このような環境の下、各員の意思疎通が上手く行かないと、マークの記入が遅れ、記入位置と測定位置に誤差が生じる。そこで本研究は、磁気探査精度の向上と探査業務の効率化を目的に、探査員自身がマーク記入を遠隔操作することができる無線通信装置の開発を目標とした。開発する装置には、見通しが悪く高低差がある探査環境でも通信可能な無線性能と、送信機にて通信の成功・失敗を光と音と振動で確認できる受信応答機能が求められる。研究では、無線モジュールを選定するために探査環境に近い地形にて通信実験を行い、送信機が手持ちサイズに収まりかつ探査員が受信応答を確認できる小型のスピーカーや振動モータ等を選定し、装置を製作した後、実証実験を行った。

## I はじめに

戦後 75 年たった現在でも、沖縄県内には未だに約 2,000 トンの不発弾が埋没すると推定されている。年間の不発弾処理量は約 30 トンであることから、全ての処理を終えるには、70 年程度かかると推定されている<sup>(2)</sup>。平成 21 (2009) 年 1 月に発生した糸満市での不発弾爆発事故以降、不発弾等対策の更なる推進が図られ、処理をできるだけ早期に進める取り組みが行われている。公共工事においては不発弾探査を目的とした磁気探査が義務付けられており、また民間工事においても磁気探査の促進を図るための支援事業が実施されている<sup>(3)</sup>。埋没不発弾の一例として、2017 年に精巧エンジニアリングが発見した 5 インチ艦砲弾を図 1 に示す。

磁気探査とは、不発弾等の有無、埋没位置の把握を

目的として、不発弾等の危険物が主に鉄類で出来ていることを利用し、磁気変化を探査計で測定する不発弾等探査をいう。探査方法には、平坦地を探索し、解析を行い不発弾の有無と磁気異常点の位置を把握する「陸上水平探査」(以下、「水平探査」という。)、必要探査深度まで地表面の掘削と水平探査を繰り返す「経層探査」、把握した磁気異常点まで掘削し、磁気異常物を確認する「確認探査」等があり、探査範囲に応じて各種方法を採用する<sup>(4)</sup>。探査作業は、探査員と記録員の2名以上により実施される。探査員は測線に沿ってセンサを移動させながら、記録員に笛や無線機を用いて記録の開始、終了及び 10 m ごとの合図を送る。記録員は有線または無線により伝送されるセンサの信号をペンレコーダで記録しながら、探査員の合図に合わせてボタンを操作しマークを記入する。探査作業の様子を

図2に、記録操作の様子を図3に、マーク記入ペンを図4に、測定波形を図5に示す。

しかし、探査作業は広大な土地、狭く細長い道路及び掘削坑の中などで実施されるため、探査場所から記録場所までの距離が50—100 m程離れていたり、作業通路の確保が困難であったり、坑底から地表面までに3 m程の高低差が生じていたりと作業環境の見通しは悪い。掘削坑の様子を図6に示す。このような環境の下、探査員と記録員の意思疎通が上手く行かないとマークの記入が遅れ、測定後、磁気異常点を解析する際に、マークを記入した位置と現地で測定した位置に誤差が生じる。この課題を解決するためには、ペンレコーダの無線遠隔操作が有効であるが、機能を追加する市販の製品は無く、また、磁気探査装置を構成するアナログ無線送受信機を遠隔操作に利用することもできない。

そこで、探査員自身がマークの記入を遠隔操作することができれば、記入位置と測定位置の誤差が低減され、磁気異常点の位置解析精度を向上させることができ、その後の確認探査作業が短縮化され、探査業務を効率化させることができると考えた。

以上より本研究は、探査精度の向上と探査業務の効率化を目的に、磁気探査用ペンレコーダの無線遠隔操作装置を開発することを目標とする。



図3 記録員によるペンレコーダ操作

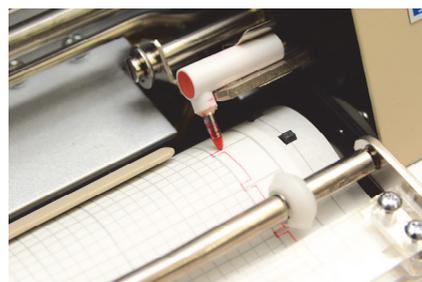


図4 別ペン式イベントマーカ

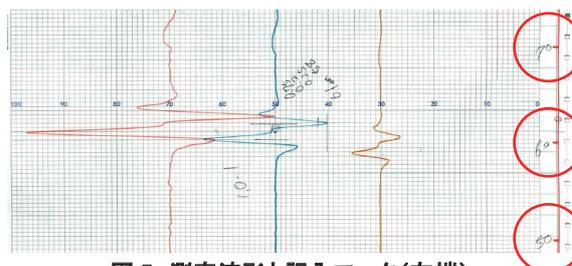


図5 測定波形と記入マーク(右端)



図1 5インチ艦砲弾



図6 掘削坑内での経層探査



図2 探査員による水平探査

## II 無線遠隔操作装置の概要と要求仕様

### 1 装置の概要

無線遠隔操作装置は送信機と受信機から構成され、受信機は磁気探査装置のペンレコーダに接続される。ブロック図を図7に示す<sup>(5)</sup><sup>(6)</sup>。送信機はマーク記入スイッチ、マイコン、無線モジュール及び通信の成否を表示するLED点灯回路・電子音再生回路・振動モータ駆動回路から構成される。また、受信機は無線モジュール、マイコン及びペンレコーダ制御回路から構成さ

れる。

探査員が送信機のマーク記入スイッチを押すと、マイコンは受信機にデータを送信する。受信機はデータを受信すると、ペンレコーダに接続されたマーク記入ボタンの代わりにペンレコーダを制御し、マーク記入を行う。同時に、送信機に通信の成功を応答するデータを返信する。送信機は応答データを受信すると、通信が成功したことを光と音と振動で探査員に伝える。また、送信機がデータを送信した後、一定時間内に応答データを受信できないと、通信が失敗したことを光と音と振動で伝える。

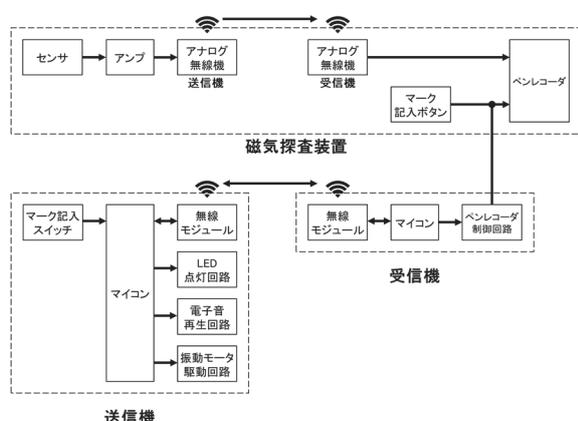


図7 無線遠隔操作装置のブロック図

## 2 要求仕様

無線遠隔操作装置には次の仕様が要求される。磁気探査ではセンサの信号をペンレコーダに伝送するために、最大通信距離が300mのアナログ無線送受信機が用いられる。また、電波伝搬経路は樹木、建設機械及び掘削坑等の障害物がある見通しが悪い環境であり、電波は樹木等に吸収され減衰したり、回折により干渉したりする<sup>7)</sup>。そのため、無線モジュールには見通しが悪い環境においても300m程度の通信が可能であり、免許を要さず使用できることが求められる。さらに通信機能として、自動車の施錠をランプの点滅や電子音で通知するアンサーバック機能の様に、送信機から受信機への通信の可否を探査員自身が確認できる仕組みが求められる。

また、送信機には次の仕様が要求される。探査作業では、探査員は右手でセンサを吊り下げ、左手で送信機を握り、移動しながらマーク記入スイッチを押すことが想定される。そのため、送信機のケースは片手で握れる程度のサイズであること。スイッチはボタン型

で、親指で押しやすいようにケースの左側面にあり、不用意に押さないように操作面は低く突き出していないこと。電源として乾電池を内蔵することが求められる。そして、探査員は作業中軍手を装着する。そのため、通信の可否を知らせる振動モータには、軍手越しでも振動を確認できる振動強さが求められる。さらに、測定は市民が往来する道路でも行われる。そのため、通信の可否を知らせる電子音が騒音にならないように、音量調節機能が求められる。

## III 通信実験

### 1 送受信機の試作

仕様を満たす無線モジュールを選定するために、送受信機を試作し、屋外で通信実験を行った。

無線モジュールの周波数帯は、免許を要しない特定小電力無線局に規定される429MHz帯、920MHz帯と、小電力データ通信システムの無線局に規定される2.4GHz帯とし<sup>8)</sup>、各周波数帯にて、小型で基板への実装が容易な製品を選定し、3種類の送受信機を試作した。選定した無線モジュールの仕様<sup>9)</sup>を表1に、試作した送信機(429MHz帯)を図8に、送信機(920MHz帯)を図9に示す。

送受信機の動作は3種類共通である。送信機のスイッチを押すと、マイコンは受信機にデータを送信する。受信機はデータを受信すると、送信機に通信の成功を応答するデータを返信する。送信機は応答データを受信すると、緑色LEDを点灯し通信の成功を示す。また、送信機が一定時間内に応答データを受信できないと、赤色LEDを点灯し通信の失敗を示す。

表1 選定した無線モジュールの仕様

製品名	周波数帯 (Hz)	空中線電力 (mW)	伝送速度 (bps)	アンテナ	メーカー名
SLR-429	429 M	10	4800	外付け	サーキットデザイン
FEP-01	920 M	20	50 k	外付け	双葉電子工業
XBee-Pro SI	2.4 G	10	250 k	ワイヤ	Digi

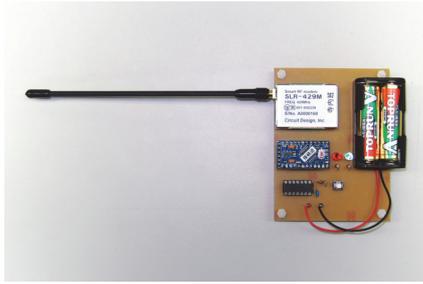


図 8 試作した送信機(429 MHz 帯)

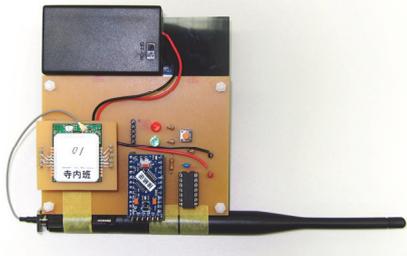


図 9 試作した送信機(920 MHz 帯)

## 2 実験方法

通信実験は、沖縄職業能力開発大学の敷地内から実際の磁気探査環境に近い 2 種類の地形と通信経路を設定し、送受信操作を 10 回試行し、試験結果を得た。

設定した通信経路は、300 m 長の長距離通信を模した「通信経路 1」と、掘削坑の中を模した「通信経路 2」であり、各経路には受信地点を 1 箇所と送信地点を複数箇所設定した。

通信経路 1 は東門を受信地点とし、樹木、自動車及び下り坂により見通しが悪い中、直線上 50 m ごとに 300 m まで 1 から 6 の送信地点を設定した。通信経路 2 では、崖の上を受信地点とし、樹木、建物及び崖により見通しが悪い中、4 m から 7 m 下がった土地に A から F の送信地点を設定した。

通信経路 1 の写真を図 10 に、地点 4 の写真を図 11 に、地点 6 の写真を図 12 に、通信経路 2 の写真を図 13 に、地点 A の写真を図 14 に、地点 F の写真を図 15 に示す。

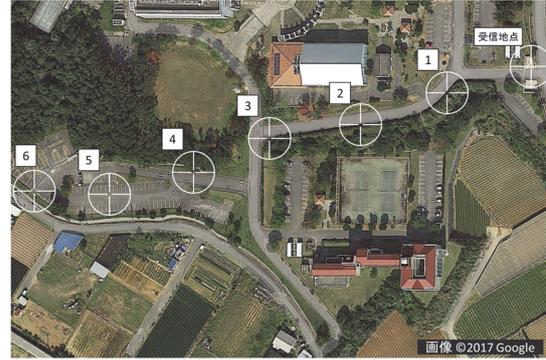


図 10 通信経路 1(通信経路 300 m 長)



図 11 地点 4:経路途中の樹木と坂



図 12 地点 6:目前に建設機械

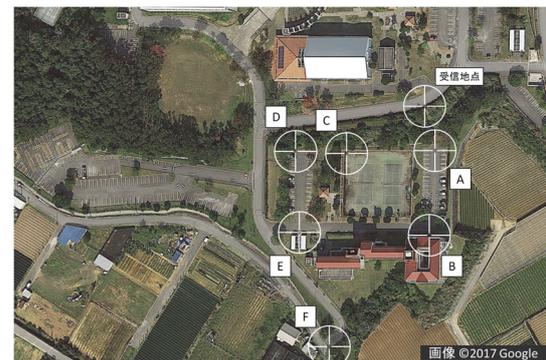


図 13 通信経路 2(崖の上下)



図 14 地点 A: 崖の上から 4 m 下った土地



図 15 地点 F: 前方に高さ 3 m の壁と下り坂

実験手順は次のとおりである。受信地点では受信機を地上 1.8 m の高さに設置し、送信地点では送信機を胸の高さに構えた。特性上、送受信機のアンテナの向きが同一でない場合、感度が低くなり通信距離が短くなるが<sup>(10)</sup>、実用を想定し、送信機は傾けたまま操作した。各送信地点にて送受信の準備の後、送信操作を 10 回行い、通信応答の有無を確認した。

### 3 実験結果

各送信地点における 10 回の通信応答の結果から PER (Packet Error Rate) を求めた<sup>(11)</sup>。PER が 10% であれば、10 回の送信操作のうち、応答が 1 回なかったことを示す。通信経路 1 の実験結果を表 2 に、通信経路 2 の実験結果を表 3 に示す。

表 2 通信経路 1 の実験結果

送信地点	距離 (m)	429MHz PER(%)	920MHz PER(%)	2.4GHz PER(%)
1	50	0	0	100
2	100	0	0	100
3	150	20	0	100
4	200	90	60	100
5	250	0	30	100
6	300	30	90	100

表 3 通信経路 2 の実験結果

送信地点	距離 (m)	429MHz PER(%)	920MHz PER(%)	2.4GHz PER(%)
A	25	0	0	50
B	50	0	0	90
C	50	0	0	100
D	75	0	10	100
E	100	0	20	100
F	150	0	100	100

### 4 考察

429 MHz 帯は 300 m 遠方や崖による高低差があっても通信可能であった。特に、地点 6 には建設機械が、地点 F には前方に高さ 3 m の壁と下り坂、さらに壁の上には 3 階建て建物があったが、0% から 30% と低いエラー率で通信は可能であった。しかし、地点 4 のみエラー率は 90% と高くなった。原因として、地点 4 は坂を下った低い土地であり、前方には密集した樹木が、左方には法面と樹木があり、電波を吸収減衰しやすい環境であったと考える。

920 MHz 帯は 150 m から 250 m まで 0% から 30% と低いエラー率で通信は可能であった。しかし、地点 4 の様に近傍に樹木が密集していたり、地点 6 や F の様に建設機械や構造物が目前にあたりするとエラー率は 90% から 100% と高くなった。

2.4 GHz 帯は 50 m 以上の通信は不可能であった。特に、地点 A の様に周囲が森であるものの、直線経路に障害物が無く受信機を見通すことができれば、エラー率は 50% と中程度であった。しかし、他の地点は受信機を全く見通すことができず、エラー率は 100% となり、通信は不可能であった。

以上のことから、装置には 429 MHz 帯の無線モジュールを採用するのが最適と考えた。また、製品を比較しても、920 MHz 帯よりも 429 MHz 帯のほうがモジュールとアンテナが軽量であり、アンテナも短いことから片手で握りやすい送信機が製作できると考えた。

## IV 無線遠隔操作装置の製作

### 1 送信機

はじめに、送信機の入出力装置であるマーク記入スイッチ、LED、スピーカー及び振動モータを選定した。マーク記入スイッチは仕様通り操作面が低い物を選定した。LED は点灯状態が正面からも側面からも視認できる凸形の物を選び、点灯色は、制御盤の表示灯等に

安い電源ランプには赤色を、通信成功には緑色を、通信失敗には赤色を選択した。スピーカーは3種類の候補を用意し、ケース上カバーと下カバー側の電池ボックスの隙間に固定できるように薄型のものを選定した。振動モータは4種類の候補を用意し、実際に駆動させ振動の強さと外形サイズから選定した。スピーカーの候補を図16に、モータの候補を図17に示す。

次に、ケース内で無線モジュール、各入出力装置及びその他の部品が干渉しないように配置し、通信制御回路を設計・製作した。送信機の外観を図18に、内部を図19に示す。



図16 スピーカーの候補

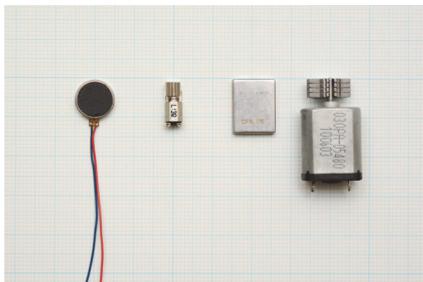


図17 振動モータの候補



図18 送信機 外観

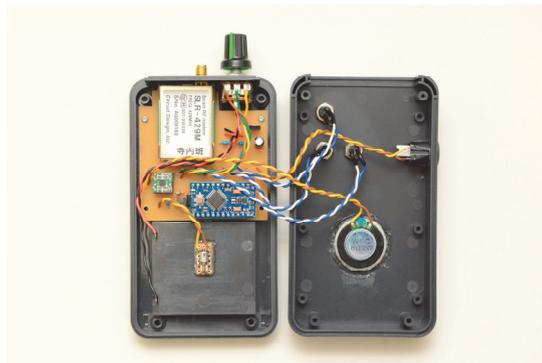


図19 送信機 内部

## 2 受信機

はじめに、受信機のペンレコーダ制御回路を試作した。これまでは、記録員がマークを記入する際、ペンレコーダにケーブルで接続されたマーク記入ボタンを操作していた。受信機では、ボタン操作による回路の開閉をマイコンから制御するために、ペンレコーダとマーク記入ボタンを繋ぐケーブルを延長する様な形で電磁リレーのメーク接点を介在させ、トランジスタアレイを用いてリレーを励磁した。

次に、送信機と同様に通信制御回路を設計・製作した。受信機の外観を図20に、内部を図21に示す。



図20 受信機 外観

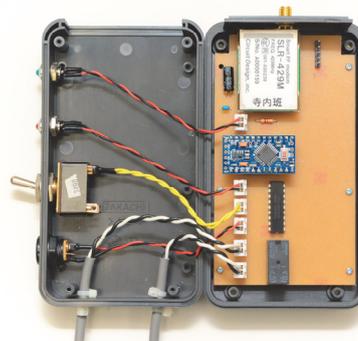


図21 受信機 内部

### 3 送受信プログラム

はじめに、無線モジュール間で送受信に掛かる時間を、プログラムを作成し測定した。その結果、データを送信し応答データを受信するまでに 178 ms 掛かることが分かった。

次に、送受信プログラムを作成した。送信プログラムは割り込み処理と繰り返し処理により構成される。マーク記入スイッチが押されると割り込み処理が実行され、受信機にデータを送信する。同時に送信時刻をミリ秒単位で保存する。繰り返し処理では、送信時から現在時刻と送信時刻の時間差を常に求めており、200 ms 以内に応答データを受信できれば受信成功処理を、受信できなければ受信失敗処理を実行する。

受信成功処理では緑色 LED を 1 回点滅させる間に、スピーカーから「ピンポン」と電子音を再生し、振動モータを 200 ms ほど 1 回振動させる。受信失敗処理では赤色 LED を 1 回点滅させる間に、スピーカーから「ブーブー」と電子音を再生し、振動モータを 400 ms ずつ 2 回振動させる。電子音の周波数はピンポンをそれぞれシb (1864 Hz) とソb (1479 Hz) とし、ブーをド# (277 Hz) とした。

また、受信プログラムは送信機からのデータの受信を完了すると、ペンレコーダのマーク記入を制御するためにリレーを励磁するとともに、送信機に応答データを返信する。

以上、送受信機の通信制御回路の設計・製作と送受信プログラムの作成により無線遠隔操作装置を製作した。無線遠隔操作装置の全景を図 22 に示す。



図 22 無線遠隔操作装置 全景

し、実証実験を行った。

実証実験は、探査場所から記録場所までの距離が 100 m 以上離れる「実験環境 1」と、探査場所から記録場所までの高低差が 2 m 以上ある「実験環境 2」で行った。各環境とも電波伝搬経路に樹木や建物などの障害物は無く、見通しは良い。

実験環境 1 は、記録場所から 15 m、46 m、105 m、135 m 離れた地点に 3 m 四方の探査区域があり、南北方向 3 m の探査測線を 1 m 間隔で 4 本設定し、1 名の探査員がセンサを吊り下げながら測線を一往復歩行し、記録の開始と終了時にマークの記入操作を行った。実験環境を図 23 に示す。

実験環境 2 は、記録場所から 2 m 以上崖を下り、6 m、41 m、53 m 離れた地点に南北方向 20 m の探査測線を 1 本設定し、2 名の探査員が測線を一往復半歩行し、記録の開始、終了及び 10 m 通過時にマークの記入操作を行った。実験環境を図 24 に示す。

実験の際、送信機は胸の高さでアンテナを水平方向に傾けながら構え、受信機は車の荷台に垂直に設置した。マーク記入操作の様子を図 25 に示す。



図 23 実験環境 1 の様子



図 24 実験環境 2 の様子

## V 実証実験

### 1 実験方法

製作した無線遠隔操作装置を 2 件の探査作業で使用



図 25 マーク記入操作の様子

## 2 実験結果

実験環境 1 の実験結果を表 4 に、実験環境 2 の実験結果を表 5 に示す。また、マークの記入動作の一例として、実験環境 2 の 41 m 地点にて記録された波形と記入マークを図 26 に示す。

表 4 実験環境 1 の実験結果

送信地点	距離 (m)	高低差 (m)	マーク記入回数	PER (%)
1	15	0.0	16	0
2	46	0.0	16	0
3	105	0.0	16	0
4	135	0.0	16	0

表 5 実験環境 2 の実験結果

送信地点	距離 (m)	高低差 (m)	マーク記入回数	PER (%)
1	6	2.64	9	0
2	41	3.56	9	0
3	53	2.98	9	0

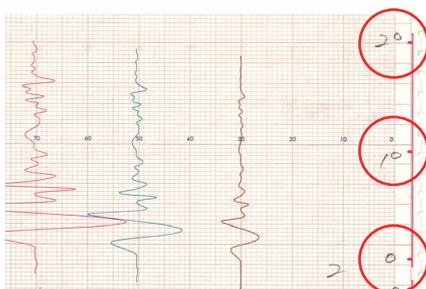


図 26 測定波形と記入マーク(右端)

## 3 考察

実証実験の結果から、共に見通しの良い 100 m 以上離れた地点と 2 m 以上の高低差がある地点において、0 %のエラー率にて通信できることを確認した。また、送信機の操作により受信機がペンレコーダを制御し、マークを記入できることを確認した。

## VI おわりに

本研究では、見通しが悪い磁気探査環境において確実な無線通信を行うために、探査環境に近い地形にて通信実験を行い、通信の成否を光と音と振動で表示する無線遠隔操作装置を製作し、実証実験にて確実な通信とマークの記入を確認したことから、磁気探査用ペンレコーダの無線遠隔操作装置を開発するという目標を達成した。

また、実証実験では次の感想を得た。『まず、探査員が笛を吹かなくてもペンレコーダの記録紙に直接マークを記入できるので良い。さらに、磁気異常点の位置誤差の低減につながり、その後の作業時間の短縮と作業の効率化になる』。感想を得たことから、本研究の目的を達成することができた。

しかし、実証実験中 2 つの問題が生じた。1 つ目が送信機のサイズである。今回使用したケースは片手で握れる程度のサイズではあったが、厚さが 35 mm と厚く、左手で握った際に第三指から第五指までの指先がケース前面まで届かず、握りにくい。今後は指先がケース前面に届く程度のサイズのケースを選定し、送信機の小型化を目指したい。

2 つ目が受信機への AC アダプタ誤接続による回路の破損である。受信機は電源として 5 V の AC アダプタを使用していたが、試用中に誤って空調服の電源である 12 V を接続してしまい、回路が破損した。今後は受信機から AC アダプタを取り外せないようにする仕組みや、受信機に降圧回路を内蔵する等の改良が必要であると考えられる。

そして、今後の目標はペンレコーダの完全遠隔制御である。マーク記入操作に加えて記録紙の送りと 3 つの記録ペンの上下も遠隔制御ができるようになれば、小規模な探査場所は探査と記録を 1 名で行えるようになり、探査費用の削減と探査作業の更なる効率化という目的を実現することができる。

開発した装置の導入により、日本、そして世界各国の残留不発弾処理の完了が早期実現することを願う。

### 【参考文献】

- (1) 沖縄県 暮らし・環境、「不発弾について」、[http://www.pref.okinawa.jp/site/somu/miyako/shinko/fu\\_hatsudan.html](http://www.pref.okinawa.jp/site/somu/miyako/shinko/fu_hatsudan.html)
- (2) 内閣府 第 2 回沖縄振興審議会会長・専門委員会合、「6. 不発弾対策」、平成 28 年、p.38

- (3) 内閣府沖縄総合事務局 沖縄不発弾等対策協議会、「沖縄における不発弾対策の取り組み」、平成 25 年
- (4) 内閣府沖縄総合事務局 開発建設部、「磁気探査実施要領(案)」、平成 24 年
- (5) 姫野哲治・儀保五十一ほか、磁気探査機器の無線化構造、登録実用新案公報(U)、2008
- (6) パントス、「アナログ無線送受信機 TRM-1650/REC-1650」、[https://www.pantos.jp.net/product/analog\\_radio\\_transceiver/](https://www.pantos.jp.net/product/analog_radio_transceiver/)
- (7) 進士昌明、無線通信の電波伝搬、電子情報通信学会、1992
- (8) 総務省電波利用ホームページ、「免許及び登録を要しない無線局」、<https://www.tele.soumu.go.jp/jadm/proc/free/>
- (9) 木村知史、「920MHz 無線モジュール・セレクション」、Interface、451 号、2015 年、p.33
- (10) モノワイヤレス、「アンテナの設置方法」、<https://mono-wireless.com/jp/products/TWE-ANTENNAS/design/range.html>
- (11) インタープラン、「IM920 見通し通信実験レポート」、平成 27 年

本文中で使用したメーカー名・製品名は、一般に各社の商標または登録商標である。



# 安全面を考慮した電気柵の製作

北海道職業能力開発大学校 木村 天津郎

Production of the Electric Fence Considered Safe

KIMURA Tetsuro

**要約** 2015年に日本国内で、素人による自作電気柵の運用により、感電死亡事故が発生した。

市販されている動物に対する電気柵は、通電時間が0.01秒以内で、通電間隔が1秒以上のパルス波の電流（電圧）を使用しているため、死亡事故にはならない。平成28年度の総合制作実習では、2015年度に発生した電気柵による感電死亡事故を教訓とした、電気の安全な使用方法と市販されている電気柵の仕様を調査して、安全面を考慮した電気柵の製作をテーマとした。施設の地域ニーズである獣害対策に貢献できる実用性の高い製品を製作できると考えた。総合制作実習の効果として、学生が電気の安全な使用に必要な知識を身に着けることができる。また、本稿を通して、電気の専門知識のない一般の方に対して、電気の安全に貢献できれば、幸いである。

## I はじめに

電気柵は、農作物を動物から守るために、電気ショックによりこれらを追い払うためのシステムである。電気ショックによる痛みによって、動物が、この柵は危険であると認識し、近寄らなくなり、農作物を守ることが可能となる。しかし、2015年に国内で、電気柵により感電死亡事故が発生した。この事故では、2人が死亡、5人が重軽傷を負った。また素人による電気柵の製作における危険性がマスコミに取り上げられ社会で注目された。電気柵は構造が単純であり、部品の入手が容易であるため素人にも製作できる環境であった。そのため、日曜大工、趣味の延長で専門的な知識・技能を持たない人により製作された場合に重大な事故につながるものが、マスコミなどの報道や取材により明らかになった。

この事故は①～④の原因により発生したことが文献[1]と[2]により明らかにされている<sup>(1)(2)</sup>。

- ①漏電遮断器を付けていなかった。
- ②危険を知らせる表示がなかった。
- ③変圧器で100Vを400Vまで昇圧した電気を使用していた。

④出力電圧が時間制限される機能（パルス発振機能）が付いていなかった。

以上の内容を踏まえ、動物に電気ショックを与え、人体は安全に保てる電気柵の製作条件を電気の専門以外の方にも、伝えることは、電気に関する事故を減らす上で、大変重要な事であると考え、総合制作実習のテーマに採用した。本稿では、筆者が所属している北海道職業能力開発大学校、平成28年度専門課程、電気エネルギー制御科の総合制作実習で行った、安全面に考慮した電気柵の製作（以下、「本システム」という。）について報告する。

## II 構造と動作

本システムは図1により構成されており、市販されている太陽光パネル（太陽電池）、バッテリー、充電コントローラを利用している。電源には太陽光発電を利用している。

表1に図1の太陽電池が含まれる太陽光パネル、表2に充電コントローラ、表3にバッテリーの各仕様を示している。

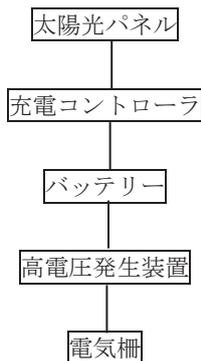


図1 システム概要

表1 太陽光パネルの仕様

項目	仕様
型名	SY-M5W-12
最大出力電圧	5V
開放電圧	21.6V
短絡電流	0.34A
最大出力時電圧	17V
最大負荷時電流	0.28A
寸法	288×187×18mm

表2 充電コントローラの仕様

項目	仕様
型名	CM04-2.1
設定充電電圧	約 14V
取り扱い可能最大電流	4A
自己消費電流	4mA 以下
寸法	72.6×61×30.4mm
重量	68g

表3 バッテリーの仕様

項目	仕様
型名	WP5-12
定格容量	12V 5Ah
最大充電電流	1.5A
寸法	90×70×102mm
重量	1.9kg

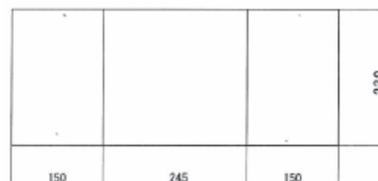
本システムの動作は、太陽電池で発電した電気をバッテリーに充電し、12V の電圧を高電圧発生装置で数千V に昇圧する。充電回路として、充電コントローラを用いてバッテリーへの過充電を防ぐ。数千V の電圧をそのまま電気柵に印加するのではなく、通電時間を

0.01 秒以下にするためのパルス発振機能を実装する。パルス発振機能により、数千V の電圧を印加しても、動物が電気柵に触れた場合、ある程度の電気ショックを受けるが、生命には特に別状はない。また、人が誤って電気柵に触れた場合でも、通電時間が 0.01 秒以下であるので、心室細動を起こす恐れはない<sup>(3)</sup>。心臓に多量の電流が流れると、心臓は正常な規則正しい動きから、けいれんをおこした微細な動きとなり、心臓の血液循環機能が失われ、体全体へ血液を送れなくなる。この状態を心室細動という。またこのような電流を心室細動電流という。通電時間が 0.5 秒で心室細動電流は 100mA、1 秒で 50mA、3 秒以上の場合 40mA 程度である<sup>(4)</sup>。

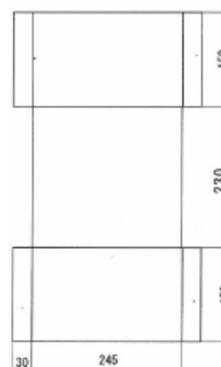
### III 製作

#### 1 電気柵の筐体の製作

図2 に電気柵筐体の設計図を、図3 に加工した電気柵筐体の写真を示す。



(a) カバー



(b) ベース

図2 電気柵筐体設計図

市販されている金属ケースの構造を参考にして、電気柵の筐体の製作を行った。材料には、加工しやすいアルミ板を採用した。最初に筐体の図面を作成した。図面の作成においては、授業で学習済みの CAD ソフトを使用した。



図3 電気柵筐体

## 2 電気柵の製作

電気柵に使用するポールの高さやワイヤーの長さ等は、対象動物の種類や農地の広さや環境によって、様々な組み合わせが考えられる。今回の電気柵の製作では、動物や人が接触した場合の安全性の確保を目的とした。そのため、システム全体の仕組みを説明するために模擬的なものとした。市場に実際に出ている電気柵を調査した結果、使用されている電線には、使用用途により材料が違うことが確認できた。

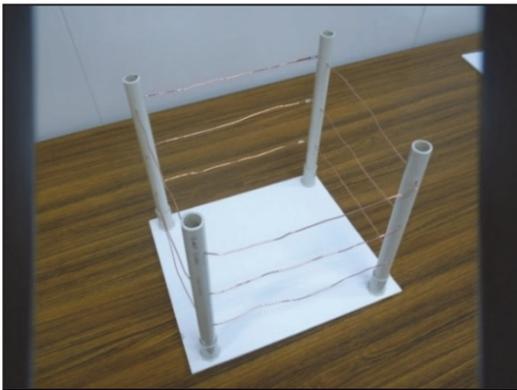


図4 電気柵

電気柵には、主に恒久電気柵と簡易電気柵がある。恒久電気柵には、細い銅線をより合わせた丈夫な電線が用いられていた。一方、簡易電気柵では、極太ステンレスに、抵抗率が低い極太特殊銅線が追加された電線が用いられていた。本システムでは、恒久電気柵を採用することとした。また、電気柵には、加工がしやすく、電気抵抗が低い銅線を採用した。

実際の運用を考慮すると、市販されている特殊加工されたワイヤーを使用することが、耐久面を考えるうえで、有効と考えられる。また、市販されている電線を張り巡らしているポールには、木材や金属（スチール）、樹脂製が使用されている。本システムでは、市販されている材料と同程度の絶縁能力のある合成樹脂管を使用した。図4に製作した電気柵を示す。

## 3 回路の製作

### 3-1 高電圧発生装置の動作確認

回路を製作する前に、高電圧発生装置の動作を理解するために図5に示している市販品により実際の動作を確認した。図5の入力端子に電圧を加えると、出力端子から図6のような約1000Vの電圧パルスが1秒おきに発生していることが確認できた。

図6の左下の黄色のハイライトは、点線の正方形の一边が500Vであることを示している。



図5 市販されている高電圧発生装置

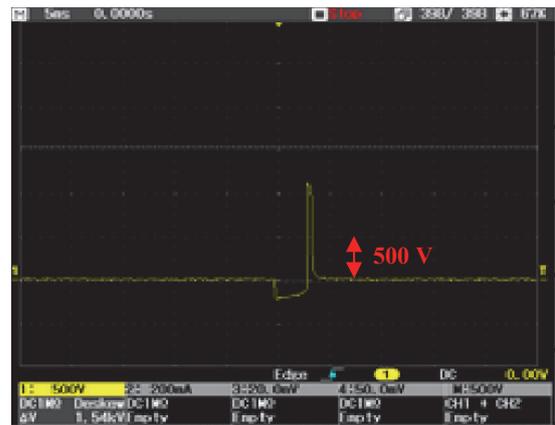


図6 市販されている高電圧発生装置の測定波形

### 3-2 昼夜判別機能

昼夜判別機能は、周囲の明るさによって、自動で高電圧発生装置の動作をONとOFFを切り替える機能である。野生動物は夜行性のものが多い。また、日中は人が電気柵に触れる恐れがあるため、CdS（硫化カドミウム）セルを用いて、夜間のみ電流を流す昼夜判別機能を実装した。光センサーとしてCdSセルは、明るい場所では抵抗値が減少し、暗い場所では抵抗値が増加する性質がある。この性質を利用し、夜間だけ、高電圧を発生させる。また、昼夜判別機能の回路図にあるスイッチSW2をOFFにすることで、常に高電圧を発生させることができる。図7に昼夜判別機能の回路図を示す<sup>5)</sup>。

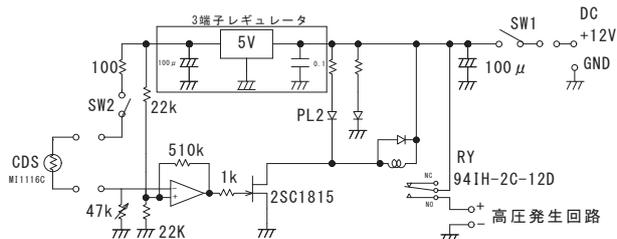


図 7 昼夜判別機能の回路図

### 3-3 ランプ点滅表示機能

ランプ点滅表示機能は、通電時に LED ライトを点滅させ、通電中であることを知らせる機能である。動作原理は、図 8<sup>(5)</sup>に示しているランプ点滅表示機能の回路図によると昼夜判別機能によってリレーが ON されている時のみ、コンデンサに充電と放電を繰り返し、ランプを点滅させる。

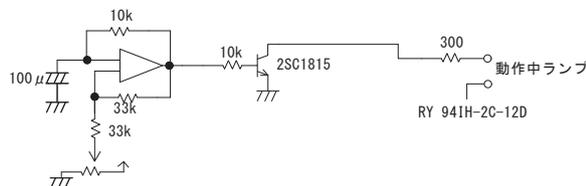


図 8 ランプ点滅表示機能の回路図

### 3-4 高電圧発生装置

高電圧発生装置は、電流を約 0.01 秒間、1 秒以上の間隔をあけて流すパルス発振機能と、バッテリーからの 12V の電圧を数千 V に昇圧する機能を有している。図 9 に高電圧発生装置の回路図を示している<sup>(6) (7)</sup>。

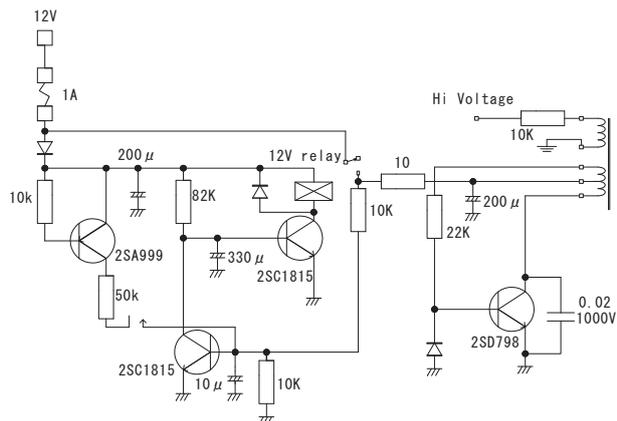


図 9 高電圧発生装置の回路図

図 9 の回路図の中央にある 10Ω の抵抗より左側がパルス発振回路である。コンデンサとトランジスタを組み合わせ、通電時間を 0.01 秒以下とし、その後の無電圧の状態が 1 秒以上続く働きを行う。右側は、パルス波を高電圧に昇圧させる回路である。図 10 に示している 220V を 12V へと降圧する変圧器を使用した。こ

のこにより、数千 V の電圧を発生させることが可能となった。



図 10 使用した変圧器

## IV 性能評価

本章では製作した電気柵の昼夜判別機能、ランプ点滅機能、高電圧発生装置について以下の評価を行った。

### 1 昼夜判別機能の評価

図 11 に電気柵に取り付けている昼夜判別のセンサーを示す。



図 11 昼夜判別センサー

昼夜判別機能へは、直流安定化電源を使用して直流 12V を印加した。光センサーの周囲が明るい状態ではリレーが OFF のままであった。次に、光センサーに光が当たらない状態にしたところ、リレーが ON となり、仕様どおりの動作が確認できた。図 7 上の SW2 を OFF にすると、周囲が明るい状態でも、リレーが ON となった。このことにより、対象動物が夜行性の場合、夜の間だけ電気柵に電圧を印加することが可能となる。また、日中、人が誤って電気柵に触れた場合、人体への電気ショックを与えない効果も期待できる。

## 2 ランプ点滅表示機能の評価

図 8 の回路を組みランプ点滅表示機能の評価を行った。高電圧が発生している状態の時、LED ランプが点滅した。ランプ点滅回路と昼夜判別回路を組み合わせたところ、リレーが ON の状態の時だけ点滅が行われた。この機能の実装により電気柵を使用している利用者に対し電気柵本器のランプの点滅を確認することで、電気柵に高電圧が印加していることを知らせることが可能となった。

## 3 高電圧発生装置の評価

図 9 の回路を組み、パルス波の測定と、変圧器によって昇圧させた高電圧の通電時間の測定を行った。図 12 に測定したパルス波を示す。



図 12 測定したパルス波

図 12 は、高電圧発生装置で発生した電圧をオシロスコープで、パルス波を測定したものである。横軸が 1 メモリあたり 1 秒間を示しており、電圧が印加されてから次の通電状態までの間隔が、1 秒以上あることが確認できる。このことにより、安全面に考慮した電気柵のパルス発振機能を実現できたといえる。図 12 左下の黄色のハイライトは、点線の正方形一辺が 1000V であることを示している。

## V 動作確認

### 1 完成後の実験

図 13 に装置全体写真を示す。図 13 の上部に通電状態を示すランプと中央部には、太陽光パネル、下部には、電気柵本器である。太陽光パネルや充電コントローラ、バッテリーを接続し、動作確認を行った。図 14 に測定した波形を示す。



図 13 装置全体写真

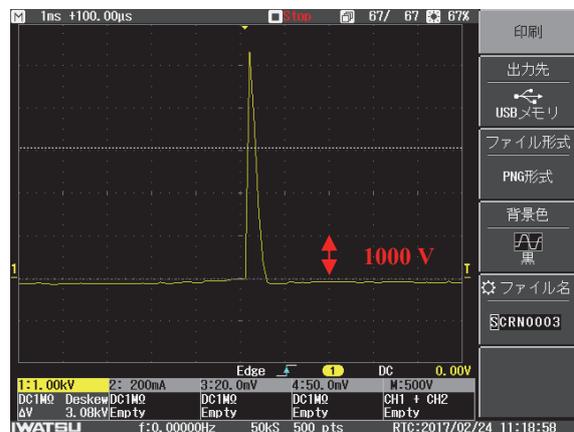


図 14 バッテリー電源による出力

昼夜判別機能の実験では、センサー部分への光を遮断するため、覆いで包んだ。この状態（夜間想定時）において、電流が確実に出力されることを確認した。また図 13 の左側のスイッチを切り替えることで、センサー部分の明るさに関係なく、電流が出力された。ランプ表示機能の検証では、電流が出力されている間（通電中）は、ランプ点滅が続くことが確認できた。パルス発振機能については、通電時間が 0.01 秒以下で、パルス波の通電間隔が 1 秒以上の電流の波形を実現した。出力電圧は直流安定化電源を使用した時よりも高電圧が出力された。具体的なデータとして、1000V 高い 5000V の電圧を測定することができた。通電間隔が約 1 秒間隔のため、人が電気柵に触れてしまった場合に危険回避が可能となる。本総合制作では、完成後の電気柵の実験を構内の教室で行った。より実用的な製品の完成を目指す場合は、電気柵を実際に使用する屋外の環境で行う必要があると考えられる。例えば、今回の実験では、電気柵本器から出ている 2 本の電線の電圧をオシロスコープで観測したが、実際の電気柵の使用環境では、電圧が印加されている電気柵から動

物を通り地面へと電流が流れるので、本当に動物を追い払うことができる効果的な電気ショックが与えられているか等の実験があげられる。図 14 左下の黄色のハイライトは、点線の正方形一辺が 1000V であることを示している。

## 2 電気柵の動作

電気柵本器には、図 15 のように、2 本の電線を接続した。1 つは、電気柵に、もう片方の電線はアース（地面）につなぐ。図 15 の右側の電源ボタンをオンにすることにより、電気柵の回路に高電圧が印加される。

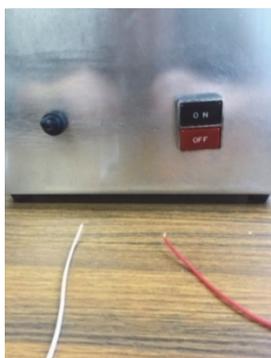
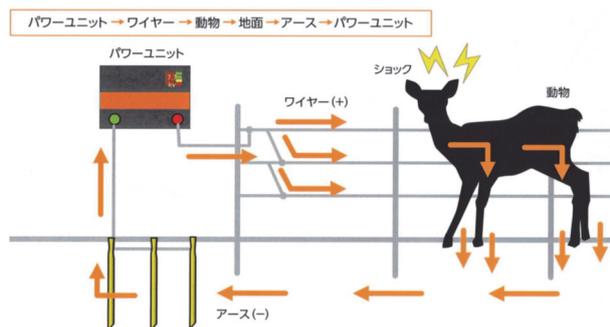


図 15 操作用スイッチと赤(右)と白(左)の 2 本の電線

図 16 のように、動物が電気柵に接触した場合、電流は、電気柵から動物を通り、動物の足から地面を通り、電気柵本器のアース接地の電線に戻る。このことにより、電気回路がなりたち、対象動物に電気ショックを与えることができる。



(出典 サージミヤワキ 総合カタログ<sup>(3)</sup>)

図 16 電気ショック時の電気回路のイメージ図

図 15 左側のトグルスイッチを使うことにより、2 種類のモードに切り替えることができる。トグルスイッチを上にした状態では、電気柵本器の印加は、夜間時のみの動作となる。また、トグルスイッチを下げた場合は、夜間時ばかりではなく、日中でも動作を行うことができる。図 15 の電気柵本器の横の左右の面からそれぞれ赤い電線と白い電線が出てい

る。赤い電線は、電気柵のワイヤーの導体部分に接続する。白い電線はアース棒に接続する。図 16 において、電気柵本器は「パワーユニット」という名称で表現している。

## VI おわりに

実際に使用されている電気柵の原理の理解から始め、過去の事故の事例分析、電気柵の設置に義務付けられている法令の確認、電子回路の作成、筐体の加工等の一連の工程を通して、動物や人体に対して、生命に別状のない電氣的に安全な電気柵の製作が完成した。機能面では、通電中の危険性を知らせるためのランプ点滅機能や夜間のみ動作させる昼夜判別機能、通電時間が 0.01 秒以下で通電間隔が 1 秒以上のパルス発振機能を実装することができた。今回製作した電気柵の応用として、屋外の使用に適した防水機能やバッテリーの残量表示機能、操作のリモート機能が考えられる。これらの機能を実装することにより、より実用的な電気柵の実装が可能になると考えられる。最後に、1 年間、本総合制作実習を積極的に取り組んでくれた平成 28 年度北海道職業能力開発大学の電気エネルギー制御科 2 年生田中裕也君、西山浩生君、渡邊翔太君に感謝いたします。本稿を通して、事故のない安全な電気柵の普及に貢献することができれば幸いです。

### [参考文献]

- (1) 電気設備技術基準、経済産業省、  
「電気柵の施設」
- (2) 日本電気さく協議会 自主規制  
「電気さくの安全基準について」
- (3) 総合カタログ、サージミヤワキ株式会社
- (4) 高圧・特別高圧電気取扱者安全必修  
特別教育用テキスト  
中央労働災害防止協会
- (5) ソーラー発電防獣電気柵システム  
[http:// sekaiwahirosugiru.cocolog-nifty.com/hitokoto/2013/06/post-1346.html](http://sekaiwahirosugiru.cocolog-nifty.com/hitokoto/2013/06/post-1346.html)  
(2017.3.3)
- (6) ミツバチ用自作電気柵の構造  
<http://totomo.net/031.htm> (2017.3.3)  
[http:// www.getter.co.jp/electric\\_fence2.html](http://www.getter.co.jp/electric_fence2.html)  
(2017.3.3)
- (7) 自作電気柵  
[http:// www.geocities.jp/knn373/dennki.htm](http://www.geocities.jp/knn373/dennki.htm)  
(2017.3.3)

# 技能競技大会を通じた教育訓練と 業務への波及効果

東海職業能力開発大学校 赤羽 広治

Effect of education and training through skills competition

AKAHANE Koji

**要約** 平成 21 年から令和 2 年まで取り組んだ技能競技大会活動について報告する。特に、学校・企業との合同訓練会やその参加経験を生かし企画したイベントについて紹介し、高校・大学・企業間連携及び協力・支援について報告する。本活動により、学生募集、学校広報及び就職支援の効果があらわれ、学生及び指導者の能力開発の向上の成果も得られることを確認した。

## I はじめに

現在、メカトロニクス技術に関する競技会にはロボットコンテストや自動車競技等、様々な競技会・コンテストが存在する。競技会に出場する際の製作物(作品)は、高校や大学のサークルなどで学生自身が製作したものと、それらに教員や指導者などが手を加えたものとに分かれる。学生自身の製作物に教員が手を加えて競技会に参加することは、教育訓練の一つと考える。一方で、教員が製作物に大きく手を加えた場合、教員自身の自己満足になる場合もあり注意が必要である。

筆者は平成 21 年度に学生を教育訓練して、その成果(学生の技能)を公の場で発表できるものがないか模索していた。また、当時は制御技術科の所属であったため、メカトロニクス技術に関連する競技がないか、調査を実施していた。その結果、学生自身が取り組めることと、学生のスキルを成果発表できることが合致した技能競技大会があることを情報誌やニュース等で知り、取り組み・準備を開始した。

平成 22 年度開始当初から、単に競技会に出場させることのみではなく、筆者自身のスキルアップも考え、新たに学校・企業との連携、地域貢献、学校広報、就職支援、学生のスキルアップを常に意識した活動となるように心掛けた。

本稿では前任地の青森職業能力開発短期大学校(以下、青森校と記す。)と現任地の東海職業能力開発大学校(以下、東海校と記す。)で実施してきた技能競技大会に係わる活動について報告する。また、本活動に関連する学

外活動や活動経験をもとに企画したイベントについても紹介するとともに、本活動で得られた、学生の能力開発の向上、学校間の技術交流、高大連携・学学連携・企業連携、学校広報及び就職支援等の効果について述べる。本実践報告が、今後あらたに競技会活動及び学外活動をはじめようとするきっかけに、あるいはイベント企画・マネジメント及び能力開発業務の参考となれば幸いである。

## II 技能競技大会の概要

「若年者ものづくり競技大会<sup>(1)</sup>」は、技能競技を通じ、技能を向上させることにより就業促進を図り、若年技能者の裾野の拡大を図ることを目的としたものである。令和 2 年度においては 15 の競技職種がある。その中で筆者の指導経験がある 2 職種について紹介する。技能競技大会は個人で参加する職種が多いが、指導した職種は 2 名の選手が連携して作業を行う点で共通している。

### 1 メカトロニクス職種

メカトロニクス職種は、工場の模擬生産設備を用い、設備の改造、調整、プログラミングや保守を行う競技である。競技課題は事前非公開(当日公表)であり、設備改造及びプログラミング、トラブルシューティング及びメンテナンス課題の 3 課題で構成される。第 1 課題(設備改造+ネットワーク総合運転)が完成したチームは、標準課題合格シールが付与される。図 1 は指導した令和元年度の東海校応用課程チームの、競技大会前日の競技

装置の設備チェックの様子である。



図1 第14回大会(令和元年度)の様子  
(生産電気システム技術科 平口さん・田口さん)

## 2 ロボットソフト組込み職種

ロボットソフト組込み職種は、移動式ロボットを用い、ロボットの設計・製作やメンテナンス、プログラミングを行う競技である。令和2年度のルールでは、大会当日までにオリジナルの移動式ロボットを設計・製作し、大会当日にロボットを動作させる各種プログラミング課題を行う。図2は指導した平成24年度の青森校専門課程チームの競技中の様子である。



図2 第7回大会(平成24年度)の競技風景  
(青森校 電子情報技術科チーム)

## Ⅲ 学校・企業との合同訓練会

指導チームのみのトレーニングも大切であるが、取り組み開始の年度から学外訓練会に参加している。以下に、参加している主なイベントについて紹介する。外部訓練会に参加する目的は、競技ルールの確認、他チームの指導方法の情報収集及び学生と指導者のスキルアップである。特に、取り組み開始年度は下記(1)のイベントに参加している他チームの指導者に、競技ルールや技術的課題について、大変親切丁寧に教えていただいた。チームを継続していくためのノウハウを得ただけでなく自身が企画した様々なイベントや連携協力等の原点となった貴重なイベントである。現在も継続して参加している。

## 1 東日本地区技能五輪メカトロニクスネットワーク<sup>(2)(3)</sup>

平成19年1月に設立された訓練会である。主として東日本地区の県立能力開発校及び短期大学の7チームが参加している。平成27年度から企業チームが約5社(現在7社)参加し合同訓練会を行っている。平成28年度は、栃木県・技能五輪全国大会プレ大会の位置づけとして実施された。

本訓練会には、平成22年度夏季からチーム参加している。訓練会会場では、学校、企業からの見学者及び企業で継続して競技の訓練を行っている方も参加されており、技能・技術の情報交換の場として大変貴重なイベントである。また、年1回程度であるが、開催校のオープンカレッジと同時開催することもあり、一般の方へのPRとして、開催校や選手・指導者にとって、効果が高い取り組みとなっている。かつて当訓練会に参加し、後に技能五輪全国大会「金メダル」及び技能五輪国際大会「金メダル」を獲得した方もおり、技術的レベルの高いイベントである。図3は、茨城県の企業で開催された企業チームと学校チームが参加した合同訓練会の様子である。



図3 平成29年度の訓練会の様子  
(会場:茨城県企業)

## 2 岐阜県メカトロニクス強化訓練会<sup>(4)</sup> (ロボットソフト組込み職種も同時開催)

技能五輪全国大会「メカトロニクス職種」開始初期に設立された歴史のある訓練会である。ロボットソフト組込み職種も毎年同時開催しており、筆者が東海校へ赴任した年は、競技訓練課題の作成・提供(協力)など、高大連携の一環としてサポートした。現在、岐阜県内の工業高校5校が参加している。東海校はオープン参加として、東海校がチームとして取り組みを開始した年(平成22年度)から参加し、今も継続して参加している。

訓練会は毎年1回、6月に行われている。本イベントのマネージメントは県内の工業高校の教員が、運営

は企業チームが、それぞれ担当している。企業チームで活躍している現・元選手も見学参加しており、各企業チームで取り組んでいるノウハウを可能な範囲で教えていただいている点でも価値がある。また、訓練課題の内容も実践的でありレベルの高い訓練会である。

訓練会後は企業チームによる講義・解説もあり、生徒・学生にとっても大変貴重なイベントである。若年者ものづくり競技大会で岐阜県工業高校チームがほぼ毎年入賞する理由は、本イベントによる各工業高校チームの競争、さらに冬に行われる高校生ものづくりコンテスト（岐阜県大会）参加にむけた合同訓練会が年間を通じて実施されているためであり、このチーム間の競争がレベルを向上させている理由と思われる。図4は、企業チームの指導者から学校チームへアドバイスしている様子である。



図4 平成26年度の訓練会の様子  
(会場: 岐阜県立岐阜工業高校)

### 3 企業チーム・学校チーム・大会の各種見学等

その他の活動として、競技イベントの見学や、企業・学校チームのトレーニングルーム及び指導スタイル等の見学を行った。また、以下の大会イベントにも参加した。

- ・技能五輪全国大会（平成25、26年度）
- ・岐阜県ものづくりコンテスト・メカトロニクス部門県大会実施（平成25年）
- ・学校・企業チームの視察（11チーム）

近隣であれば学生も同行し、特に企業チームの現役選手との情報交換を実施して、学生の困っている課題等を質問しアドバイスを受け、モチベーション向上にもつながった。

### 4 ユースメカトロニクス競技会<sup>(5)</sup>

上記(1)(2)のイベントの経験や指導経験をもとに、企画・実施した訓練会である。第1回大会は「東海地区

技能五輪ユースメカトロニクス技術競技会」とし、第2回大会以降は名称を「技能五輪ユースメカトロニクス競技会」に変更し、更に第5回大会からは「ユースメカトロニクス競技会」に変更している。表1にその実施状況を示す。

競技及び外部訓練会での様々な経験から、高校チーム以外を中心とした訓練会も必要と考え、東海校のイベントである「東海ポリテックビジョン」内の競技会として、東海校赴任初年度（平成25年度）から立ち上げた。

毎年2月実施の東海ポリテックビジョンと同時開催であったが、各参加校の要望により、平成28年度より開催時期を10月に変更している。更に、若年者ものづくり競技大会より前に実施したいという要望もあり、令和2年度から開催時期を6月に変更した。大会前の時期は、各種企画したイベントや外部訓練会が多いため、下記(5)の全国ポリテクカレッジ訓練会（毎年度の第2回目）と統合した。

参加チームは、岐阜県工業高校チーム、ポリテクカレッジチーム、主に東海地区の工業高校専攻科チーム及び東日本地区の県立能力開発校チームであり、毎年約12～14チームが参加している。さらに、愛知県・静岡県・長野県の学校チーム、東海地区・愛知県の企業チーム等から多くの見学がある。

会場はいずれも岐阜県であり、第1～3回は大野町民センター（東海ポリテックビジョン）、第4～7回は商業施設・イオンタウン大垣セントラルコートにて実施した。第8回（令和2年度）からは参加チームからの要望により大会前の6月開催とした。年度初めのため事務手続きが日程的に厳しくなるため、東海校での開催とした。

課題の制作は毎年企業チームに依頼している。平成28年度からは商業施設会場ということもあり、見学者約250名、競技関係協力者約80名の多数の参加になった。図5は、競技が終了し閉会式の準備をしている様子である。

表1 ユースメカトロニクス競技会の実施状況

年度	イベント回数	開催会場	開催月
平成25年度	第1回	大野町民センター	2月
平成26年度	第2回	大野町民センター	2月
平成27年度	第3回	大野町民センター	2月
平成28年度	第4回	大野町民センター	2月
平成29年度	第5回	イオンタウン大垣	10月
平成30年度	第6回	イオンタウン大垣	10月
令和元年度	第7回	イオンタウン大垣	10月
令和2年度	第8回	オンライン（東海校）	6月
* 第1～4回はポリテックビジョンと同時開催			



図5 第5回ユースメカトロニクス競技大会の様子(平成29年度)  
(会場:イオンタウン大垣セントラルコート)

## 5 全国ポリテクカレッジ訓練会

全国のポリテクカレッジ限定として、若年者ものづくり競技大会に向けた訓練会を平成27年度から実施している。年2~3回の開催であり、現在まで約7校の競技チームの参加実績がある。

同じ組織内で訓練会を実施する事もあり、同組織におけるポリテクカレッジチームの運営の課題、実施スタイル、選手育成方法等を共有することで、指導者間の情報交換の場ともなっている。また、毎年入賞しているチームの経験豊富な指導者にも参加していただき、全国ポリテクカレッジチームの学生や経験の浅い指導者に対してアドバイス・実演等も実施していただいたこともある。

## IV 学校・企業間の連携及び協力

以下に本競技を通じた各種支援、協力、合同実施等の取り組みを紹介する。特に、以下の取り組みを開始する際に、青森県立H高校との連携では、多大なる情報とアドバイスを頂いた。連携協定も結ぶことができ、様々な情報交換や技術交流をすることができた。

### 1 青森県立H工業高校との高大連携

平成21年度に所属校と高大連携を締結し、「ロボットソフト組込み職種」におけるチーム指導支援を実施した。また、トレーニングルームや競技フィールド(実物相当)を環境整備し、平日夕方や休日などの時間を活用して訓練指導(全10回)を実施した。

### 2 岐阜県高等学校教育研究会工業部会との連携

岐阜県では当該2職種に関して熱心に取り組むを行

っており、部会長の勧めもあり、平成23年度高大連携協定の締結を行った。

これにより、県内工業系高校(県内工業系13高校(県立・私立)と連携協定)と、教職員との情報交換や技術交流及び事務手続きを含めスムーズにやりとりができるようになった。

### 3 平成26年度岐阜県長期派遣内地研修<sup>(4)</sup>

上記高大連携に基づき、岐阜県教育委員会からの依頼で競技に関係するテーマで研修を行った。内容は以下のとおりである。

「メカトロニクス競技装置(MPS®)を活用した効果的な教育訓練方法の提案」

- ・期間:12/1~2/28(3カ月) 平成26年度
- ・研修場所:東海校
- ・岐阜県立G工業高等学校 主任(教諭) 1名

### 4 岐阜県高校単独での連携・支援等

上記連携協定に基づき、岐阜県立S高校(平成30年度~)及びG高校(平成26年度~)について、特にチーム作りで重要な指導方法、競技装置導入や設備変更支援等の技術援助を行った。また、S高校については、合同訓練会を年2回程度実施している。

### 5 岐阜県工業高校生ものづくりコンテスト(県大会)「メカトロニクス部門」の協力・支援

上記連携協定に基づき、事前勉強会の講師の対応(高校生・選手対象)、企業が製作する競技課題の確認と事前検証(当校学生による課題の事前実施)や当日の競技審査のサポート(審査員・主査・審判長)等を協力・支援している。

また、大会選手経験のある当校の学生にはスキルアップのため、本競技会の審査員も行わせている。

### 6 ユースメカトロニクス競技会の運営における高大連携・大学・企業による合同実施等

#### 6-1 イベントの司会や映像関係の協力

本イベントの開会式及び閉会式の司会及び競技中のナレーションのシナリオを高校・大学の放送部と合同で制作<sup>(5)</sup>した。また、司会及びナレーションの合同練習及び競技情報交換を実施し準備作業も行った。図6は開会式の司会の様子である。

- ・G工高校 報道放送部(全回協力)
- 部員:約16名参加
- 司会担当と映像編集と全館放送ほか

- ・O 高校（普通科高校）放送部（平成 28 年度）  
司会担当と競技中のアナウンス  
部員：約 13 名参加
- ・G 大学 放送研究部（平成 29 年度から 3 回協力）  
司会担当と競技中のアナウンス  
応援ボードの制作ほか（書道部）  
部員：約 4 名参加



図 6 第 7 回(令和元年度)の司会の様子  
(岐阜女子大学放送研究部の部員の皆さん)  
(岐阜工業高校放送報道部による動画編集の映像)

### 6-2 チーム・学校チームからの支援協力

競技会を 8 回（8 年間）実施するにあたり、以下に示すように運営協力に伴う合同での打ち合わせ、事前課題の確認検証、セレモニーにおけるプレゼンテーションの準備・調整等を行った。

- ・F 社（全 8 回：課題制作、運営協力、プレゼンテーションほか）
- ・C 社（平成 29 年度から 4 回：応援メッセージ・プレゼンテーション、課題制作及び運営協力）
- ・H 社（平成 30 年度：応援メッセージ・プレゼンテーション）
- ・I 短大校（平成 25 年：応援メッセージ）
- ・H 高校（平成 25 年から 2 回：応援音声メッセージ）
- ・ブラジルナショナルチームコーチ（平成 26 年度 1 回：応援ビデオメッセージ）

## V 活動の成果

### 1 学生の能力開発

表 2 に、これまで指導に関わり参加した競技大会の一覧を示す。ロボットソフト組込み職種は青森校で 2 年間指導し、大会に 1 回参加した。メカトロニクス職種は平成 22 年度から青森校で、平成 25 年度から東海校でそれぞれ指導し、大会に参加した。東海校では平成 22 年度から別教員が指導を行っていたため、筆者は東海校へ異動直後から対応担当することができた。

また、青森校では別教員に引継ぎを行ったものの、筆者の転出後に活動を撤退していた。一方、東海校では、学生の取り組み希望者が多く 2 チーム出場させたい事もあり、平成 26 年 3 月に青森校のメカトロニクス競技装置を東海校へ移管した。

全国で行われている技能競技のため、筆者の青森校での各種学外活動の経験を活かして、東海校への赴任直後から大会に参加でき、岐阜県内の高校・企業チームとの連携もスムーズに軌道に乗せることができた。

表 2 参加した若年者ものづくり競技大会と結果

大会	年度	開催場所	所属	メカトロニクス職種		ロボットソフト組込み職種	
				チーム数	賞・成績等	チーム数	賞・成績他
第 5 回大会	平成 22 年度	神奈川県	青森校	1	標準課題合格		
第 6 回大会	平成 23 年度	兵庫県	青森校	1			
第 7 回大会	平成 24 年度	岩手県	青森校	2		1(1)	(金メダル)
第 8 回大会	平成 25 年度	岩手県	東海校	1	標準課題合格		
第 9 回大会	平成 26 年度	山形県	東海校	1	標準課題合格		
第 10 回大会	平成 27 年度	山形県	東海校	0			
第 11 回大会	平成 28 年度	沖縄県	東海校	2	標準課題合格 1		
第 12 回大会	平成 29 年度	愛知県	東海校	2	標準課題合格 1		
第 13 回大会	平成 30 年度	石川県	東海校	1	銅メダル		
第 14 回大会	令和元年度	福岡県	東海校	2	標準課題合格 2		
第 15 回大会	令和 2 年度	広島県	東海校	0	*		

\*印：第 58 回技能五輪全国大会選考（岐阜県職業能力開発協会より推薦）

※標準合格の数字はチーム数を示す。  
○ は他校指導チームを示す。

以下に「若年者ものづくり競技大会」における主な成績を示す。

#### ①メカトロニクス職種

- ・第 13 回大会：銅メダル（東海校）
- ・第 39 回岐阜県職業能力開発促進大会・岐阜県職業能力開発協会会長賞（技能競技大会成績優秀者）受賞（平成 30 年 11 月 20 日）（東海校）



図 7 第 13 回大会の選手  
(電気エネルギー制御科 須田君・田口君)

#### ②ロボットソフト組込み職種（青森校）

- ・第 7 回大会：金メダル  
(技能五輪国際大会選考会出場：長野県)  
高大連携により指導した H 工高校チーム  
技能競技大会の活動により学生は、各種トレーニング

を通じてテクニカルスキル向上に加えて、以下に示すヒューマンスキル及びコンセプチュアルスキルが向上<sup>6)</sup>している。

- ・課題発見力
- ・調査・分析力
- ・問題解決提案力
- ・マネジメント力
- ・実践力
- ・リーダーシップ力
- ・チームワーク力
- ・コミュニケーション力
- ・プレゼンテーション力

東海校チームでは、短期大学校チームと異なり専門課程から応用課程へと一貫したチームスタイルをとっており、先輩・後輩の位置づけ（専門課程1年生から応用課程2年生まで4学年）やチーム構成数が多いことがスキル向上に寄与していると考えられる。

専門課程の総合制作実習においても毎年関連テーマを実施している。その中においても、毎年若年者大会参加後に、学生自身が自主的・積極的に目標をもって実習課題<sup>7)</sup>に取り組んでいる様子が顕著に見られる。専門課程の学生が自ら申し出て職業大フォーラム<sup>8)</sup>で発表した事例もあり、本競技会活動によるヒューマンスキル向上の結果であるといえる。大会後においては、クラスの中でも先導的・リーダ的存在を顕著に示しており、よい効果が表れている。図8はユースメカトロニクス競技会に向けてトレーニングしている学生の様子である。



**図8 自主的に取り組む学生事例**  
(生産技術科河合さん・  
電気エネルギー制御科松岡さん)

## 2 学校広報・就職支援

本競技会活動を通じて学生の能力開発支援に加えて、学校広報（高校・企業）および就職支援が同時に行える事例が多々あり、効率よく業務を進められた。

合同練習会や大会前の空き時間など利用し、高校など学校のチームの指導者が学生と情報交換できるため、専門課程及び応用課程の学生募集として活用できる。工業高校の生徒が本校の取り組みを知っており、入学前から事前打ち合わせを実施し、入学直後から競技の取り組みを開始できる。

企業チームの指導者とも情報交換することで、就職情

報の収集や企業へのアピールを行うことができ、学生の就職支援も効率よく行うことができた。交流を持った会社に入社した事例もある。

活動の中で特に効果が高いと思われる事例は、図9に示す2014 システムコントロールフェア<sup>9)</sup>（東京ビックサイト）のイベントで東海校の学生が紹介（訓練会紹介と第8回大会の取材）され、東海校の広報が全国的に実施できたことである。



**図9 イベントで当校学生の紹介の様子**  
(電気エネルギー制御科松岡さん)

## 3 指導者の能力開発

学校チーム・企業チームとの各種連携、チーム運営、トレーニングの指導及び内定先企業との連携を通じ、指導者についてもスキル向上が期待できる。学生に対しては筆者の論文<sup>6)</sup>の結果からヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルが向上することが示されたが、指導者にも同様のことが言えると活動を通じて実感している。

指導者として大事な点は、学生（選手）やチームの取り巻く問題を解決し提案・実行することができ、トレーニングを円滑に行うための「指導者による競技環境づくり」ができることである。

スポーツのコーチや技能競技の指導、他チームと交流した経験から言えるのは、技能競技においてもスポーツと同様、様々な指導スタイルがあり得るという点である。指導者自身のテクニカルスキルは、経験や自己研鑽で対応できるものである。

また、企業チームの選手は社会人として活動することに対し学生は教育訓練の一環として実施している。学生は能力開発が第一優先であり、指導者は企業チームとは参加目的や目標が違う場合があることを考慮しなければならない点は重要である。

また、指導者の後継者の育成・引き継ぎも課題として挙げられる。これはどのチームも大変苦勞するところである。授業時間外の活動が多くなる点や、学生とのコミュニケーション、事務手続き、活動のマネジメント等膨大な処理をこなしていかななくてはならない。自身のス

キルアップとして前向きに取り組める指導者が増えていくことが、上記課題の解決策の一つであると考えられる。

技能競技大会にむけた取り組みを実施するうえで重要な「指導者による競技環境づくり」と「選手（学生）のモチベーションをアップさせること」の2点が、本競技大会に対する指導者スキルの大部分を占めていると考える。

## VI おわりに

技能競技の成績・結果も大事であるが、連携を意識して効率よく、かつ効果的に技能競技の指導に取り組んだ結果、高い業務波及効果を得ることができた。

例えば、本活動で「企画・運営・実施」した競技イベント（ユースメカトロニクス競技会）は「学校広報（学生募集）＋学生の能力開発＋就職支援」が一体となった一つの事例であり、活動当初目標としていた事がすべて達成できた。あわせて、学生の大幅なスキル向上をみることができ、大変満足している。

今後このような学外活動を始める場合、競技に取り組む第一の目的として、「学生のスキルアップ」が第一と考えられるが、第二の目的として、何を優先順位とすることを整理して活動に取り組むと良いと思われる。例えば次の点があげられる。

- \*成績順位を目的にするのか
- \*外部との連携を大事にするのか
- \*広報・就職・学校アピールか

今回の取り組みを通じて、指導者のスキルアップに加えて、様々な効果が得られることを実感した。今後少子化により、学校広報・学生募集に苦勞することが予想される。一般的広報も大事であるが、本活動による事例が業務活動のあり方の参考になれば幸いである。特に、外部との連携取り組みを通じた活動は業務効果が高いため、参考にさせていただきたい。

本稿では、学校間連携、高大連携、就職支援や大学・企業との連携が随所に現れた活動内容を紹介した。技能競技を通じた各種活動により、他校や企業の指導者との「繋がり」が得られたことは貴重な財産である。特に、東日本地区技能五輪メカトロニクスネットワーク訓練会の参加チーム、岐阜県高等学校教育研究会工業部会加盟のチーム、ポリテクカレッジチーム及び技能五輪競技大会に参加している企業チームの指導者や選手より、多大なる情報提供を頂いた。また、異分野ではあるが岐阜女子大学放送部・書道部にはイベント

実施に伴う協力や応援ボード作成ほか大変ご協力いただいた。本競技会にかかわったすべての関係者に感謝の意を表す。

### 【参考文献】

- (1) 第8回若年者ものづくり競技大会（東日本地区技能五輪メカトロニクスネットワーク）（動画）  
<https://www.youtube.com/watch?v=71MNFQn-Ga8>
- (2) 松尾才治、秋田浩一、江連雅晴、赤羽広治、本間義章、東日本地区技能五輪メカトロニクスネットワークの取り組みについて、第18回職業能力開発研究発表講演会、2010年11月25日、pp.4-5(A-2)
- (3) 東日本地区技能五輪メカトロニクスネットワーク（合同練習会）（動画）  
<https://www.youtube.com/watch?v=iCGOsVsDkAQ>
- (4) 黒川勝、赤羽広治、メカトロニクス競技装置を活用した効果的な教育訓練方法の提案、平成26年度岐阜県長期派遣内地研修報告書、2015年2月13日及び報告会予稿集2015年1月22日
- (5) ユースメカトロニクス競技会（動画）  
<https://www.youtube.com/watch?v=hxSXSvSGI14>
- (6) 赤羽広治、応用課程における「メカトロニクス」競技大会の教育訓練効果に関する検討、職業能力開発総合大学校高度養成課程応用研究科高度実践技術指導者専攻研究論文、2015年3月5日
- (7) 赤羽広治、メカトロニクス競技用模擬生産設備の制御プログラム作成方法とトレーニング方法の提案、職業能力開発報文誌（第28巻第1号通巻47号）、2016年、pp.17-21
- (8) 河合美希、松岡桂花、市川修、赤羽広治、メカトロニクス競技用模擬生産設備の制御プログラム作成方法に関する検討、職業大フォーラム2014(第22回職業能力開発研究発表講演会)、2014年10月17日、pp.178-179
- (9) 2014 システムコントロールフェア（動画）  
<https://www.youtube.com/watch?v=nLLl31qkRB0>



# 第4次産業革命の要素技術を利用したクローラ併用型6脚ロボット「オメガ」の制作

## —アジャイル開発を応用した総合制作—

浜松職業能力開発短期大学校 寺田 憲司

Production of search Hexapod robot-combined with crawler using the 4th industrial revolution Core technology -- General Production applying agile development

TERADA Kenji

**要約** ロボット・AI・IoT等を活用した職業訓練が各施設において具体化している。浜松職業能力開発短期大学校電気エネルギー制御科（以下、当科）では、2017年度の産業用ロボットが導入され始めた頃から、IoT技術を中心に第4次産業革命の関連技術のニーズが高まっている<sup>(1)</sup>。年々、業務の中で関連技術の導入に取り組んでいる。ここでは、それら取り組みの中で、他分野習得に有用に働くアジャイル開発手法を総合制作用に改良を加え、浜松短大以外の技術者や制作物利用者に評価を受けつつロボット制作を実践した報告を行う。結果、2019年度、日経BP社ラズパイマガジン、日経Linux、日経ソフトウェア共催「みんなのラズパイコンテスト2019」で優秀賞、機構本部全国総合制作実習表彰で特別賞、東海ブロックポリテックビジョンで最優秀賞、ポリテックビジョン in 浜松で企業奨励賞、最優秀賞、学生賞を受賞した。

## I はじめに

当科の修了生の就職先として大手自動車メーカーの設備保全業務、ビルやプラント工場設備の施工業務、鉄道施工の施工管理業務等に就く学生が多い。それら企業への工場見学や施工事例を確認すると、IoTデバイスを用いたロボット・加工機の温度、湿度等、振動等の環境値をタブレットや外部から監視する業務があり、これらを実現するシステム構築に触れられる実習が必要であると考えている<sup>(1)(2)</sup>。しかし、電気エネルギー制御科の学生がIoTやロボット等の第4次産業革命の中核技術を学ぶ機会が、まだまだ少ない。当科では電気設備の保守管理等の技能・技術に加えて環境エネルギー有効利用技術等を修得することが主であり、その中で修了生が第4次産業革命技術を求める企業で活躍するための指導法ができるかが課題となっており<sup>(3)</sup>、そ

してその中で第4次産業革命技術の要素を盛り込み付加価値をつける製品開発に取り組む指導法を模索している。加えてアジャイル開発手法を応用することにより、様々な利用者の意見を取り入れることで、ものづくりの高いモチベーションを維持し、訓練生の自主性を高めるものづくりを行った。

## II アジャイル開発

### 1 アジャイル開発とは

アジャイル開発手法は2001年にKent Beck氏、Mike Beedle氏ら17名の開発者が宣言した1つの価値観が生まれたものであり、現在はGoogle等の情報産業をはじめとして様々なものづくり分野でも利用されている<sup>(4)</sup>。古くからソフトウェア開発では、ウォーターフォールモデル開発手法が有名である。図1に示すウォーターフォールモデル開発手法は、企画・計画・



図1 ウォーターフォール型とアジャイル型

設計・実装（プログラミング）・評価それぞれに専門の技術者が存在し、役割分担が明確である。ウォーターフォールモデル開発手法の強みは、大規模開発に優れているが、ソフトウェア開発において十分な経験が必要である。

一方、アジャイル型開発手法は計画、設計、実装、テストを短い期間で繰り返していくことで、不安が少ない状態で製品の質を評価者とともに開発することができる。利用者・評価者との対話を重視し、動く製品を見てもらい、利用者として協調しながら開発を進めていくものであり、仕様書（計画）よりも利用者の声の変化に対応したものづくり手法である。ウォーターフォールモデル開発手法やPDCAスパイラルアップ開発手法と比べて満足度が高い<sup>(5)</sup>。アジャイル開発手法の強みは「計画時には、ビジネス上、システム上の課題が未解決、開始後も変更の可能性大」となる開発に強いことである。すなわち、第4次産業革命技術のような新技術との相性が良く、異なる専門の技術者と連携していくものづくりにおいて効果が発揮されている。

## 2 アジャイル開発を応用した指導方法

アジャイル開発手法を踏まえた指導方法を図2に示す。本手法を適用した環境は総合制作という専門課程2年の学生4名がチームを組み、年間180時間で実施するものづくりの実習である。アジャイル開発手法ではXP、スクラム等の種類があることから、これらの中で様々な手法がある。最終的には表1に示す手法を用いて取り組ませた。学生は企画の段階で開発未経験者が多いため、基礎的な知識と技能の習得を指導員側から提供・指示した。また、スプリントレビューについては、職員以外とした。実際のアジャイル開発において評価者は製品が納品されるユーザだが、今回の指導法では、親子ものづくり教室や展示会等での制作物を見たお客様とした。評価を学生が直接受け取ることで高いモチベーションの維持と自信につなげている。加

えて、当校の広報にも役立つ結果となっている。

加えて、ペアプログラミングの考えを、より広く適用したいため、CADによるパーツの図面作成、電子回路制作をすべてペアで作業した。ローテーションを学生同士で話し合い、制作する専門を偏ることなく行うことで情報共有に成功し、不安になることなく作業を行うことが可能となる。

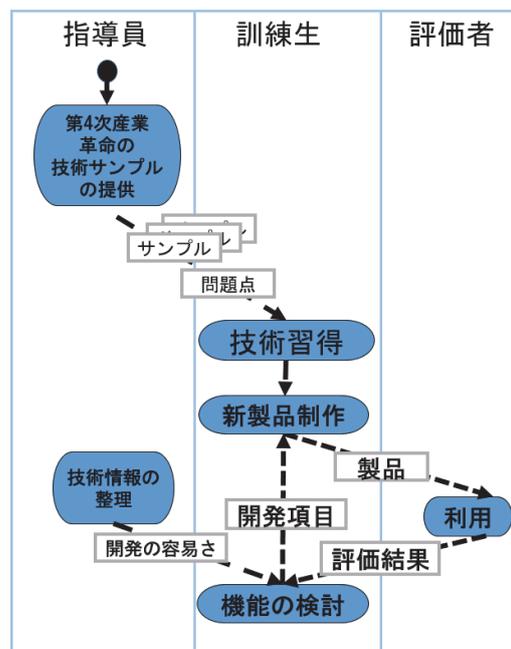


図2 指導方法の流れ

表1 職業訓練におけるアジャイル手法

手法	内容
リリース プランニング	製品の機能優先順、開発期間等を全員で計画
スプリント (イテレーション)	2~4週間程度で成果物の成果・評価を繰り返していく
デイリー スクラム	15分以内に進捗状況と問題点を洗い出し「解決」する手法を決定する会議
スプリント レビュー	利用者に実物を見せ、評価を受ける手法
ペアプログラミング	2つの開発者がペアとなって1つのコードを構築する手法
スクラムボード	共有ボードを利用して機能毎に「未着手」「作業中」「完了」に分類して表にする情報共有手法



図3 サンプルとなる旧型ロボット



図4 旧型ロボットの構成図



図5 旧型スマートフォン画面

### Ⅲ 開発経過

#### 1 技術サンプルの提供

制作は旧型の制作と同一である総合制作による専門課程2年生の学生4名がチームを組み、180時間で実施した。まずは旧型機の構成の理解から始まり、その後、過去の総合制作で取り組んだロボットを元に、第4次産業革命技術におけるロボット、AI、IoTに関する技術のサンプルを提供した。

#### 1-1 サンプルロボットの提供

図3にサンプルとなる旧型ロボットの外観、図4にロボットを構成する機器を示す。これらは2017年度の総合制作で学生が制作した。制御で中心となるマイコンはRaspberry Pi3を選定した。理由は製造業を中心に利用が進んでいるためである<sup>6)</sup>。操作方法はhoftapdを搭載することでWi-Fiのアクセスポイント機能を持たせ、スマートフォンを用いて無線によるTCP/IP通信で簡単な操作を実現し、テストの結果50m以内の遠隔操作が可能となった。移動は、近藤科学(株)のサーボ付きレッグキットを利用した四脚による歩行と、OSEPP社のDCモータ付きクローラによる走行の2種類を利用する。前方のモノの検知には超音波センサを利用した。上部にはWebカメラが搭載されており、MJPEG-streamerを搭載することで映像を見ながらの操作を可能としている。Webカメラにはパンチルト機構を持たせるためにサーボモータを2基利用している。市販品のサーボ付きレッグキットの動作はArduino MEGAのマイコンを利用している。Raspberry piとArduino MEGAの通信はシリアル通信で構築を行った。ただし、入出力電圧が違うため両マイコンの間にレベルコンバータを設置した。以上の機器を搭載するアルミ板は学生がCADとレーザ加工機を利用して制作した。

続いて図5に操作用スマートフォンアプリケーション画面を示す。画面上部に移動ロボットのカメラ映像が表示されている。画面下部にある矢印ボタンで動作する。立つ・座るボタンを押すことにより四脚とクローラを使い分けすることができる。保存ボタンを押すことによって表示されているカメラ映像の静止画像をスマートフォン上に保存することができる。また、搭載しているLEDの点灯・消灯を制御できる。スマートフォンアプリケーション開発はJava言語を利用した。

#### 1-2 提供したロボット技術

当科の実習で取り組んでいる産業用ロボットの動作を設定するティーチング作業に似た制御が可能なサーボモータを選定し、訓練生へ提供を行った。具体的には近藤科学(株)のサーボモータを利用した。総合制作において以下の利点がある。

- ① ティーチングソフトが無償で利用可能
- ② ダイレクトティーチングが可能
- ③ 動作制御のPythonライブラリが利用可能
- ④ 旧型での脚制御用マイコンであるArduino MEGAよりも小型の制御回路基板が利用可能

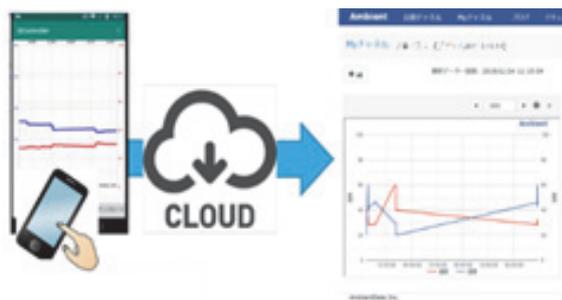


図 6 クラウドサービスによる可視化

### 1-3 提供した AI 技術

制作当初、OpenCV や TensorFlow による機械学習を用いた顔認識の提供を考慮した。しかし旧型機のロボットに搭載したところ、認識時間に 2 秒以上かかり、実用面で躊躇する認識時間となった。そこで短時間で認識可能な顔認識の AI 技術の提供を考慮した。選定したのは、旧型機に搭載していたオムロン(株)の AI 顔認識センサ[HVC-P2]である。100 万人の顔を学習した顔識別専用の AI エッジデバイスであり、性別・年齢・表情の識別が可能である。識別結果はシリアル通信で取得できる。

### 1-4 提供した IoT 技術

図 6 に提供した IoT サンプルを示す。Android アプリケーション内のグラフデータをグラフ可視化が容易なクラウドサービスである Ambient にアップロードしている。Ambient への送信は REST により制御可能でデータ交換は JSON 形式を用いた。そこで、Java 言語を用いて HttpURLConnection オブジェクトで Ambient サービスで定められたデータ送信用の URI を利用して接続を行い、JSON 形式にした文字列を送信することでセンサ値のアップロードを可能にした。

## 2 制作

図 7 に本制作物の 2019 年度の取り組みを示す。各イテレーションについて詳しく説明する。

### 2-1 イテレーション 1(～10 月)

旧型ロボットの最後のスプリントレビューで 3 つの問題点が指摘された。前述の提供した技術は、これらの改善を考慮した上で提供した。表 2 に問題点と整理した改善案を示す。これらの改善案を提供した技術により開発することを学生の最初の目標とした。

表 2 旧型機の問題点と改善案

問題点	改善案
4 脚で移動時に不安定	6 脚步行時は 3 点支持をすることで、安定性を向上
脚部の狭い可動域	モータ数を増加
電子基板が大きい	電子回路の再設計による省スペース化
ロボット周辺の環境データを取得したい	温度/湿度センサを設置し、データを収集

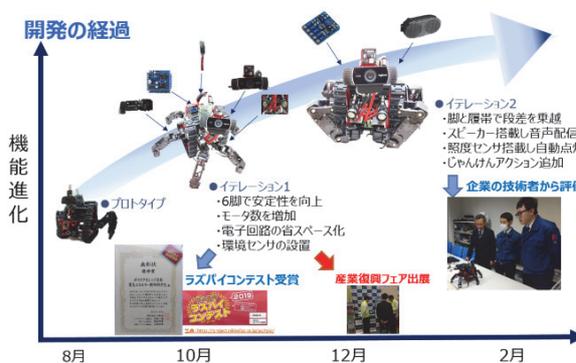


図 7 開発経過

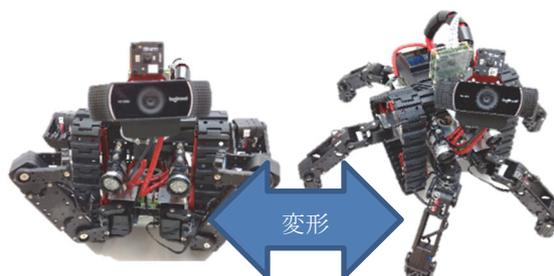


図 8 新型ロボット(左:クロウラ 右:多脚)

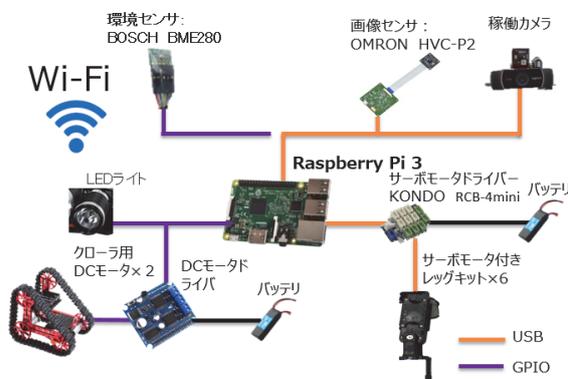


図 9 新型の構成図



図10 映像記録/配信

図8に制作した新型のロボットを示す。大きさはクローラ移動時でH 315mm×W 267mm×D 365mmとなり脚が2本増えた分、奥行きが50mmほど増えた。一方、1脚あたりサーボモータ数が1つ増え可動域が大きくなったことよりコンパクトに足を畳むことができるようになった結果、幅は20mmほど小さくなった。旧型機の機能はすべて再構築し、提供した技術を適用し制作を行った。図9に機器の構成を示す。図4に示す旧型の機器にあるArduino Megaをサーボモータドライバに変更することで基板の縮小にも成功し、マイコン保護に利用していた筐体を撤去できた。重量は2,832gから2,378gとなり15%減らすことができた。

加えて、学生たちが制作中にNginxによるWebサーバの構築が容易にできることを発見し、図10のようにffmpegで保存した動画を配信する機能を構築した。

制作物の評価方法としては客観的に行うため、日経Linux、日経ソフトウェア、ラズパイマガジン主催の「みんなのラズパイコンテスト」に出展した。

結果は148作品の中から優秀賞を獲得し、内容は日経BP社の技術雑誌等に掲載され、「独創性と先進性にあふれ、見る人をワクワクさせる優れたアイデアや作品を創造された」と高評価を得ることができた。

加えて新たな開発項目の選定のため、図11に示す通り、11月初旬に磐田市で開催された産業振興フェア in いわたに出展し、制作物を見ていただいた利用者から各種機能に対する要望を聞いた(表3)。



図11 出展による評価項目の選定

表3 産業振興フェアで頂いた要望

No.	主な要望
1	じゃんけん機能
2	遠隔指示のための発話
3	LEDライトの自動点灯
4	子供へのお菓子射出機構

「子供へのお菓子射出機構」については、学生たちは盛り上がったが、飲食物の提供が難しい展示会での評価が考えられるため制作を控えた。

## 2-2 イテレーション2(～2月)

産業振興フェアの1週間後に開催される「親子ものづくり教室」で子供と楽しむために表3に示す「じゃんけん機能」の追加を行った。スマートフォンの画面に「じゃんけんボタン」を配置し、それぞれに対応する動作の設定を行った。じゃんけん機能は100分で実装した。図12に示す通り「親子ものづくり教室」ではじゃんけん機能で子供たちと触れ合い、楽しんでもらうことができた。

図13に示す「遠隔指示のための発話」については、マイコンの負荷を考慮し、スマートフォンの音声変換



図12 親子ものづくり教室での利用

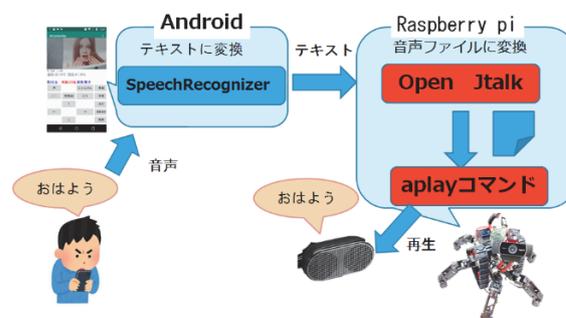


図13 遠隔指示のための発話



図 14 自動点灯機能

機能を利用してテキストデータにし、これをマイコンに送り電子音声で発話する機能を学生が企画した。そこで、指導員は Android のアプリケーション上で Speech Recognizer を呼び出し、音声をテキスト変換する機能を提供した。その後、学生がテキストを無線による TCP/IP 通信でロボットから受け取り Open Jtalk で音声変換し、aplay コマンドで USB 接続されたスピーカーから発話する機能を構築した。技術者による評価では、「性別を隠せてよい」と評価を得た。

図 14 に示す「LED ライトの自動点灯」については、新規に I<sup>2</sup>C 接続で制御可能な照度センサを設置した。I<sup>2</sup>C 接続可能なセンサは拡張がしやすく、この機能についても 6 時間で構築することができた。照度センサはロボットに装着しており、取得した照度値をスマートフォンのアプリケーションに送信し、操作者の判断で自動点灯するか決め、行いたい場合はボタンを押すことで可能となる機能を構築した。

#### IV 評価

評価については、具体的な現場の声をいただくため電気系メーカーにアポイントメントを取り、実物を見せ業務で利用できるか意見をもらった。意見をいただいたのは、建設用重機及びロボットのレンタル・製作を行っている清水建設グループの株式会社エスシー・マシーナリの技術者とドイツのモーターメーカーであるエスイーダブリューオイロドライブジャパン株式会社の技術者と人事担当者である。細かい評価を頂ける中、まとめると以下の 4 点となった。

- ① ビルのリフォーム工事等での利用
- ② 狭小なピットや天井裏等の確認作業
- ③ ロボット開発技術習得用の教材として利用
- ④ 受付対応

今後の課題としては「3. ロボット開発技術習得用の教材として利用」の件で挙げられた段差の自動検知等を検出できる機械学習を学べる機能を持たせることである。カ

メラが搭載されているため実現できる可能性は高い。

年度末にあるポリテックビジョン等では、機構本部全国総合制作実習表彰で特別賞、東海ブロックポリテックビジョンで最優秀賞、ポリテックビジョン in 浜松で企業奨励賞、最優秀賞、学生賞を受賞し、学生たちは想定以上の結果に喜んでいた。

#### V おわりに

本取り組みは 2018 年度論文コンクールで厚生労働大臣賞を受賞した「IoT/AR 製品開発における職業訓練の実践・評価」の内容を適用し、学生たちはアジャイル開発手法によりヒューマンスキル、コンセプトチャールスキル、第 4 次産業革命のテクニカルスキルの習得に励んだ。これからも学生・技術者のために多くの職業訓練の現場を見ながら、笑顔で出来る効果・効率の良い訓練技法を模索していきたい。

最後、図 15 に本制作物の動画をおさめた URI を示す。本拙文の内容を含めてご指摘・ご指導があれば、お願いしたい。



<https://youtu.be/t2C5Qwwc02A>

図 15 紹介 QR コード(2020. 7. 25 現在)

#### 【参考文献】

- (1) 浜松市役所産業部産業振興課、2017 年 4 月、『はままつ産業イノベーション構想』の改訂に当たって  
([https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/sangyoshin/ko/innovation/1\\_1sakutei.html](https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/sangyoshin/ko/innovation/1_1sakutei.html))
- (2) 総務省 情報通信国際戦略局:IoT を巡る技術動向と今後の展開  
(<http://www.hats.gr.jp/japanese/seminar/2015/02.pdf>)
- (3) JR-EAST Innovation 2015:IoT : AI が変える、未来の鉄道のオペレーション  
([https://www.jreast.co.jp/development/tech/pdf\\_54/tech-54-01-06.pdf](https://www.jreast.co.jp/development/tech/pdf_54/tech-54-01-06.pdf))
- (4) Jeff Sutherland: スクラム 仕事が 4 倍速くなる”世界標準”のチーム戦術(2015) pp. 13-115
- (5) IPA : アジャイル型開発におけるプラクティス活用リファレンスガイド(2013)

# 職業能力開発報文誌

## 投稿のしおり

### 職業能力開発報文誌編集委員会

編集委員会事務局（原稿送付先）

〒187－0035 東京都小平市小川西町2－32－1

職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 企画調整課

職業能力開発報文誌編集委員会事務局 宛

TEL 042－348－5074 FAX 042－348－5098

E-mail fukyu@uitec.ac.jp

# 「職業能力開発報文誌」募集要綱

制定 2011年10月

改定 2012年4月

- 1 本誌は、出向者を含む独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職員（以下「機構職員」という。）による研究開発活動の充実に資することを目的とし、研究成果を収録公表するための研究機関誌である。収録公表される投稿原稿の内容上の範囲は、職業能力開発研究の学際的性格から、技術・工学及び教育・心理・経済・社会等人文・社会科学系の領域をカバーするが、いずれも職業能力開発との関わりを持つものでなければならない。
- 2 本誌に掲載される投稿原稿は、機構職員によって執筆された、職業能力開発に関する実践・実証的研究を中心とした未刊行の原稿を原則とする。
- 3 本誌の編集は、「職業能力開発報文誌」編集幹事会・編集委員会設置運営規則」（以下「設置運営規則」という。）に基づき設置される編集幹事会及び編集委員会の責任のもとに行われる。
- 4 編集幹事会及び編集委員会の運営等は、「設置運営規則」にしたがって行われる。
- 5 本誌の発行は年1回以上とする。
- 6 投稿された原稿は、編集委員会で別に定める「職業能力開発報文誌」編集要領」にしたがって審査し、掲載の可否を決定する。  
なお、掲載を決定した原稿については、より一層の内容の充実を図るための補筆、修正を原稿投稿者に要請することがある。
- 7 投稿に当たっては、「報文」、「研究ノート」及び「実践報告・資料」の3分類で投稿するものとする。  
なお、掲載に当たっては、編集委員会の審査により投稿分類の変更を投稿者に要請することがある。
- 8 投稿される内容は、「報文」「研究ノート」「実践報告・資料」別に職業能力開発に関して次の条件を満たすことが必要である。
  - (1) 「報文」について  
報文は、以下の内容を満たすことが必要である。
    - ① 報文として職業能力開発上価値があること（有用性）。または、内容に発展性があること（発展性）。
    - ② 内容に新規なものがあること（新規性）。

③報文として完結した内容を有していること（完結性）。

なお、完結性とは、問題設定、方法、結果、考察、結論等の諸要素を備えた内容であることをさす。

④内容に基本的な誤りがないこと（信頼性）。

(2)「研究ノート」について

研究ノートは、内容水準、完結性、において未だ不十分ではあるが、職業能力開発上一定の価値があり、研究としての発展性を有すると共に、内容に基本的な誤りがないものであることとする。

(3)「実践報告・資料」について

実践報告・資料は、論文の完結性を必要としないが、情報として、職業能力開発上広く価値を有するものとする。

9 本誌への投稿は随時受け付ける。

10 原稿の執筆は、別に定める「職業能力開発報文誌」執筆要領によるものとする。

11 投稿者は「原稿連絡票」に必要事項を記入の上、本文原稿に通しページを付け、和文要約、英文表題及び図表（写真を含む）一式を添えて、編集委員会事務局に原稿を提出する。

なお、参考文献等で校閲及び査読上重要と考えられるものは、複写または原本を添付する。

12 上記 11 の本文原稿、要約、英文表題、原稿連絡票及び図表一式の提出部数は、複写 2 部（普通に判読できるものとする。特に写真の場合は、理解に差し支えないように配慮する）とする。原本は著者が保管し、校閲及び査読終了（掲載可）後、作成した最終原稿を事務局に 1 部（写真、図表等の原本一式を添付）提出する。

13 本誌掲載報文等の執筆者には抜刷を贈呈する。

14 本誌に掲載された報文等の原稿は、原則として返還しない。

15 本誌掲載報文等の一部または全部を、学術研究または教育訓練以外の目的で、複製または転載する場合には、当編集委員会の許可を必要とする。

16 「職業能力開発報文誌」編集委員会事務局を職業能力開発総合大学校基盤整備センターに置く。

# 原 稿 連 絡 票

## 1 投稿原稿の表題（和文）

--

## 2 投稿者（連絡者）の氏名、勤務先、連絡先

フリガナ			
氏 名			
勤務先名称		電話	( )
連絡先住所	〒	メール アドレス	

## 3 連名投稿者〔投稿者（連絡者）は共著者の同意（署名）を下欄に得て下さい〕

氏 名	所 属	氏 名	所 属

## 4 投稿の種別〔下欄の番号に○印をつけて下さい〕

種 別	1	報 文	2	研 究 ノ ー ト	3	実 践 報 告 ・ 資 料
-----	---	-----	---	-----------	---	---------------

## 5 内容（職業能力開発に関する分野）

職業能力開発に関する分野の内、最も関連する内容と思われるものから、下欄の表の番号に○印をつけて下さい。なお、5 職業能力開発に関する工学的内容および6 その他に該当する場合は、( ) の中に簡単に記述して下さい。

No.	職業能力開発に関する分野
1	職業能力開発制度に関する内容 (職業能力開発のあり方、職業能力開発施設、関連法律等の内容)
2	教育訓練実施に関する内容 (カリキュラム、指導技法、コース開発、相談・援助、教材開発、評価等の内容)
3	職業能力開発の社会的諸問題に関する内容 (若年者・在職者・高齢者・女性等の内容)
4	職業能力開発に関する国際協力等の内容 (諸外国の職業能力開発、諸外国及び国内での国際協力等の内容)
5	職業能力開発に関する工学的内容 (工学的専門分野: )
6	その他 ( )

## 6 仕上がり概算ページ数（原則下記のページ数とする。） \_\_\_\_\_ ページ

「報文」は8ページ以内、「研究ノート」は4ページ以内、

「実践報告・資料」は6ページ以内

## 7 投稿原稿の公開状況の確認

(ロ、ハに該当される方は、該当箇所に○印をつけて雑誌名等記入願います。)

イ 未発表(刊行)原稿

ロ 発表(刊行)済原稿(下記(注)①) 雑誌名等( )

ハ 発表(刊行)済原稿(下記(注)②) 雑誌名等( )

(注)

① 紀要、職業能力開発研究発表講演会、実践教育訓練学会の発表及び会誌、技能と技術誌で公開した内容であっても、校閲・査読を受けていない原稿

② 学会論文誌、職業能力開発論文コンクール入賞作、専門雑誌、一般出版物で公開した原稿

# 「職業能力開発報文誌」執筆要領

制定 2011年10月

改正 2012年4月

改正 2017年4月

## 1 原稿全体の体裁・原稿のページ数について

原稿はワープロソフトで作成し、A4判用紙を縦にして用い、2段組、1行24文字×45行横書きとする。1ページの文字数は2160字とする。余白については上30mm、下25mm、左25mm、右25mmとする。原稿の1ページ目の15行までを表題等の記入に充て、次に要約、本文の順に記述する。2ページ目以降については本文のみとし、最終ページに注記、参考文献を記載する。

(1) 仕上がりページ数 (原則)

- ① 「報文」の場合 - 8ページ
- ② 「研究ノート」の場合 - 4ページ
- ③ 「実践報告・資料」の場合 - 6ページ

(2) 図表、写真等は本文に貼り付け、全体で(1)のページ数を満足すること。

## 2 表題等

原稿の1ページ目にカテゴリ分類 (**Pゴシック14P太字**)、日本語表題 (**Pゴシック22P太字**)、日本語副題 (**Pゴシック16P太字**)、所属施設名および著者名・共著者名 (明朝10P)、英語表題 (Times New Roman 11P)、著者名・共著者名 (ローマ字名 Times New Roman 11P) の順に記述すること。

なお、表題は簡潔にかつ内容が明確にわかるように心がけること。

## 3 要約

要約の二文字は「**Pゴシック11P太字**」、要約本文は「明朝9P」を用いる。43字×14行、600字以内、日本語を用いること。

## 4 本文

(1) 本文の節タイトルおよび小節タイトル

節番号は「**ローマ数字 (I、II、III、・・・) Pゴシック11P全角太字**」を、節タイトルは「**Pゴシック11P太字**」を用い、「**II OOOO・・・**」のように記述する。その前後を1行空ける。

小節番号は「**算用数字 (1, 2, 3, ...) Pゴシック11P全角太字**」を、小節タイトルは「**Pゴシック11P太字**」を用い、「**1 OOOO・・・**」のように記述する。1行に納め、その前を1行空ける。

さらに細目が必要な場合は、「**Pゴシック11P全角太字**」を用いて、「**1-1 OO OO・・・**」「**1-1-1 OOOO・・・**」のように記述する。細目番号は「**算用数字 Pゴシック11P全角太字**」を用いる。

<記述例>

1 行空ける
<b>II</b> ○○○○○○……………
……………。
1 行空ける
<b>1</b> ○○○○○○……………
……………。
<b>1-1</b> ○○○○○○……………
……………。
<b>1-1-1</b> ○○○○○○……………
……………。

(2) 「はじめに」と「おわりに」について

本文の初節に「**I** **はじめに**」を、終節に「**O** **おわりに**」を記述する。

(3) 図（写真を含む）について

- ①図は原稿内に作成すること。大きさは原稿用紙の収まる範囲内であれば執筆者の任意とする。
- ②図中の文字や数字は明瞭に判読できること。
- ③写真は JPEG 形式（1MB 程度）で貼り付けること。
- ④写真をデジタルデータ化できない場合は、原稿に貼り付ける際のサイズを明記し、場所を空けておくこと。写真は原稿と同時に提出すること。
- ⑤図（写真を含む）の番号は「**算用数字 P ゴシック 9P 半角 太字**」を、タイトルは「**P ゴシック 9P 太字**」を用いて、図あるいは写真の下に横書きで、「**図1 …**」のように番号を記した後にタイトルを記入する。図と写真は通し番号とする。
- ⑥写真の印刷仕上がりはカラーである。

(4) 表について

表は原稿内に作成すること。サイズは、原稿用紙に収まる範囲内であれば執筆者の任意とする。表番号は「**算用数字 P ゴシック 9P 半角 太字**」を用いて、タイトルは「**P ゴシック 9P 太字**」を用いて、表の上に横書きで、「**表1 …**」のように番号を記した後に表名を記入する。表中の文字や数字は明瞭に判読できること。

(5) 図および表について

図表は本文との間に空行を 1 行入れる。ページの間には配置せず、上か下に置くことを推奨する。また、必要により段組みを一部解除し、1 頁の左右にまたがる配置としてもよい。

図表にはメモリを表記し、本文中で説明する。

(6) 引用資料について

本文中に入れる資料等の引用文章を、文字のポイント数を落として記述したい場合は、その部分に赤線でアンダーラインを引き、注記する。

なお、引用資料及び参考文献等で入手が困難な場合は、投稿時に、その原本または複写したものを添付する（校閲及び査読終了後返却）。

## 5 注記について（記述例参照）

本文中にハイフンで挟んで入れる注以外の注記は、一括して本文の最後に次の要領で書くこと。タイトル [注] の文字は「P ゴシック 9P 太字」を用い、「注」の文字の左右を「[ ]」で括る。（注1）以下は「明朝 9P」を用い、「注〇」の文字の左右を括弧でくくる。注記番号は「算用数字 Times New Roman 9P」を用いる。

<記述例>

[注] (注1) …………… (注2) …………… : : :
--

なお、本文中においては、注記番号は注記をつける言葉または文の右肩に、「〇〇<sup>(注1)</sup>」のように、左右を括弧でくくり、上付で書く。

## 6 参考文献について（記述例参照）

参考文献は一括して本文の最後に、次の要領で書く。タイトル [参考文献] の文字は「P ゴシック 9P 太字」を用い、「参考文献」の文字の左右を「[ ]」で括る。（1）以下は「明朝 9P」を用いる。文献番号は「算用数字 Times New Roman 9P」を用いる。また、本、雑誌、複数のページの場合など、記述例を詳細に示すこと。

本文中においては、文献番号は参考文献をつける言葉または文の右肩に、「〇〇<sup>(1)</sup>」のように、左右を括弧でくくり、上付で書く。ページは「p. 〇〇」、複数の場合は「pp. 〇〇-△△」のように書く。URL は、括弧なしで記述。著者名の姓名の間にはスペースを入れない。参考文献の最後は「。」を用いる。

<記述例>

[参考文献] (1) □□職業能力開発審議会△△、「……」、平成…年、p. 〇。 (2) 職業能力開発総合大学校基盤整備センター 調査研究 報告書「……」、平成…年、pp. 〇〇-△△…。 : : :
--

## 7 文中の文字について

- (1) 本文は、日本語を用いること（他言語不可）。
- (2) 本文は、「である調」とする。
- (3) 句読点は「、」「。」を用いる。
- (4) できるだけ常用漢字、現代かな使いを用いる。
- (5) 日本語のフォントは「明朝 9P」とする。
- (6) 英文、英略字（ME、CAI 等）は「Times New Roman」を用いる。

[例] ME、CAI、

Summary of the Results of the “Study on the Development…………”

- (7) 数字は「算用数字 Times New Roman」を用い、3 桁毎にコンマを入れる（但し、西暦

年代にはコンマは不要)。また、漢字と結合して使用する場合は漢数字を用いる。

[例] 1,050 円、15.4%、3,213,000 人、2009 年 2 月 14 日

一つの、一例を挙げると

- (8) 小数点以下の桁数は、比率をパーセントは小数点以下の 1 桁、相関係数、因子負荷量等は小数点以下の 3 桁が、一般的な有効桁数である。

## 8 単位・記号・数値等について

- (1) 単位は原則として国際単位系 (SI) を用いる。数字は「算用数字 Times New Roman」を用い、単位記号は「Times New Roman」を用いる。

[例] 5MPa、9.8N

- (2) 量を表す数字は「算用数字 Times New Roman」を、量を表す記号は「Times New Roman」の斜字体を用いる。

[例] 量を表す数字 20、15.4、3,213,000

量を表す記号  $a, b, c, d, \dots, u, v, z, y, z$

## 9 数式について

- (1) 数式は「Times New Roman」の斜字体を用い、大文字・小文字・上付・下付などがはつきりわかるように記述する。

- (2) 式中での括弧の順序は原則として { [ ( ) ] } とする。

- (3) 式が途中で切れる場合は、改行のはじめに  $\times \cdot / \cdot + \cdot -$  等をつける。

- (4) 数式は各式の右端に ……(1)、……(2) のように通し番号をつける。本文中では式 (1)、式 (2) のように記述する。式番号は「算用数字 Times New Roman 9P」を用いる。

- (5) 分数については、式中では  $\frac{a+b}{c+d}$ 、文中では  $(a+b)/(c+d)$  のように入力する。

<数式の記述例>

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad \dots\dots(1)$$

$$\dot{m} = P_c A_t \sqrt{\frac{\gamma}{RT_c} \left( \frac{2}{2+\gamma} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}}} \quad \dots\dots(2)$$

なお、日本語ワープロの「数式エディタ」などを活用すると、容易に数式を書くことができる。

## 10 記述例

執筆は次項以降の「文字の大きさ及びフォント等」及び「記述例」を参照のこと。

## 11 原稿（報文誌）テンプレートについて

ページ設定を参照のこと。(文字数は24文字、字送りは9 P、行数は45行、行送りは15.2 P)

## 文字の大きさ及びフォント等

カテゴリ分類	Pゴシック	14P	全角	太字	左詰め
日本語表題	Pゴシック	22P	全角	太字	中央揃え
副題	Pゴシック	16P	全角	太字	中央揃え
所属施設名、部署名、 著者名、共著者名	明朝	10P	全角		右詰め
英語表題、副題、著 者名、共著者名	Times New Roman	11P	半角		
要約タイトル	Pゴシック	11P	全角	太字	左詰め
要約本文	明朝	9P	全角		左詰め
本文	明朝	9P	全角		
本文 節番号	Pゴシック (ローマ字)	11P	全角	太字	左詰め
本文 節タイトル	Pゴシック	11P	全角	太字	左詰め
本文 小節番号	Pゴシック (算用数字)	11P	全角	太字	左詰め
本文 小節タイトル	Pゴシック	11P	全角	太字	左詰め
英文・英略字	Times New Roman	9P	半角		
数字	Times New Roman (算用数字)	9P	半角		
数式	Times New Roman 斜字体 (=イタリック)		半角		
図・写真 番号	Pゴシック (算用数字)	9P	半角	太字	図・写真の下中央
図・写真 タイトル	Pゴシック	9P	全角	太字	
表 番号	Pゴシック (算用数字)	9P	半角	太字	表の上中央
表 タイトル	Pゴシック	9P	全角	太字	
注 番号	Times New Roman	9P	半角		左詰め
注 タイトル	Pゴシック	9P	全角	太字	左詰め
注 記述部分	明朝	9P	全角		左詰め
参考文献 番号	Times New Roman	9P	半角		左詰め
参考文献 タイトル	Pゴシック	9P	全角	太字	左詰め
参考文献 記述部分	明朝	9P	全角		左詰め

<実践報告・資料>

カテゴリ分類：  
Pゴシック 14P 太字 左詰め

日本語表題：  
Pゴシック 22P 太字  
中央揃え

職業能力開発報文誌投稿原稿執筆要領

英語表題・副題及び著者名・共著者名（ローマ字名）：  
Times New Roman 11P  
表題の上下に罫線を引く  
英語表題・副題は左詰め  
著者名・共著者名は右詰め

一記述例一

日本語副題： Pゴシック 16P 太字  
左右に「-」を付ける、中央揃え

所属施設名、部署名、  
著者名、共著者名：  
明朝 10P、右詰め

◎◎職業能力開発促進センター 職大 太郎  
△△職業能力開発大学校 能開 花子

Guidance for Writing Papers of BULLETIN OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT - Example -  
SHOKUDAI Taro, NOUKAI Hanako

要約

◎◎職業能力開発促進センター、△△職業能力開発大学校では、

要約タイトル：  
Pゴシック 11P  
太字、左詰め

要旨本文：明朝 9P、  
43文字×14行、  
600字以内、左詰め、  
横位置は用紙の中央に配置

I はじめに

III ○○○○○○○○○○

1 ○○○○○○○○○○

本文節：  
節番号はローマ数字 Pゴシック 11P 全角 太字  
タイトルは Pゴシック 11P 太字  
左詰め、前後を1行空ける。

本文小節：  
小節番号は 算用数字 Pゴシック 11P 全角 太字  
タイトルは Pゴシック 11P 太字  
左詰めで1行に納める。前を1行空ける。

2 ○○○○○○○○

本文：2段組、明朝 9P、  
24文字×15～20行程度（行数は、  
要旨の文字数等により変わる）  
英文・英略字は Times New Roman、  
数字は 算用数字 Times New Roman  
を用いる。

II ○○○○○○○○○○

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \dots\dots(1)$$

$$\dot{m} = P_c A_t \sqrt{\frac{\gamma}{RT_c} \left[ \frac{2}{2+\gamma} \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}}} \dots\dots(2)$$

数式は Times New Roman の斜字体を用い、大文字、小文字、上付、下付などがはっきりわかるように区別する。  
式番号は Times New Roman を用いる。

論文受付日 R1. 4. 1

論文受付日：事務局で記入

V ○○○○○○○○○○

1 ○○○○○○

本文：2段組、明朝 9P、  
24 文字× 45 行、1 ページ 2160 文字  
英文・英略字は Times New Roman、  
数字は 算用数字 Times New Roman を用いる。

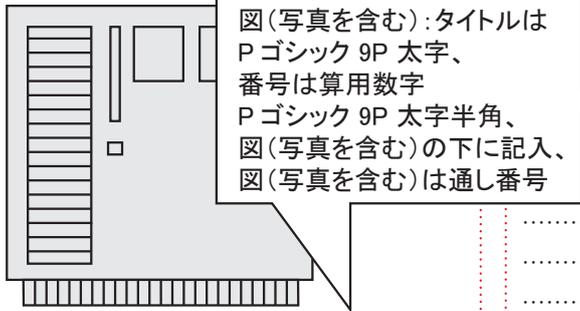


図 5 △△△△△△△△△△△△

図(写真を含む)：タイトルは  
Pゴシック 9P 太字、  
番号は算用数字  
Pゴシック 9P 太字半角、  
図(写真を含む)の下に記入、  
図(写真を含む)は通し番号

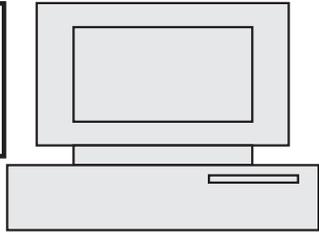


図 6 △△△△△△△△△△△△

図表は本文との間に空行1をとる。ページの  
中間には配置せず、上か下に置くことを推奨  
する。また、必要により段組みを一部解除し、  
1 頁の左右にまたがる配置としてもよい  
(例：通巻 48 号の 36 頁)

VI おわりに

注：タイトルは  
Pゴシック 9P 太字

注：明朝 9P  
注釈番号は Times New Roman 9P

[注]

- (注 1) A 社における開発部は、製品の企業開
- (注 2) A 社の製品製造事業部は…

参考文献：タイトルは  
Pゴシック 9P 太字

[参考文献]

- (1) ○○県企業庁発行、○○県中小企業支援事業計画、  
20××年□月、pp.△△-○○…。
- (2) 職業能力開発総合大学校基盤整備センター調査研  
究報告書第△△号「職業能力開発に関する相談援  
助、情報提供の実態調査」、平成○年×月、pp.□  
□-△△…。
- (3) ○○省、平成××年度○○基本調査、  
<http://www.○○.html> 参照：20××年□月。
- (4) 著者名、論文名、誌名、号数、\*×年、p.△△。
- (5) 著者名、書名、出版社名、○○年、pp.◇◇-  
□□。

参考文献：明朝 9P  
文献番号は Times New Roman 9P

表：タイトルは  
Pゴシック 9P 太字、  
表番号は 算用数字  
Pゴシック 9P 太字 半角、  
表の上に記入

- 資料等の場合
- 報告書等の場合
- ホームページの場合
- 論文誌等の場合
- 書籍等の場合

表 3 △△△△△△△△△△△△

人数	1995年		1998年		2000年		2004年		2006年		2008年	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
正規社員												
非正規社員	契約社員											
	パート											
	アルバイト											

原稿（報文誌）テンプレートのページ設定  
文字数は 24 文字、字送りは 9 P、行数は 45 行、  
行送りは 15.2 P



#### 編集委員会だより

- 当誌への投稿は、(独) 高齢・障害・求職者雇用支援機構職員であればどなたでも可能です。
- 巻末に掲載した「投稿のしおり」に基づき執筆をお願いします。
- 投稿は随時受け付けています。
- 投稿された論文は審査終了後、最寄りの号に掲載されます。
- 当誌の内容は、基盤整備センターホームページ「報文誌・年報・その他の刊行物」から閲覧、ダウンロードできます。  
URL : <https://www.tetras.uitec.jeed.go.jp/>
- 投稿に関する問い合わせは、事務局（職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 企画調整部 企画調整課）までお願いします。

---

---

## 職業能力開発報文誌 第33巻第1号(通巻52号)

発行 2022年2月  
編集・発行 職業能力開発総合大学校基盤整備センター  
〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1  
TEL 042-348-5074 (企画調整課)  
印刷 社会福祉法人 東京コロニー コロニー東村山印刷所  
〒189-0001 東京都東村山市秋津町 2-22-9

---

---

# BULLETIN OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT

## Vol.33 No.1 (52) (2021)

### <REPORT>

Challenge to the Tanegashima rocket contest (Cansat division) ~Three-year initiatives~	UCHIDA Yutaka
Development of the Wireless Remote Controller for a Pen Recorder used in Magnetic Prospecting	TERAUCHI Etsuzou *
Production of the Electric Fence Considered Safe	KIMURA Tetsuro
Effect of education and training through skills competition	AKAHANE Koji
Production of search Hexapod robot-combined with crawler using the 4th industrial revolution Core technology -- General Production applying agile development	TERADA Kenji

\*representative

<The rules for contributors>