

近畿能開大ジャーナル

Journal of Kinki Polytechnic College
No.26 2018

(グラビア)
だんじりの模型製作 [住居環境科]

研 究 報 告
教 材 開 発
実 践 報 告

2017 年度専門課程総合制作実習概要
2017 年度応用課程開発課題実習概要
2017 年度共同研究
2017 年度における表彰



近畿職業能力開発大学校

<http://www3.jeed.or.jp/osaka/college/>

近畿能開大ジャーナル
第26号 (二〇一八年)

近畿職業能力開発大学校

目 次

【グラビア】

だんじりの模型製作（総合制作実習作品）	中川詠子	1
---------------------	------	---

【研究報告】

木造建築物用接合金物の認定取得の取り組み	藤村悦生, 宇都宮直樹	2
開発課題実習報告会で使用された評価シートの検証	望月隆生, 作成一郎, 篠崎健太郎	6
災害予防と訓練内容高度化を目的とした溶接実習場 訓練ブース改装工事及び溶接治具の製作について	中西英明, 西尾政治	12
IoTセミナー（PLCによるセンサ活用と省配線技術） の開発	百軒 功	16
シリコン深掘り（DRIE）装置を使った電子デバイスの 開発	村上修一, 佐藤和郎, 田中恒久, 宇野真由美	20
ストラップ配線技能を習得するための教材開発に関 する研究	東 正登	24

【教材開発】

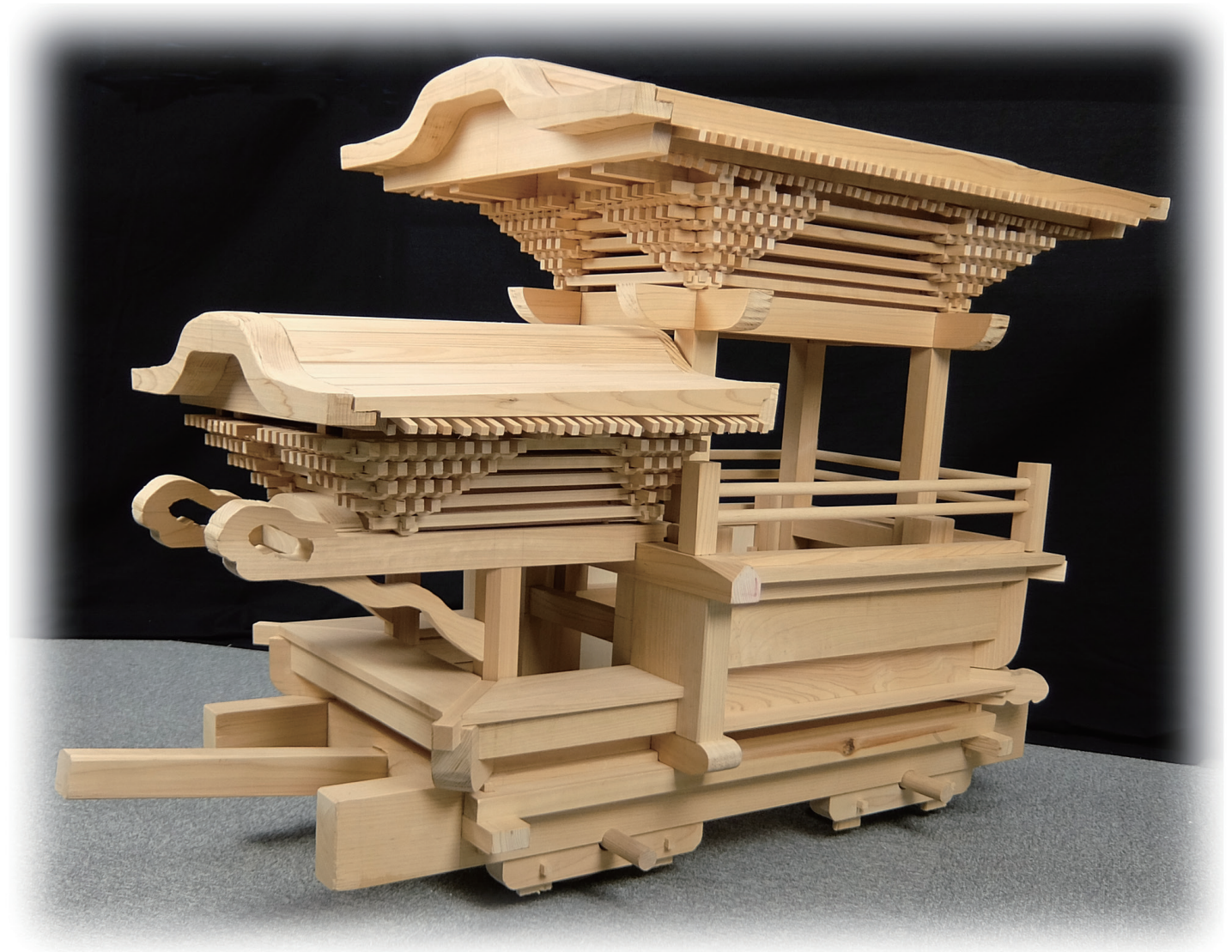
「水田用除草ロボットの開発」の取り組み	秋間紳樹, 作成一郎, 久保幸夫, 藤井昌之	28
開発課題『海洋ロボットの開発』の取り組みVer.2	岩城勇生, 椿 博敏, 石部剛志	32
5軸制御マシニングセンタの設計・製作	佐藤弘明, 坂口昇三	36
水中探査機の設計・製作	屋敷陽一, 小杉 実	40
水耕栽培装置の製作	古元克彦	44
『全日本製造業コマ大戦』出場に向けた取り組み	藤根和晃	48

【実践報告】

新入生歓迎イベントと『学生スマートフォンアプリ コンテスト』への初参加	小出久美子, 庄林雅了	52
出前講座『鋳造体験！世界にひとつのキーホルダー づくり』	作成一郎	56

【データ集】

2017(平成29)年度専門課程総合制作実習概要	60
2017(平成29)年度応用課程開発課題実習概要	69
2017(平成29)年度共同研究概要	72
2017(平成29)年度における表彰	75



だんじりの模型製作 平成29年度総合制作実習作品
(製作：住居環境科2年6名，指導：中川詠子)

「岸和田だんじり祭」の主役，“だんじり”の模型を総合制作実習のテーマに選び，学生6名とともに製作した．だんじりにはいくつかの型があるが，この作品では，“下だんじり”とも呼ばれる岸和田型のだんじりを選んだ．

基本的に，だんじりの図面は未公開であるため，だんじり会館での取材とインターネットの動画や情報などを参考に，構造や各部の組み上げ方を調べ，独自に図面を作成した．

実際のだんじりでは，コマ，軸組部（台木から虹梁），枅組部，屋根と大きく4つに分けられ，これに，花鳥や歴史的な名場面などの彫刻が施された装飾部分（土呂幕や連子，枅合懸魚，見送りのなど）が取り付けられている．各パーツの接合部は伝統的な継手・仕口とボルトが併用され，解体ができる構造になっている．特に，名物「やりまわし」を行うために最も重要なコマについては，いわゆる企業秘密である．

木造建築物用接合金物の認定取得の取組み

藤村悦生*1, 宇都宮直樹*2

木造建築物用接合金物は、継手や仕口部で接合部の補強や材の脱落防止のために用いられる。木造建築物にとって接合金物は、耐震性能を向上させる方法の1つとして非常に重要な役割を担っている。接合金物の安全性を評価する基準として、認定マークの表記がなされている。本研究はアイテック社との共同研究であり、開発したコーナー金物及び火打金物の認定を目指すことを目的とする。

Keywords : 接合金物, 認定金物, かど金物, 火打ち金物, 認定取得.

1. 緒言

販売されている接合金物は、認定のないものと、マークの刻印が表記された認定のあるものがある。認定のない接合金物に関しては、安全が必ずしも保障されているとは限らない。認定を取得することによって消費者への信頼・安全が保障される。そこで、民間企業との共同研究を行い、認定されていない接合金物の耐力実験を行い、構造性能を評価し認定取得を目指すことを目的とする。

2. 開発の経緯

接合金物の認定を取得するには、日本住宅・木材技術センター（以下：住木センター）で承認を得る必要がある。本研究はS社の既存の接合金物の構造性能評価し、結果を元に認定の取得を目指す。同社の金物にはかど金物、ホールダウン金物、火打ち金物等様々な種類の金物が10種類ある[1]。本研究ではコーナーサポート接合金物（かど金物）とスーパーサポート（火打ち金物）の2種の製品の認定を取得することとした。

2.1 接合金物の種類・選定 認定金物には主にZ, C, D, Sマーク金物がある。Zマーク金物の承認は木造軸組工法用の接合金物規格についての承認である。Cマーク金物の承認は枠組壁工法用の接合金物規格についての承認である。Dマーク金物の承認は木造軸組工法用の接合金物規格についての承認で品質・性能がZマーク金物の対象金物と同等以上の金物である。Sマーク金物は、その用途に応じて必要とする品質・性能を有することを確認した金物である。

2.2 認定までの過程 認定までの主な過程は、申請対象としたコーナーサポート接合金物（かど金物）とスーパーサポート（火打ち金物）について、学内において接合の構造性能の評価試験を行い、接合金物の構造性能を確認する。この際、改良が必要な場合には、改良を行い、再度試験を行う。学内で規定の構造性能を確認することができれば住木センターで正式に試験をし、構造性能の確認を行い、規定の構造性能が確認されれば接合金物認定の取得となる。新たに住木センターで認定を取得する場合の具体的な過程を以下に示す。

- ① 申請者は住木センター認証部に対して試験方法の問題整理などの申請事前相談を行う。
- ② 申請事前相談を受けた住木センター認証部は申請者に対して申請書作成方法を伝え、同時に試験方法の指定を行う。なお、性能評価方法あるいは強度試験の方法が定まっていない場合には、申請者は性能評価方法あるいは試験方法を定めるための事前申請を行い、試験方法の決定を受けた上で強度試験の申し込みを行う。
- ③ 申請者は申請書を作成した後、住木センター試験研究所で試験を実施する。
- ④ 試験を実施した後、試験成績書を申請者に提出する。
ただし、承認の場合は③試験申し込み及び④試験成績書は不要となる。
- ⑤ 申請者から住木センター認証部に書類事前打合せを行う。
- ⑥ 申請者から住木センター認証部に申請を行う。
- ⑦ 住木センター認証部から申請者に請求書と業務計画書を提出する。
- ⑧ 申請者から住木センター認証部に手数料を払う。
- ⑨ 住木センター認証部は申請者に対して工場審査会で審査を行う。
- ⑩ 住木センター認証部は申請者に対して認定書の発行を行う。
- ⑪ 認定書の発行を受けた申請者は住木センター認証部に約定書を提出する。

3. コーナーサポート接合金物における試験

3.1 学内試験

3.1.1 試験体概要 試験体は、図1に示す土台と柱をT字型に接合させた中柱型となる。試験体寸法は高さ755mm、幅1000mmである。ほぞは平ほぞとし、寸法は90mm×30mmの深さ60mmである。樹種はスギである。試験種類を表1に示す。実験パラメーターは、接合金物の取り付け方(片方または両方)、ビス長さ、座金の有無とし、比較対象として基準とするCPZS金物も行う。

3.1.2 試験方法[2] 試験は写真1に示す引張試験機を使用して柱の軸方向に引張力を加える。予備試験の加

*1 住居環境科

*2 建築施工システム技術科

力方法は単調加力とする。本試験の加力方法は一方向の繰り返し加力とする。繰り返しの履歴は、予備試験から得られた降伏変位 δ_y の固定数列方式とする。すなわち、 δ_y の1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16倍の順で繰り返し加力を行う。加力は最大荷重に達した後、最大荷重の80%に荷重が低下するか又は仕口の機能が失われるまで行う。

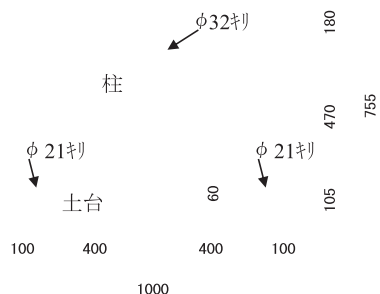


図1 試験体



写真1 実験装置

3.1.3 破壊状況 破壊状況は写真2に示す木材の割裂破壊と写真3に示すビスの引抜きである。試験体ごとの破壊状況を表1に示す。試験体Bは木材の欠点である節が接合部付近にあり、割裂破壊が生じたと考えられる。他の試験体はビス長さに依存することなく、ビスの引抜き破壊となっている。

表1 試験体種類, 破壊状況

	試験体名	概要	座金	破壊形状
予備試験	試験体A	Zマーク金物 CP-ZS	-	引抜き破壊
本試験	試験体B	金物取付:片方付け ビス長さ:45mm	-	引抜き破壊
予備試験	試験体C	金物取付:両方付け ビス長さ:45mm	なし	割裂破壊
	試験体D	金物取付:片方付け ビス長さ:65mm	なし	引抜き破壊
予備試験	試験体E-0			引抜き破壊
本試験	試験体E-1	金物取付:片方付け ビス長さ:65mm	あり	引抜き破壊
	試験体E-2			引抜き破壊
	試験体E-3			引抜き破壊
予備試験	試験体F-0			引抜き破壊
本試験	試験体F-1	金物取付:片方付け ビス長さ:90mm	あり	引抜き破壊
	試験体F-2			引抜き破壊
	試験体F-3			引抜き破壊



写真2 割裂破壊

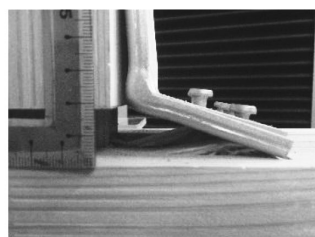


写真3 引抜き破壊

3.1.4 試験結果及び考察 表2に試験結果を示す。本試験は繰り返し加力で行うため予備試験より降伏耐力 P_y の値が小さくなっている。コーナーサポート予備実験によりビス長さ45mmの試験体Bと65mmの試験体Cは基準とする試験体AのZマーク表示金物の降伏耐力の10.34kNより明らかに小さいため、本試験を行うまでにはいたらなかった。そこで、試験体EとFにコーナーサポート用の座金をつけるという改良を行った。

試験体EとFは本試験まで行った。表2の試験体EとFの値は3体の平均値である。試験体Fは基準とする試験体Aと概ね同等の耐力を有することが確認できた。

表2 試験結果

	試験体名	概要	座金	降伏耐力 P_y (kN)	最大荷重 の2/3 (kN)
予備試験	試験体A	Zマーク金物 CP-ZS	-	10.34	11.74
	試験体B	金物取付:片方付け ビス長さ:45mm		6.20	7.67
	試験体C	金物取付:両方付け ビス長さ:45mm	なし	7.91	9.60
	試験体D	金物取付:片方付け ビス長さ:65mm		7.82	11.60
	試験体E	金物取付:片方付け ビス長さ:65mm	あり	9.19	12.21
	試験体F	金物取付:片方付け ビス長さ:90mm	あり	10.78	7.98
本試験	試験体A	Zマーク金物 CP-ZS	-	9.40	10.97
	試験体E	金物取付:片方付け ビス長さ:65mm	あり	7.64	9.65
	試験体F	金物取付:片方付け ビス長さ:90mm	あり	8.84	10.81

3.2 認定機関におけるコーナーサポート接合金物実験 コーナーサポート接合金物の認定を取得するためには、住木センターで中立な立場にある学識経験者で構成する審査委員会による実験・審査を行わなければならない。

3.2.1 試験体概要 試験体は3.1.1で使用した試験体とほぼ変わらないが、ほぞの寸法が86mm×30mmの深さ60mmへ変更となっている。試験体数は規定ではコーナーサポート接合金物に8体、CP-ZS接合金物に8体、合計16体である。しかし、住木センターで実験を行う試験体において試験体を組み立てる際、前もって使用する木材の含水率や密度を算出しておき、柱材と土台材の双方の数値に近い木材で対にし、できるだけばらつきがないように、試験体を組み立てる必要がある。計測時に著しく他と計測数値が異なる木材があったため、仕分けを行った。この結果、CP-ZS接合金物の試験体のみ予備も含めて4体となった。

3.2.2 試験方法[2] 試験方法は3.1.2に示す試験方法と同様に行う。

3.2.3 CP・ZS接合金物の試験結果 CP-ZS金物の荷重と変位の関係を図2に示す。×マーカーは試験体各3体の結果である。その結果をもとに作成した95%上限値と下限値、50%下限値もあわせて示す。試験体3体の解析結果を比較すると、ばらつきも少ない。破壊状況は2体の試験体が写真4に示すように金物の引張破壊が確認された。他の1体は写真5に示すように柱部分のビスが抜け、仕口の機能低下が確認された。

3.2.4 コーナーサポート接合金物の試験結果 コーナーサポート接合金物の荷重と変位の関係を図3に示す。変位が2mm程度でばらつきが生じ、変位が小さい段階でばらつきが大きいことが確認された。破壊状況は試験体1~3では、写真6に示すように、土台部分のビスの引抜けによる仕口機能が低下した。試験体4~6は写真7に示すように、土台の割裂破壊が確認された。破壊要因として、コーナーサポート接合金物による接合は木材の品質の影響を受けやすく、ビスの有効範囲にほぞが重なり、割れが生じたと考えられ

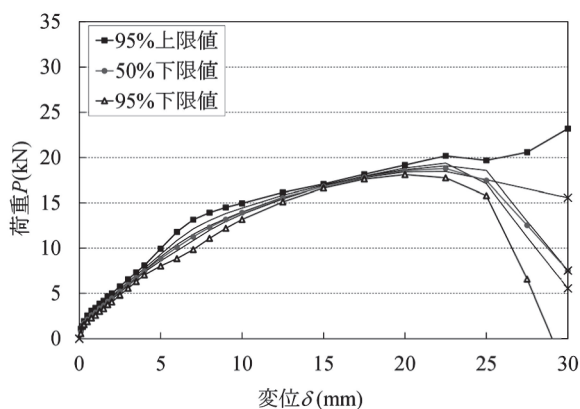


図2 CP-ZS接合金物 荷重-変位関係



写真4 金物引張破壊



写真5 ビスの抜け

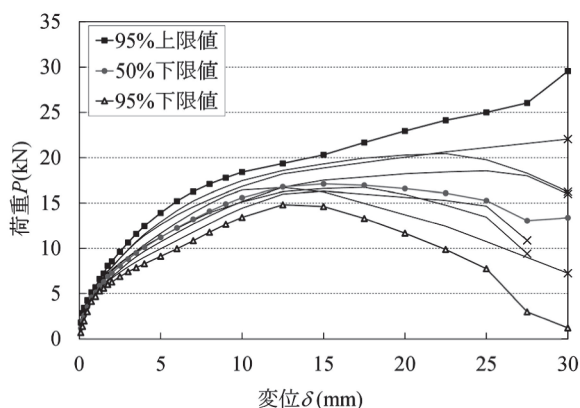


図3 コーナーサポート接合金物 荷重-変位関係



写真6 ビスの引抜け
る。



写真7 土台の割裂

4. スーパーサポート接合金物における試験

4.1 予備試験

4.1.1 試験体概要 試験体は図4に示す火打ち水平構面を想定した部材の構成とする。表3に試験体一覧を示す。試験体はスーパーサポート接合金物を留めつけるビスの長さを45mmとした試験体が1体、65mmとした試験体が2体、Z認定金物が1体の計4体とする。試験体寸法は芯々で高さ2730mm×幅1820mmとする。部材寸法は梁及び桁105mm×150mmで同一とする。樹種はベイマツとする。仕口の接合方法は大入れ蟻掛けと羽子板パイプとする。試験体を固定するボルトの孔径はφ18とし、位置は芯から外側に200mm離れた位置とする。

4.1.2 試験方法[2] 構造性能評価は静加力試験機によりタイロッド式で行う。載荷はサーボアクチュエーターで行い、見かけのせん断変形角が1/450radから1/50radまで正負交番1回繰り返して載荷とする。加力が最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するまで加力するか変形角が1/15rad以上に達するまで加力する。下側の火打ち材を引張り側で破壊させるまで加力を行う。

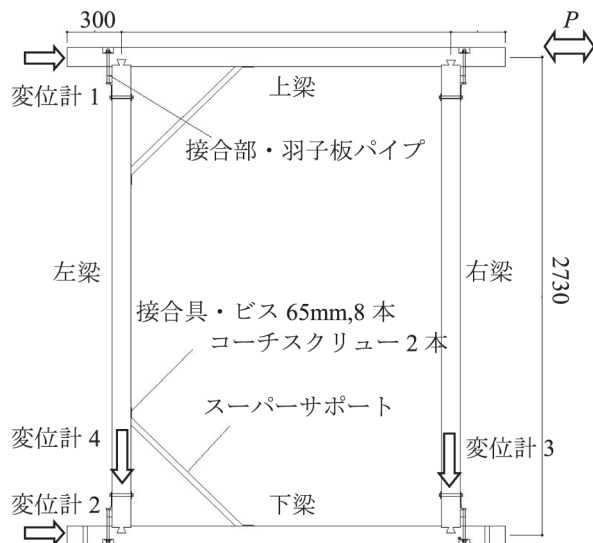


図4 試験体概要

表3 試験体一覧

試験体名	概要
試験体 S45	接合具ビス 45mm
試験体 S65	接合具ビス 65mm
試験体 HB	Zマーク金物火打ち金物 HB

4.1.3 試験結果および破壊状況 図5に荷重-見かけのせん断変形角関係を示す。試験体 S45 は最大荷重後に写真8に木材との接合に使用したラグスクリューとビスが引抜け荷重低下が生じた。試験体 S65 は最大荷重時に写真9に示すように羽子板パイプが破断し、著しく荷重低下した。試験体 HB は最大荷重に圧縮力を負担する火打ち金物が座屈し、著しく荷重低下した。試験体 HB と比べ、初期剛性で0.53から0.87倍、最大荷重が0.67から0.96倍と低くなっている。これは試験体 HB で使用した火打ち金物の踏ん張り長さが

700mm であるのに対して、スーパーサポート接合金物が 650mm と短いことが要因と考えられる。



写真 8 試験体 S45 実験後

写真 9 試験体 S65 実験後

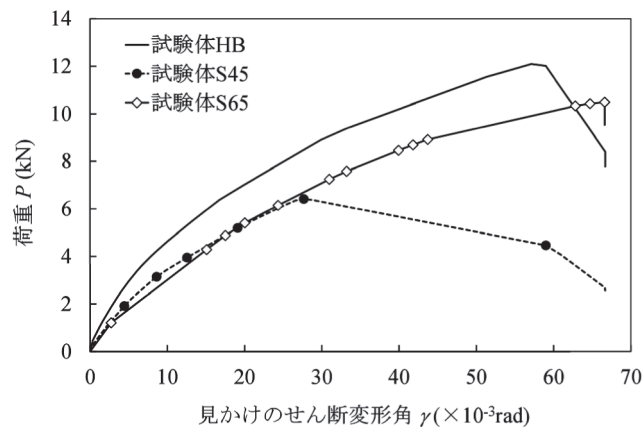


図 5 荷重-見かけのせん断変形角関係

4.2 住木センターでの認定試験

4.2.1 試験体概要および試験方法 試験体の仕様は 4.1.1 と同様である。試験体に用いた木材は密度の小さい方から順に試験体 SS-1, SS-2, SS-3 とする。試験体の密度および含水率を表 4 に示す。試験体寸法は芯々高さ 2730mm×幅 1820mm とした。上梁, 下梁, 左梁, 右梁の部材寸法は幅 105mm×成 150mm とする。材種はベイマツとする。接合方法は大入れ蟻掛けとし、羽子板パイプで接合する。スーパーサポートと木材との接合は 1 箇所につきコーチスクリュー 1 本とビス 65mm⁴ 本の構成とする。試験方法はタイロッド式とし、真のせん断変形角で行う。

4.2.2 試験結果および破壊状況 図 6 に荷重-真のせん断変形角関係を示す。試験体 SS-1 は写真 10 に示すように最大荷重時(1/18rad)にビス及びコーチスクリューの引き抜けにより下梁に割裂破壊が生じた。試験体 SS-2 は写真 11 に示すように、最大荷重時(1/24rad)に引張側スーパーサポート接合金物の上部接合部のビス及びコーチスクリューの引き抜けが生じた。試験体 SS-3 は試験体 2 と同様で最大荷重時(1/24rad)に引張側スーパーサポート接合金物の上部接合部のビス及びコーチスクリューに引き抜けが生じた。

4.2.2 考察 試験結果および破壊状況からスーパーサポート接合金物の構造性能は木材の材質に依存していることが考えられる。図 6 に示す荷重-真のせん断変形角関係から各試験体を比較すると 1/30rad までばらつきがなく安定しているが、破壊状況に応じて耐力の低下に変化が見られる。本実験結果に基づく床倍率

は 0.8 倍であり、D マーク認定を目指すとしたとき、対象金物 (Z マーク認定金物) の床倍率は 1.1 倍であり大きく下回っている。火打ち金物の構造的特徴として、左梁に取り付けたスーパーサポート接合金物の位置が、左梁木口から長くなる (踏ん張り長さが長くなる) と拘束範囲が大きくなり剛性が高くなる。理想的な破壊は木材の損傷を最小限に抑え接合金物自体を座屈させることである。つまり、床倍率を向上させるには接合金物を長くし剛性を高くすることが重要だと考える。

表 4 試験体密度一覧

試験体	上梁	下梁	左梁	右梁
SS-1	0.48	0.49	0.51	0.47
SS-2	0.50	0.50	0.53	0.49
SS-3	0.53	0.56	0.55	0.54



写真 10 試験体 SS-1 実験後



写真 11 試験体 SS-2 実験後

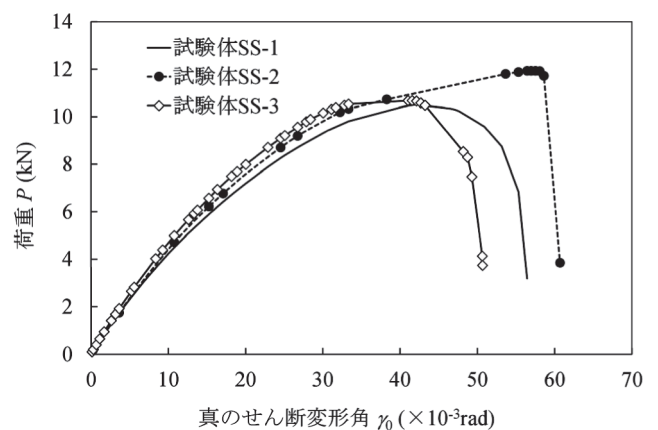


図 6 荷重-真のせん断変形角関係

5. 結論

学内試験と住木センターでの試験をもとに、コーナーサポート接合金物及びスーパーサポートとも、更なる性能向上を目指した再設計・検証実験をおこなうとともに、S マーク認定取得を最終目標とする。

謝辞

本研究を進めるにあたり株式会社アイテックおよび建築施工システム技術科学学生の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 木造家屋補強金物シリーズ, (株) アイテック
- [2] 木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2017 年版) (2018 年 10 月 22 日提出)

開発課題実習報告会で使用された評価シートの検証

望月隆生*1, 作 成一郎*2, 篠崎健太郎*3

本稿では、近畿職業能力開発大学校応用課程生産システム系の開発課題実習報告会で使用された評価シートについて、評価精度の良い評価シートを選定するための評価者間信頼性の検証を行った。その結果、評価シートの様式によって評価者間信頼性に差があること、開発課題実習報告会には記述評定尺度が適していること、個別の評価項目より集計された総合評価の方が評価精度は高い傾向を示すことがわかった。なお検証に用いた評価データは一般的に評価者間信頼性として用いられる級内相関係数の適用ができなかったため、評価者間の評価値の相関と偏差に基づいて評価者間信頼性を検証した。

Keywords : 開発課題, 報告会, 評価シート, 評価精度, 評価者間信頼性.

1. はじめに

近畿職業能力開発大学校応用課程生産システム系では、3科（生産機械システム技術科、生産電気システム技術科、生産電子情報システム技術科）の学生による10数名のグループで機器開発を行う開発課題実習を実施している。開発課題実習は応用課程2年次（一般的な大学の4回生に相当）の授業時間の約7割を占め、応用課程を特徴づけるものづくり課題実習である。

開発課題実習では、開発工程の節目に実施される報告会において、グループの評価が指導員や管理職によって行われる。ここで本稿では、開発課題実習に取り組む学生のグループを被評価者、評価シートによって評価を行う者を評価者、開発課題実習の中で行われる報告会を単に報告会と呼ぶこととする。

開発作業の段階に応じて、報告会の評価項目は開発の進捗、技術的検討の程度、プレゼンテーション、完成度など多岐にわたるが、その多くが評価者の経験や知識、考え方などに基づく主観的評価であるため、評価にばらつきが生じやすい。評価のばらつきが大きくなることは、評価精度の低下を意味するため、報告会の評価の信頼性を左右する問題である。

評価のばらつきを抑えるための方策のひとつとして、評価シートの適切な設計を挙げることができる。適切に設計された評価シートは、評価シートに示された評価項目と尺度によって評価基準の共有化を促し、評価のばらつきを抑える効果が期待できる。実際、これまでも適切な評価シートの模索は行われており、幾度となく評価シートの見直しが行われてきた。しかし評価精度を観点とした検討がなされていないために、評価シートの良し悪しを定量的に判断することができていなかった。

報告会の評価のように評価者が複数である場合、主観的評価の評価精度を示す指標として評価者間信頼性を挙げることができる。評価者間信頼性は、複数の評価者の評価結果がどれくらい一致しているか、評価者どうしの一貫性およびばらつきを表す指標である。報

告会ごとに評価者が大きく入れ替わることが無ければ、評価者間信頼性の差異は評価シートの影響が大きいと考えることができる。

そこで本稿では、平成28年度と平成29年度に実施された報告会の評価を対象に評価精度として評価者間信頼性を求め、使用された評価シートの検証を行った。

2. 報告会で使用された評価シートの分類

検証の対象とした報告会は、平成28年度に開催された「詳細設計報告会」、「組立完了報告会」、「最終評価会」、平成29年度に開催された「詳細設計報告会」、「動作報告会」、「最終資料評価会」である。評価シートはそれぞれの報告会に合わせたものが作成され、評価者は評価シートにある評価項目ごとに評価を行い、各項目の評価値を合計した値を総合評価としている。

文献[1]によれば、評価シートは評定法の違いで分類することができる。これに従うと使用された評価シートの様式は、図式評定尺度、記述評定尺度、チェックリスト法、順位化法の4種類に分類される。

図1は平成28年度以前から最も多く使用されてきた評価シートの様式であり、図式評定尺度に分類される。各評価項目について「良い」から「悪い」までの5段階で記入を行う。

図2は最終評価に多く用いられた評価シートの様式であり、チェックリスト法に分類される。各評価項目について「している」/「していない」を選択する。

図3は関東職業能力開発大学校で使用されている評価シートを参考に平成29年度の動作報告会で導入された評価シートであり、記述評定尺度の発展形である。3段階で評価した後、Aを選択すると16から20点、Bならば11から15点、Cならば6から10点というように、さらに細分化した評価を行う。

図4は最終報告書の評価に使用された評価シートの様式である。最終報告書の報告会は、評価者がすべての被評価者の報告書に目を通しながら比較し評価することから、順位化法に分類される。

検証の対象とした各報告会の評定法を表1に示す。

*1 生産電子情報システム技術科

*2 生産機械システム技術科

*3 生産電気システム技術科

(現 北陸職業能力開発大学校生産電気システム技術科)

評価項目	評価結果				
	良い (10 点)	(7.5 点)	普通 (5 点)	(2.5 点)	悪い (0 点)
計画通り課題を進めているか					

図 1 図式評定尺度による評価シートの例

評価項目	採点基準			
システム自体が完成しているか(動くか)	していない	0 点	している	50 点

図 2 チェックリスト法による評価シートの例

区分	評価項目	適用	評価点
1, 課題の進捗状況	A: 当初の計画通りで, 組立ては完了し, 性能・品質確認が出来る状況である.		
	B: 組立ては完成していないが, 一ヶ月以内には完了の見込みがあり, その後性能・品質確認が可能.		
	C: 組立てが大幅に遅れ, 十分な性能・品質確認の見込みがない.		

図 3 記述評定尺度による評価シートの例

項目		採点 (0~20)
1	書類の構成について, 統一性があるか	

図 4 順位化法による評価シートの例

表 1 報告会の評定法

報告会	評定法
H28 詳細設計報告会	図式評定尺度
H28 組立完了報告会	図式評定尺度
H28 最終評価会	チェックリスト法
H29 詳細設計報告会	図式評定尺度
H29 動作報告会	記述評定尺度
H29 最終資料評価会	順位化法

3. 検証方法

3.1 評価者間の評価値の相関と偏差による評価者間信頼性 評価者間信頼性は評価尺度によって κ 係数, W 係数などが適用され, 連続尺度では級内相関係数が用いられることが多い[2]. しかし開発課題実習の報告会は, 評価者の業務の都合上, 被評価者ごとに評価者の構成が変わることがあるため級内相関係数を求めることができない. そこで本稿では, 評価者間の評価値の相関と偏差から評価者間信頼性を求める.

評価者の数を N , 被評価者の数を M とした場合の評価値について考える.

元データ			評価者間信頼性の対象データ		
被評価者	評価値		被評価者	評価値	
	(評価者 a)	(評価者 b)		(評価者 a)	(評価者 b)
No. 1	5	未評価	No. 1'	8	6
No. 2	未評価	3	No. 2'	2	3
No. 3	8	6	No. 3'	7	8
No. 4	4	未評価			
No. 5	2	3			
No. 6	7	8			

図 5 評価対象データの切り出しの例

ある評価項目について評価者 i による被評価者 j の評価値を x_{ij} とする。評価者 a と評価者 b が同一の被評価者を評価したとき、二人の評価者の評価値の偏差 e_{ab} を

$$e_{ab} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (x_{aj} - x_{bj})^2} \quad (1)$$

とする。

ここで M は二人の評価者が共通で評価した被評価者の数である。例えば図 5 の元データに示したような評価が行われた場合、二人の評価者が評価した共通の被評価者を抜き出して評価者間信頼性の対象データとすることで、 $M=3$ として e_{ab} を求める。また、 $M < 3$ である場合、 e_{ab} は無効とした。

すべての評価者の有効な e_{ab} の平均 \bar{e} を評価者間偏差とし、評価者による評価のばらつきを示す指標とする。 N 人の評価者のすべての e_{ab} が有効であるならば、 \bar{e} は

$$\bar{e} = \frac{1}{\frac{1}{2}N(N-1)} \sum_{a=1}^{N-1} \sum_{b=a+1}^N e_{ab} \quad (2)$$

である。

ここで、評価者 a と評価者 b の評価の共分散を σ_{ab} 、評価者 a の評価の標準偏差を σ_a 、評価者 b の評価の標準偏差を σ_b とする。それぞれ

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{ab} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (x_{aj} - \bar{x}_a)(x_{bj} - \bar{x}_b) \\ \sigma_a = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (x_{aj} - \bar{x}_a)^2} \\ \sigma_b = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (x_{bj} - \bar{x}_b)^2} \end{array} \right. \quad (3)$$

である。ただし、 \bar{x}_a は評価者 a による評価の平均、 \bar{x}_b は評価者 b による評価の平均である。評価者 a と評価者 b による評価値の相関値 r_{ab} を

$$r_{ab} = \left\{ \begin{array}{l} 0 \quad (\sigma_{ab} \text{ のみが } 0) \\ 1 \quad (\sigma_a \text{ と } \sigma_b \text{ がいずれも } 0) \\ \frac{\sigma_{ab}}{\sigma_a \sigma_b} \quad (\text{上記以外}) \end{array} \right. \quad (4)$$

とする。

評価者全員による評価値の相関値の平均 \bar{r} を評価者間相関とし、評価者全体の評価傾向の一致を示す指標とする。 N 人の評価者のすべての r_{ab} が有効であるならば、 \bar{r} は

$$\bar{r} = \frac{1}{\frac{1}{2}N(N-1)} \sum_{a=1}^{N-1} \sum_{b=a+1}^N r_{ab} \quad (5)$$

である。

3.2 評価者間相関と評価者間偏差の基準値 一般に相関係数では、0.4 以上の値を示す場合、中程度以上の相関と判断されることから、評価者間相関の「高い」「低い」を判断する基準値を 0.4 とした。

評価者間偏差の明確な基準値を設定することは簡単ではないが、報告会で多く使用されてきた評価シートの評定尺度が 5 段階であることから、本稿では評定尺度の 1 段階に収まる評価者間偏差である 2.0 を基準とした。

3.3 評価者間信頼性による評価精度 評価者間偏差と評価者間相関によって評価者間の信頼性を分類したものを図 6 に示す。

評価者間相関が高く、評価者間偏差が小さい時、評価者間信頼性が高く評価精度も高い。

逆に評価者間相関が低く、評価者間偏差が大きい時、評価者間信頼性が低く評価精度も低い。

評価者間相関が高く、評価者間偏差が大きい時、各評価者による評価は同様の傾向を示すが評価者によってバイアスが存在し、いわゆる評価の甘い辛いが存在する状態である。

評価者間相関が低く、評価者間偏差が小さい時、被評価者の評価値が特定の値に集中し、評価者から見て被評価者の明確な優劣が認められない状態である。この場合、評価者による評価が一致しているという意味では評価精度が高いと考えることも出来るが、一方で評定尺度の設定が適切でないことなどが原因で、被評価者の差異を検出できなかった可能性もある。

4. 検証結果と考察

4.1 各報告会における評価者間信頼性 各報告会の評価者間信頼性を求めた結果を表 2 から表 7 に示す。表内の網掛けは基準値より良い値である。なお、すべての評価項目および総合評価が同列に比較できるように、すべて 10 点が満点となるように換算した。

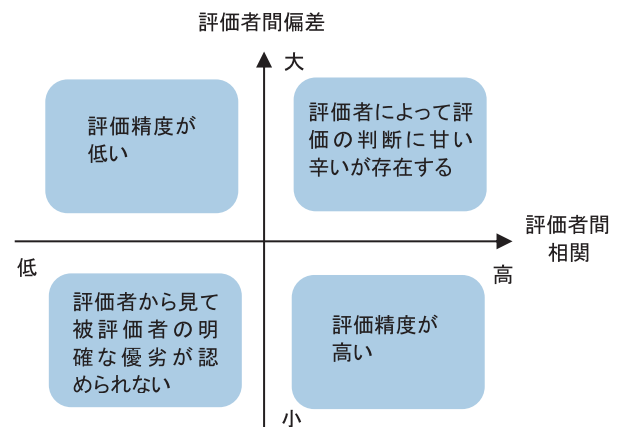


図 6 評価者間偏差と評価者間相関による評価者間信頼性の分類

表2 H28 詳細設計報告会（図式評定尺度）の評価者間信頼性

評価項目	評価者間 相関	評価者間 偏差
①計画通り課題を進めているか	0.49	2.46
②コンセプトや企画に沿った設計にまとまっているか	0.07	2.02
③問題点を把握して設計に反映しているか	0.34	1.66
④技術的裏付けとして実験、設計計算等がなされているか	0.12	2.46
⑤加工や組み立て、配線の取り回し等を考慮しているか	0.33	1.85
⑥科ごとの図面類がまとめられ、提示されているか	0.32	2.39
⑦内容を的確に表現したプレゼンテーションだったか	0.24	2.23
⑨課題に対し全員の協力体制が感じられるか	0.27	2.12
総合評価	0.59	1.45

表3 H28 組立完了報告会（図式評定尺度）の評価者間信頼性

評価項目	評価者間 相関	評価者間 偏差
①計画通り課題を進めているか	0.44	2.59
②設計完了報告会等の指摘を分析検討しているか	0.08	2.69
③図面等、設計案に従った部品加工・準備がなされたか	0.09	2.24
④組立が完了し、動作検証ができる状態か	0.28	3.18
⑤問題点を把握し、対策を進めているか	0.03	2.56
⑥設計書・設計図がまとめられ、提示されているか	0.29	2.12
⑦内容を的確に表現したプレゼンテーションだったか	0.14	2.56
⑧課題に対し全員の協力体制が感じられるか	0.06	2.08
総合評価	0.11	1.52

表4 H28 最終評価会（チェックリスト法）の評価者間信頼性

評価項目	評価者間 相関	評価者間 偏差
①システム自体が完成しているか(動くか)	0.33	3.44
②製作物はきれいにまとめられているか	0.40	3.30
③目標とした仕様を満足しているか	0.25	5.51
④安全は確保されているか	0.23	3.73
⑤各科の目標とした技術は達成されているか	0.20	5.06
⑥新規の工夫が見られるか	0.48	3.21
⑦コストが目標内に入っているか	0.20	6.44
⑧必要な図面および設計書等はそろっているか	0.03	5.99
⑨部品の交換及びソフトのメンテナンス性はよいか	0.21	6.48
⑩性能試験等の試験項目が明確化され試験がされているか	0.16	6.09
⑪各発表会等の資料がすべてそろっているか	0.45	3.86
⑫図面変更等の記録が残っているか	0.22	6.44
⑬改良点など来年以降の問題が明確化されているか	0.17	5.93
総合評価	0.16	2.05

表 5 H29 詳細設計報告会（図式評定尺度）の評価者間信頼性

評価項目	評価者間 相関	評価者間 偏差
①計画通り課題を進めているか	0.21	2.46
②基本仕様に基づいて設計しているか	0.04	2.83
③前回の報告会で指摘された事項を検討しているか	0.09	2.36
④技術的裏付けとして実験、設計計算等がなされているか	0.49	2.36
⑤図面類が提示されているか	0.20	1.90
⑥内容を的確に表現したプレゼンテーションだったか	0.44	1.73
⑦質疑に対応できているか	0.04	2.46
総合評価	0.32	1.76

表 6 H29 動作報告会（記述評定尺度）の評価者間信頼性

評価項目	評価者間 相関	評価者間 偏差
①課題の進捗状況	0.50	1.40
②目標の達成状況	0.52	1.38
③アイデア	0.13	1.35
④技術要素	0.15	1.81
⑤安全性	0.09	1.56
総合評価	0.45	0.96

表 7 H29 最終資料評価会（順位化法）の評価者間信頼性

評価項目	評価者間 相関	評価者間 偏差
①書類の構成について、統一性があるか	-0.04	1.99
②記述が具体であるか	0.02	1.73
③内容が正確であるか	0.04	1.83
④資料がそろっているか	0.12	1.77
⑤取り扱い説明がわかり易いか	0.07	1.59
総合評価	-0.06	1.52

結果が示すように、評価精度の悪い（評価者間相関が低く、評価者間偏差が比較的大きい）評価項目が多く見受けられ、各評価者の評価基準が揃っていない評価項目が少なくないことが明らかとなった。また評価精度の悪い評価項目の数は評価シートによって異なり、評価シートの評定法の違いにより評価精度に差があることがわかる。

4.2 各評価シートの評価精度 表 2 から表 7 に示した結果に基づいて、評価方法ごとに、設定された評価項目の内、相関が認められた（評価者間相関が 0.4 以上）評価項目が占める割合を表 8、相関が認められた評価項目の評価者間偏差の平均を表 9、相関が認められなかった評価項目の評価者間偏差の平均を表 10 に示す。

図式評定尺度とチェックリスト法は、評価者間相関

の相関が認められた評価項目数は全体の 20%前後に留まった。さらに相関が認められた評価項目の評価者間偏差が比較的大きいことから評価の甘い辛いが存在していることが判る。また、相関が認められなかった評価項目は、評価者間偏差が比較的大きいことから、評価精度が低いといえる。

記述評定尺度は、評価者間相関の相関が認められた評価項目数は全体の 40%を示し最も高い値であった。さらに相関が認められた評価項目の評価者間偏差が比較的小さいことから評価精度が高いといえる。また、相関が認められなかった評価項目は、評価者間偏差が比較的小さいことから、被評価者の明確な優劣が認められなかったと考えられる。

順位化法は、すべての評価項目で、評価者間相関の

表 8 相関が認められた評価項目の占める割合

記述評定尺度	40%
チェックリスト法	23%
図式評定尺度	17%
順位化法	0%

表 9 相関が認められた評価項目の評価者間偏差の平均

記述評定尺度	1.39
図式評定尺度	2.28
チェックリスト法	3.46
順位化法	—

表 10 相関が認められなかった評価項目の評価者間偏差の平均

記述評定尺度	1.57
順位化法	1.78
図式評定尺度	2.32
チェックリスト法	5.51

相関が認められなかったことと評価者間偏差が比較的小さいことから、被評価者の明確な優劣が認められなかったと考えられる。

以上の結果から、相関が認められた評価項目の割合の高さとすべての評価項目で評価者間偏差が小さかったことから、今回比較した中では記述評定尺度が報告会の評価シートに最も適していると考えられる。一方、図式評定尺度とチェックリスト法は報告会の評価シートとして多く使用されてきたが、その評価精度は悪く、評価者の評価基準をそろえる効果が低いことがわかった。順位化法については、3.2 節で述べたように評価精度を高いと判断するか否かはさらなる検討が必要である。また最終資料のように比較しながら評価できる場合と異なり、発表を伴う報告会では、順位化法の適用が向かないことも考えられる。

4.3 評価項目ごとの評価値と総合評価の比較 評価値は評価項目ごとに評価した項目別評価とは別にすべての項目別評価を集計した総合評価がある。評価者間信頼性について項目別評価と総合評価を比較した結果を表 11 と表 12 に示す。表内の網掛けは総合評価の方が良い値を示した評定法を示す。

評価者間相関では図式評定尺度と記述評定尺度において総合評価の相関が高まっていることと、評価者間偏差ではすべての評定法で総合評価の方が小さな値を示したことから、評価項目ごとに評価した結果より集計した総合評価の方が、評価精度が高まる傾向が認められた。また評価精度の良い評価項目から求めた総合評価の方が、評価精度が良くなる傾向も認められた。

表 11 項目別評価と総合評価の評価者間相関

評定法	項目別評価の評価者間相関の平均	総合評価の評価者間相関
図式評定尺度	0.21	0.34
チェックリスト法	0.26	0.16
記述評定尺度	0.28	0.45
順位化法	0.04	-0.06

表 12 項目別評価と総合評価の評価者間偏差

評定法	項目別評価の評価者間偏差の平均	総合評価の評価者間偏差
図式評定尺度	2.31	1.58
チェックリスト法	5.04	2.05
記述評定尺度	1.50	0.96
順位化法	1.78	1.52

5. 評価精度を高める方策

報告会の評定法を記述評定尺度とし、評価シートには評価基準を文章で具体的に示すようにする。

被評価者の最終評価値は高い信頼性が見込めることから、項目別評価を集計した総合評価を採用する。ただし評価項目の評価精度が高いことが必要であるため、評価精度の低い評価項目は、評価基準の文章を見直すか評価項目そのものを削除するなどの対応が必要である。また安易に評価項目を設定するなどして総合評価の評価精度を低下させないように注意が必要である。

加えて、評価項目ごとの評価結果は、被評価者の改善点の指摘などに活用されているが、評価精度が低い場合、そうした指摘の根拠に成り得ないことにも注意が必要である。

6. おわりに

報告会で使用する評価シートについて、評価精度の良い評価シートを選定するために評価者間信頼性の検証を行った。その結果、評価シートの様式によって評価者間信頼性に差があること、開発課題実習報告会には記述評定尺度が適していること、個々の評価項目と比較して集計された総合評価の評価精度は高い傾向を示すことがわかった。

文献

- [1] 橋本重治: “学習評価の研究”, pp.432-436, 図書文化社, 1977.
- [2] 対馬栄輝: “理学療法の研究における信頼性係数の適用について”, pp.181-187, 理学療法科学論文集第 17 巻 3 号, 2002.

(2018 年 10 月 17 日提出)

災害予防と訓練内容高度化を目的とした溶接実習場 訓練ブース改装工事及び溶接治具の製作について

中西英明*1, 西尾政治*2

和歌山職業能力開発促進センターの溶接加工科では、私が赴任した6年前（平成24年度）は溶接技術とともに板金加工技術、生産管理関連の訓練も実施しており、純粋な溶接以外の訓練内容も多く実施していた。その後、地域ニーズに合わせて、より高度な溶接技能を習得できるようカリキュラムの見直しを行った。また、6カ月訓練のスパンの中で効率よく技能を習得できるように実習環境の見直しも必要となった。今回（平成28年度）の改修工事等によって、応用課題（立向き・横向き・上向き・配管）を安全かつ効果的に実施することが可能となった。さらに、教材費等の面でも一定の節約効果が得られた。

Keywords：原溶接治具，バックシールド治具，ブースレイアウト

1. 緒言

和歌山職業能力開発促進センター溶接実習場の溶接ブース内は、かなり以前から使用されていたものであり、老朽化が著しいため訓練中の災害の可能性があった。また応用課題（立向き・横向き・上向き・配管）ができないといった問題もあったため、訓練終了後の時間を利用し40か所の溶接ブース内の作業台、治具関連すべてを担当指導員で製作し作り変えた。また、それに伴いTIG溶接用バックシールド治具も新たに設計・製作した。

2. 旧溶接作業場

2.1 被覆アーク溶接（20ブース） 今まで使用していた作業台・溶接治具は母材を固定するネジが弱く作業性が悪いものであり、そのため訓練中に鋼材が落下することも頻繁に起こっていた。

また作業台の高さが変更できないうえに位置が高く、下向き溶接の場合、作業者の腕が異常に持ち上がり、困難な体勢を強いられていた（図1）。



図1（旧）被覆アーク溶接作業台の高さ

2.2 半自動溶接（10ブース） 被覆アーク溶接と同様に、使用していた作業台・治具は、図2のように母材を固定するネジが弱く作業性も悪いものであり、そのため訓練中に鋼材が落下することも頻繁に起こっていた。また作業台は、テーブル形で高さの調整が不可能であった。さらに図3のように作業者の足の置き場に困る状態でもあった。



図2（旧）半自動4溶接作業台の母材取り付け治具



図3（旧）半自動溶接作業台全景

2.3 TIG溶接（10ブース） 作業台は単純なテーブルで応用姿勢（立向き、横向き、上向き、配管）の溶接訓練はできない状況であった（図4）。

また、作業台と溶接機の間にはブースの壁があり、溶接電流はリモコンで調整できるものの、値を確認するためにはブースを出て溶接電源を確認する必要があった。



図4（旧）TIG溶接作業台全景

*1 和歌山職業能力開発促進センター 溶接加工科

*2 関西職業能力開発促進センター 溶接技術科

3. 新溶接作業場 (25 ブース)

新たに設計・製作した訓練ブースは今後のメンテナンス性を考慮し被覆アーク溶接, 半自動溶接, TIG 溶接すべて共通の構造として使いまわしができるようにした (図 5).

また, 作業テーブルはいろいろな溶接姿勢で訓練できるように, 材料の高さ, 向きが自由に設定できる構造とした. さらに溶接技能者評価試験 (JIS 検定) の薄板 (t3.2) から厚板 (t19 パイプは t20 以上) までしっかり固定できる構造とした.



図 5 ブースの状況

3.1 支柱構造 厚板配管 (200A・t20 以上) を確実に支持するためコンクリート床にアンカーボルトで固定した (図 6).



図 6 アンカーにて固定

3.2 高さ・角度の調整 鋼管を用いてアイボルトにて固定できる構造とし, 高さや角度を自由に調整でき, かつ安全面を考慮して確実に固定できるものとした (図 7).

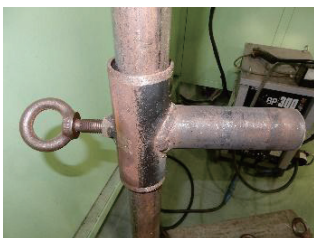


図 7 アイボルト固定

3.3 材料支持 薄板~厚板 (仕様: 0~約 30mm) まで安全面を考慮して確実に固定できるものとした (図 8).



図 8 材料取り付け部

3.4 作業台 高さを自由に変えられ, またメンテナンス性を考えて取り外しを容易にした (図 9).



図 9 作業台

4. 溶接治具使用例

無理のない姿勢で訓練・鍛錬することが訓練効果を上げる上で重要であることから, 訓練生毎に材料との距離を自由に設定できるようにした. また, 応用姿勢での様々なポジションにも対応が可能で, 応募先の会社の仕事を想定した訓練も可能である. 図 10 から図 14 は治具を使って材料を固定した例である.



図 10 手・半自動溶接 立向固定例



図 11 手・半自動溶接 横向き固定例



図 14 配管溶接作業例



図 12 手・半自動溶接上向き溶接作業例



図 13 TIG 溶接立向き溶接作業例

5. TIG 溶接用バックシールド治具

ステンレス鋼のTIG溶接において裏波溶接を行う場合、ステンレス鋼は酸化されやすいため裏面も不活性ガス（アルゴンガス：Ar）で大気より保護する必要がある（バックシールド）。しかし、以前からあったバックシールド治具は数も少なく信頼性も低いため、ステンレス鋼の裏波溶接の訓練ができない状況であった。それを改善するため、溶接ブースの工事終了後新たに制作した作業ブースに合わせてTIG溶接用バックシールド治具を設計・制作した。併せてバックシールドガスを使用しないアルゴン不要型の治具も追加制作した。

5.1 バックシールド治具（アルゴン流出型）

従来から使用されているもの（図 15）で、取り付けを容易にし（図 16）ガスの噴出穴、数、間隔を工夫しアルゴンガスの消費量を節約した。また、治具内のガスの容積を削減し、コックを開いてから溶接開始までの時間を 10 秒以内にした。

使用頻度が増えてくると溶接による熱で治具本体がひずみを生じてくる。そこで、ひずみを極力軽減するために、治具本体の板厚を可能な限り厚くして、ガスを出すための溝を板厚の途中までとし裏側には補強も兼ねた等辺山形鋼でガスの通路を確保した。また、取り付け部分にも比較的大型の溝形鋼を使用した。



図 15 アルゴン流出型



図 16 治具取り付け箇所

5.2 バックシールド治具（アルゴン不要型）（図 17）

裏からのシールドガスを使用せず、トーチ側からのガスを治具の溝（図 18）に溜めて保護する。裏波溶接のテクニックの一つであるキーホールを確実に作らないと十分なシールド効果が現れない。したがって訓練生の技能の習得状況を一目瞭然で把握することができる。すなわち、「きれいな裏波＝キーホールができています」これは、訓練生自身でも技能習得の可否の判断ができるという利点もある。



図 17 アルゴン不要型

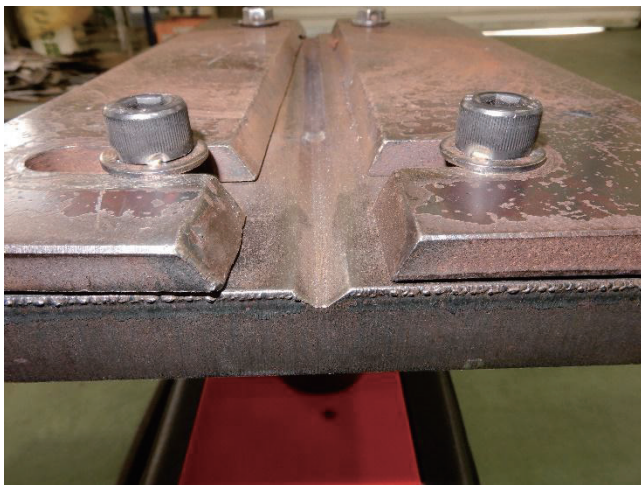


図 18 シールドガスを溜めるための溝

6. 訓練における効果

新しい溶接の作業環境により、応用課題（立向き、横向き、上向き）溶接の練習が効率的にできるようになり、また訓練中に材料を落下させる不安も大幅に減少した。以前はブースのいたる所で誤って落下させた音がしていたが、それを聞くことがなくなった。また、TIG 溶接の裏波溶接実習の時のアルゴンガス使用量が約半分になった。結果限られた予算のなかで、他の溶材や材料を訓練で体験させることができるようになった。

7. 施設貸与における効果

溶接技能者評価試験（JIS 検定）においては、すべての溶接機に対して同時に作業を行う必要があるため、ブース幅を大きめに取り、中央に衝立を置いて可能とした。（図 19）



図 19 ブース内レイアウト（半自動・TIG）

8. 結言

当センターの旧溶接実習場はカリキュラムの応用実習が十分にできる環境ではなく、また安全面においても訓練災害がいつ発生してもおかしくない状況であったため、従来の訓練ブースをすべて廃棄し作り直した。半年がかりの大工事であったが、新しい作業環境になってからは、作業中の溶接材料の落下もなく安全面においては格段に向上した。また訓練の進捗状況により、次々と応用課題に移ることができるため、訓練生の技能レベルも以前よりもかなり高いものとなった。また当センターを利用して年 7 回実施されている溶接技能者評価試験（JIS 検定）においても、実施団体である溶接協会や試験受験者から、「より使いやすくなり安全性も高められた」と高評価を頂いているところである。

溶接の技能はカン・コツの部分が多く、言葉だけでは伝えることはできない。また、このカンドコロを効率よく訓練生に伝えるには、指導員と訓練生がともに視野を共有できるポジションにてやって見せ・やらせてみるのが重要であると考えます。

時間と労力は費やしたが、このコンセプトに従って治工具や教材を作成するのが最善だと思われる。作成過程で自身の学習にもなり、訓練のアイデアも生まれてくる事もある。また、職場のコスト削減にも貢献できた。

（2018 年 10 月 22 日提出）

IoT セミナー（PLCによるセンサ活用と省配線技術）の開発

百軒 功*

近年の製造業は、顧客ニーズの多様化、価値創造の複雑化、グローバル競争における自社事業の強みの見極めなど様々な課題と相まって、競争上の新たな機会と脅威にさらされている。加えてIoTの進展により、生産に関わる全てのデータを使った最適な経営の実現が可能となり、より一層の生産性の向上が求められている。また、我が国におけるIoTやAI・ビッグデータの活用状況は、世界の主要国の水準と比べると非常に低い。これはIT技術者がIT企業に大きく偏っていることに起因すると考えられる。このことから、第10次職業能力開発基本計画における生産性向上に向けた人材育成の強化のうち、工場の生産ラインの高度化を推進するための、ものづくり産業に係わるITに関連した在職者訓練コースの充実・強化が必要である。また、企業ニーズや業界の動向などについての予備調査及び「ものづくりICT訓練コースの考え方」を参考に、新たなコースを効果的に受講できるように、開発コースに含まれる能力要素を段階的・体系的に整理して訓練コースの企画をした。[1]

1. 緒言

IT導入は「コスト削減、業務の効率化」や「製品品質の向上、サービス品質向上」など生産性の向上につながっており、各種データの活用により「生産効率、業務効率の向上」や「顧客満足度の向上」などの効果もあがっていることが分る。このことから生産ラインにおいて、今まで以上に緊密なデータが必要でなおかつ双方向の通信が必要である。特に設備の末端であるセンサ情報は重要で従来は一方通行でのやりとりしかできなかった。それを双方向で通信できるセンサに換えることによりインターネットによるデータ管理や生産性向上等に多大に寄与することが想像できる。従って、このような機器を活用するセミナーが必要不可欠であると判断し、企画するに至った。

2. モノのインターネット（IoT）

3つのパーツで構成されている(図1)。

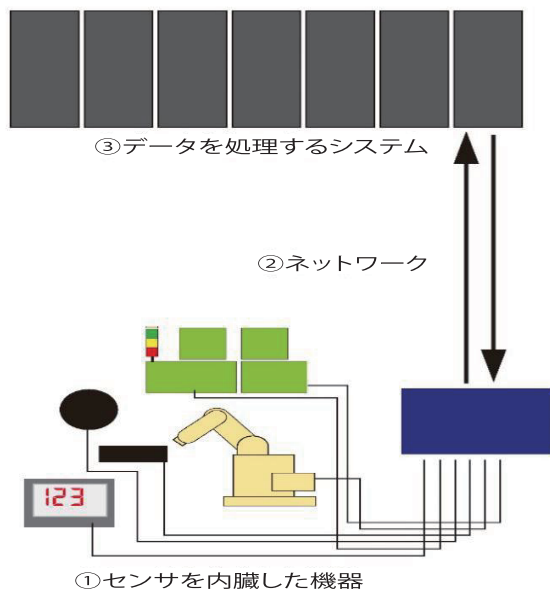


図1 モノのIoTの構成[2]

①世界中でどれだけのモノがつながっているか？

2010年 約125億個

2012年 約250億個

そして、将来は？

2020年 約500億個

②IoTに積極的な業種は？

位置情報や工場の電力監視などは有名だ、他にもこんなところで使われている。

産業用機器 18%

通信/ハイテク 17%

自動車 17%

③IoTセンサデータの製造業での用途は？

多彩な戦略的用途に使われている。

機器の監視 62%

機器の保全/保守 49%

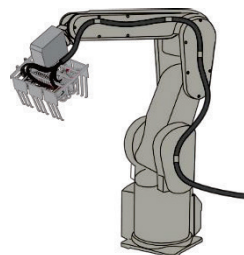
製品の使用状況の把握 30%

機器のアップグレード 27% [2]

3. 従来センサの問題点

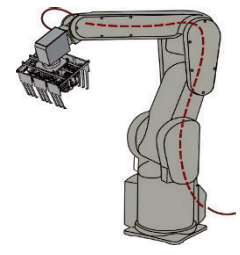
- ・検知はするが、センサ自身の状態や故障の判断がつかない。
- ・センサ数が多いと配線が多くなり、配線作業や電線数が増える。
- ・ロボット等センサが多い機器は配線が困難である(図2)。

従来センサ



センサの数だけ
電線数が増える。

ネットワークセンサ



センサが増えても
配線は増えない

図2 アームロボットセンサ配線[2]

* 関西職業能力開発促進センター 電気・電子系

4. ネットワークセンサの利用

ネットワークセンサを利用すると生産現場の見える化ができました、省配線とセンサの診える化で生産現場のIoT化に貢献できる(図3)。



図3 IoTのイメージ[2]

4.1 従来型のセンサ 従来型センサの配線イメージを図4に示す。

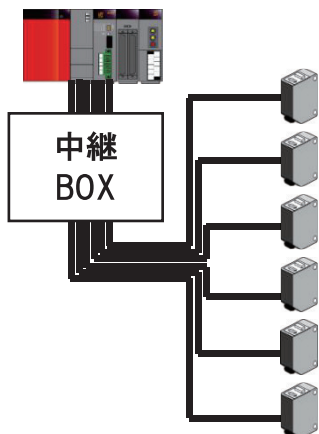


図4 従来型センサ[2]

4.2 ネットワークセンサ ネットワークセンサの配線イメージを図5に示す。

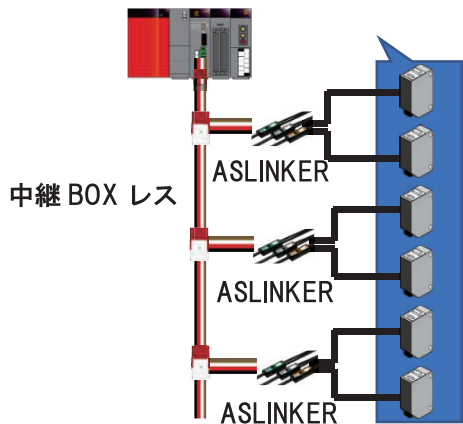


図5 ネットワークセンサの配線[2]

4.3 導入効果 生産現場に目を向けてみると、数多くのさまざまなセンサが使用されており、センサに関するトラブルが日々絶えない状況となっている。

そこで、ネットワークセンサを導入すると下記のような効果が期待できる。また、その導入例を図8に示す。
・センサに関するトラブルを解消し、生産効率を向上できる。(図6、図7参照)

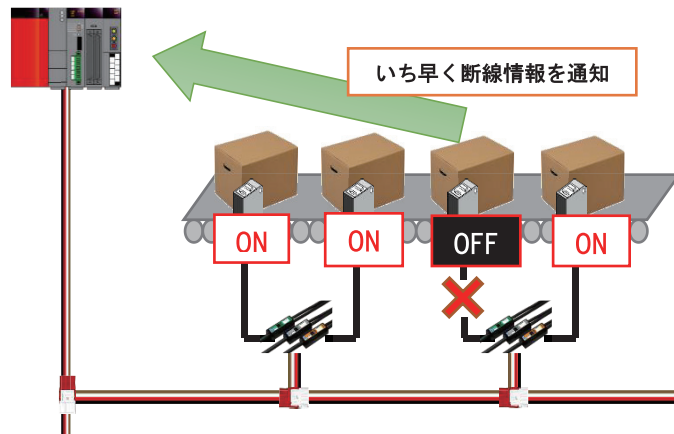


図6 断線検知[2]

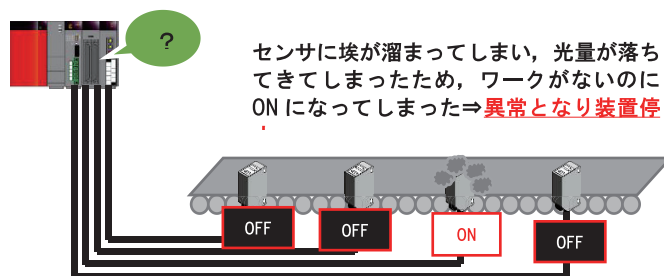


図7 センシングレベルの監視[2]

- ・高価な専用ケーブルを使用せずに、安価なキャプタイヤケーブルを使用することも可能。
- ・ケーブルは2芯で電源に信号を重畳して伝送。負荷容量が大きな場合は、4芯にしてローカル給電も可能。
- ・伝送ラインの分岐方式に制限がなく、自由に配線可能。
- ・圧接コネクタを使用することにより、誰でも簡単に分岐が可能。
- ・高いノイズ耐性で伝送への影響が少なく、安定稼働が可能。

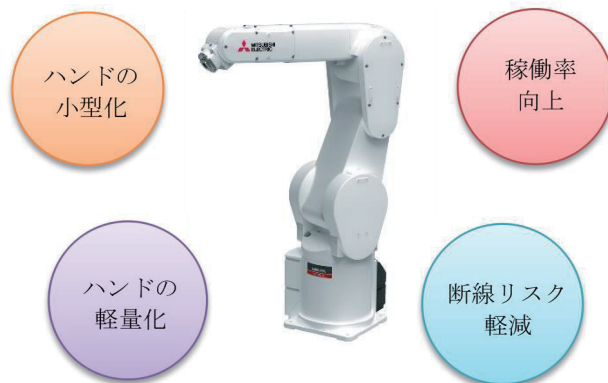


図8 ロボットでの導入効果例[2]

- ネットワークセンサはネットワーク層では最下層になるが PLC と通信することにより、インターネットとの接続も可能で生産ラインの遠隔管理もできる。(図9参照)

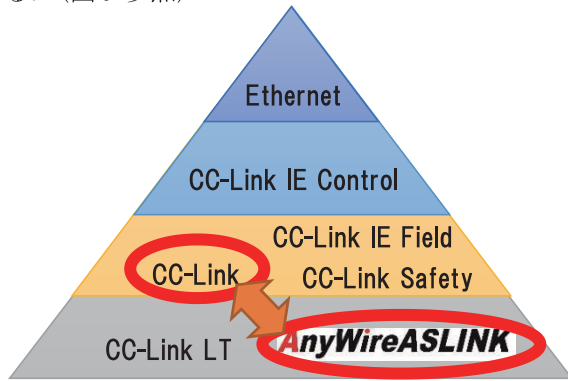


図9 ネットワークセンサ階層[2]

- 生産現場の「見える化(キューブ):見える(可視化), 観える(分析), 診える(改善)」と「使える化」による「生産性」「品質」「環境性」「安全性」「セキュリティ」が向上し、企業のトータルコスト削減、企業価値の向上が見込める(表1).

表1 費用対効果表[2]

	①従来型省配線	②AnyWireASLINK ASLINKER	③AnyWireASLINK ASLINKSENS
ライン停止回数(年間)	4回 (断線2回、誤検知2回)	4回 (断線2回、誤検知2回)	1回 (断線0回、誤検知0回)
ライン停止時間	4時間 (断線2時間、誤検知2時間)	2時間20分 (断線20分、誤検知2時間)	20分 (断線20分、誤検知0分)
機会損失額 ※完成車メーカーの例 10分で3千万円	7.2億円	4.2億円	6千万円
AnyWireASLINK 革新的省配線機能	なし	センサのトラブルが多い「ケーブル断線」「コネクタ接触不良」を検知し、原因箇所を迅速に究明	センサのトラブルが多い「ケーブル断線」「コネクタ接触不良」を検知し、原因箇所を迅速に究明
AnyWireASLINK センサの診える化機能	なし	なし	センシングレベル監視で、誤検知が起きる前にメンテナンスし、不良品やライン停止による損失を回避

5. セミナー展開

5.1 機構での IT に関する在職者訓練の実施・カリキュラム整備状況

- 機構におけるものづくり ICT 訓練の考え方 ものづくり分野の訓練には、加工、組立、設計、工事、施工等(直接生産型)の職業能力を習得する訓練と、生産管理、品質管理、設備保全、教育訓練、安全衛生(間接支援型)の職業能力を習得する訓練がある。ものづくり企業が提供する製品自体や製品開発のプロセスにおいて ICT の占める役割の重要性は増加の一途をたどっており、ものづくり分野において、ICT は欠かせない要素となっている。

ものづくり企業における情報は大きく3つに分けられ「生産関連情報」、「経営計画関連情報」、「協力会社と共有する情報」である。このうち「経営計画関連情報」については、経営判断の要素が強く、経営資源の動向・調達・活用・管理等の情報であることから、対象から除外する。また、「協力会社と共有する情報」のうち、経理処理や企業間信頼的な要素が強いものについては、機構が定めた在職者訓練の設定基準に馴染まないため、対象から除外している。[1]

表2 ものづくり ICT 分野における在職者訓練コースリスト[1]

大分類	中分類	小分類	分類番号	コース名	訓練時間	
設計・開発	制御システム設計	シーケンス(PLC)制御設計	A401-101-3	C言語によるPLC制御技術	12	
		マイコン制御設計/パソコン制御設計	A402-101-3	FPGAによるCMOSカメラ制御技術	12	
		画像処理/信号処理設計	A404-101-3	オープンソースによる画像処理製品検査システム開発	18	
		メカトロニクス設計(ロボット含む)	A405-101-3	力覚伝送技術によるスキルアキジションシステムの構築技術	12	
	生産システム設計	生産自動化設計		A502-101-3	タブレット型端末を利用した通信システム構築	12
				A502-102-3	無線センサネットワーク活用による製造現場監視技術	18
				A502-103-3	クラウド対応アプリケーション開発技術(クラウドサイド編)	18
				A502-104-3	クラウド対応アプリケーション開発技術(携帯端末編)	18
				A502-105-3	工場内ネットワークの作り方	12
				A502-106-3	製造現場におけるLAN構築・活用技術	18
		生産設備設計		A502-107-3	Web-DBシステムを利用した保全作業支援システムの構築	24
				A503-101-3	ICTを活用した工場内トレーサビリティシステムの構築	30
	電力・電気設備設計	省エネルギー/蓄電設備設計		A603-101-3	ICTを活用した工場内エネルギー監視システムの構築	30
				A603-102-3	Web電力管理システム開発技術	12
検査	通信設備・通信システム	測定・検査	A703-103-3	無線通信を利用した計測管理技術	12	
		測定・検査情報支援(CAT含む)	D106-101-3	ICTを活用した画像処理による不良品検査システムの構築	24	
保全・管理	生産設備保全	生産システム保全	X102-101-3	ICT活用による製造現場の危機管理支援技術	12	
		生産計画/生産管理	X301-101-3	PHP&XMLによるWebアプリケーション構築技術	18	
	工場管理	工程管理/技術管理	X302-101-3	ICTを活用したセル生産	18	
		原価管理/在庫管理	X305-103-3	製造業のための在庫管理業務効率化	18	

- 機構が実施するものづくり ICT 分野における訓練コース 機構が実施するものづくり ICT 分野における訓練コースの分野としては、大きく「設計・開発」、「検査」、「保全・管理」であり、中でも「設計・開発」における「生産システム設計」の占める割合が多い。(表2参照)[1]

5.2 訓練カリキュラム開発 訓練カリキュラムの開発に当たっては、事業主の抱える問題の解決の一助となるであろうカリキュラムであること。また、既存コースのブラッシュアップを含め、不足する要素・分野を保管するカリキュラムであることから、私自身の専門分野、ICT関連のニーズに基づきセンサ関連のコースを企画立案するに至った。

コース名:「PLCによるセンサ活用と省配線技術」

カリキュラム内容:次ページの表3参照

実施時期:2018年7/10,11 2018年11/21,22

実施日数:2日

使用機材:次ページの図10参照

- PLC:三菱Q02H
- プログラミングツール:GX-Works2
- PLCユニット:ASLINK マスタ
- 従来型センサ
 - 近接センサ
 - 光電センサ
- ネットワークセンサ
 - AnyWire 製各種近接センサ
 - AnyWire 製各種光電センサ
- AnyWire 製小型表示ユニット
- AnyWire 製アドレスライタ
- AnyWire 製各種コネクタ
- 各種工具
- 製品固定版
- 製品収納BOX

表3 訓練カリキュラム[1]
カリキュラムシート

訓練分野		電気・電子系	訓練コース	PLCによるセンサ活用と省配線技術	訓練時間	授業時間	
訓練対象者	自動化設備の設計・保守業務に従事する技能・技術者等であって、指導的・中核的な役割を担う者又はその候補者						
訓練目標	自動化設備の効率化、予防保全をめざして、生産ラインで使用されている代表的なFAセンサ（光電センサ、近接センサ等）について学び、PLCとの接続を練習を通して実践的に習得する。また、省配線とセンサ情報の見える化に注目し、省スペースおよび予防保全に効果的な技術を習得する。						
教科の細目	内 容				訓練時間	授業時間	
1. コース概要	(1) 訓練の目的 (2) 専門的能力の構成				0.5		
2. センサの概要と近接センサ	(1) センサ概要 (2) 近接センサ イ. 近接センサの動作原理、特徴 ロ. 近接センサの分類 ハ. PLCへの配線練習				2.5	1.5	
3. 光電センサ	(2) 光電センサ イ. 光電センサの性質、特徴 ロ. 光電センサの分類 ハ. PLCへの配線練習				3.0	1.5	
4. センサレベルネットワーク	(1) 通信の種類と概要 (2) システム構成 (3) センサと省配線について (4) アドレス設定 (5) センサ情報の取得				3.0	2.0	
5. 総合練習	(1) センサレベルネットワークのシステム構築（PLCとの接続） (2) 故障排除の練習 (3) 動作確認、デバッグ				2.5	2.0	
6. まとめ	(1) 実習の全体的な振り返りおよび確認・評価				0.5	0.5	
訓練時間合計					12.0	7.5	
使用器具等	PLC、通信ユニット、省配線機軸（センサ、ケーブル）、パソコン、プログラミングツール、負荷装置、工具						
養成する能力	生産性の向上を実現できる能力						

6. まとめ

今後、生産ラインが高度化するにつれて、ますます工場においてもIoT化が進むと予想される。そのためIoT関連のセミナーの拡充が必要となってくるので、今回のセミナー企画を最初の一步とし、積極的な展開が必要不可欠だと考える。

今回のセミナーを受講した会社では、センサに関するトラブルを解消し、生産効率向上、ダウンタイム短縮に貢献できると期待する(図11)。



生産効率
向上

ダウン
タイム
短縮

図11 生産性向上のイメージ[2]

5.3 実習機材 実習機材に関しては持ち運びが簡単にできるように1人分が1ケースに収まるようにキット化し、格納時はケースを積み重ねて収納できるようにした。

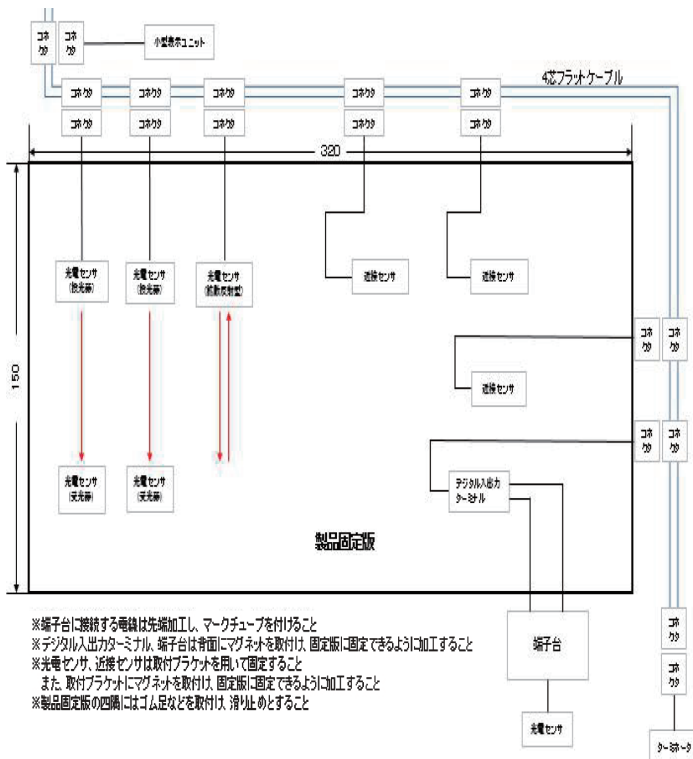


図10 教材イメージ図

7. 今後の課題

- ・開発コースの普及・展開に向けた指導員の育成。
 - ・内容や難易度などのミスマッチが発生しないような広報用パンフレットの作成。
- などが挙げられる。

8. 結言

今年度は実施が確定しており、セミナーアンケート等を通じて更なる改良、新規セミナーの開発にまい進したいと考えている。

文献

- [1] 職業能力開発総合大学校基盤整備センター
在職者に対する高度なITの訓練に関する調査研究 教材情報資料 No.122.
- [2] 株式会社エニイワイヤ 各種プレゼン資料

(2018年10月24日提出)

シリコン深掘り (DRIE) 装置を使った電子デバイスの開発

村上修一*, 佐藤和郎*, 田中恒久*, 宇野真由美*

大阪産業技術研究所で, Bosch プロセスシリコン深掘り (DRIE) 装置を活用して開発している微小な電子デバイス (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS) の内, 振動発電素子, 音響センサ, ブレイン・マシン・インターフェース (BMI) を紹介する. 垂直にシリコンをエッチングできることに特徴を持つ DRIE 装置により設計の自由度が増し, かつ設計通りの形状・大きさ精度が得られ, MEMS デバイスの高性能化を実現している.

Keywords : MEMS, シリコン深掘り, DRIE, 振動発電, 聴覚中枢系補綴器, 音響センサ, BMI

1. 緒言

近年, フォトリソグラフィやプラズマエッチング, 高機能性薄膜作製技術などを主とした半導体微細加工技術を応用することにより, 微小な電子デバイスの開発が活発に行われている[1]. 2000年代に入り, デジタルカメラ, カーナビゲーション, 赤外線イメージャ, プロジェクタ, ゲーム機, スマートフォンなどに組み込まれるようになり, 一気に社会生活上において欠かせないものとなった. 一般に上記微細加工のことは Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)加工, 同加工により作製されたデバイスは MEMS あるいは MEMS デバイスと呼ばれることが多い. 本稿では, それぞれ MEMS 加工, MEMS デバイスと記述することにする.

大阪産業技術研究所 和泉センター (旧 大阪府立産業技術総合研究所) は, 30年以上前から企業や大学と共同で文字通り産学官連携により, あるいは独自に MEMS 加工技術や MEMS デバイスの開発を行ってきた長い歴史を有している. その事例を挙げると赤外線センサ, 超音波センサ, 匂いセンサ, 圧力センサ, 歪みセンサ, 流量センサ, 温度センサ, 振動発電デバイス, ブレイン・マシン・インターフェース (Brain-Machine Interface : BMI) など枚挙に暇がない.

特に, 平成 27 年度に当研究所に導入したシリコン深掘り (Deep Reactive Ion Etching, DRIE) 装置により, MEMS 加工技術の高度化を図った. 導入前では不可能だった構造を形成することができるようになり, より高性能な MEMS デバイスの開発が可能になった.

本稿では, まず MEMS について, さらに DRIE 装置のエッチング原理や加工事例について簡単に述べる. 次に DRIE 装置を活用した開発事例として, 1) 振動発電デバイスと, 2) 聴覚中枢系補綴器のフロントエンド・デバイスとして開発中の音響センサ, BMI について紹介する.

2. MEMS とは

2.1 MEMS の特徴 MEMS の定義については研究者や技術者間でも若干の違いがあるように見受けられる. 最大公約数的には, 「センサ, アクチュエータ, 電子回路等の機能を持つ素子をシリコン基板上などに形成した小型デバイス, あるいはそれらの素子を同一基板上に

集積化することによって, 小型ながら複雑で高度な働きをするシステムデバイス」といえるのではないかと考えている.

図 1 に示すように, 部品を集めて組み立てながらデバイスを作製する機械加工とは対照的に, MEMS 加工では, まず基板を準備して, 製膜, フォトリソグラフィによるパターニングを複数回繰り返してデバイスを形成, 完成させることが多い. これにより, 図 2 のように同一基板上に多数の素子を同時に作製することが可能になる[2]. つまり, ある一定以上の歩留まりが確保できれば, 企業は少なからぬ利益が得られることになる.

MEMS 加工において, 基板として硬くて平坦で薄いシリコンウェハを使うことが多いが, 最近はフレキシブルなプラスチック基板上に印刷技術などで有機材料の塗布を繰り返して電子デバイスを形成する研究開発も活発に行われている[3].

なお, MEMS の特徴の一つとしてスケール効果も挙げておきたい. 私たちはセンチメートル, メートルオーダーの世界で日常生活を送っているが, MEMS デバイスでは主にマイクロメートルという単位を使用するのが適切な構造体を扱っている. 超 LSI のように量子効果が生じるナノメートル領域ではなく, 構造体の運動や動作を支配する方程式は古典的なニュートン力学の世界と変わらないが, 方程式の中のどの項が支配的になるのかが異なってくる.

一例として, お湯は小さな容器に入れると瞬間的に冷めるという経験的に当たり前の現象が挙げられる. これは, 体積に比例する熱容量よりも表面積で決まる熱伝導が支配的になるからである. 例えば, MEMS デバイスでよく使用されるマイクロヒータでは, ダウンサイジングにより熱容量が小さくなり低電力でその温度を上げることができる. したがって, マイクロヒータを搭載した熱式流量センサやガスセンサの低消費電力化を実現することができる. また, 熱型赤外線センサでは赤外線受光部の熱容量を低くし, ヒートシンクへの熱伝導を調整することにより, 高感度でかつ高速なセンシングを可能とする. このように, デバイスの微細化によるスケール効果により省電力化, 高性能化を図ることができるのも MEMS の特徴の一つである.

* 地方独立行政法人 大阪産業技術研究所 和泉センター
電子・機械システム研究部 電子デバイス研究室

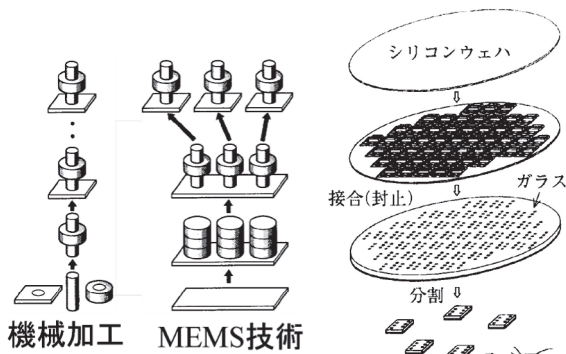


図1 機械加工と MEMS 加工の比較 [2] 図2 同一基板上に多数の素子が同時に作製可能

2.2 MEMS の応用 諸説あることを承知の上で、MEMS 応用の歴史について簡単に述べたい。1970 年前後の豊田中央研究所の半導体圧力センサ、あるいは米 Stanford 大学の Si 基板上のガスクロマトグラフの開発が MEMS の始まりとされることが多い。1980 年代になり、Si 基板を使った圧力センサが自動車のエンジン制御向けに実用化された。1990 年代では圧力センサは血圧計などへ応用され、加速度センサが自動車のエアバック用へ実用化された。またプリンタのノズルへの応用など応用範囲がじわりと拡大されていった[4]。

2000 年代に入ると、先述したように身近な電子機器に組み込まれるようになったが、2010 年代からスマートフォン製品群を中心に、爆発的にす野が広がっている。例えば、スマートフォンに組み込まれている MEMS デバイスとして、加速度センサ、GPS センサ、地磁気センサ（電子コンパス）、ジャイロセンサ、照度センサ、圧力センサ、SAW (Surface Acoustic Wave) デバイス、マイクロフォンなどが挙げられる。もはや、MEMS デバイス抜きには IT 社会は成り立たないと言っても過言ではない。この他、走査型プローブ顕微鏡用の探針、DNA チップ、BMI など製造・検査やバイオ・医療分野においても活発に研究開発が進み、実用化が進んでいる。また、モノのインターネット (IoT) 社会実現に欠かせない環境発電分野においても今後の発展が期待されている。

3. シリコン深掘り (DRIE) 装置

MEMS デバイスの高性能化や応用分野の拡がりには MEMS 加工技術の発展が大きく寄与していることは言うまでもない。本章では、MEMS 加工で代表的な作製プロセスの一つであるシリコン深掘りエッチングについて述べる。

3.1 エッチングの原理 大阪産業技術研究所は SPP テクノロジーズ株式会社から Bosch プロセス DRIE 装置 (MUC-21 ASE-SRE) を導入した。Bosch プロセスでは、図 3 に示すようにエッチング工程と保護工程の 2 つの処理を繰り返す。保護工程では、テフロン系ガス (C_4F_8) を用いてエッチング側壁を保護する。側壁を保護することで横方向のエッチングを抑制する。エッチング工程では、六フッ化硫黄 (SF_6) ガスを用いてシリコンの等方エッチングを行う。これら 2 つの工程を繰り返すことで結果的にアスペクト比の高いエッチングを可能

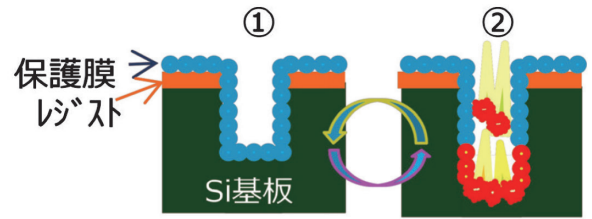


図3 DRIE 装置の①保護工程と②エッチング工程

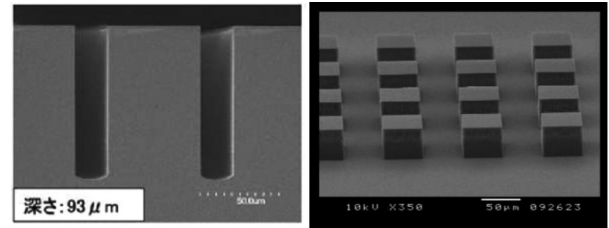


図4 DRIE 装置によるシリコン深掘り加工例

としている。側壁の基板面に対する角度はほぼ垂直にすることができるので、フォトリソグラフィのパターン形状を損なうことなく、寸法精度が良い立体構造を形成することができる。

また、シリコン酸化膜のエッチングレートはシリコンのそれと比較して 200 分の 1 以下であることから、シリコン酸化膜をエッチストップ層として使うことも可能である。シリコン酸化膜を埋め込んだ Silicon on Insulator (SOI) 基板を加工用基板として用いると、埋込み酸化膜がエッチストップ層になり、高さを揃えた柱構造や、深さを揃えた溝構造、穴構造の形成が容易となる。

従来は、シリコン異方性エッチングと言え、水酸化カリウム (KOH) 水溶液やテトラメチル水酸化アンモニウム水溶液 (TMAH) など強アルカリ性水溶液を使った手法を採用することが多かった[1,2]。同手法では、単結晶シリコンの結晶方位にエッチング面が制約されたが、DRIE 装置によりその制約が解消され、設計の自由度が増すこととなった。

3.2 加工事例 大阪産業技術研究所に導入された DRIE 装置の主な仕様は次の通りである。

- ・エッチング側壁角度 $90^\circ \pm 1^\circ$ 以下
- ・最大サイズ 8 インチ (200mm) 径シリコン基板へのエッチングが可能
- ・高速加工が可能 (最速エッチングレート: $5 \mu\text{m}/\text{分}$)
- ・アスペクト (幅: 深さ (または高さ)) 比 30 以上
- ・低スカロップ加工が可能
- ・選択比は次の通り

シリコン: フォトレジストの選択比 100 以上

シリコン: シリコン酸化膜の選択比 200 以上

ここで、スカロップとは、Bosch プロセス DRIE 装置で深掘りエッチングを行う場合、エッチング工程と保護工程を繰り返す際に側壁に生じる段々形状のことを言う。低スカロップ加工により、このスカロップを低減化させることが可能である。

大阪産業技術研究所に導入した DRIE 装置を使った加工事例を図 4 に示す。同図より、垂直な柱構造や溝構造が形成できていることが分かる。

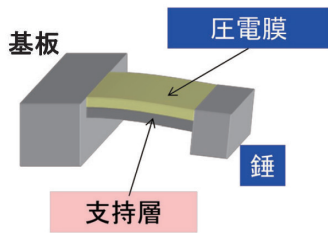


図5 圧電型振動発電素子構造の模式図

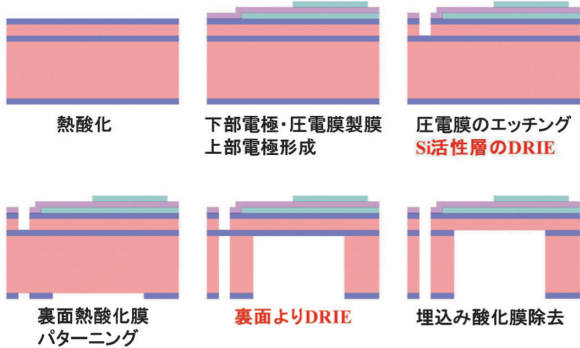


図6 振動発電素子試作のMEMSプロセス。DRIE装置を使用した工程を赤い字で示す。

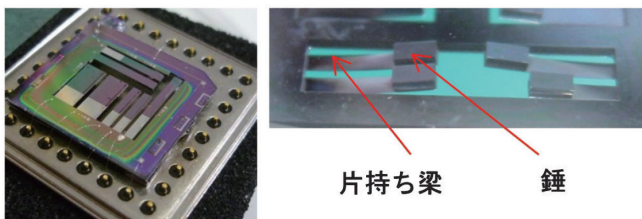


図7 圧電型振動発電素子構造の模式図

4. DRIE装置を活用したMEMS開発事例

大阪産業技術研究所では、DRIE装置を活用したMEMSデバイスの開発を行っている。ここでは、その中から振動発電デバイス、聴覚中枢系補綴器のフロントエンド・デバイスとしての音響センサ、BMIについて紹介する。

4.1 振動発電デバイス 近年、IoT社会実現に向けて建築物、物流、車両、酪農、農業、医療などの広い分野でセンサを大量に配置するセンサネットワークが高い関心を集めているが、センサ向けの自立型電源の確保が課題となっている。このような事情から、身近な環境に存在する微小なエネルギー源から電力を得る環境発電が注目を集めている[5]。原子力発電、火力発電などの代替としてではなく、化学電池に替わる低環境負荷の小型電力源として期待されている。

環境発電のエネルギー源、発電方式には多種多様あり、それぞれ一長一短ある。筆者らは圧電型振動発電に着目した。一般に圧電体薄膜として $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ (PZT) 薄膜が最も採用されているが、非鉛強誘電体 BiFeO_3 (BFO)薄膜に注目し、世界初となるBFO薄膜搭載の圧電型振動発電デバイスを試作した[6]。図5にその模式図を示す。片持ち梁上にBFO圧電体膜が製膜されたユニモルフ構造で、片持ち梁先端に共振周波数の調整と発電効率を高めるための錘を形成している。片持ち梁が外部から加振され共振すると圧電体膜に歪み

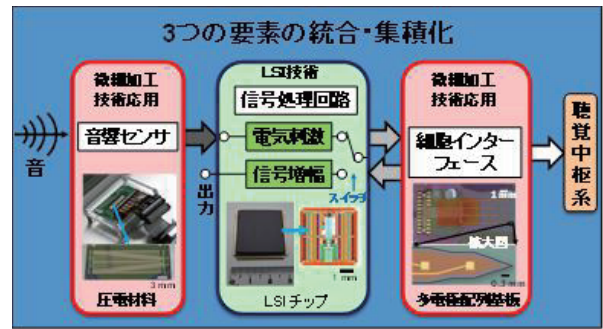


図8 聴覚中枢系補綴器の概念図

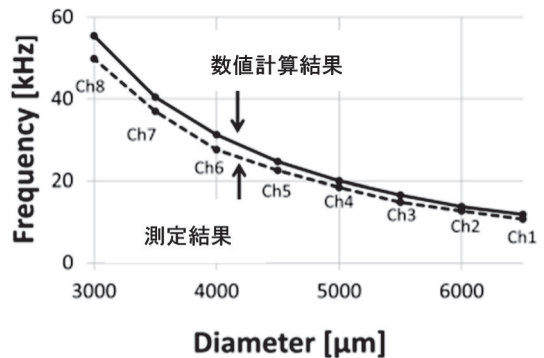


図9 各チャンネルの共振周波数

が発生し、圧電効果により分極が生じる。これに伴い電圧出力が発生し電力として回収して発電素子として機能することになる。

本研究では、シリコンからなる片持ち梁上にBFO膜を搭載し、片持ち梁先端にシリコン・バルクを残す形で錘を形成した。MEMSプロセスを図6に示す。同図に示すように、SOIウェハを使ってフォトリソグラフィを主としたMEMSプロセスを使い振動発電素子を試作した。表面からDRIE装置を使って、埋込み酸化膜をエッチストップ層として、SOIウェハのシリコン・デバイス層(厚さ $20\mu\text{m}$)を垂直にエッチングして幅 $0.5\sim 1\text{mm}$ 、長さ $5\sim 10\text{mm}$ の片持ち梁を形成できた。さらに、裏面からも同様にDRIE装置を使って、埋込み酸化膜をエッチストップ層として、SOIウェハのシリコン・バルク層(厚さ $500\mu\text{m}$)を垂直にエッチングして、厚さ $20\mu\text{m}$ の片持ち梁と、その先端の錘を形成することができた。図7に、試作したデバイス写真と、素子裏面から撮影した錘の写真を示す。片持ち梁の形状は、シリコンを垂直にエッチング可能なDRIE装置により設計通りに得られた。

現在までに、 $10.5\mu\text{W}\cdot\text{mm}^{-2}\cdot\text{G}^{-2}$ もの高い発電能力を得ている[7]。錘の質量(m)、機械的品質係数(Q_m)、共振周波数(ω)、振動源の加速度($A(\text{peak})$)を用いて $mA^2Q_m/8\omega$ で与えられる振動発電素子の最大理論発電量と比較すると、得られた発電量はその80%に相当し、高い発電効率を達成している[8]。なお、BFOの他の圧電材料PZT, AlN, KNN, ZrOを搭載した発電デバイスと比較して同等あるいは同等以上の世界最高レベルの発電性能を有することが分かった[9]。

4.2 聴覚中枢系補綴器 事故や病気で失った視覚や聴覚などの感覚機能を人工的に補綴する人工感覚器の代表例として、人工網膜や人工内耳が挙げられる。聴覚

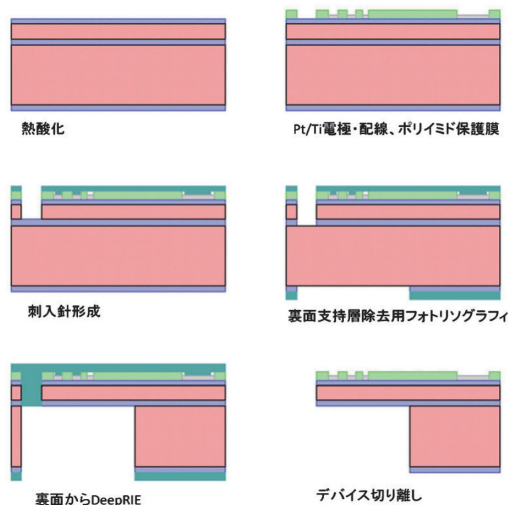


図 10 BMI の MEMS プロセス

系への補綴器では末梢系へ応用する人工内耳は既に多くの臨床例があるが、聴覚中枢系へ応用する装置は聴性脳幹インプラント[10]を除いては現時点では未着手に等しい。聴覚中枢系へ応用する補綴器は人体へ応用する前にモデル動物を使って、装置の有用性を検証する研究が求められる。モデル動物にはマウスなど齧歯類動物を使っている。現在開発中の聴覚中枢系補綴器の概念図を図 8 に示す。音響センサで音をセンシングし、次に信号処理回路で電気信号の変換を行い、BMI で直接、聴覚中枢系へその電気信号を伝える。本章では、聴覚中枢系補綴器のフロントエンド・デバイスである音響センサと BMI について紹介する。

音響センサは、強誘電ポリマー polyvinylidene fluoride/trifluoroethylene (P(VDF/TrFE)) 薄膜を搭載した圧電方式とした。齧歯類実験動物をターゲットにして、その可聴域に高感度かつ周波数選択的に応答するよう設計し、試作・評価を行った。

フォトリソグラフィを主とした MEMS 加工を使って、齧歯類実験動物の可聴域 (10 ~ 60 kHz) に共振周波数をもつ 8 チャネルの音響センサを試作した。SOI 基板から所望の共振周波数を示す円形ダイアフラムを形成した。円形ダイアフラムの形状は、MEMS 用設計・解析支援ソフト MemsONE を使って振動モード解析を行い、決定した。その構成は、下部から順に、埋込み酸化膜 1 μm, Si 活性層 30 μm, 熱酸化膜 1 μm, 下部 Al 電極 50 nm, P(VDF/TrFE) 薄膜 800 nm, 上部 Au 電極 50 nm とした。25 mm 角のシリコン基板上に 8 チャネルのセンサ素子を配置した。シリコン基板の裏面から DRIE 装置により垂直にシリコン・バルク層を除去することにより、直径 2.0~6.5 mm の円形ダイアフラムを形成した。図 9 に各チャネルの共振周波数の数値計算結果と測定結果を示す。同図より、ほぼ設計通りの測定結果が得られたことが分かった。齧歯類動物の可聴域において周波数選択的に応答するセンサの実現に目処がたった。

次に、BMI として刺入型多電極プローブを試作した。図 10 に MEMS プロセスを示す。SOI 基板を使って、表面と裏面からそれぞれ 1 回ずつ DRIE 装置を使って先端が鋭利なプローブの作製に成功した。図 11 に BMI

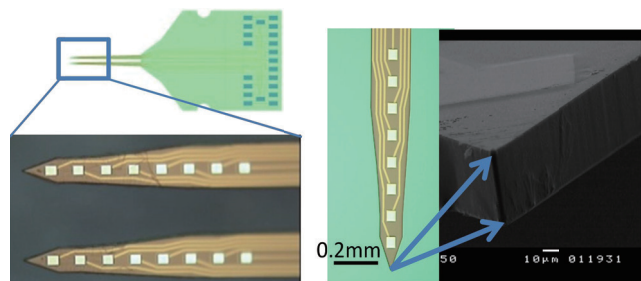


図 11 BMI の外観写真と刺入部位の SEM 像

の外観写真と脳への刺入部位の SEM 像を示す。プローブの幅と厚さそれぞれ 250 μm, 40 μm とし、先端に 8 つの白金電極 (50×50 μm²) を配置した。さらに、マウスの聴覚野の応答部位に同プローブを刺入、電気刺激したところ、フラビンタンパク質自家蛍光イメージングにより誘発神経応答が確認できた。

5. 結言

大阪産業技術研究所で、Bosch プロセス DRIE 装置を活用して開発している MEMS デバイスの内、振動発電素子、音響センサ、BMI を紹介した。DRIE 装置によって垂直にシリコンをエッチングできるという特徴を活かして、それぞれの MEMS デバイスの高性能化を実現していることを示した。

謝辞

DRIE 装置は、公益財団法人 JKA 平成 27 年度「公設工業試験研究所等における機械設備拡充補助事業」により導入した。振動発電素子は大阪府立大学 吉村武准教授との共同研究で NEDO 平成 23 年度先導的産業技術創出事業 (若手 Grant) および JST CREST (JPMJCR16Q4) の支援を受けて実施した。聴覚中枢系補綴器は北海道大学 館野高教授との共同研究で競輪の補助(27-103)および科研費(15H02772, 15K12091)の助成を受けて実施した。

文献

- [1] 例えば、江刺正喜・ほか 3 名: 「マイクロマシニングとマイクロメカトロニクス」培風館 (1992).
- [2] 藤田博之 編著: 「センサ・マイクロマシン工学」オーム社 pp. 5-28 (2005).
- [3] M. Uno, Y. Kanaoka, *et al.*, *Advanced Electronic Materials*, vol. 1, Issue 12, 1500178 (2015).
- [4] 例えば、三宅常之ほか: 「MEMS 技術予測 2010-2020」日経 BP 社 (2009).
- [5] 例えば、鈴木雄二監修: 「環境発電ハンドブック」エヌ・ティー・エス (2012).
- [6] T. Yoshimura, S. Murakami *et al.*, *Appl. Phys. Express*, 6, 051501 (2013).
- [7] S. Murakami, T. Yoshimura, *et al.*, *Journal of Phys., Conference Series*, 476, 012007 (2013).
- [8] 桑野博喜, 竹内敬治監修: 「エネルギーハーベスティングの設計と応用」シーエムシー出版 (2015).
- [9] S. G. Kim *et al.*, *MRS Bulletin*, 37, 1039 (2012).
- [10] M. S. Schwartz *et al.*, *Neurotherapeutics*, vol. 5, No. 1, 128 (2008).

(2018 年 10 月 23 日提出)

ストラップ配線技能を習得するための教材開発に関する研究

東 正登*

本研究では、ストラップ配線におけるはんだ付けにおいて、多くの学生にはんだ付け不良が生じている問題を解決するために、新たな教材を提案した。また、提案した教材の訓練効果を調査するために、研究授業を実施した。研究授業から得た学生のはんだ付けサンプルや確認試験に対して、はんだ付けの品質、はんだ供給量、品質基準理解度について評価を行った結果、各評価項目とも評価値が向上しており、本研究で提案する教材の訓練効果を確認することができた。

Keywords : ストラップ配線, はんだ付け品質, はんだ供給量, 教材開発, 技能習得.

1. 緒言

はんだ付けは、電子機器のものづくりに関わる技術者にとって欠かすことができない技術である。職業能力開発大学校においても品質や信頼性の高いはんだ付け作業ができる学生を育成することが求められており、はんだ付け技能習得のための訓練を授業内外で実施している。指導の際には、講義や実習、実演の中ではんだ付けの要点を繰り返し指導しながら技能を習得させている。しかし、順調にはんだ付け技能を習得する学生がいる一方で、なかなか上達しない学生も存在するという状況にある。特にはんだ付け作業の難易度が高いユニバーサル基板へのストラップ配線においては、はんだ付け不良が多く見受けられる。そこで本研究では、ユニバーサル基板へのストラップ配線技能を効果的に習得できる教材を開発し、実際に訓練に用いたときの効果を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

本研究の方法は以下のとおりである。

①ユニバーサル基板へのストラップ配線技能の現状を分析するために、ストラップ配線のはんだ付け経験を有する近畿職業能力開発大学校電子情報技術科2年生（以下、専門課程2年生という）が製作したストラップ配線基板の評価を行う。②①の評価結果より不良項目を分析し、原因の考察を行う。③教材開発の検討を行う。④開発した教材を用いて研究授業を実施し、訓練効果の評価を行う。

3. ストラップ配線技能の現状分析

3.1 ストラップ配線技能の現状評価結果 本研究を進めるにあたり、はじめにストラップ配線技能の現状の調査を行った。調査内容は、専門課程2年生22名がおのおの製作したストラップ配線基板のはんだ付け品質を評価した。評価用の基板は、アナログ回路実習で製作したストラップ配線基板を用いた。この時期の専門課程2年生は、すでに、プリント基板へのはんだ付けおよびユニバーサル基板へのストラップ配線を経験している。図1に評価を行った基板を示す。図1(a)は、ユニバーサル基板に抵抗が9本配置されており、錫め

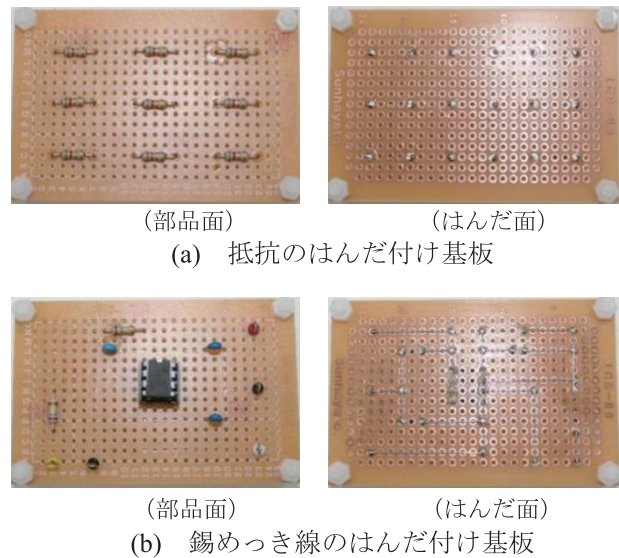


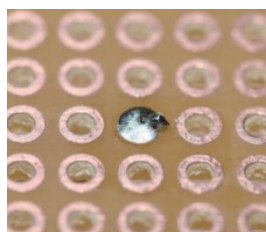
図1 現状評価用基板

つき線は接続されていない。図1(b)は、回路が構成されており、抵抗、コンデンサ、ICソケット、チェック端子のリード線間が錫めつき線で接続されている。評価結果を表1に示す。また、評価対象とした実装形態を図2に示す。評価は、図2(a)のクリンチ実装した抵抗を接続する接続点396点(学生1人当たり18接続点)、図2(b)のクリンチ実装した抵抗と錫めつき線の末端を接続する接続点220点(学生1人当たり10接続点)、図2(c)の錫めつき線の配線の方向を直角に曲げて接続するL字接続点88点(学生1人当たり4接続点)、図2(d)の錫めつき線をT字に配置して接続するT字接続点132点(学生1人当たり6接続点)に対して行った。なお、図2(a)~(d)をそれぞれ「抵抗」、「抵抗-錫めつき線」、「L字」、「T字」と表記している。評価方法は外観観察として、評価基準は日本溶接協会が定める品質判定基準[1]と技能検定1級(電子機器組立て作業)の仕様に従った。評価の結果、合計接続点数836点に対して8.1%が良品と判定された。評価結果より、ユニバーサル基板を用いたストラップ配線技能の習得度が、極めて低いことが明らかになった。

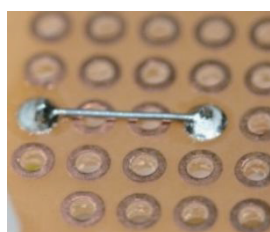
* 電子情報技術科

表1 ストラップ配線技能の現状評価結果
(専門課程2年生22名分)

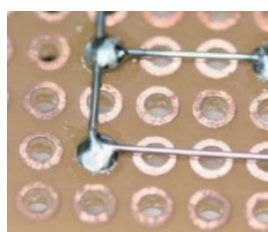
	抵抗	抵抗-錫めっき	L字	T字	合計
接続点数	396	220	88	132	836
良品(%)	12.9	4.5	4.5	2.3	8.1
不良品(%)	87.1	95.5	95.5	97.7	91.9



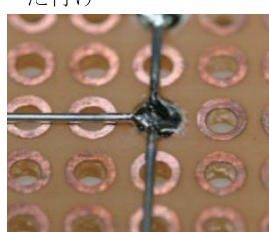
(a) 「抵抗」のはんだ付け



(b) 「抵抗-錫めっき」のはんだ付け



(c) 「L字」のはんだ付け



(d) 「T字」のはんだ付け

図2 はんだ付けの実装形態

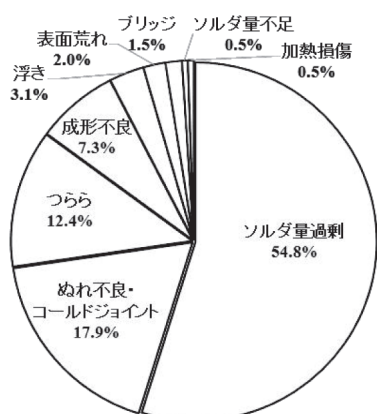


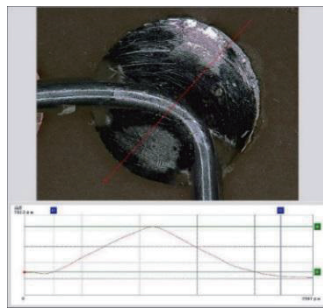
図3 不良接続点における不良項目の割合

3.2 はんだ付け不良の分析 表1に示した不良品に対して、どのようなはんだ付け不良が発生しているのかを分析するために不良項目ごとの割合を求めた。不良項目は、技能検定1級(電子機器組立て)の配線仕様、および日本溶接協会が定める品質判定基準[1]に準じた。図3は、表1に示した不良品接続点計768点における不良項目の割合を示している。不良項目は、溶ダ量過剰が最も多い割合で生じており、次いでぬれ不良・コールドジョイント、つらら、成形不良が多く生じている。このようなはんだ付け不良は、①適切なはんだ量、②母材に対する適切なはんだこての当て方、③適切な加熱時間、④はんだこて先の洗浄、⑤はんだ付け品質の判断基準、などを理解していないことが原因として挙げられる。手作業によるはんだ付けにおいて、上記①～⑤の条件設定や作業の安定性を確保することは容易ではない。特に、ユニバーサル基板へのス

トラップ配線は、ランドと部品、錫めっき線の三つを同時に加熱する必要があることや、錫めっき線を固定しながらはんだを供給し、さらにはんだこてで加熱する必要があることから、作業の難易度が高い。ユニバーサル基板へのストラップ配線で具体的な電子回路基板を製作する実習指導の前段階で、上記①～⑤の不適切さを克服できるような教材を用いた実習を行うことで、訓練効果を向上させることができると予測される。

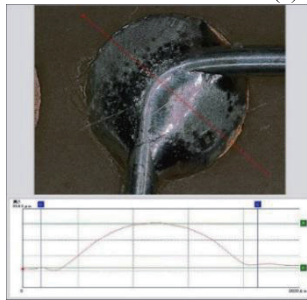
4. 教材の検討と提案

4.1 はんだ供給量の目安の検討 日本溶接協会が定めているクリンチ実装およびストレート実装における溶ダ量過剰の外観基準は、部品リードの線筋が想像できること、フィレット面が直線までを良品とすると規定されている[1]。そこで、規定を満たすはんだ供給量の範囲を、供給したはんだの重量と長さで定量的に示すために実験を行った。最初に、はんだ供給量の重量を測定した。重量の測定は、図2の実装形態に示した「抵抗」、「抵抗-錫めっき線」、「L字」、「T字」について行った。はんだ付けには、ランドピッチ2.54mm、ランド穴径φ1.0mmのユニバーサル基板(サンハヤトICB88)およびφ0.4mmの錫めっき線、φ0.6mmの鉛フリーはんだ(千住金属ESC21-F3-M705-0.6)を使用した。これらの条件は、一般的にストラップ配線で回路を組み立てるときに用いられるものである。また、測定には、最小表示0.1mgfの電子はかり(エーアンドディー社製HR-200)を用いた。重量の測定を行ったはんだ付けが規定を満たしているかの判断は、デジタルマイクロSCOPE(KEYENCE VHX-500F)で拡大して測定した3Dプロファイルにより行った。規定を満たすはんだ供給量の重量の範囲を得るために、はんだ供給量を少しずつ変化させて重量を測定し、3Dプロファイルにより良否を判定する。図4に測定結果の一例を示す。図には、はんだ重量測定結果とデジタルマイクロSCOPEで測定した3D画像、画像の水平方向または垂直方向のプロファイル波形を表示している。図4(a)のはんだ重量は2.8mgfであった。L字に配置された錫めっき線に対してフィレットが形成されており、錫めっき線の線筋もわかるため良品と判定した。図4(b)のはんだ重量は5.1mgfであった。L字に配置した錫めっき線の線筋がうっすらと確認できる。しかし、フィレット面が直線を超えているため不良品と判定した。図4(c)のはんだ重量は8.4mgfであった。錫めっき線の線筋は完全に埋もれており、フィレット面も直線を超えているため、不良品と判定した。「抵抗」、「抵抗-錫めっき線」、「T字」についても同様に重量の測定と判定を繰り返して、判定結果より、はんだ重量は、およそ3～5mgfの範囲が適切な量であることが明らかになった。次に、φ0.6mmの糸はんだを用いて、規定を満たす重量の範囲となる糸はんだの長さの推定を行った。推定方法は、φ0.6mmの糸はんだを約2mm溶かしたときの重量を測定し、上述したはんだ重量の目安3～5mgfの範囲に相当する糸はんだの長さを求めることとした。糸はんだを約2mm溶かしたときのはんだ付けと重量の測定を30回繰り返して求めた測定結果は、平均3.3±0.29mgfであった。したがって、規定を満た



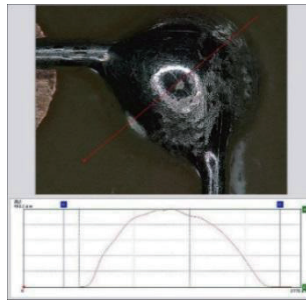
はんだ重量：2.8 mgf

(a) 良品



はんだ重量：5.1 mgf

(b) 不良品



はんだ重量：8.4 mgf

(c) 不良品

図4 「L字」の測定結果

す重量の範囲とした3~5 mgfとなるφ0.6 mm 糸はんだの長さは、約1.8~3.0 mmと推定した。以上より、規定を満たすφ0.6 mm 糸はんだの使用長さの目安は、約2~3 mmとして教材を開発することとした。

4.2 作業手順の提示方法の検討 ストラップ配線におけるはんだ付け作業手順の提示方法を検討するにあたり、現状の作業状態を確認するために、専門課程2年生21名分のストラップ配線におけるはんだ付け作業の動画を撮影した。動画は、デジタルマイクロスコップ(TEC社製 HidemiconPro)を用いて、手元を拡大して撮影した。撮影した動画を観察した結果、こて先の適切な姿勢・加熱位置、適切な加熱温度・加熱時間、品質基準の理解、錫めっき線の配置・固定などが不適切な状態で作業を行っていることを確認することができた。21名分の動画を観察した結果、特に①こて先の適切な姿勢・加熱位置、②適切な加熱時間、③こて先の洗浄、④品質基準がうまく伝わっていないことが確認できた。以上の検討を踏まえて、上記①~④の内容を動画として提示するテキストを作成することとした。

4.3 教材の提案 前節の検討内容から、本研究で提案する教材を図5、図6に示す。図5に示すはんだは、φ0.6 mm 糸はんだの表面に2 mm 間隔で印がついている。糸はんだに2 mm 間隔で印がついているため、はんだ供給量の規定を満たすはんだの長さの目安2~3 mmを定量的に確認しながらはんだ付けの練習を行うことができる。図6は、作成したテキストの一部抜粋である。はじめに、①はんだ付けの品質基準と錫めっき線の配置やリードの切断の際のポイントを静止画で提示し、次に、②はんだ付け作業の様子をデジタルマイクロスコップで撮影した動画により、こての当て方、

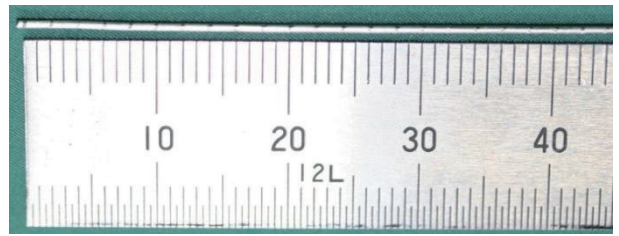
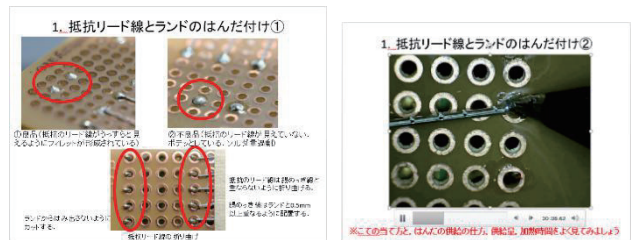


図5 2 mm 間隔で印をつけた糸はんだ



(左図：①品質基準、錫めっき線の配置、リードの切断のポイントを示した静止画)

(右図：②こての当て方、はんだ供給の仕方、供給量、加熱時間を提示した動画)

図6 作業手順提示用テキスト(一部抜粋)

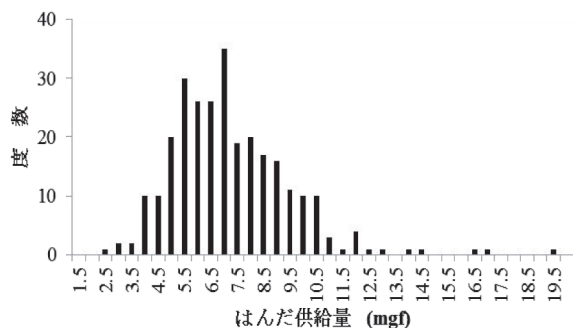
はんだ供給の仕方、供給量、加熱時間を提示している。本テキストは、図2に示した実装形態ごとに上記①、②を提示している。したがって、本テキストの特徴は、実装形態ごとの品質基準や錫めっき線の配置、リード線の切断のポイントが明確になっていること、また、実装形態ごとのこての当て方、はんだ供給の仕方、供給量、加熱時間が明確になっていることである。

5. 教訓練効果の評価方法と評価結果

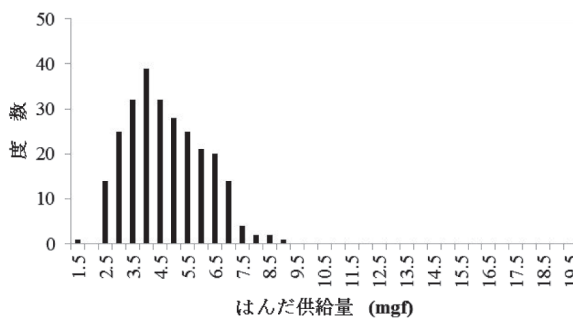
5.1 評価方法 提案した教材を用いた研究授業を、近畿職業能力開発大学校電子情報技術科1年生25名(以下、専門課程1年生)専門課程2年生22名、生産電子情報システム技術科1年生13名(以下、応用課程1年生)を対象として実施した。訓練効果の評価は、①はんだ付け品質、②はんだの供給量、③はんだ付け品質基準の理解度、④習得度アンケートにより行った。①の評価は、(a) クリンチ実装した抵抗、(b) クリンチ実装した抵抗と錫めっき線の末端、(c) 錫めっき線の配線の方向を直角に曲げて接続する(L字)、(d) 錫めっき線と錫めっき線をT字に配置して接続する(T字)、のはんだ付け仕上がりを目視による外観観察により行った。②の評価は、(a)~(d)の接続点ごとに、はんだ供給量の重量を測定し、重量の分布を求め規定を満たす重量との比較を行った。③の評価は、(a)~(d)のはんだ付け品質基準に関して、研究授業前後で理解度確認試験を行い正答率の比較を行った。④の評価は、研究授業の前後における習得度、苦手意識、技能上達の意識、の変化について5段階評価の比較を行った。

5.2 評価結果 図7は、はんだ付け品質の評価結果を示している。規格化スコアとは個人のサンプルごとに良否判定を行い、良品を1点、不良品を0点として合計点を求め、合計点をはんだ付け箇所数で割った値で

ある。また、規格化スコアの平均値は、被験者群の平均値であり、満点で1となる。規格化スコアの平均値は、各実装形態においていずれも向上している。表2、図8にははんだ供給量の評価結果を示す。表2は、専門課程2年生の研究授業後および応用課程1年生の研究授業前後のはんだ供給量と規格化スコアの平均値の結果を示している。図8は、応用課程1年生のはんだ供給量の分布を示している。実習後は実習前に比べて、概ね規定を満たす重量ではんだ付けができており、はんだの供給量を意識できていることがわかる。表3は、はんだ付け品質基準の理解度の評価結果を示している。各被験者群において、実習前後で正答率が向上しており有意水準1%で両側検定のt検定を行ったところ実習前後の平均値に有意差が認められた。図9は、習得度アンケートの結果の一例として専門課程2年生の結果を示している。評価値は、各項目とも向上しており、両側検定のt検定を行ったところ1%有意水準で有意差が認められた。



(a) 実習前のはんだ供給量分布



(b) 実習後のはんだ供給量分布

図8 はんだ供給量の分布 (応用課程1年生)

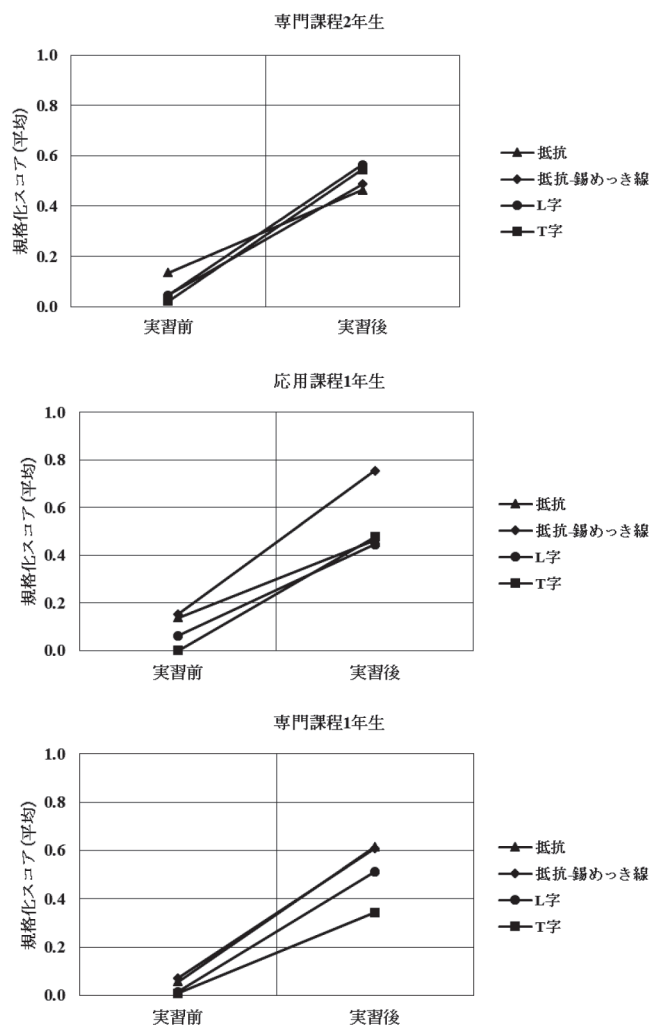


図7 はんだ付け品質の評価結果

表2 はんだ供給量測定結果

	専門2年 実習後	応用1年 実習前	応用1年 実習後
供給量(平均)(mgf)	4.4±1.22	7.1±1.37	4.4±0.10
規格化スコア(平均)	0.51	0.10	0.53

表3 品質基準理解度の評価結果

被験者	正答率 (%)				t 値
	実習前		実習後		
	M	SD	M	SD	
専門課程2年生	—	—	79.5	8.02	—
応用課程1年生	54.8	15.68	81.9	6.11	7.15 ***
専門課程1年生	64.2	13.32	80.3	7.49	5.60 ***

M: 平均 SD: 標準偏差 *** $p < .001$

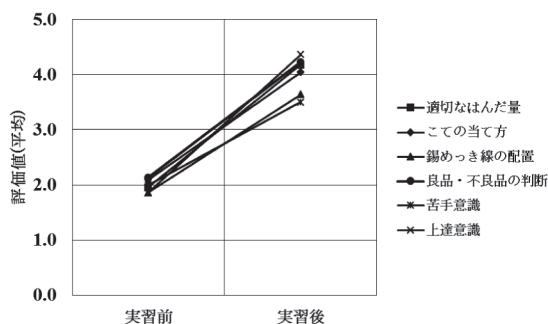


図9 習得度アンケート結果

6. 結言

ユニバーサル基板へのストラップ配線技能を効果的に習得できる教材を検討し、はんだの供給量に着目した教材を提案した。提案した教材で研究授業を実施した結果、はんだ付け技能が向上したことを確認した。今後は、本教材をプリント基板へのはんだ付けに応用し、はんだ付け初心者への導入実習で活用していきたい。

文献

- [1] 日本溶接協会：「マイクロソルダリング技術認定・検定試験における品質判定基準」日本溶接協会 (2006)

(2018年10月19日提出)

「水田用除草ロボットの開発」の取組み

秋間紳樹*1, 作成一郎*2, 久保幸夫*2, 藤井昌之*3

米作りにおいて農薬を使用しない有機農家およびこれから有機農業に取り組みたいと考えている農家が年々増加傾向にある。有機農法における米作りでは、除草作業が大きな労力となっている。本ロボットは、除草を自動化することでその労力の軽減を図るものである。ロボットは、田植え後約5日以上から1ヶ月以内の水田を走行することで土壌を攪拌し、根の浅い雑草を除草する。また、カメラと水田に設置したレーザ発光装置による自動走行を可能としている。製作したロボットは田植え後の水田にて走行性能、除草性能を検証した。

Keywords : 水田, 除草, 攪拌, クローラ, 画像処理.

1. 緒言

日本の農作物の主要品目である米作りにおいて、近年化学農薬を使わない有機農家が増えてきている。また有機農業に取り組みたいと考えている農業者も多く存在する[1]。米作りを有機農業で行う場合、除草作業が大きな壁の一つであり、これまでに合鴨農法や機械除草が用いられてきた。しかし、これら除草方法はコストや手間が多くかかるものであった。ほかに各種除草ロボット[2][3]が開発されているが、完全な実用段階に至っていない。その理由は、ロボットが水田という不安定な要素が多い場所で使用されることにある。

平成28年度および29年度の開発課題実習のテーマとして、水田という不整地でも安定に走行し、除草を自動で行う除草ロボットの開発に取り組んだのでその内容について報告する。

2. 除草のニーズと除草方法

開発する除草ロボットの仕様策定のため、文献調査のほか米作りが盛んな地方のJA(農業協同組合)11件および近隣農家1件に対して、除草作業、除草剤の使用、除草機械のニーズについて聞き取り調査を行った。結果として、手間やコストを考えると、除草剤などの農薬を用いるのが得策だが、無農薬栽培の米は高付加価値であり、手間のかからない除草機械があれば使ってみようというニーズをつかむことができた。

除草対象とする雑草は、根の発生深度が30mm以内の1年生雑草とし、使用時期は田植えから5日以上1ヶ月以内とした。これは、雑草が育ち始める前に除草することが最も効果的だからである[4]。

除草方法は、土壌の攪拌で雑草を巻き上げることと、攪拌で水が濁ることによって光合成を阻害し繁殖を抑制する方式とした。この方式は、チェーンや竹ぼうきを使った除草方法として効果が検証されている[4]。

3. 1号機の仕様

平成28年度の開発課題実習のテーマとして製作したロボット(1号機)の仕様を図1および表1に示す。本体は、高齢の方でも1人で持ち運びできるサイズとし

た。農家さんは、水田にオイルやガソリンなどの油が混じることを嫌うため開発するロボットはモータを動力源とし、バッテリーを電源とした。

クローラは走行するだけで土を攪拌する。これを利用して雑草を引き抜く効果と土壌攪拌により水を濁らせることによって光合成を阻害し雑草を枯死させる効果を狙った。

4. 1号機の評価

4.1 模擬田んぼによる本体の評価 図2は製作したロボットの評価のために製作した模擬田んぼである。この模擬田んぼでは、直線走行、旋回などの走行性能の評価を行い、所定の動作を確認した。

表1 1号機の仕様

重量	11.7kgf
本体寸法[mm]	全長 353 全幅 462 全高 433
走行方式	DC モータ
除草方法	クローラとブラシによる土壌攪拌
電源	LiFe 12V4Ah×2 直列接続
消費電流	1.5A(平坦路における走行)
走行速度	2km/h
稲の検知方法	カメラによる画像処理

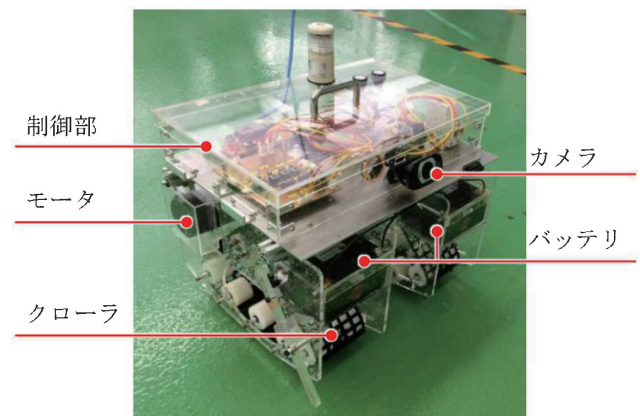


図1 1号機の外観

*1 生産電気システム技術科

*2 生産機械システム技術科

*3 生産電子情報システム技術科

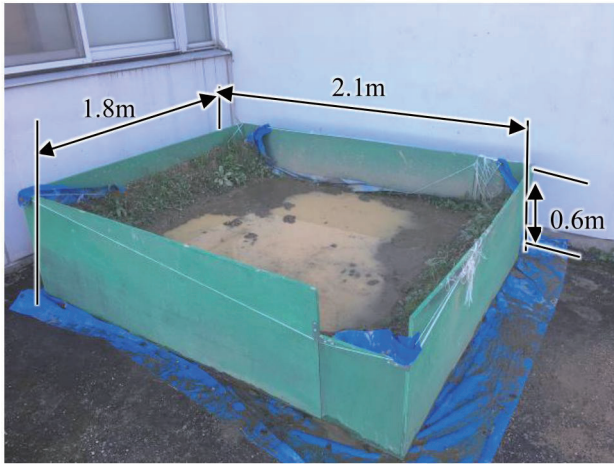


図2 模擬田んぼ

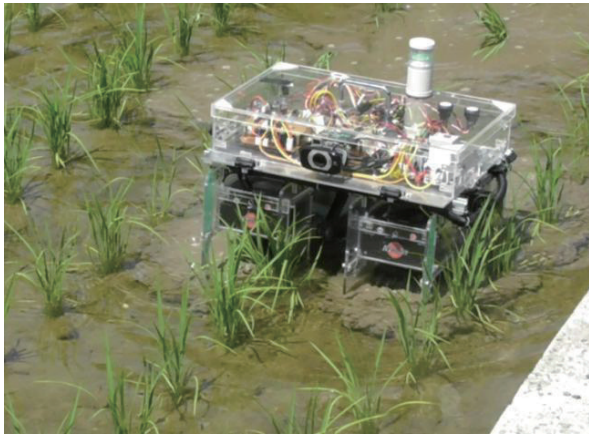


図3 水田での検証

4.2 水田での検証 田植え後約2週間の水田に持ち込み動作検証した。図3は水田での走行状態を示す。この検証によって次の結果が得られた。

- (1) 土壌の攪拌およびクローラが通過した部分の除草は問題ない。
- (2) 水田内のくぼみにクローラがはまることで走行不能となる。

模擬水田においては土壌の表面はほぼ平坦にしたが、実際の水田では、人の足跡によるくぼみがランダムに存在する。ロボットがこのくぼみに入るとバランスを崩し走行不能となってしまう。また、土壌の状態も想定したよりも柔らかくロボットが大きく沈み込む場面もあった。

4.3 展示会への出展 2017年10月4日～6日東京ビッグサイトにて開催された「アグリビジネス創出フェア2017」[5]に(独)高齢・障害・求職者雇用支援機構のブースの一員として1号機の水田除草ロボットを出展した。このフェアは、農林水産省が主催する農林水産・食品分野の最新技術の展示交流会である。開発段階のロボットではあるが、各種アドバイスをいただくというスタンスで出展した。

図4は担当学生が来場者へ展示説明を行っている様子である。当校のブースには3日間でのべ160名の方が訪問し、農業関係の方からは「期待している」といった声を、農機具メーカーの方からはロボットに関する貴重なアドバイスをいただいた。

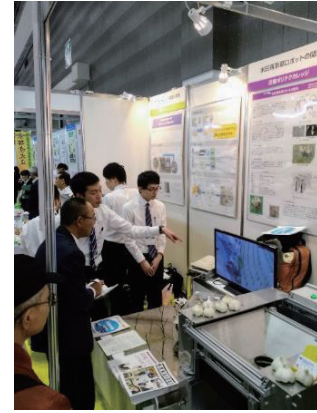


図4 アグリビジネス創出フェアでの展示説明

表2 2号機の仕様

重量	20kgf
本体寸法[mm]	全長 340 全幅 460 全高 510
走行方式	DC モータ
除草方法	クローラによる土壌攪拌
電源	LiFe 12V8Ah×2 直列接続
消費電流	3A
走行速度	2km/h
稲の検知方法	レーザ発光装置とカメラによる画像処理

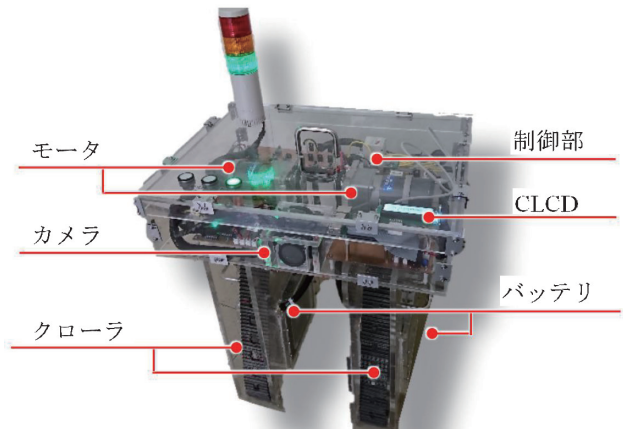


図5 2号機の外観

5. 2号機の仕様

1号機の水田での検証の結果を踏まえ、平成29年度の開発課題実習テーマとして2号機を開発した。表2に2号機の仕様、図5に外観を示す。

主な改良点は畦道付近における旋回半径の縮小化と土壌へ本体が沈み込んだ場合への対策としてクローラ部の高さを高くしたことである。

1号機は図6に示すように、畦道付近での旋回にスペースを必要とする。2号機では旋回のためのスペースを設けなくても済むように株間200mm、条間300mmの範囲内で旋回できるような走行部の寸法とした。また、クローラ部を高くし、モータおよび制御部は本体上部にまとめて配置した。本体高が高くなることによる重心に対しては、重量物であるバッテリーを本機下部に設置することにより低重心化を実現した。

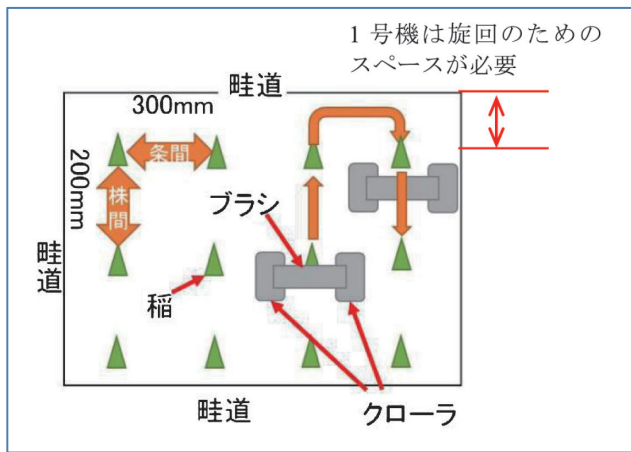


図6 1号機の動作仕様

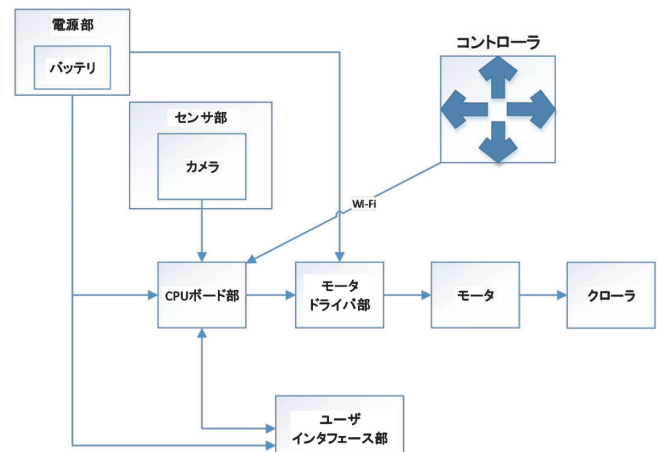


図7 システム構成

6. ロボットのシステム構成

6.1 システム構成 図7にシステム構成図を示す。本機のシステムは、マイクロコンピュータを搭載したCPUボード部、モータを制御するモータドライバ部、センサー部、モータ、バッテリーから電源を供給する電源部、ユーザインタフェース部で構成する。モータドライバはCPUボードから信号を受信することでモータが動作する。モータが動作することでクローラが回転し、水田を攪拌する。センサー部では水田内で走行する際にカメラで画像処理を行う。画像処理を行うことで自動走行を実現する。また、CPUボードと無線通信を行うコントローラ(Wi-Fi接続が可能で、web閲覧ができる端末)を用意することで手動操作での走行も可能にした。

6.2 バッテリー バッテリーは、LiFe(リチウムフェライト)バッテリーを選定した。12Vで重量が1.64kgfであり、これを2個直列に接続して使用する。走行実験では直進動作での消費電流は3A程度であった。バッテリーの負荷試験を行い、その結果、バッテリーで2時間程度の走行が可能であることを確認した。

6.3 コントローラ 本ロボットは、直進、右旋回、左旋回、後進を行う。Wi-Fiによる無線通信により接続を行った。ロボットの操作はコントローラによる手動操作走行と画像処理による自動走行の二通りである。

手動操作は、制御部内のマイクロコンピュータとコントローラでWi-Fiによる無線通信を行う。Webベースのヒューマンインタフェースを採用し、Wi-Fi接続が可能で、web閲覧ができる端末であれば接続・操作することが可能である。

6.4 制御部 ロボットのクローラの駆動にはDCモータ(TG-77A-BM-12.5-HA,24V)を使用した。モータドライブ回路は、この駆動用モータにPWM(Pulse Width Modulation)信号をマイクロコンピュータから送信しモータの回転速度を変更することができる。電源回路には2つの電流センサを搭載し、それぞれモータドライブ回路とCPUボードへ信号を送信する。電流センサで過電流を検出するとハードウェア(モータドライブ回路)とソフトウェア(CPUボード)でロボットを停止させる。CPUボードではモータドライブ回路へPWM制御信号を出力する。ユーザインタフェース回路からのSW入力の信号を受信し、自動走行へのモード切り替

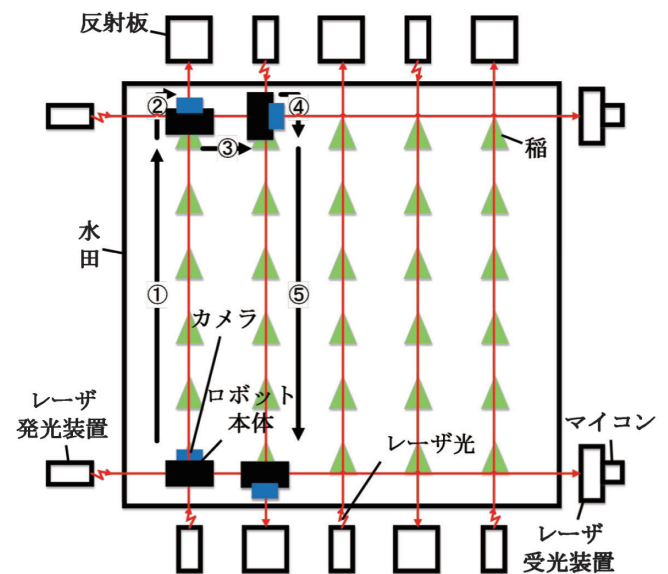


図8 2号機の動作仕様

え、マイクロコンピュータのシャットダウンを行う。これは、より簡単に自動走行を利用するためと、マイクロコンピュータの保護のためである。

ユーザインタフェース部では、CLCD(Character Liquid Crystal Display)を搭載し、バッテリー残量を表示できるようにした。バッテリーの電圧を測定し、予め行った放電試験の結果から容量を算出している。ほか、離れた場所からロボットの動作状態が把握できるように三色表示灯を設置した。

7. ロボットの動作

7.1 稲列及び畦道の検知 実験段階でコンクリートや畑のような条件が安定している場所において、カメラによる画像処理を用いた稲列の検知は可能であった。しかし水田では稲列が直線でない上に水面に稲が反射するなど、不安定な条件が重なり稲列の検知が不安定となった。そこでレーザー発光装置を稲列に沿って設置し、そのレーザー光を画像処理することで稲列に沿って走行できるようにした。同様に、畦道も水田によって畦の高さや種類(コンクリートや雑草の生えた土)があり、条件が不安定であるためレーザー光を用いて検知するようにした。

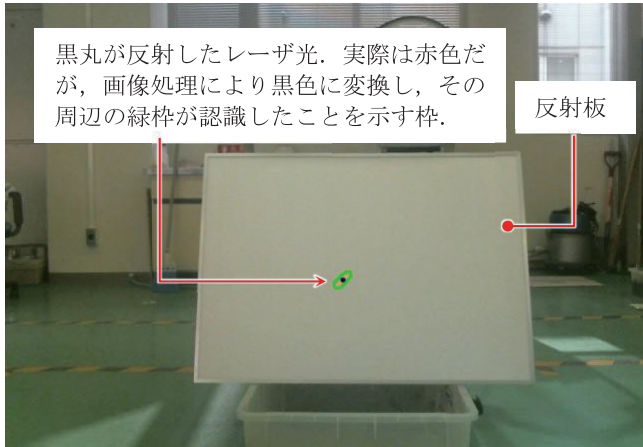


図9 反射板に反射したレーザー光の認識

7.2 動作 レーザ発光装置は、図8に示すように、稲列と同列に設置し、さらにそのレーザー光を反射する反射板を設置する。本体のカメラはレーザー光が反射した反射板を撮影し、反射光の位置を処理してロボットの進行方向を定める。

図9に反射板のレーザー光を画像処理で認識しているイメージを示す。稲列の走行は、図9のように画像処理を行い、画像内の中心にレーザー光が来るように方向を修正することで稲列に沿って走行する。稲列の終端に到達したか否かは、終端に設置したレーザー光をロボットが遮光したことをレーザー受光装置内のマイコンが検知し、ロボット内のマイコンにWi-Fiにより通知する。これにより90(180)度旋回し隣の稲列へと進む。この動作を株間と条間で往復させることにより除草する。

8. 評価

走行性能、除草性能、レーザー光に対する追従機能について評価した。2号機の開発期間と田植え時期はずれているため、走行性能、除草性能は模擬水田にて検証した。

走行性能は手動操作にて前進、後進、旋回を確認した。除草性能に関しては15mm角に切り分けた発泡スチロールを模擬水田内の土壌深さ30mmに埋没させ、その後ロボットの走行により発泡スチロールが攪拌され浮き上がってくるか確認した。走行した結果、埋没した発泡スチロールはすべて浮き上がり、土壌30mmを攪拌していることを確認した。

追従機能については、床面において本体と5m程度離れた場所に設置した反射板にレーザー光を反射させ、反射光を本体カメラが認識し、その方向へロボットが追従することを確認した。ほか、主に1号機から2号機への改善点と今後の課題を表3に示す。

9. 結言

平成28年度および平成29年度の開発課題実習のテーマとして取り組んだロボットについて述べた。1年目の担当学生らは、近隣農家や関係機関へのヒアリン

表3 成果と今後の課題

成果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 旋回半径の縮小 ・ 実験環境（土壌）の改善 ・ 開始時と停止時の安定性の確保 ・ スマートフォンによる遠隔操作 ・ 画像処理によるレーザー光の認識による進行方向の制御 ・ 模擬水田での除草性能の確保 ・ CLCDによるバッテリー残量表示
今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実際の水田での旋回性能、除草性能の検証 ・ バッテリー部の完全な防水対策 ・ カメラでの本格的な稲列検知 ・ 畦道の検知

グ調査により、水田除草に関する現状やニーズをまとめ、水田除草ロボットの基本仕様を構築し1号機を開発した。2年目の担当学生らは、1年目のロボットを田植え後の水田に持ち込み検証を行い、改善点を抽出し2号機を開発した。また、1号機を展示会へ出展し、多くの来場者へ自分たちの取り組みをアピールするとともに農業関係者からの声を聴きその後の開発に反映させた。

筆者らを含め担当学生らは、稲作に関して、田植への体験・手伝いをした程度の経験であり農業の専門家ではない。学生らがこれまでに習得した機械、電気、電子情報の技術・技能を農業関連へどのように応用するかにおいて、関係者へのヒアリング、実地での検証、展示会への出展などが開発課題の取組みとして有効であることを認識した。

本ロボットの開発にあたり、有機農業や水田・稲作のことについてアドバイスをいただいた有機農家の仕様、検証実験において田植え後の水田を快く使わせていただいた棒引様、アグリビジネス創出フェアにおいて各種アドバイスをいただいた関係各位に深く感謝いたします。

文献

- [1] 農林水産省：有機農業をはじめとする環境保全型農業に関する意識・意向調査結果，<http://www.maff.go.jp/j/finding/mind/pdf/2007110201cyosa.pdf>，pp.4-5，参照 2018.10.15
- [2] 岐阜県情報技術研究所：アイガモロボット，http://www.imit.rd.pref.gifu.lg.jp/research_aigamo.php 参照 2018.10.15
- [3] ブラシローラー型水田除草ロボット，<http://jyosou-robot.livedoor.biz/> 参照 2018.10.15
- [4] 日本土壌協会：有機稲作の栽培技術解説，http://www.japan-soil.net/report/h23tebiki_02_II.pdf，pp.105-110，参照 2018.10.15
- [5] 農林水産省：アグリビジネス創出フェア 2017，<http://agribiz-fair.jp/2017/> 参照 2018.10.15
(2018年10月22日提出)

開発課題『海洋ロボットの開発』の取り組み Ver.2

岩城勇生*1, 椿 博敏 *2, 石部剛志*3

海洋ロボットの競技大会に参加することを目的として、昨年引き続き2機の海洋ロボットの開発に取り組んだ。遠隔操作により動作し、俊敏性と機動性を重視した遠隔操作型無人潜水機(以下 ROV と表記)と、自律的に動作し、機動性とメンテナンス性を重視した自律型無人潜水機(以下 AUV と表記)をコンセプトに、大会に参加可能な海洋ロボットを製作した。ROV は『'17 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC』に、AUV は『沖縄海洋ロボットコンペティション 2017』に出場した。2年目の取り組みと結果を報告する。

Keywords : AUV, ROV, GPS, 海洋ロボット, 防水。

1. 緒言

当校の学生は4年時に開発課題実習(卒業研究に相当)と呼ぶ機械系, 電子情報系, 電気系の3科の学生がチームを組み, 専門性を活かしたものづくりを行う。

2年目の今回は, 8月下旬に神奈川県で開催する『'17 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC』の ROV 部門と, 11月中旬に沖縄県で開催する『沖縄海洋ロボットコンペティション 2017』の AUV 部門に出場することを目的に取り組んだ。

2. ROV

ROV は俊敏性・機動性のある動作をさせ, フリー演技で高い競技点を獲得するための動力性能を確保すること。トラブルに対して短時間で対応するためのメンテナンス性を確保すること。機体を直感的に制御するための操作性を確保すること。大会現地までの輸送に対する耐久性を確保すること。それら4つの内容を重視し, 「動力性能がありメンテナンス性と耐久性を備えた機体」を開発コンセプトとした。製作した機体に6個のスラスタを搭載することで, 12方向への移動を可能とし, 操縦には汎用コントローラを用いた。また, 本体内部に2つのカメラを搭載し, 前方・下方部の水中映像がリアルタイムで取得を可能とした。

2.1 '17 水中ロボットコンベンション in JAMSTEC

大会における採点対象は, 機体の重量, 水中でのフリー演技を行い, ロボットの操作性, 機動性等の技術力と想定通りの動作が行えているかの表現力, 製作した機体をどのようにアピールするかのプレゼンテーション能力が採点の対象となる。製作機体は ROV 部門に参加した。[1]

2.2 仕様 ROV1 号機(図1)の仕様を表1に示す。

2.3 筐体の構成 システムを格納するスペースを直径170mm, 厚さ5mmの亚克力パイプにし, 前部と後部の蓋は異なる形状とした。前部の蓋は水中情報取得

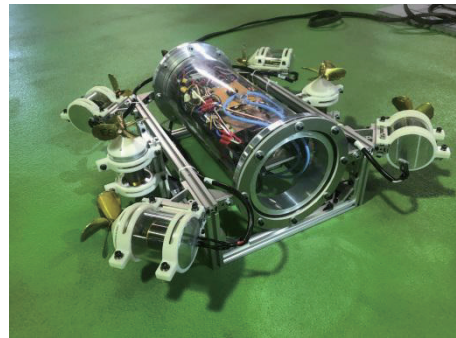


図1 ROV1号機の外観

表1 ROVの仕様

項目	内容
寸法[mm]	D930×W520×H300
重量[kgf]	18
スラスタ	・ブラシレス DC モータ×6 ・φ100mm プロペラ ×6
電源	Li-po バッテリ(11.1V/6Ah)×3
連続航行時間[min]	30
遊泳速度[m/s]	1(約2ノット)
装備	LAN カメラ・汎用コントローラ
メインコントローラ	GR-SAKURA®

用の LAN カメラを搭載するため, アクリル板の窓を設け, 後部の蓋は筐体から電源ケーブル, 通信用ケーブルを出すための穴をあけた。内部の装置等は亚克力パイプ内部の亚克力板に固定した。さらに, アクリル板を後部の蓋に固定することで後部の蓋と連動して装置を取り出すことを可能とした。

2.3.1 防水 防水の構成について図2に示す。水中で使用するため, 円筒容器の内径と蓋の外形の間に O リングを密着させ浸水を防ぐ構造とした。本体は厚さ5mm, スラスタは厚さ3mmの亚克力パイプを切削加工で製作したアルミの蓋に O リングを取り付ける方法で防水した。

*1 生産機械システム技術科

*2 生産電気システム技術科

*3 生産電子情報システム技術科

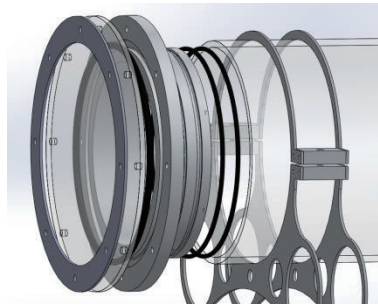


図2 防水構成図

2.3.2 スラスタ スラスタの構成について図3に示す。機体のアクチュエータには三相ブラシレスモータを使用した。既製品のモータではシャフトが短く、防水ケースに入れると使用出来ないため延長した。シャフトを後部の蓋にモータ付属の部品でねじ止めし、前部の蓋を貫通させ、先端にダイヤ径100mmのスクリュ（プロペラ）を取り付けた。前部の蓋にベアリングを設けることにより、延長したシャフトの振れを抑制した。モータシャフトと蓋の防水にはAD型オイルシールを使用し、シャフトの回転軸部に対する浸水対策をした。また、スクリュへの流水を妨げないようにするため、3Dプリンタを用いて円錐状の整流器を製作した。

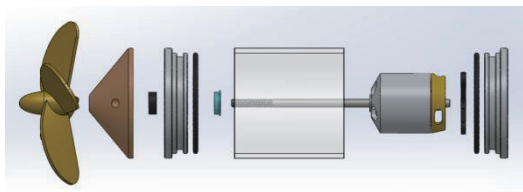


図3 スラスタの分解図

2.4 システム構成 機体内部のシステム構成について図4に示す。

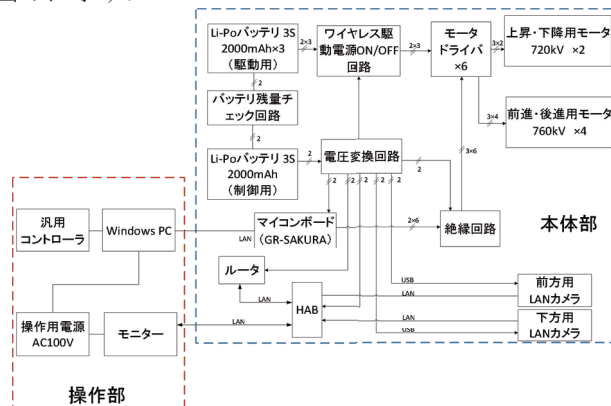


図4 システム構成図

2.4.1 電源 機体内部に搭載されているLi-Poバッテリーから供給される電力を電圧変換回路により各基板に必要な電圧に変圧し、供給した。

2.4.2 操作部 スラスタの制御は、陸上にある汎用コントローラ(図5)からの信号により制御した。通信にはLANケーブルを使用し、機体に搭載しているマイクロコンピュータと通信を行った。操縦者は、機体に搭載しているLANカメラより取得した水中情報を手元のモニタに表示し、その情報を基に操作した。



図5 汎用コントローラ

2.4.3 駆動用電源 ON/OFF 回路 操作時にスラスタが通信ケーブルを巻き込み、通信ケーブルが切断され、機体の制御が不可能となる可能性を考慮し、LANケーブルとは別系統で駆動用電源を駆動部と切り離す事を目的とした。赤外線による駆動用電源 ON/OFF システムを設けることにより、手元のコントローラでの機体の停止が不可能な場合でも、強制的に駆動部の電源を遮断することを可能とした。

2.4.5 バッテリ残量チェック回路 目視によるバッテリー残量の確認を行うためにバッテリー残量チェック回路を製作した。バッテリー残量チェック回路は満充電時を100%、終止電圧を0%としたとき、緑色LEDの消灯で70%以下、赤色LEDの消灯で40%以下の残量であることを示す。

2.5 大会結果 初日は機体の重量測定、各チームのプレゼンテーションを行った。2日目は防水確認、浮力の最終調整をした。その際、浮力調整不足であることが確認された。調整時間が足りず浮力不足の状態で行った結果、開発コンセプトである高い動力性能が発揮できず入賞には至らなかった。機体を制御し目標物に接触させるという加点対象の機体制御を達成した。

2.6 改良型の製作 浮力の問題を修正し、さらにフレームの外側に取り付けたスラスタがケーブルに巻きつく恐れがあるため、機体全体を覆うようにアルミフレームを取り付ける構造に変更し、スラスタの保護、運搬の簡易性を実現した(図6)。

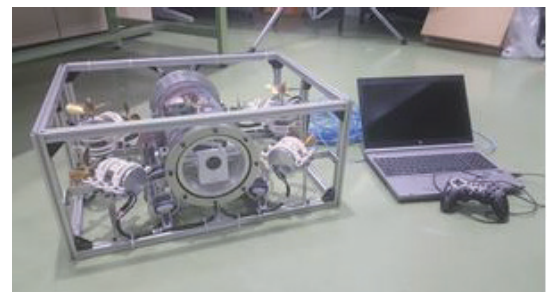


図6 ROV改良型の外観

2.7 評価 校内に設置しているミニプール及び25mプールで航行試験を行った。その結果、機体の浮力・バランス調整、LANカメラからの水中内情報の取得、汎用コントローラによる操作、多角的な方向への動作については、仕様準じた機能を満たすことができた。防

水面では、本体部は水深 1.5m まで確認できたが、スラスト部は浸水が確認された。ブラシレスモータを使用しているため、海水での航行は不可能であるが真水での航行が可能である。

3. AUV

3.1 沖縄海洋ロボットコンペティション 2017 図7で示すように、競技大会は港に用意された競技コースで行われた。SG(スタート・ゴール)区域の中央から開始し、①潜水浮上区域までを海上航行する。潜水浮上区域で潜水し、②潜航区域を潜水した状態で航行する。③海上潜行区域で一度浮上し、④潜水航行、⑤海上航行によって、SG 区域に戻る。①～⑤の課題で獲得したポイントの合計で順位付けを行う。大会は全国より 11 校、18 チームが参加した。参加した AUV 部門は、5 チームの参加であった。[2]

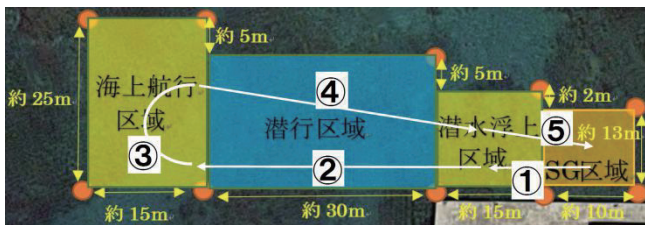


図7 競技コース

3.2 コンセプト 競技コースを航行させるために、競技時間中にコースを完走する動力性能、トラブル対策やバッテリー交換時のメンテナンス性を重視した。メインコントローラに Raspberry Pi 3 MODEL B®を使用し、搭載センサに Global Positioning System (以下 GPS と表記)、9 軸センサ、圧力センサを使用した。海での自律航行であることを考慮し、波や水圧の影響を受けにくい円筒型の筐体に設計した。また、メンテナンス性を考慮した筐体設計と、システム設計を行った。開発コンセプトは、『機動性とメンテナンス性を重視した機体』とした。

3.3 仕様 AUV の仕様を表 2 に示す。

表 2 AUV 仕様

項目	内容
寸法[mm]	D930×W520×H300
重量[kgf]	32.5
スラスト	・ DC モータ (TG-85R-SU-13.2-KA, 12V)×4 ・ φ100mm プロペラ ×4
電源	Li-po バッテリ (14.8V/10Ah)×3
連続航行時間[s]	5400(90min)
遊泳速度[m/s]	0.5(約 1 ノット)
搭載センサ	・ GPS(AE-GYSFDMAXB) ・ 9 軸センサ(MPU-9250) ・ 圧力センサ(PSE563-01)
メインコントローラ	Raspberry Pi 3 MODEL B®

3.4 本体設計 筐体は波や水圧の影響を緩和させるために、円筒型とした。また、メンテナンスを容易にするため、内部が確認可能なアクリルパイプを採用した。AUV の外観を図 8 に示す。

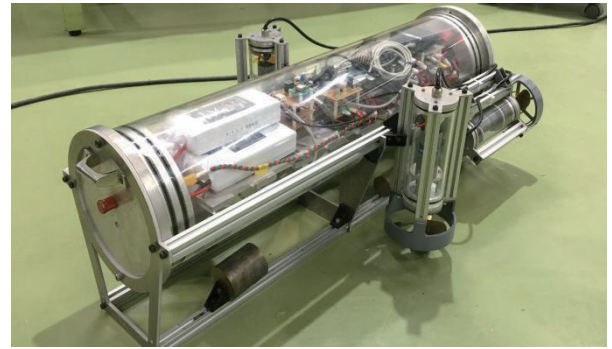


図 8 AUV の外観

3.4.1 防水 海洋ロボットである AUV は、海中で航行するため、防水は必要不可欠である。O リングを二重に取り付けることで、筐体内部への浸水を防いだ(図 9)。スラストには、ベアリングとスクリュカバーと取り付けることで軸ぶれを押さえ、オイルシールを用いることで防水を行った。また、メタルケーブルグランドによって、モータにつながるケーブルの防水を行った(図 10)。

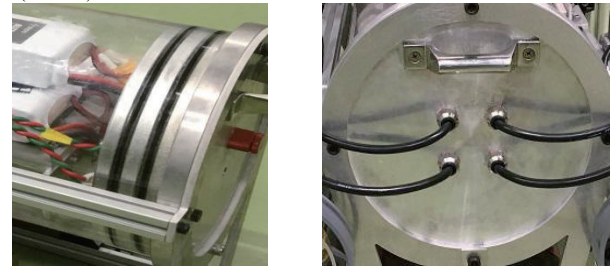


図 9 O リングによる防水 図 10 ケーブルの防水

3.4.2 スラスト スラストには、3.4.1 で述べた防水性に加えて、スクリュカバーが取り付けられており、スクリュの巻き込み防止機能がある。スクリュの動力には、DC モータを使用した。

3.4.3 バランス・浮力調整 筐体の外側に、真鍮製のウェイトを搭載するアルミフレームを取り付けた。さらに、ばねナットをウェイトに取り付け、スライド式にすることで、バランス・浮力の調整を容易にした。

3.5 システム構成 システムの構成図を図 11 に示す。

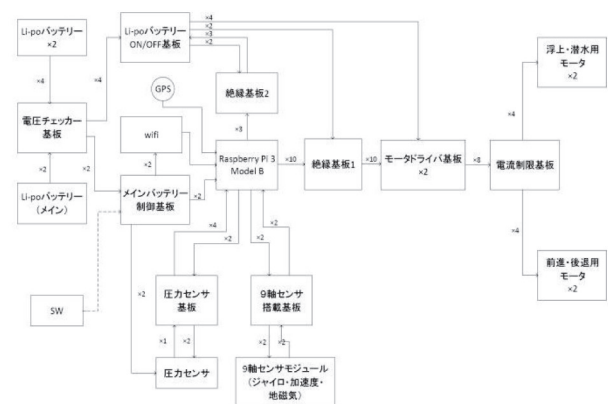


図 11 システム構成図

3.5.1 配置配線 航行時、AUVの大部分は水面より低位置である。そのため、衛星から電波を受信するGPSレシーバとWi-Fiルータを機体上部に配置した。また9軸センサは磁気を検知するセンサであるため、大流が流れるシステムやケーブルが近づかないよう配線を行った。

3.5.2 過電流対策 ヒューズと、リセット型の過電流保護回路による、二重の過電流対策を施した。

3.5.3 ノイズ対策 メインコントローラ[Raspberry Pi 3 MODEL B®]や自律航行をするのに必要な各種センサは過電流が原因で故障する可能性があるため、システム構成をする際、高電圧高電流のモータ駆動側と、低電圧低電流のメインコントローラ・各種センサ側を絶縁した。また、ノイズや磁場の影響による故障を防止する為、センサ系のケーブルにシールド線を使用し、シールド線のシールドの部分の筐体に取り付け、ポディアースとした。

3.5.4 ハードウェアスイッチ AUVの電源は、バッテリーの消費を抑えるために、動作直前までハードウェアスイッチでの切断を可能とした。防水のため基板やバッテリーが搭載されている本体内部は密閉されているため、リードスイッチを採用し、外部から電源の操作を可能とした。また、搭載しているソフトウェアの暴走等による意図しない動作や、停止命令が働かない場合にAUVの電源を切断する安全装置の役割も担っている。

3.6 制御部 AUVが自律航行するために、搭載センサからデータを取得し、そのデータからモータの制御を行った。

3.6.1 位置把握 目的地到達を判断し、行動の制御を行う為、AUVが現在位置を把握できるようにした。GPSレシーバからNMEAフォーマットのデータを受信し、受信データから、緯度、経度を取得することで現在位置を把握した。さらに、測地線航海算法[3]を用いることで、現在地から目的地までの距離を算出し、目的地到達の判断を行った。

3.6.2 進行方向制御 目的地に到達するためにAUVの進行方向を、目的地のある方向へ修正する制御を行った。9軸センサから、地磁気と、加速度を取得し、AUVの進行方向を算出する。さらに、目的地座標とAUVの現在地座標から目的地の方向を算出し、2つの方向から、方向の誤差を求めることで進行方向の修正を行う。ここで算出している方向は、真北から時計回り、0から359で表した角度とした。例えば、真西なら270、真南なら180である。

3.6.3 深度制御 AUVは、潜水航行や、海上航行を行うため、水圧センサを用いた深度計測で制御を行った。水圧センサの出力値は、圧力が上昇すると高くなるため、潜水時は、浮上時の電圧より高く、下限となる水深時の電圧より低い電圧値を維持することで潜水状態を維持した。

3.7 評価 25mプールの5m地点をスタート地点、20m地点を折り返し地点として、往復30mの水上を自律航行させる実験を行った。ゴール地点は、スタート地点と同じ位置とし、許容範囲をゴール地点から3m以内と定めた。実験の結果は折り返し地点で折り返し、ゴール地点から2mほど離れた地点で、AUVがゴールと判断し自動停止した。以上のことから、大会に出場する性能を満たしたことを確認した。

3.8 大会結果 大会の得点は競技前に行われるポスターセッションと競技の合計得点となる。大会結果は、AUV部門3位で、敢闘賞を受賞した(図12)。



図12 大会に参加したメンバーと敢闘賞

4. 結言

開発のコンセプトに沿った海洋ロボットを製作した。また、目的である大会出場を果たし、AUVは『沖縄海洋ロボットコンペティション2017』では3位となった。

AUVにおいては、初年度の設計を参考に製作し、海でのフィールドテストを繰り返し行ったことで、問題なく動作させることができた。しかし、プールでのテスト航行と違い、波の影響で方向が定まらず、進行方向制御が不安定になり課題となった。

また、ROVにおいては、改良型を製作することで、大会での問題点を修正したが、防水の難しさを改めて痛感することとなった。

文献

- [1] '17水中ロボットコンベンション in JAMSTEC 公式HP, <http://underwaterrobotnet.org/jam17/> 参照:2017.7.10
- [2] 海洋ロボットコンペティション in 沖縄公式HP, <http://www.robo-underwater.jp/2017/rchp/JPN/index.php> 参照:2017.10.15.
- [3] 測地線航海法, <http://www2.nc-toyama.ac.jp/~mkawai/lecture/sailing/geodetic/geosail.html> 参照: 2017.6.30.

(2018年10月22日提出)

5軸制御マシニングセンタの設計・製作

坂口昇三*1, 佐藤弘明*2

近畿能開大生産技術科ではNC工作機械の設計・製作に取り組んできた。2014年度にはミーリング加工も可能なターニングセンタを製作し、金属の複合加工が行えることを確認した。2016年度からは、より複雑な加工を行えるように、5軸制御マシニングセンタの設計・製作を開始した。2016年度から2018年8月にかけて、ATCを除く5軸マシニングセンタの基本構成を製作するとともに、NCプログラムに従い5軸制御が行え、テーブルを利用した旋削動作が可能であることを確認した。本稿では製作したマシニングセンタの概要を紹介する。

Keywords : マシニングセンタ, 工作機械, 設計・製作, 複合加工, 5軸制御, PLC.

1. 緒言

マシニングセンタは一台の工作機械で複数の加工を自動的に行えることから、機械加工では主力の工作機械として用いられてきた。従来はX・Y・Z方向の3軸の直線移動で加工を行っていたが、近年、回転する2軸を加えた5軸加工機が利用されるようになり、特殊形状の加工が行えるようになるとともに、加工精度の向上や加工コストの削減をもたらした。

生産技術科では2012年度から2014年度にかけて旋削加工とミーリング加工が行える5軸制御ターニングセンタを製作した[1]。しかし、ミーリング加工では1本の工具しか使用できず、加工できる形状が制限されてしまった。そこで、2016年度から、自動工具交換装置(ATC)を備え、ワークを傾斜・回転させ、ミーリング加工と旋削加工が行える、5軸制御マシニングセンタの設計・製作をテーマに総合制作実習を実施してきた。

2016年度には、基本構成となる3軸(X・Y・Z軸)および主軸の機構部、制御系の製作を終え、2017年度にはワークの傾斜(B軸)、回転(C軸)が行えるテーブル部と、5軸制御が行える制御系を設計・製作した。2018年8月にはC軸を利用した旋削機能を実装した。

本報告では、製作したマシニングセンタの機構部および制御系について説明する。

2. マシニングセンタの構成

2.1 機構部の構成 図1に示すように、ベッド上部に3軸ユニットを配置、ベッド前部にB・C軸を有するテーブルを配置、ベッド左側面にATCを配置する構造とした。主軸はZ軸により上下位置、X・Y軸により前後・左右の位置決めが行え、X・Y軸の移動はコラムを移動させる構造とした。これによりテーブルの傾斜・回転はB・C軸の制御のみで行える構造とした。また、C軸は角度割出しを行わせるだけではなく、連続回転できるようにして旋削加工も行えるようにした。

2.2 制御システムの構成 図2に示すように、操作パネル、制御盤、機構部からなる。機構部と並行して制御系の製作を進められるように、制御盤と操作パネルを機構部から分離した。また、操作パネルは工作機カバ

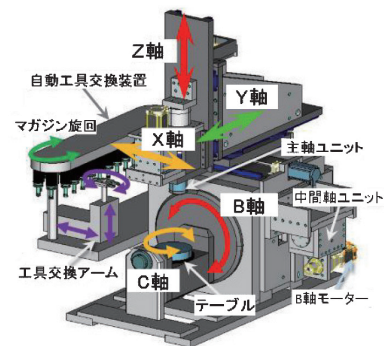


図1 機構部の構成

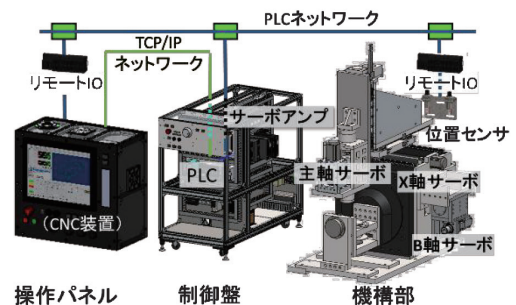


図2 制御システムの構成

ーに取り付け、操作しやすい位置に配置する予定である。各部は多くの信号をやりとりする必要があるため、ネットワーク機能を利用して省線化を図ることにした。

2.3 機械仕様 設計に当たり、切削抵抗が1000Nまでの加工が行えることを目標に、各軸のモータ出力や駆動軸、ベース部の剛性を設定した。主軸モータは最高 6000min^{-1} まで回転でき、入手しやすい出力1kWのACサーボモータとし、C軸モータはミーリング加工時にはテーブル回転角を割出し、旋削加工時には旋削主軸とするため2kWのACサーボモータを用いることにした。主軸は使用できる切削工具の種類を増やすとともに、寸法測定用プローブが使えるようにBT-30番とした。テーブル部については、複数のユニットを組み立てた上で精度を確保し、さらに高い剛性を得るため

*1 生産技術科

*2 生産技術科

(現 浜松職業能力開発短期大学校生産技術科)

表 1 機械仕様

各軸移動量	X/Y/Z 軸 = 300 / 200 / 200 mm
テーブル	旋回範囲 : B 軸 = -10° ~ +110°, C 軸 = 360° 寸法 : φ 150 回転速度 : 1500 min ⁻¹ 出力 : 2.2kW
主軸	回転速度 : S = 6000 min ⁻¹ テーパ : BT-30 出力 : 1000 W
ATC	工具本数 : 30 本

に、傾転軸(B 軸)を強固に設計し、十分な強さを持たせ、精度と剛性を確保した。ATC は、旋削・ミーリング加工を同時に行う複合加工では切削工具を多数使うため、本数を 30 本にした。設定した機械仕様を表 1 に示す。

3. 機構部について

3.1 基本 3 軸の構成 マシニングセンタの基本構成はコラム移動式とした。主要な構成部品を図 3 に示す。

(1) **主軸頭** 主軸ユニット、主軸モーターユニット、アンクランプシリンダーからなり、Z 軸ベース上に配置した(図 4)。主軸ユニットは図 5 に示すように、ビルトイン方式を採用した。前部に 4 個のアンギュラー玉軸受を配置し、後部に円筒ころ軸受を配置する構造とし、高速切削が可能な構造とした。

また、ツールのクランプにはコレットを使ったクランプ機構を採用し、クランプ時はスプリングでドロバーを引き込む事によりコレットがプルスタッドを保持し、アンクランプ時には主軸後部から油圧シリンダーでドロバーを押し、プルスタッドを保持しているコレットを開放する構造とした。

(2) **各軸ベース** 各軸の摺動部にはリニアガイドを用い、駆動にはボールネジとサーボモータを使用した。コラム部の構造を図 6 に示す。

3.2 テーブル部の構成 テーブル部は、テーブル支持部、テーブル部、テーブル傾転駆動部(B 軸)、テーブル旋回駆動部(C 軸)で構成した(図 7)。

(1) **テーブル部、テーブル旋回駆動部** テーブルセンター軸は、ミーリング加工時に加工物の回転角を割出し、旋削加工時は加工物を 1500min⁻¹まで回転させるため、剛性があり 1500min⁻¹まで回転させることが可能な円錐ころ軸受を採用した。また、テーブル旋回駆動モータは傾転駆動軸の後部に配置し、タイミングベルトでテーブルセンター軸へ動力を伝える構造とした(図 8)。

(2) **テーブル支持部、テーブル傾転駆動部** テーブルの剛性を上げるため、テーブル前部に支持部を設けた。傾転駆動軸はテーブルの剛性を上げる為、図 9 に示すように、支持用ベアリングに高剛性のクロスローリングを採用した。また、駆動用サーボモータの負荷を軽減させるため、中間軸を設け減速比を大きくした(1/120)。

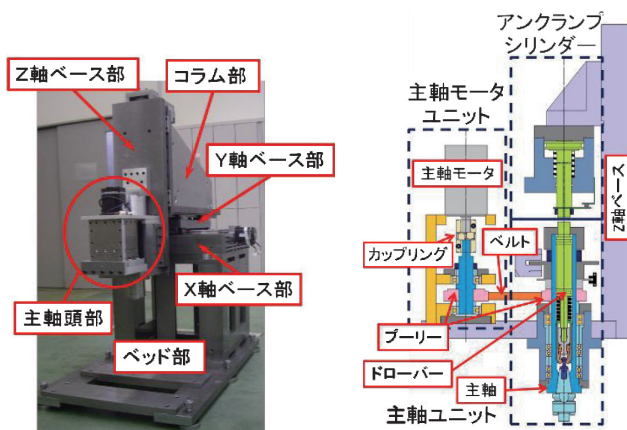
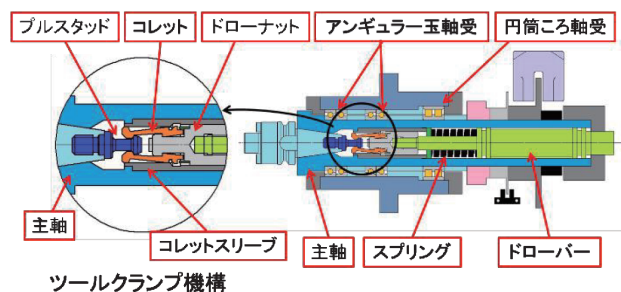


図 3 基本 3 軸の構成

図 4 主軸頭部の構造



ツールクランプ機構

図 5 主軸ユニットの構造

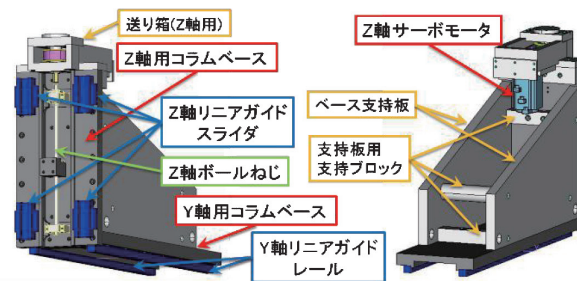


図 6 コラム部の構造

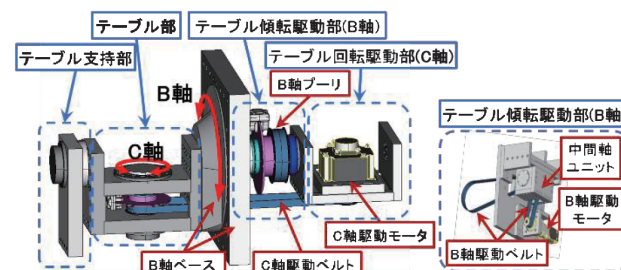


図 7 テーブル部(B・C 軸)の構成

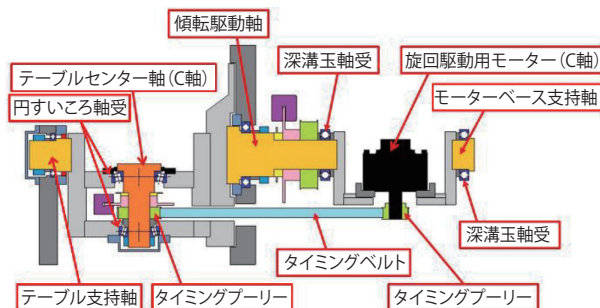


図 8 テーブル旋回駆動部(C 軸)の構造

4. 主要加工部品

止め穴に至るまでフライス加工にて穴位置を寸法管理した為、組立作業は比較的短時間で完了させることができた。

各軸のベースには吸振性に優れた鋳物を採用し、リニアガイド、ボールネジ取り付け部は精度を良くする為、マシニングセンタにて同時加工を行った(図10)。また、テーブル部はB軸をφ120、B軸ベースには厚さ70mmの鋳物を用いることより、高い剛性を得るとともにテーブル部の基準となるようにした(図11)。完成したテーブル部を図12に示す。

5. 制御システムについて

構成を図13に示す。作業時に操作しやすいようにモニタ、操作スイッチ、表示灯は操作パネルにまとめた。CNC(Computer Numerical Control)装置にはPC上で動作するCNCプログラムMach4を用いた。Mach4はネットワーク機能や、Lua言語によるカスタマイズ機能などをもち、柔軟にシステムを構築できる。また、CNC用PCは外部機器を簡単に接続して利用できるように操作パネル内に組み込んだ。制御盤には動力機器とPLC(Programmable Logic Controller)を組み込んだ。PLCにはハードウェアの管理と工作機の動作制御を行わせた。機構部には、原点やオーバートラベル検出用センサを取り付けた。

操作パネルのスイッチ、ランプ、機構部のセンサは

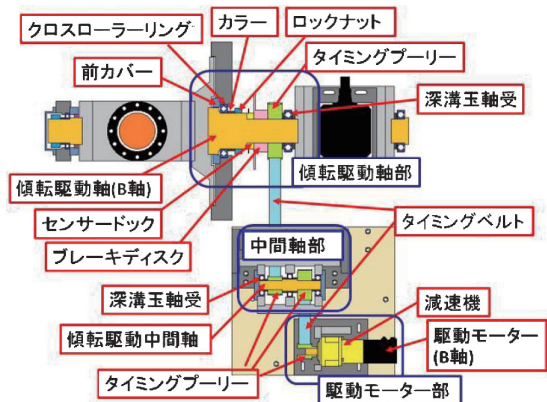


図9 テーブル傾転駆動部(B軸)の構造



図10 X・Z軸ベース部品

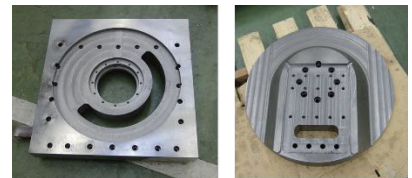


図11 B軸ベース部品

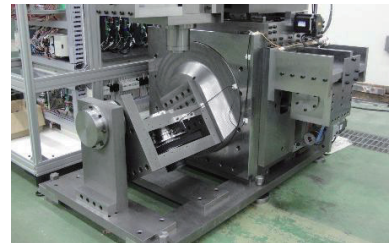


図12 完成したテーブル部

CC-Link を用いて PLC と接続し、CNC 装置と PLC との制御信号のやり取りには MODBUS/TCP を利用した。ネットワーク機能を利用することにより配線長の影響を受け難くするとともに省線化を図った。

6. 制御盤の製作

6.1 制御盤の構造 構造を図14に示す。内部を仕切り、前部、左右面に機器を設置できるようにした。右上部にサーボAMP制御盤を、下部には各部に電源を供給する配電部を配置した。また、前部にPLCやモーションコントローラなどの制御装置を配置した。PLCとサーボAMPとの接続のためにCNC IOボードを製作した。基板上で配線することにより設置面積の削減を図った(図15)。

6.2 操作パネルの構造 独立した操作パネルを製作した。タッチパネルモニタ、小型PC、各種操作スイッチ、表示灯などを組み込んだ(図16、17)。

7. 制御プログラムについて

7.1 PLCのプログラム 構成を図18に示す。制御盤外に設置した機器との接続には、PLCのネットワーク機能を利用した。また、多数の信号を処理する為、PLCのデバイスをラベルに置き換え、プログラムの可読性が上がるようにした。

以上の入出力処理を行った後、Mainモジュールでは工作機の電源管理、異常発生時の処理を行わせた。

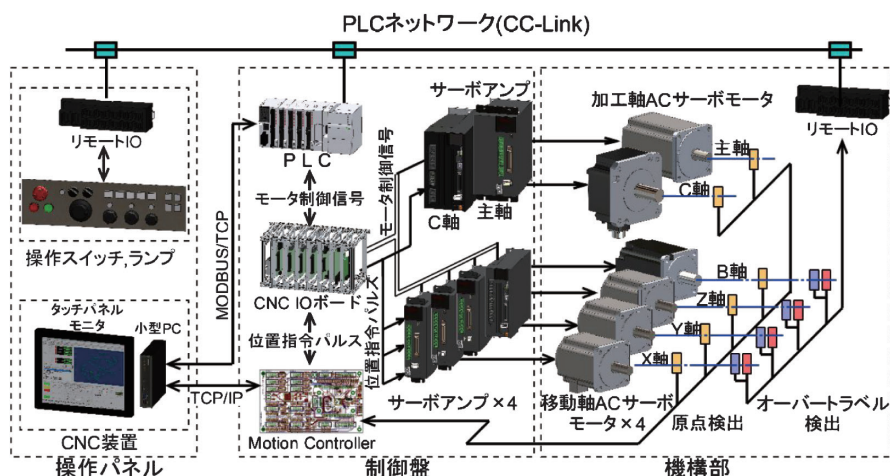


図13 制御システムの構成

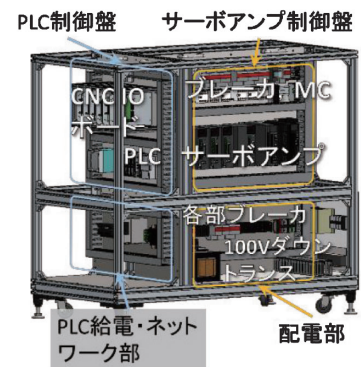


図14 制御盤の構造

MC_Control モジュールではカスタム M コードによる工作機制御の処理を行わせ、Main_Panel モジュールでは操作スイッチやジョグ操作に対応する処理や、工作機の状態表示などを行わせた。

7.2 装置間の連携と制御プログラム 各装置からの信号はネットワーク機能により、PLC と CNC 装置の入出力メモリ間を相互に転送されている。そのため、PLC と CNC 装置に信号の受け渡しや信号に対処するプログラムを追加することにより、各装置間を連携して動作させた (図 19)。

7.3 主軸・C 軸の機能変更プログラム 複合加工や主軸オリエンテーションを行うために、連続回転動作と位置決め動作とに機能を切替えて使用できる、軸機能変更プログラムを制作した(図 20)。旋削加工時(旋削)とミーリング加工時(ミル)に合わせ、CNC プログラム内で軸とモータの対応を切替えると同時に、PLC で主軸回転信号の取得先を切替えた。

8. 結言

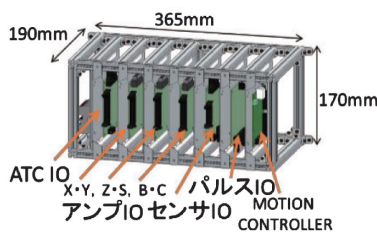
2016 年度より、5 軸制御マシニングセンタの設計・製作を開始し、二年目を迎えた 2017 年度には 5 軸制御で動作できる状態となった(図 21)。

製作に携わった学生たちは、授業では経験したことがない作業に取り組むことになったが、授業時間外も熱心に作業に取り組んだかいもあり、製作したマシニングセンタはポリテックビジョンで高い評価を得ることができた。彼らの労苦は報われたとともに、今後ものづくりに携わるうえでの原動力になると思う。

参考文献

- [1] 坂口, 佐藤 : NC 旋盤の設計・製作, pp29-31, 近畿能開大ジャーナル第 23 号, 2015 年 12 月

(2018 年 10 月 22 日提出)



カードケージ

図 16 操作パネル外観

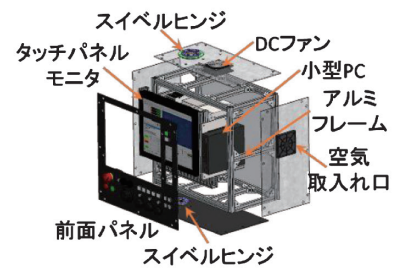


図 17 操作パネルの構造

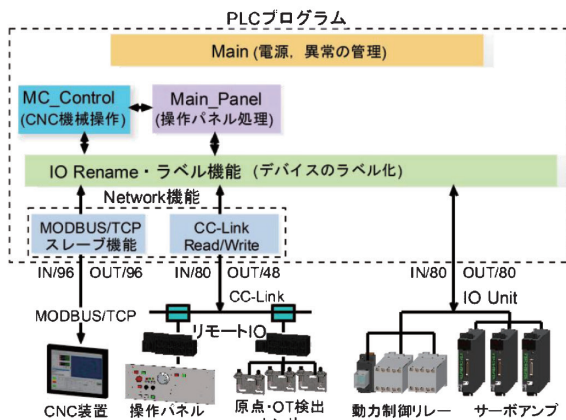


図 18 PLC プログラムの構成

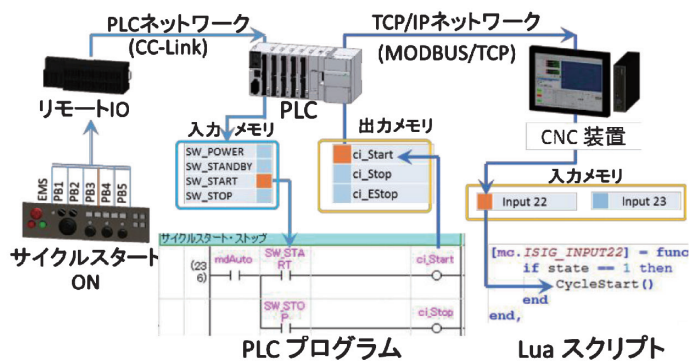


図 19 装置間の連携と制御プログラム

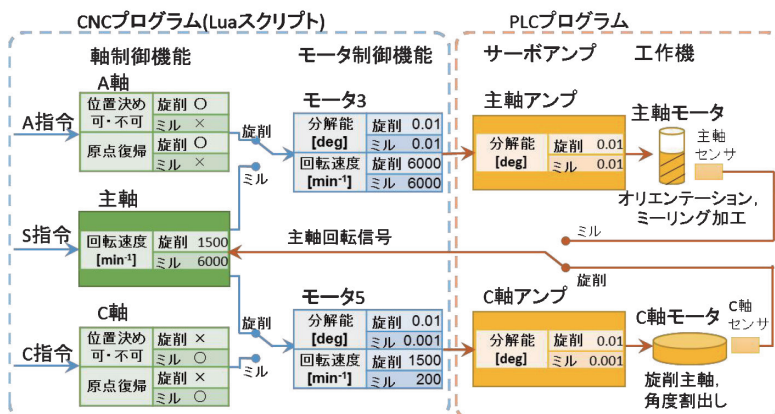


図 20 軸機能変更時の操作

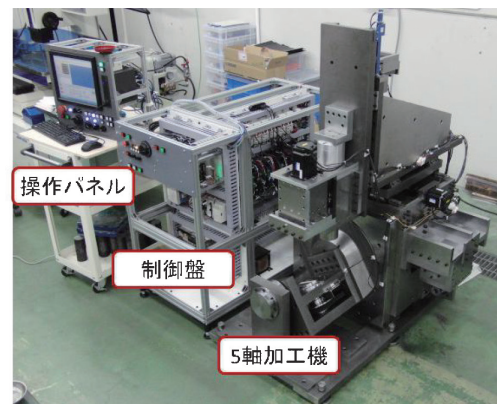


図 21 製作したマシニングセンタ

水中探査機的设计・製作

屋敷陽一*, 小杉 実*

総合制作実習として実施した「水中探査機的设计・製作」の実習の流れや機体の構造、防水機能などについて報告をする。製作した水中探査機は、水に潜ることができ前後左右自由に動き回れる水中ロボットである。浸水しない構造、水中での動作性の確保等を重要項目として、ゼロから设计・製作に取り組んだ。内部には、撮影用カメラを取り付け、水中を観察できるリモコン式水中探査機を製作した。水中探査機は、遠隔操作型(ROV)、自律型(AUV)などの種類があり、本テーマは人がリモコンを操作して水中を探査できる遠隔操作型(ROV)とした。

Keywords: 水中ロボット, 水中探査機, スラスタ, 完全防水, ラジコン。

1. 緒言

総合制作実習のテーマを水中探査機としたきっかけは、テレビのバラエティ番組である。番組で海岸の調査として水中を撮影できるロボットが使われていた。水中の撮影により新種と思われる生物の発見につながるなど、ニュースに取り上げられるほどの盛り上がりを見せていた。新種の生物を発見するという壮大な目標は難しいが、それができるかもしれない機械の製作は、強い興味を持って臨めるテーマではないかと考えた。当校のある滋賀県に海はないが、日本一大きい琵琶湖がある。琵琶湖は、ここ数十年にわたり環境汚染や外来種による生態系の変化が問題視され続けている。琵琶湖の水中を探査する機械の製作を通して、技術的な能力の向上だけでなく、琵琶湖の美しさを再確認し環境に対する意識が高まることも期待し、テーマとして選定した。

総合制作実習では、調査・企画から设计、加工、組立までのものづくりの一連の流れを実施したが、水中探査機の構造と浸水対策が重要だと考え、本報告では実習で行った设计製作の流れと、防水構造を中心に報告する。

2. 実習の流れ

2.1 水中探査機的设计・製作の流れ 设计・製作は、図1のような一般的な设计・製作の流れを参考として実習を進めた。実習はグループリーダーを中心としてグループで進めていき、適当なタイミングで指導員がデザインレビューをするような形で内容の確認・進行状況の把握を行った。

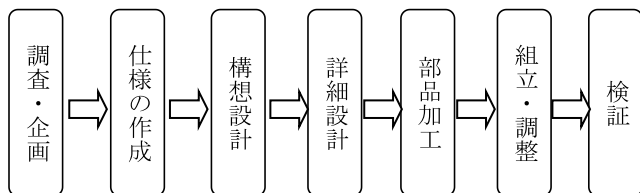


図1 一般的な設計・製作の流れ

2.2 調査・企画 设计は、グループディスカッション形式で進めることとした。グループディスカッションにおいては、模造紙に意見を書いていくことで、メンバーの意見が出やすく、まとめやすいようにした。出された意見は、即座に選別することはせずに次々と記述していき、人のアイデアに乗っかりながら次々とアイデアを出してもらうようにした。また、採用しない内容については、一本線を引くなどの識別を行うことで、再度同じアイデアで検討のやり直しをしなくても済むようにした。

3. 仕様

3.1 重要項目 水中探査機を設計するにあたり、重要項目(表1)を考え各機能の展開を行った。

重要項目の1つ目が動作性である。探査をするために上下左右・前後へと自由に動き回れるようにする。

2つ目は、視界の確保である。水中の映像を陸上から見られることで、水中の観察及び陸上からは見えない機体の操作ができる。

3つ目は、防水構造である。機体内部にあるモーターやバッテリーなどの電子部品に水がかからないように、浸水しない構造にする。

4つ目は、非常時の機能である。機体がコントロール不能になった場合でも機体の回収ができるようにする。

表1 重要項目

項目	概要
① 動作性	水中で自由に動けるようにする
② 視界	内部のカメラで撮影した水中の映像をパソコンで確認できる
③ 防水	内部に精密機械が多いため、浸水しないように密閉する
④ 非常時の機能	コントロール不能になった場合、浮上し回収できる

* 滋賀職業能力開発短期大学校 生産技術科

3.2 仕様 毎年8月に国立研究開発法人 海洋研究開発機構などが共催する「水中ロボットコンベンション」^[1]と呼ばれる水中ロボット大会がある。その大会の水中ロボットの仕様を参考として、水中探査機の仕様を作成した。水中探査機の仕様を表2に示す。

項目	内容
寸法(高さ x 幅 x 長さ)	400×500×1200(mm)
重量	35.0(kgf)
潜航深度	最大3(m)
カメラ	USB 接続 200万画素
コントローラ	ラジコン(27MHz)
ライト	高輝度 LED 電灯
USB ケーブル長さ	20(m)

3.3 機体の構成 今回製作した水中探査機は本体とスラストから構成されている(図2)。本体はカメラや制御装置、バッテリーを格納する。スラストはモーターとプロペラで構成された推進装置であり、水中での動作性を確保するために上下移動のスラスト2つ、前後移動のスラスト2つで構成する。

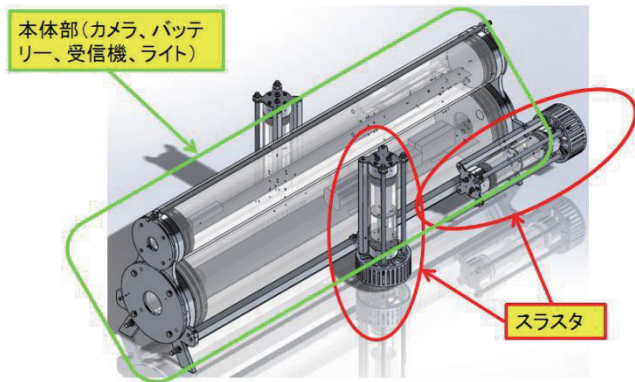


図2 構成

4. 操作方法

機体の操作は図3のラジコンのコントローラで行う。動作としては前進・後退・上昇・下降・旋回の5つが可能である。1つのコントローラでは5つの動作の指令を出すのが難しいため、2つのコントローラを用いる。

旋回は前進後退するスラストのどちらか片方だけを動かすことで旋回するため、単独でレバー操作しても動作せず、前進または後退と合わせてレバー操作する。



図3 コントローラ

5. 構造

5.1 完成した機体 図4は、完成した水中探査機の写真である。今回製作した探査機は本体(図5)と推進装置であるスラスト(図6)で構成されている。

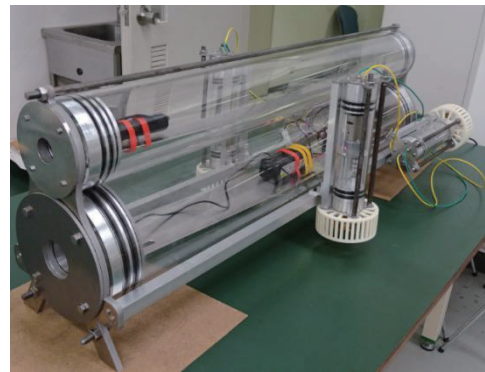


図4 完成図



図5 本体



図6 スラスト

5.2 本体の構造 本体上部の円筒からライトで照らし、下の円筒からカメラで撮影できる。本体の内部には、ライト、カメラ、バッテリー、受信機、基盤等があり、それぞれを板に固定している。

アクリル円筒の両端をフランジでふさぎ、ロッドで引っ張って固定するサンドイッチ構造(図7)としているが、わずかな隙間から浸水するためOリングを用いて密閉している。

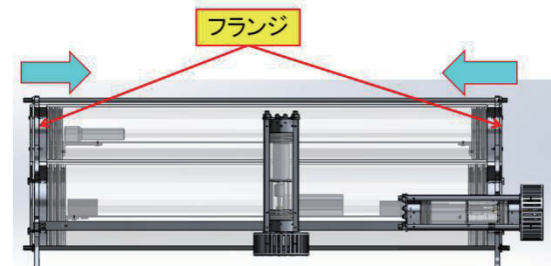


図7 サンドイッチ構造

5.3 スラストの構造 スラストは全部で4つ使用する。2つは前進・後退・旋回用、2つは上昇・下降用となっている。図8の様な形状になっており、内部にあるモーターでプロペラを回転し、推進する構造としている。

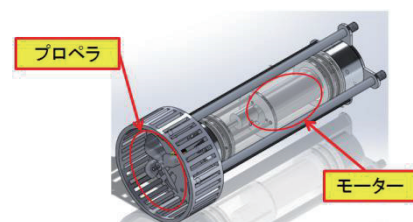


図8 スラストの構造

5.4 コントローラ 製作した探査機の操作はラジコンのコントローラで行う。ラジコンで使用される電波の周波数には表3の4種類がある。水中での電波の利用は規格化されていないが、陸用の27MHzと40MHzが水中へも電波が届き利用可能である。27MHz陸用は、推定3m弱程度まで電波が届くためこの電波を使用する。

表3 周波数使用例^[2]

	周波数	用途	備考
陸用	27(MHz)	おもちゃのラジコン, トランシーバ	水中は規格外, 陸上は11m程度, 水深3m弱程度
	40(MHz)	ラジコン(車, 船)	水中は規格外, 陸上8m程度, 水深2m程度.
空用	72(MHz)	ラジコン(飛行機, ヘリコプター)	空用であるため, 水中では使用不可
両用	2.4(GHz)	ラジコン, wi-fi	水中は不可

6. 防水機能

水中で動くため、防水が重要な要素である。浸水する箇所は次の3種類が考えられることから、それぞれ浸水対策を行った。

- ・本体及びスラストの円筒とフランジの接触部分
- ・スラストのプロペラ軸が出ている回転部分
- ・各フランジのケーブルが出ている配線部分

6.1 フランジ部分の浸水対策 本体やスラストのフランジ接触部分からの浸水対策として、Oリングを使用した(図9)。

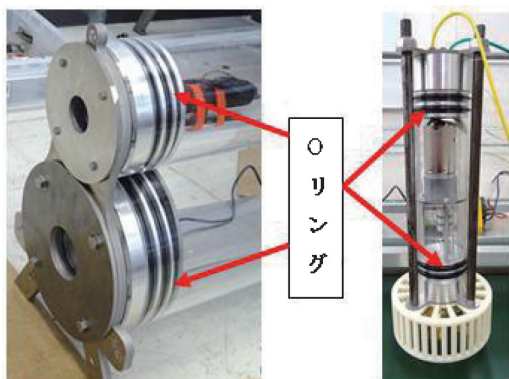


図9 フランジ部分の浸水対策

Oリングは、リング状のゴムを図10のようにつぶすことによって隙間をなくし密閉する部品であるが、どれだけつぶすかによって密閉性や摺動、組立のしやすさが変わってくる。

密閉性を高めるために高いつぶし率としたいが、本体内のバッテリー交換の都度、フランジの取り付け取り外しが必要なことから、密閉性に最小限必要なつぶし率8%を若干超える程度のおつぶし率になるように設計した。

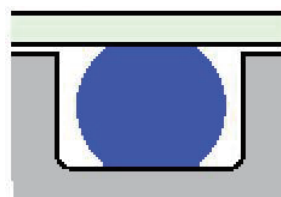


図10 Oリングの仕組み

また、本体前方内部にはカメラを設置してある。水中を撮影するため、カメラ前方は透明である必要があるため、フランジに穴をあけ、透明アクリルの円盤でカバーをすることとした。このアクリル円盤との接触部分から浸水するため、図11のようにOリングで浸水対策を行った。

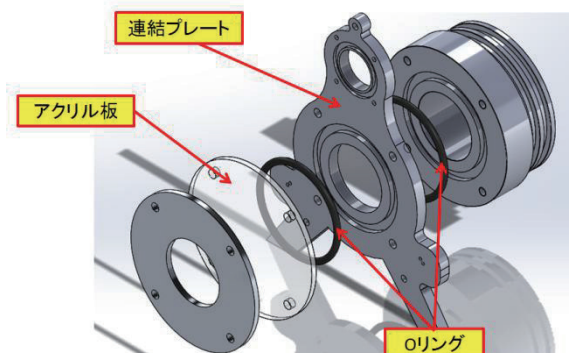


図11 カメラ部分の浸水対策

6.2 軸部分の浸水対策 スラストのフランジにはプロペラの軸を通すための穴があいている。浸水しないように穴とプロペラ軸には隙間がないようにしたいが、プロペラ軸がスムーズに回転できるように若干の隙間が必要となる。プロペラ軸がスムーズに回転でき、隙間からの浸水を防ぐためにスタンチューブを使用する。スタンチューブは、容器内にグリスを充填した浸水を防ぐ部品である(図12)。

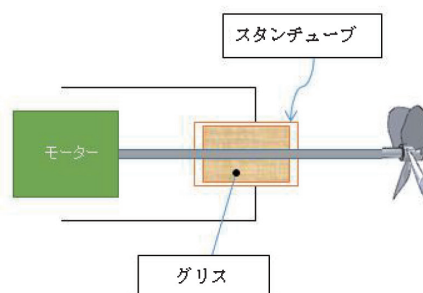


図12 軸部分の浸水対策

スタンチューブは、図13のような構成になっている。軸受は、軸がスムーズに回転できるように玉軸受を使用し、容器内のグリスの抵抗を受けにくいようにシールド付きを選定した。シールドはシールドG形を使用した。シールドG形のみでも防水機能は高いが、万全を期すために内部にグリスを充填している。

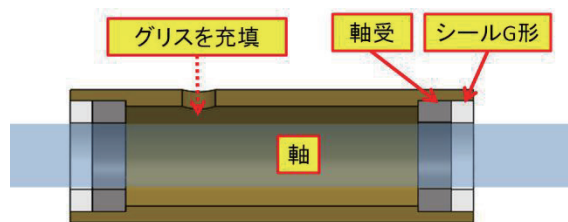


図13 スタンチューブの構成（断面形状）

6.3 ケーブル部分の浸水対策 本体内部の制御装置とスラストのモーターはケーブルでつなぐため、フランジにはケーブルを通す穴が必要となる。この穴とケーブルとの隙間部分から浸水する。ケーブル部分の浸水を防ぐために、ケーブルクランプを使用した。ケーブルクランプは、図14のように4つの部品から構成されたもので、②のゴム部品がケーブルと穴との隙間をなくして浸水を防ぐ。



図14 ケーブルクランプ

ケーブルは図15のように、ケーブルクランプを通して、フランジに組み付ける。

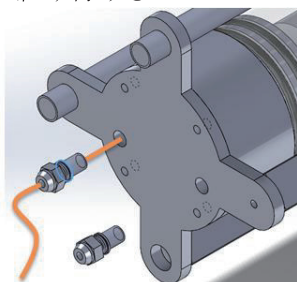


図15 ケーブル差し込みイメージ

7. 実験

製作の過程で本体及びスラストの浸水実験を行った。

7.1 本体の浸水実験 本体ができた後、簡易プールで浸水実験を行った。結果は、ケーブルクランプの部分から浸水が確認された。原因は、フランジの穴加工で面取りを大きくしすぎてしまったためで、穴とケーブルクランプの付け根に隙間ができてしまい、浸水した。対策として、液体のシール材で隙間を埋めることとした。

7.2 スラストの浸水実験 スラストが組みあがった後、水槽に水を張り浸水実験を行った。結果はわずかに漏れがあり、スタンチューブから浸水していることが分かった。スタンチューブの容器を3Dプリンタで製作したが、積層された樹脂の隙間に水が浸透しスラスト内部まで浸水した。対策として、容器をアルミニウムで製作し直すことで解決した。

8. 水中探査機の評価

8.1 動作検証の結果 表4は動作検証の結果である。動作性の前進、後退、旋回はイメージしていた速度が出なかったため△とした。速度が出なかった原因としてはプロペラが小さいことと、モーターの出力が不十分であったことが考えられる。動作性の下降は、沈ませることができなかったため×とした。浮力に対してモーターの出力が不十分であったことが原因と考えられる。

表4 検証結果

重要項目	項目	検証結果
動作性の確保	前進	△
	後退	△
	旋回	△
	下降	×
防水機能	本体部	○
	推進装置	○
カメラ	撮影	○
安全装置	浮上	○

8.2 水中映像 本体内部のカメラはWebカメラ使用しており、全長20mのUSBケーブルで地上のパソコンと接続している。図16は簡易プールの水中映像で、パソコンに問題なく表示された。



図16 水中映像

9. 結言

当校で初めてとなる水中で動く機械の製作を行った。設計・加工、組立までさまざまな困難があったが、学生がチーム一丸となって取り組んだことで組立、動作検証まで行うことができた。重要項目が達成できていないことから、設計・製作のできるだけ早い段階で実験(浸水、浮力、推進力等)が必要であったと感じている。今後の取り組みとしては、主に動力部分を改良し、当初の目標である琵琶湖の水中探査を行いたい。

10. 謝辞

本テーマに取り組むにあたり、近畿職業能力開発大学の岩城先生をはじめ教職員の皆様には多大なご指導をいただきました。心よりお礼申し上げます。

文献

- [1] 水中ロボットコンベンション:
<http://uwr.sakura.ne.jp/jam18/>
- [2] 水中ビークル・フリーミーティング:
<http://underwaterrobonet.org/oppama>

(2018年10月22日提出)

水耕栽培装置の製作

古元克彦*

電子情報技術科では、電気・電子回路やマイコンを授業で学び技術の習得を目指している。水耕栽培装置は、これらの技術を用いた教材になると考え、リーフレタスや小松菜などの葉野菜を栽培できるものを製作した。植物栽培では光合成に必要な光の照射と、根から吸収する栽培液の養分の提供が重要だが、この装置の主な特徴は、光合成に必要な光を供給する LED 照明装置を制御できることである。LED 照明は赤・青の2色の LED を使用し、各色 LED 照明の点灯時刻の設定、照度の調整、照明部の高さ調整ができるようにした。

Keywords : 水耕栽培, リーフレタス, 電子回路, マイコン, LED 照明.

1. 緒言

植物の育成に必要な要素は、葉で光合成を促すための光と根から吸収される養分や水である。水耕栽培は光合成に必要な光を照明で供給し、さらに根から吸収させる養分を栽培液で提供し、手軽に美味しい野菜を作ることができる栽培方法である。また季節や天候の影響を受けない、無農薬で安全に作れるメリットがあり多くの人に注目され、各教育機関や企業で研究が進められている。

水耕栽培では照明で発する光の波長や照度、点灯時間・時刻を調整することにより、味や風味、栄養成分、育成時間を考慮した野菜の栽培が可能である。

電子情報技術科では、主にマイコンの活用方法や電子回路を学んでいる。今回は照明に LED を使用し、定電流制御を行うため波長は一定となるが、照度や点灯時間を調整できる照明装置の製作は可能である。また学生が技術的要素と共に、水耕栽培の本質を学ぶことのできる教材になると考え設計・製作した。

2. 水耕栽培装置について

図1及び図2に示すように、レタスなどの葉野菜を栽培できる装置を製作した。

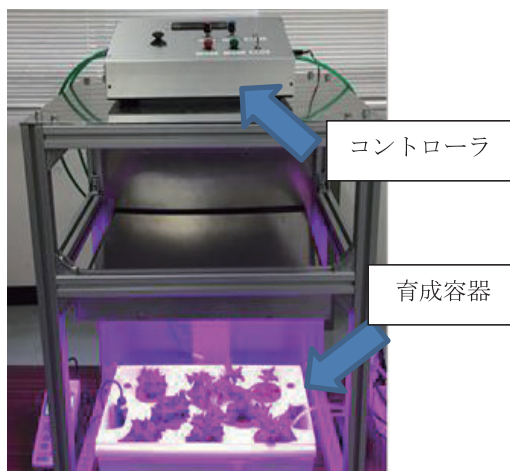


図1 水耕栽培装置

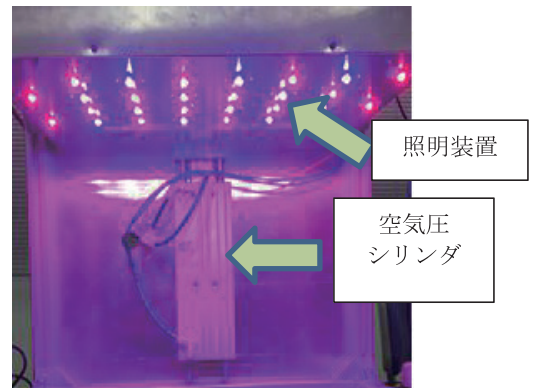


図2 水耕栽培装置の照明部

植物の光合成を促すための光を発光する照明装置は、赤・青の2色の LED を使用し、水・養分の供給は水道水に市販の液体肥料を加えた栽培液を入れる育成容器を用意した。さらに栽培液には溶存酸素の供給も必要となるので、酸素の供給は市販の金魚の育成などに使用する小型のポンプを使用した。

照明装置は野菜の成長にしたがって高さを手動で調整できるように空気圧シリンダで上昇できるようにし、この昇降操作や LED の点灯時間設定、明るさ調整はすべてコントローラで操作できるようにした。

3. 照明装置

3.1 LED の選定 植物の育成には最低でも 1000～1500LUX 程度の光量が必要とされている[1]。また、植物の光合成や野菜の成長には赤色・青色の光が必要であり、各色の光の強さが野菜の味や栄養成分に影響する。様々な機関の実験結果から、植物の光の吸収波長のピークは2箇所あり、660nm 付近の赤色と 440nm 付近の青色であることが分かっている[2]。これらの理由から、照明には、波長が 660nm の赤色 LED と 470nm の青色 LED を使用した。表1に選定した LED の定格を示す。

* 京都職業能力開発短期大学校 電子情報技術科

表1 選定したLEDの定格[3]

LED色	波長 [nm]	順方向電流 [mA]	順方向電圧 [V]	半減角 [度]
赤	660	350	2.5	140
青	440	350	3.3	120

3.2 LEDの配置と外観 LEDの配置は50mm間隔とし、赤色LEDを16個、青色LEDを12個使用した。図3は製作した照明装置の外観である。

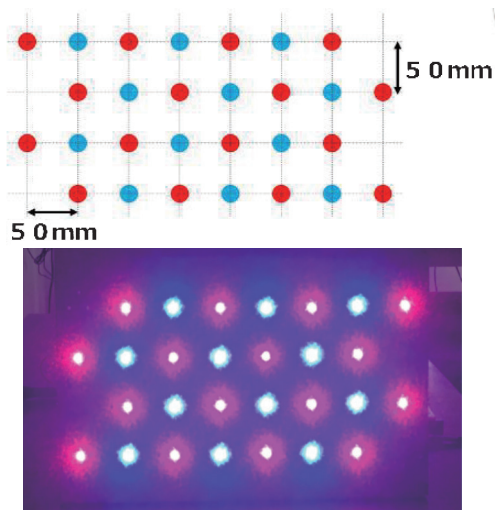


図3 照明装置の外観

赤色は8個を直列に接続し、これを2つ並列接続した回路を製作した(図4)。また、青色も同様に6個を直列に接続し、これを2並列に接続した回路とした。なお、電流制限は定電流ダイオードで行った。

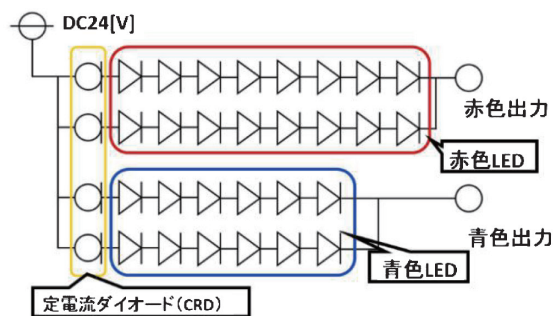


図4 LED照明の回路図

3.3 定電流ダイオードの放熱対策 LEDの電流制限は定格が350mAの定電流ダイオードCRDで行った[4]。今回、最初にCRDを4つユニバーサル基板に半田付けし、そのままLED照明のドライバ回路に接続して点灯実験を行った。その結果、数分後にCRDが高温に達し、焼損した。

CRDは温度が上昇すると電流値が低下する特性があるので放熱効果を高め温度を安定させる目的で図5のような基板に半田付けし放熱効果を高めた。

その結果、実験では各色LEDの直列部分のCRDの

表面温度は約33℃程度で安定し、表2のようにLEDの駆動電流も定格電流に近い値で安定した。

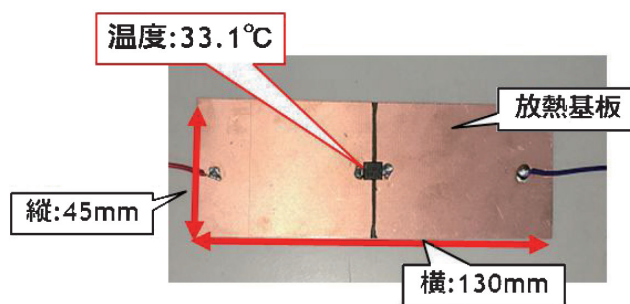


図5 定電流ダイオードの放熱対策

表2 LED照明の点灯実験結果

LED色	順方向電流① [mA]	順方向電流② [mA]	順方向電圧 (最小値) [V]	順方向電圧 (最大値) [V]
赤	347.8	347.7	2.13	2.27
青	321.2	324.4	3.17	3.30

4. コントローラ

4.1 コントローラのシステム構成 コントローラの外観を図6に示す。左部のジョイスティックは、LCDのカーソル移動と照明の高さ調整の指示に使用する。赤と青のボリュームは各色に対応するLEDの調光に使用する。調光はPWMで行う。また、LCDの設定で表示値をインクリメントする+ボタンとデクリメントする-ボタンは押しボタンで、LCDに表示される値の増減や、画面切り替えで使用する。さらに、コントローラ用のDC5V電源投入用のトグルスイッチと電源表示用のLEDを取り付けた。

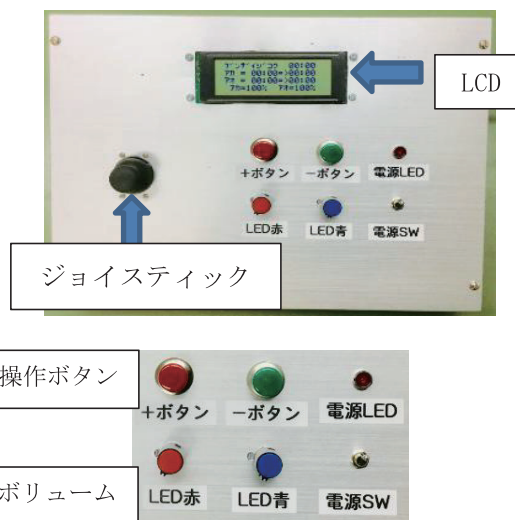


図6 コントローラの外観

コントローラのシステム構成図を図7に、回路図を図8に示す。

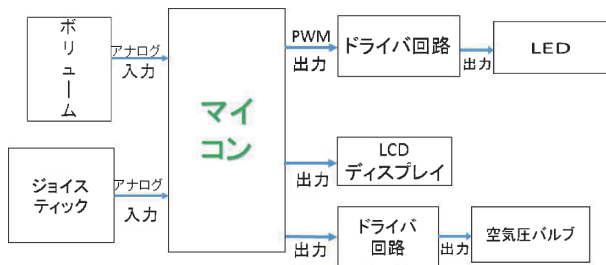
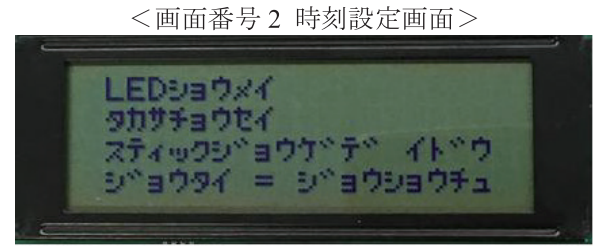


図7 コントローラのシステム構成図



<画面番号2 時刻設定画面>

図9 LCD表示画面

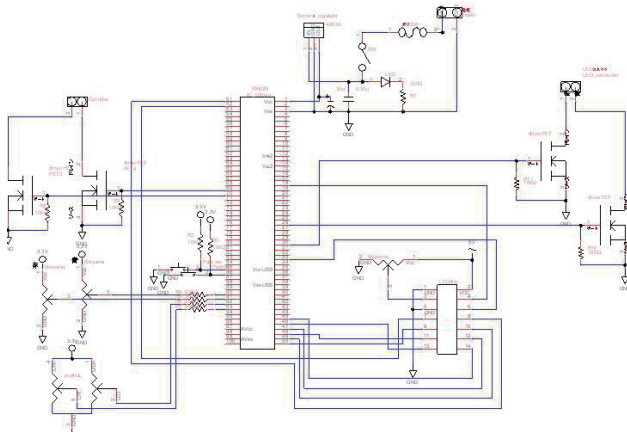
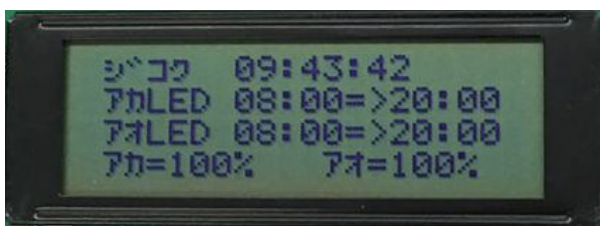


図8 コントローラの回路図

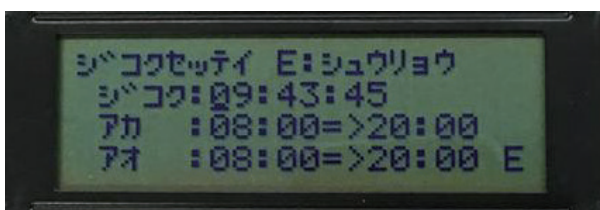
4.2 LCDの表示画面 LCDの表示画面は図9のように3画面構成となっており、この表示画面の状態によりコントローラの操作方式を表3のように変更している。

表3 各LCD画面の表示状態

画面番号	表示項目
1	・ 現在時刻 ・ LEDの点灯時間 ・ LEDの出力状態 (PWMのDuty比)
2	・ 現在時刻の設定 ・ LEDの点灯・消灯時刻の設定
3	・ シリンダの昇降指示



<画面番号1 時刻表示画面>



5. 使用機器

表4に使用した主要機器を示す。

表4 主な使用機器

名称	型番
マイコン	ルネサス RX62N
赤色LED	OptoSupply OSR7XNE1E1E
青色LED	OptoSupply OSB5XNE1C1E
定電流ダイオード	ON Semiconductor NSI50350AST3G
ジョイスティック	Parallex Axis Joystick (#27800)
空気圧シリンダ	SMC SY3420-5L-M5-F2
電磁バルブ	SMC MLQPM20-200-B-M9B4

6. 栽培実験及び試食

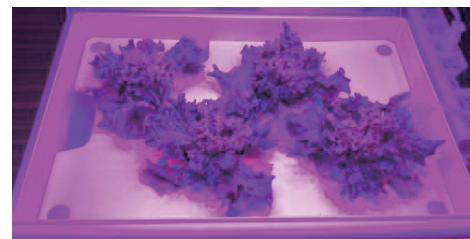
表5の環境において行った栽培実験の様子と、成長したレタスの状態を図10に示す。

表5 栽培実験の環境

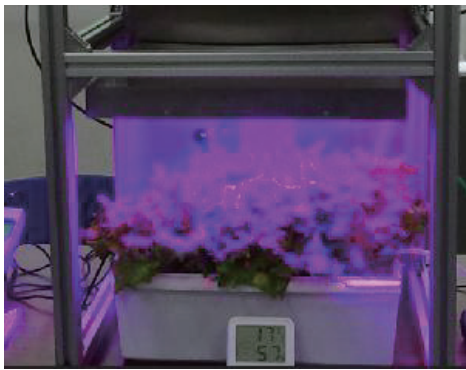
項目	値	備考
温度	22°C	エアコン使用
栽培液肥料濃度	1.6~2.0mS/cm	導電率測定
照明照度	10250LUX	中央付近
点灯時間	8:00~20:00	2色同時
栽培日数	45日間	12/16~1/31



<育成10日目(育苗:発芽後3日)>



<育成20日目>



<育成 45 日目 (収穫前)>

図 9 栽培実験の様子

職員や学生に試食をしてもらい、味に関する感想を聞いたところ、野菜の味が濃く、おいしいという意見が多かった。また時期的に葉野菜の価格が高騰している時期でもあったため、皆さんに喜ばれた。

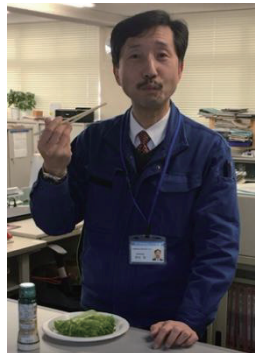


図 10 試食の様子

7. まとめと今後の方針

製作した LED を用いた水耕栽培装置は、予定された仕様を満たし、葉野菜の育成においても十分満足できる栽培結果を得ることができた。

また製作を通して、電子情報技術科で学んだ技術を活かした具体的な製作物を提示できた。

今後は更に実験を続け、効率のよい野菜の育成を研究したいと考えている。

参考文献

[1] 水耕栽培ナビ

<http://www.suikou-saibai.net/blog/2014/12/18/93/2>

参照 2017.05.10.

[2] リビングファーム

<http://www.living-farm.com/category/1757926.html>

参照 2017.05.17.

[3] 秋月電子通商

<http://akizukidenshi.com/catalog/default.aspx>

参照 2017.07.05.

[4] トランジスタ技術編集部,

“高輝度/パワー LED の活用テクニック”, pp63-74, CQ 出版社, 2008.

『全日本製造業コマ大戦』 出場に向けた取り組み

藤根和晃*

2回目の能開大勤務を命じられ、5年ぶりに総合制作実習を指導することとなったのが2012年である。まだ誰も取り組みがなく、対外的にアピールできるものはないかと考えていた。ひょんなきっかけから「全日本製造業コマ大戦」を知った。これなら学生も興味を持つのではないかと考え総合制作のテーマ説明で紹介すると初年度(2013年)は4名の学生が集まり、始動した。学生と試行錯誤を繰り返し色々なコマを製作した。ここに2013年度、2014年度、2016年度、2017年度の合計4年間の取り組みを報告する。

Keywords : コマ大戦, タングステン, ネオジム磁石, ローレット加工

1. はじめに

数年前、私が子供のころに流行っていたベーゴマが、ベイブレードと名を変えて再び登場した。当時のようにひもで回すのではなく、専用の機械を使って回す対戦コマである。色々なパーツをカスタマイズすることができ、相手によって特徴を変えながら戦わせることができる。息子達が兄弟で夢中になって対戦している姿を見ると私自身童心に返り懐かしくなった。

ある日、朝食を摂りながらテレビを見てみると「全日本製造業コマ大戦」の特集をやっていた。製造業の技術者がコマを製作し喧嘩コマをする大会である。大の大人が興奮しながら本気になって対戦していた。2012年での製作のルールは、直径が20mm以内であれば、特に細かい決まりはなかった。これなら学生も興味を持つのではないかと考え総合制作実習のテーマ発表で紹介したところ4名の学生が志願した。市販のものではなく、自分で製作したコマで対戦するところに興味をもったようである。当近畿職業能力開発大学校は多種多様な工作機械を保有しているため、これらを使い大会出場を目指しコマ製作に取り組んだ。

2. 全日本製造業コマ大戦とは[1]

全日本製造業コマ大戦は、2012年2月に第一回大会[2]が開催された。2015年には世界大会も開催され、日本企業が優勝している。

対戦は直径250mm、凹R700mmのケミカルウッド製の土俵上で行い、ルールの概要は次の通りである。

2.1 コマの勝敗

- ・土俵の外に出るか、先に止まったら負け
- ・2連勝した時点で試合終了
- ・行司の「はっきょい、のこった」の掛け声がかかる前(コマを土俵に投げ入れる前)のコマの変形は禁止とし、変形してしまった場合は1敗とする
- ・径や全長が変わるような変形コマにおいて、回転後の静止状態が回転前の形状に戻っていない場合1敗とする。(2014年ルール追加)

2.2 コマの仕様

- ・コマの直径は静止状態で回転軸に対しφ20mm以下とする

- ・コマの全長は静止状態で60mm以下とする
- ・片手の指だけで回すこと
- ・2か所以上の接地面で回り続けるコマは禁止
- ・回転軸が変わるコマは禁止
- ・受付後の部品交換は禁止
- ・寸法の確認は公式のリングゲージと市販のノギスで行う

3. コマの設計

良く回転するコマを製作するには、次の式[3]が大きく関わっていると考えた。

$$\text{円運動の力 } F = mr\omega^2 [\text{N}]$$

$$\text{角運動量 } L = mr^2\omega [\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}]$$

m はコマの質量、 r はコマの半径にあたる。質量が大きく、直径も大きくする必要があると考えた。質量を確保する為にはタングステン(比重:19.3)を使用することにした。また直径を大きくする方法として、羽が開く方式を採用した。

4. 4枚羽可変コマ(2013年度)

初年度に取り組んだ可変コマ(図1)は、羽を4枚取り付けた形にし、直径が19.9mmから回転時には55.0mmまで開く構造とした。仕様を表1に示す。



図1 4枚羽可変コマ

表1 4枚羽可変コマの仕様(2013年度)

直径	19.9[mm]→55.0[mm]
全長	55.0[mm]
質量	36.8[g]
回転時間	51[sec]

* 生産技術科

なおこの時点では、回転後の静止状態が回転前の形状に戻らない場合1敗とするルールがまだ規定されていなかった為、閉じる機構は考えていない。

5. 3枚羽可変コマ (2014年度)

2014年においては、大会ルールの改定もあり、4枚羽可変コマ(2013年製作)の問題点を洗い出し改善した。

5.1 4枚羽から3枚羽へ 4枚羽構造では、羽と羽の間に相手が入り込んできた所を弾き飛ばすには、懐が狭いことが分かった。羽を3枚にすることにより懐を大きく取ることとした。図2に3枚羽可変コマを示す。



図2 3枚可変コマ

5.2 閉じる機構 2014年のルール改定に伴い、可変コマにおいては、回転後の静止状態が回転前の状態に戻らなければならないという規定が追加された為、この改善を行った。この時点では、ゴムを使用して閉じる機構を製作した。回転させた時の遠心力でゴムが伸び羽が開き、停止するとゴムの力で元の状態に戻る機構である。ゴムが強すぎると開かず、弱すぎると閉じない為、調整を繰り返した。図3の左に開いている状態、右にゴムの力で閉じている状態を示す。



図3 ゴムの力で閉じる機構

5.3 羽に角度をつける 羽が水平に開く状態では、相手のボディに当たり、あまり打撃が与えられない。そこで羽に角度をつけ、相手の軸を叩く構造を考えた。(図4)羽の取り付け部にくぼみをつけ干渉させ、水平の位置まで完全に開くのを抑制した。

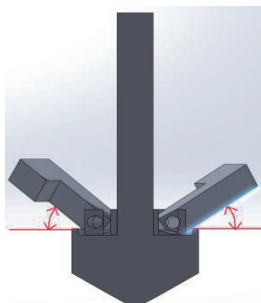


図4 羽の開き角度

この時点においては、閉じる機構は完成したが対戦するにはまだ改良が必要な状態であり、仕様を示せるコマは完成していない。

6. 3枚羽可変コマ改 (2016年度)

6.1 磁石を使用 2014年製作のコマにおいては、閉じる機構にゴムを採用していたが、ゴムは調整が困難であり時間が経つと張力が変わってしまう弱点がある。また回転中も閉じる力が常に働いている状態になる為、性能が安定しない。そこでネオジム磁石を使用して閉じる機構を製作した。図5に回転時、図6に回転後の元の状態を示す。

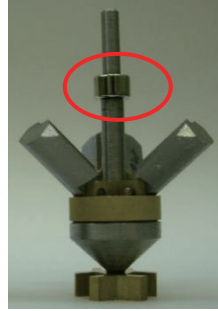


図5 回転時



図6 元の状態

開閉のメカニズムは、磁石と羽の距離(図7)を3mmにすることで、静止時は磁力によって引きつけられて羽が開かず、回転を加えると遠心力で羽が広がる回転後は、コマが完全に寝る状態で転がり、さらに図5丸印の磁石で羽が吸い寄せられる機構である。コマの傘の先端角を114度にする事で、停止時転倒する際に勢いが付き閉じ易くなっている。

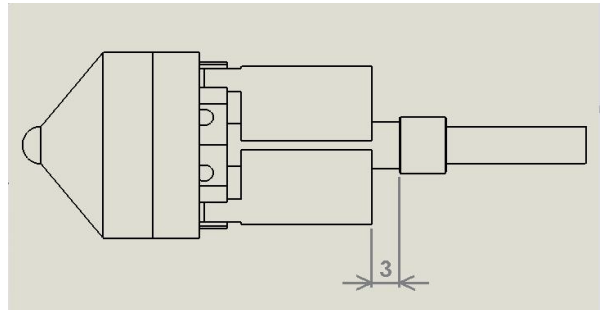


図7 羽と磁石の距離

6.2 羽の開き角度 (2017年度) 相手の軸を叩くために以前と同じように羽に角度をつけた。開き角度が変更できるようにリング部品を使用した。図8に相手の軸を叩く様子とリング部品を示す。リングの役割は、羽の開き過ぎを抑制するストッパーである。



図8 軸を叩く様子

しかし、開く角度によっては、図9に示すように羽のかどと土俵地面が干渉して閉じない状態が確認された。これを改善する為に、リング部品の取り付け位置を調整し、最適な羽の開き角度を探った。(図10)



図9 羽が閉じない様子

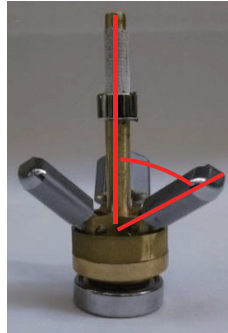


図10 羽開き角度

各角度で20回ずつ実験を行い、ルール通り元の状態に戻る確率を調べた。結果を表3に示す。羽の開きが小さいほど確実に閉じる傾向にある。ただし開き角度25度以下については、φ20mmの相手のコマの軸に当たらない。これらの結果より開き角度30度が最適だと考えられた。閉じる確率は80%であった。

表3 リング深さと閉じる確率の関係

開き角度	45度	40度	35度
閉じる確率	0[%]	50[%]	75[%]
開き角度	30度	25度	20度
閉じる確率	80[%]	90[%]	90[%]

6.3 3枚羽可変コマ改の仕様(2017年度) 完成した可変コマ改の仕様を表4に示す。また最適な角度で羽を開き相手の軸を叩き、気持ちよく弾き飛ばす様子を図11に示す。

表4 可変コマ改の仕様(2017年度)

直径	19.9[mm]→44.4[mm]
全長	58.5[mm]
質量	51[g]
回転時間	34[sec]



図11 対戦中の様子

7. タングステンコマ(2016年度, 2017年度)

7.1 タングステンコマの仕様 タングステンコマの仕様を表5(2017年)に示す。全体にタングステン(比重:19.3)を使用しているため、質量が大きく、さらに側面に鋼球を埋め込み相手を弾き飛ばす設計とした。

先端には摩擦抵抗が低い窒化ケイ素のベアリングボ

ール(φ4.0mm)を使用し、2016年度(図12)から、2017年度(図13)にかけ、鋼球の数と持ち手の変更を行った。鋼球を埋め込むことで、左右非対称になるが、3次元CADの質量特性機能を駆使して、重心の位置が回転軸上に来るように設計した。



図12 2016年度製



図13 2017年度製

表5 タングステンコマの仕様(2017年度)

直径	19.9[mm]
全長	49.4[mm]
質量	95[g]
回転時間	360[sec] (2016年度 135[sec])

7.2 ωの改善 コマの製作において、今までは質 m 及び半径 r ばかりを考えていたが、ここではω角速度について考察した。角速度は指からコマに与える回転速度(rad/s)の事であり、ここではいかに回しやすいかという事である。コマの柄に滑り止めとしてテーピング(図13)を巻いていたが、ここにローレット加工(図14)を施した。回しやすさに関しては個人差もあるがヨレ及び剥がれは起こらないため、安定した回転速度が与えられるようになった。

7.3 タングステンの加工 タングステンは、非常に加工が困難である。鋼に比べ切削速度は1/3以下、切込み量は1/5以下であるため、10倍以上の加工時間がかかった。超硬チップはK種(鋳物用)、S種(耐熱合金用)を使用した。表6に鋼とタングステンの加工条件の比較を示す。

表6 鋼とタングステンの加工条件比較

	切削速度	送り	切込量
炭素鋼	100[m/min]	0.3[mm/rev]	2.5[mm]
タングステン	30[m/min]	手送り	0.5[mm]

7.3 生爪の使用 加工の際は、正確な芯出しが必要である。一度のチャッキングで全ての加工を行うワンチャック加工が有効であるが、この方法ではタングステンを突切るのが困難であったため生爪をコマに合わせて成形し、2工程に分けた。加工の様子を図14に示す。



図14 生爪を使用した加工

8. 2枚羽可変コマ (2017年度)

2016年度までに製作したコマの羽は、花が開くような形で上下に開く方式であったが、ここでは水平に開く方式を考えた。羽の格納スペースの関係で、2枚羽で製作した(図15)。仕様を表7に示す。



図15 2枚羽可変コマ

表7 2枚羽可変コマの仕様

直径	19.98[mm]→38.0[mm]
全長	45[mm]
質量	63[g]
回転時間	30[sec]

閉じる機構は、ネオジウム磁石を使用した。閉じる確率は50%と低い結果になった。また羽の形状から回転方向が限られてしまう等改善点が多く残る。

9. 大会出場

コマの完成時期を考慮して2月に開催される「稲城場所 in メカデザイナーズサミット」に出場することにした。学生たちが記入したエントリーシートを図16に示す。2016年度、2017年度とも同じ大会に出場し2016年度は3枚羽可変コマ(図11)、2017年度はタングステンコマ(図14)で挑んだ。

エントリーシート		全日本製造業 コマ大戦		
大会名称	稲城場所 in メカデザイナーズサミットVOL.06			
この情報は、参加者の管理以外に実況や解説、またWEBページ掲載時に、 企業 のPRにつながる情報として活用させていただきます。				
チーム情報	チーム名(会社・団体名も可)	近畿龍谷大学	協会会員番号	
	チーム紹介	近畿龍谷大学龍谷大学の卒業制作メンバー		
	今までの参加実績	私たちが初めてですが先輩たちが昨年出場しました		
	参加メンバー	氏名 今村 貴樹	会社・団体名 近畿龍谷大学龍谷大学	
		電話番号 090-4297-2739	携帯電話番号	
選手プロフィール	氏名	●●●●	趣味 ゲーム	
	専攻	専攻込み (未読しないように確認の要)		
	企業・団体の所在地	大阪府和歌山県和歌山市住吉1丁目1番1号		
	企業・団体の連絡先	電話番号 072-469-2112	E-MAIL	
企業・団体の得意とする技術	機械加工			
コマに関する情報	コマの名前	ちやんちやん丸		
	持ち手	鋼線	裏り1	
	芯	タングステン	裏り2	
	その他部品、材料	チ化珪素、鋼球		
	サイズ(下記参照)	幅(mm) 19.9	全長(mm) 49.4	厚さ(mm) 0.5
	作成期間	合計2日(設計製作1日、再設計再製作1日)		
	アピールポイントや苦労した点	三次元CADで重心を確認し、左右非対称でも重心のスズがなく長時間回ります		
	単独の回転時間(秒)	360	回転場所	100均のプラスチックの皿

図16 エントリーシート

結果は2回とも1回戦敗退。対戦相手は2年連続「有限会社シオン」で2016年度優勝、2017年度は準優勝という強豪チームだ。彼らのコマは斬新な発想で製作されていた。通常、喧嘩コマは相手を弾き飛ばすが、このチームのコマは、相手とぶつからず土俵の淵でとどまり、敵が先に止まってしまうのを待つ戦法であった。土俵はすり鉢状になっているため、コマは自然と

土俵の中心に寄ってくるが、このコマの先端はサイコウッド製の土俵に微妙に食い込むように数 μm のRが施されており、その場から動かない構造で製作されていた。仮に接触された場合も完全に刺さっている状態ではないため、回避することができるのである。また相手との接触を考えていないため質量も数gであった。学生たちは、様々な工夫を凝らしたコマをつくりながら、1度も対戦相手と接触することなく敗退した。言い訳になってしまうが、1度でも接触できれば弾き飛ばせばはず……(図17)



図17 有限会社シオンとの対戦

図18に対戦中の様子を示す。土俵右側で小さなコマがとどまっているのが分かる。土俵中心で回転中のコマが近畿大のコマである。

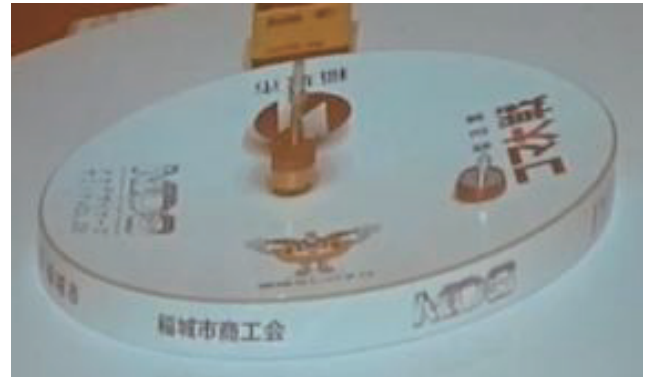


図18 対戦中

10. おわりに

学生たちには、コマ作りを通してアイデアを形にする難しさや、図面通りに加工する難しさ、それらがうまくかみ合っても次の問題が浮上してくる、ものづくりの厳しさを指導できた。また企業のレベルの高さ、発想の転換などを知る良い経験になったのではないだろうか。コマが完成したときの彼らの誇らしげな顔を見た時は、指導員冥利につける瞬間ではあったが、兎にも角にも一矢報いたいものである。

文献

- [1] <https://www.komataisen.com/> 参照: 2018.9.13.
- [2] 全日本製造業コマ大戦特別取材班: 直径2センチの激闘町工場が熱中する全日本製造業コマ大戦, 日刊工業新聞社, 2013
- [3] 戸田盛和: コマの科学, 岩波新書, 1980

(2018年10月10日提出)

新入生歓迎イベントと 『学生スマートフォン アプリコンテスト』への初参加

小出久美子*1, 庄林雅了*2

専門課程電子情報技術科および応用課程生産電子情報システム技術科では、同じ棟で学びながらも学年を超えての交流がほとんどない。そこで、学生間の交流を深めることを第1の目的として、電子情報分野の技術を用いて新入生歓迎イベントで使用するアプリを企画・開発し、実際に新入生歓迎イベントを実施した。また、第2の目的として開発したアプリを改良し、「学生スマートフォン アプリコンテスト」へ当校として初参加したので、ここに取り組みを報告する。

Keywords : GPS, Monaca, HTML5, JavaScript, スタンプラリー・アプリ。

1. はじめに

専門課程電子情報技術科および応用課程生産電子情報システム技術科では、同じ棟で学びながらも学年を超えての交流がほとんどない。せっかく先輩が個人的にハッカソンに出場したり、将棋のソフトウェアコンテストに出たりなど貴重な経験をしていても交流がなければ、興味があっても聞きに行くことはできない。そこで、学生を有志で募り、電子情報分野の技術を用いて新入生歓迎イベントで利用できるアプリを開発することにした。学生が中心となって、自主的に企画から開発まで行い、実際に新入生歓迎イベントを実施することで、学生間の交流を深めることを第1の目的とした。また、第2の目的として開発したアプリを改良し、「学生スマートフォン アプリコンテスト」[1]に初参加することにした。

2. 開発計画と企画

2.1 開発計画 新入生イベントから学生スマートフォン アプリコンテストまでの開発計画を下記に記す。電子情報系ではこのような授業以外の活動に自主的に参加することも、就職活動でアピールできることを説明し、やる気のある学生を有志で募った。開発の中心は専門課程2年生であるが、3年生や外部のハッカソンに参加したことのある4年生にも参加してもらい、開発メンバー間でも学年を超えて交流を持たせるようにした。

開発計画

- ・ 2月末 有志を募りメンバーを集める
- ・ 3月～4月上旬 企画・アプリの開発
- ・ 4月中旬 イベント前テスト
- ・ 4月末 新入生歓迎イベントを実施
- ・ 5月～6月 コンテスト1次審査用応募書類作成
- ・ 6月～8月 アプリの修正・デモビデオの作成
プレゼンテーション資料作成

2.2 アイデアの抽出 企画するにあたり、まず学生にアイデアの抽出をさせた。抽出結果は以下の5項目である。

- ・ コミュニケーションが盛り上がる工夫をこらす。

- ・ 新入生歓迎イベントでは大学校に隣接する大阪府立蜻蛉池公園を利用し、広大な公園内を散策させる。
- ・ アプリとゲーム要素を加えたイベントとする。
- ・ 今年度日本版GPS(Global Positioning System)衛星「みちびき」の打ち上げがあるため、スマートフォンアプリは話題性もあるGPSによる位置情報検出を使用する。

2.3 アイデアの具体化 アイデアから企画へ移すため何度も話し合いをして、具体化していった。アイデアからオリエンテーリング・アプリを作ることになった。オリエンテーリングでは地図とコンパスを用いる。コンパスの代わりにGPSで位置情報を取得する。しかし、実際にスマートフォンでGPSによる位置情報取得を繰り返しながらチェック・ポイント地点を探すことは難しい。そこで、発想を変え、チェック・ポイント地点に移動して、そこが正しい地点かGPSで判定するスタンプ台紙不要のスタンプラリー・アプリとすることにした。それによりチェック・ポイントのスタンプ台の設置やスタンプも不要となる。また、新入生歓迎イベント及びスタンプラリー・アプリの名前を「tonbo GO」とした。

2.4 開発環境の選定 開発環境は出来るだけ無料で、しかも開発メンバーがいつでもどこでも開発できるように、クラウド上の開発環境を選定した。開発の中心となる専門課程2年生は、授業ではアプリ開発を習っておらず、開発時点で習っているプログラミング言語はC言語と、webサーバを構築する際動作確認のために簡単なホームページをHTML(Hyper Text Markup Language)で作成した程度であるため、初心者でも開発しやすい環境とした。まず、開発プラットフォームにはMonacaを使用した。開発言語HTML5とJavaScriptを用いて、クラウド上で開発できるのがMonacaの特徴である。これによりiOSとAndroidの両方のOSに対応したアプリ開発ができる。また、HTML5にJavaScriptを埋め込むことで、プログラムをより簡単に書くことができる。JavaScriptとはユーザー側のwebブラウザとwebサービスを円滑にやり取りするために

*1 電子情報技術科

*2 生産電子情報システム技術科

使用されるプログラミング言語である。また Monaca は、Web ブラウザを通じて全サービスが提供されるため、クライアントソフトのインストールをしなくても、初心者でも簡単にアプリ開発が行える。クイズの正解状況などを保存しておくサーバは Nifty Cloud mobile backend を使用した。Nifty Cloud mobile backend は mBaaS (mobile Backend as a Service) の 1 つで、mBaaS とはスマートフォンアプリでよく利用される汎用的なサーバ機能をクラウドから提供するサービスのことである。クラウド上に用意された機能を API (Application Programming Interface) で呼び出すだけで利用できるため、サーバ開発や運用が不要となるため、アプリ開発がより簡単になり、工程も短縮できる。iOS と Android の両方で楽しめるように開発環境を選定したが、iOS は開発したアプリを iPhone 端末にインストールするには年間登録料が必要なことが後に判明したので、新入生歓迎イベントでは Android 端末のみ使用することとなった。

3. 新入生イベントおよびアプリ

3.1 概要 新入生イベント及びスタンプラリー・アプリ「tonbo GO」の概要を記す。イベント参加者にはあらかじめ蜻蛉池公園の地図を配布しておく。アプリを起動するとクイズが出題される。クイズの答えは公園の地図に記されている特徴のあるチェック・ポイント地点としておく。地図からチェック・ポイント地点を探し出してもらい、その地点まで移動してもらう。正解だと思うチェック・ポイントにたどり着いたら、アプリで search ボタンを押してもらい、GPS の位置情報を送信させ、正しい場所にいるかを判定する。正解なら「正解！」と表示され、次のクイズの問題に進むことができる。これを繰り返し、ゴールを目指し、どのチームが早くクリアできるかを競うこととした。各クイズ問題に謎解き要素を盛り込んだ。チェック・ポイントを回る時間を考えて、クイズの 6 問目でゴールとなる電子情報技術科の教室を目指してもらうようにした。またゴールでは宝箱に見立てた工具箱にダイヤル錠をかけ、7 問目のクイズに正解するとダイヤル錠の番号がわかり、宝箱を開けられるようにした。

参加人数から、6 チームとして、必ず上級生を入れ同行するようにした。また、アプリでクイズを同じ順番で表示してしまうとチーム分けしても、チェック・ポイント地点で多くのチームが集結してしまうため、チームごとにクイズの順番を異なるように設定した。これにより、異なるルートでチェック・ポイントを回るため、チェック・ポイントではち合わせることはない。ただし、チーム間の交流もできるように、3 問目と 4 問目は 2 チームが同一チェック・ポイント地点にわざと集まるようにした。作成したアプリの画面を図 1 に示す。

3.2 イベントの実施 当初予定していた 4 月 26 日は、あいにく雨天となり、5 月 10 日へ延期して実施した。イベント中に、後述する不具合があったが、無事にイベントを終了できた。実施したときの様子を図 2 に示す。また参加した 1 年生のアンケート結果を図 3 に記す。アンケートの自由記載の欄には、「1 年間勉強すれば自分

たちもスマートフォンアプリを作成できる!」「自分でも作ってみたい」などといった前向きな感想が多かった。アンケート結果から、第 1 目的である学生間の交流を深めることで、楽しんでもらえたようだ。また、1 年生の電子情報の分野へのモチベーションも上げられたことがわかった。

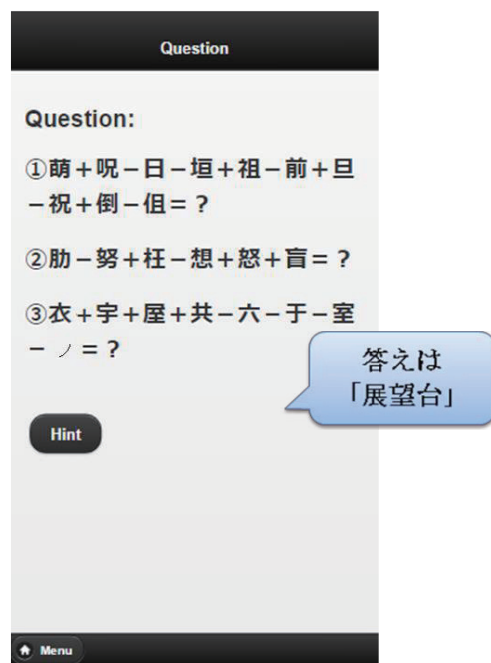


図 1 作成したアプリ画面

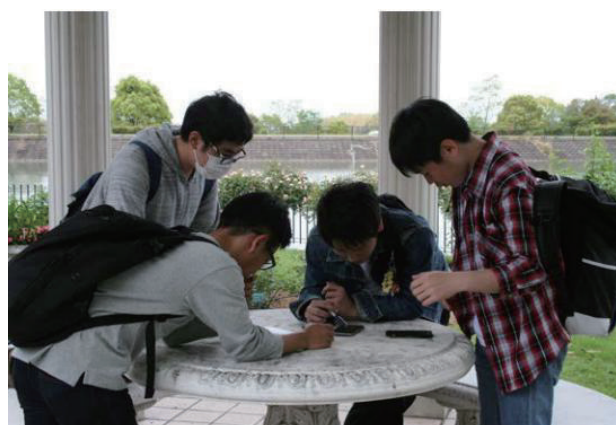


図 2 新入生歓迎イベント実施のようす

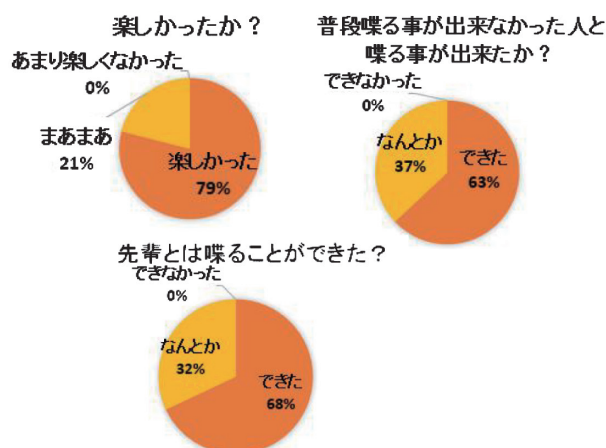


図 3 アンケート結果

3.3 イベントを終えての反省 チームごとにクイズの問題の順番を入れ替えしたことにより、チームによっては、チェック・ポイント地点を回るルートが長く、移動時間がかかり、効率が悪くなってしまった。当日は暑めの天気だったうえ、長距離を歩いたため、運動不足の学生の中には、かなり疲労した学生もいた。イベント前のテストではGPSはすぐに受信できたが、GPSの送受信データが集中したせいか、正しいチェック・ポイント地点にいてもGPSがなかなか受信できないことが多かった。何チームかは同行している上級生がイベント本部に連絡して、手動で問題をクリアしてもらうこととなった。それにより、当初予定していた時間よりも長くなってしまい、小雨が降ってきたので、最終問題を繰り返してゴールしてもらった。また、クイズの問題は固定の内容、つまり蜻蛉池公園でしか使用できないため、他の場所でも使用できるようにするにはプログラムから変更しなければならない。以上の反省点から、作成したイベントの参加者が使用するスタンプラリー・アプリとペアで使用する主催者用管理ツール・アプリも必要だということがわかった。クイズの問題の変更も主催者用管理ツール・アプリで行えば便利である。

4. アプリコンテスト

4.1 コンテストの概略 「学生スマートフォン アプリコンテスト」は情報処理学会・CDS/MBL研究会が毎年開催し、平成29年度で5回目となる。このコンテストに応募しようとしたのは、学生なら誰でも応募できるコンテストであり、過去のコンテストでは全国の高等専門学校生や大学院生まで応募していたからである。また、応募がインターネット経由という手軽さからも、これまでにコンテストや競技会などに参加したことがない者にとっては敷居が低く、初めて制作したアプリを試すのには良いコンテストと考えたからである。初参加ということもあり、公開されている資料からは前年度のコンテストの様子は詳しくわからないので、まずは第1次審査に応募してみることにした。

このコンテストでは、以下のようなコンセプトのアプリケーションを対象としている。

- ・新しい生活スタイルを提案するアプリ
- ・新しいコミュニケーションを提案するアプリ
- ・国際色豊かなシーンで活用できるアプリ
- ・新たなビジネス創出となるアプリ
- ・研究や学生活動成果のデモ・実証アプリ

また、コンテストへの参加を通じて「新たに」開発されたアプリまたは機能が審査の対象となる。自身により、既にアプリマーケットや学会等の場で公開済みのアプリを基にした参加も可能だが、応募の際には、既存機能との差分を明示することとなっている[1]。応募書類はアプリの概要や利用シーン、提案機能の特徴などを盛り込んだものをアップロードサイトから提出することとなっている。第1次審査は応募書類による審査で、結果は6月末に通知される。無事1次審査が通過すれば、最終審査でプレゼンテーションとデモンストレーションを行う。

4.2 第1次審査 書類選考では新入生歓迎イベントを開催して実際にアプリを使用したことを記入した。しかし、コンテスト事務局からは、このイベントにより公開されたアプリとされてしまい、既存のアプリとの明確な違いを説明するように求められた。新入生歓迎イベントは実証実験であり、アプリを公開していないことや、最終審査までに追加機能となる主催者用管理ツール・アプリを開発する予定があることを説明して、第1次審査を無事通過することができた。

4.3 アプリの改良 コンテストまでに新入生歓迎イベントでの反省点を踏まえ、参加者用スタンプラリー・アプリの改良と主催者用管理ツール・アプリを作成することにした。これにより、既存の一般に公開されているスタンプラリー・アプリもいくつか存在するが、アプリで管理も行えるものはないので、明確な違いとなる。アプリの改良点を以下の5点とした。

アプリの改良点

- ① 参加者用スタンプラリー・アプリではクイズの順番つまりチェック・ポイントを回るルートを固定すると不公平になってしまったので、好きなクイズ問題から解くようにできるようにする。
- ② 好きなクイズ問題から解けるので、どのチェック・ポイントがクリアしたか一目でわかるようにスタンプ帳で確認できるようにする。
- ③ 管理ツール・アプリからクイズの内容を変更できるようにして様々な場所でも使用できるようにする。その際クイズの答えとなるGPSの位置情報を現在地から設定できるようにする。
- ④ スタンプラリー開始前に先にクイズの問題が読まれると、不公平になってしまうので読まれないように管理ツール・アプリから開始時刻を設定できるようにする。また、時間の関係などで終了できるように終了時刻も設定できるようにする。
- ⑤ スタンプラリー開始後に現在の進捗状況がわかるよう管理ツール・アプリにクリアした人数を把握できるように表示する。

上記の改良点を踏まえて下記の表1に示す画面を作成するようにした。画面遷移は表のインデントのとおりとした。作成した管理ツール・アプリの画面を図4に示す。

表1 作成する画面と画面遷移

	開始待ち画面
参加者用	クイズ問題選択画面
スタンプ	クイズ問題内容表示画面
ラリー・	ヒント表示画面
アプリ	スタンプ帳表示画面
	メニュー画面
管理	クイズの内容の変更と現在位置の設定
ツール・	開始時刻の設定画面
アプリ	終了時刻の設定画面
	クリア状況確認画面
	スタンプラリーのタイトル設定画面

4.4 最終審査 最終審査に向けてプレゼンテーション用の資料やパネルを作製した。デモンストレーションでは実機で行うが、動画も準備しておくことにした。開発したアプリ画面と撮影したビデオを同時に表示できるように動画の編集を行い、最終審査に臨んだ。



図4 作成した管理ツール・アプリ画面



図5 デモンストレーションの様子

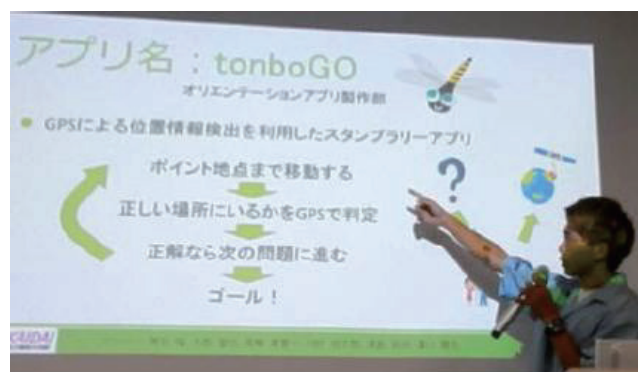


図6 プレゼンテーションの様子

コンテストの最終審査は8月29日に東京電機大学東京千住キャンパスにて情報処理学会の学会発表の1部として行われた。応募は26チームあり、そのうち最終審査には18チームが臨んだ。まずプレゼンテーションを行い、その後、別室で各チームがブースに分かれてデモンストレーションを行い、審査員が自由にブースを回覧・質問をする形式である。当日の様子を図5、図6の写真に示す。

4.5 コンテストを終えて 翌日の8月30日に表彰式が行われ、残念ながら本チームの成績は振るわなかった。コンテストで受賞したチームは、Google社の音声認識APIなど様々な企業が提供しているwebAPIを駆使して高度なものを作成し、画面の装飾にも凝っていて見た目もよいものに仕上がっているものや、アイデアが面白いものもあった。初参加で最終審査の様子がわからなかったので試行錯誤したものの、デモンストレーションでは、審査員から意外と温かい意見を多く頂いた。下記に審査員から頂いたコメントをまとめる。

- ・ 実証実験として新入生歓迎イベントを行ったことは良い。
- ・ 参加者用スタンプラリー・アプリと 主催者用管理ツール・アプリを両方制作していることをもっとアピールしたほうがよい。
- ・ 地図もアプリで表示できるようにすると良い。
- ・ 参加者がスタンプラリーの地域から外れてしまったときに、管理者側に通知できる機能があれば、参加者に子供がいても安心できる。

他の学生のプレゼンテーションやデモンストレーションを見て反省した点は、プレゼンテーションでは魅力的にアピールし、デモンストレーションのブースに多くの審査員を導くかを考えることである。今後参加するならば、面白いアイデアを抽出することが受賞への近道となることから、普段の授業でもアイデアを出すトレーニングを取り入れることが重要である。また、参加した学生は入学してから3年目以上が大半であり、アプリ開発を授業の中で取り組んでいる学校が多い。当校では総合制作等で取り組み経験がある学生で応用課程に進学した応用課程1年生の参加が望ましい。

5. おわりに

学生側が自主的に企画から開発まで行いスタンプラリー・アプリを完成させることができた。新入生歓迎イベントを実施することで、学生間の交流を深めることができた。このアプリをコンテストに出すことで、アプリの完成度を高めるとともに、コンテストの第1次審査を通過し、最終審査に臨むことができた。最終審査では外部の貴重な意見を聞くことができた。コンテストに参加したことで内外に当校をアピールできたことが最大の成果である。

文献

- [1] 情報処理学会・CDS/MBL研究会 第5回学生スマートフォンアプリコンテスト
<http://contest2017.sgi-cds.net> 参照:2017.10.03

(2018年10月22日提出)

出前講座『鑄造体験！世界にひとつのキーホルダーづくり』

作成 成一郎*

2016年、大阪府は高校生向けものづくり魅力発信プログラム“エジソンの学校”を実施した。プログラムの一つとして金属加工に関する出前講座の企画と実施の依頼を大阪府から受け、『鑄造体験！世界にひとつのキーホルダーづくり』のプログラムを作成し、11月に普通科高校で行った。その内容については効果測定と検証が行われ、冊子にまとめられ大阪府内の高校等へ配布された。効果測定の結果、受講後に93.8%の生徒からものづくりに興味がある、あるいはかなり興味があるとの回答を、そして全員からものづくりのイメージがよくなったとの回答が得られた。その後、冊子により取り組みを知った工科高校から“鑄造によるものづくり”の出前講座の要望を受け、2017年10月に授業を行った。本稿では、“エジソンの学校”の概要も含め、出前講座の内容と評価について紹介する。

Keywords : 出前講座, エジソンの学校, ものづくり体験, 鑄造, キーホルダー

1. はじめに

大阪府は、大阪産業を支える次世代のものづくり人材の育成を図るため、2016年度に高校生向け「ものづくり」魅力発信プログラム策定事業を実施した。この事業では、ものづくりへの興味喚起を図るため、ものづくり技術や産業と接点の少ない普通科高校等の1・2年生を対象とした体験・参加型の“エジソンの学校”と名付けられた出前講座を提案している[1]。

“エジソンの学校”は、大阪府商工労働部雇用推進室人材育成課が事務局となり、厚生労働省から委託事業（地域連携人材育成強化支援事業）として、高校生向けものづくり魅力発信プログラム策定事業として行ったものである。当校や府立技術専門校、ものづくり業界の経営者や技術者、クリエイター等を講師に、「制御」「建築・設備」「金属加工」など、さまざまなジャンルのもので体験するワークショップ全20コースを構築し府立高校でモデル実施した。実施内容については、受講した生徒によるアンケート調査が行われ、その効果測定と検証が行われた。構築したワークショップの内容、手法、実施レポート、効果測定・検証結果、材料一覧など、事業の全貌は冊子“エジソンの学校”として取りまとめられ、高校生の進路選択における視野拡大や職業観醸成につながるツールとして大阪府内の高校全250校に配布された。

図1に冊子中に記載されている鑄造体験プログラムの紹介ページを示す。

なお、当校では「建築・設備」ジャンルにおいても『インテリアコーディネーターになる50分』プログラムを企画・実施している。

2. 鑄造体験！世界にひとつのキーホルダーづくりプログラム

2.1 プログラム概要 “鑄造”は、砂などを用いて型をつくり、溶かした金属をその型に流し込んで成形する方法であり、今日でもわたしたちの身の回りには、この方法でつくられた金属製品がたくさんある。



図1 鑄造体験紹介ページ

プログラムは、伝統的な鑄造の技術を使って、オリジナルのキーホルダーをつくることをとおして、日本のものづくりの基盤である金属加工法と活用事例を知ること。鑄造技術を体験し、材料の特性や原理を体験

* 生産機械システム技術科

すること。ゼロからの製品づくりを振り返り、各工程におけるものづくりの工夫を学ぶこと。をねらいとして設定した。

図2に大阪府が“学校の授業がおもしろくなるプログラム”の活用例として紹介しているHPを示す[2]。

【ものづくり魅力発信プログラム「出前講座」活用例4】
铸造体験！
世界にひとつのキーホルダーづくり

金属は私たちの暮らしにとっても大切な物質です。金属には化学で学ぶように様々な種類があり、電気をよく通す、熱をよく伝える、磨くと光る、硬い…などの特徴を活かして、身近なあらゆる製品に使われています。

铸造(ちゅうぞう)って？

铸造とは、固体の金属を融解し、溶けた金属を型に流し込み、冷え固めて製品にする方法をいいます。つまり、物質の状態変化を応用したものづくりなのです。自由に成形しやすい液体に変えて型に流し込むので、複雑な形であっても、型どおりの同じ製品を大量につくることができます。では、製品をつくる時、どんな金属を材料として使えばよいのでしょうか？それは金属の特性によって用途が決まってくるのです。

教科書で元素の周期表を見たことがあると思いますが、元素のうち、金属元素と呼ばれるものが約3/4を占めています。周期表からは元素の物理的・化学的性質がわかります。多くの製品は、2種類以上の元素を溶かして混ぜ合わせた合金にすることにより、特徴のある金属材料にして、最適につくられています。

例えば、マンホールの蓋や配管継手には頑強な鉄の合金が、車のエンジンやホイール、ベンチのフレームには軽くて丈夫で錆びないアルミの合金が、水道の蛇口には環境と人にやさしい銅の合金が使われています。

関連科目：化学・地学

図2 活用例としての紹介HP

プログラムは、「ものづくりを知る」「ものづくりを体験する」「ものづくりに興味を持つ」の3ステップで構成され次の流れで進める。

最初のステップでは、体験で使用する材料や資料をもとに、铸造技術の紹介を行うと共に铸造技術で作られたものをいくつか挙げ、その身近さを伝える。

具体的には、铸造で作られた身近な品物を紹介すると共に、铸造技術は歴史が古く、古代エジプトの壁画にも描かれていること、日本でも古くから仏像や仏具をつくる方法にも活用されてきたことなどを紹介する。

次のステップでは、铸造技術の体験として、铸型づくり、金属の溶解、铸込みを行い、金属の冷却後、バリ取りや研磨を施し、穴をあけてキーホルダーの金具を付けて完成させる。作業の詳細は後述するが、この間、体験の作業を行いながら铸造法の概要、使用する材料の特性、金属を隙間なく流すための工夫、研磨の原理などのレクチャーを行う。

レクチャーでは学校の授業で学んだ内容と関連付けるため、“元素の周期表”を用いて金属の特性を説明するとともに、物質の個体と液体について復習することにより铸造法を説明する。

最後のステップでは、素材の状態から製品になるまでの一連を振り返り、各工程の工夫とそれぞれの意味を説明し、完成させたキーホルダーが、世の中の铸造品と同じ過程をたどった一つの製品であること、ものづくりの縮図であることを伝える。

2.2 铸造体験内容 体験の作業工程は、大きく铸型製作工程、铸込工程、仕上工程の三段階に分けることができる。体験作業は工程ごとに区切り、手順の説明と手本を示しながら実施した。以下に各工程について説明する。

2.2.1 铸型製作工程 铸型は厚さ3mmのシリコンゴムの板をつくりたい品物の形状にくり抜いた型取りシートの製作から行う。

図3に示すようにシリコンゴムの面にマジックインクで品物の外形線を描き、その後、カッターナイフや彫刻刀を用いてくり抜き、同時に溶融金属が铸型の隅々まで行き渡るよう空気抜き溝を掘る。

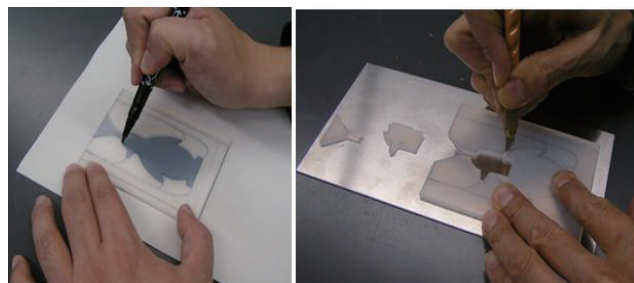


図3 外形線の描画(左) くり抜き作業(右)

型取りシートが完成したら図4に示すようにシートを铸型固定材で挟み、輪ゴムとシャコ万力で固定することで铸型を組み付ける。

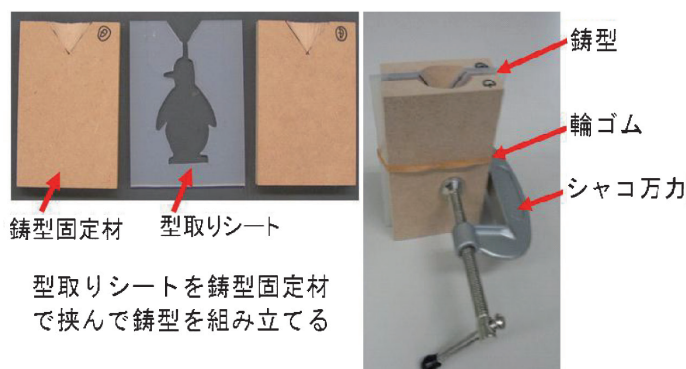


図4 铸型の組み付け

2.2.2 铸込み工程 铸込みは金属を溶融し铸型に流し込む作業であり、铸造体験の核心となる作業である。また、最も危険な作業で火傷を負いやすいため、保護メガネと厚手の軍手を着用し作業を行う。

作業は図5に示すようにガスコンロと溶解鍋を用いてスズ42%-ビスマス58%の低融点合金を溶融し、プライヤーで溶解鍋を把持して溶液が铸型の湯口いっぱいになるまで流し込む。溶液が湯口から噴き出すことがあるので注意を要す。



図5 铸込み作業

铸込み後、合金が凝固するまで10分程要することから待ち時間が発生するため、ここまでの内容を1コマ(50分)で実施し、次工程は休憩時間を挟んで行うよう計画した。

2.2.3 仕上げ工程 凝固し終えた鋳物の製品は鋳型を分解して取り出す。

図6に示すように取り出した鋳物製品には湯口部分やバリなどがあることから、それらをニッパーで除去し組やすりで外形を整える。次に、キーホルダーの金具を取り付けるための穴をドリルであける。

整形と穴あけを終えた鋳物製品は、紙やすりで表面を磨き、最後に金属研磨剤で磨き金属光沢を付け完成となる。図7に製作した作品例を示す。



図6 湯口とバリ



図7 作品例

3. 出前講座の実施状況

3.1 普通科高校での出前講座[1] “エジソンの学校”のモデル高校として府立泉尾高校で2016年11月21日の5時間目と6時間目に出前講座を実施した。

図8に冊子“エジソンの学校”に紹介されているモデル校レポートを示す。

モデル校レポート

大阪府立泉尾高等学校

日時 2016年11月21日(月) 13:20 - 15:10
 学年 高校1年生
 枠組 職業別体験学習(総合的な学習)
 人数 15人(5時間目...6人/6時間目...9人)
 講師 近畿職業能力開発大学校 生産機械システム技術科 作 成一郎 氏
 備考 事前アンケートにて「ものづくり」を選択した生徒に開講。
 作業を前後半に分割し、50分のワーク×2回実施。

.....

通常は所要時間2時間のプログラムですが今回は、50分を2回実施し、それぞれ違う生徒に開講するという条件でした。そこで、生徒でペアをつくり、前半授業と後半授業に分かれて参加していただき、1つの型で2人分のキーホルダーを製造する方式に1ペアの相手と互いの共通点を探してデザインを決める機会が生まれていました。また、各授業では対になる作業のデモンストレーションもおこなって補足、講義は、金属の冷却中におこったり、体験中に出る生徒の言葉を拾って解説につなげるなどで時間を有効活用しました。最初は緊張していた生徒も体験が波に乗ると徐々に作業に没頭、チャイムに気づいていなかったり、終了後に「まだ磨きたいからやっつけていい?」と戻ってくる様子も嬉しいシーンでした。

▲ 湯型が割れないように注意し、「湯口」部分までいっぱいになるように溶融金属(湯)を注ぎ込みます。

▲ 火傷に注意しながら、低融合金を「溶解皿」に入れてガスコンロで溶融します。

▲ 真っ黒な手は頑張って取り組んだ証拠!

▲ 完成間近、あとは紙やすりで研磨作業。

図8 モデル校レポート

受講生は1年生の中で事前アンケートにて「ものづくり」を選択した生徒15人であった。しかし他の体験講座の関係から5時間目に6人と6時間目に9人という別々のメンバーとなったことから、作業を前後半に分割し、50分のワークを2回実施した。

所要時間2時間のプログラムとして企画していたため、受講生でペアをつくり、前半チームと後半チームに分かれて参加していただき、1つの鋳型で2人分のキーホルダーを製作する方式とした。そのため各授業では対になる作業のデモンストレーションも行って補足した。講義については各チームに対してそれぞれに行わなければならないことから金属の冷却時間中に実施し、更に、体験中に出る生徒の言葉を拾って解説につなげるなどで時間を有効活用した。

3.2 工科高校での出前講座 “エジソンの学校”の冊子をご覧になられた府立佐野工科高等学校から、同校の実践的スキル育成事業として“鋳造によるものづくり授業”の依頼を受け2017年10月3日の1~3時間目に実施した。

受講生は機械設計専科2年生14名で、3コマの時間を与えてもらったことから時間的にゆとりがあるため、スズ-ビスマス合金の特性だけでなく、平衡状態図についての解説を加えるとともに、仕上げ工程においては表面粗さ測定作業を付加し、紙やすりや金属研磨剤の粒度と金属の表面粗さの関係を調べるなど機械を専攻している生徒向けにアレンジを行い実施した。

図9に同校HPでの紹介記事を示す[3]。

大阪府立佐野工科高等学校
 Sano Technology High School

学校案内 school info | 学校生活 school life | 系紹介 course info | 進路情報 career info

色々な活動

鋳造によるものづくり授業

実践的スキル育成事業として近畿職業能力開発大学校 生産機械システム技術科 職業能力開発教授 成一郎 氏による鋳造でのものづくり授業を実施しました。鋳造とは、個体の金属を融解し、溶けた金属を型に流し込み、冷え固まって製品にする方法です。今回は2年生機械設計専科14名が対象で、低融点合金(ビスマスとスズの合金)を用いた鋳造を行い、世界で一つだけのキーホルダーを製作しました。



図9 HPでの紹介記事

4. 出前講座の評価

“エジソンの学校”独自の効果測定シートを用い、モデル校として実施した府立泉尾高校での結果を紹介する。

4.1 効果測定の結果[4] 表1に結果を示す。

表1 効果測定集計結果

ものづくりに対する興味(受講後)					
かなり興味がある	興味がある	興味がない	全く興味がない		
18.8%	75.0%	6.3%	-		
プログラムにおける5段階評価の平均値					
満足度	体験の楽しさ・面白さ	トークの楽しさ・面白さ	学ぶ意欲が高まった度	理解度	
3.9	3.9	3.6	3.5	3.9	
ものづくりのイメージが変わったか					
180度よくなった	よくなった	少しよくなった	変わらない	悪くなった	かなり悪くなった
-	100%	-	-	-	-

受講後の“ものづくりに対する興味”の度合いは、興味があると答えた受講生は75.0%、かなり興味があると答えた受講生は18.8%であり、興味がないと答えた受講生は6.3%であった。この結果から93.8%の受講生が体験によってものづくりに興味を抱くようになったことが判る。

“プログラムにおける5段階評価の平均値”は、満足度や体験の楽しさ・面白さ、そして理解度がいずれも3.9であり、トークの楽しさ・面白さは3.6、学ぶ意欲が高まった度は3.5であった。これらを平均すると3.76という結果が得られた。ものづくりを体験することは、つくることの楽しさ・面白さを得られるだけでなく、物事の理解度や満足感を同程度に得ることのできる効果があることが判る。

“ものづくりのイメージが変わったか”という問いに対しては、全ての受講生がよくなったと回答してい

る。このことは、体験によって人が本来持っている製作者本能、いわゆるものづくりの本能が刺激され、自ら新しいものを生み出していこうとすることの価値に気付くことができたからではないかと考える。

4.2 感想[1] 受講した生徒からは、「磨いたり、削ったりしたことが心に残っている」「金属が溶けていくところが印象的」「金属を磨く作業には、ついのもり込んでしまった。もう一度やりたいなと感じた」などの感想が得られた。

出前講座に立ち会っていただいた進路指導部の武林先生からは「結構な人数の生徒たちが放課後も残ってキーホルダーづくりの続きを取り組んでいたことが印象的です。普段の授業中とは違う真剣な表情で、「こんな一面もあるのか」と正直驚きました。まだ1年生で、進学先・就職先のイメージがつかない生徒が多いですが、今回のプログラムを通して、自分の好きなことがどんなことなのか、少しでも発見してくれていたと思います。」とのコメントをいただいた。

5. おわりに

大阪府の依頼により鑄造体験の出前講座を企画し府立高校で実施した。

効果測定結果では、ほとんどの受講生が体験をとおしてもものづくりに対する興味を抱くこと、ものづくりの楽しさ・面白さを感じるのと同程度の満足度と理解度を得られること、ものづくりに対するイメージがよくなることが判った。反面、ものづくりに対する興味がないと答えた受講生が6.3%いた。これは前半チームに多く、自分の手で仕上げられたか、成果物を持ち帰れたかどうかの影響していると考えられ、ものづくりにおいては完成するまで体験することが大切であることが判った。

また、受講生の夢中になる様子からは集中力を高めるためにも良いプログラムであると言えそうである。

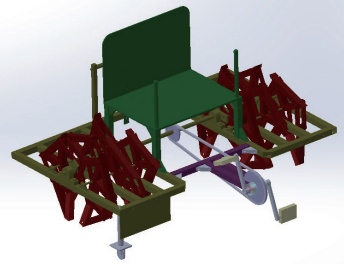



文献

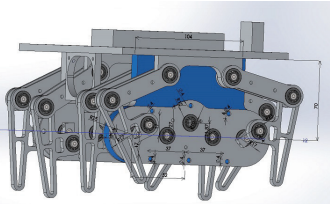
- [1] 大阪府商工労働部雇用推進室人材育成課:
エジソンの学校ガイドブック, 2017.03
- [2] 大阪府商工労働部:
学校の授業がおもしろくなるプログラム
http://www.pref.osaka.lg.jp/nokai/h-oshirase/mono-miryoku_omopro.html
- [3] 大阪府立佐野工科高等学校:
色々な活動
<http://www.osaka-c.ed.jp/sano-t/zen/activities/activities.html>
- [4] 大阪府商工労働部雇用推進室人材育成課:
エジソンの学校別冊ガイドブック, 2017.03

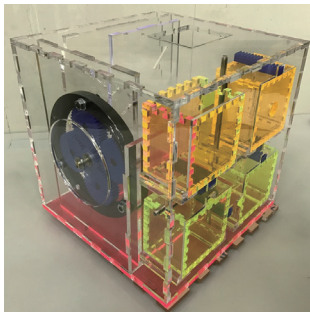
(2018年10月22日提出)

2017(平成29)年度専門課程総合制作実習概要

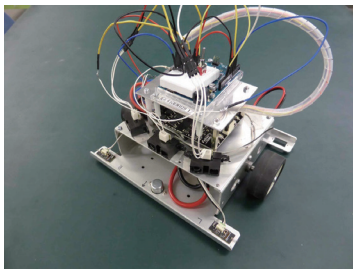
生産技術科

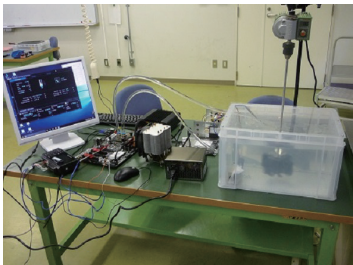
課題	リンク機構を利用した歩行機の製作		
学生	鎌野 翔, 西尾洋夢, 武田詩音, 川辺元生, 新明恭也	指導教員	古賀寛光
概要	<p>風のみで歩くストランドビーストを製作したオランダの物理学者テオヤンセンの機構を参考にして、リンク機構を利用し人の力だけを利用した歩行機を製作した。リンク部分には鋼の角パイプや板材を使用し、機械加工と溶接作業で部品を製作した。</p> <p>組み立て作業では、機械要素設計などで習得した動力伝達のためのチェーンやスプロケットを用い、軸を支える軸受、部品を固定するボルトナットや、止め輪などを使用した。</p>		
課題	全日本製造業コマ大戦出場用コマの製作		
学生	今井貴啓, 笹岡 庸, 更家良則, 四至本紗也香	指導教員	藤根和晃
概要	<p>全日本製造業コマ大戦は、全国の小中企業が自社の技術をかけて製作したコマを持ち寄り、一対一で戦う喧嘩ゴマの大会である。これまでに学んだ知識と技能が、どこまで企業との対戦に通用できるのか挑戦した。</p> <p>製作したコマの特徴は、比重の大きい材質を使用し、回転中に直径が大きく変化しエネルギーを稼いだことと、停止すると元の規定の大きさ20mmに戻る機構である。</p>		
課題	5軸マシニングセンタの製作		
学生	荒巻俊貴, 楠 健登, 坂口貫大, 中道悠矢, 丹羽陸人, 畑中大希	指導教員	坂口昇三 佐藤弘明
概要	<p>本テーマでは、5軸マシニングセンタの製作を通して、加工機のメカニズムや制御システムの成り立ちといったNC工作機の内部に関わる技術を身につけることを目標としている。</p> <p>昨年はマシニングセンタの基本構造となるNCフライス盤を製作し、NCプログラムが動作することを確認できた。昨年に引き続き、5軸マシニングセンタの完成を目指し、今年度は、ワークの姿勢を割り出すテーブル部と自動工具交換装置を製作する。</p>		
課題	低融点金属による鋳造品の製作		
学生	辻 翔平, 南須原靖之, 濱野雄太, 松浦 颯	指導教員	梅田良範
概要	<p>生産技術科のカリキュラムでは学べない、日本の伝統の技術である鋳造技術を、総合制作実習のテーマとして取り上げることにより、ものづくり技術者としての知識を深めることを目的とした。使用する材料は、低融点の純錫やピューター合金として、製品設計には、三次元CAD及び3Dプリンターを用い、鋳造法案の検討には、湯流れ・凝固解析システムを活用して、鋳造欠陥の発生予測を行い、鋳造欠陥のない健全な鋳物製品の作製に取り組んだ。</p>		

課題	多足歩行ロボットの製作		
学生	榎並幹也, 山本悠生, 和田優希, 西口隼矢	指導教員	來住 裕
概要	<p>8本足で歩行するチェビシェフリンク機構を利用した, 多足歩行ロボットを製作した. 製作台数を3から4台として治具設計及び量産をするための工法, 設計法に関して学習することが目的である.</p>		

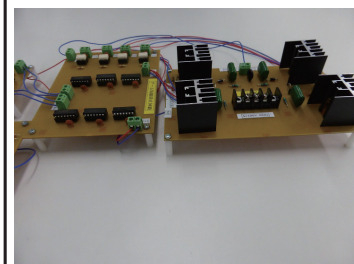
課題	からくり箱の設計・製作		
学生	新居千波, 加茂野照太, 北浦雄輝, 崎原渉樹	指導教員	佐藤 桂
概要	<p>ものづくりに少しでも興味を持ってもらうために, オープンキャンパスや学園祭等でアピールできるモノを考え, 日本の伝統文化でもある【からくり】を使用した秘密箱の設計・製作を設定した. 普段見えないからくり部分を可視化させ, 誰が見ても【ものづくり】の楽しさが理解できるモノを目標とする.</p>		

電気エネルギー制御科

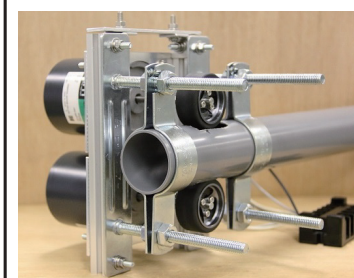
課題	ロボットアクチュエータの制御		
学生	大良颯斗, 中川雄太郎, 和田直樹, 亀迫研吾, 安村悟	指導教員	石原俊彦
概要	<p>アクチュエータとして簡単かつ直接電子制御できるDCモータを用い, ラジコン型と自立型の2種類の相撲ロボットを製作した. ラジコン型はラジコンカーなどで一般的に用いられているプロポ受信機信号から左右のDCモータをPWM制御する. また自立型は測距センサにより相手との距離を認識して近づき, 土俵外に押し出すように制御するものである.</p>		

課題	コンピュータのオーバークロック		
学生	岸野龍之介, 赤石英雄, 浅生裕偉, 石田拓巳, 杉村 駿	指導教員	阿曾沼亨哉
概要	<p>パソコンを自作して, CPUの冷却装置にペルチェ素子を組み込み, ペルチェ素子の制御回路及び放熱装置(水冷式)を自作した. また, ペルチェ素子を使用したCPU冷却装置(自作水冷式放熱装置)とペルチェ素子を使用しない既製品の冷却ファン(水冷式及び空冷式)を使用したCPUの冷却能力を検証して, CPUのオーバークロックの限界を自作することによりどこまで上昇できるかを検証している.</p>		

課題	単相インバータの制作		
学生	池田祥明, 大谷晃広, 布袋 睦	指導教員	吉田昭男
概要	<p>近年, 省エネルギー, 節電といったことから再生可能エネルギーの利用が注目されている. 再生可能エネルギーの一つである太陽光発電においてインバータは電力の変成のみならず, 太陽光発電の高効率化に必要な不可欠な機器である. その回路技術はパワーエレクトロニクスの集大成といえるものである.</p> <p>本課題では単相インバータを課題として取り上げ, 単相インバータの製作を通じて, パワーエレクトロニクスの理解を深めることを目標としている.</p>		



課題	卓球マシンの製作		
学生	岸本昇悟, 佐藤広朋, 清水勇樹, 中道大貴, 青木宏太	指導教員	石川大樹
概要	<p>卓球の練習に用いる球出しマシンを製作した. 発射部に用いたモータの回転速度を変えることで, 発射されるボールの回転方向や回転の強弱, ボールスピードを調整する機能を搭載し, 実践的な練習を可能にした. モータの回転速度調整は, インバータを用いた周波数制御により行っている.</p> <p>また, 装置全体の動作制御には PLC (Programmable Logic Controller) を用いた.</p>		

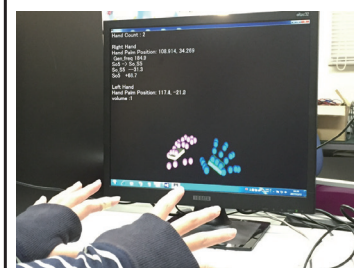


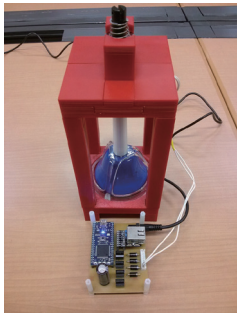
課題	FA制御システムの構築		
学生	石川一真, 田守健吾, 中村真尚, 野下結良, 中崎 強	指導教員	矢口博道
概要	<p>実際の生産現場を想定し, 搬送・検査・選別・格納などの各工程を自動化するシステムの構築を目標とした. 産業用ロボット, 各種センサ, コンベア, 空気圧機器などをPLCで制御し, それらをネットワーク接続して統括制御するなど, ハードとソフト両面に渡る高度な技術を習得することを目指している.</p>		

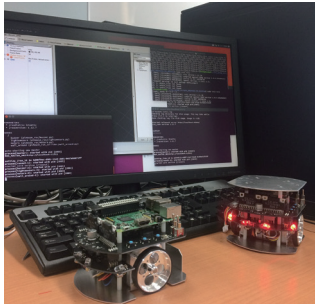


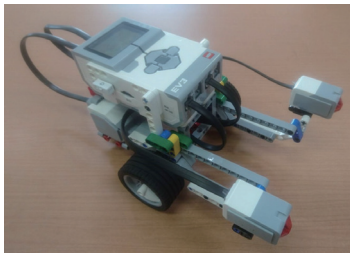
電子情報技術科


課題	デジタル・テルミンの改良		
学生	野村洸暉	指導教員	奥田佳史
概要	<p>昨年度は, 非接触型3次元インターフェースである Leap Motion を用いて, コンピュータを利用したデジタル・テルミンを開発した.</p> <p>今年度は, 昨年度に作成されたデジタル・テルミンの問題点を改善し, 新機能として, 新たに弦モードを採用することでチェロやコントラバスといった弦楽器なども再現できるようにしている.</p>		



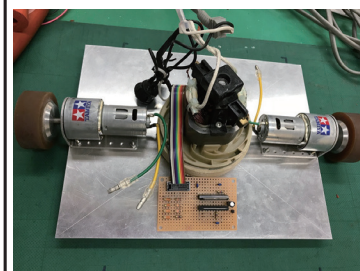
課題	ハンドベル自動演奏装置のための音源部再設計		
学生	中山巧己, 川崎 朴人	指導教員	奥田佳史
概要	<p>昨年度から総合制作課題として開発を始めたハンドベル自動演奏装置の音源部を再設計し、人がハンドベルを演奏しているかのような音色を再現することを目標としている。</p> <p>これまでは金属製の部品で鐘を直接叩くことにより音を出していたが、今回の製作では、タッチ式ハンドベル本来の仕様である「ハンドベルの柄の上部に付いたボタンを押すことで音が鳴る」を目指した。</p>		

課題	ROS学習教材の開発		
学生	本田一帆	指導教員	奥田佳史
概要	<p>本展示では、測域センサを搭載した対向2輪型ロボットが自動で走行し、任意に与えられた迷路の中でマッピングを行い、二次元の地図を製作する経路学習機能をデモンストレーションする。</p> <p>また、この成果に基づいた学習教材として完成させることを目標としており、具体的にはロボット用フレームワークである ROS (Robot Operating System) を使用することによって、「ロボットのシステムを理解し、要件にあったプログラムを素早く実現できるようになる」テキストを制作する。</p>		

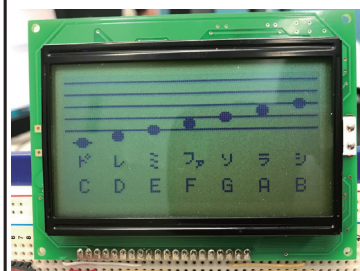
課題	OpenRTM 学習教材の開発		
学生	辻 忠頼, 木戸絢斗	指導教員	奥田佳史
概要	<p>本展示では、LEGOロボットEV3を用いた二輪駆動ロボットをゲーム機のコントローラ、マイクでの動作制御をデモンストレーションする。</p> <p>また、この成果に基づいた学習教材として完成させることを目標としており、具体的にはOpenRTMを使用することによって、「コンポーネントの理解と開発方法、CORBAシステムを理解し実現できるようになる」テキストを制作する。</p>		

課題	スマートミラーの改善と機能拡張の製作		
学生	北垣 台, 中 好紀	指導教員	小出久美子
概要	<p>昨年度の総合制作課題のスマートミラーでは、任天堂のゲームコントローラであるバランス Wiiボードを用いた操作によって、体重測定や天気表示、時刻表示等の機能が装備されていたが、今年度はこれを改良して、ディスプレイのサイズの変更、身長測定機能とモーションセンサ (Leap Motion) によるジェスチャー操作機能を追加し、新たに製作を行った。</p>		

課題	浴槽自掃ロボットの製作		
学生	木下莉緒	指導教員	小出久美子
概要	<p>室内用の床掃除ロボットがさまざまな会社から販売されており，床掃除用と窓ふき用のロボットはあるが，浴槽をこすって掃除するロボットはまだ市場にはない．類似品として，浴槽自体に洗浄機能が付いたものがあるが，水圧と洗剤の洗浄力で掃除する仕組みであるため，後から設置することは困難である．</p> <p>そこで，自宅の浴槽が大きく掃除に労力を要した経験から，目を離しても自動で掃除を済ませてくれる浴槽の掃除ロボットがあれば便利ではないかと考え，本作品の製作に取り組んだ．</p>		



課題	はなうた表示装置の製作		
学生	澤田ありさ	指導教員	小出久美子
概要	<p>人の声や音楽の音階を簡単に調べられる装置を製作した．作曲やチューニングの助けになるように，人がはなうたを歌うとその音階と長さが分かるものにして開発を行っており，具体的には，マイクで拾った音の信号をマイコンで周波数カウントし，それぞれの周波数に応じた音階をディスプレイに表示する機能がある．</p>		



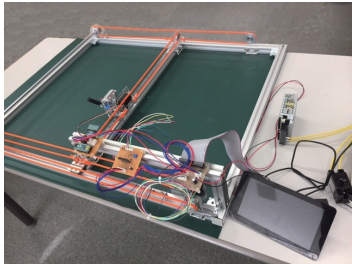
課題	学生寮食事Web予約システム製作		
学生	津曲拓弥	指導教員	小出久美子
概要	<p>寮での食事は，事前に予約をして食べるようになっている．現在は，学生が食堂に行き，かつて卒業生が制作したシステムを用いて予約を行っているが，最近では，スマートフォンなどを所有する学生が多く，予約システムをWeb化できれば，食堂に行くことなく，どこからでも食事の予約ができる環境が整備できると考え，このシステムの開発に取り組んだ．</p>		


2017年12月15日
電子情報技術科 専門2年 津曲拓弥
制作した表 単位


日	月	火	水	木	金	土
x	x	x	x	x	x	x
3	4	5	6	7	8	9
x	x	x	x	x	x	x
10	11	12	13	14	15	16
x	x	x	x	x	x	x
17	18	19	20	21	22	23
x	x	x	x	x	x	x
24	25	26	27	28	29	30
x	x	x	x	x	x	x
31						
x	x	x	x	x	x	x

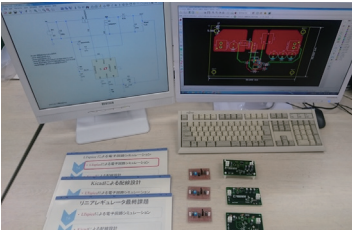
課題	表情認識スピーカの製作		
学生	大西智也	指導教員	小出久美子
概要	<p>感情認識スピーカとは，Raspberry Pi 3を用いて，表情からユーザーの感情を読み取り，その時のユーザーの感情にあった音楽をスマートフォン内の音楽から検索し再生するというものである．</p>		





課題	線画作画装置の製作		
学生	中尾篤史, 棟羽 隆, 森 凌太	指導教員	大山有利
概要	<p>紙面上に画像データを線画で描く作画装置を製作した。マイコンの高い処理能力を活かし、画像データをさまざまな描画データに変換する。この描画データを基にステッピングモータにより正確なペン位置制御を行って描画する。ペンの昇降制御はサーボモータによっている。また、ユーザインターフェースとしてタッチパネル入力を備える。</p>		


課題	ハードウェア制御トレーニング教材の開発 ～ Arduino マイコンプログラミング教材とPythonによるハードウェア制御学習ボード		
学生	井筒幸輝, 寺下弘朗	指導教員	大山有利
概要	<p>市販の教育用マイコンボードには、初めてプログラミング言語を習得するのに適した特長が多数ある。これらのボードを利用して組み込みシステムのハードウェア制御技術を効果的に学ぶための教材を2種類開発した。</p> <p>一つは、レジスタ操作を中心とするハードウェア制御プログラミングを Arduinoマイコンで学ぶ教材である。もう一つは、インタプリタ型高級言語Pythonによるハードウェア制御の方法を学ぶための学習支援ボードである。</p>		

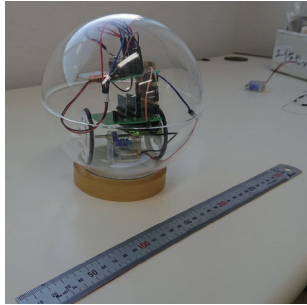
課題	若年者ものづくり競技大会 ～銀賞受賞までの取組と後輩への技能継承～		
学生	山河岳流	指導教員	東 正登 庄林雅了
概要	<p>第12回若年者ものづくり競技大会（電子回路組立職種）に出場し、銀賞を獲得するまでの道のりと、後輩への継承について紹介する。</p> <p>若年者ものづくり競技大会とは、20歳未満の学生のみで技能を競う競技である。電子回路組立職種の競技課題は、4時間以内に行う基板組立てと、組み込みプログラミング課題5問の作成で構成され、その中で、はんだ付けやプログラムの正確さを評価する。</p> <p>展示では、これらの技術をいかに習得し、どうして銀賞を獲得できたか、どうして銀賞だったかを解説している。</p>		

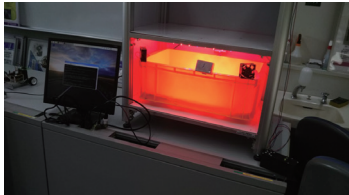
課題	電源基板設計製作に関する教材開発		
学生	松尾昌宗	指導教員	東 正登 庄林雅了 高橋成正
概要	<p>電源回路の回路方式を大別すると、出力を連続的に安定化するリアレギュレータ方式と、スイッチング素子に用いて不連続的に安定化するスイッチングレギュレータ方式がある。</p> <p>本テーマでは、電源回路基板の設計・製作・評価技術を習得するために、① LTspiceによる電子回路シミュレーションと② Kicadによる配線設計を行い、③リアレギュレータ基板の設計製作・評価に関する教材を開発した。なお、基板設計用のソフトウェアとして、無償で提供されている LTspice と Kicad を用いている。</p>		

課題	Kinect を用いた電子錠開閉アプリケーションの開発		
学生	芝野純平, 山下瑞己	指導教員	東 正登
概要	<p>本テーマでは、Kinect センサから得られる顔情報と音声データを用いて自作電子錠の開閉を行うアプリケーションの開発を行っている。</p> <p>表情認識アプリケーションでは、Kinect から得られる顔の付随情報を用いて自作電子錠の開閉を行う。また、音声認識アプリケーションでは、Kinect により「開け」「閉じろ」等の音声を認識し、自作電子錠の開閉を行う。</p> <p>本開発では、1台のKinect を、音声データを用いたアプリケーションと顔情報を用いたアプリケーションで同時に利用する。</p>		


課題	Android 端末で操作する電子錠の製作		
学生	浅野燎立	指導教員	東 正登
概要	<p>近年、モノがインターネットに繋がるIoT 技術が発展してきている。最近、IoT 技術を用いた鍵がスマートロックとして製品化されているが、本テーマでは、木製の収納用カラーボックスに取り付ける電子錠と、この開閉操作を行うためのAndroid アプリケーションの開発を行った。</p>		


課題	画像計測による生体測定値の精度検討		
学生	川野元生, 松浦勇也	指導教員	新山 亘
概要	<p>Kinect と Raspberry Pi を用いて、画像解析により非接触に生体測定できる機器を作製した。現在身長測定と脈拍測定が可能である。</p> <p>身長測定は、Kinect の骨格情報から頭と足の中心位置を取得し、画像処理で身長を推測する。正確な身長を推定するため、6 軸の接触センサを用い、姿勢の補正法を加えた。脈拍測定は、Kinect の深度情報と赤外線輝度を使い生体表面の変化を測定することで求めている。</p> <p>なお、変化が微小量のため測定値の分散が大きいため、接触センサの測定値を基に画像計測で正確に測定する条件を求めている。</p>		


課題	愛嬌のある身近なロボット『MIDIKA-13』		
学生	太田 真, 北岡 大, 濱口碧生	指導教員	新山 亘
概要	<p>Bluetooth の受信強度を使用して携帯端末を探索する球体ロボットを作製した。球体ロボットの移動に伴いBluetooth の受信強度が変化するため追跡対象の方向と距離が測定できる。距離に応じて走行速度の調節をする機能を実装した。同時に自動充電の機能、携帯端末から球体ロボットを操作するアプリケーションを開発した。</p>		

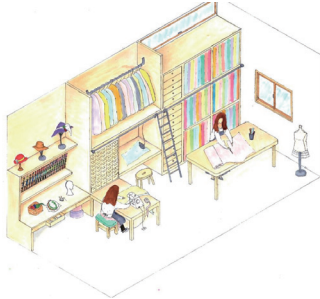
課題	温度センサ及び湿度センサによる自動湿温度調整システムの製作 ～水耕栽培のための自動湿温度調整装置～		
学生	遠藤雅大	指導教員	新山 亘
概要	<p>平成27年度の総合制作実習「水耕栽培システムの製作」では、LED照明を製作して、光合成有効光量子束密度（PPFD）が成長の主要素であることを示したが、光合成には、これ以外にも成長に影響する要因が複数考えられる。</p> <p>本研究では、湿湿度に着目して湿湿度制御装置を製作し、成長への影響を調べている。</p>		


住居環境科

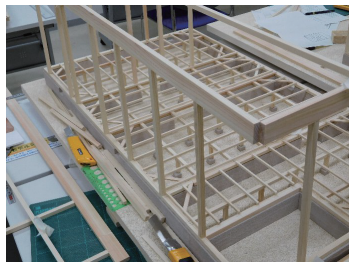
課題	四阿の設計・制作		
学生	上田大光, 河野浩陽, 佐々木朋弘, 田上将也, 中辻勇太, 渡邊 海	指導教員	西山正憲
概要	<p>学んできた建築の知識をいかし、人々の心身の安らぎや癒しを醸成できることはできないか、各々が検討にあたった。週末に公園や広場に行ってみると、多くの家族や友達同士で休憩所の建屋で思い思いの時間を過ごしていた。日ごろは何気なく見ていた光景は、人々の心身の安らぎや癒しを醸成しているものであった。我々は、四阿の設計・制作を取組むことにした。</p>		


課題	大阪府営堺宮園住宅集会所の設計 1		
学生	内田裕騎	指導教員	前田由佳
概要	<p>地域の発展に繋がる建築に興味があるため、総合制作実習では少子高齢化、そして公共事業の縮小や予算の縮減が進むこの国で多世代が利用できる集会所を目指した。</p> <p>主催者側から指定されている計画条件に基づき自由に独自の発想で設計し、作品のイメージを深め、設計の難しさを実感し、思い描いた設計をした。今まで学習してきたものを卒業設計作品に直結させ自らのアイデアや発想、考えを作品に表現している。</p> <p>テーマは「多世代が集い逢う場」である。</p>		

課題	大阪府営堺宮園住宅集会所の設計 2		
学生	谷川真菜美	指導教員	前田由佳
概要	<p>総合制作実習では、「学生向けコンペディション」を題材に、自分が興味をもったコンペディションに参加し、これまでに取り組んできた知識と技術を生かしている。</p> <p>また、コンペディションであらかじめ指定されている設計条件に基づいて自由設計を行っており、大阪府が主催している第27回「あすなるゆめ建築」大阪府公共建築設計コンクールに参加する。</p> <p>テーマは「子どもからお年寄りまで様々な世代の人たちの声が溢れる集会所」である。</p>		

課題	私だけのインテリア空間の提案		
学生	平野 茜	指導教員	前田由佳
概要	<p>総合制作実習では、インテリアをメインとしたコンペティションを題材に、指定されている条件に基づいてインテリア空間の提案をする。コンペティションに提出する要求事項をプレゼンボードにまとめ、提出するというを目的としている。できた図面をもとに模型を製作した。参加したコンペティションは、インテリア産業協会が主催する『住まいのインテリアコーディネーションコンテストA部門「私だけのインテリア空間」』である。</p>		

課題	学生コンペ「光と風」の軸組模型		
学生	神山範彰	指導教員	武種亮宜
概要	<p>総合制作実習では、興味を持った「学生向けコンペティション」を題材として、これまでに取り組んできた設計課題を通して得た知識と技術を生かして設計を行い、模型を製作した。</p> <p>今回は、2012年に行われた「全日本学生コンソーシアム」でのテーマ「光と風」である。模型のサイズは1/10。設計製作に当たっては、不変不滅であるこのテーマを通して、今持っている知識と技術を確認しながら進めている。</p>		

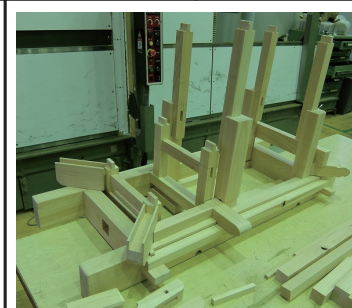
課題	住宅設計コンペ「密集住宅街に建つ家」の軸組み模型		
学生	河村 駿	指導教員	武種亮宜
概要	<p>総合制作実習では、これまでに取り組んできた授業を通して得た知識と技術を生かして、過去に行われた設計コンペの課題に沿って 1/10 スケールの軸組み模型を作製した。</p> <p>選んだテーマは「密集住宅街に建つ家」である。「10年先も好きな事に没頭できる家」をコンセプトに、この実習では、建築物の平面図、立面図、断面図、施工図を作成したのち、部材の本数を拾う積算を行い、完成まで進めている。</p>		

課題	郊外住宅の新定義		
学生	北田恭弥	指導教員	武種亮宜
概要	<p>総合制作実習では、コンペティションの題材に基づく軸組み模型の製作を行った。</p> <p>完成度を高めるため、準備段階のエスキスに十分な注意を払い、精度の高い製図を心がけた。エスキスや製図を怠ると、軸組み模型に支障をきたすためである。</p>		

課題	設計コンペ「自分の家」の軸組み模型		
学生	中島詠仁	指導教員	武種亮宜
概要	<p>総合制作実習では、過去に行われた設計コンペティションのテーマ「全日本学生建築コンソーシアム」の「自分の家」をテーマに設計を進め、1/10 サイズの軸組み模型を製作した。</p> <p>一から建築物を作るにあたっては、種々の設計図や施工図、伏図、軸組み図の描き方や、部材の本数を数える積算の技術など、総合的な建築の知識を使いながら完成まで進めている。</p>		



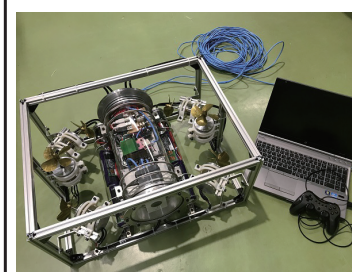
課題	だんじりの模型製作		
学生	出雲宙也, 木村泰貴, 高橋 輝, 中田英嗣, 林 龍之介, 渡邊 信	指導教員	中川詠子
概要	<p>岸和田の名物であるだんじりの模型を製作した。大工や彫り物師たちによって作られただんじりは、それぞれの町ごとに、特色ある彫り物が施されており、岸和田の大切な文化遺産である。</p> <p>しかしながら、装飾に彩られただんじりの構造について、一般には目に触れることがない。そのため、どのような作りとなっているのか解明した上で、その構造を模型として作ることを目的としている。</p>		



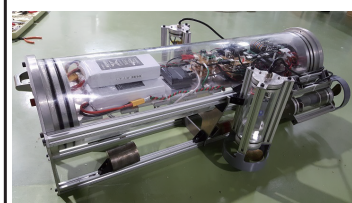
2017(平成29)年度応用課程開発課題実習概要

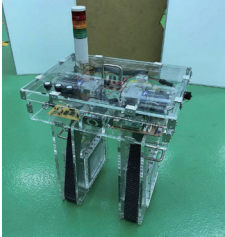
生産システム系3科

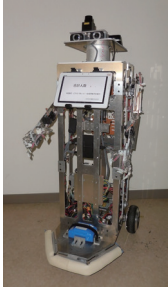
課題	海洋ロボットの開発 (ROV)		
学生	【生産機械システム技術科】 中村 友, 信貴勇利 【生産電気システム技術科】 山本知輝、濱 辰弥、石原良亮	指導教員	椿 博敏 岩城勇生 石部剛史
概要	<p>製作した ROV (Remotely Operated Vehicle, 遠隔操作型無人潜水機) は、6個のスラスタを搭載することで自由度の高い水中航行ができ、本体内部に搭載した2つのカメラ (前方・下方部の撮影) によって、広い視野と操縦性を高めた海洋ロボットである。</p> <p>なお、本ロボットの開発の過程で、平成29年8月末開催の「水中ロボコン in JAMSTEC '17」に出場することができた。</p>		

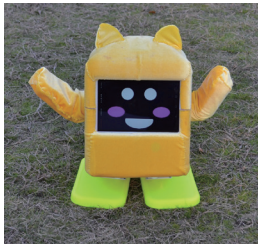


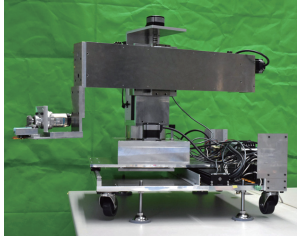
課題	海洋ロボットの開発 (AUV)		
学生	【生産機械システム技術科】 松田敏也, 山本大樹 【生産電気システム技術科】 常田遼太, 久米川翔也, 中島優希 【生産電子情報システム技術科】 橋本 健, 池田充宏, 上濱善博	指導教員	椿 博敏 岩城勇生 石部剛史
概要	<p>製作した海洋ロボット AUV (Autonomous Underwater Vehicle, 自律型無人潜水機) は、3種類のセンサを搭載しており、現在地座標、加速度、地磁気、ジャイロ、水圧の4種類のデータを取得することによって目的地まで自律航行を行うことができる。</p> <p>なお、本ロボットは、平成29年11月開催の『沖縄海洋ロボットコンペティション 2017』への出場が実現し、3位入賞を果たした。</p>		



課題	水田用除草ロボットの開発		
学生	【生産機械システム技術科】 尾本一樹, 草分竣亮, 大西圭佑 田村翔一 【生産電気システム技術科】 木村優佑, 今野陽裕, 山本湧万 【生産電子情報システム技術科】 藤田大貴, 棒引和磨, 平野裕太	指導教員	久保幸夫 秋間紳樹 藤井昌之
概要	<p>米作りにおいて、化学農薬を使わない有機農家およびこれから有機農業に取り組みたいと考えている農家が年々増加傾向にある。有機農法における米作りでは、除草作業が大きな労力となっている。</p> <p>本ロボットは、除草を自動化することでその労力の軽減を図るものである。具体的には、田植え後5日以上から1ヶ月以内の水田を走行することで土壌を攪拌し、根が浅い雑草を除草する。また、搭載したカメラや各種センサによって自動走行を可能としている。</p>		

課題	接客ロボットの製作		
学生	【生産電気システム技術科】 荒木 優, 比嘉賢治, 山井琢矢 山本崇純 【生産機械システム技術科】 大道貴裕, 田川純暉, 中村友 野間口和彦 【生産電子情報システム技術科】 岡田和紘, 塚本隆三, 浜名航平	指導教員	勝田 勉 中村恵司 井上 隆
概要	<p>本テーマは継続テーマであり「人と安全に関わるロボット」をコンセプトとして製作を行った。一昨年から、飲食店で接客を行う「接客ロボット」の製作を行ってきたが、基本的な動作である案内が未だに不十分であるため、今年度はROS (Robot Operating System) というオープンソースなミドルウェアを使用することで、自律走行の性能向上を図っている。</p> <p>また、機構的な取り組みとしては、手の製作を行った。</p>		

課題	コミュニケーションロボットの開発		
学生	【生産機械システム技術科】 高倉慎平, 田中優貴, 長座広明 永濱拓海 【生産電気システム技術科】 水野有稀, 大谷陸斗, 阪倉達哉 四至本沙織, 芝勝行, 宮 佑太郎	指導教員	篠崎健太郎 今園浩之 作 成一郎
概要	<p>本ロボットは、癒しを与えることを目的としており、ユーザーとのふれあいや動作、会話を行うことができる。ユーザーの名前や好きな食べ物を聞いて復唱を行ったり、ユーザーに触られることで喜ぶという機能がある。また、会話によって表情を変えることができ、会話中に口を動かすことができる。</p> <p>また、外観をペットとして人気がある猫をモチーフとしたことで、見ていても癒されるものとした。</p>		

課題	アスパラガス収穫ロボットの開発		
学生	【生産機械システム技術科】 田中正樹, 久米優介, 園田航太 西 優, 森下侑哉 【生産電子情報システム技術科】 谷瀬雅和, 尾崎真喜一, 小林 肇 佐々木圭吾, 藤代直人	指導教員	望月隆生 宮武正勝 庄林雅了
概要	<p>本システムは、対象となるアスパラガスステレオカメラから得られる画像情報を用いて、その長さや空間座標を算出して、ロボットに伝えるコンピュータビジョンと、指定された位置へロボットハンドを移動させ、対象となるアスパラガスの切断・把持を行った後、搭載されたコンテナにアスパラガスを入れるマニピュレータで構成された自動収穫ロボットである。</p> <p>なお、本システムは㈱パシオスから提供された企業テーマである。</p>		

建築施工システム技術科

課題	木造建築物用接合金物の認定取得		
学生	木谷円香, 石井萌実, 岩崎皓史, 片山昌敏, 高津拓己, 坂本匠平, 松浦泰貴	指導教員	宇都宮直樹 藤村悦生
概要	<p>日本は地震が多い国として以前から見られていたが, 近年はさらに大きな地震災害が多く発生しており, くわえて大型台風などの被災や影響も多く見受けられる. これらの自然災害に対する構造的な耐力補強がさらに必要となる. 本研究は日本の多くの木造住宅に使用されている接合金物における補強耐力などの性能証明を行い, 金物認定取得までの流れを理解し習得する.</p>		
課題	木造住宅における省施工耐震パネルの開発 (総合制作実習作品と共同展示)		
学生	<p>【建築施工システム技術科】 白井広海, 神山武大, 篠原遼弥, 徳田武真, 花田陽平, 松浦周平, 山内優</p> <p>【住居環境科】 岡本勇人, 桐谷玲央, 豊永峻也, 濱内慧俊</p>	指導教員	片平 聡 藤村悦生
概要	<p>近年の地震災害の経験から新築だけでなく既存の住宅にも耐震性能が要求されているが, 既存住宅に関して耐震改修は進んでいない状況である. その原因として職人の施工の負担や職人不足, 施主の改修費用の負担が大きいと考えられる. これらの在来軸組構法木造住宅においては, 施工を簡易化することで職人の負担を減らし, 費用や工期を抑えた耐力壁の開発をめざす. また, 地震などの水平力に対しての耐力を確保する.</p>		
課題	制震装置を用いた木造骨組の振動抑制効果の検証		
学生	新垣志文, 今津瑛登, 岡晋太郎, 小林克勝, 仲原悠太, 山下敬太郎	指導教員	新垣忠志 藤村悦生
概要	<p>本実験は, 制震装置を用いた木造骨組を動荷力試験機を用いて振動実験を行い, モーションキャプチャ装置を用いて荷力時にどのような効果が現れるかを計測し, 考察をまとめたものである.</p>		

2017(平成29)年度共同研究概要

No. 1

研究名	アスパラガス収穫ロボットのためのコンピュータビジョンの開発
研究者	生産電子情報システム技術科 望月隆生（代表），藤井昌之
共同研究機関	株式会社パシオス
研究の概要	<p>アスパラガスの生産において収穫作業を自動化するロボットの導入が強く望まれている。しかし、日中でも使用できることを条件とした場合、畑に生えるアスパラガスを認識して、その位置と長さを計測するシステムは高価であり、安価な製品が市販されていないのが実情である。</p> <p>そこで本研究では、実用的なアスパラガス収穫ロボットの開発を見据え、日中でも使用できる安価なロボットビジョンの開発に取り組んだ。</p> <p>この装置のハードウェアは、Webカメラの基板を用いて製作したステレオカメラをシングルボードコンピュータに接続したもので、ソフトウェアは、画像処理ライブラリを活用してステレオマッチングによる視差計測と、バックプロジェクションによるアスパラガスの認識を基本とし、新たに以下の開発をすることによって高精度化を図った。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① ステレオ画像を精密に平行化するためのキャリブレーション方法 ② 視差画像のレイヤー化処理 ③ 誤差を補正するためのキャリブレーション方法 <p>そして、開発した装置を日中のアスパラガス畑で実験を行った結果、ステレオカメラの最前の畝に生えるアスパラガスのみを計測できることを確認した。</p> <p>計測精度は、縦横方向で約0.4mm、奥行き方向で約1.1mmであった。先行研究として報告されている収穫ロボットに採用されているレーザーレンジファインダと比較すると、本装置の精度は2倍から5倍である。また、部材費は10分の1以下であり極めて低コストである。</p>

No. 2

研究名	パワー回路基板におけるフロントローディング・ノイズ対策手法の確立
研究者	生産電子情報システム技術科 庄林雅了（代表），電子情報技術科 東 正登
共同研究機関	株式会社トータス
研究の概要	<p>電源等のパワー回路基板の従来設計において、シミュレーション等による解析が十分に適用されていないと、熱やノイズであるサージ、放射ノイズ特性などが決められた値に入らず開発スケジュール、予算に大きな影響を及ぼすことになる。</p> <p>本研究では、産学連携の共同研究テーマとして、ノイズ解析モデリングがほとんど適用されていないトランスを用いたフォワード型スイッチング電源をモチーフに、パターン設計・電源評価基板製作、電圧および電流の実測波形、近傍ノイズ、基板温度分布の測定結果から対策方法を考察検討した。</p> <p>その結果、モチーフの電源回路基板において、ノイズ源となっている部品と基板温度分布の相関を確認した。つまり、基板上の温度分布が把握できればノイズ源を見極める手がかりに繋がることが分かった。特に、高電圧などプロービングが難しい電源回路などには有効である。大電流経路の電源パターンはなるべく太い配線パターンとし、対のリファレンスになるGNDをベタプレーンのレイアウトにすることによって、ノイズの拡大を抑制するとともに、放熱効果が向上し基板の温度上昇が回避できることを確認した。</p>

No. 3

研究名	紀州材構造用床パネルの開発（面内せん断試験）
研究者	建築施工システム技術科 片平 聡（代表），住居環境科 藤村悦生
共同研究機関	和歌山県
研究の概要	<p>本研究は平成28年度からの継続テーマであり，面内せん断試験を通じて紀州材構造用床パネル開発を進めている。</p> <p>集成材による床パネルの基本寸法は，平成28年度と同様に1820×910で，床材としても使用されている合板と同一とした．本年度は，床パネルの厚みを薄くした場合の性能を実験により確認した（実験結果は以下のとおり）．</p> <p>① 四周打ち 床パネルの四周に釘を打つことが可能となるように，両端部の大引き材間に横棧を設けた場合，厚み30mmで床倍率4.1を得た。</p> <p>② 川の字うち 床パネルを大引き材3本と直行させ，釘は両端及び中央の大引き材に打った場合，厚み30mmで床倍率1.7を得た。</p> <p>合板系の床及び耐力壁の耐力は，釘のせん断耐力・釘の配置による断面2次モーメントに依存する。釘のせん断耐力は，床パネルの厚さから片持ち梁の変形から両端固定梁の変形に代わることが平成28年度の実験で確認されている。</p> <p>併せて，検証した釘の一面せん断試験結果から，厚み30mmのパネルでも釘の変形は両端固定梁の変形となっているとともに，大引き材に対する釘の打ち込み長さが長くなったことから上記の高性能となった。</p> <p>また，中央部で想定される床の撓み量が1.4mm (1/600rad) であることから，本工法は根太レスの省施工を保證できる工法である。</p>

No. 4

研究名	木造戸建て住宅用制振装置の開発
研究者	建築施工システム技術科 新垣忠志（代表），住居環境科 藤村悦生
共同研究機関	イケヤ工業株式会社
研究の概要	<p>本研究の目的は，粘弾性的性質を有する粘弾性シートを鋼板で挟み，更に特殊バネと呼ばれる地震終了後に原位置回復機能をもつバネにより構成される，木造住宅用制振装置を開発することであり，併せて，本装置を用いた耐震補強設計法を構築する。</p> <p>まず，振動台を用いた動的加力試験による実験と解析により，粘弾性制震装置の性能を評価した。また，動的加力試験における変位や損傷状況から，本装置の改良案を提示し改善された装置による再試験結果から改善効果を確認した。</p> <p>さらに，試験結果より得たデータを基に応答解析や静的骨組解析を行い応答解析や静的骨組解析による設計法を構築した。</p> <p>本研究によって，提案されていた複数のバネ形状の中から，本制振装置に最も適するものを選択するとともに，最適な厚みを算定することができた。また，粘弾性体の性質が非線形の履歴ループであるとともに，明確な粘性減衰性能を有することを確認した。</p>

No. 5

研究名	耐震パネルの開発
研究者	建築施工システム技術科 片平 聡（代表），住居環境科 藤村悦生
共同研究機関	和興建産株式会社
研究の概要	<p>地震対策工事では、多額の工費や長い工期が必要となることが対策の進展を阻害している大きな要因となっている。そこで本研究では、工費や工期を抑えることのできる「耐震パネル」による耐震補強工法を開発することを目的とした。</p> <p>既に、本研究に係る耐震パネルの仕様は、平成28年度までの研究で確定しており、柱間に受枠を設け耐震パネルを取付けることによって耐力が向上することも確認している。</p> <p>本年度は、存在する木造住宅の軒高の変化に対応するため、平成28年度の仕様の状態を維持しつつ、試験体高さを変化させた3パターンの試験体（H＝2730mm、2880mm、3030mm）を用いて試験を行った。</p> <p>その結果、最も耐震性が低くなる高さ3030mmの試験体においても、壁倍率に換算して2.2の性能を有していることが確認できた。</p>

No. 6

研究名	木造住宅用金物の開発
研究者	建築施工システム技術科 宇都宮直樹（代表），住居環境科 藤村悦生
共同研究機関	株式会社 I T C
研究の概要	<p>木造建築物用接合金物は、木造の継手や仕口部で接合部の補強や材の脱落防止のために用いられるもので、木造建築物では耐震性能を向上させる方法の1つとして非常に重要な役割を担っている。金物には安全性を評価する基準として、認定マークの表記がなされている。本研究の目的は、共同開発を進める金物について、認定マークを取得することである。</p> <p>今年度は、静的加力試験・床倍率評価法・接合金物評価法によって、製品の性能確認と改善に取組み、その結果、コーナーサポート接合金物及びスーパーサポート金物それぞれのZ金物との比較により、今後の改善方法が明確となった。</p> <p>平成30年度には、これらを改善した金物を製作し認定取得を目指す。</p>

No. 7

研究名	針侵入による土塗壁劣化診断装置の開発
研究者	建築施工システム技術科 宇都宮直樹（代表），四国職業能力開発大学校 住居環境科 越智隆行
共同研究機関	富士物産株式会社
研究の概要	<p>土塗壁は耐力壁として近年再評価されているが、屋外では風雨により劣化を受けて強度が低下する。そのため耐力壁として土塗壁を適正に維持管理するためには、壁土の塗り直しを行う時期を判定し、適宜、塗り直しを行う必要がある。</p> <p>現在、劣化の判定は目視によって行われるため、定量的な評価とは言い難い。そこで本研究では、経年劣化した土塗壁の劣化範囲を把握するために、直径2mm程度の針を土塗壁に差し込み、針の貫入量によって現場で直接診断可能な装置の開発を行った。</p> <p>研究の結果、室内実験において土塗壁の圧縮強度と針の貫入量の関係を明らかにし、現場実験において開発した土塗壁劣化診断装置の有効性を確認した。</p>

2017（平成 29）年度における表彰

第 12 回若年者ものづくり競技大会 における表彰

- ① 電子回路組立て職種（銀賞）：電子情報技術科 山河岳流

近畿ポリテックビジョン 2018 における表彰

- ① 応用課程 最優秀発表賞：生産電気システム技術科 濱 辰弥
- ② 応用課程 優秀発表賞：生産電気システム技術科 山本崇純
- ③ 応用課程 最優秀作品賞：生産システム技術系「海洋ロボットの開発（AUV）」
製作者：松田敏也，山本大樹，中村 友，信貴勇利，常田遼太，久米川翔也，中島優希，
山本知輝，濱 辰弥，石原良亮，橋本 健，池田充宏，上濱善博
指導教員：椿 博敏，岩城勇生，石部剛史
- ④ 応用課程 優秀作品賞：生産システム技術系「接客ロボットの製作」
製作者：田川純暉，大道貴裕，中村 友，野間口和彦，山本崇純，山井琢矢，比嘉賢治，
荒木 優，塚本隆三，岡田和紘，浜名航平
指導教員：勝田 勉，中村恵司，井上 隆
- ⑤ 専門課程 優秀発表賞：生産技術科 西口隼矢
- ⑥ 専門課程 最優秀作品賞：生産技術科「5 軸マシニングセンタの製作」
製作者：中道悠矢，荒巻俊貴，楠 健登，坂口貫大，丹羽陸人，畑中大希
指導教員：坂口昇三，佐藤弘明
- ⑦ 2 校合同建築設計作品展示会 優勝：作品名：「桃太郎」，制作者：住居環境科 吉本康佑

卒業式 における表彰

- ① 大学校賞
- 専門課程：生産技術科 笹岡 庸
電子情報技術科 棟羽 隆
電気エネルギー制御科 中村真尚
- 応用課程：生産機械システム技術科 森下侑哉
生産電気システム技術科 常田遼太，
生産電子情報システム技術科 塚本隆三
建築施工システム技術科 新垣志文
- ② 優秀賞
- 専門課程：生産技術科 榎並幹也
電気エネルギー制御科 和田直樹
電子情報技術科 本田一帆
住居環境科 中島詠仁
- 応用課程：生産機械システム技術科 田中優貴
生産電気システム技術科 山本崇純
生産電子情報システム技術科 橋本 健
建築施工システム技術科 花田陽平

2018年編集委員

委員長 高橋大忒 (校長)
古田光則 (副校長)
加藤 肇 (能力開発統括部長)
寺床真悟 (学務課長)
岩城勇生 (機械系)
古賀寛光 (機械系)
阿曾沼亨哉 (電気系)
今園浩之 (電気系)
望月隆生 (電子情報系)
井上 隆 (電子情報系)
奥田佳史 (電子情報系)
藤村悦生 (建築系)
樋口黒光 (学務課)

近畿能開大ジャーナル 第26号

発行 2018年11月

発行者 近畿職業能力開発大学校

〒596-0817

大阪府岸和田市岸の丘町3-1-1

電話 072-489-2112

FAX 072-479-1751
