

近畿職業能力開発大学校 京都校 ジャーナル  
2015

第27号



## ジャーナル 2015 の発刊に寄せて

当京都職業能力開発短期大学校は、厚生労働省所管の工科系短大として、国に代わり独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構により京都府舞鶴市に設置されたもので、早35年の歳月が経過いたしました。この間、当局はもとより、府、市、地域団体企業等の関係機関の皆様と各方面の関係者の方々のご支援の下、地域のものづくり人材育成の拠点として活動してこられたことは、教職員一同誠に喜びに堪えないところであります。

当校では、ものづくりの現場で活躍する専門的な知識・技術・技能を兼ね備えた実践技術者を育成しています。そこでものづくりを学ぶ専門の科として、生産技術科、電子情報技術科、情報通信サービス科の3科を設置しております。

今回発刊のジャーナル 2015 は、昨年につき 2015 年度の活動の記録を記載するものです。学生を交えての教官の専門分野に関する実践的研究や授業のなかの総合制作実習は、教官自身の創造力、発想力を豊かにするだけでなく、学生にとっても問題解決力や思考力を身につける良い機会となり、極めて有意義なことでもあります。

その中で制作された作品は、学生の限られた授業時間の中で試行錯誤を通して完成させたもので、設計から製作まで一連の流れを体験し、ものづくりの現場での必須な知識・技術・技能が集約されています。

ここでの体験は、学生が将来社会に出て活躍していくうえで欠かせない能力を身につける良い経験となったことでしょう。このことを通じて次なるものへ挑戦して行ってほしいと願う次第です。

こういった学生を交えた教官の実践的研究や総合制作実習の結果を記録にとどめると共に、外部から忌憚のないご意見ご批判をいただき各自の飛躍の糧といたしたく、ジャーナル 2015 として発刊することにしました。

今後とも充実した内容のものにいたすよう努力してゆく所存ですので、よろしくご指導ご鞭撻のほどお願いいたします。

平成 28 年 8 月 31 日

近畿職業能力開発大学校附属  
京都職業能力開発短期大学校  
校長 安中 宏

## 目 次

### □巻頭言

ジャーナル 2015 の発刊に寄せて	校長	安中 宏	1
--------------------	----	------	---

### □事業概要

平成 27 年度事業概要 (平成 28 年度 4 月期を含む)	学務援助課長	幸田 啓	3
------------------------------------	--------	------	---

### □能力開発事業報告

ARM マイコンボードを用いた $\mu$ ITRON (TOPPERS) 実習の構築	電子情報技術科	奥井 秀幸	11
---	---------	-------	----

### □教育訓練報告(総合制作実習)

1. 風力発電機的设计・製作	生産技術科(学生) 担当指導員	三田村 悠平 渡邊 俊介 藤原 力 畑 伸明	16
2. 鉄琴を用いたマーブルマシンの製作	生産技術科(学生) 担当指導員	梅原 義貴 刈部 貴文	20
3. Android タブレットを用いたハンドベル演奏装置	情報通信サービス科(学生) 担当指導員	荻野 拓馬 人見 功治郎 板坂 政昭 加畑 満久	24

(注)本誌では、各原稿の趣旨を踏まえて、あえて西暦表記と和暦表記を混在させております。

□事業概要

平成 27 年度事業概要  
(平成 28 年度 4 月期を含む)

I 施設の概要

1. 施設の名称

独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構 京都支部  
近畿職業能力開発大学校附属 京都職業能力開発短期大学校  
Kinki Polytechnic College Kyoto

2. 所在地

〒624-0912 京都府舞鶴市上安1922 電話0773-75-4340 FAX0773-75-4378

3. 代表者(校長)

安中 宏(平成27・28年度)

4. 設立経過

- 昭和56年 4月 1日 国は京都職業訓練短期大学校を設置し、設置・運営は雇用促進事業団が担う。
- 平成 5年 4月 1日 職業能力開発促進法の一部改正に伴い、名称を京都職業能力開発短期大学校(ポリテクカレッジ京都)に改称する。
- 平成11年10月 1日 雇用促進事業団が廃止され、設置運営は、雇用・能力開発機構が引き継ぎ、名称を雇用・能力開発機構 近畿職業能力開発大学校附属 京都職業能力開発短期大学校に改称する。
- 平成16年 3月 1日 雇用・能力開発機構が廃止され、設置運営は独立行政法人雇用・能力開発機構が引き継ぎ、名称を独立行政法人雇用・能力開発機構 近畿職業能力開発大学校附属 京都職業能力開発短期大学校に改称する。
- 平成23年10月 1日 独立行政法人雇用・能力開発機構が廃止され、設置運営は独立行政法人高齢・障害雇用支援機構が引き継ぎ、名称を独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 近畿職業能力開発大学校附属 京都職業能力開発短期大学校に改称する。

5. 施設の役割

我が国が、技術大国として持続的な経済成長を実施していくためには、新技術の開発、製品等の高付加価値化や新分野への展開などが必要であり、基幹産業を支えるものづくり企業や技能・技術者の存在が不可欠である。

本校は、職業能力開発促進法に基づき設置されている公共職業能力開発施設として、①主に高等学校を卒業した方を対象として、産業界の変化に対応できる高度な技能・技術及び知識を兼ね備えたテクニシャン・エンジニアを育成する専門課程(2年制)を実施し、その修了者の多くを、京都府を始め関西圏の中小企業を支える人材として送り出すほか、②離職者訓練(6ヶ月)の実施、③中丹地域の企業を対象として、在職者に対する技能・技術のレベルアップのための訓練、④企業との共同研究、⑤各教育機関との連携などにより、地域社会の人材育成に貢献することを使命としている。

6. 業務の内容

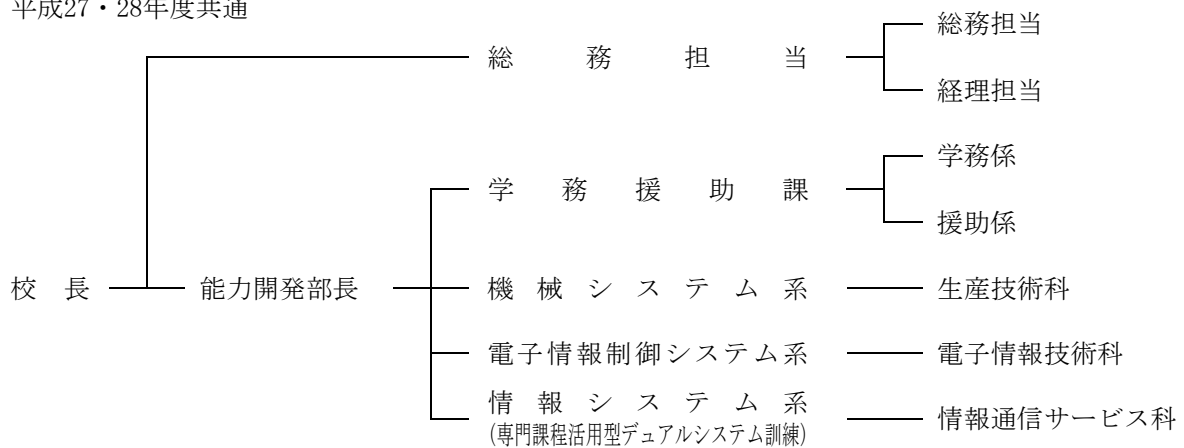
- (1) 高度職業訓練専門課程(2年制)及び同専門課程活用型デュアルシステム(2年制)の職業訓練の実施
- (2) 離職者訓練(6ヶ月)の実施
- (3) 高度職業訓練専門短期課程(能力開発セミナー)の職業訓練の実施
- (4) 職業能力の開発及び向上に関する相談・援助、情報及び資料の提供等
- (5) 事業主団体等が行う職業訓練並びに技能検定の実施に必要な援助
- (6) 施設・設備の貸与

## 7. 施設の沿革

昭和56年 4月	舞鶴総合高等職業訓練校の施設を継承し、京都職業訓練短期大学校として、生産機械科、金属成形科、自動車科、室内造形科、染織り技術科の5科の専門訓練課程の編成で開設する。
昭和60年10月 平成元年 4月	職業訓練法が職業能力開発促進法に改正され、専門訓練課程は専門課程となる。短期大学校の整理再編計画に基づき、生産機械科、制御技術科、電子・情報技術科、住居環境科、染織技術科の5科の編成となる。
平成 3年 4月 平成 4年 4月	在職者のための能力開発セミナーが開始される。 短期大学校の系及び科名・カリキュラムの再編計画に基づき、一部の科の名称を変更し、機械システム系(生産技術科、制御技術科)、情報システム系(情報技術科)、住居システム系(住居環境科)及び染織システム系(染織技術科)の4系5科となる。
平成 5年 4月	職業能力開発促進法の一部改正に伴い、校名を京都職業能力開発短期大学校(ポリテクカレッジ京都)とする。一部の系の名称を変更し、機械システム系(生産技術科、制御技術科)、情報システム系(情報技術科)、住居システム系(住居環境科)及びテキスタイル技術系(染織技術科)となる。また、組織の見直しに伴い、「庶務課」を「総務課」に、「学生課及び教務課」を統合して「学務課」とし、新たに「開発援助課」を設置する。
平成 8年 4月	機械システム系(制御技術科)の募集を停止し、電気・電子システム系(電子技術科)を新設する。
平成11年 3月	緊急経済対策の一環として、離転職者を対象とした職業訓練(アビリティコース)を新設する。
平成11年 4月	職業能力開発促進法の一部改正に伴う職業能力開発大学校の設置に伴い、校名を近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校と改称する。また、「学務課」と「開発援助課」を統合して、「学務援助課」を設置する。
平成11年10月	法律に基づき雇用促進事業団の廃止と同時に雇用・能力開発機構が設立され、校名を雇用・能力開発機構近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校と改称する。
平成16年 3月	法律に基づき雇用・能力開発機構が廃止と同時に独立行政法人雇用・能力開発機構が設立され、校名を独立行政法人雇用・能力開発機構近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校と改称する。
平成21年 4月	電気・電子システム系(電子技術科)、情報システム系(情報技術科)の募集を停止し、電子情報システム系(電子情報技術科)を新設する。
平成22年 4月	染織技術科の募集を停止する。
平成23年10月	法律に基づき独立行政法人雇用・能力開発機構の廃止と同時に独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が設立され、校名を独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校と改称する。
平成24年 4月	離職者訓練(CAD/CAM技術科・設備保全サービス科)を新設する。
平成25年 4月	住居環境科の募集を停止する(近畿職業能力開発大学校へ移設)。
平成26年 4月	情報通信サービス科(専門課程活用型デュアルシステム訓練)を新設する。また、設備保全サービス科(離職者訓練)を休止する。
平成27年 4月	組織再編による京都府内の施設として、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構「京都支部」近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校に改名する。離職者訓練CAD/CAM技術科の科名をCAD/CAM機械加工科に改名する。住居環境科が完全移設される。

## 8. 組織

平成27・28年度共通



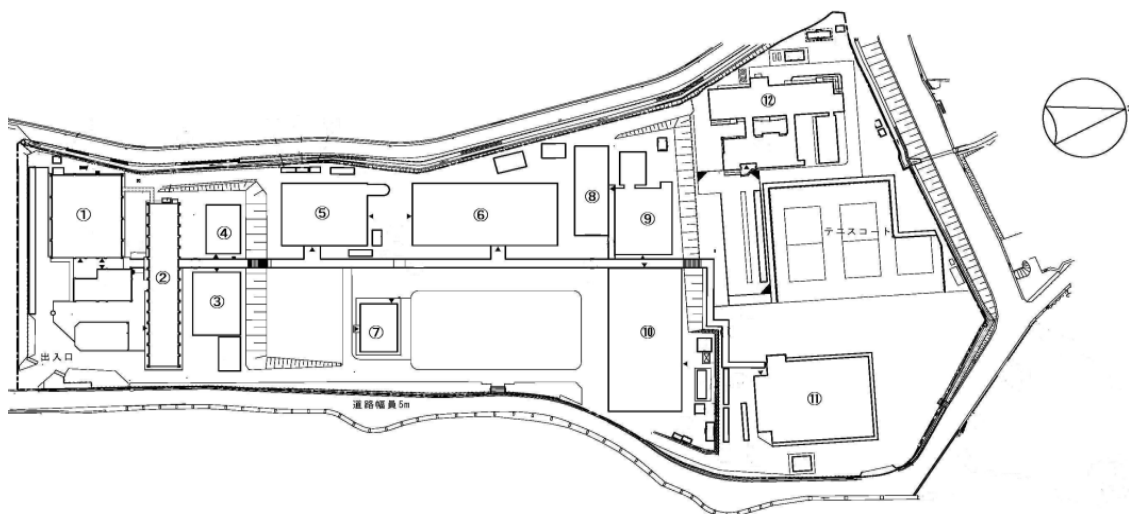
## 9. 職員数

区分	職員数(人)	
	平成27年4月1日現在	平成28年4月1日現在
管理・事務職	8	8
職業訓練指導員	12	12
職業訓練指導員(嘱託)	2	1
嘱託職員	5	5
計	27	26

## 10. 施設の状況

(1) 敷地	27,630.105 m <sup>2</sup>
(2) 建物(延べ床面積)	12,982.450 m <sup>2</sup>
1号館(教室等)	1,397.050 m <sup>2</sup>
2号館(管理棟)	1,770.260 m <sup>2</sup>
3号館(多目的教室)	290.580 m <sup>2</sup>
4号館(視聴覚教室)	129.000 m <sup>2</sup>
5号館～10号館(実習場・実験室)	5,654.350 m <sup>2</sup>
体育館	809.690 m <sup>2</sup>
学生寮	2,193.290 m <sup>2</sup>
附属建物	738.230 m <sup>2</sup>

## 11. 建物の配置図



建物の名称(平成27年度)

番号	建物名	番号	建物名
①	1号館(教室等)	⑦	7号館(NC実習棟)
②	2号館(管理棟・受付)	⑧	8号館
③	3号館(多目的教室)閉鎖	⑨	9号館
④	4号館(視聴覚教室)	⑩	10号館
⑤	5号館(生産技術科実習棟)	⑪	体育館
⑥	6号館(実験・実習棟)	⑫	学生寮

建物の名称(平成28年度)

番号	建物名	番号	建物名
①	1号館(教室等)	⑦	7号館(NC実習棟)
②	2号館(管理棟・受付)	⑧	8号館
③	3号館(多目的教室)閉鎖	⑨	9号館
④	4号館(視聴覚教室)	⑩	10号館(常設展示室等)
⑤	5号館(生産技術科実習棟)	⑪	体育館
⑥	6号館(実験・実習棟)	⑫	学生寮

## II 事業概要

### 1. 高度職業訓練専門課程(2年制)訓練科及び定員

訓練系	科名	平成27年度定員		平成28年度定員	
		1年	2年	1年	2年
機械システム系	生産技術科	20人	20人	15人	20人
電子情報制御システム系	電子情報技術科	20人	20人	15人	20人
情報システム系	情報通信サービス科	15人	15人	15人	15人
合計		55人	55人	45人	55人

※情報通信サービス科は、専門課程活用型デュアルシステム訓練であること。

### 2. 高度職業訓練専門課程(2年制)就職率の目標値(平成27・28年度共通)

就職率	95%以上
-----	-------

### 3. 離職者訓練(6ヶ月)訓練科及び定員(平成27・28年度共通)

訓練系	平成27・28年度	
	科名	定員
機械系	CAD/CAM機械加工科	10人

### 4. 離職者訓練(6ヶ月)就職率の目標値(平成27・28年度共通)

就職率	86%以上
-----	-------

### 5. 高度職業訓練専門短期課程(能力開発セミナー)受講者数及び満足度の目標値(平成27・28年度共通)

受講者	250人以上
満足度(受講者)	95%以上
満足度(事業主)	95%以上

### 6. 共同研究・受託研究目標数(平成27・28年度共通)

研究テーマ数	2件以上
--------	------



### Ⅲ 事業実績

#### 1. 高度職業訓練専門課程

##### (1) 募集・入校状況(平成25～28年度)

(単位：人、カッコ内は女子内数)

科名	年度	応募者(人)			合格者(人)			入校者(人)
		応募者	近・全国二次 他志望校等	合計	合格者	近・全国二次 他志望校等	合計	
生産技術科	25	13(1)	3(0)	16(1)	11(1)	4(0)	15(0)	12(1)
	26	7(0)	3(0)	10(0)	5(0)	3(0)	8(0)	7(0)
	27	11(1)	2(0)	13(1)	10(1)	2(0)	12(1)	11(1)
	28	11(0)	1(0)	12(0)	10(0)	1(0)	11(0)	9(0)
電子情報 技術科	25	17(0)	10(0)	27(0)	14(0)	9(0)	23(0)	19(0)
	26	10(0)	4(0)	14(0)	7(0)	4(0)	11(0)	7(0)
	27	16(0)	3(1)	19(1)	13(0)	2(1)	15(1)	12(1)
	28	9(0)	6(1)	15(1)	8(0)	6(1)	14(1)	12(0)
住居環境科	25	13(0)	3(0)	16(0)	12(0)	2(0)	14(0)	12(0)
	26	—	—	—	—	—	—	—
	27	—	—	—	—	—	—	—
	28	—	—	—	—	—	—	—
情報通信 サービス科	25	—	—	—	—	—	—	—
	26	17(1)	—	17(1)	11(0)	—	11(0)	10(0)
	27	11(3)	—	11(3)	10(3)	—	10(3)	10(3)
	28	14(1)	—	14(1)	9(1)	—	9(1)	9(1)
合計	25	43(1)	16(0)	59(1)	37(1)	15(0)	52(1)	43(1)
	26	34(1)	7(0)	41(1)	23(0)	7(0)	30(0)	24(0)
	27	38(4)	5(1)	43(5)	33(4)	4(1)	37(5)	33(5)
	28	34(1)	7(1)	41(2)	27(1)	7(1)	34(2)	30(1)

##### (2) 出身地別入校状況(平成25～28年度)

(単位：人)

都道府県	25	26	27	28	都道府県	25	26	27	28	都道府県	25	26	27	28
北海道					福井県	4	1	1	2	岡山県				2
青森県					愛知県					広島県				
宮城県					静岡県					山口県			1	
茨城県					岐阜県				1	愛媛県				
群馬県					三重県					香川県				
埼玉県					京都府	23	16	26	18	徳島県				
山梨県					滋賀県	2	1			福岡県	2	1		1
千葉県				1	大阪府	2				熊本県		1		
東京都					兵庫県	2	2	2	4	大分県	1		1	
神奈川県					奈良県					宮崎県	1	1	1	
新潟県		1			和歌山県					佐賀県				1
富山県	1				鳥取県	1				鹿児島県	3			
石川県					島根県					沖縄県	1		1	

## (3) 出身高等学校の卒業科別入校状況(平成25～28年度)

	25年度生	26年度生	27年度生	28年度生
普通科	69.8%	58.4%	69.6%	60.0%
工業科	20.9%	20.8%	15.2%	10.0%
商業科他	9.3%	20.8%	15.2%	30.0%

## (4) 卒業年度別入校状況(平成25～28年度)

	25年度生	26年度生	27年度生	28年度生
新規卒業	90.7%	79.2%	81.8%	*83.3%
過年度卒業	9.3%	20.8%	18.2%	16.7%

※新規卒業「28年度生」については大検合格者を含む。

## (5) 就職状況(平成24～27年度)

(単位：人、カッコ内は女子内数)

科名	年度	卒業者	就職			進学	求人件数	求人数
			府内	府外	家事・その他			
生産技術科	24	17(0)	14(0)	2(0)	0	1(0)	44	53
	25	11(1)	4(1)	2(0)	0	5(0)	38	40
	26	11(1)	6(1)	2(0)	0	3(0)	44	49
	27	3(0)	1(0)	2(0)	0	0	83	100
電子情報技術科	24	31(2)	5(0)	7(0)	0	18(2)	49	54
	25	22(1)	10(1)	5(0)	0	7(0)	52	56
	26	16(0)	7(0)	4(0)	0	5(0)	46	46
	27	7(0)	3(0)	4(0)	0	0	87	97
住居環境科	24	15(2)	3(0)	3(0)	0	7(2)	16	22
	25	11(2)	4(1)	3(0)	0	4(1)	18	25
	26	9(0)	2(0)	3(0)	0	3(0)	20	20
	27	—	—	—	—	—	—	—
情報通信サービス科	24	—	—	—	—	—	—	—
	25	—	—	—	—	—	—	—
	26	—	—	—	—	—	—	—
	27	6(0)	5(0)	1(0)	0	0	69	70
合計	24	63(4)	22(0)	12(0)	0	26(4)	109	129
	25	44(4)	18(3)	10(0)	0	16(1)	108	121
	26	36(1)	15(1)	9(0)	0	11(0)	110	115
	27	16(0)	9(0)	7(0)	0	0	*234	*266

※平成27年度の「求人件数」及び「求人数」について、1社から複数科に対する求人がある場合は、対象科ごとに加算している。

## (6) 都道府県別就職先一覧表(平成26・27年度)

(単位：人)

	生産技術科		電子情報技術科		住居環境科		情報通信サービス科		合計	
	26	27	26	27	26	27	26	27	26	27
愛知県			3	1		—	—		3	1
大阪府		1		1		—	—	1		3
京都府	6	1	7	3	2	—	—	5	15	9
滋賀県	1	1				—	—		1	1
富山県					1	—	—		1	
東京都				1		—	—			1
福井県			1	1	2	—	—		3	1
福岡県						—	—			
大分県	1					—	—		1	
宮崎県						—	—			
進学	3		5		3	—	—		11	
計	11	3	16	7	8	—	—	6	35	16

\* 数値は各年度末(3月31日)現在

## (7) 資本金・従業員数・産業別求人状況(平成24～27年度)

(単位：件、カッコ内は求人数)

資本金	24年度		25年度		26年度		27年度	
～5千万円	43	(57)	55	(67)	53	(57)	39	(53)
5千万円超～1億円	24	(28)	15	(15)	19	(20)	31	(36)
1億円超～3億円	12	(12)	10	(11)	12	(12)	13	(15)
3億円超～	33	(36)	28	(28)	26	(26)	29	(29)
合計	112	(133)	108	(121)	110	(115)	112	(133)

(単位：件、カッコ内は求人数)

従業員数	24年度		25年度		26年度		27年度	
1人～20人	13	(14)	11	(11)	12	(16)	9	(10)
21人～50人	12	(16)	21	(27)	9	(10)	12	(18)
51人～100人	9	(13)	12	(17)	12	(12)	10	(13)
101人～300人	26	(34)	21	(22)	20	(20)	34	(45)
301人～	52	(56)	43	(44)	57	(57)	47	(47)
合計	112	(133)	108	(121)	110	(115)	112	(133)

(単位：件、カッコ内は求人数)

産業分類	24年度		25年度		26年度		27年度	
農業・林業・漁業・鉱業	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
建設業	22	(26)	23	(29)	20	(25)	3	(3)
製造業	44	(54)	48	(54)	64	(64)	52	(63)
電気・ガス・熱供給・水道業	0	(0)	5	(5)	8	(8)	4	(6)
情報通信業	12	(13)	24	(25)	10	(10)	22	(22)
運輸・卸売業・小売業	2	(2)	0	(0)	1	(1)	4	(6)
金融・保険・不動産	0	(0)	2	(2)	0	(0)	1	(1)
サービス業	28	(33)	6	(6)	7	(7)	26	(32)
公務	0	(0)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
その他	4	(5)	0	(0)	0	(0)	0	(0)
合計	112	(133)	108	(133)	110	(115)	112	(133)

2. 離職者訓練(6ヶ月)の実施状況(平成25～27年度)

離職された者のうち、求職する者を対象とした訓練を実施している。

訓練科名	年度	定員	入校者数	就職率
CAD/CAM技術科 ※平成27年度から、科名を 「CAD/CAM機械加工科」に変更	25	10	5	80.0%
	26	10	8	85.7%
	27	10	9	88.8%
設備保全 サービス科	25	10	4	※25.0%
	26	—	—	—
	27	—	—	—

※設備保全サービス科における就職率は、平成26年3月末時点

3. 高度職業訓練専門短期課程(能力開発セミナー等)の実施状況(平成24～27年度)

在職者を対象とした技術のレベルアップのための能力開発セミナーを実施している。

年度	年度当初計画 受講者数	実施受講者数及び 計画に対する比率	
24	320	339(26コース)	105.9%
25	300	417(25コース)	166.8%
26	276	193(33コース)	77.0%
27	290	237(32コース)	94.8%

4. 事業内援助等の実施状況

(1) 事業内援助(平成24～27年度)

事業主団体及び事業主に対し、教育訓練に関する相談・援助及び施設設備の貸与を行っている。

年度	実績回数	延べ日数	受講者数
24	11	30	400
25	13	31	487
26	5	8	510
27	7	41	836

(2) 技能検定(平成24～27年度)

京都府職業能力開発協会が実施する検定委員の派遣並びに検定試験会場提供の協力を行っている。

年度	実施回数	実施時間	受講者数
24	9	120	614
25	9	108	602
26	10	88	551
27	9	111	520

(3) 共同研究(平成24～27年度)

民間機関等との交流を図りつつ、多様なニーズに対応した研究を行っている。

年度	24	25	26	27
研究実績件数	2	2	2	3

5. 工業高校や高等専門学校、大学等との連携(平成26・27年度)

中学校に対する情報教育(教員の派遣)、高等学校(教員の派遣)、当校での体験実習など

年度	26	27
件数	10	13

ARM マイコンボードを用いた  $\mu$  ITRON (TOPPERS) 実習の構築

奥井 秀幸\*1

## 1. はじめに

$\mu$  ITRON (Industrial TRON) は、1984年6月に坂村健東京大学教授によって開始された TRON (The Real-time Operating system Nucleus) プロジェクトのサブプロジェクトの1つである。その他のサブプロジェクトとして、BTRON, CTRON, JTRON, MTRON, eTRON なども計画されたが、中でも  $\mu$  ITRON が最も広く普及し成功を収めたプロジェクトと言えるであろう。

最近、安価で CPU が高性能で搭載 RAM 容量も膨大な ARM マイコンボードの登場によって、 $\mu$  ITRON よりもアプリケーションが圧倒的に豊富な組込み Linux の方が優勢な状況にある (表1参照) が、MMU (Memory Management Unit) を必要とせず 16bit マイコンのような低性能かつ大容量 RAM 搭載不可のマイコンでも動作し、さらにリアルタイム性を備える  $\mu$  ITRON は、小規模またはリアルタイム性を必要とする組込み向け OS として今後も大いに使い続けられていくと思われる。特に最近では、64Kbyte 以上の RAM をチップ内に搭載したマイコンも増加しつつあり、マイコンワンチップのみで  $\mu$  ITRON を動作させる環境も整いつつある。これは、コスト面で大変有利な状況にあると言える。

京都職業能力開発短期大学校においても、2009年4月に電子情報技術科が設置され、設置当初より組込みソフトウェア応用実習にて  $\mu$  ITRON に関する授業が行われている。実習機器は、本部指定の全国統一標準機器 (ソフィアシステムズ製 SH3-DSP マイコン搭載  $\mu$  ITRON 実習システム) を用いて授業が行われてきた。

しかし、電子情報技術科設置から7年以上が経過し、この  $\mu$  ITRON 実習機器も陳腐化しており、また、2015年4月にリース契約パソコンの更新が行われ、OS も Windows XP (32bit) から Windows 7 (64bit) に変更となったため、本  $\mu$  ITRON 実習機器用に作成したプログラムが実習機器に書き込めないという問題も発生した。

これらの対処として、新しい  $\mu$  ITRON 実習機器へ更新を行った大学校もある模様であるが、京都職業能力開発短期大学校では、安価な 64Kbyte の RAM をチップ内に搭載した ARM マイコンボードを用い、マ

表1  $\mu$  ITRON と組込み Linux の比較

組込み OS	$\mu$ ITRON	組込み Linux
CPU の Clock	20MHz 以上。できれば 50MHz 以上。	200MHz 以上。できれば 500MHz 以上。
MMU	不必要。多くの CPU で $\mu$ ITRON が動作可能。	必要。MMU が不必要な $\mu$ Clinux もあるが制限が多い。
CPU のマルチコア対応	通常マルチコアに対応していない。一部マルチコア対応 $\mu$ ITRON もある。	マルチコアに対応。
必要な RAM 容量	32Kbyte 以上。できれば 64Kbyte 以上。	256Mbyte 以上。できれば 512Mbyte 以上。
マルチタスク方式	タスク優先順位方式。通常スレッドのみサポート。メモリ保護機能があるプロセス非サポート。	タイムシェアリング方式。プロセスとスレッド両方サポート。
リアルタイム	優先度が高いタスクには、リアルタイム性がある。	リアルタイム性に乏しい。
OS の組み込み方	$\mu$ ITRON 上で動作させるプログラムに <code>#include</code> 文を用いて $\mu$ ITRON ソースコードを組み込み、同時にコンパイルして 1 つのマシン語ファイルにして書き込む。	まず、Flash メモリまたは SD カードに Linux をインストールし、Linux 起動後アプリケーションソフトを動作させる。(Windows と同じ)

イコンワンチップのみで  $\mu$  ITRON を動作させて実習を行う環境を構築した。

本報告では、この  $\mu$  ITRON 実習環境の概要について述べる。

## 2. マイコンボードの選定

先に述べた通り、最近では 64Kbyte 以上の RAM をチップ内に内蔵したマイコンが増加しつつある。プログラムを記憶するフラッシュ ROM は、1990 年代終わり頃から、マイコンチップ内に大規模容量の 512Kbyte~1Mbyte を搭載したマイコンボードが発売

\*1 電子情報技術科

されていたが、64Kbyte 以上の RAM をチップ内に搭載したマイコンボードが登場したのは 2010 年頃からである。

$\mu$ ITRON を動作させる為には、OS だけで 10~20Kbyte 程度、1 個のタスクを生成する毎にスタック領域を含め 512byte~2Kbyte 程度の RAM が必要である。さらに、セマフォ、イベントフラグ、メモリプール、メールボックス、メッセージバッファ、データキュー、周期ハンドラ、アラームハンドラ、割込みサービスルーチンなど  $\mu$ ITRON の機能を使えば使う程、必要な RAM の容量は増加していく。しかし、64Kbyte の RAM があれば、そこそこの  $\mu$ ITRON プログラムが動作可能である。

少なくとも、ポリテクカレッジの学生向け実習では、RAM が 64Kbyte あればほとんど問題が無いであろう。RAM を 64Kbyte 内蔵したマイコンの登場によって、 $\mu$ ITRON をマイコンワンチップのみで動作させることが可能となり、より低価格な  $\mu$ ITRON 実習あるいは  $\mu$ ITRON を搭載した共同研究開発などを行うことが可能となった。

表 2 に、現在秋葉原の秋月電子通商などで売られており、入手しやすくかつ安価で 64Kbyte 以上の RAM をチップ内に内蔵した 3 種類のマイコンボードをピックアップした。

ボード	RX621 マイコン 開発セット	LPCXpresso 1769/CD	PSoC 5LP Prototyping Kit
CPU	RX621 マイコン	LPC1769	PSoC 5LP
CPU 製造元	ルネサス・ エレクトロ ニクス	NXP セミコ ンダクター ズ	Cypress セ ミコンダク ター
CPU コア	ルネサス新 開発 32bit RX コア	ARM 社 Cortex-M3	ARM 社 Cortex-M3
CPU の Clock	96MHz	120MHz	80MHz
フラッ シュ ROM	512Kbyte	512Kbyte	256Kbyte
内蔵 RAM	96Kbyte	64Kbyte	64Kbyte
その他	マザーボード、液晶表示器、USB ケーブル、AC アダプター 付属	ボード上に デバッガ付 属	マイコン内 部に、アナロ グおよびデ ィジタル回 路作成機能 あり
秋月電 子価格	¥6,400 (税込)	¥3,500 (税込)	¥1,500 (税込)

## 2.1 RX621 マイコン開発セット

本開発セットに搭載されている RX マイコンは、日本のルネサス・エレクトロニクス社が開発した全く新しいマイコンで、CPU コアはルネサス・エレクトロニクス社独自のものである。他のマイコンと比較し、同じ動作クロックでより速い動作、より短いプログラムコードを追求したマイコンである。RX621 マイコンには、他のマイコンよりも多い 96Kbyte の RAM が内蔵され魅力的なマイコンであるが、最近では ARM マイコンの方が人気が高いようなので、今回は却下した。

## 2.2 LPCXpresso1769/CD ボード

今回は、オランダに本社を置き 2006 年フィリップス社の半導体部門が独立することにより設立された NXP セミコンダクターズ社製の LPC1769 (CPU コアは ARM Cortex-M3) マイコンを搭載した LPCXpresso1769/CD ボード (図 1 参照) を用いて、 $\mu$ ITRON の実習を行うことにした。

NXP セミコンダクターズ社の LPC マイコンは、最近日本でも ARM の Cortex-M シリーズを搭載したマイコンの中では急速に人気を高めており、専門書籍やインターネット上での情報も豊富である。

表 2 64Kbyte 以上の RAM 内蔵マイコンボード

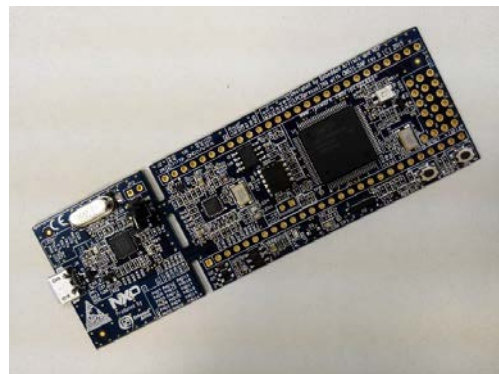


図 1 LPCXpresso1769/CD ボード外観

また、LPCXpresso1769/CD ボード上には、やや簡易的ではあるがデバッガを搭載し、リセットスイッチ 1 個およびユーザーが自由に扱えるスイッチ 1 個とフルカラー LED (小さな赤緑青の 3 個の LED が内蔵されている) 1 個もオンボードでハンダ付けされているので、LPCXpresso1769/CD ボードのみでいくつかの  $\mu$ ITRON の実習を行うことも可能である。

LPCXpresso1769/CD ボードの外部回路接続用端子穴は両側一列で並んでいるので、図 2 に示すように、端子穴にピンヘッダをハンダ付けしてブレッドボードに差し込めば、容易に外部電子回路を増設可能で

ある。

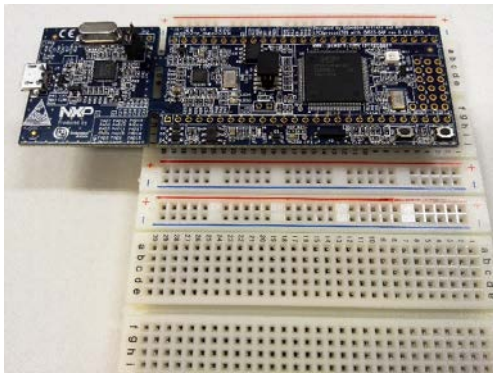


図2 LPCXpresso1769/CDとブレッドボード

### 2.3 PSoC 5LP Prototyping Kit

最後の Cypress セミコンダクターの PSoC 5LP Prototyping Kit (図3参照) は、税込1,500円と大変安価でありながら、CPUコアにARM社Cortex-M3を採用し、フラッシュROMが256Kbyte、RAMが64Kbyte内蔵されている。

さらに、マイコン内部にアナログ回路およびデジタル回路をFPGAのように自分で作成する機能が含まれており大変魅力的なマイコンであるが、 $\mu$ ITRONを学ぶ上では余計な機能であり、 $\mu$ ITRONを初めて学ぶ者にとってはプログラム作成の際に分かりづらくなると思い今回は却下した。

しかし、大変魅力的なマイコンボードなので、別途本マイコンボードを用いた $\mu$ ITRONの実習を考えていきたいと思う。

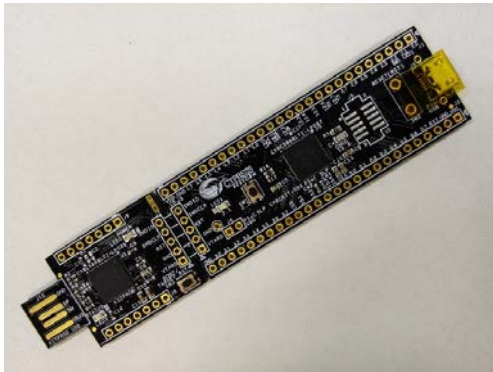


図3 PSoC 5LP Prototyping Kit ボード外観

## 3. プログラム開発環境と TOPPERS

NXP セミコンダクターズ社製の LPC1769 マイコンは、今や組込み向けマイコンでは世界制覇したとも言われる ARM マイコンなので、プログラム開発環境は豊富に揃っている (例えば ARM 社純正 MDK-ARM や IAR システムズ社 EWARM など多数) が、今回は NXP セミコンダクターズ社純正の LPCXpresso IDE を用い

ることとした。LPCXpresso IDE は、統合開発環境 (IDE) を IBM 社によって開発された Eclipse をベースとし、C/C++コンパイラは GCC を流用している。

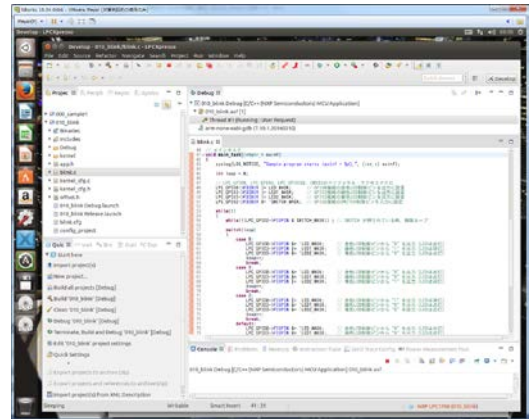


図4 Ubuntu 16.04 LTSで動作するLPCXpresso IDE

LPCXpresso IDE には Windows 版、Linux 版、Mac 版の3種類があるが、今回は仮想マシンの VMware に Linux ディストリビューションの1つである Ubuntu 16.04 LTS をインストールし、そこに Linux 版の LPCXpresso IDE をインストールすることにした。VMware に Ubuntu などの無料 OS をインストールして開発環境を構築すると、開発環境のバックアップや他のパソコンへの開発環境のコピーが容易となり、大変使い勝手が良い。インターネット上でも、VMware を用いた方式でプログラム開発環境を構築して紹介されている例が多い。

LPCXpresso IDE は、インストールしただけではコンパイル可能なプログラムコードサイズが 8Kbyte に制限されているので、このままでは $\mu$ ITRON を用いたプログラム開発はほとんど無理である。そこで、NXP セミコンダクターズ社のホームページからアカウントを作成し、LPCXpresso IDE にアクティベーション (無料) を行うことにより、コンパイル可能なプログラムコードサイズが 256Kbyte まで拡大される。有料版の LPCXpresso IDE Pro バージョンを購入すると、プログラムコードサイズの制限が無くなるが、256Kbyte の制限でもそこそこの $\mu$ ITRON を用いたプログラム開発が可能であろう。

$\mu$ ITRON のプログラムは、名古屋大学の高田広章教授が率いる TOPPERS (Toyohashi OPen Platform for Embedded Real-time Systems) プロジェクトで作成された TOPPERS/ASP カーネルを用いることにした。民間ソフトウェア会社が開発した $\mu$ ITRON も数多く (例えば株式会社ミスポの NORTi やイー・フォース株式会社の $\mu$ C3(マイクロシーキューブ)など) あり、こちらの方がアフターフォローも良く、USB、ネットワーク、SDカード等を扱えるようになるミドルウェ

アも豊富に揃っているが、とてとても教材費だけで学生数のソフトウェアを揃えることが可能な金額では無い。TOPPERS/ASP カーネルの場合、すべて無償なので教材費の心配はいらぬが、アフターサービスがほとんど無いので、多くのホームページを大いに参考にさせて頂いた。

## 4. $\mu$ ITRON 実習内容

$\mu$ ITRON 実習の内容は、現在下記の内容を考えている。

最初、下記実習①が正しく動作するプロジェクトを配布し、プログラムの説明を行った後、学生にビルドおよび動作確認を行わせる。

実習②以降は、実習①のプロジェクトを元に学生にプログラムを変更（コンフィギュレーションファイルおよびCプログラムファイルなど）させ、その後、ビルド・デバッグおよび動作確認を行なわせる。

### ① タスク 1 個生成して LED 点滅

コンフィギュレーションファイルに、main タスクを生成する静的サービスコール CRE\_TSK() を記述する。main タスクは、タスク属性を TA\_ACT と設定して休止状態 (DORMANT 状態) で停止せず、いきなり実行状態 (READY 状態) へ移行するように設定する。

C プログラムファイルに、main タスクを記述する。main タスクの内容は、I/O ポート初期設定後、マイコンボード上のフルカラーLEDがマゼンタ(赤紫)→黄→シアン(青緑)と順番に点滅するプログラムとする(点滅時間は何も行わない for 文を使って作り出す)。

### ② タスク 2 個生成して LED 点滅

コンフィギュレーションファイルに、main タスクおよび led タスクを生成する静的サービスコール CRE\_TSK() を記述する。ただし、(main タスク優先度) < (led タスク優先度)、すなわち led タスクの優先度の方が数字が小さくなるように記述する。main タスクは、タスク属性を TA\_ACT と設定していきなり実行状態 (READY 状態) へ移行させ、led タスクは、タスク属性を TA\_NULL と設定して休止状態 (DORMANT 状態) で停止するように設定する。

C プログラムファイルに、main タスクおよび led タスクの両方を記述する。main タスクの内容は、I/O ポート初期設定後、led タスクを実行状態 (READY 状態) へ移行させ、無限ループに入って永遠にループを回る。led タスクの内容は、フルカラーLED がマゼンタ(赤紫)→黄→シアン(青緑)と順番に点滅するプログラムとする(点滅時間は dly\_tsk() を使って作り出す)。

### ③ CRE\_TSK() の拡張情報を用いた実習

実習②において、コンフィギュレーションファイルに記述する CRE\_TSK() の拡張情報で、フルカラーLED の点滅時間が変更できるようプログラムの変更を行う。

### ④ slp\_tsk() と wup\_tsk() を用いた実習

led1 タスク (0.5 秒間隔でフルカラーLED を 10 回点滅) および led2 タスク (1 秒間隔でフルカラーLED を 10 回点滅) が各々動作を終了すると、もう 1 つのタスクを wup\_tsk() して実行状態 (READY 状態) にする。自分自身は、slp\_tsk() を実行して WAITING 状態に入る。こうして、led1 タスクと led2 タスクが交互に実行されるプログラムを作成する。

### ⑤ tslp\_tsk() を用いた 7 セグ LED のダイナミック点灯に関する実習

マイコンボードに 2 個以上の 7 セグ LED を外付けし、tslp\_tsk() がタイムアウトとなってタスクが実行状態 (READY 状態) になった場合は点灯する 7 セグ LED を切り替え、wup\_tsk() によってタスクが実行状態 (READY 状態) になった場合は 7 セグ LED に表示する数字を切り替える。これによって、7 セグ LED のダイナミック点灯を行うプログラムを作成する。

### ⑥ セマフォを用いた実習

タスク優先度が異なる 2 個のタスクを用意する。各々のタスクは、同じグローバル変数の値を 0 ~ 5000 まで dly\_tsk() によって少しずつ休みながら 1 ずつ増加させる。両タスクがグローバル変数を 0 ~ 5000 まで増加し終えたと、別のタスクがシリアルインターフェースを通してグローバル変数の値をパソコンに送信する。セマフォを用いて排他制御を行った場合と排他制御を行わない場合で、最終的なグローバル変数の値がどのような値になるかどうか比較する。

### ⑦ イベントフラグを用いた実習

フルカラーLED 中の小さな赤、緑、青の LED の ON/OFF タイミングを決定する 3 個のタスクを作成する。この 3 個のタスクは、各々独立して LED の ON/OFF タイミングの決定を行い、ON/OFF タイミング情報をイベントフラグを用いて、フルカラーLED に ON/OFF 信号を出力する別のタスクに伝える。これによって、フルカラーLED の ON/OFF 制御を行うプログラムを作成する。

### ⑧ メッセージバッファを用いた実習

実習⑦において、LED の ON/OFF タイミングを決定する 3 個のタスクがフルカラーLED に ON/OFF 信号を出力するタスクに伝える手段を、イベントフラグからメッセージバッファに変更して、プロ



グラムを作成する。

#### ⑨ データキューを用いた実習

実習⑦において、LED の ON/OFF タイミングを決定する3個のタスクがフルカラーLEDにON/OFF信号を出力するタスクに伝える手段を、イベントフラグからデータキューに変更して、プログラムを作成する。

#### ⑩ メールボックスとメモリプールを用いた実習

実習⑦において、LED の ON/OFF タイミングを決定する3個のタスクがフルカラーLEDにON/OFF信号を出力するタスクに伝える手段を、イベントフラグからメールボックスとメモリプールを用いる方式に変更して、プログラムを作成する。

メッセージバッファやデータキューの場合、メッセージバッファやデータキューに用意されたリングバッファに直接送信データを書き込む。送信データは、受信側が受信するまで消去されず、受信側が受信すると自動的にリングバッファから送信データが消去される。よって、別途メモリプールを用意したり、あるいは受信側から「データを受信した」というメッセージを送信側に返信する必要性は特に無い。

一方、メールボックスの場合、送信データが置かれている番地を送信するので、最初にメモリプールからメモリブロックの使用権を取得（メモリブロックの番地が与えられる）し、送信データを与えられたメモリブロックに書き込む。次に、メールボックスを用いてメモリブロックの番地を送信し、受信側は送られてきたメモリブロックの番地のデータを取得し、同時に受信側がメモリブロックの使用権を返却（メモリブロックの番地を付けて返却）する。

メールボックスとメモリプールを組み合わせる方式では、受信側がデータを受け取るとメモリブロックの使用権を返却するので、受信側から「データを受信した」というメッセージを送信側に返信する必要性は特に無い。

#### ⑪ 送返信用の2個のメールボックスを用いた実習

実習⑦において、LED の ON/OFF タイミングを決定する3個のタスクがフルカラーLEDにON/OFF信号を出力するタスクに伝える手段を、イベントフラグから送信・返信用の2個のメールボックスを用いる方式に変更して、プログラムを作成する。

先に述べた通り、メールボックスの場合、送信データが置かれている番地を送信する。普通の変数に送信データを置き、メールボックスを用いてその変数の番地を送信する場合、受信側から送信側に「データを受信した」というメッセージを何

らかの方法で返信しないと、送信側は受信側が送信データを受け取ったのかどうか分からず、その変数に新たな送信データ等を記憶させることができず「2度と使うことの出来ない変数」と化してしまう。今回は、受信側から送信側への返信の手段として同じメールボックスを用いるが、イベントフラグなど他の方法でも構わない。

#### ⑫ 割込みサービスルーチンを用いた実習

マイコンボード上のユーザー用スイッチを押すことにより、割込みが発生して割込みサービスルーチンに記述されたプログラムが動作するプログラムを作成する。

## 5. おわりに

1枚3,500円(税込)のNXPセミコンダクターズ社製LPCXpresso1769/CDマイコンボードは、64KbyteのRAMがマイコンチップに内蔵されており、マイコンワンチップのみで無償のTOPPERS/ASPカーネルを動作可能である。マイコンワンチップのみで無償OSを組込んでプログラムを動作できる意義は大きく、 $\mu$ ITRONの実習が安価に行えるし、また、総合制作実習や共同研究にも安価に使えるようになる。

しかし、今年4月～6月にかけて、LPCXpresso1769/CDボード上でTOPPERS/ASPカーネルを動作させると原因不明のエラーが多発し、理由がわからず大変困っていた時期があった。7月にLPCXpresso IDEがVer. 8.1.4からVer. 8.2.0にバージョンアップされ、新しいLPCXpresso IDEだとエラーが出なくなったので一応問題解決はしたが、TOPPERS/ASPカーネルでも総ファイル数が700個～800個もあり、一旦エラーが発生すると原因が掴めず自力解決はなかなか困難な場合が多いと感じた。

民間ソフトウェア会社が提供する $\mu$ ITRONの方が、価格が1本数10万円と結構高いがアフターサポートが手厚くて安心感はある。

現在、私の前配属先であるポリテクセンター関西で使用していた $\mu$ ITRON(株式会社ミスポのNORTi)のテキストをTOPPERS/ASP用に改変中である。実習内容も、さらにいろいろと増やしていきたいと考えている。

#### 参考文献

- (1) NXPセミコンダクターズジャパン ホームページ  
<http://www.nxp-lpc.com/>
- (2) TOPPERSプロジェクト ホームページ  
<https://www.toppers.jp/>
- (3) TOPPERS/ASP for LPCプロジェクト 日本語ホームページ  
<https://osdn.jp/projects/toppersasp4lpc/>
- (4) 「 $\mu$ ITRONによる組込みシステム開発技術(TOPPERS/ASP)」  
(兵庫職業能力開発促進センター セミナーテキスト)  
(講師: アライブビジョンソフトウェア株式会社)

## 風力発電機的设计・製作

三田村 悠平\*1 渡邊 俊介\*1  
 \*藤原 力\*1 \*畑 伸明\*1  
 (\*担当指導員)

### 1. はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災における原子力発電所の大事故以来、原子力発電の安全性が疑問視されクリーンな自然エネルギーへの期待が高まり、太陽光発電や風力発電へ転換が積極的に進められている。

このような情勢の中、私達が風力発電機の製作に取組んだ理由は、次の2点である。

1 点目は、私達が住んでいる舞鶴市には、安定した心地よい風が吹いており、この自然エネルギーを活用する作品を製作したいと考えた。

2 点目は、習得してきた機械加工や機械設計、電気機器設計の要素も作品に取り入れたいと考え、ブレード(翼)から発電機本体までを自作することにした。

### 2. 風車の設計・製作

図1に、風力発電機に使われる風車の事例を示す。

これには、プロペラ形風車に代表される水平軸型や、ジャイロミル形風車などの垂直軸型があるが、本作品の製作にあたっては、風車の回転面を風向に追尾させる方向制御機構が不要な点や、動力と発電機の接続が容易な点を考慮して、ジャイロミル風車を選定した。



(a)プロペラ型風車



(b)ジャイロミル型風車

図1 風車の外観事例

ジャイロミル風車は、回転軸を中心とした同心円上に、飛行機の翼に使われるものと同じ断面形状のブレードを2~5枚垂直に取り付けたものである。

風向きの変化や微風にも確実に適応できるのが特長で、風向き制御も不要だが、強風時に風車の回転

を止めるための強力なブレーキが必要となるのが欠点である。

#### 2.1 ブレードの設計とリブの加工

ジャイロミル風車は、揚力型に分類される風車である。翼(以降、ブレードと記す)に風が当たると図2のように揚力と抗力が発生し、揚力の大きさは風の強さ(空気の流速)に比例して大きくなるため、風速の数倍以上の高い周速度で回転できる。

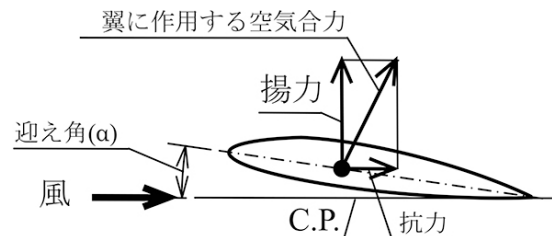


図2 揚力と抗力の関係

この特長を最大限に生かすのがブレードの断面形状であるが、本作品では、信頼性の高いNACA(アメリカ航空諮問委員会、National Advisory Committee for Aeronautics)が公開するNACA0020のデータを使用することにした。

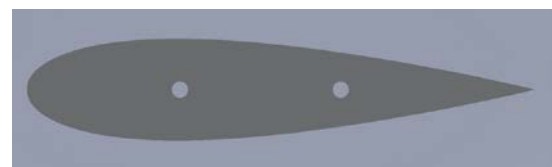


図3 NACA0020によるブレードの断面形状

また、ブレードの材質としては、軽量かつ防錆性に優れるアルミニウムを選定した。

表1 ブレードの仕様

材質	A5052
全長×全幅×全高[mm]	250×50×800
ブレードの断面形状	NACA0020

次に取組んだのがリブの製作である。リブは、ブレード断面を形成するための部品で、NACA0020のデータを元にNCプログラムを作成し、マシニングセンタを用いて曲線加工を行った。

\*1 生産技術科

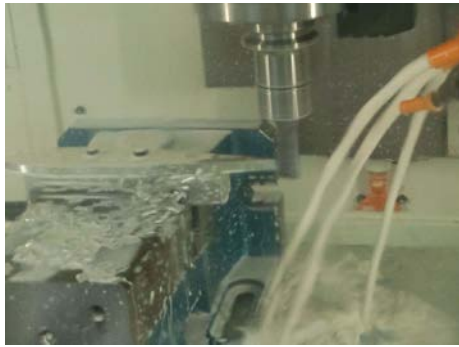


図4 リブ加工の様子

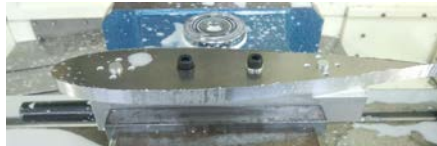


図5 加工直後のリブ

## 2.2 ブレードの製作

各ブレードはリブ4枚をアルミ板2枚で覆った構造をしている。リブはシャフト2本で位置決めされており、曲げたアルミ板（厚み 0.5mm）は、リブ側面に設けたタップ穴にねじ止めしている（図5(a)）。



(a) ブレード内部



(b) 完成したブレードの外観

図5 ブレード製作の様子

先に「アルミ板2枚」と記しているが、実際の作業では、ブレードの長手方向に上下2分割とし、それぞれをリブに合わせて曲げ加工している。

この方法を採用した理由としては、リブの曲面に合わせて1枚のアルミ板を曲げ加工することによって、作業性や仕上がりに不具合が生じる可能性が高いと判断したためである。なお、2枚を突き合わせる部分については、隙間を埋めて滑らかな形状にするためアルミテープを用いた（図5(b)）。

## 2.3 風車の設計・製作

表2に風車としての主な仕様、図6に風力発電機全体の構造を示す。仕様の中で、ブレード数を3とした理由は、作りやすさと製作時間を考慮したため

である。また、「全高 1500mm」は、作品全体としての高さである。

表2 風車の仕様

全長×全幅×全高 [mm]	500×500×1500
重量 [kg]	20
ブレード数	3

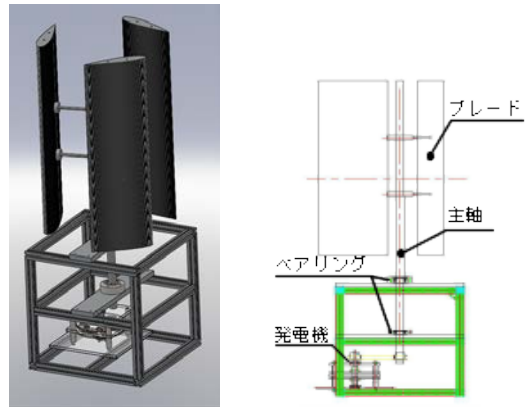


図6 風力発電機の構造

## 3. 発電機本体の設計・製作

図7に発電機の構造、表3に主な仕様を示す。

通常、ブレードなど風を受ける機構や発電機本体への動力伝達を特徴とする製作物では、発電機本体を自作する必要性はなく、安定した出力を得るために市販品を組み込むのが一般的といえる。

しかし、冒頭でも述べたように、本作品では実用的ではなくとも試作として発電機本体（以下、発電機と記す）にも着手することとした。そのため、本来の電気機器としての設計手順を踏んでおらず、磁気回路の設計や磁場解析なども行っていない。

あくまでも展示用形状見本であるとともに、電気機器の実験機材としての製作にとどまっていることを申し添える。

### 3.1 発電機の構造・方式

本作品で発電機を製作するにあたっては、部品加工や組立てのしやすさを考慮して、アキシシャルギャップ型コアレス発電機を選定している。これは、平面对向型とも呼ばれるもので、図7に示すように、円盤状のステータとロータが同軸上に配置される。

また、表3に試作用に策定した暫定的な設計仕様を示す。発電機の仕様には、通常、定格出力[W]や定格電流[A]、定格電圧[V]が重要なパラメータとして記載されるが、本作品では自作に取組んだ主旨を踏まえ、電気的な性能評価に際しては、極めて簡易的であるが、直列に接続したコイルの端子電圧（無負荷交流出力電圧）の測定だけを行っている。

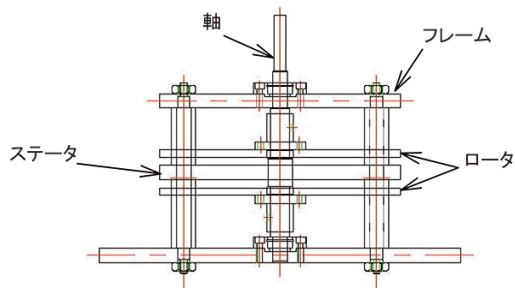


図7 発電機の構造

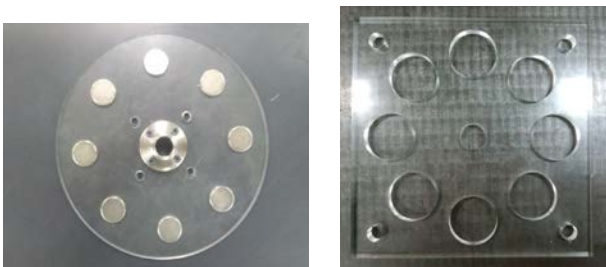
表3 発電機的设计仕様

定格回転数[ $\text{min}^{-1}$ ]	100
無負荷交流出力電圧[V]	12
コイル巻数	400
マグネット極数	8

### 3.2 ステータ及びロータ等の製作

ステータ、ロータとこれらを固定するフレーム部の材料として、透明なアクリル板を選定した。展示物として発電機を見せる配慮と、後述する強磁性体ヨーク（以下、ヨークと記す）の有無による発電性能の違いを実験により確認するため、あえて非磁性としている。

加工は主にマシニングセンタで行った。実際に加工を進めると、びびり振動が発生しやすく、外観や寸法に影響を与えたが、SKH（高速度工具鋼）の工具を選定し、送りを遅く設定することで解決することができた。図8に加工後の外観を示す。



(a)ロータ (b)ステータ  
図8 加工後のロータ及びステータ  
(ロータはマグネット装着後の様子)

ロータに装着するマグネット（永久磁石）には、購入可能な標準品から円形のネオジム磁石を選定している。やむを得ないことであるが、マグネット間のギャップが非常に大きく、実用的な発電機の構造には程遠いこともあって、可能な限り性能を上げるため希土類磁石を選定したわけである。

### 3.3 コイル巻き

ステータに装着する各コイルは、400回巻きを確保することとし、装着スペースから逆算してエナメ

ル線の径は0.5[mm]とし、最終的には手巻き作業により製作している。

当初は、コイルが整列して巻けるように、旋盤のチャックに取付ける治具を製作し、巻き作業を行い、高低の部分に関係なく均等に巻くことができた。しかし、想定していた以上にタイトに締めすぎたため、スムーズに抜き取ることができず、図9に示すように原形が崩れてしまった。

そのため、旋盤で巻くことを諦め、手動で巻く方法に変更した。この方法であれば、自身で力加減が制御でき、きつく締めすぎず、コイルを抜くときも原形のまま抜き取れると考えたためである。

その予測どおり、形状が乱れることもなくうまく取り出すことができた。コイルは400回巻を行い、計8個製作した（図10参照）。



(a)治具による作業 (b)失敗例

図9 旋盤によるコイル巻き作業



(a)手巻き作業 (b)完成品

図10 手作業によるコイル巻き作業

### 3.4 軸の製作

発電機に使用する軸（シャフト）は、防錆性を重視し錆びにくい材質としてSUS304を選定し、汎用旋盤により加工を行った（図11）。



図11 加工中の軸の様子

### 3.5 発電機の製作

図12に、8個のコイルと16個の磁石を取り付けた発電機の外観を示す。この段階で、出力端子にデジタルテスターを接続し、軸上部を回転させることによって、発電動作の確認を行った。



図12 発電機の外観

### 3.6 無負荷交流出力電圧の測定

電圧測定は、鉄製の円形ヨークをロータのマグネットに密着させて取り付けられた場合と、取り付けない場合の電圧について、それぞれデジタルテスターにより測定を行った。

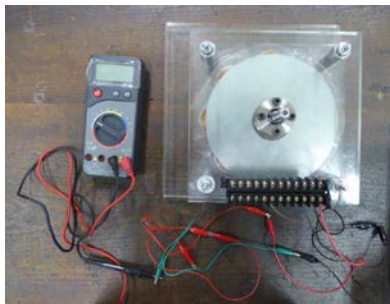


図13 発電電圧測定の様子

図13に実験結果を示す。青で表示されたドットがヨーク有りの場合、赤のドットがヨーク無しである。

ヨークの付加によって、磁束を集束させて磁気回路の磁路長を短くなり、発電性能が向上した。なお、今回は製作時間の関係でヨークの厚みの違いによる発電電圧の変化まで測定することができなかったが、大変興味深い経験を積むことができた。

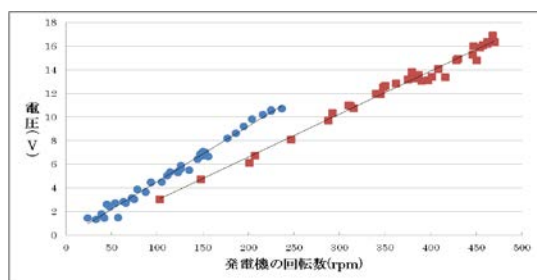


図14 ヨークの効果測定

詳細は割愛したが、風車の主軸と発電機の軸とのベルト機構の装着によって完成した風力発電機を図15に示す。



図15 完成した風力発電機の外観

## 4. 考察

製作した風力発電機については、幾つかの課題が上がった。

1. 耐水性について
2. 発電した電力の利用法
3. 設置場所について
4. ブレーキの取り付けについて

特に作業の遅れからブレーキを製作することができなかったことが残念である。構想としては、自転車に使用されるディスクブレーキを採用し、風力発電機のフレーム部分に設置する方法が良い。

## 5. おわりに

風力発電機を製作し、小さな風のエネルギーで風車を回すことができ、小さな電力であるが発電させることができた。この作品を通じて、普段何気なく利用している電気を作ることの大変さや自然エネルギーの活用についてより深く知ることができた。

## 6. 謝辞

本製作にあたり、設計、製作のご指導を頂きました藤原先生、畑先生をはじめ生産技術科の先生方、そして、電気系統についてご指導いただいた電子情報技術科の先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 青木 繁光、飯田 誠(2005)『図解 風力発電のすべて』工業調査会
- (2) 牛山 泉(2005)『風力エネルギー読本』オーム社
- (3) 太田 昭男(1999)『はじめて学ぶ電磁気学』丸善

## 鉄琴を用いたマールマシンの製作

梅原 義貴\*1 \*刈部 貴文\*1  
 (\*担当指導員)

### 1. はじめに

本課題は、1 年次に学んだ機械力学や機構学等について総合制作実習を通してより理解を深めることを目標とした。また、各種工作機械を用いて学生自らの技能・技術力の向上を目指した。

近年、若年者のものづくり離れが不安視されており、その傾向として子どもたちの教育や遊びの中から、ものづくりをする機会が減少している。こういった問題に対し効果的なものを製作したいと考え、視覚と聴覚で楽しめるような、また、子どもたちがよりものづくりに対し興味が湧く装置を考えた。

### 2. マールマシンとは

マールマシンとは、ビー玉等の球体に多様な動きを与えて見て楽しむ工作物の事である。簡易的な小学生の夏休みの工作から大人が見ても驚くモニュメント作品まで幅広い製作物が現存する。

本装置は、ビー玉の動きに対して機械力学や機構学等を用いて、理論と実際を学びながら装置を製作した。

製作したマールマシンでは、上方運動機構、分岐機構、排出機構、ドラム、鉄琴の 5 つの主なユニットに分かれている。本装置の全体像を図 1 に示す。

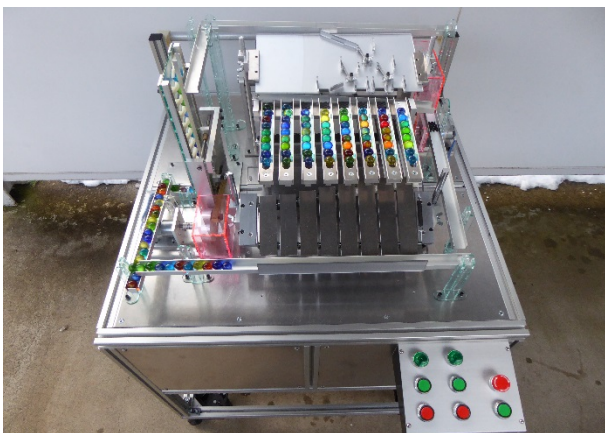


図 1 マールマシン全体像

### 3. 概要

装置の構想については、機械力学や機構学を盛り込んだ要素を検討し、基本的な要素ごとにユニット化して製作を進めた。

- ① 上方運動機構 (往復スライダ機構)
- ② 分岐機構 (等比数列)
- ③ 排出機構・ドラム (てこの原理)
- ④ 鉄琴 (固有振動)

### 4. 仕様

本装置の仕様としては、ものづくりイベント時に展示することを想定していたため、大人 2 名で持ち運びができ、かつ普通自動車で運搬が可能となる大きさとした。そのため、持ち運び・組立調整が容易であることを念頭に設計を行った。また、ビー玉の各動作をユニット化することで製作や組立時の調整しやすさを追求した。装置仕様を表 1 に示す。また、鉄琴は、装置全体の大きさを考慮し、長手寸法を決めた。鉄琴の仕様を表 2 に示す。

表 1 マールマシンの仕様

装置寸法 [mm]	700×700×1200
各ユニット	上方運動機構
	分岐機構
	排出機構
	ドラム
	鉄琴
	土台 (キャスター付)
ユニットの動力	DC モーター
電源	12V・24V

表 2 鉄琴の仕様

オクターブ	7 (C7~C8)
音板枚数	8 枚
小節	8
童謡	3 曲

\*1 生産技術科

## 5. 主な動作

本装置の主な動作については、図2のフローチャートのとおりである。DCモータが起動している最中は、ビー玉100個が転がり無限ループするように設計している。各ユニットの名称と位置関係を以下の図3、図4に示す。

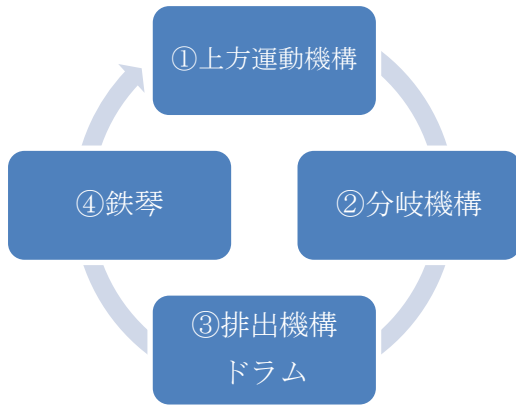


図2 装置の動作

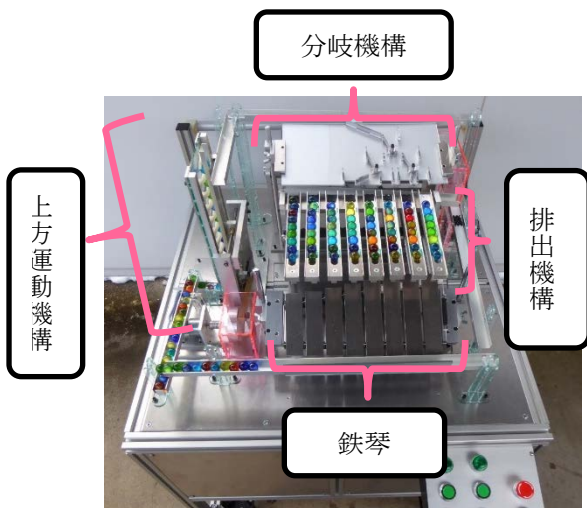


図3 装置全体 (前面)

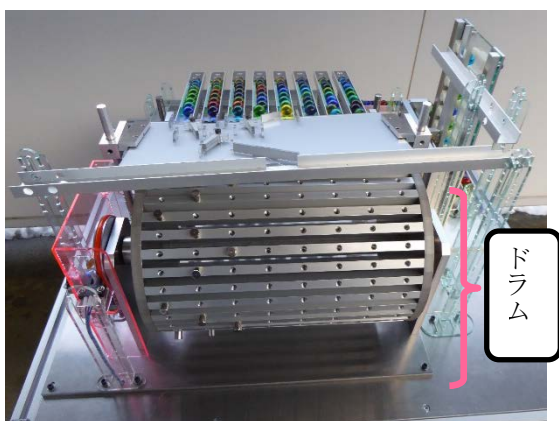


図4 装置全体 (背面)

## 6. 機構設計・製作

### 6.1 上方運動機構

今回ビー玉に位置エネルギーを与える機構として、昨年度の階段機構や斜方投射とは違ったものを製作したいと考え、授業で学んだ往復スライダクランク機構を用いたものを選定した。本機構は、モータの回転運動を円盤部とシャフト部でチャンネル材の往復運動に変える機構になっており、チャンネル材にビー玉が入り、左右に取り付けられたアームを伝い、上方へ移動していく (図5参照)。

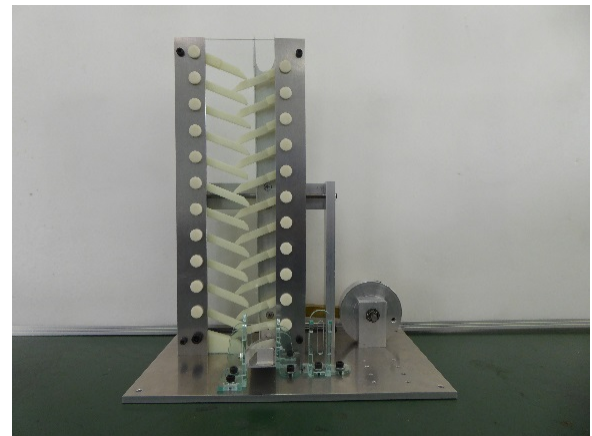


図5 上方運動機構

### 6.2 分岐機構

分岐機構の設計には等比数列を用いた。等比数列は $2 \times 2^n$ で求めることができる。本装置では音板では8個あることから8つに分けられる分岐機構を設計した。(図6参照)。

童謡の種類は「蝶々」、「きらきら星」、「チューリップ」の3曲である。

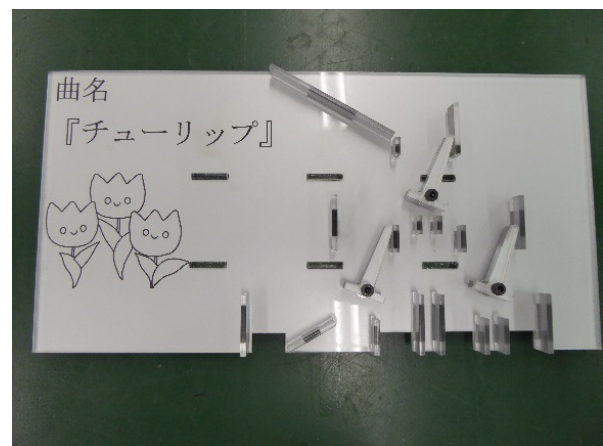


図6 分岐機構

### 6.3 排出機構

分岐機構で分けられたビー玉は一度排出機構にストックされる。ビー玉の動きは以下の通りである。

- ① チャンネル材の先端に取り付けてある段差にビー玉が止められる。
- ② 装置後部のドラムが回転する。
- ③ ドラムのダボが排出機構のアームに触れる。
- ④ ダボによりてこの原理でアームが持ち上がる。
- ⑤ ビー玉が段差を超え、前に転がり落下する。

図7に排出機構を示す。

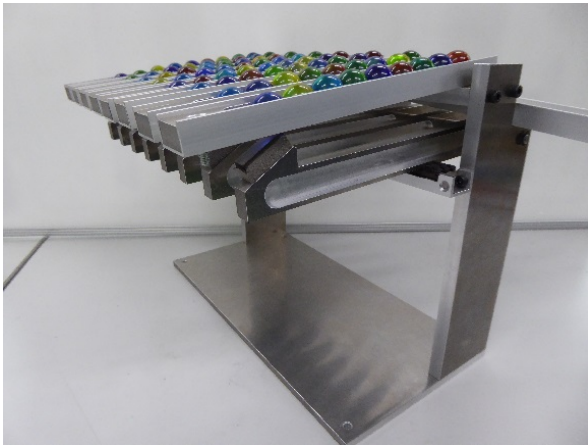


図7 排出機構

排出機構のアームは、てこの原理を得るため、図8のような形状とした。



図8 アーム (改善後)

しかし、製作を行い、動作確認を行っていたところ、ビー玉が2個同時に排出されるという問題点が挙がった。3Dプリンタで製作したパーツで同じ音階を連続でも演奏ができるように工夫した。ビー玉が同じ音を連続で排出されないのは、1個目を排出したアームが戻って再度持ち上がる際に、2個目のビー玉がスポンジの段差に止められ、先端の段差まで転がりきるまでに持ち上がることが原因として挙げられた。この問題を解決するために今回の排出治具を製作した。治具を装着することにより、スポンジ部分で1個目のビー玉、治具の部分で2個目のビー玉が持ち上げられる。図9に先端に排出治具を装着したアームを示す。

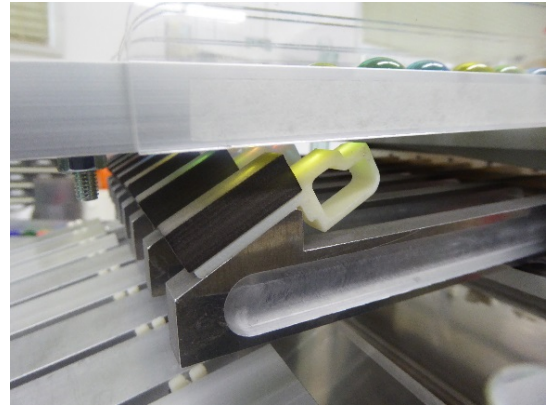


図9 アーム (排出治具装着)

### 6.4 ドラム

ドラムは、楽譜を4/4拍子としたときの8小節分に当たる32音で一回転するような設計を行った。排出機構のアームを持ち上げるための機構になっている。動作としては32枚の板から出ているダボが、ドラムが回転することにより、排出機構のアームに触れて、てこの原理を与える。図10にドラム、図11にドラムが排出機構のアームを持ち上げている様子を示す。

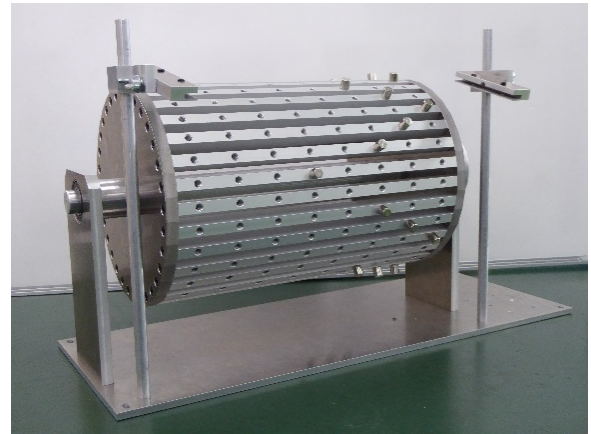


図10 ドラム



図11 ドラム (てこの原理)



### 6.5 鉄琴

排出機構から落下したビー玉が鉄琴に衝突し曲を奏でる。鉄琴については、落下したビー玉が2回以上鉄琴に衝突することなく、1回の衝突後に通路であるチャンネル材に回収されるように設計した。そのため、上下・前後・回転ができる治具を検討し、製作した。図12に鉄琴、図13に固定治具を示す。

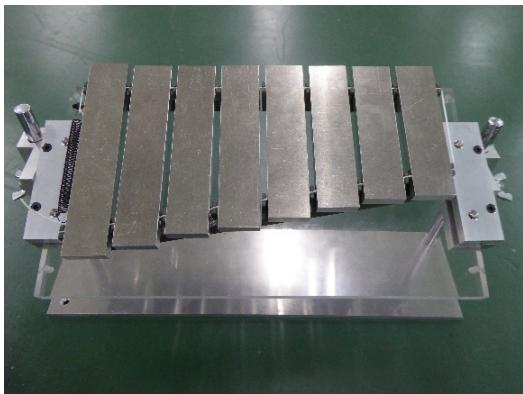


図12 鉄琴

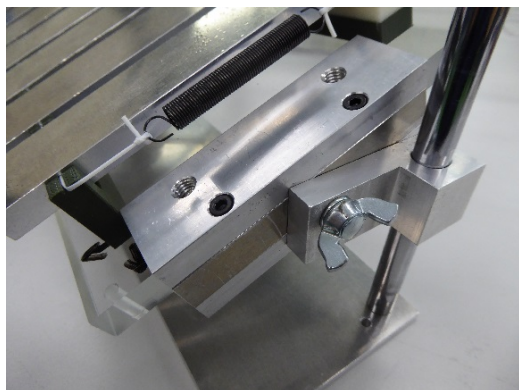


図13 固定治具

## 7. イベントでの評価・改善点

本装置を展示した際には、見ていただいた方々からさまざまな意見をいただいた。改善点、助言については、曲の変更をダボの取替えではなく、別のドラムを製作してそれを取り替えることで時間短縮になるのではないかと。上方運動機構のチャンネル材後部の軸の位置を変えることでスティックスリップを起こさず、スムーズに動く、など改善点の解決の参考になる意見があった。

また、「見た目が面白い」、「子供たちが見て楽しめそう」、「色がきれいでよく目立つ」といったお褒めの言葉もいただいた。また、展示中に何度も来てくれる方もおられた。このことから、製作のコンセプト

トであるものづくりに興味がわくような、視覚、聴覚で楽しめる製作物として、本装置は十分力を発揮したと考える。

## 8. 表彰

今回の総合制作実習では、ポリテックビジョン in 舞鶴2016では作品コンテスト最優秀賞、近畿ポリテックビジョン2016では最優秀展示作品賞、優秀発表作品賞をいただき、また、本部表彰では特別賞をいただくことができた(図14参照)。



図14 各種賞状・楯

## 9. 今後の活用

今後の活用として、ものづくりイベント等で展示し、子供たちがものづくりについて興味を持ってもらいたいと考える。具体的には、小・中・高等学校への展示、当校の先生方が行っている出前授業、当校のオープンキャンパス、学校祭などより多くの方々に見ていただけるように展示の提案を行う。

## 10. おわりに

おわりに、マーブルマシンの製作を通し、機械力学、機構学の理解度を向上させることができた。製作においても設計・機械加工・組立・制御・調整のものづくりの一連の流れを経験することにより、技術力、技能の向上も図れた。

本製作は学生一人での製作となり、責任も全て一人で受けるという重圧もあり不安が大きかったようである。学生は、何度も壁にぶつかり、心が折れてしまいそうなこともあったが、その壁も乗り越えることができ、最後には、学生自身が自信の持てる製作ができたと考える。

## Android タブレットを使用したハンドベル演奏装置

荻野 拓馬\*1 \*人見 功治郎\*1 \*板坂 政昭\*1 \*加畑 満久\*1  
 (\*担当指導員)

### 1. はじめに

近畿職業能力開発大学校において開催された近畿ポリテックビジョン 2015 でハンドベルを自動演奏している装置を目にした<sup>(1)</sup>。これに興味を持ち、総合制作のテーマとした。今回製作したハンドベル演奏装置は自動で音楽を奏でるだけでなく、Android 端末から操作するインターフェースを備えており、初心者でも簡単に演奏することができる。

システム全体は、情報通信サービス科学生 1 名が制作した。制作内容は、Linux 環境下におけるネットワークプログラミングと GPIO を用いた周辺回路制御、Android タブレットにおけるアプリケーション制作、電子回路基板製作、3D プリントを用いた部品製作など多岐に渡り、2 年間で学んだ講義・実習の集大成といえる作品となった。

### 2. 装置概要

製作した演奏装置の外観を図 1 に示す。主たる装置の大きさは、幅 1360mm、高さ 730mm、奥行き 300mm である。これを 30mm 角の木材を使用して製作した。使用したハンドベルは 23 個で、上下 2 段に分けて木枠に固定している。上の段には鍵盤楽器の黒鍵に相当するベル、下の段には白鍵に相当するベルを音階通りに配置した。これをベルの背後から木製の木琴用バチで叩き、音を出す。

装置全体の構成図を図 2 に示す。バチの途中を木枠に固定し、端をソレノイドにつなげている。ソレノイドを動作させると、この原理でベルを叩く。合計 23 個のソレノイドは、装置側面に配置した基板上のシングルボードコンピュータに接続され、プログラムにより制御できる。また、シングルボードコンピュータは Wi-Fi ルータに接続されており、無線 LAN 経由で他デバイスと通信することが可能である。システムを構成する主だった機器を、表 1 に掲げる。



図 1 装置外観

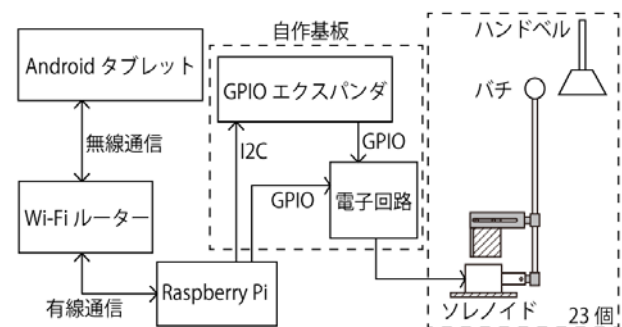


図 2 装置構成図

表 1 機器リスト

ハンドベル	Kyoritsu Corporation MB23K/S
バチ	全音 ZXB-01
ソレノイド	タカハ機工株式会社 CBS1240
シングルボードコンピュータ	Raspberry Pi 1 Model B (OS: Raspbian GNU/Linux 7)
Wi-Fi ルータ	BUFFALO WSR-1166DHP2
Android タブレット	ASUS Nexus7 (OS Android 4.4.4)
Raspberry Pi 用 GPIO エクスパンダ	Microchip 社 MCP23017

\*1 情報通信サービス科

今回使用したシングルボードコンピュータは、Raspberry Pi 1 Model Bである。これにLinux系OS、Raspbian GNU/Linux 7をインストールして使用した。Raspberry PiからはソレノイドをGPIO (General Purpose Input/Output) 経由で制御する。しかし、Raspberry Piに標準で搭載されているGPIOは8個である。23個のベルに対応するためにGPIOエクスパンダを使用してGPIOを24個に拡張した。

また、システム全体を停止させるためのスイッチを設け、これもGPIOに接続した。

### 3. バチ留め具

バチとハンドベルの位置関係は音質に影響するため、組み立て後にバチの位置を微調整できることが望ましい。このため、バチの支点部分を前後に調整可能な留め具を、3Dプリンタを用いて製作した。また、バチとソレノイドを接続するために連結用の部品、回路基板を装置側面に保持するための部品も製作した。

設計はアプリクラフト社製3D CADソフトウェアRhinoceros 5を用いて行い、TierTime Technology社製3DプリンタUP Plus2を用いて製作した。設計時の3Dイメージを図3および図4に、製作した留め具を図5および図6に示す。

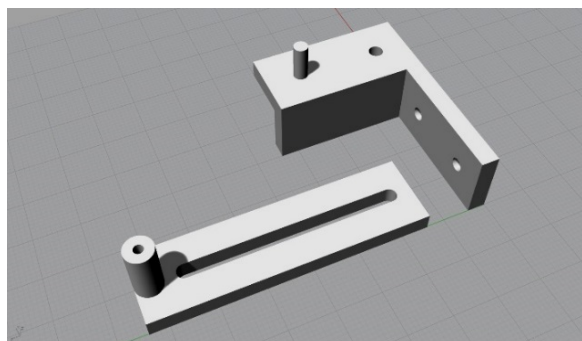


図3 バチ支点留め具(3D)

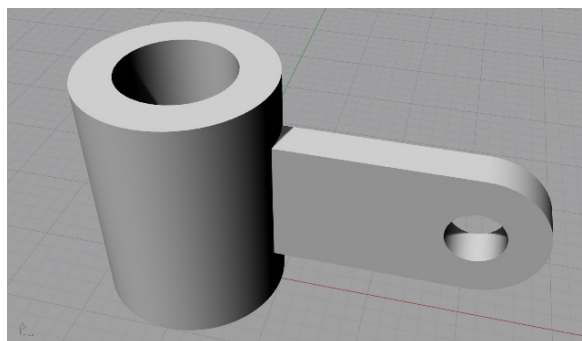


図4 バチ留め具(3D)



図5 バチ支点留め具



図6 バチ留め具

### 4. 電子回路

図7にソレノイドひとつあたりの回路を示す。トランジスタ2個をダーリントン接続し、Raspberry PiのGPIOをHighにすると、ソレノイドに電流が流れ、バチがベルを叩く。

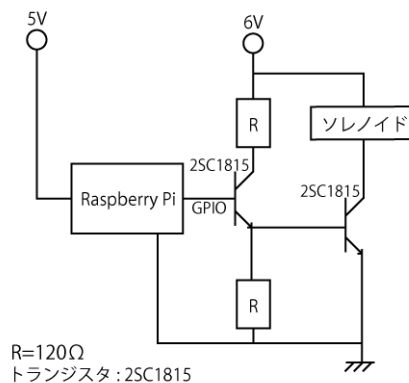


図7 回路図

今回は回路を23個作成しなければならないため、基板にまとめた。作成には高戸谷隆氏作のフリーソフトPCBEを使用し、加工は校内の基板加工機を使用した。

作成した基板を図8に示す。基板とソレノイドの接続にはコネクタを使用しているため取り外しが簡単に行える。またRaspberry Pi本体は、基板上部にネジで固定している。GPIOエクスパンダも基板上に設置する設計となっている。

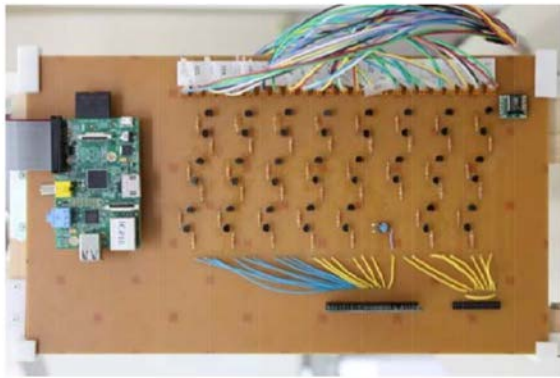


図8 制作した基板

## 5. Raspberry Pi 上のソフトウェア

### 5.1 Raspberry Pi 上プログラム

Raspberry Pi 上で稼働するプログラムは C 言語で制作した。GPIO の制御はオープンソースの C 言語ライブラリ WiringPi を活用した。制作したプログラムは、電源投入時にスタートアップスクリプトから起動され、起動されるとデーモンプログラムとなってネットワークからの要求に応答する。また、基板に設置したスイッチが長押しされた時にはシャットダウンコマンドを実行し、システム全体を停止させる。

プログラムの主な処理はネットワーククライアントとの通信、GPIO の制御、MIDI ファイル解析/実行の3つである。

#### 5.1.1 ネットワーククライアントとの通信

Raspberry Pi はストリーム型のソケット通信を利用した反復サーバとして機能する。クライアントからの接続が成功すると、Raspberry Pi 上の MIDI ファイル名をクライアントに送信する。

ハンドベル一つ一つには ID が割り付けられており、クライアント接続後はクライアントから送信される ID に応じてベルを叩く。また ID には制御用のものも用意されており、コネクション切断や自動演奏などの動作を行う。

#### 5.1.2 GPIO の制御

ハンドベルを叩く際には GPIO を High にするが、High にしたままではバチがハンドベルに当たった状態が続く。ベルの音色を響かせるためには、しばらく (50 ミリ秒) 経ってから GPIO を Low にし、バチを元の位置に戻す必要がある。しかし、この一連の作業をプログラムでそのまま記述すると、時間経過を待っている間は次のコマンドを処理することが

できず、他のベルを叩くことができない。このため、和音を鳴らせようとしても同時ではなく、順番に鳴ってしまう。

以上の問題を解決するため、バチを元に戻す作業はインターバルタイマーを利用した例外処理内で行い、バチを戻す作業を非同期に行っている。これにより、和音なども違和感なく鳴る。なお、50 ミリ秒の選定は、実機を使用した実験を行い、一番音色が優れているものとして選択した。

#### 5.1.3 MIDI ファイル解析

クライアントから自動演奏の開始を依頼されると、クライアントから MIDI ファイル名を読み込む。MIDI ファイル内にはテンポ等の情報データや音を鳴らすなどの命令データが含まれている。選択された MIDI ファイルを 1Byte ずつ読み取り、テンポ等の情報から待ち時間を計算し、ファイルに含まれる音程のうち、演奏可能な音程のベルだけを鳴らす。

### 5.2 Android アプリケーション

クライアント・サーバー間のプロトコルに則ってプログラムを作成すれば、どのような環境でもクライアントを作成することが可能である。今回は Android 端末用のクライアントアプリを制作した。

開発は、日本語化を施した Eclipse 4.4 java 開発環境に、Android ソフトウェア開発キット android-sdk r24.3.2 を加えたもので行った。

作成したアプリケーションの画面を図9に示す。



図9 Android アプリケーション

表示されている鍵盤をタップすると、その音程と同じベルが叩かれる。鍵盤とベルは同じ並びのため、視覚的にバチの動きがわかりやすくなっている。また、1音をタップするだけでなく2音以上の同時タップにも対応しており、和音を奏でることができる。

さらに、ピアノの鍵盤に乗せた指を横に滑らせれば連続的に音を奏でることができると同じように、

タッチした状態で指を横にスライドさせると、連続的に音を奏でることができる。

図 10 に示すように、画面右上に表示されているコンボボックスをタップすると、Raspberry Pi 上にある演奏可能な MIDI ファイル一覧が表示される。

ファイルを選択後、すぐ下にある演奏開始ボタンをタップすることで、選択された MIDI ファイルの自動演奏が開始される。演奏開始後、画面には自動演奏中を示すダイアログと中断ボタンが表示される。この中断ボタンをタップすることで自動演奏を中断することができる。



図 10 自動演奏

## 6. 性能評価

Android の画面をタッチしてからベルが鳴らされるまでは、

- ① タッチされた情報を送信する
- ② ネットワーク通信
- ③ 受信してベルを鳴らす

の 3 段階に分けられる。それぞれの所要時間を計測したところ、送信するまでは約 1 ミリ秒以下、通信時間は約 0.2 ミリ秒、受信から鳴らすまでは約 0.7 ミリ秒程度であった。これは人間がズレを感知できる数十ミリ秒よりも短く、ほとんどタッチと同時に音が鳴る、と感じられる。

## 7. おわりに

市販のハンドベルやソレノイドを使用し、Android タブレットから遠隔操作できるハンドベル演奏装置を製作した。

計測の結果、Android タブレットをタッチしてから音が鳴るまでの時間は約 2 ミリ秒であり、人間が操作をしてから反応が出るまでのズレを感じる時間である約 20 ミリ秒よりも短かった。また、2 音以上をほぼ同時にタップした場合でも、音と音の間隔は

2 ミリ秒程度だった。このように製作したハードウェア、ソフトウェアは良好に動作し、満足のいく結果となった。

## 8. 指導内容について(指導員追記)

本テーマは学生自身が近畿能開大ポリテクビジョンで見た展示物に触発され、自ら提案したものである。当初の段階から明確な完成イメージを描いていたため、自らが作りたいものを作ることが、問題にぶつかった時に乗り越える原動力になると考え、そのまま進めさせた。

今回のシステム開発に関連した講義・実習は、「C 言語によるプログラム開発」や「Raspberry Pi における GPIO を用いた周辺回路制御」程度である。開発に携わった学生は学業優秀であり、ソフトウェア開発会社への就職が決まっていたため、幅広い知識が身につくようにと、多岐にわたる内容を盛り込んだ。

基板加工、Java 言語によるプログラム開発、ネットワークプログラミング、例外処理などは今回の開発で初めて学習した内容である。とはいえ、木材の加工、工作など授業の専門性と全く関係のない作業も多かったため、外観には粗が目立つ部分がある。

また、バチを留める際の精度を出すこともできなかった。幸い実習で 3D プリンタの使用方法を習得していたため、調整用留め具を 3D プリンタで自作させるなどの指示を行った。

ネットワークプログラミングなどの一般的な課題は解決の糸口だけを教え、自分で市販図書やインターネットを活用して解決させた。しかし、非同期処理や処理アルゴリズムなどは一般的な資料だけでは理解しづらい。このような内容については、本人の理解度を探りながら指導した。

また要所で製品のレビューを行い、より使いやすいものにしていった。指をスライドさせる操作などはレビュー時に指導員から提案し、実装にいたったものである。また、制作して動いたというだけでなく、製品の評価という観点から、定量的評価を求めた。この経験が社会人として活躍する糧となってくれば幸いである。

### 参考文献

- (1) 広瀬黎明、松岡健裕：近畿能力開発大学校 平成 27 年度卒業論文 midi シーケンサを用いたハンドベル自動演奏装置の製作



---

近畿職業能力開発大学校 京都校ジャーナル

第 27 号

2016 年 9 月発行

編集・発行

近畿職業能力開発大学校 京都校  
(愛称：ポリテクカレッジ京都)

〒624-0912

京都府舞鶴市上安1922

電話 0773-75-4340

E-mail:gakuen@kyoto.pc.ac.jp

---

ISSN1345-8914

JOURNAL  
OF  
KINKI POLYTECHNIC COLLEGE, KYOTO  
No.27 2015

---

Published by Polytechnic College, Kyoto

1922 Ueyasu, Maizuru, Kyoto 〒624-0912 JAPAN