

平成30年度

スーパー・プロフェッショナル・ハイスクール

研究実施報告書(年次報告)

第3年次

平成31年3月

岐阜県立岐阜工業高等学校

## 航空宇宙産業を担う人材育成プログラムの開発(平成30年度年次報告)

第1開発室 鷲見暁国 草壁善則 川地節夫 由良陽介 増井勇一郎  
 松田悦生 加藤勝彦 大塚靖浩 濱口信太郎  
 石原 隆 神戸雄太 黒田将臣 小澤良太

### Introduction :

航空宇宙産業は、旅客機の需要の高まりなどを背景に、今後更なる成長が見込まれている。岐阜県を含む東海地区においてもボーイング787、国産旅客機MRJの開発など航空機産業が成長産業として期待されており、宇宙分野でも国際競争に打ち勝てる新型ロケットの開発が進められている。一方で、今後の生産拡大に対応するための人材確保が課題となっているとともに、中長期的な視点から将来の航空宇宙産業の発展を支える次世代の担い手育成を着実に進めていくことが重要となっている。本研究は機械科及び航空・機械工学科群のカリキュラムに於いて、航空宇宙産業を担う人材を輩出できるプログラムを開発する。

### Key words :

航空宇宙産業 航空機部材 CFRP 3DCAD/CAM 人工衛星 航空工学 アルミ合金 機体製造技術 航空機部品切削技術 精密測定技術 経験の伝承と蓄積

## 1 緒言

平成30年度から本校は括り募集となった。具体的には、学科の再編成を行い、機械科が航空宇宙産業関連の学習に対応した航空機械工学科と科名を変更した。入学時はその航空機械工学科と電子機械工学科を合わせ航空・機械工学科群で募集し、入学後1年間は学科群ごとの共通科目を学び、2年次よりそれぞれの学科に分かれ専門をより深めた学習をする。本人・保護者の希望から学科を選択することができるが、定員(航空機械80名、その他の学科は40名ずつ)は決められている。

航空機という具体的な方向性を示した学科の設立は、中学生と保護者の航空機産業への意識を高め、具体的な航空機への興味や関心で選択されるなど、目的意識の高い生徒が入学してくることに期待が持てる。

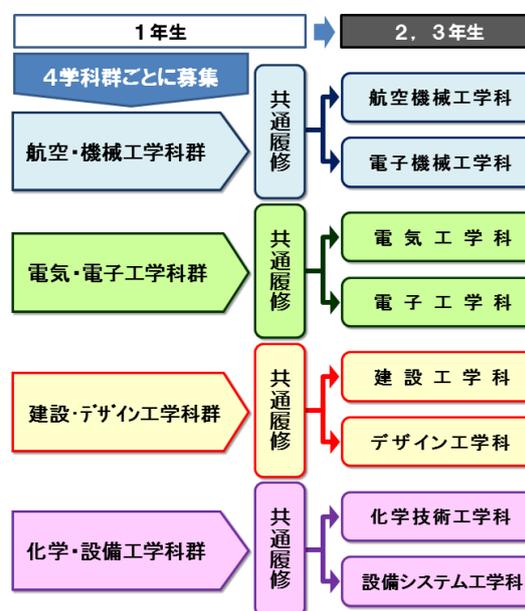


Table1 括り募集内訳

今年度のSPH3年目は、本県の航空宇宙産業の発展を支えることができる人材を育成

することを目的にした航空宇宙産業技術者育成施設「モノづくり教育プラザ」2期工事を具体的に進めるとともに、県内の航空宇宙産業関連企業からヒアリングを実施した結果に基づいて実施してきた実習の内容をブラッシュアップし、実践的な知識・技能として身に付いているのか評価規準を設け実践した。

具体的な企業からの意見は

- ①エンジンが動かないと思うが、動作が見れると良い。
  - ②航空業界では、図面単位にインチを使う。0.8mm $\doteq$ 30/1000inch の感覚をつかんでほしい。
  - ③CAD/CAM は興味を持ってもらうだけでも良い。CATIA 研修でもバージョンが変わるだけで教えるのは簡単なことではない。
  - ④CAD/CAM 教育は、やはり基礎的な所を高校生のうちにやっておくと良い。
  - ⑤地元関連企業のことを知ってほしい。
- であった。

これらの要望を踏まえて、将来的には基礎から応用までの段階的な学習を目指し、航空機組立てや部品製造等の「生産」に携わる人材育成を行う。

昨年度までに全校生徒の航空宇宙分野への関心を高めるための取組として、専門家による講演会やその分野の企業への見学などを実施してきた。更に航空機に関わる具体的な実習の内容を取り入れていくことで、そのカリキュラムを理解度により改善してきた。今年度は航空・機械工学科群の生徒が入学し、その生徒たちが今後どのようなカリキュラムで力を身に付けていくのかをビジョンを持って構築するための取組と今後

の計画等を報告する。

## 2 研究内容(実施した事業内容)

2-1 航空機製造技術習得のための実習  
目的 航空機の製造技術やその為に必要な技術・技能を習得する

### 2-1-1 航空機原理実習

目的 紙飛行機を製作し、飛行させるために必要な条件を飛行原理から学習し具現化させることで興味・関心を高める。

期間 平成30年4月～平成31年2月

対象 航空機械工学群1年生

工業基礎(8h×12パート)

航空機械工学群は3クラス120名在籍しており10人パートで12パートできる。そのパートを年間でローテーションしていくには短い時間でのローテーションとはなるが、航空機に興味を持って、関心を高める内容として、航空機について入学後最初に学ぶ機会とした。ベルヌーイの法則から空気の流れで働く揚力を学び、紙飛行機作りをすることで理論と実際の形状がつながるように学習プランを立てた。紙飛行機製作用紙(Fig1)を教材として効果的に使用するために先端の重りを変えられるように長さを調整することができるようにし、主翼取り付け位置を工夫でき、他と比較できるように目盛りを目安として付けた。微妙な位置の変化が飛行機の重心を狂わせて、飛行時間が短くなり、中には急降下する飛行機もある。このように比較検討する事で、学びが深まると考える。更に実機を使用し、航空機の機体構造や、飛行するために必要な翼の動きなどについて、基礎・基本的な知識の習

得を目指した。紙飛行機作りや映像だけで理解を求めるだけでなく、日常触れる機会

が無い航空機実機を教材として使用できたのは大変効果が高い。

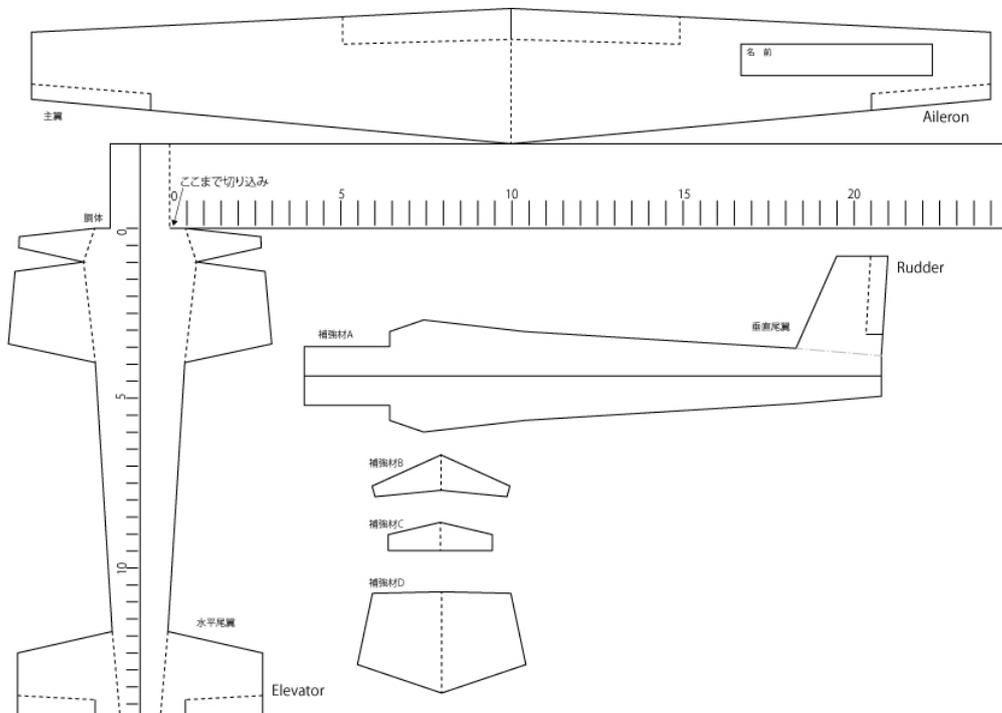


Fig1 紙飛行機製作用紙

項目 紙飛行機作り			
段階	理想的な到達レベルの目安	標準的な到達レベルの目安	未到達レベルの目安
到達目標	重心位置を適切に設定するとともに主翼の形状や取り付け角などを工夫することができる。	飛行機の飛行条件として重心位置が大きく関係する事を知り、適切な位置に設定できる。	飛行機の飛行条件として重心位置が関係する事が理解できず、調整の仕方が分からない。
項目 実機実習			
到達目標	飛行機において、軽量化するための構造を実機から考察し、具体的な案を出せることができる。	飛行機が軽い材質でできていることを確認し、より軽量化するための構造が必要だと理解できる。	飛行機が軽い材質でできている事や、軽量化するための意義が見いだせない。

Table2 航空機原理実習ルーブリック

項目	理想的な到達レベル		標準的な到達レベル		未到達レベル	
	生徒自己評価	教員評価	生徒自己評価	教員評価	生徒自己評価	教員評価
紙飛行機作り	85%	80%	15%	20%	0%	0%
実機実習	100%	95%	0%	5%	0%	0%

Table3 生徒自己評価と教員による評価

### 2-1-2 手仕上げ実習

**目的** ケガキや穴あけの技術・技能を習得し、測定器・工具の使用方法及び炭素繊維複合材の特徴を理解する。

**期間** 平成30年4月～平成31年2月

**対象** 機械科2年生

実習 (12h×12パート)

実習ではどの材料を使用するか検討した結果昨年同様に7000系の板を使用する事にした。熱処理をしていないJIS規格の5000系又は2000系の材料を使用することが多い。この材料は、安価で手に入りやすい。しかし、試作でリベットを打鋸してみたところ板が凹んでしまった。

そこで、この材料で実習を行ない、JIS規格の柔らかい材料でリベットを打つことが

難しいということを知る体験とするか、やはり航空機の規格で熱処理が施してある7000系を使用して実際の現場に近い状態で行うか検討した。その結果、指導をお願いする熟練技能者の方が7000系の板に慣れていること、生徒が打鋸した板を見て凹んでいては、一生懸命取り組んでも興味関心が薄れることになり、この実習の意味が薄れてしまうという観点から、高価ではあるが7000系のアルミを使用して実習を行うこととした

### 手仕上げ実習の授業計画 (12時間)

(1) インチ単位のスケール、ノギス読み	1時間
(2) アルミ板にケガキ	1時間
(3) 航空機実機にてリベットの確認	1時間
(4) リベットの種類 ドリルの種類	1時間
(5) 図面の読み方	1時間
(6) ドリルにて穴あけ (チゼルと下穴)	1時間
(7) エアーホースの取り外し、取り付け	1時間
(8) エアーツールの使用法、持ち方	2時間
(9) カウンターシンクの説明	1時間
(10) CFRPについて	2時間

Table4 手仕上げ実習計画

(1) インチ単位のスケール、ノギス読み

リベット実習にスムーズに入ることができるよう、インチ単位の説明を行い、インチスケールやインチノギスの読み方を習得させ、必要な知識・技能を身に付けさせることが目標である。

航空機産業では、特にボーイング社の機体製造においては、インチ単位で図面が書かれていることが多い。生徒は今までミリメートル単位に慣れてきたが、インチ単位に触れ、図面の示す指示を読み取れるようにすることが大切である。

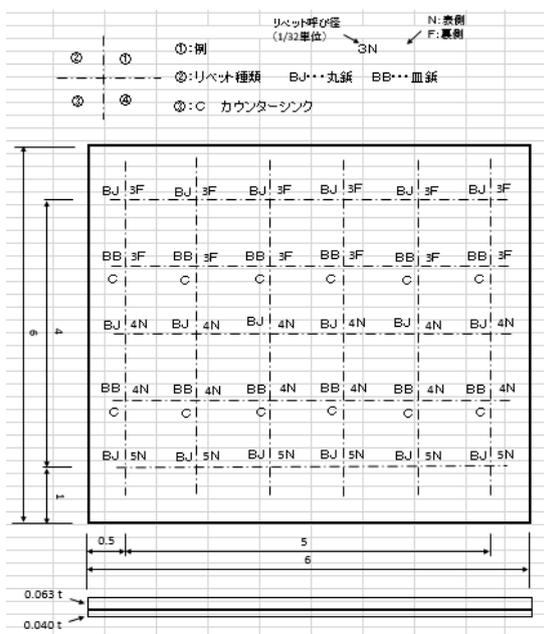


Fig2 リベット実習用板

また企業側からの要望においても、「インチ単位への慣れや感覚を知っておいてほしい」と寄せられていることから、確かな測定技術をしっかり身に付けさせたい。

(2) アルミ板にケガキ

ケガキは通常ケガキ針で行うが、航空機部品は小さな傷に応力集中が起き、亀裂が発生する原因になるため、ペンでケガキを行う。同じケガキ作業でも、高い品質が求められる

航空機部品は、方法に違いがあることを理解する必要がある。今年度は、図面通りにケガキができているのかを透明シートを使用しセルフチェックができる工夫をした。

(3) 航空機実機にてリベットの確認

航空機実機（ビーチクラフト機 E33）の翼に触れながら、実際の飛行機の主翼に使用されている板厚を生徒に想像させてみると、3mmや5mmといった答えが返ってくる。実際の板厚に触れさせてみると、思っていた以上に薄い事に驚き、なぜこのような薄さでも強度が保て、空を飛べるのか不思議に感じる生徒が多い。実機を通して機体の構造やリベットの効果や役割について説明することで、航空機への興味関心が高まると考える。

(4) リベットの種類、ドリルの種類

リベットはインチサイズであり、記号には太さ、長さ、材質及び形状が記されているため、その記号の意味を知るとともに、インチノギスにてサイズを確認させた。ドリルはワイヤゲージサイズとなっており#20、#30、#40とリベットのサイズによって使い分ける。

(5) 図面の読み方

機械製図で学習している図示方法と、航空機用の図面は異なる。リベットについては特殊な図示方法がしてあり、リベットの種類によってどのように図示方法が変わるのかを理解しなくては、穴を間違えてあけてしまう可能性がある。ミリとインチを混同しないようにもしなくてはならない。

(6) ドリルにて穴あけ（チゼルと下穴）

ケガキを終えた平板に、ファイナルサイズで開ける前の穴を、卓上ボール盤にて（18個

／24個) あける。穴あけ前には、チゼル部分がすべりを起こすことでドリルランが起きないための「揉み付け」という作業が必要になる。機械加工では、ドリルの先端がずれないようにセンターポンチを打つ作業が一般的だが、航空機部品に関しては、打つことでへこみをつける可能性があるため打ち込んではいけない。ケガキと同様に、航空機部品に求められる高い品質による技術の違いを考察させる機会となる。また、ドリルをチャックに取り付ける長さは、航空機だけでなく機械工作において基本的な知識となることを再度確認しておく。

#### (7) エアーホースの取付け、取外し

エアーホースには高い圧力がかかっているため、取扱い方を理解しておかなくてはケガにつながる可能性がある。安全意識を高めることは、高い生産性や技術を身に付けることよりも最優先になるので、重要視して指導を行った。

#### (8) エアーツールの使用方法、持ち方

エアーボール、リベットガンのエアーツールを使用してリベット実習を行うため、事前に使用方法や各部の名称を理解させておく。エアーツールは軽く、回転数及び打鉋する力は電動工具と変わらない。安全作業のための注意点を確認しながら練習し直角に穴が貫通したかが分かりやすい角パイプを用いた。

#### (9) カウンターシンクの取り扱い

皿鉋を打鉋する前には、カウンターシンクで皿取をしておく必要がある。その削り落とす深さはマイクロストップで調整するが、それらの役割と名称、取り扱い方について説明を

行う。見た目だけでは分かりにくい場合は、ダイヤルゲージによって皿鉋の入り具合を確認する。

#### (10) CFRP (炭素繊維複合材) について

CFRP は航空機だけでなく、幅広い分野で活用されていく複合素材である。従来の機械科としてCFRP の特徴を知る機会は少ないため、今回の実習にて講義、実験を通して理解を深めた。CFRP がどこに使用されているか、メリットやデメリットを知ること、近い将来身近な材料になってくることを理解させ、どのような部分で使用するとその特徴を生かすことができるかを議論させた。また、新たに導入したオートグラフを用いて、鋼とCFRP との強度の違いも実験にて確かめた。

このように、手仕上げ実習では、リベット実習を見越して、新たな知識と経験を身に付けさせることができた。

実習の各項目が終わるごとに、ルーブリック (Table5) により、自分の到達度を確認させた。その結果 (Table6)、未到達レベルと評価した生徒及び教員ともに0%であり、目的を達成できたと考える。

到達目標についての基準は、熟練技能者の方と話し合い、高校卒業者が入社時に企業内研修を受講する際に、あらかじめ身に付けておくの良いと思われるレベルから設定した。教員側も3年目の取り組みとして製品精度の評価方法を具体的な数字によって測定して判定できるように工夫をした。これらの内容を再度リベット実習の中で確認させることにより、品質向上のための技能習得が早まり、生徒の技能向上に繋がると考える。

インチ単位のスケール、ノギス読み			
	理想的な到達レベル	標準的な到達レベル	未到達レベル
到達目標	インチとミリでのノギスの読み方の違いが理解でき、正確に測定でき、感覚的に長さが比較できる。	インチとミリでのノギスの読み方の違いが理解でき、正確に測定できる。	ミリでの測定ができる。
アルミ板にケガキ			
到達目標	揉みつけが必要な理由を理解し、説明できる。また、正確な位置にケガキ線が引くことができる。	揉みつけが必要な理由を理解し、説明できる。	揉みつけが必要な理由が理解できない。
航空機実機にてリベット確認			
到達目標	航空機の重さを支える構造体の仕組みを理解し、説明できる。また、航空機の構造体を締結している種類を確認することができる。	航空機の重さを支える構造体の仕組みを理解できる。	航空機の重さを支えるのは、構造体の仕組みであることを理解できない。
エアーツールの使用方法、持ち方			
到達目標	エアーツールを使用するにあたり、各部の名称と安全に使用するための方法と管理方法を理解し、説明できる。	エアーツールを使用するにあたり、各部の名称と安全に使用するための方法を理解できている。	エアーツールを使用するにあたり、各部の名称と安全に使用するための方法を理解できない。
カウンターシンクの説明			
到達目標	カウンターシンクとマイクロストップの深さの調整が、規定時間内で基準内の皿取ができる。	カウンターシンクとマイクロストップの使用 방법이理解でき、基準内で皿取ができる。	カウンターシンクとマイクロストップの使用方法的に理解や適切な皿取ができない。
CFRP について			
到達目標	CFRP の特徴がオートグラフからアルミとの違いを説明でき、今後の利用分野について述べるができる。	CFRP の特徴が概ね理解でき、現在利用されている分野がどこかを説明できる。	CFRP の特徴が理解できない。

Table5 ルーブリックによる評価指標

項目	理想的な 到達レベル		標準的な 到達レベル		未到達レベル	
	生徒自 己評価	教員 評価	生徒自 己評価	教員 評価	生徒自 己評価	教員 評価
インチ単位のスケール、ノギス読み	70%	70%	30%	30%	0%	0%
AL 板にケガキ	65%	65%	35%	35%	0%	0%
実機にてリベット確認	75%	75%	25%	25%	0%	0%
エアーツールの使用方法 持ち方	60%	50%	40%	50%	0%	0%
カウンターシンクの説明	60%	60%	40%	40%	0%	0%
CFRP について	75%	60%	25%	40%	0%	0%

Table6 生徒自己評価と教員による評価

### 2-1-3 リベット実習

**目的** リベットを正確に打つために必要な技術・技能を身に付ける。

**期日** 平成30年4月～平成31年2月

**対象** 機械科2年生

実習 (12h×12パート)

リベット実習では、昨年から川崎重工業株式会社の熟練技術者に外部講師として、実技指導

のサポートに入っている。外部講師から、毎回授業後に専門の見地からアドバイスをいただき、今年度に反映させてリムーブ作業を追加した。リムーブとは、航空機を整備する際に打鉋してあるリベットを取る作業であり、リベット穴は再組立時に使用するため、適切に取り外す必要があり、打鉋と同様に高い品質が求められる。

### リベット実習の授業計画 (12 時間)

①説明	1 時間
②エアールにてパイロットホールを明けるバリ取り	1 時間
③ファイナルホールを明けバリ取り	2 時間
④リベット打ち	3 時間
⑤カウンターシンク、マイクロストップにて皿取り	2 時間
⑥皿鉋をリベット打ち	1 時間
⑦評価	1 時間
⑧打ち直し	1 時間

Table7 リベット実習計画

リベット打ち
--------

	理想的な到達レベル	標準的な到達レベル	未到達レベル
到達目標	平板2枚をリベットにて締結するための一連の工程が理解でき、求められる出来栄えとして完成できる。	平板2枚をリベットにて締結するための一連の工程が理解できる。	平板2枚をリベットにて締結するための一連の工程が理解できない。

リムーブ			
到達目標	リベットの頭部の中心にドリルで下穴をあけて、求められる出来栄えとしてリベットを取ることができる。	リベットの頭部にドリルで下穴をあけて頭部を取ることができる。	リベットの頭部にドリルで下穴をあけて頭部を取ることができない。

項目	理想的な到達レベル	標準的な到達レベル	未到達レベル
リベット打ち	60%	40%	0%
リムーブ	20%	50%	30%

Table8 ルーブリックによる評価指標と教員による評価

また、今年度のその他の改善点は、以下のとおりである。

- ・工具キャビネットを購入し、工具の整理整頓が適切にできるようにしたことにより、工具管理の意識を高めた。
- ・測定工具に使用期限を設けて、測定器具の特徴を意識させ、測定工具の期限を確認する習慣を身に付けさせた。
- ・1/128 インチのノギスを使用しカシメ頭の寸法を測定し、セルフチャックができるようにした。
- ・ドリルを直角に開けるための補助工具を使用し、正確性を増す意識を高めた。



Fig3 整理された工具キャビネット

#### 2-1-4 航空機製造工程実習の実施（応用

#### 実習）

目的 航空機一連の製造工程を理解し、各工程に必要な技能を身に付ける

期間 平成30年4月~平成31年1月

対象 課題研究3年生 10名

県内の航空宇宙関連企業の協力を得て、「航空機製造工程実習」(Table9)を実施した。実習では、航空宇宙関連企業の熟練技能者による指導

の下、航空機製造で行われている一連の製造工程を実践的に学ぶ。

昨年度開発した航空機翼を想定した課題を一部改善した。この複数の部品で構成される模擬主翼 (Fig4) を製作する実習を通して、航空機製造に必要な一連工程から技術・技能を学ぶ。

開催月	実習内容	協力企業
6月	CAD実習	VRテクノ(株)
7月	CAM実習	(株)タクテックス
9月	切削加工実習	(株)水野鉄工所
10月	表面処理・塗装実習	旭金属工業(株)
11月	組立実習	川崎重工業(株)航空宇宙カンパニー
12月	組立実習	
	シーリング実習	APCエアロスPECIALティ(株)
1月	成果発表会	

Table9 協力企業との計画表

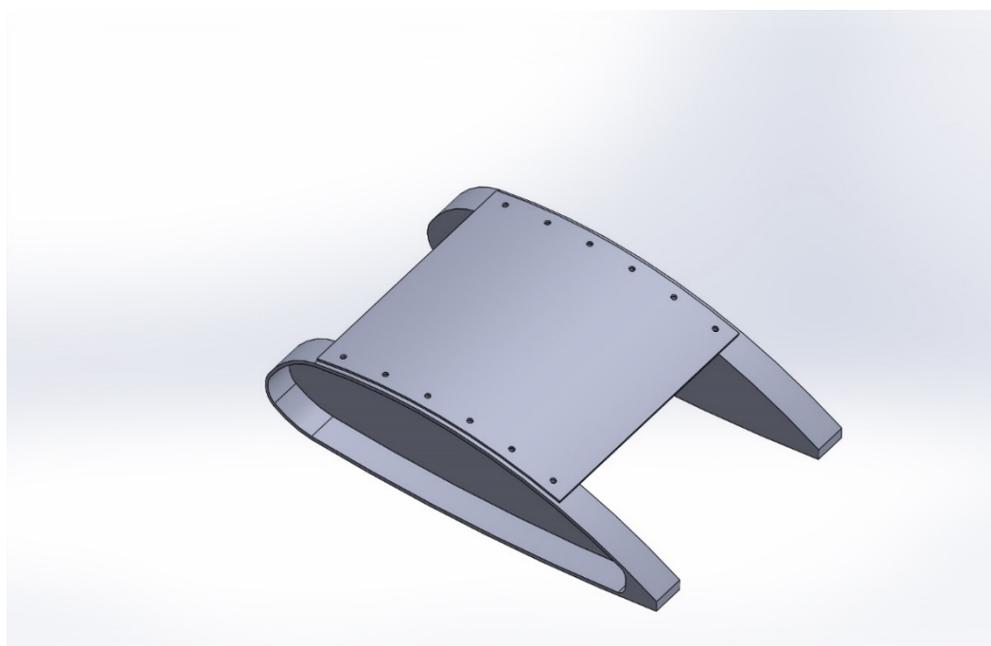


Fig4 Solidworksでのモデリング

## (1) CAD

マシニングセンター (MC) で切削加工するためには、CAM を使用し、NC データを作成する必要がある。3DCAD の基本的操作を習得させることを目的とした実習内容を生かして、図面を完成させる。昨年度は裏面を汎用フライス盤にて切削し完成させたが、今年度は MC によって表裏の加工を行うように課題を追加した。裏面を加工するにはワークを固定する治具が必要であり、その治具をどのような形にするのかを企業の方からもアドバイスをいただきながら検討した。その結果、中子となる部分を作り、タブと呼ばれる切削後に切り落とす部分を4カ所つけることによって、加工可能になる事を知り挑戦する事にした。各パーツに干渉部分が無いか調べるのも、CAD 上で確認することができるため、設計上の不具合をその都度確認しながら進めることもでき、大変効率的である。

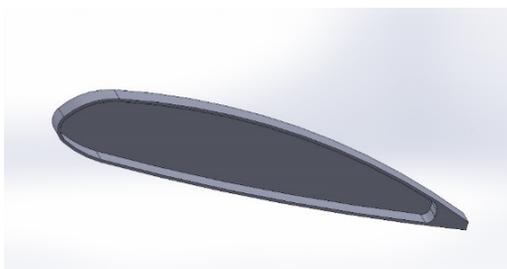


Fig5 Solidworks でモデル化した翼型

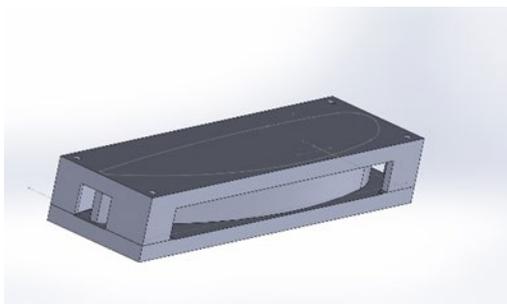


Fig6 Solidworks で干渉チェック

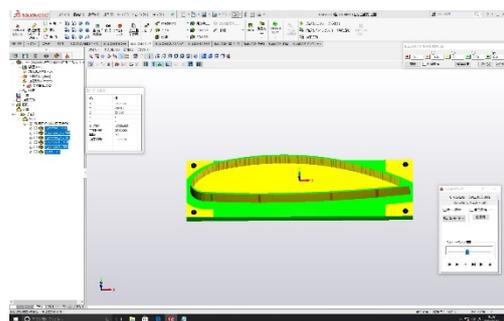


Fig7 仕上げ面の精度を確認

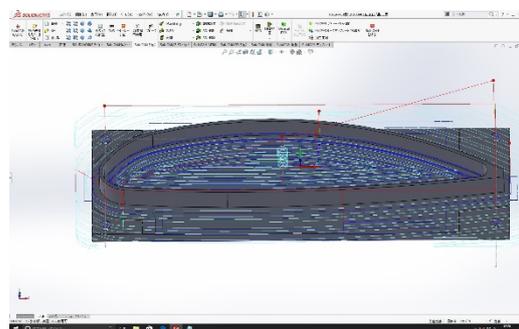


Fig8 ツールパスの確認

## (2) CAM

CAM を使用しポケット加工だけでなく、i マシニング加工による方法も選択し、いかに短時間で効率よく加工できるかにこだわり、どこから切削するのが良いのかを検討した。工具長が比較的に長いために、切り込みが大きいとたわみが出て精度が落ちるため、仕上げ代をどうするのかを検討し、企業からのアドバイスで側面仕上げと底面仕上げを時間がかかっても別にして工夫をした。Solidworks では加工後の仕上げ具合を可視化できるので何度もトライして確認を行った。

(3) マシニングセンター (MC) による加工

その中で、回転数をいかに上げて切削加工するかということが時間短縮、ひいてはコストダウンにつながる。切削加工するに当たり、工具はアルミ切削加工を高速で行うことができる超硬エンドミルを使用した。回転数については7500 rpmで切削加工を行ったが、加工部によっては、回転数と切り込み深さについては、実際に切削加工を行いながら調整を行った。航空機部品の製造では削り出しのため、材料のほとんどが切くずとなってしまいうため、定期的に切りくずを処理する管理が必要であったが、治具を作成することにより、昨年度より格段に再現性が高くなった。

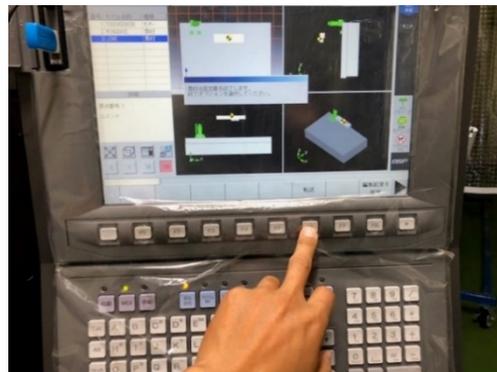


Fig11 アンチクラッシュシステムによる確認

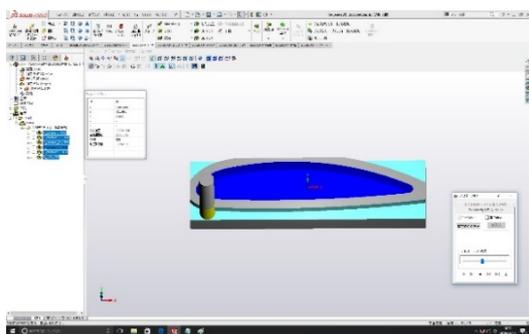


Fig9 ツールパスをシミュレーション



Fig12 治具との干渉具合の確認

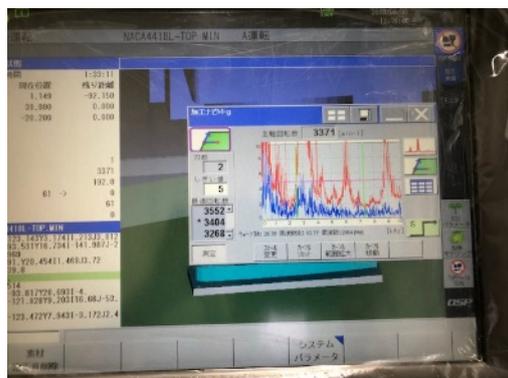


Fig10 回転数とビビリを確認



Fig13 治具と部品

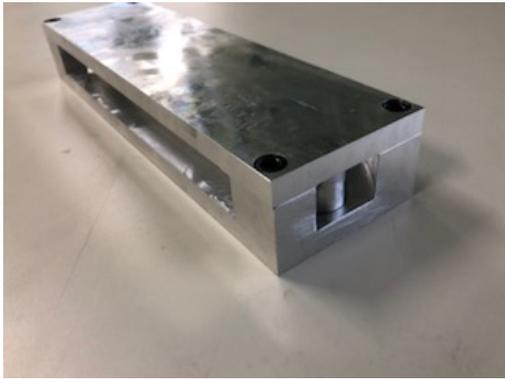


Fig14 治具を組み付け



Fig15 上面の切削後

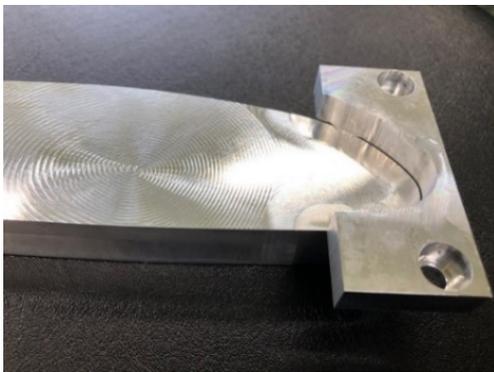


Fig16 タブを付けて切削

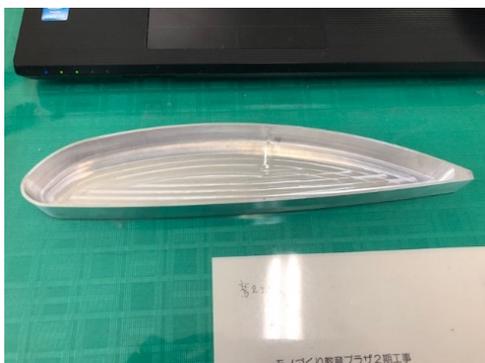


Fig17 完成部品

さらに、曲面が多い航空機の部材を、MCだけで削り出すには、治具の工夫とタブと呼ばれる部分の製作が必要である。治具に製品が入るように隙間は 0.2 mm 以上あるとガタが出てしまうため、何度も CAD 上で確認させた。

企業のアドバイスをいただくと、当初の設計よりも、思っていた以上に小さくて良い事が分かったが、材料の取り付けが悪いと、小さいがゆえに削れてなくなってしまう事もあり、基本的な汎用フライス盤で学習したことが、改めて重要だと気づかされるとともに、加工時間をいかに短く精度を出すかという事にアイデアを出す必要があると感じることができた。

また、隙間を確認する方法については金型製作でも応用することができ航空機部品製造以外での活用は有効的であった。

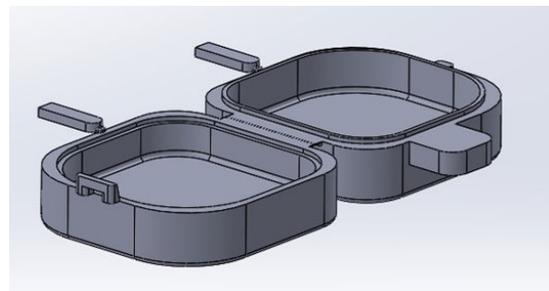


Fig18 金型での使用例

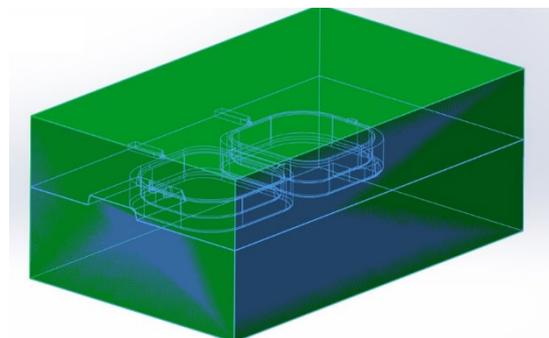


Fig19 金型の間隙をモデル化する

#### (4) 特殊工程 (表面処理・塗装)

特殊工程の実習は、学校には施設がないため、関連企業において行った。特殊工程は寸法や、形状に現れる工程ではない上に、塗装が綺麗に施してあれば、外観からは、規定内かの判断が極めて困難である。表面処理はアルミが腐食していかないように施すのだが、濃度を保った、特殊な溶剤に、定められた時間で工程を施していかなくてはならない。その時の濃度、時間を計測する機器も有効期限が決められておりチェック体制が厳しく行われていることが企業の現場にて知ることができた。

また、塗装については、膜厚が定められており、熟練の技能でないとできないと感じたが、プライマー塗装をして乾燥させてから、エナメル塗装を行う工程を経験させていただいた。有機溶剤を使用するため、防毒マスクを着用する等、安全作業には特に注意を払った。

航空機の部品は多品種少量生産のため、自動化しようとするコストが高くなり、手作業で行う工程がほとんどである等の、航空機産業の実情も知る事ができ、今後、多品種少量生産でも、いかに自動化していくのが課題でもあると感じた。



Fig20 溶剤が入った槽に部品を入れる



Fig21 プライマー塗装

#### (5) 組立

組立は、本校のモノづくりプラザにて、川崎重工業(株)の方を講師として招いて実施した。曲面が多い航空機部品の組み付けには、位置決めを正確に出す為と、バイスに掴む為の2つの理由で治具が必要である。本来は同じ材質で温度変化により伸縮した時にも対応できるように製作するのだが、今回は時間の関係もあり木材で製作した。生徒は、2年生時に平板のリベット打ちを実習で行い経験はあったが、今回は曲面が多く、板に対して直角に穴を空けるこ



Fig22 治具に取り付けた各部品

とが非常に難しい作業となるため、リベットを打ちこむための当盤もフライスで加工し自作した。企業の現場でも、治具や工具は仕事の効率化を考えて、製品ごとにオリジナルの物を使用する事が多い。どの治具、工具を使用したかは厳しく管理され、同じ部品を製作するときには必ず同じ治具、工具を使わなくてはならないと講師より指導いただいた。



Fig23 穴あけ作業



Fig24 リベット打ち

#### (6) シーリング作業

最後の工程はシーリングと呼ばれる工程で、関連企業にて実習を行った。シーリングは、機体に被雷したときに、金属の間に隙間があると、火花が飛び引火することを避ける目的や、機内の気密性を高める役割等が

ある。そのような必要性の講義をしていた後、今回はリベットを覆うブラシシールと隙間を覆うフィレットシーリングを行った。シーリングは2液を配合するが、部位ごとにシーリングの種類、配合が決まっている。シーリングの種類により、硬さが全く違い、柔らかければ成形が難しくなることを体感した。シーリングで隙間を完全に覆わないと、事故の原因になりかねないため、検査項目は厳しく、多くの生徒が3割程失敗した。簡単そうに見えて非常に難しく、しかも自動化できない分野だと知ることができた。



Fig25 シーリング作業



Fig26 シーリングの講義



Fig27 シーリングの様子

シーリング作業は、リベットを打ちこむ前に穴の部分や、板と板の間に塗り込む方法もあり、今回の一連工程の課題製作とは別に実習を行わせていただいた。これらの経験は来年度以降の校内で行う航空機実習の項目として考えていきたい。



Fig28 シーリングの様子

#### (7) 検査

6社の企業に協力していただき、完成に至ったが、当初の設計通りに仕上がったかを、寸法や工程を振り返り検討した。概ね思ったように出来上がってはいたが、技能不足や、治具の準備不足などの課題が挙げられた。工程もシーリングを施してからリベットによる加工も方法であるが何がベターとするかを検討しなくてはならない。今後

は、これらの課題に向けて試行錯誤を積み重ねたい。



Fig29 完成した製品

CAD			
目安	理想的な到達レベルの目安	標準的な到達レベルの目安	未到達レベルの目安
到達目標	3DCADで翼面部品を作りアセンブリによって組立て可能なことが設計でき、強度シミュレーションで荷重のかかり具合を確認できる。	3DCADで翼面部品を作りアセンブリによって組立て可能なことが設計できる。	3DCADで翼面部品を作れるがアセンブリができない。
CAM			
到達目標	CAMによってツールパスが的確に描けることができ、最短加工を検討できる。	CAMによってツールパスが的確に描けることができる。	CAMによってツールパスが的確に描くことができない。
MC			
到達目標	MCによる加工に加え、アンチクラッシュシステム、ビビリ対策の回転数調整を取り扱うことができる。	MCによる基本的な加工を行うことができる。	MCによる基本的な加工ができない。
特殊工程			
到達目標	特殊加工について目的や作業工程等を理解でき、説明できる。	特殊加工について、目的や作業工程等を理解できる。	特殊加工について、目的や作業工程を理解できない。
組立			
到達目標	治具を考案し製作することができ、治具への取り付け、穴あけ、リベット打ちについて理解し、求められた出来栄えで作業できる。	治具への取り付け、穴あけ、リベット打ちについて理解し、求められた出来栄えで概ね作業できる。	治具への取り付け、穴あけ、リベット打ちについて理解できない。もしくは、求められた出来栄えで作業できない。
シーリング			
到達目標	シーリングについて理解し技能として到達ラインを満たしている。	シーリングについて理解できる。	シーリングについて理解できない。
全体を通して			
到達目標	航空機の一連の工程を、理解し説明ができる。	航空機の一連の工程を、理解できる。	航空機の一連の工程が理解できない。

Table10 ルーブリックによる評価指標

項目	理想的な到達レベル	標準的な到達レベル	未到達レベル
CAD	10%	90%	0%
CAM	10%	90%	0%
MC	10%	90%	0%
特殊工程	100%	0%	0%
組立	80%	20%	0%
シーリング	0%	100%	0%
全体を通して	100%	0%	0%

Table11 教員による評価

### 2-1-5 締結実習

**目的** 航空機の組立工程に必要な締結技能を身に付ける

**期間** 平成30年4月～平成31年1月

**対象** 選択実習3年生 10名

#### (1) 教材の製作

本年度より始めた締結実習では、板厚が6mm以上ある板同士を締結する内容に定めた為、教材を作成した。学校にある既存のレーザー加工機の能力では、板厚の問題と、熱による変形の問題があり加工するには不適合と判断し、岐阜県工業試験場に協力いただき、ウォータージェットを使用し切断する事になった。岐阜県工業試験場には最先端の設備が多数設置されており、今後も連携をしていきたい。



Fig30 切断した教材



Fig31 締結の様子

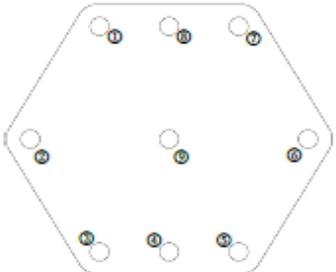
作業シート

実施日時：20 年 月 日 限

開始時間	終了時間
:	:

年 組 番 氏名 \_\_\_\_\_

1. ファスナー・ワイヤ経路・コッターピン取り付け箇所



機体外板厚さ (薄板)	部品厚さ (六角板)
in	in
2枚の合計厚さ	ボルトグリップ長さ
in	in

Torque

Standard Torque		Select Torque
Min	Max	
100in-lb	140in-lb	120in-lb

2. 使用部品等

No.	Item	Part Number	QTY	交換記録等
1	Bolt	AN5H10A		
2	Nut	ANAN310-5		
3	Washer	AN960-516		
4	Washer	AN960-516L (※)		
5	Safety Wire	MS2Q995C41		
6	Cotter Pin	MS24665-212		
7	Cotter Pin	MS24665-136		

3. チェック・判定

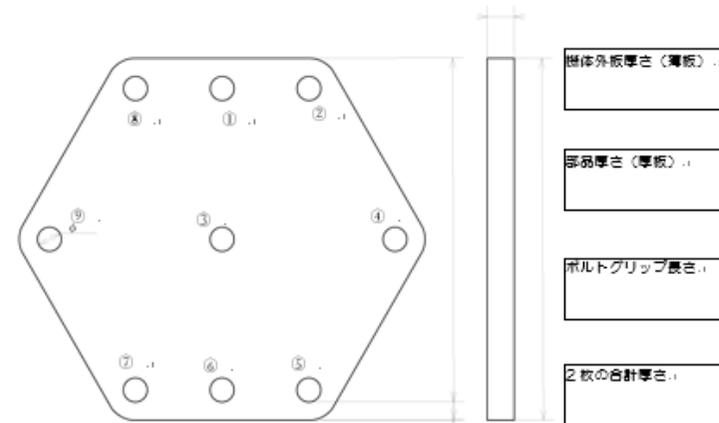
No.	Torque CK値	判定 (OKorNG)	Bottoming CK値	判定 (OKorNG)
	100in-lb ①	②	60in-lb ①	②
	100in-lb ①	②	60in-lb ①	②
	100in-lb ①	②	60in-lb ①	②
	100in-lb ①	②	60in-lb ①	②
	100in-lb ①	②	60in-lb ①	②
	In-lb ①	②	In-lb ①	②

作業条件

Safety Wire		Cotter Pin	
<input type="checkbox"/> Single	<input type="checkbox"/> Double Twist	<input type="checkbox"/> 優先法	<input type="checkbox"/> 代替法

適合判定 (OKorNG)

6. 実技  
各自に配布した材料 2 枚をそれぞれ航空機外板 (薄い材)、部品 (厚い材) と見立て、部品の取り付けを行う。



使用部品等

No.	Item	Part Number	QTY
1	Bolt	AN5H10A	
2	Nut	ANAN310-5	
3	Washer	AN960-516	

TORQUE

Standard Torque		Select Torque	Torque CK	Bottoming CK
Min	Max		判定	判定
In-lb		In-lb	In-lb	In-lb

作業エリアレイアウト  
いくらか短時間で作業ができたとしても、怪我をしてはならない。安全作業のためには、常に整理整頓に努め、落ち物だ、手際のない作業を避けなければならない。本実技中においては、右の図のように作業台上をレイアウトし、常に整理整頓に努めることとする。

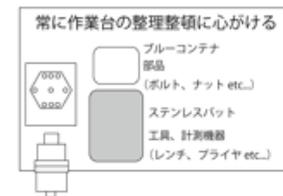


Fig32 テキスト教材

### 締結実習 理解

	理想的な到達レベル	標準的な到達レベル	未到達レベル
到達目標	ボルト部分が緩まないように各種締結方法を理解し実機にて使用部分を指摘できる。なぜその締結方法かを説明できる。	ボルト部分が緩まないように各種締結方法を理解し実機にて使用部分を指摘できる。	ボルト部分が緩まないように各種締結方法を理解できない。

### 締結実習 技能

到達目標	各種締結をした後の検査で100%が緩まない状態で作業を時間内に完成できる。	各種締結をした後の検査で80%以上が緩まない状態で作業を時間内に完成できる。	各種締結をした後の検査で80%以下が緩んでしまう。
------	---------------------------------------	--	---------------------------

項目	理想的な到達レベル	標準的な到達レベル	未到達レベル
理解度	80%	20%	0%
技能到達度	10%	80%	10%

Table12 ルーブリックによる評価指標と教員による評価

#### (2) 実習内容と評価

中日本航空専門学校の実習内容を参考に、教材を製作した。緩まないようにトルクを適切に加え、さらに、ワイヤーをかける必要性がなぜあるかを、実機を教材として理解させた。ワイヤーがけの作業は手作業になるため、適切な評価ができるように評価指標を使用した。

技能だけでなく、理解という点も必要な観点として、ルーブリックにて振り返りをした結果、概ね理解はできているが、技能はまだまだ身に付けられる余地はありと考える。

#### 2-1-6 シーリング実習

**目標** 航空機の部品組み立てに必要なシーリング技能を身に付ける

**期日** 平成30年4月～平成31年1月

**対象** 選択実習3年生 10名



Fig33 シーリング機材

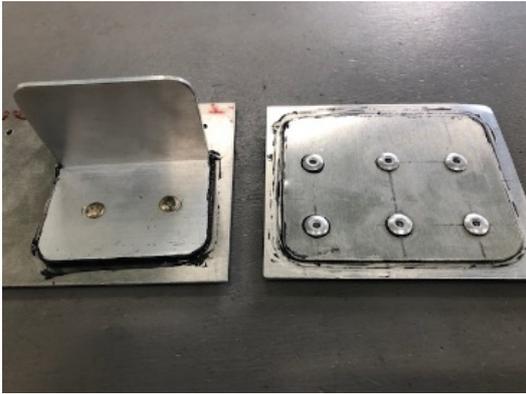


Fig34 シーリング教材

航空機製造工程実習で行ったシーリング作業を、他の生徒にも習得させるため、実習パートの一つとしてシーリング実習を実施した。航空機のシーリングに使用される有機溶剤は、発がん性の物質も含まれる場合もあるため、安全面を重視して、今回はガラスのコーキングに使用される物をシーリング材として使用した。2液性でない事や、硬さ等で実際のシーリング材とは異なる部分はあるが、どのような工程かを生徒は理解できた。

①シーリングについて理解できたか

	できた	ややできた	できない
割合	100%	0%	0%

②課題に対して積極的に取り組めたか

	取り組めた	指示を受けて取り組んだ	取り組めなかった
割合	60%	40%	0%

③新たな知識技術を身に付けられたか

	付けられた	どちらかと言うと付けられた	付けられなかった
割合	100%	0%	0%

④将来の仕事につながるか

	つながる	つながる可能性がある	つながらない
割合	50%	50%	0%

Table13 アンケートによる生徒自己評価

2-2 小中学生対象の航空機講座

目的：自分たちから航空機の魅力を伝えることができる。

①期間 平成 30 年 6 月 20 日

対象 3 年生 7 名

場所 各務原市立緑陽中学校

航空機について、中学生にも興味を持ってもらう企画として、生徒が紙飛行機作りを指導する中で親交を深めるということを試みた。自分の得た知識を中学生に還元して、楽しんでもらうことに喜びを感じた生徒が多く、学んだことを整理して、分かりやすく伝える機会となった。



Fig35 空力実験



Fig36 重心の実験

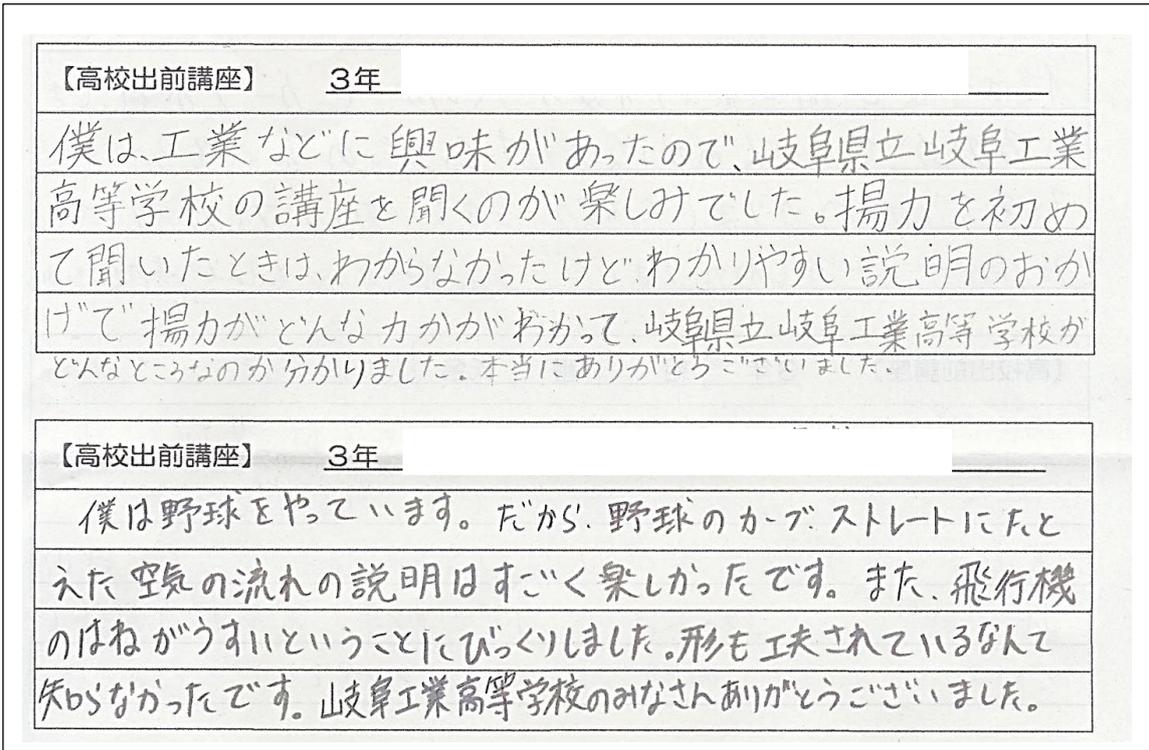


Fig37 中学生の感想

②期日 平成30年12月15日  
 対象 3年生10名  
 場所 各務原産業センター

各務原市が主催の「各務野ラボ」の講師として、小・中学生対象に航空機教室を行った。小学生に対して難しいと思われる内容を、小学生目線まで考え方を降ろしてプレゼンを製作し、揚力について説明をした。

また、紙飛行機教室としてただ飛ばすだけでなく、輪の中をコントロール良く飛ばせば、音と光で知らせる装置を製作して、楽しく学べる内容になるように工夫をした。



Fig38 講義の様子



Fig39 紙飛行機飛ばしのセンサー作品

2-3 中日本航空専門学校との高専連携  
 目的 CFRP についての講義を受けて材料に興味を持ち成形方法を学ぶ。

期間 平成 30 年 8 月 23~28 日  
 (土、日除く 4 日間)

対象 希望者 10 名

内容 ・航空機概論  
 ・CFRP 概論・実習  
 ・フライトシミュレーター

中日本航空専門学校との連携によって、上記を中心に学習し、航空機についての知識を深めることを昨年同様に行った。2 年生を主な対象としてし、翌年度の進路決定の際の参考にできるように取り組んだ。当授業では、多くの実機を使い航空機への理解が深まる機会となった。

①知識を発表に生かされたか

	できた	ややできた	できない
割合	100%	0%	0%

②講座に対して積極的に取り組めたか

	取り組めた	指示を受けて取り組んだ	取り組めなかった
割合	90%	10%	0%

③コミュニケーション能力を身に付けられたか

	付けられた	どちらかと言うと付けられた	付けられなかった
割合	100%	0%	0%

④将来の仕事につながるか

	つながる	つながる可能性がある	つながらない
割合	50%	50%	0%

Table14 アンケートによる自己評価



Fig40 フライトシミュレーター



Fig41 フライトシミュレーター

①航空機の興味関心がより高まったか

	高まった	変わらない	低くなった
割合	100%	0%	0%

②課題に対して積極的に取り組めたか

	取り組めた	指示を受けて取り組んだ	取り組めなかった
割合	80%	20%	0%

③新たな知識技術を身に付けられたか

	付けられた	どちらかと言うと付けられた	付けられなかった
割合	100%	0%	0%

④将来の仕事につながるか

	つながる	つながる可能性がある	つながらない
割合	70%	30%	0%

Table15 アンケートによる自己評価

2-4 人工衛星模型コンテスト

目的 人工衛星模型コンテストに出展する作品を複数学科で製作し得意分野を発揮する。

期間 平成30年11月1日～  
放課後の時間

対象 3年生電子科、電子機械科、機械科から5名

高校生以上を対象に、製作における技術力や模型の完成度を競う人工衛星または探査機の模型製作コンテストに、3年連続で応募した。昨年度までは機械科の生徒が金属加工を中心に作品を製作し、いずれも最優秀賞（知事賞）をいただく事が出来た。

今年度は電子科、電子機械科、機械科の生徒が学科を越えて集まり、それぞれが得意とする分野で製作に取り組み、3Dプリンターや電気制御など、今までの作品には活

用しなかった技術を多くつぎ込み完成に至った。学科間で交流をして作品を製作できた事は、生徒にとっては、普段の授業にはない大きな刺激となった。結果は年度末に発表される。

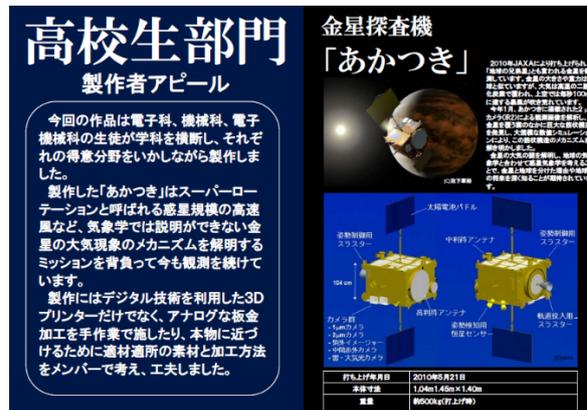


Fig42 人工衛星模型コンテスト

2-5 岐阜工業版デュアルシステム

目的 就業前の知識、技能の向上を就職先の企業からアドバイスをいただき啓発していく。

期間 平成30年12月20日～22日

対象 3年生1名

場所 就職先企業と本校

企業から内定をいただいた後、生徒がその企業に入社してから力を発揮しやすいように、その企業が望む具体的な知識、技能がどこにあるのかを知り、生徒が自ら学習する方法を企業と共に相談しながら行った。今回は1社のみであったが、今後は多くの企業に展開していきたい。内容については

1日目 図面の読み方

2日目 3DCAD

3日目 取引先企業へ見学

今後のモデルになるように、どの企業でも取り組みが可能な内容を検討していった。図面の読み方や3DCADについてはどのよう

な製造業でも必要であるが、企業の製品に合わせて独自性が出せると考えた。企業と一緒に検討して、3DCADでモデル化した製品を、学校にてCAMを使い切削する課題を設定した。更に取引先の企業見学をさせていただき、どのような製品によって社会に貢献しているのかを知る事が出来た。企業側も生徒もお互いにメリットが大きく継続できる内容だと評価している。

また、これとは別に、卒業生を招いて、卒業生自身の研修も兼ねて、CAD/CAMに関する講義を受けた。卒業生にとっては、他者に指導をする実践的な練習になるし、その企業へ内定をいただいている生徒も、仕事の内容や雰囲気を知る事にもなる。お互い利点が多くあれば、継続的に実施できるチャンスが増えると考えている。

実際に企業、生徒に聞いても、「やってよかった」という結果となり、今後は時期や時間数の確保等を検討していきながら、来年度も継続して行っていきたい。

### 3 モノづくりプラザ 2号館 を利用したカリキュラムの開発

本県の航空宇宙産業の発展を支えることができる人材を育成することを目的にした、「モノづくり教育プラザ」2期工事を進めるために、昨年度行った県内の航空宇宙産業関連企業から、高校生に求める力についてヒアリングした内容を検討し、具体的な実習内容、施設設備を決定した。既存の施設設備で実施可能な実習内容については、本年度から開始しているが、航空機製造工程の基礎から応用までの段階的な学習を目指し、航空機産業に携わる人材育成を行う。2号館は平成31年4月から運

用する予定であるが、「モノづくり教育プラザ」の整備備品と、平成31年4月に入学する生徒の実習内容計画を次に示す。



Fig43 モノづくり教育プラザ2号館外観



Fig44 モノづくり教育プラザ2号館内観

県内関連企業から 求められた生徒の 資質・能力のポイ ント	モノづくり教育プラザ	
	1号館 (H29年4月開所)	2号館 (H31年4月開所予定)
航空宇宙産業への 興味関心	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小型航空機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 県内航空機産業の紹介ブース</li> <li>・ 小型航空機 (追加)</li> <li>・ 航空機エンジン</li> <li>・ 航空機エンジンカットモデル</li> </ul>
デジタル設計・ 製造技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ マシニングセンター</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ CAD/CAM システム</li> <li>・ 小型切削加工機</li> </ul>
確かな技能 (加工・測定)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 万能試験機</li> <li>・ リベット用機器 (エアーリベットガン等)</li> <li>・ リベット用空気圧設備</li> <li>・ 絞り機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測定器具</li> <li>・ ビッカース硬さ試験機</li> <li>・ 試料研磨機</li> <li>・ 試料埋込機</li> <li>・ 小型電気炉</li> </ul>



Table16 航空宇宙産業技術者育成施設「モノづくり教育プラザ」設備・備品

学年	科目等	時間数	内容
1	「実習」(航空機)	12	航空機実機や紙飛行機製作を通して、飛行の原理や航空機の仕組み等を学習する。
	「実習」(締結)	8	締結に必要な工具の使い方と使用トルクについて学習する。
	「実習」(測定・検査)	8	航空機用図面に表記されている条件を読み取り、その測定及び非破壊検査による検査方法を学習する。
2	「実習」(リベット①)	15	リベットによる航空機の組立て方法を学習する。
	「実習」(CAD/CAM)	15	CAD/CAMによる設計から、小型加工機による加工を通して、基礎的なCAD/CAMシステムを学習する。
3	「航空工学基礎」(学校設定科目)	70	航空機の歴史や、飛行原理・構造等を学習する。
	「実習」(マシニングセンター)	9	3DCAD/CAMによる設計から、マシニングセンターによる加工を通して、実践的なCAD/CAMシステムを学習する。
	「実習」(リベット②)	10	シーリングを施したリベットによる航空機の組立て方法を学習する。
	「実習」(材料試験)	10	航空機に実際に使用されている材料(炭素繊維複合材やアルミニウム合金)の特性を学習する。
	「実習」(航空機エンジン)	10	ジェットエンジンカットモデルによる航空機エンジンの原理等を学習する。
	「実習」(航空機整備)	10	実機を使用した航空機の基礎的整備について学習する。
	「課題研究」 (航空機製造工程実習)	105	航空機翼の一部を想定した課題により、設計から加工、組立等の航空機製造における一連の作業工程を学習する。

Table17 平成31年度「航空・機械工学科群」入学生における航空機に特化した科目等の履修計画(航空機関係抜粋)

#### 4 評価

航空宇宙産業を担う人材育成に向けて、本県の「成長・雇用戦略」に基づき、「モノづくり教育プラザ」を整備し、「航空機械工学科」を設置するなど、県のバックアップの下で研究ができた。航空機製造に関わる知識・技能を生かした、製品に劣らない航空機部品の製作や、製作した航空機部品のFEMを利用した力学的解析、さらにその結果として得られる翼断面形状の最適化などについて、効果の検証まで実施し、大学課程に迫る工学を自ら学習する生徒も現れ、全体としても生徒の技能の向上など、概ね目標を達成したと評価している。

しかし、3年間の生徒の意識の変化を、Table18に示したとおり、当初は航空機産業という言葉さえ知らない状況であったが、この3年間で航空機産業の認知度は高まり、その仕事内容まで知る事が出来ているが、航空機に興味を持った生徒は過半数に達していない。3年目の平成30年度に関しては、機械科から航空機械工学科へ学科名の変更もあり、航空機に興味を持ち、関心が高い中学生が多く入学する事だろうと期待していたが、調査をするときほど高くない結果となった。更に航空機産業に就職希望者は年々増加してはいるが、航空機産業にMR Jの販売開始や、ボーイング機

生徒の意識調査

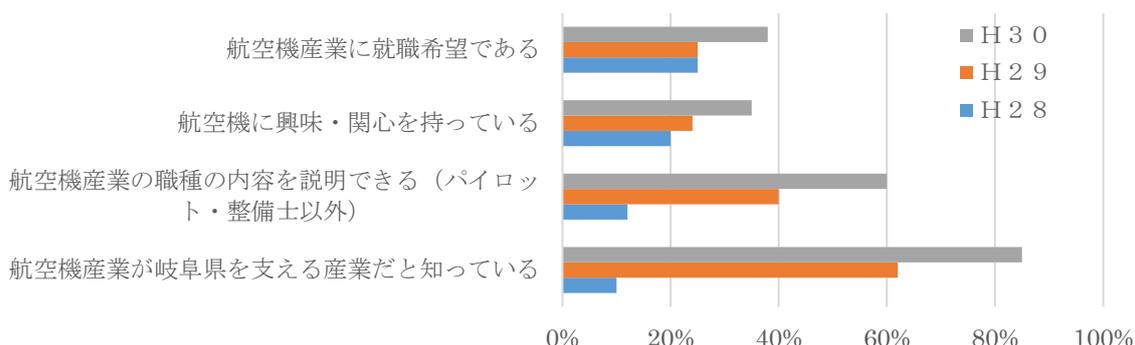


Table18 3年間の意識調査

航空機製造工程実習における生徒の自己評価

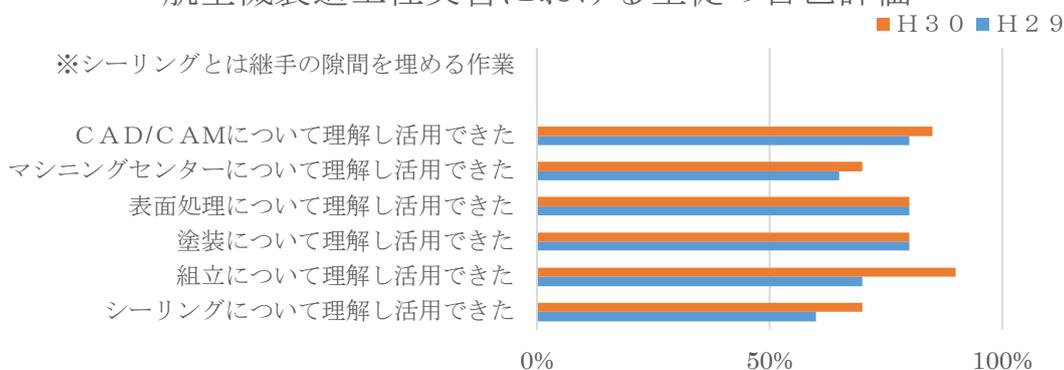


Table19 2年間の生徒の自己評価

の増産があったりと良いニュースが多くなれば、おのずと就職希望者も伸びる要因になると考える。

Table19 では航空機の一連の工程を学ぶ実習での、理解等の生徒自己評価の変化をまとめた。理解度が全体的に高いのは、企業見学や、外部講師からの技術指導が大きな要因と考える。一方で、塗装や、表面処理等の学校内で実施できない内容や、1人1台の環境で作業できない内容は、個人で作業できる内容より、理解・活用できたと応える割合が低かった。学んだことを、再度活用できる様々な場面や取組を設けることができれば、理解の深さに繋がっていくと考える。今後は、塗装や表面処理などを、どのように実習内で実施できるかを考えていきたい。

また、リベット実習において、客観的な評価として熟練技能者の方にも評価をいただき、生徒の技能がどれだけ伸びたのかを調べた。平成29年度よりの取組であり、熟練技能者の方とも相談しながらリベットの合格基準を「傷の有無」を柱として評価したが、8割以上のリベットに傷が無い状態で打鉚ができたという結果になった。そのため、平成30年度は評価基準に寸法の基準を設けて難易度を上げたが、その評価はTable8に示した通り、多くの生徒が高い技能を身に付けたと評価した。その要因の一つとして考えられるのは、教員の教える技量や手本となる技能が高まったことにあると考える。それは、熟練技能者の方からも同様に評価していただけていることから裏付けられている。このように、航空機を専門としている教員がいない中で、いかに質の高い授業を展開していくかが、大きな課題

となっているが、外部講師にサポートいただきながら、多くの教員が自らの知識・技能を高めていける体制を構築していきたい。

Table20 は平成27年度から平成30年度までの航空機産業関連企業への就職状況調査（求人数/内定者数）の推移を表したものである。県内企業でも、アジア No.1 航空宇宙産業クラスター形成区 指定事業者（58社）への調査を行った。今年度の充足率は下がってしまったが内定者の人数は、過去3年間と大差はなかった。県の成長産業に位置付けされているという事は、長期的な視点での話であり、短期的なとらえ方にならないように世界、日本の産業について引き続き伝えていく必要を感じている。また、興味を持たせ関心を高めるだけでなく、正しい基礎技能を身に付けることも、工業高校生に課せられた課題だと感じている。

【岐阜工業高校 全日制】

	H27	H28	H29	H30	合計
求人数	40	40	30	36	147
内定者数	17	20	17	18	73
充足率	42.5%	50.0%	56.7%	50.0%	49.7%

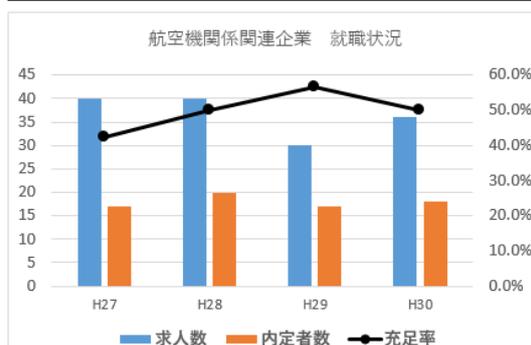


Table20 航空機産業関連企業への就職状況調査

最後に、他校に少しでも参考になることを願い、3年間の取組を整理した体系表を次に示す。

航空宇宙産業を担う人材育成プログラムの開発（3年間の取組一覧）

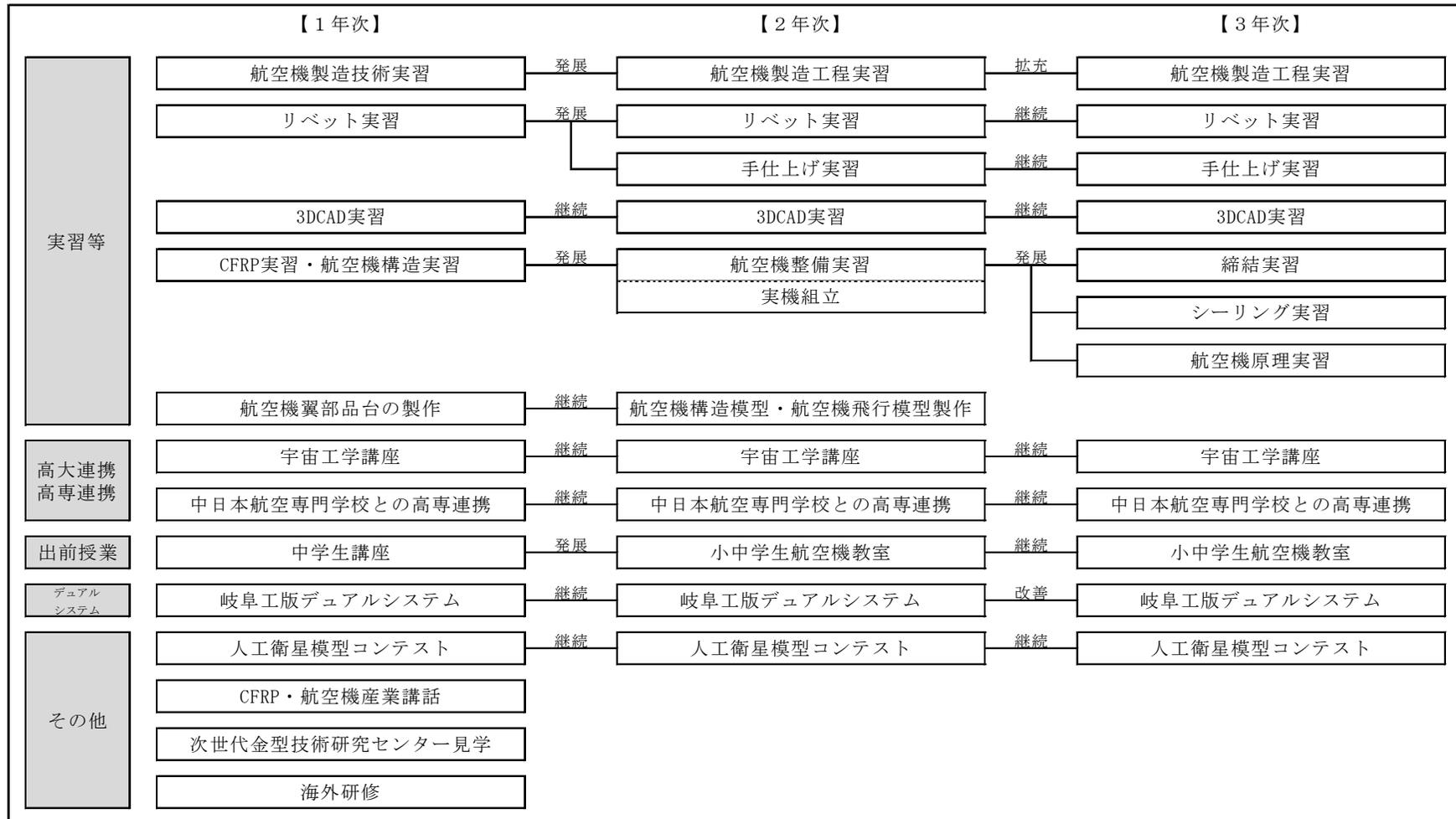


Table21 航空宇宙産業を担う人材育成プログラム 3年間の取組体系図

航空宇宙産業を担う人材育成プログラムの開発（3年間の取組概要）

取組学科：機械科、航空・機械工学科群

	1年次（平成28年度）	2年次（平成29年度）	3年次（平成30年度）
	取組名（学年「実施科目」）	取組名（学年「実施科目」）	取組名（学年「実施科目」）
	取組目的	取組目的	取組目的
実習層	航空機製造技術実習（3年「教育課程外」） 航空機に使用されている製造技術を習得する。	航空機製造工程実習（3年「課題研究」） 航空機翼の一部を想定した課題により、航空機製造一連工程の理解・習得	航空機製造工程実習（3年「課題研究」） 航空機翼の一部を想定した課題により、航空機製造一連工程の理解・習得
	リベット実習（2年「教育課程外」） 航空機の組立に使用される打鉚に関する知識・技能を習得する。	リベット実習（2年「実習」） 航空機の組立に使用される打鉚に関する知識・技能を習得する。	リベット実習（2年「実習」） 航空機の組立に使用される打鉚に関する知識・技能を習得する。
		手仕上げ実習（2年「実習」） ケガキや穴あけの技能を習得し、測定器・工具の使用方法及び炭素繊維複合材の特徴を理解する。	手仕上げ実習（2年「実習」） ケガキや穴あけの技能を習得し、測定器・工具の使用方法及び炭素繊維複合材の特徴を理解する。
	3DCAD 実習（3年「実習」） 3DCAD の基本知識・技能を習得する。	3DCAD 実習（3年「実習」） 3DCAD の基本知識・技能を習得する。	3DCAD 実習（3年「実習」） 3DCAD の基本知識・技能を習得する。
	CFRP 実習・航空機構造実習（3年「課題研究」） 炭素繊維複合材（CFRP）の成型加工法や航空機構造を理解する。	航空機整備実習（3年「実習」） 航空機の構造や飛行原理を理解する。  ※実機組立（希望者「教育課程外」） 実機の組立作業により、航空機の構造を理解する。	締結実習（3年「実習」） 航空機の組立工程に必要な締結技能を習得する。  シーリング実習（3年「実習」） 航空機の部品組立に必要なシーリング技能を習得する。  航空機原理実習（1年「工業技術基礎」） 紙飛行機製作を課題として、飛行の原理を理解する。
	航空機翼部品台の製作（3年「課題研究」） 航空機翼の一部を教材として使用できるように、台を製作することを通して、3DCAD 技術の活用を行う。	航空機構造・飛行模型製作（3年「課題研究」） 航空機の構造や原理について模型製作を通して、構造を深く理解する。	
高大連携	「宇宙工学講座」（希望者「教育課程外」） 宇宙工学に関する基礎知識の習得を目的とした講座の参加し、JAXA 施設等の見学において最先端の宇宙工学技術に触れる。	「宇宙工学講座」（希望者「教育課程外」） 宇宙工学に関する基礎知識の習得を目的とした講座の参加し、JAXA 施設等の見学において最先端の宇宙工学技術に触れる。	「宇宙工学講座」（希望者「教育課程外」） 宇宙工学に関する基礎知識の習得を目的とした講座へ参加し、JAXA 施設等の見学において最先端の宇宙工学技術に触れる。

高専連携	中日本航空専門学校との高専連携 (希望者「教育課程外」)	中日本航空専門学校との高専連携 (希望者「教育課程外」)	中日本航空専門学校との高専連携 (希望者「教育課程外」)
	CFRP についての講義を受け、材料に興味を持ち、成型方法を理解する。	CFRP についての講義を受け、材料に興味を持ち、成型方法を理解する。	CFRP についての講義を受け、材料に興味を持ち、成型方法を理解する。
出前授業	各務野科学ラボ 中学生講座	小中学生対象の航空機教室	小中学生対象の航空機教室
	中学生を対象にした紙飛行機製作講座を実施し、高校生が学習した知識等の成果を普及する。	小中学生に航空機に興味を持ってもらう講座を企画し、高校生が学習した知識等の成果を普及する。	小中学生に航空機に興味を持ってもらう講座を企画し、高校生が学習した知識等の成果を普及する。
デュアルシステム	岐阜工版デュアルシステム (航空機関連企業内定者)	岐阜工版デュアルシステム (航空機関連企業内定者)	岐阜工版デュアルシステム (航空機関連企業内定者等)
	航空機関連企業内定者対象に、就職後に必要となる測定技術や機械加工技術の分野について、外部講師を招き、実践的な技術・技能を習得する。	県内航空機関連企業から熟練技能者を講師として招き、現場で使われている技術を基に指導いただき、打鋸における実践的な技能を習得する。	・打鋸における実践的な技能を身に付ける。 ・内定先企業や卒業生からアドバイスをいただき、就職前に必要な 3DCAD/CAM 技術・技能を習得する。
その他	人工衛星模型コンテスト (3年「課題研究」)	人工衛星模型コンテスト (3年「課題研究」)	人工衛星模型コンテスト (3年「教育課程外」)
	本コンテストに参加することにより、人工衛星の構造を理解する。	本コンテストに参加することにより、人工衛星の構造を理解する。	本コンテストに参加することにより、人工衛星の構造を理解する。
	次世代金型技術研究センター見学 (希望者「教育課程外」)		
	国立大学法人岐阜大学内の同センターの見学により、複合材料や金型の高度な技術を理解する。		
	CFRP 及び航空機産業 講話 (全校生徒「行事」)		
・国立大学法人岐阜大学機械工学科の先生から講話。繊維強化複合材料の種類と特徴及びその作り方について理解する。 ・川崎重工業 (株) の方から講話。航空機産業の現状と将来性について理解する。			
海外研修 (希望者「教育課程外」)			
ANAシアトル支社、ボーイング社エヴァレット工場の見学により、航空機整備や組立現場を見学することにより、航空機に携わる仕事を理解する。			

Table22 航空宇宙産業を担う人材育成プログラム 3年間の取組体系表

## 第2 開発室

高坂武司 森下善行 松田繁雄 高橋寛久  
藤本幸弘 田中祐貴 山根 理

### Introduction :

本研究では、ビッグデータを活用した感情認識ロボットの制御技術、医療福祉分野で活用できるタブレットアプリ開発、IoT技術を実習教材に導入するプロセスの研究を行っている。さらに学習指導要領で掲げられている「生徒によるICT活用」を推進するためにグループウェア活用実習を導入するなど、情報通信産業を担う人材育成プログラムの開発を行う。

これまでの研究によりロボットアプリやタブレットアプリの開発環境が整備され、課題研究や部活動の生徒を中心に本格的なアプリ開発が始まった。本年はそれらの生徒のスキルアップだけでなく、1～3年生における生徒実習への展開について研究を推進している。

### Key words :

感情認識ロボット Teaching playback system IoT 技術 Choregraphe Bigdata  
ICT Microsoft Office 365 Education Ubiquitous Learning MyTeacher 制授業

## 1 緒言

本研究では、SoftBankから販売されている感情認識ロボットPepperのプログラム開発を、株式会社電算システム（以下DSK）の御協力をいただき行った。プログラミン  
グの手法だけでなく、ロボットが私たちの生活にどのように関わっていくか、私たちとの共存とはどのような社会なのか、医療福祉分野などへの活用事例についてなどのソフトウェア分野についても考察をしていく。

これまでの研究から、Pepperの基本的な扱い方や、開発環境Choregrapheの操作方法をDSKによる講義により習得した。CCDカメラと画像処理技術を組み合わせた「じゃ

んけんアプリ」や、モーションを複雑に組み合わせた「ラジオ体操アプリ」をこれまでに開発した。今年度は、それらの基本的なコードを踏まえつつ、さらに別の機能を追加するよう開発した。

IoT化の観点から、Wi-Fiによる無線通信マイコンとPepperを連携し、音声操作による家電製品の制御に取り組み、市販させるようになったスマートスピーカと同様に、既存の家電製品が制御できる仕組みを構築した。そのモデルケースとして建設工学科に住宅模型を製作してもらい、照明のON・OFFをPepperへ伝えることで可能にした。今後は、これらに汎用性を持たせ、幅広い

活用を検討していく。

これまでは課題研究や電子研究部の生徒が中心となり、Pepper ロボアプリ開発を実践してきた。これらの生徒は単年度で研究を行い、学年を超えた情報交換が困難であったため、研究をしている年度は、時間を十分に確保できた一方、次年度への情報共有ができず、年度当初にゼロスタートとなるが多かった。これらの課題から、本年度は「実習」においてロボアプリ開発を行い、生徒のスキルアップを目指した。全員がPepper やロボアプリ開発に触れることにより、IoTに関する裾野拡大と課題研究などにおける研究時により幅広い視野で取り組むことができることを狙った。

また、タブレットアプリ開発ではCSP Webシステム(以下CSP)によるサポートを受け、AndroidNexus7のアプリ開発を行っている。これまでに医療福祉分野への展開として、岐阜県立岐阜盲学校(以下岐阜盲学校)で使用していただくことができるアプリを開発し、GooglePlayで公開した。本年度は、本校と岐阜盲学校の生徒が協同学習できるアプリの開発を進めた。

岐阜盲学校の生徒を本校に招き、Pepper ロボアプリ開発実習の体験や、全盲のプログラマによる講演会を岐阜盲学校主催で行い、本校生徒も参加した。

その他に、専門領域実習としてタブレットアプリ開発を行った。これまでタブレットアプリ開発はAndroidStudioをベースとしたCUI環境が主であった。今回は実習という観点からGUIによる開発に主眼を置いた。MIT App Inventorを活用し、外部講師にCSP Webシステムの方をお招きし、アプリ開発を行った。

さらにグループウェア MicrosoftOffice 365 Educationの活用方法研究と利用促進、マナーやモラルの実践的習得、MyTeacher制実習、ループリックによる評価の導入に関してはこれまでの研究結果から、より本格化させ多くの実習で進め、さらに、ポートフォリオ、パフォーマンス課題など活用して実践した。実習ワークシートについてはWebで公開し、成果の普及・広報活動に繋げた。

## 2 研究内容(実施した内容)

### 2-1 感情認識ロボット Pepper のアプリ開発

DSKのエンジニアによるPepperロボアプリ開発の流れを、授業形式・フリートーキング形式で行った。主に課題研究の時間や放課後に行い、3年生7名と電子研究部5名を対象とした。課題研究の研究テーマとして取り上げるだけでなく、昨年度から取り組んでいる電子研究部Pepperアプリ開発チームに1年生が加わった。

#### (1) DSK エンジニアによる授業

Pepperロボアプリ開発について、開発環境の使い方やモーション作成、音声認識等の基礎的な使い方は、これまでの研究で網羅できている。本年度は、生徒が学科紹介や自己紹介アプリの開発などのテーマを設定し、保守性の高いアルゴリズムを考えながらプログラミングを進めた。その中でDSKエンジニアに何度か来校していただき、分からない点をサポートしていただいたり、より効率的なコーディング手法等を教えていただいた。

【第1回】平成30年4月24日

対象 3年生課題研究チーム・電子研究部  
開発チーム

概要

- ・モーションの作成
- ・クラウドとの連携
- ・制御構造（繰り返し、判断）
- ・学校内ネットワーク資源の活用



Fig1 DSKによる授業

【第2回】平成30年5月15日

対象 電子研究部開発チーム

概要

- ・タイムラインによる制御遷移
- ・動作のブロック化
- ・初期化処理と終了処理



Fig2 タイムライン処理の説明

【第3回】平成30年5月18日

対象 3年生課題研究チーム

概要

- ・タブレットのネットワーク連携
- ・Unityとの連携

- ・学科紹介アプリの制作

【第4回】平成30年5月25日

対象 3年生課題研究チーム

概要

- ・校内Webサーバ連携
- ・Unityとの連携
- ・学科紹介アプリの制作
- ・LEDハードウェア制御

【第5回】平成30年6月25日

対象 3年生課題研究チーム

概要

- ・Unityとの連携
- ・汎用性の高いアプリ開発手法



Fig3 Unityとの連携

【第6回】平成30年7月3日

対象 電子研究部開発チーム

概要

- ・Qiメッセージの取り扱い
- ・アイデアソンによるアイデア創出
- ・校内Webサーバ連携

【第7回】平成30年8月23日

対象 電子研究部開発チーム

概要

- ・アプリのタイムライン化
- ・企業におけるアプリ開発の手法



Fig4 高効率化を目指したプログラミング

【第8回】平成30年8月29日  
 対象 電子研究部開発チーム  
 概要 ・岐阜商工会議所訪問  
 ・ハードウェア構成とデジタルサイネージとの連携



Fig5 岐阜商工会議所の訪問

【第9回】平成30年9月14日  
 対象 3年生課題研究チーム  
 概要 ・ESP WROOM 02 との連携  
 ・IPアドレスの取得とデータ送信

【第10回】平成30年10月5日  
 対象 3年生課題研究チーム  
 概要 ・Unity との連携  
 ・WebGL の動作  
 ・アイコンの作成



Fig6 アイコンの作成

【第11回】平成30年10月26日  
 対象 3年生課題研究チーム  
 概要 ・Unity との連携  
 ・配列に格納したデータの取得



Fig7 Unity との連携

【第12回】平成30年11月9日  
 対象 3年生課題研究チーム  
 概要 ・文化祭における発表と講評

【第13回】平成30年12月14日  
 対象 3年生課題研究チーム  
 概要 ・料理アプリの概要説明  
 ・デジタルサイネージとの連携



Fig8 配列からのデータ読み込み



Fig9 AI オセロのデバッグ

【第14回】平成30年12月24日

対象 3年生課題研究チーム

概要 ・成果発表会における指導  
 ・今後の展開について



Fig10 成果発表会における展示

## (2) バーチャルロボットによるアイデア創出実習

前年度の研究実績から、本年度も電子科2年生全員を対象としたアイデア創出実習を行った。

実施日 平成30年4月17日・4月24日・5月1日（3時間×3日）

対象：電子科3年生全員実習

テーマ：Pepper ロボアプリ開発 創造

Pepperにはユーザとして触れたことがあるが、開発者として携わっている生徒はほとんどいない。そこでPepperができることやAI、ビッグデータの取り扱い、IoT化についての講義のあと、Choregrapheの使い方を説明した。モーション作成とPepperによるコミュニケーションについては、今後の開発の大きな要素となるため特に時間を要した。

開発環境はGUIであり、これまでの組み込みシステム開発に使ったCUI環境と大きく異なり、開発環境に慣れることが容易であり、IoT実習に取り組みやすいと感じ、これまでより課題作成を始めるまでの説明時間が短縮できた。



Fig11 バーチャルロボットによる演習

各課題にポイントを設け、モーションやコミュニケーションが完成後に、教職員が確認するパフォーマンス課題を導入した。



Fig12 パフォーマンス課題に取り組む生徒

最終回にはアイデアソンを行い、「こんなアプリがあったらいいな」をテーマに提案を行った。グループによるシェアリングから、より深いアイデアを出すことができた。

### (3) 実機によるプログラミング実習

実施日 平成30年4月26日・5月9日・  
5月17日・5月24日(各3時間)

対象 電子科3年生9名×4パート実習  
テーマ Pepper ロボアプリ開発 きく・考  
える

実機によるプログラミングでは接続できる機器が限られているため、10名程度のパート実習を行った。多くの機能のうち「きく」と「考える」に主眼を置いた。どちらもPepper ロボアプリには大変重要な要素である一方、対話型アプリ開発において生徒が達成感を持つ課題を課すことができた。

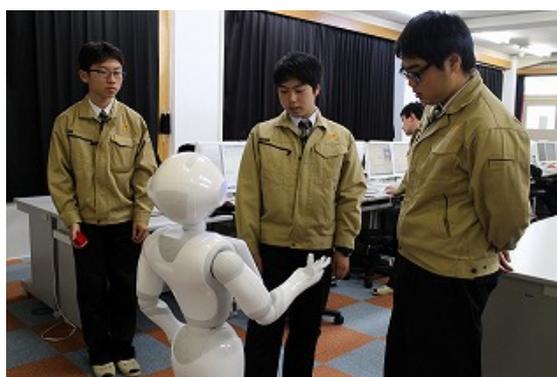


Fig13 書き込んだ動作を検証する生徒

制御構造は、情報技術基礎や電子情報技術で学習したSwitch～Case や if 文による分岐であり、それほど難しくは無いようであったが、Pepper を人間らしく見せるところが難しかったようで、これまでの組み込みシステムとは開発の着目点が異なった。

生徒が想定した動作をしたときには、一喜一憂するなど個別プログラム開発ではあるものの、チームで開発が行われているような雰囲気であった。



Fig14 センシングさせる生徒

実施日 平成30年5月29日・7月3日・  
7月10日・7月17日(3時間)

対象 電子科2年生10名×4パート実  
習

テーマ: Pepper ロボアプリ開発 うごく・  
しゃべる

2年生にとってはバーチャルロボット上での動作は確認したものの、実際に実機に書き込むことはなく、バーチャルロボット上では可能であった動きも、ハードウェアによる制約を受け実現できないものもある。さらに、イントネーションにも気を配り、「人間らしい」会話と「Pepperらしい」発音という相反する課題を出した。Pepperがあまりにも人間らしくても Pepperらしさが無くなってしまう。反して完全なロボットでも Pepperらしさが無くなってしまい、これまで多くの機会に Pepperに触れている2年生だからこそできる実習を行った。

高度なプログラミングを実践している生徒も多く、インターネットや参考文献からアルゴリズムを調べ、ゲーム性が高いアプリを作っている生徒も多かった。



Fig15 タブレットによる制御



Fig16 モーションアイデアの創出

実施日 平成30年9月19日・10月10日・  
10月24日・10月31日  
(各3時間)

対象 電気電子工学科群1年生20名×4  
パート実習

テーマ Pepper ロボアプリ開発 うごく・  
しゃべる

電気電子工学科群1年生は、情報技術基礎でアルゴリズムやプログラミングを学習している。これらは検定試験や組込みシステム開発に必須なスキルであり、2ヶ月ほどの時間をかけて指導した。実習ではこれらを使ったアプリ開発実習を行った。2年生ほど高度なプログラミングはできないものの、情報技術者として基礎的なプログラミング手法を習得できた。

実施日 平成30年11月7日・11月14日・  
11月21日・12月5日(各3時間)

対象 電気電子工学科群1年生20名×4  
パート実習

テーマ Pepper ロボアプリ開発 きく・考  
える

実習テーマ「Pepper ロボアプリ開発 うごく・しゃべる」では、ロボットからの出力が主であり、判断させることがなかった。情報技術基礎においても直線型アルゴリズムを最初に学習するため、ここでは発展型として分岐型アルゴリズムを学習した。情報技術基礎では、出力を目にすることはあまりないため、どのようにプログラムが進んでいくかをトレースすることは困難である。Choregraphe では状態遷移をプログラミング画面上で確認でき、デバッグがしやすい。実際に生徒は、実機とコーディング画面を見比べてトレースしていることが多かった。

このようにトレースすることはアルゴリズムを学習する上で大変重要なことであり、それが GUI 環境で確認できたことはよかった。

## 2-2 医療・福祉・教育分野で活用できるタブレットアプリの開発

CSPWeb システム（以下 CSP）により障がい者が活用できる Android・iOS アプリ開発を行った。

前年度までに学習支援用アプリを開発・公開し、岐阜盲学校をはじめとして多くの学校等で活用していただいている。本年は協同学習に視点を置き、これまで以上にクライアントの意見やアイデアを聞き、より完成度の高いアプリになるようにした。

今までも何度か岐阜盲学校に訪問をして、どのような生徒が学習しているか、見え方体験などを行ってきた。1年生がアプリ開発チームに加わったこともあり、本年度も学校訪問を何度も行うことにより、クライアントのニーズを聞く機会を設けた。

訪問日 平成 30 年 5 月 24 日

対象 電子研究部 1～3 年生

概要 ・学校説明、校内施設見学  
・ロービジョン体験



Fig17 ロービジョン体験

今年度開発に加わった 1 年生にとって、盲学校は初めての場所であり、どのような生徒が学ぶかも未知であった。ロービジョン体験を通して障がいを持った方が、どのようなことに困っているか、どのようなアプリが必要とされるかを個々に感じ取ることができた。

訪問日 平成 30 年 7 月 24 日

対象 電子研究部 1～3 年生

概要 ・音声パソコン操作  
・タブレットの読み上げ機能操作

岐阜盲学校では、操作を読み上げるソフトがインストールされた音声パソコンや、タブレット端末が整備されている。生徒にとって当たり前に使っている機器であるが、障がいを持った方がどのように利用されているかを学んだ。また、スマートフォンへの接し方についても考える機会となり、どのようなインターフェースが必要かなどを体験できた。



Fig18 スマートフォンの見え方体験

訪問日 平成 30 年 8 月 4 日

対象 電子研究部 2～3 年生

概要 ・オープンキャンパス参加、見学  
岐阜盲学校では、地域に開かれた学校を目指してオープンキャンパスを実施してお

り、その機会に音声パソコンやこれまでに開発したタブレットアプリの展示などを行った。開発アプリの展示では多くの方に使っていただくとともに、ユーザの反応を直接聞く機会となった。

訪問日 平成 30 年 8 月 8 日

対象 電子研究部 3 年生

概要 ・ 電脳七夕まつり 2018 へのテレビ会議参加

昨年度、講演をしていただいた若宮正子さんとの交流が続いており、その縁で IoT 学習推進協議会や NPO ブロードバンドスクール協会主催による電脳七夕まつり 2018 へ参加した。このまつりは横浜市や仙台、上海、台湾等で開催が予定されており、それぞれの会場をテレビ会議システムで中継する。本校生徒も岐阜盲学校を会場としてテレビ会議システムにて参加した。これまでに開発した「けいさんアプリ」と「猫を探して」を紹介した。横浜会場との中継では、本校と岐阜盲学校との連携についてや、本校生徒のアプリの完成度、アイデアについて高い関心が寄せられた。



Fig19 電脳七夕まつり 2018 への参加

実施日 平成 30 年 10 月 19 日

対象 電子科課題研究 3 年生

概要 ・ 岐阜盲学校生徒による Pepper ロボアプリ開発体験



Fig20 岐阜盲学校生徒にアドバイスする本校生徒

岐阜盲学校の生徒 2 名が本校に来校し、Pepper ロボアプリ開発体験を行った。ビジュアルプログラミングができるとはいえ、1 からコーディングするのは難しい。そこで岐阜盲学校の生徒のプログラミングスキルに応じて、あらかじめ課題やプログラミングベースを準備し、アドバイスをしながら体験をしていただいた。

岐阜盲学校は、音声読み上げパソコンが導入されており、キーボードなどの情報機器の操作については慣れていた。また、年齢が近い本校生徒が直接アドバイスをすることにより、楽しみながらアプリ開発の手法を学習していただけた。

本校生徒にとってもクライアントの立場に立ち、どのようなことをやってみたいか、どのような介助が必要かなどを考えながらサポートできており、開発に至った経緯や開発苦労話などを共有し、大変貴重な機会であった。



Fig21 作ったロボアプリの発表

実施日 平成 30 年 12 月 19 日

対象 電子研究部 2 年生

概要 ・外谷先生講演会に関する事前学習会

1 月に岐阜盲学校で開催される外谷先生の講演会に向けた事前学習会を行った。講演会に参加予定の本校生徒が、講師にどのようなことを聞いてみたいかをブレインストーミングした。

情報通信分野に就業や進学を考えている生徒がほとんどであり、視覚障がいのことだけでなく情報通信業界やプログラミングについて技術的なことを聞いてみたいと考えていたようである。

ここで考えるだけでなく、ブレインストーミングを行うことにより情報共有ができた。ブレインストーミングは実習や工業技術基礎、ホームルーム等でも何度か開催をしている。生徒にとっては慣れたアイデアツールのひとつであり、ブレインストーミングを行うたびに、より豊富なアイデアが出るようになったのは評価できると感じた。



Fig22 事前学習  
(ブレインストーミング)



Fig23 事前学習  
(ブレインストーミング後の情報共有)

実施日 平成 31 年 1 月 11 日

対象 電子研究部 2～3 年生

概要 ・外谷先生講演会

岐阜盲学校において、視覚障がいを持ったプログラマ外谷渉先生の講演会を行った。情報技術エンジニアとしてどのような仕事をしているか、仕事や生活を送る上での苦労することや楽しいことなど、実体験を交えながら講演していただいた。本校からはアプリ開発を行っている 3 年生 1 名、2 年生 4 名、Pepper ロボアプリ開発を行っている 5 名の計 10 名が参加した。2 年生には将来情報通信分野への就職、進学を目指している生徒が多い。Java や Python、ベストプラクティスアルゴリズム生成などエンジニアにとって必要なスキルについて学ぶことができた。



Fig24 講演会

講演会には、岐阜盲学校生徒や保護者等約 50 名が参加した。講演会では外谷先生からの話しが中心であり、個別に話しをする機会が少なかった。

そこで岐阜盲学校の生徒と本校生徒がグループを作り、講演会に関する感想の情報交換などを行った。さらに本校生徒が開発したアプリを実際に使っていただき、フィードバックをいただくことができた。これまで岐阜盲学校の先生からしか意見を伺うことができなかつたが、クライアントから直接ヒアリングができ、今後のブラッシュアップポイントが発見できた。

また、座談会では外谷先生と直接お話しすることができ、同じ情報技術分野に関わる者としての悩みやスキルアップに関する相談ができた。



Fig25 講演会後の座談会

## 2-3 ICT 機器の活用とポートフォリオ

### (1) ICT 機器の活用

実施日 平成 30 年 9 月 10 日・9 月 18 日・  
10 月 1 日・10 月 15 日 (各 2 時間)

対象 電気電子工学科群 1 年生 20 名×  
4 パート実習

概要 ・オシロスコープの取り扱い

実習や座学、部活動の指導において、ICT 機器の活用を推進し、実習においてはタブレットやスマートフォンを活用した。例えば、オシロスコープによる波形観測をしたときには、波形をスケッチすることが多かったが、波形スケッチはあらかじめワークシートにスクリーンショットを準備しておき、自在定規等を使って描きこむ。電子技術者にとって波形観測は大変重要なスキルのひとつであるが、ICT 機器が進展している現在では記入することはほとんどなく、USB メモリを使った描画等が行われる。

1 年生工業技術基礎ではオシロスコープの基本的な取り扱いの方法を指導し、2・3 年生電子実習では回路内各デバイスにおける入出力波形を観測する。



Fig26 計測実習

本校ではタブレットを使いオシロスコープのスクリーンショットを行い、校内生徒用ファイルサーバに画像を保存し、その後

Windows パソコンを使ってデータ処理する流れを構築した。

タブレットをネットワーク化することにより、ファイルサーバの情報資源を容易に取り出すことができるなど他のメリットも多かった。



Fig27 DA/AD 変換実習

実施日 平成 30 年 5 月 7 日 (2 時間)  
対象 電気電子工学科群 1 年生 80 名一斉実習

概要 ・危険予知トレーニング

校内の危険箇所をグループで見つけ、発表する実習を行った。生徒はタブレットを持って危険箇所を撮影することにより、イラストで描くより分かりやすく伝えることができた。



Fig28 タブレットを使った撮影

約 30 分間、グループごとに校内を巡回し、

授業に直接関連しない危険箇所についてもグループ内でディスカッションし、撮影できていた。



Fig29 ICT 機器を活用した情報共有

撮影後、実習室に戻りグループ内で撮影画像を見ながら情報共有を行った。タブレットを使うことで手軽に写真が撮影でき、サムネイル画像により、危険箇所の優先順位をつけて検討することができた。この後のグループ発表のシミュレーションもタブレット上で行うなど、ICT 機器を普段から扱っている生徒らしい発想が多くみられた。



Fig30 グループ発表

10 のグループがそれぞれ危険箇所を撮影したため、グループによる実践発表を行った。本校の敷地はたいへん広いため、すべての場所を見ることは困難であるが、ICT 機器を活用することによりビジュアルで考える

ことができた。

また発表者の姿勢、聞く態度等についても指導を行い、情報共有の効果をより高めることができたと考えられる。

実施日 平成 30 年 4 月 10 日～7 月 10 日

対象 技能検定電子機器組立て職種を受験する生徒 13 名

概要 ・技能検定電子機器組立て職種実技試験指導

電子研究部が中心となり、国家技能検定電子機器組立て作業電子機器組立て職種 2 級・3 級の取得に向けて練習をしている。2 級は 7 月上旬の実技試験に向けて、4 月からはんだづけやケーブル接続の練習を行い、6 月上旬からは模擬試験を行う。この模擬試験において単位作業時間をまとめ、自らの反省等からできばえ向上に向けてどのように取り組むかを主体的に考える機会を作った。

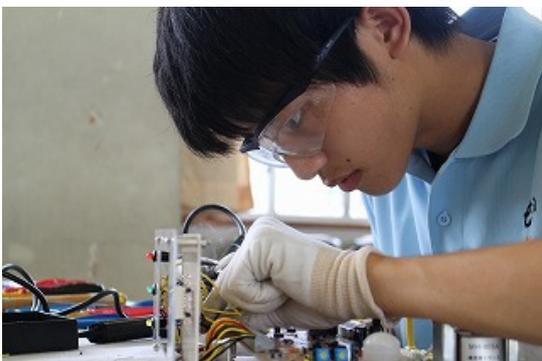


Fig31 電子機器組立てに取り組む生徒

電子機器組立ては技能要素が多く、何度も訓練することにより技能が向上する。一方、作業標準の提示が必要であるが、この提示方法のひとつに ICT 機器を活用した。

具体的にははんだづけの様子を動画撮影し、それらをタブレットやスマートフォン

で視聴する。特にこて先の回転や角度、温度設定など細かなところまで ICT 機器によって記録できていた。

指導者によるはんだづけの実演を行い、生徒にとっては一度見ただけで覚えることは困難であり、スマートフォンを取り出して主体的に記録する場面が多くみられた。指導者にとっても作業のコツを音声とともに記録することができ、何度も見直して確認することができる。さらにこれらのコンテンツをストックすることにより、次年度以降も継続して指導できる体制ができあがるのが想定できる。

これらの訓練は、要素訓練を何度も繰り返し、要素を組み合わせることで規模を大きくして、試験前には模擬試験を行い、生徒のモチベーションや作品完成度を上げていった。



Fig32 はんだづけの練習

また、単に作業時間を記録し反省するだけでなく、グラフ化することによりどのような作業を重点的に練習すべきかを明確にできた。この手法としてポートフォリオを導入し、よりきめ細かな指導を行った。

## (2) タブレットアプリ開発実習

実施日 平成 30 年 12 月 20 日・平成 31 年  
1 月 10 日・1 月 17 日 (各 3 時間)

対象 電子科 3 年生 9 名

概要 ・GUI 環境によるタブレットアプリ  
開発実習

3 年生を対象とした専門領域実習として、タブレットアプリ開発を行った。専門領域実習は SPH 研究指定を受けた 3 年前から実施をしており、進路適性や希望に応じて実習テーマを選択して、より深く学ぶ実習であるが、今年度新たに上記テーマを設定した。

これまでタブレットアプリ開発は、CUI 環境である Android Studio を使っていた。環境構築までに時間を要するだけでなく、デバッグ処理に時間がかかる環境であるため、今回は Web ベースで開発が可能である MIT App Inventor を使用した。



Fig33 CSP Web システムによる指導

アプリ開発にあたり、CSP Web システムのエンジニアにサポートしていただいたが、生徒に応じて開発するアプリが違い、コーディングの方法もまちまちである。

MIT App Inventor はスクラッチベースでコーディングできるうえ、オブジェクト指向型プログラミングが可能である。これま

での実習で CUI 環境に慣れていた生徒であるが、2 時間ほど実習を行うと GUI 環境に慣れてコーディングができていた。

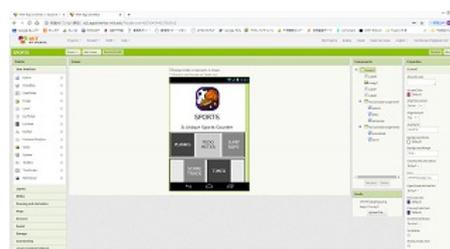


Fig34 MIT App Inventor 開発環境

画面構成は XML 言語を用いず、マウスを使ってオブジェクトを配置していく。プロパティについてもマウスによる選択式であり、PC 上でエミュレートができるなどスムーズであった。



Fig35 MIT App Inventor コーディング環境

コーディングについてもフローチャート型のプログラミングを行い、Scratch と同じような仕組みで動き、授業科目情報技術基礎や電子情報技術を学んだ生徒にとっては分かりやすかった。

このように MIT App Inventor を活用することにより、初学者にとって導入しやすく、開発環境整備に時間を割くことが無く、その分コーディング作業に取り組むことができた。今回は 9 時間の実習時間のうち、約

80%をコーディング時間、15%を開発後の情報共有時間として確保できた。環境構築については5%以下であった。MPLAB X IDEやPLC 実習における開発環境構築時間は10～15%程度であるため、ここからも本環境が初学者にとって効率的かが分かる。

コーディング後、各生徒が開発アプリの紹介する機会を設けた。自分が楽しむだけのアプリではなく、どのような人に楽しんでもらいたいかなどクライアントニーズを探ったアプリが多かった。ジャイロセンサやWeb 連携、MP3 再生などハードウェア制御を行っているアプリが紹介され、将来情報通信分野に就職、進学する生徒だけでなく、アイデア創出や課題解決について、本実習を通して学習することができた。



Fig36 情報共有の時間

### (3) MyTeacher 制実習の導入

実施日 平成 30 年 9 月 18 日～10 月 23 日  
(各 3 時間)

対象 電子科 2 年生全体実習

概要 ・PGB プログラミング実習

実施日：平成 30 年 10 月 30 日～11 月 6 日  
(各 3 時間)

対象 電子 2 年生全体実習

概要 ・Tina を使用した電気電子計測シミュレーション

ュレーション

実施日：平成 30 年 11 月 13 日～平成 31 年 1 月 15 日 (各 3 時間)

対象 電子科 2 年生 10 名×4 パート実習

概要 ・RLC 直列共振回路の特性測定  
・トランジスタの静特性  
・ロジック IC によるカウンタ回路  
・Pepper アプリ開発 きく・考える

実施日 平成 30 年 5 月 31 日～7 月 5 日  
(各 3 時間)

対象 電子科 3 年生 9 名×4 パート実習

概要 ・スマートフォンの充放電特性  
・オペアンプの増幅特性  
・DTM による PWM 測定  
・LAN 構築

実施日 平成 30 年 9 月 6 日～9 月 13 日  
(各 3 時間)

対象 電子科 3 年生全体実習

概要 ・DTM プログラミング実習

実施日 平成 30 年 11 月 1 日～12 月 6 日  
(各 3 時間)

対象 電子科 3 年生 9 名×4 パート実習

概要 ・太陽光発電システムの設計  
・電源回路の特性  
・Raspberry PI による IoT 技術

実施日 平成 30 年 12 月 20 日～平成 31 年 1 月 17 日  
(各 3 時間)

対象 電子科 3 年生 5～9 名パート実習

概要 ・専門領域実習

本年度、上記3ローテーションにてMy Teacher 制実習を実施した。My Teacher 制実習とは、実習が次のパートにローテーションしても、指導する教員は常に同じである体制である。これにより、生徒個々の理解度を教員が把握しやすく、それに考慮したきめ細かい指導ができると考える。My Teacher 制実習が、全実習テーマの内、2年生は29%、3年生は47%を占める。

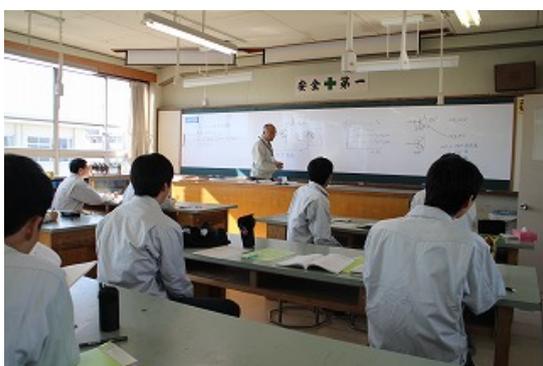


Fig37 My Teacher 制実習

選定したテーマは計測実習、情報技術実習などである。学科の学習内容でも偏りが少ないローテーションで実施した。

対象：電子科2・3年生及び電気・電子工学科1年生

対象	取組	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
1年生	2-1 (3) ロボット実機によるプログラミング実習 (1年生パート実習)											
	2-3 (1) ICT機器の活用 (1年生パート実習)		危険 予知					オシロスコープの取扱			プレゼンテーション	
2年生	2-1 (2) バーチャルロボットによるアイデア創出実習 (2年生全員)											
	2-1 (3) ロボット実機によるプログラミング実習 (2年生パート実習)											
	2-3 (3) MyTeacher制での実習 (2年生パート実習)											
3年生	2-1 (1) 感情認識ロボットPepperのアプリ開発 (3年生課題研究)		外部 講師	外部 講師	外部 講師				外部 講師	外部 講師	外部 講師	外部 講師
	2-1 (3) ロボット実機によるプログラミング実習 (3年生パート実習)											
	2-2 医療・福祉・教育分野で活用できるタブレッ トアプリの開発 (3年生課題研究)								岐阜 盲学校			
	2-3 (2) タブレットアプリ開発実習 (3年生専門領域実習)											
	2-3 (3) MyTeacher制での実習 (3年生パート実習)											
部活動	2-1 (1) 感情認識ロボットPepperのアプリ開発 (電子研究部)		外部 講師	外部 講師		外部 講師		外部 講師				
	2-2 医療・福祉・教育分野で活用できるタブレッ トアプリの開発 (電子研究部)			岐阜 盲学校		岐阜 盲学校	岐阜 盲学校			岐阜 盲学校		岐阜 盲学校
その他	2-3 (1) ICT機器の活用 (技能検定受験者)			電子機器組立て職種								電子機器組 立て職種

Table1 情報通信産業の振興を担う人材育成プログラム 平成30年度実施スケジュール



Fig38 Pepper アプリ開発

### 3 結果

#### 3-1 感情認識ロボット Pepper のアプリ開発

DSK のサポートにより、中学生とその保護者向け学科紹介アプリの制作を行った。アプリを作る様子なども見ていただくことにより、本校生徒のスキルの高さを分かっていたと感じた。



Fig39 学科紹介アプリを説明する開発者



Fig40 Pepper を通した国際交流

また台湾の高校生との国際交流においてはロボアプリ開発を一緒に行うなど、Pepper を通したコミュニケーション能力の向上を目指した。

アプリ開発にあたっては、アイデアソンだけでなくブレインストーミングや KJ 法などを効果的に活用し、アイデア出しを行った。電子科の生徒にとって、これらの手法は実習やホームルーム活動など多くの場面で進めることができている。アイデア出しをスムーズに進めることができている本研究成果の一つでもあると考えられる。



Fig41 3年生生徒によるブレインストーミング

IoT 技術としてネットワーク連携を行った。プログラミングツールとしては C# や Python、Unity 等があるが、これらを Pepper と連携させ、統合的な IoT 技術の開発技能の向上を目標に、実習等で取り上げたツールだけでなく、生徒自身に取り組んでみたいツールを提案し、グループのメンバーでそのツールが有効であるかをディスカッションした。



Fig42 C#による開発

間外にできた課題を分け、定められた時間でどれだけのパフォーマンスを発揮できるか各課題における得点ポイント割合を比較した。

2年生のアイデアソン実習でも多くのアプリが提案された。生徒同士による交流と評価を行い、主観評価だけでなく客観評価ができるように工夫した。

実機を使った実習では、「プログラマに求められる要素は」を副題に、時間をかければ難しい課題や複雑な動作でもプログラミング化できるが、これまでの生徒の様子を見ても放課後等を使ってより難しい課題に挑戦しようとする姿が見られた。本年度は、授業中にできた課題と、放課後等授業時

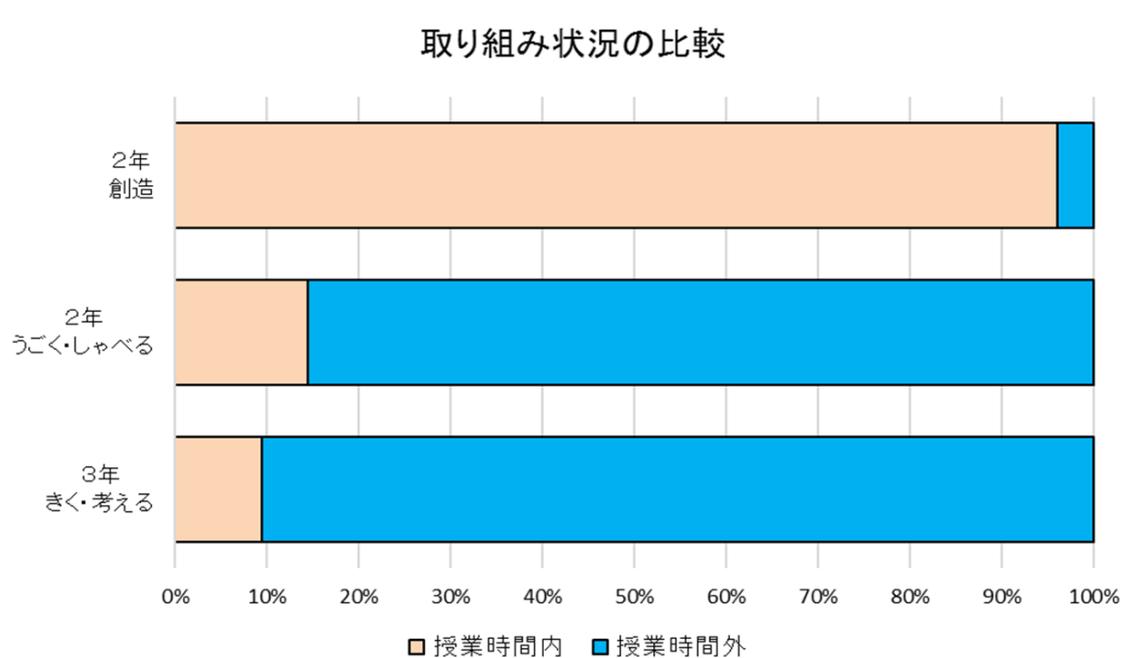
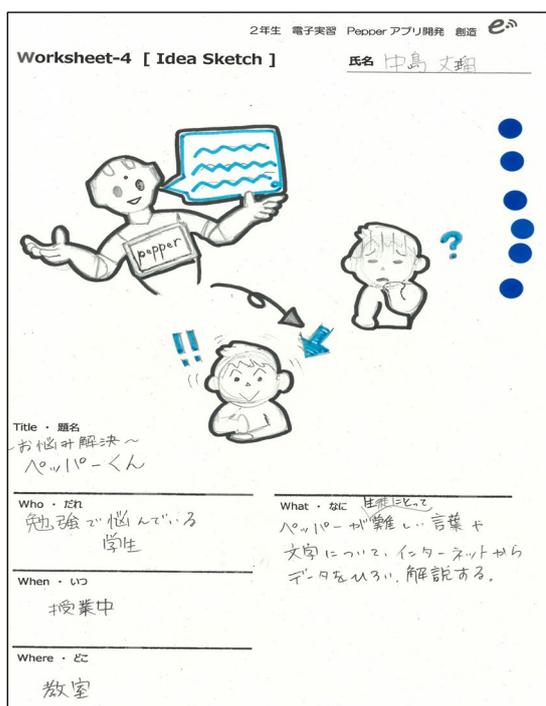
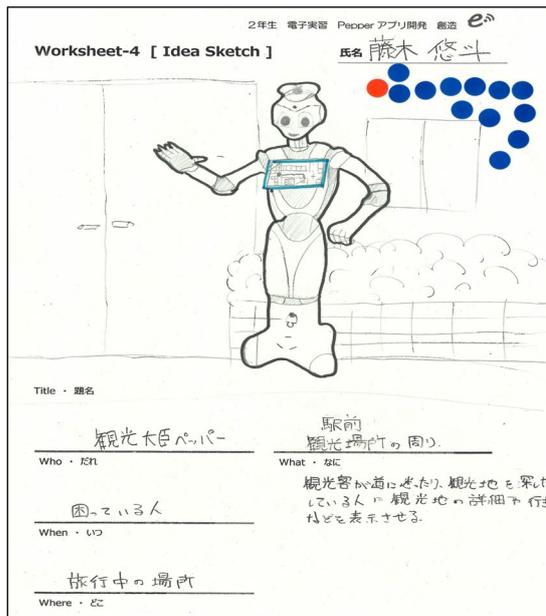


Table2 取り組み状況の比較



生徒が演習する課題には、レベルに応じてポイントを付与し、さらに自分で課題を考える力をつけさせるために、自由課題も設けた。その結果から、2年時最初に実施した創造編では、ほとんどの生徒が授業時間内に課題に取り組んだのに対し、「うごく・しゃべる」編や「きく・考える」編では、授業時間内より授業時間外での得点が多いことが分かった。授業時間内では基礎的な課題に、授業時間外に時間をかけてゆっくりと難しい課題やアイデアが必要な課題に取り組み、授業で基礎が分かるとより楽しくなるため、時間を忘れて取り組んでいる生徒が多かった。



### 3-2 医療・福祉・教育分野で活用できるタブレットアプリの開発

タブレットアプリ開発にあたっては、CUIが中心となり初学者にとって導入が困難であるため、2・3年生が指導者となり、入学後間もない1年生にプログラミングの指導を行った。プログラミングやアルゴリズム学習は6月ごろ学習するが、それより先行しており、教え方にも工夫が必要であるため、指導者は自身の経験からホワイトボードなどを効果的に使い、分かりやすくプログラミングの手ほどきをしていた。

Fig43 2年生実習で提案されたアプリ

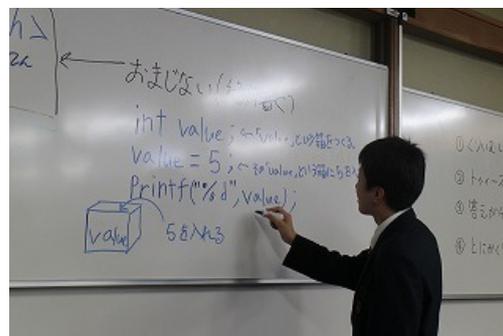


Fig44 2年生によるプログラム指導

また、岐阜盲学校への訪問を何度か重ねることにより、岐阜盲学校の教職員によるアプリ開発への理解をこれまで以上に得ることができ、今後さらに有効なアプリ開発が進められると感じた。



Fig45 岐阜盲学校 林校長との面談

外谷先生の講演からは、情報技術分野に携わる者として心構えを伺った。障がいを持ちながら様々なツールを用いて仕事をする姿に生徒は感動し、将来の自分の姿と照らし合わせていた。

参加した本校生徒の感想は次の通りである。

全盲とか、プログラマとか関係なく、やりたいことを見つけて、自分のやりたいことを楽しんで生活しようと思った。

外谷さんは全盲と言う事だったが、全然そんな事が関係ないような仕事をされていて身体の能力は関係なく、やりたい事や向いていることを突き詰める事が大切だと思った。

進路を悩んでいるので、プログラマになるという一つの選択肢について詳しく聞いてよかった。

全盲の方の生活も知れたし、プロのプログラマの方から経験になる話を聞いたのでとてもよかった。また在宅ワークなどの働き方改革も、自身で実践しているところなども知れてよかった。

この講演を聞いて、私は将来社会貢献するためにどのように企業で活躍するか、進路を決めた後、何をすべきかについて非常に参考になった。

今回の講演を聞いて、自分もプログラム関連の仕事に就きたいと思っていたので、自分の将来の進路の考え方の参考にできたと考えた。

また、「講演を聞いて取り組んでみたいこと」という内容については次のような回答があった。

最近 Unity に触っていなかったのですが、もう一度ゲーム制作をやってみたくなりました。

現在、Android のアプリ開発をしているが、ひとつの言語をしっかりと理解すれば、他の言語も少し変えるだけと聞いたので、違う言語にも挑戦してみたい。

もっとプログラミングの技術も身につけて、扱える言語も増やしていきたい。

一つ二つプログラム言語を覚えることは今までやりましたが、デザインパターンやアルゴリズムなどのベストプラクティスはあまりやっていないのに加え、私は情報関係の企業に行きたいので、それを技術向上のためにやりたい。

脳神経にカメラの映像信号を伝達させて、盲目の方々にもこの世界を見てもらえるシステムを作りたい。

音声読み上げパソコンなど、視覚障がい者がパソコン等を活用できるための環境は整備されつつある。一方、学校や社会において、これらのサポートはまだ不十分であるため、本校で開発したアプリを、全国の盲学校や視覚障がいを持った方が活用していただき、支援の輪が広がれば幸いである。

座談会では、開発したアプリを実際に岐阜盲学校の生徒に使用していただいた。使い方の説明やクライアントの様子を開発者が直接伺うことができ、座談会と講演会を終えて生徒が印象に残ったことは次の通りである。

座談会の時、実際に私たちが作ったアプリを盲学校の生徒さんに触っていただく機会があり、実際に使ってくれて、自分が思ったよりも正確に数字を入力してくださったり、もう少し改善が必要な部分を痛感したりして、特に印象に残りました。

本講演では現状に満足せず、スキルアップのために向上していくことの大切さや課題解決力の向上ができた。

### 3-3 ICT 機器の活用とポートフォリオ (1) ポートフォリオ

ポートフォリオを効果的に行い、技能検定課題の出来栄を効率的に向上させることができた。Fig46 は生徒が記入したポートフォリオである。単位時間を記入するだけでなく、その反省と次回への課題を記入

し、振り返りを行うことにより主体的に学習できるシステムを開発した。

実際の生産現場においても、作業効率を上げることが必要であるといわれているため、その中で技能試験を通した効率向上は大変有効であり、他のものづくりにも応用できる内容であった。作業時間だけでなく作業環境の整備を通して、段取りを考え、見直しを持ったものづくりが実現できた。

導入当初よりこれらを行うことにより、検定への取り組みだけでなく、他の学習でも同様の取り組みで効果的な結果が得られることが期待できる。

製作工程		開始時刻		5 回目	
				6 月 16 日	
1	釘うち	~9:05	5分	9:5	5分
2	束線(ケーブル引き回し)	~9:10	5分	9:12	7分
3	束線(バンドしめ)	~9:45	35分	9:41	29分
4	ストリップ・よびはんだ	~9:55	10分	10:3	21分

反省事項  
表面束線を先に全てよびはんだしてから、つけたのでよびはんだ不良になっているのかわからなかった。エアーホールの束装はよびはんだを流してつけた。練習はより上手くてよかった。

指摘事項・次回改善事項  
基本のはんだ付けの順番を決めておく。予めはんだを流すのと、角のよびはんだを流すようにする。よびはんだは1回ずつ。バンドはバンド幅をそろえる。抵抗リードは長さもそろえる。IC はんだ量もそろえる。

Fig46 ポートフォリオの実施

ポートフォリオを使い、作業ごとのラップタイムを算出し、それをグラフ化し生徒に還元することで、自分自身の弱点を見出し、克服するために何をすればいいかを考えるさせることができた。作品を提出する

だけではなく、より良いものづくりをするための方法を主体的に考えることができた。

## (2) ルーブリックによる評価の導入

実習では、MyTeacher 制実習を継続して研究している。EV3 を使ったプログラミング実習や、ペーパータワーによるマネジメント実習、BED の組立てとプログラミング実習等、生徒の主体性を向上させることを目指した実習展開を行っている。専門性が高い実習が多いが、毎週行われる教員研修の機会を中心に、教職員が確かな指導力と確実な技術を身に付ける工夫を行っている。

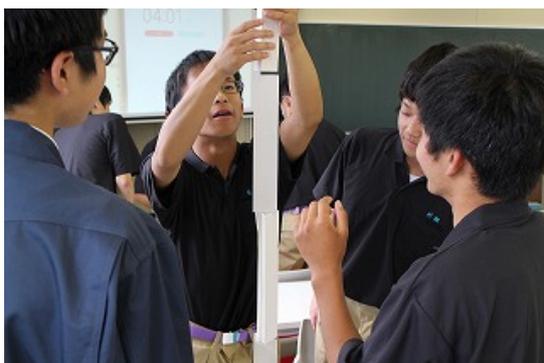


Fig47 ペーパータワーによる  
マネジメント実習

さらに本年度は、電気電子工学科群での生徒入学と授業実施、他学科の職員における合同実習等を行っている。

本研究事業の成果物の一つに、ルーブリックによる評価表の作成がある。研究指定3年で100%の実習についてルーブリックによる評価表を作成した。さらに指導計画やワークシートの書式を統一するなど、学科として実習に統一性を持たせた。

これらのワークシートは他の学校においても活用できと見え、一部の実習テーマに

ついては本校のホームページに公開しているため、活用していただきたい。

現在公開している実習テーマは下記のとおりである。

### 【工業全般に関する分野】

- ・プレゼンテーションによる国内旅行
- ・ペーパータワーによるマネジメント
- ・インシデント対応
- ・知的財産とアイデアの発想
- ・改善活動と管理図
- ・機械加工

### 【電気・電子計測に関する分野】

- ・抵抗器・デジタル測定器の取り扱い
- ・オームの法則の実験
- ・ダイオードの静特性
- ・DA/AD 変換

### 【情報通信に関する分野】

- ・タブレットによる EV3 制御
- ・Pepper アプリ開発 うごく・しゃべる
- ・Pepper アプリ開発 きく・考える
- ・LAN 構築
- ・タブレットアプリ開発

### 【ものづくりに関する分野】

- ・DTM による PWM 測定
- ・DTM の回路設計
- ・DTM プログラミング

岐阜工業高校HP

[https://school.gifu-net.ed.jp/gifu-ths/zennichi/2\\_tokutyou/gakka\\_hp/denshi/3\\_syoukai/30\\_syoukai.htm](https://school.gifu-net.ed.jp/gifu-ths/zennichi/2_tokutyou/gakka_hp/denshi/3_syoukai/30_syoukai.htm)



学習指導案（教科：工業 科目：工業技術基礎（電子））

指導クラス・実施形態	1 年電子工学科・20 名パート実習		使用教室	視聴覚室（本館 4 階）	
単元名・時間数	知的財産とアイデアの発想・連続 2 時間（工業技術基礎 P 16）		生徒準備物	工具	
職員準備物	名刺サイズのケント紙・ゼムクリップ				
本時の目標	知的財産権について理解する 他者の意見を尊重しグループで最善のアイデアを出す				
学習活動に即した単元の評価規準		関心・意欲・態度	思考・判断・表現	技能	知識・理解
	実技による評価	グループワークに積極的に参加している		他者の意見を尊重できる	知的財産権について理解している
課題提出による評価			他者の意見と自分の意見を融合できる	クリップの案を出すことができる	知的財産権の重要性について理解している



ルーブリックによる評価表

単元名	知的財産とアイデアの発想	実習日	月	日	実習班	評価者
-----	--------------	-----	---	---	-----	-----

評価	実技による評価			課題提出による評価		
	関心・意欲・態度	技能	知識・理解	思考・判断・表現	技能	知識・理解
評価の観点	グループワークに積極的に参加している	他者の意見を尊重できる	知的財産権について理解している	他者の意見と自分の意見を融合できる	クリップの案を出すことができる	知的財産権の重要性について理解している
評価項目	積極的に参加する	言い合うことなく他者の意見を聞くことができる	知的財産権について身近な例で考えることができる	他者の意見と自分の意見を組み合わせることができる	複数創造的な案を出すことができる	身近な例で重要性について説明できる
A：十分満足できる	積極的に参加する	言い合うことなく他者の意見を聞くことができる	知的財産権について身近な例で考えることができる	他者の意見と自分の意見を組み合わせることができる	複数創造的な案を出すことができる	身近な例で重要性について説明できる
B：おおむね満足できる	自分から行動することが少ない	自分の意見を通すことが多い	抽象的ではあるが知的財産権について理解している	他者の意見/自分の意見のどちらかである	他者の真似が多い	抽象的ではあるが説明できる
C：努力を要する	指導されても参加しない	話し合いにならない	理解できない	話し合いができない	案を出すことができない	理解できていない
	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C	A・B・C



**実技3** ゼムクリップの新商品開発をしてみよう。

現行商品の課題(図でも文字でもOK)

新商品案(図を描いてリードペンチで作ってみよう)

案1	案2
----	----

Fig48 公開中のワークシート等

### (3) IoTに関する意識調査

これまでIoTに関する取り組みを行い、実習や授業への取り組みがどのように変化したかを比較した。

	1年	2年	3年	合計
H28	0	3	21	24
H29	10	9	9	28
H30	20	18	21	59

Table3 IoTに関する実習時間

Table3はSPH研究指定3年間におけるIoTに関する実習時間数である。1年生工業技術基礎2単位、実習3単位、2年生実習3単位、3年生実習3単位内の実施時間であり、課題研究や部活動などの一部の生徒が実施した時間ではない。

研究1年目は、3年生を中心とした取り組みが主となったが、これはIoTについてどのように指導すればよいか、その成果や課題について不透明な部分が多く、低学年において実施できなかったことが原因であると考えられる。その一方、課題研究や専門領域実習等、一部の生徒が探求的に取り組む時間で、テーマとして取り上げた。研究2年目以降は、これらを低学年における実習テーマとして実施

している。

研究2年目は、EV3やタブレットに関する実習が増加したことにより、時間数を増やすことができた。これらの実習を新規に取り組む一方、基礎的な計測実習や、ものづくり実習の時間が減少した。しかし単純な時間減少ではなく、ICT機器の活用によって結果をまとめる時間を短縮し、複数のテーマを複合的に、また複数の科目を教科横断的に行うなど効率的な実施に向けて検討、実施できた。

研究3年目は、全学年において偏りなく実施できた。Pepper ロボアプリ開発の実機書き込み実習を全学年に導入し、すべての生徒がPepper ロボアプリ開発を行うテーマにした。さらにEV3実習についても、学年や生徒の習熟度に応じて、実習テーマを2つに分けるなどよりきめ細かな指導ができるようなフローを構築した。

Table4はIoTに関する意識調査である。各質問項目において、「できる」「ほぼできる」「あまりできない」「できない」の4観点で生徒が自己評価をした。SPH研究指定の3年間の間に、生徒がどのように変化したかをまとめた。

入学後間もない1年時の5月にはIoTとい

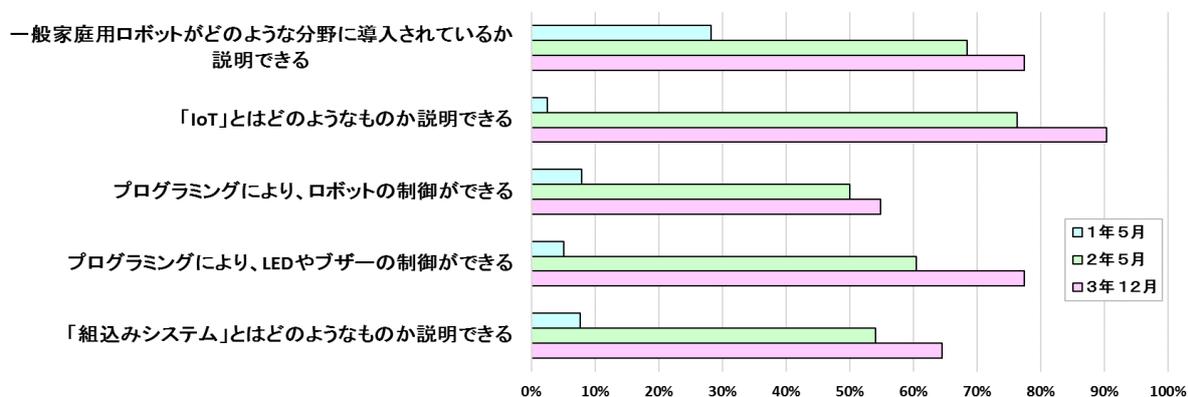


Table4 IoTに関する意識調査

う言葉自体になじみがなく、どのようなものか理解している生徒も少なかった。

電子科で1年間学んだ2年生の5月には半数以上の生徒がIoTを身近なものとしてとらえることができている。直接IoTという実習テーマは実施をしていないが、様々な場面においてIoTに触れることが多くなり、自然にその言葉が頭に入ってきていると想定できる。

3年生になると、Pepper ロボアプリ開発実習やEV3実習、アプリ開発実習など多くのIoT実習に触れる。その時間数が多く、専門性は高くなり、どの実習テーマにおいてもIoTに触れないことが無いほどである。3年時の12月の意識調査においては、90%以上の生徒が「IoTとはどのようなものか説明できる」の質問事項に「できる」「ほぼできる」と回答している。課題研究でIoTに取り組んでいる生徒も多く、より深く自ら学びをしている生徒もいた。

さらに「組み込みシステムとはどのようなものか説明できる」という項目にも60%以上の生徒が「できる」「ほぼできる」と回答している。IoT技術同様に電子技術として必要な組み込み技術に関して、PICマイコン制御やRaspberry PI制御技術実習を通して理解を深めることができた。

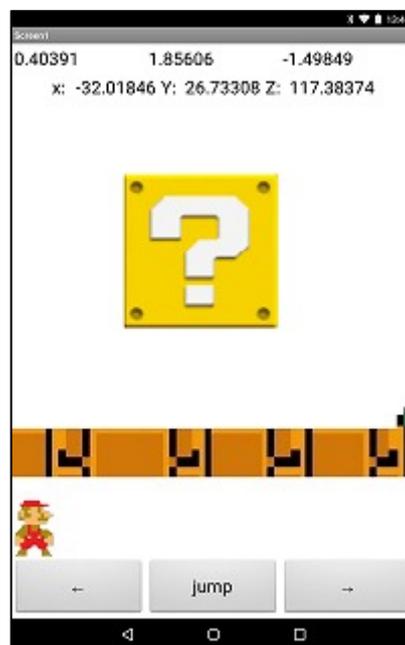


Fig49 専門領域実習の成果物  
(開発アプリ)

Table5 は、コミュニケーションに関する意識調査である。前述同様、生徒が4段階の評価をした。社会で求められる力にコミュニケーション能力がある。

実習を通してコミュニケーション能力の育成を行うため、例えば10名の実習グループ内のチーム編成においても、毎回同じメンバーにならないような配慮を行って偏りをなくした。

また、実習のまとめとして情報交換を行うなどコミュニケーションが深まるような授業展

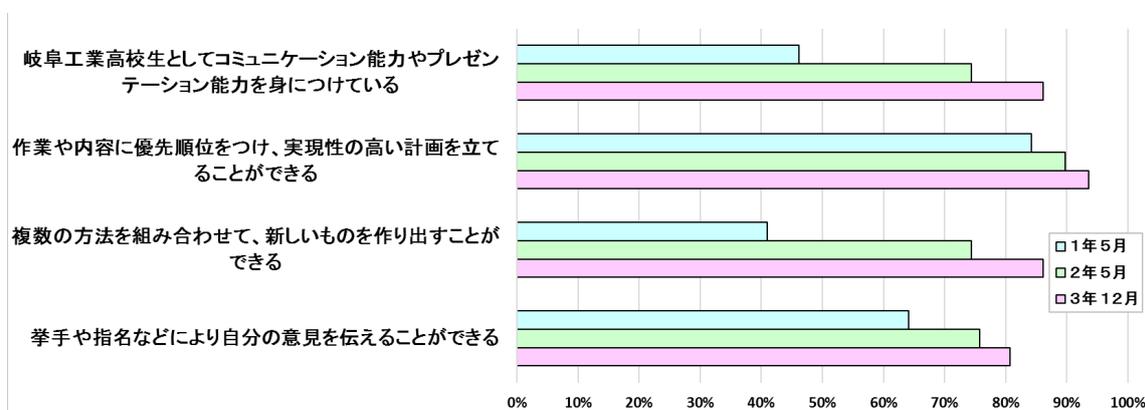


Table5 コミュニケーションに関する意識調査

開を行った。

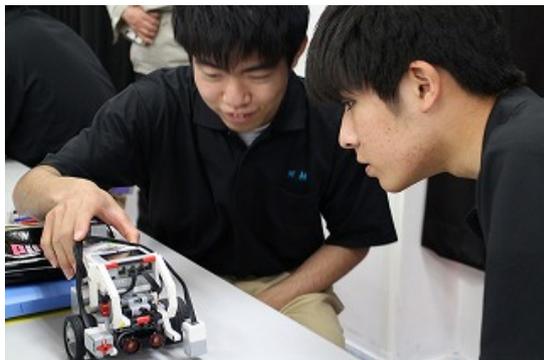


Fig50 EV3 によるタブレット組み込み実習

Fig50はEV3とタブレットをBluetoothで無線接続してプログラミングする実習である。機器の台数の制約から2名に1セットの開発環境となる。課題をクリアしていくことに達成感を感じ、2名が教え合い切磋琢磨して授業に取り組む姿が見られた。コミュニケーション能力の育成は、実習だけでなく、座学においても積極的に行った。2年生電気基礎（3単位）において、グループワークを積極的に取り入れ、年間授業時間数の80%以上で実施し、演習を中



Fig51 タブレットを活用した授業

心に指導をした。

また普通教室に整備したWi-Fiとタブレット端末、生徒のスマートフォンを活用した授業実践も行った。

Table6は、教員による生徒の評価である。専門教科教員、共通教科（普通教科）教員が、1年間で生徒がどのように変容したかをアンケート調査した。各項目に対して「ほとんどの生徒（約80%以上）ができる」「多くの生徒（約50%程度）ができる」「あまりできる生徒（約30%程度）がない」「ほとんどの生徒（約10%以

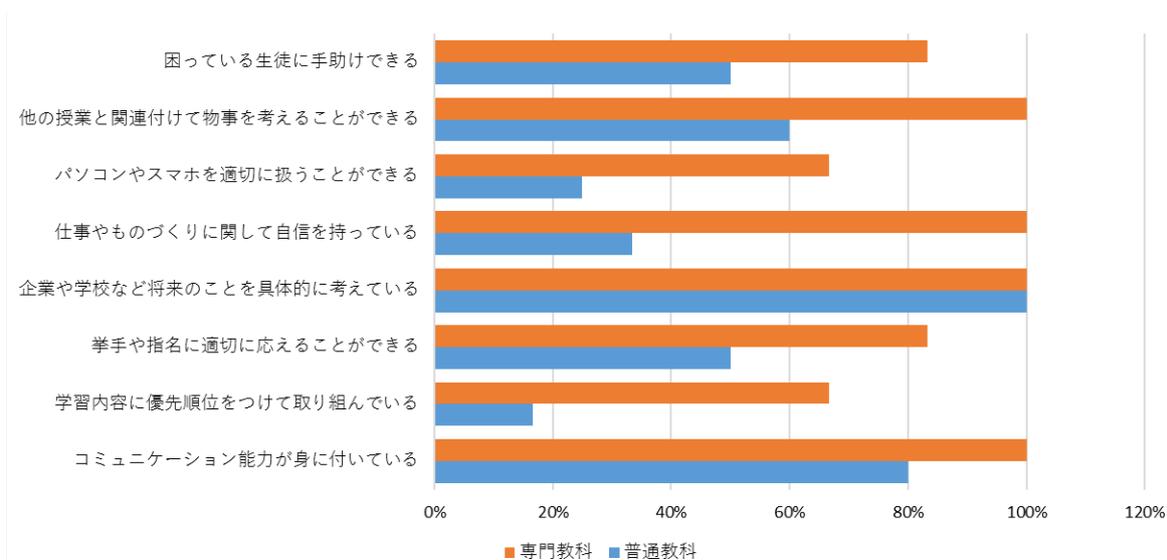


Table6 教員による評価

下)ができない」の4観点で評価した。

1年間の中で上記4観点の内、できるようになったと評価した教員の割合である。多くの教員が1年間で様々な力が付いたと評価している。

「パソコンやスマホを適切に扱うことができる」「学習内容に優先順位をつけて取り組んでいる」の項目は、できるようになったと評価した教員が少なかった。これはできるようになっていないというのではなく、3年間の学びを進めていく中で、1・2年の段階でできるようになっていたことが考えられる。中学生から高校生に変わり、学習のスタイルも大きく変化して、学科職員は特に生徒との関わりも多く、より細かな指導を行っている。これらから入学後すぐから早い段階でこれらのことができるようになっていていると考える。

一方で、共通教科の教員からの評価には、専門教科の教員による評価や、生徒自己評価との差異がある。共通教科の教員は、専門教科の教員よりも、客観的な見方で生徒を評価していると見ると、共通教科の教員から高い評価をいただけたときに、生徒にとって本当に力が付いたと言えるかと考察できる。

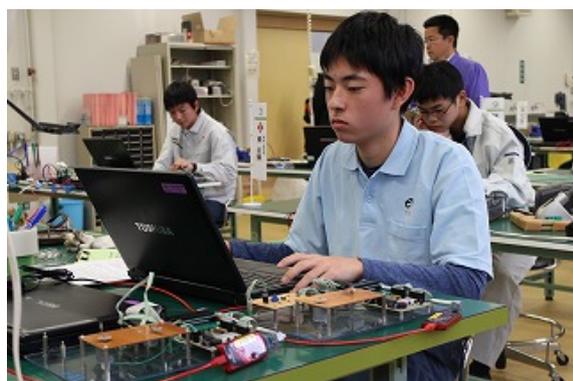


Fig52 ものづくりコンテストへの取り組み

#### (4) 地域との連携

本校では8年前から、イルミネーションなどを通して地域連携を行っている。今年度も笠松町と連携した名鉄笠松駅イルミネーション、岐南町と連携した岐南町庁舎イルミネーションを行った。

その中でも笠松駅イルミネーションでは笠松町インリーダーと協力し、イラストやデザインを描いていただくなどこれまでにない取り組みとなった。



Fig53 名鉄笠松駅イルミネーション

これまでは本校生徒が企画、設計、設置を行い、点灯を行っていたが、今年度は、企画段階よりインリーダーや他学科と協力して制作を進めた。12月に行った点灯式では多くの町民の方に来駅していただき、これまでにない規模のイルミネーションの点灯を見ることができた。



Fig54 岐南町庁舎イルミネーション

また、岐南町庁舎イルミネーションでも2年生が主体となって設置、点灯式を行った。

#### 4 考察

これまでの研究成果を生かして、新たな授業や評価スタイルを生み出すことができた。それらは例えば Pepper ロボアプリ開発実習だけのものではなく、少し手法を工夫することにより他の実習テーマや部活動指導等にも応用できることが分かった。

また IoT がより身近になり、生活の中でも耳にする機会が多くなった。さらに開発環境も安価で小型化軽量化し、学校教育において取り組みやすくなった。

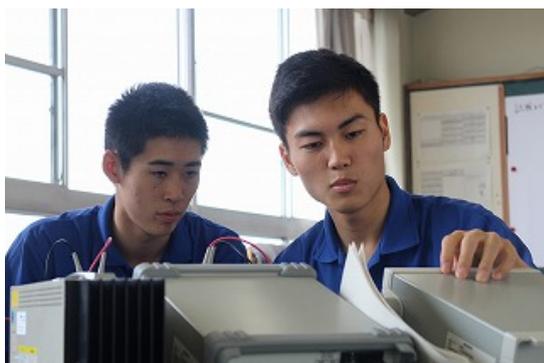


Fig55 計測実習に取り組む生徒

他学科や他校の取組実践を、取捨選択し、本校の生徒にマッチした人材育成プログラムを検討することが本研究の目的である。生徒にとっても、単に高度なことを学んでいるということだけでなく、本校で学んだ育成プログラムが他のことでも応用できるということが理解できてこそ、本当の研究ではないかと考える。

その中で、12月24日に「岐阜かかみがはら航空宇宙博物館」で開催した SPH 成果発表会では、プレゼンテーションに意識し、多くの生徒が展示の準備を行った。課題研究や学科の取組に関してパネルを作り、スライドショーを用い

て普段の学校での様子を知っていただく機会となった。



Fig56 成果発表会ポスター展示

「明りの灯る大きな磯野家」のテーマで、Pepper アプリ開発をしている課題研究チームが実践発表を行い、実際にアプリを操作していただき、どのようなことができるか等を、多くの方に触れていただいた。

さらに AI オセロや、これからの課題等、来場者に積極的に話しかけることができ、これらを見ても本校生徒の大きな成長があったと考える。

また、研究のための実践でなく、この研究や取組が将来どのように自分自身に関わっていくかを生徒個々が理解して、自分の言葉で説明できており、これらに関して来場者から評価をいただいた。



Fig57 成果発表会プレゼンテーション

教育や人材育成は数値による評価は難しく、1年程度の短いスパンでは結果が出にくい。10年20年スパンでどのような成長が見られたかを検討していく必要がある。卒業生の追跡調査等により、長い目で見た時、研究成果が明らかになるのではないかと感じる。

## 5 結言

これまでの研究手法、技術をより多くの生徒に展開し、高度な情報通信産業の振興を担う人材の育成プログラムの開発を、今後も進めていく。



Fig58 Pepperアプリ開発

これで3年間の研究指定は終了するが、生徒の成長はここで止まるわけでない。

しかし、SPH研究指定を受けなければできなかったこと、取り組めなかったことが多かった中で、今後、私たち教職員がこれまで以上のスキルアップをしていかなければならない。

このように生徒にとって大変価値のある貴重な機会をいただけたことに、この場を借りてお礼申し上げます。

また、本事業の研究推進にあたり、技術的側面から支援していただきました株式会社電算システム、株式会社CSPWebシステムのエンジニアの皆様にもお礼申し上げます。

### 第3 開発室

山口剛正 間宮広司 伊田賢二 石森大一  
近藤哲彦 清水要雄 藤井一将 松田桃果

#### Introduction :

設備システム科においては、従来、先端映像に関する研究開発を行ってきたが、過去5年間の蓄積した成果により、映像技術の様々な用途について、技術転用できる可能性があることが分かってきた。これらは、特に設備業界とは無縁であった異業種からのニーズによるものである。一方、設備業界側から見ると、異業種への技術供給はいわゆる「未踏分野」であり、業態すら異なる異業種への進出は、まさにイノベーションに他ならない。こういったビジネスチャンスに果敢に挑戦するイノベーション創出を可能たらしめる人材の育成は、業務の飽和状態から脱却のチャンスを生じさせる鍵であり、岐阜県の成長・雇用戦略にフィットした人材育成プログラムにも当てはまると考えられる。

#### Key words :

イノベーション人材 異業種間交流 Augmented Reality プロジェクションマッピング  
3Dscanner フォトモデリング 半導体レーザー

## 1 緒言

SPH プログラムの最終年となる H30 年度において、イノベーション人材育成プログラムの開発は一応の完成を見ることとなる。H28 年度より開始したこれらの研究において、CG 技術の転用が、イノベーター育成においてかなり重要な役割を果たすことが分かってきた。

これまで研究された CG 技術がどの分野でどのように活用できるのかを以下に紹介する。

## 2 研究内容(実施した事業内容)

CG 技術は、大別すると各種モデリングとレンダリングを含めたモーション作成の二種がある。今後 10 年のスパンにおいて、CG 技術はよりリアリティを追及していくことと予想されるが、本研究では、CG 技術とテクノロジストとの関わりを明らかにし、今後身に付けるべき能力とそ

れらのトレーニング方法において具体的な教材を示すものである。

### 2-1 CG 制作のためのワークフロー

#### 2-1-1 3D スキャナー

2010 年に市販された Microsoft 社製の NUI (Natural User Interface) は、IR マイクロプロジェクタと IR カメラおよび RGB カメラなどを備えるモーションキャプであったが、このハードウェアは発売開始以降、様々な利用が試みられた。Windows をはじめとする各種 OS 用ドライバはいうに及ばず、kinetics 用途のミドルウェアまで含めると数十種類も開発された実績がある。

特に顕著な分野では、3D スキャナーとしての流用で、Kinect 自体のハードウェアが安価なこ

ともあり、多くのメーカープロダクトが製品化され、それまで、高額であった 3D スキャナも、近年は現実的な価格で提供され始めた。

因みに、この 3D スキャンは実体から形状を取得した後、再設計用に提供されるデータ（リバーエンジニアリング）取得を目的としているが、最近では、スミソニアン博物館をはじめとする様々な機関があらゆるものの 3D データアーカイブにおけるデータ提供に利用され始めている。今回、3D スキャンに用いたハードウェアは Intel 社製 Realsense D435 である。



Fig1 Realsense D435 外観

Intel ではこれらの製品を Depth カメラと呼んでおり、初代モデル R200 が 2015 年に市販開始以降、D435 で 4 世代目となる。この間、Depth カメラの性能は向上しており、各種性能で Kinect を大幅に凌駕している。（仕様を Table1 に示す）

特筆すべきは Depth センサの出力であり、解像度およびフレームレートとも初代 Kinect の 4 倍以上の性能である。

これらは、HMD をはじめとする VR 用途を考慮したものであるのは想像に難くないが、高い基本性能は高精細のスキャン結果に結びつくものである。

使用環境	屋内/屋外
深度技術	Active IR stereo (グローバルシャッター)
主要 Intel RealSense コンポーネント	IntelRealSense Vision Processor D4、Intel RealSense module D430
深度センサ視野角 (水平 x 垂直 x 斜め)	91.2° x 65.5° x 100.6° (±3°)
出力解像度 (DepthStream)	最大 1280 x 720
出力フレームレート (DepthStream)	最大 90 fps
最小深度距離 (Min-Z)	0.2 m
シャッタータイプ	グローバルシャッター
最大レンジ	約 10 m (較正、背景、照度状況による)
解像度およびフレームレート (RGB センサ)	1920 x 1080@30 fps
RGB センサ視野角 (水平 x 垂直 x 斜め)	69.4° x 42.5° x 77° (±3°)
本体寸法 (長さ x 奥行き x 高さ)	90 mm x 25 mm x 25 mm
コネクタ	USB 3.0 Type-C
取付機構	1 x 1/4-20 UNC ネジ穴、2 x M3 ネジ穴

Table1 Realsense D435 仕様

さらに、教材化研究の過程で、Realsense D435 は複数台の並列駆動が可能であることも分かった。後述するこの仕様に現れない用途は、より 3D スキャンの精度を向上させ、あらゆる産業に応用が可能であることを示唆する。

## 2-1-2 3D スキャニング

3D スキャンで取得できるデータは、ポイントクラウドおよび、UV マップが割り当てられたテクスチャである。

ポイントクラウドはポリゴン処理され、基本的に三角ポリゴンが生成される。ソフトウェア上では、多くの三角ポリゴンで生成された形状が、サブディビジョンサーフェースで表現されるため滑らかに見ることができる。このようなテクスチャに UV マップが付与されたモデルは、wavefront 形式とよばれ、拡張子 obj のファイル形式で提供される。

ポイントクラウドの取得から obj ファイルの出力を行えるソフトウェアは数種類あり、以下に、そのソフトウェア例を示す。

Skannect	<a href="https://skanect.occipital.com/">https://skanect.occipital.com/</a>
ReconstructMe	<a href="http://reconstructme.net/">http://reconstructme.net/</a>
Artec Studio	<a href="http://www.opt-techno.com/artec/software.html">http://www.opt-techno.com/artec/software.html</a>
Recfusion	<a href="https://www.refusion.net/index.php/en/">https://www.refusion.net/index.php/en/</a>

Table 2 3D スキャンソフトウェア

2018年9月現在でRealsenseD435に対応しているのはRecfusionのみであり、3D スキャンにはこれを使用する。

Recfusionの推奨環境は

- 3rd gen Intel core i5 以上
- 16GB RAM 以上
- Nvidia GeForce GTX 970 以上

であり、かなり導入ハードルは高い。

予備テストの結果では、人体頭部の 3D スキャンで 120 万ポリゴンであり、ポイントクラウドの三角ポリゴン化には相当の演算パワーが必要となる。そこでソフトウェアの仕組みとしてグラフィックプロセッサを用いると、CPU のみの場合より、より高速に演算できる。

3D スキャンに用いたハードウェアは

- core i7 8700K
- Nvidia GTX 1080
- 64GB RAM

である。このシステムによる 3D スキャンの様子が Fig2 である。



Fig2 頭部の 3D スキャン

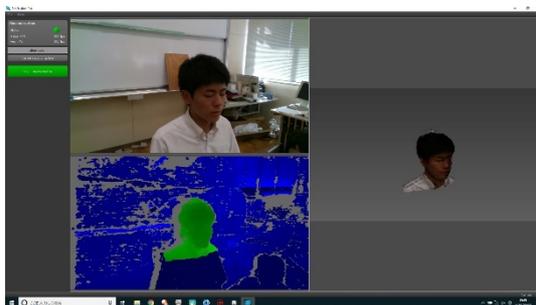


Fig3 3D データ取得中の様子

Fig3 は、画像データ取得中の様子であるが、かなりの高速でデータが処理されている。

この時の設定値は

- Depth sensor 1280×720 30fps
- RGBs ensor1920×1080 30fps

であり、これにより生成されたモデルを Fig4 に示す。

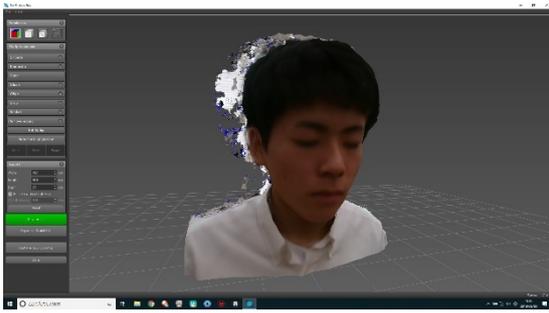


Fig4 生成されたモデル

## 2-2 3D データのリモデリング

### 2-2-1 ポリゴン変換

3DCGにおけるポリゴンは、ほとんどが三角ポリゴンであるが、3Dモデル編集の過程では四角ポリゴンを用いる。最小の面構成は、ポイントが3点であり、4点以上ではポリゴン分割により意図した平面が構成できないなどの理由から、3Dモデルの最終形(再編集しないことが前提のゲーム用キャラクター等)は三角ポリゴンが用いられる。

3Dモデルの再編集中には、三角ポリゴンはそれ以上変形しないので、根本的な形状の編集は難しいため、面の変形が可能な四角ポリゴンを用いる。この場合、三角ポリゴンより形状を構成するポリゴンの総数が減るので、有機的な滑らかな形状を表現するには不向きである。この編集の自由度と、細かなディテールを両立するために、3Dスキャナで取得するポイントクラウドの密度を上げることである。

先の人体頭部モデルでは一辺が400mmの空間内でスキャンを実施し、ボクセル密度を250に設定した。したがってドットピッチは1.6mmとなるが、Realsense D435の性能限界1.0mmにはまだ余裕があることが分かる。

一辺が1.6mmのポリゴンで構成される3Dモデルは、高精細と言えるのかというとそうではない。この250ボクセルで生成した形状は、CADで

利用できるほど高精度ではない。このような低密度ポイントクラウドから得られたモデルは、滑らかに見えない。これらを解決するには、一般的にサブディビジョンサーフェスを用いる。サブディビジョンサーフェスとは隣接する面同士の接続を仮想のスプライン曲面によって構成するもので、荒い元の四角ポリゴンで構成された面を再分割することで、制御点を増やし、あたかもポイントクラウド密度が向上したかのような効果がある。

### 2-2-2 ブーリアン演算

Obj形式のモデル編集は、基本的にポイントの移動および、追加と削除である。

ここで考察すべきモデルは面だけで構成されたサーフェスモデルであり、体積を有するソリッドモデルではない。例えば、ソリッドモデルの場合、A、B二つのモデルが衝突するとき、A、Bの重なった部分は共有部分となり体積は単純にA+Bよりも減少する。

ところがサーフェスモデルは体積を持たないので、A、B二つの物体が衝突した場合の演算結果は複数の解がある。

ここで、ソリッドおよびサーフェスモデルの衝突演算結果の種類を示す。この衝突演算はブーリアン演算と呼ばれるのが一般的である。

これらのブーリアン演算を理解すれば、ポイント毎に行っていた形状編集が容易なものとな

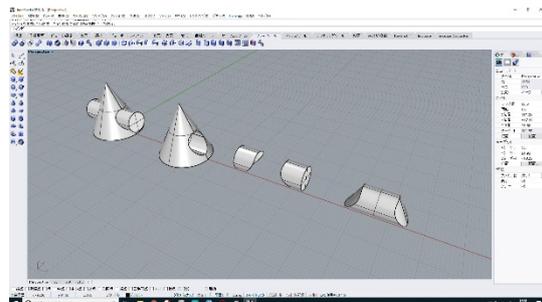


Fig5 ブーリアン演算における表示例

り、ミクロ的な微細作業を行うのに、身に付けるべき技能取得の長い時間と、同等の価値がある。

## 2-3 CG制作チームの活動

### 2-3-1 CG制作チームの活動概要

CG制作は、以下の目的をもって行われた。

- (1) 学校案内パンフレットの制作
- (2) フェイシャルプロジェクションマッピング  
グようモデルの制作
- (3) 金型用凸モデルの制作

制作チームは、様々な学科の生徒が参加し、CG制作が学科の学習内容として、なじみが薄い生徒も、基礎知識や技術を学ぶことができた。



Fig6 写真から合成した人造モデル

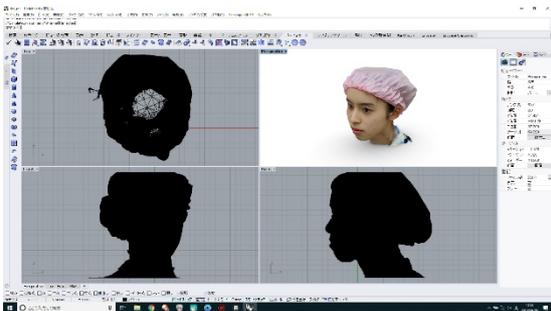


Fig7 3D スキャンモデル

- (1) 学校案内パンフレットの制作

岐阜工業高校が学科群制を開始以降、多方面から、イメージがつかみにくいなどの指摘を受けていた。おそらくこれは、学科群を象徴するイメージやシンボルが具体的に表現されていな

いことが要因の一つと考えた。

生徒に調査した結果、学校案内などはイメージが強いインパクトを持つ内容とした方が、中学生に対して広報効果が高いという結論に達した。この分析結果を基に企画がなされ、学校案内パンフレットの骨格が出来上がり、構成要素の制作となった。

このパンフレットのメインテーマは「現在から近未来」であり、選択する学科群のイメージと、近未来の進路選択の流れで構成される。

SPH のフィロソフィーであるテクノロジストの完成像は在校生の頭部 3D スキャンを用い、サイボーグ化することで表現した。

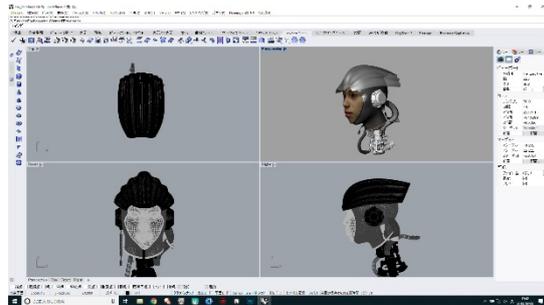


Fig8 頭部の完成モデル

利用する頭部のモデルは、realsense D435 による 3D モデルと、三面から撮影した高解像度の静止画を利用した人工的なモデルの 2 種を組み合わせることにより、自然物の有機的な面の起伏が表現され、実物感が高い。一方人造モデルは、数学的で幾何的な面で構成され理数的な独特の美しさが表現される。

これら二種のモデルを融合させることにより、サイボーグというテーマを表現することに、成功した。

3D モデリングは、メッシュの編集方法や、スプライン曲面による編集作業などで、参加生徒らの造形スキルは飛躍的に向上した。これらは、過去 2 年の育成プログラムによるところが大きく、約 24 か月のトレーニング期間で指導者が

考える高度なレベルに到達した。

これらの 3D 造形能力は、実は 3DCG の世界でだけ通用するものではなく、製造業の中核となる 3DCAD においても相当のモデリング能力養成ができる。3DCAD においては、複雑形状をいかに論理的かつ合理的に造形するかが、製品の諸性能を左右する因子であり、複雑曲面を造形することは避けて通れなくなっている。

製造業ではソリッドモデリング以外は、ほぼ需要が無いと考えられてきたが、複雑形状のモデリングには、面で構成するサーフェースモデルの造形が再び重要視されている。特に数学的造形のスプライン曲面から NURBUS 曲面に主流が移行してきている現状から、これらの曲面の分割数、エッジ処理などに関するパラメーターの操作ができること自体が重要なトレーニング項目としてクローズアップされているのである。

## (2) グローバルイルミネーションレンダリング

先に制作した 3DCG は、Diffuse テクスチャを張り付けただけのモデルである。3DCG で用いられるテクスチャには、bmp マップや透明度マップ等があり、実際の視覚を忠実に再現しようとする工夫がある。

これら各種のマップを用いるとき、それらはモデルの持つ座標と、各異テクスチャが持つ座標を同じにしている。

曲面や凹凸を持つ形状でも、各種のテクスチャは 2次元平面上に配置され、そしてできる限り微細な 3次元立体の展開図を作り、その座標にテクスチャを当てはめることを UV 展開という。UV 展開によってできたマップを UV マップといい、3D 形状が、変形、穴あけ、部分削除などを行っても、「焼き付け」作業を行えば、元のテクスチャは変化がない。

このテクスチャを Photoshop などで加工を行えば、3次元モデルに反映され、違った表情を表現できる。UV マップ化されたテクスチャは基本的に矩形であり、縦横の比が変わらなければ、UV マップが壊れることは無い。

このようなテクスチャの仕組みを利用して、フォトリアリスティックな静止画の作成を次に紹介する。



Fig9 レンダーへのモデル配置

テクスチャの設定のために製作したモデルをレンダーに配置する。レンダーは、様々な光学シミュレーションが可能なソフトウェアで、照明や反射、映り込みなどが表現できる。

レンダーで現在最も高度な機能が、レイトレーシングである。光源からの発光がいたるところで反射し、その映り込みをシミュレートするもの(グローバルイルミネーション)で、莫大な計算量を必要とするため、全てのシミュレーションが終了するまでに数十時間を要する場合もある。

レンダーは、レイトレーシングに最適なテクスチャを持っているのが慣例で、使用ソフトにも最適化されたテクスチャが用意されている。Fig10 はアルミニウムの質感を表現するため、モデルにテクスチャを割り当てたところである。Fig9 と比較して、アルミニウムの金属質感が表現されている。仮に設定してある照明の影響で、反射しあう物体の映り込みが表現されている。



Fig10 テクスチャの割り当て

このように、グローバルイルミネーションレンダリングにおいて、最も効果を得ようとする方法をフィジカルベースドレンダリング(PBR)と呼び、照明や、環境、テクスチャなどがこの方式に対応する必要がある。

PBR 対応のテクスチャの優れている点は、光学反射を正確に再現可能なことであり、これは bmp マップを適用した時にも同様な効果がある。Fig11 に bmp マップの例を示す。

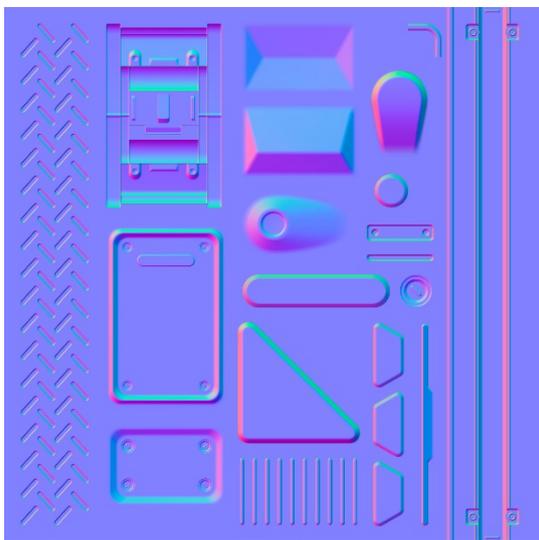


Fig11 bmp マップの例

bmp マップとは、表面の凹凸(高低差)を法線に置き換え、色の濃度差で表したものである。

bmp マップを適用することによって、表面の細かな凹凸を表現できる。これはモデル造形の複雑化を緩和するものであり、細かなしわや多

くのディンプルなどの表現がたやすくできるということである。

テクスチャの設定後、質感を表現するのに重要な要素は環境画像である。モデルが置かれる周辺の環境を全て 3D モデルで置き換えることが理想であるが、実際にコンピュータの計算量の増加も無視することはできない。

PBR におけるレンダリング品質とレンダリングに要する時間関係はトレードオフであるが疑似的に高品質を得る方法がある。

これは環境(風景)の 360° 写真で代用するもので最も多く使われている形式は HDR である。HDR を環境に設定した例を Fig12 に示す。

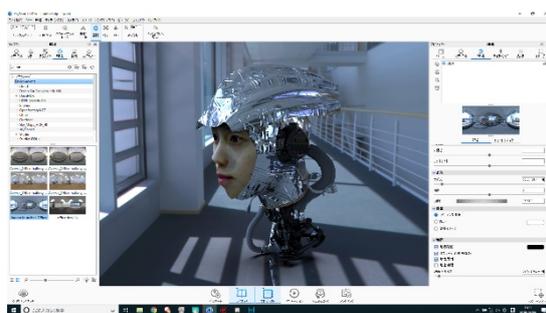


Fig12 HDR の適用例

反射が設定されている部分には、さらに周辺環境の映り込みがあり、十分な質感、フォトリアリズムが表現されていることが分かる。

ここで使用したレンダラーは、メッシュモデルの obj、STL、FBX などといった汎用性の高いファイル形式の他に、3dm、DPRS 等といった各種メーカーの CAD ファイルも直接開くことができる。

これにより本校で制作された過去の CAD ファイルが活用でき、情報資産の有効活用ができることが最も大きな成果となった。

実際に各種の CAD データを活用して、新たな学校紹介パンフレットが制作された。

## 2-4 アドバンスド 3D スキャン

### 2-4-1 CG 技術の転用

3D モデリング技術は総括すると、ポイントクラウドのデータ数を多く採取して、これらを効率よく処理するかが命題であると言える。

Realsense の Depth センサーは、IR レーザーをパルス状に発射して、反射したレーザーの帰ってくるまでの時間により距離を測定するものである。

IR レーザーのプロジェクタは 1280×720 個であり、ランダムドットパターンとすることで、仮想的に隣り合う照射パターンとの合致確率はおよそ 60 万分の 1 程度と考えられる。したがって、計測した面との距離で全く合致するポイントが発生してしまった場合のエラーが発生する確率もその程度であり、IR レーザーを用いた距離計測が十分実用に耐えられると考えられる。これらは複数用いる場合でも同様で、レーザーの照射位置が全く同じ座標である場合以外ではレーザーのドットパターンが干渉することは考慮しなくてよいほど低い確率となるであろう。

実際にそのような考察が正しいかは、1 台のコンピューターで 2 台以上の realsense D435 が利用可能かどうか確かめればよい。

2018 年 9 月現在において Intel の公式な仕様に複数台が同時使用できる表記は無いが、可能なことを確認した。



Fig13 D435 複数接続の様子

2 台の D435 による並列 3D スキャンの結果は非常に良好で、研究用の各種スキャナーと比較しても遜色ないレベルと言える。

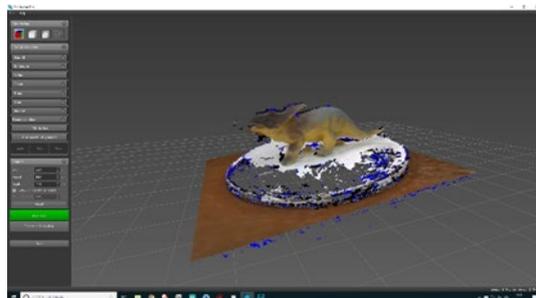


Fig14 スキャン結果

### 2-4-2 メッシュサーフェース変換

このように高精細な形状が得られた場合、のデータを産業向けに転用できれば、様々な用途が考えられる。具体的には、CAD で編集可能なデータとすることである。

改めて強調するが、CAD データは完全なベクターデータの集合体であって、ポイントクラウドを編集することはできない。ポイントクラウドが持つデータは 3 次元の座標のみで、大きさという概念を付与していないからである。

このポイントクラウドをベクターデータ化することは新たに面を作り出すことと同じである。

先に、限りあるポイントを滑らかに表示する方法としてサブディビジョンサーフェースを紹介したが、ベクターデータの生成はこれによく似ている。

複数のポイントクラウドからサブディビジョンサーフェースを生成するとき、生成される面はたった一つではないため、生成時の法線角度などの定義が必要で、オートマチックに生成は出来ない。また、これら設定値の大小により、オリジナルの形状とかけ離れたものが出来上がる可能性も大なので、ベクターデータの生成には相当の経験が必要となる。

Fig15 は 3D スキャンにより得られたメッシュモデルである。

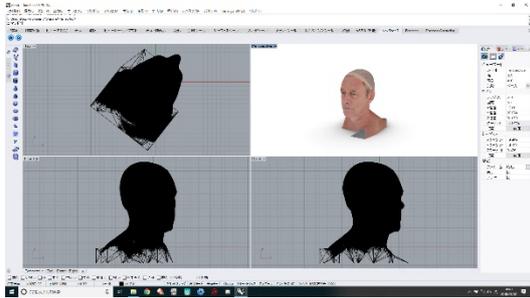


Fig15 3D スキャンデータ

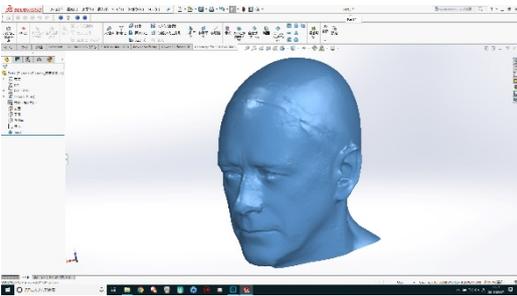


Fig16 メッシュモデルのインポート

ファイルの容量は 14.6MB であり、頂点数は 7500 である。この時点でかなりの高密度である。このモデルを、3DCAD にインポートすると、ポイントクラウドを示す青で表示される。Fig16 にインポートの様子を示す。

メッシュモデルは穴が開いていると面の生成が行われなため、穴埋め処理、スパイク除去の後、サーフェスの生成を行う。このとき、サブディビジョンサーフェスの法線確度を適宜設定するが、大きければエッジがつぶれ、オリジナルの形状とかけ離れてしまう。

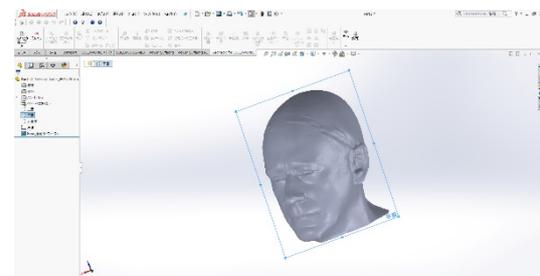


Fig17 ソリッドモデルの編集

次のこのモデルから、金型を生成する。ソリッドモデルであることから、通常の 3DCAD における編集と全く同じであり、変換時に与えられた原点をもとに、XYZ 各種平面を付与することができる。

Fig17 はモデルの Y 平面を指定したところである。Y 平面上に以降は、矩形のスケッチ、押し出しによるソリッドの作成、ブーリアン演算による差の生成の行程を実施する。

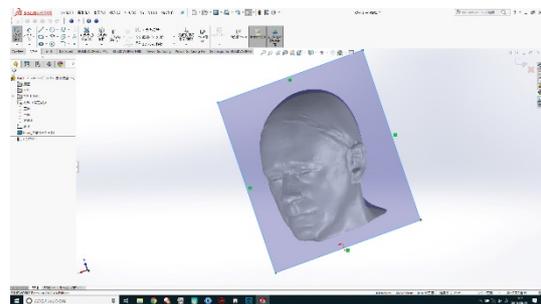


Fig18 Y 平面へのスケッチ

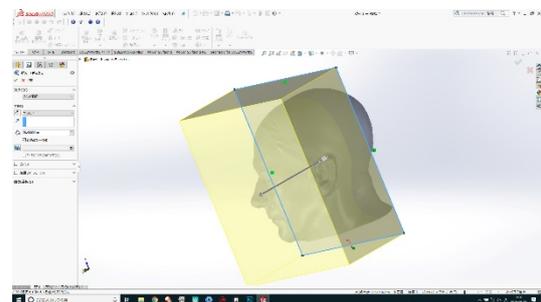


Fig19 平面の押し出し

Fig19 における押し出しでは、デフォルト設定時に先のモデルとマージされるので、マージされないように設定する。

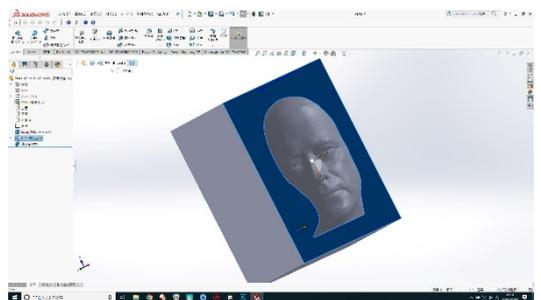


Fig20 ブーリアン演算の結果

以降は、組み合わせ機能を利用し、ブーリアン演算を行う。

Fig20 の演算結果は、直方体から頭部のモデルの差を求めた結果である。

Fig21 では材質をガラスとして、理解しやすいように可視化したものである。

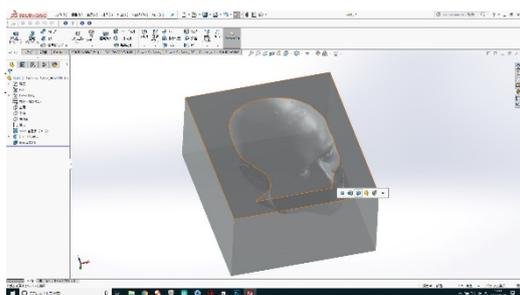


Fig21 金型の材質設定

この結果のように、3DCG 技術は、様々な処理によって、産業用途に利用できることが実証された。

#### 2-4-2 トレーニング効果

特に産業用途での 3DCG において、コア技術となるモデリングについては、autodesk Fusion 360 によるトレーニングでスキルを育成した。

Fusion360 は、プロダクトデザイン向け CAD である。造形の自由度では他の CAD より抜きんでており、学生ライセンスは無償であるため、学校以外でもスキル向上のために用いることができる。

下記 Table3 のルーブリックの実施結果は、調査対象は3年生 10 名で、最も高度な能力到達度に達する割合が多い傾向であった。

これらのトレーニングに対し、1年生 80 名を対象に「実習」にて 3DCAD Inventor を用いて、同等の機能を利用し、モデリング能力の到達度測定を行ったところ、高度な能力のトレーニング効果が確かめられた。

	A	B	C
造形能力	NURBUSで構成された面を分割できる	NURBUSを用い面が構成できる	プリミティブ(基本形状)を利用し 3D モデルが作成できる
編集能力	コントロールポイントによる変形で、他の面に及ぼす影響度合いを調整できる	面のコントロールポイントを利用して形状を変更することができる	面の押出を利用して 3D モデルの形状を変更することができる
ブーリアン演算	差算について、形状結果を正しく予想することができる	和算について、形状結果を正しく予想することができる	二つ以上のモデルを統合することができる
細部編集能力	フィレットやチャンファアのパラメーターを再調整することができる	フィレットやチャンファアのパラメーターを調節することができる	簡単なモデルにフィレットやチャンファアを施すことができる
特殊造形能力	ロフトの切り取りを利用して、切り落とし形状が作成できる	ロフトを利用して三角錐が作成できる	スイープを利用して一様断面形状のモデルが作成できる

Table3 Fusion360 によるモデリングトレーニング用ルーブリック

	A	B	C
造形能力	70%	30%	0%
編集能力	60%	40%	0%
ブーリアン演算	90%	10%	0%
細部編集能力	70%	30%	0%
特殊造形能力	100%	0%	0%

Table4-1 3年生の能力到達度

	A	B	C
造形能力	70%	30%	0%
編集能力	60%	40%	0%
ブーリアン演算	90%	10%	0%
細部編集能力	70%	30%	0%
特殊造形能力	100%	0%	0%

Table4-2 1年生の能力到達度

これらの能力を育成することによって、汎用性の高い3Dモデリングが可能となるが、単体部品において、機械的形状や有機的形状が結合した複雑な形状を作成することができる具体的な項目を以下に記す。

- ①NURBSを用いた有機的形状を持つ曲面が作成できること。
- ②上記①により作成した曲面を結合、編集できること。それによりサーフェスモデルを作成できること。
- ③上記②の複数個の組み合わせを利用し、ブーリアン演算を用いることで、より複雑な形状を短時間で作成できること。

Table3のトレーニングにより、生徒らが取り組んだ制作例を次に記す。

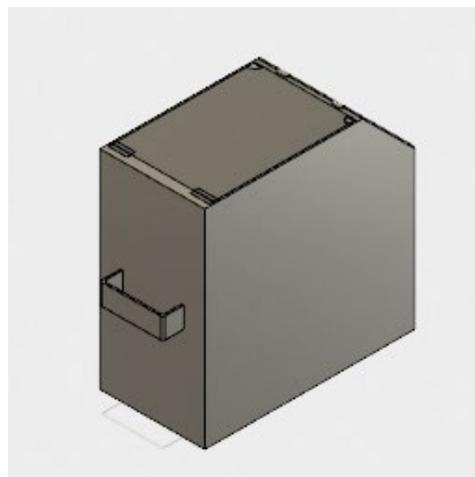
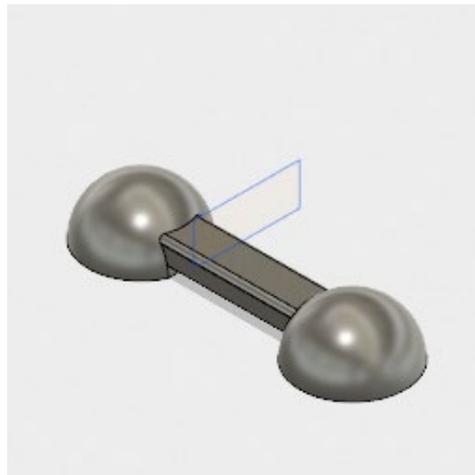


Fig22 モデリングトレーニング初期の例

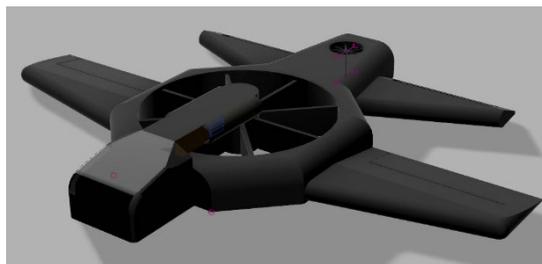


Fig23 一人乗り有人機のモデル

Fig23におけるモデリングトレーニングの初期においては造形、ブーリアン演算など、稚拙な表現方法が多く、単体部品としては、他への転用や組み立て等を考慮できていない点から完成度は低い。

次に各種部品同士の結合を考慮した例を

Fig23 に示す。一人乗り有人機を想定したものであるが、結合を前提とした各 부품のモデリングがなされており、機能的には良く考えて作りこまれている。これらは最終的に現実化を目指すプランとして再構築を繰り返し、Fig24 のようなモデルとなった。

有人機は岐阜工業高校 100 周年記念事業に向けて提案された。

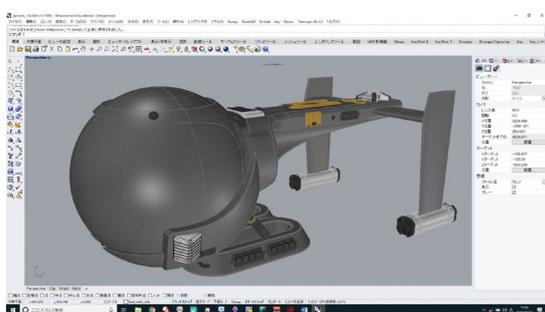


Fig24 有人機の最終案

## 2-5 BIM への応用

巨大な構造物への CG 技術の応用については、アミューズメント以外の事例は極めて少ない。今後発展が見込まれる BIM(ビルディング インフォメーション モデリング)についてプロジェクトマッピングとの連携について検討した。

### 2-5-1 Archicad でのモデリング

Archicad は建築 CAD でも習熟が短期間で行える特徴を持ち、本校でも実習などの時間にその

指導を行っている。各階の平面図から 3D モデルを構築するスタイルは平面製図の多い建築業界には非常に理解しやすい。

CAD 実習は 3 時間×4 回のローテーションで 4 パートがトレーニングを行い、1 パート当たりの人生徒数は 10 名と、理想的な環境が整っている。Fig25 にモデリングの作例を示す。

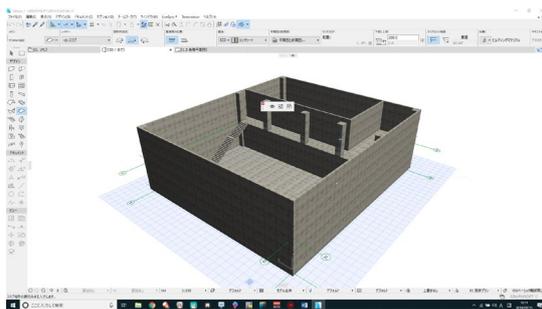


Fig25 モデリングの事例

作例は、本校に新しく建設した「モノづくり教育プラザ 2 号館」であるが、すでに公表されている図面を基にしている。

このモデルは、3D 形状で全体を確認することができるが、表面のマテリアルや、周辺環境などの反映は行うことができず、周囲への影響(日照)などのシミュレーションができない。これらの問題を解決するために、ビジュアライズアプリケーションを用いる、シミュレーションを行うことが効果的である。



Fig26 Lumion によるビジュアライズ

ビジュアルライズアプリケーションには Lumion を用いた。Fig26 では太陽高度や方向、周辺環境への影などの影響をレイトレーシングを用いてシミュレーションしている例である。

Lumion はさらに高度な機能を利用することができる。Lumion はインターネットから地図データを取得し、CG 中の地形に反映することができ、実際の建築環境での建築ごの状況や環境を CG 内に再現することができる。また、周辺に道路や車道がある場合、そこに人や自動車の運動シミュレーションを配置し、個々の動線におけるトラフィックなども再現でき、地域の建築計画にはかなり有効である。

クの例を記載した。

## 2-5-2 プロジェクションマッピングの応用

図は Lumion を利用し、モノづくり教育プラザの模型に映像を投影したものである。

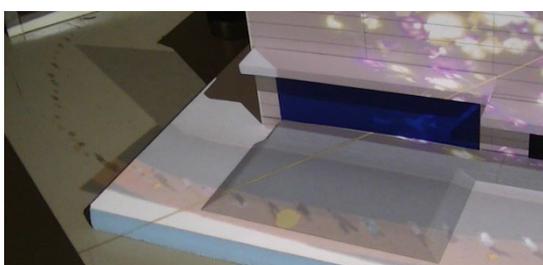


Fig27 人体運動シミュレーション

ここまでのように、コンピュータグラフィックの技術の応用により、表現方法の一つとしてのみならず、複雑な形状を図面化 (CAD データ) することにより、様々な形状の加工を可能にしたり、コンピュータ上に現実と同じ建物の立体モデルを再現することにより、平面図面ではイメージできなかった要素を組み込み、よりよい建物づくりに活用することができるシステムを構築した。

Table5 は開発した教材をもとに、実習時間内で行った授業例である。Table6 にはルーブリッ

## 課題 リバースエンジニアリングを用いたBIM設計のデータ作成

すでに存在する建造物やオブジェから形状、寸法を取得して、BIM設計に役立てられるよう、CADデータを完成させなさい。BIMデータが視覚的に確認できるよう、VRを構築しなさい。

### パフォーマンス課題の6つの要素:GRASPS

目的(Goal)	すでに存在する建造物からCAD、VRデータを作成する
役割(Role)	BIMデータへの活用
相手(Audience)	すでに存在する建造物へ老朽化した設備のリプレースを依頼する企業
状況(Situation)	施工当時から改築を繰り返し、設計当初のデータから様々な変更が未記録な建造物
完成作品(Product)	CADデータおよび、VRデータ
評価の規準や観点 (Standards and criteria for success)	データの生成過程と、VRを用いたプレゼン(話法、訴求力等)の完成度

### ループリック

	A	B	C
作品作成	自作の3DモデルがArchicadにより制作でき、Lumionに挿入してVR空間を構築できる。	Photogrammetryで得た形状から各種のパラメータを取得し、CADによるモデリングができる。	様々なソフトウェアの役割と使い方を理解している。
発表態度	機材に頼りきりにならず、聴衆に対し強い訴求力をもつプレゼンテーションができる。	作成した資料がデモでどのような効果を発揮するか予測して、実施することができる。	プレゼンテーションの資料が準備できる。
質問応答	質問者に対して、明確な意思表示を行い、自己のシナリオ通りに発表者の意図を強く納得させるコミュニケーション力を持つ。	質問に対する回答は適切で単刀直入であるが、質問者が気付いていないような回答の背景を含ませることができる。	質問を想定し、適切な回答を用意できる。
質問力	発表者の意図を十分理解しその内容がより向上する建設的な意見を瞬時に組み立てることができる。	違った事例をあげて反証するなどの質問法を持つ。	発表の意図をくみ取ることができる。

Table5 BIM・プロジェクションマッピングを用いたパフォーマンス課題とループリック

「リバーエンジニアリングを用いた BIM 設計のデータ作成」 **生徒自己評価ループリック** 設備システム科

本日の授業を始めるに当たり、この自己評価ループリックを配布する理由を説明しますのでしっかり聴いて下さい

- この自己評価シートを使って、グループ全員のプレゼンテーションが終わってから自己評価を行います。これにより、あなたの学習到達度を知ることができます。
- この自己評価シートに記載されている〈学習活動における具体的な評価規準〉をよく読んでください。今回のパフォーマンス課題を通じて、このよう力を身につけて欲しいということです。その点をしっかり理解して本日の授業に取り組んでください。

生徒自己評価ループリック

領域	学習活動における具体的な評価規準	評価基準			生徒記入欄	
		A	B	C	評価 (ABCを記入)	←評価の理由 (コメント)
発表者	課題のテーマを正しく理解し、実物に近いモデル制作できる。	説明がなされていない機能を積極的に使い、効率化や高難度の制作に取り組んだ	他者の助力を得ることなしにモデルを完成できた。	利用するソフトウェアに対し他者の助力を得てモデルの作成ができた		
	モデル制作の過程をより深く理解し、基礎知識のない聴衆に理解させるほどの工夫がなされている。	機器に頼りすぎることなく、聴衆が理解しやすくなる構成にできた	要点を明確にし、聴衆が理解しやすい発表に努めた	制作を振り返り、発表のシナリオを作ることができた		
	質問の意味を理解し、適切で、短い回答とすることができ、今後の活用方法や見直しなどに言及できる。	様々な角度から多角的に回答を行い、制作したモデルの完成度を高められる意見を引き出した	その質問の回答に対し、別の見方を質問者に誘発するような含みを持たせられた	質問の要点を理解し、的確な回答ができた		
聞き手	発表者の意図をより深く理解し、選ばれた言葉の意味を深く考察することができる	ネガティブな質問を繰り返したり、反証方を用いるなど、作品の完成度をともに高めようとする姿勢で臨んだ	キーワード同士の関連性を考察し、発表者の意図をくみ取ることができた	キーワードをとらえることができた。		

Table6 ループリック例

2-5-3 実施結果

教員側評価の平均値は、各項目とも 2.4~2.7 (3段階評価 Aを理想的な到達度として ABCを各3,2,1と配点) で、予想値を上回る結果となった。一方、生徒自身による評価は 2.3~2.8 と教員評価よりもやや広い幅となった。教員および生徒の各到達度を Table7 に示す。

この授業の中で生徒らは、作業に集中して取り組んでいたが、中には制作時間が足りずに放課後の空き時間を充てた者もいた。

完成度は、生徒個々の力量の差がなるべく反映しない形を考慮し、見栄えや出来栄の優先度は低くした。

しかしながら、他者との差を見栄え以外で表現する者が現れ、実際に建屋データと設備に関する空調ダクトなどの融合について考えるものが現れた。Fig28における Revit での表現がそれで、より BIM の概念に即したものを生徒自ら発見できたことはトレーニングの成果として、

大きな成長ポイントの一つと考える。

	到達度 教員評価		
	A	B	C
作品制作	75%	25%	0%
発表態度	92%	8%	0%
質疑応答	75%	25%	0%
質問力	67%	33%	0%
	到達度 生徒自己評価		
	A	B	C
作品制作	83%	17%	0%
発表態度	92%	8%	0%
質疑応答	75%	25%	0%
質問力	58%	42%	0%

Table 7 Table5・6 による到達度評価

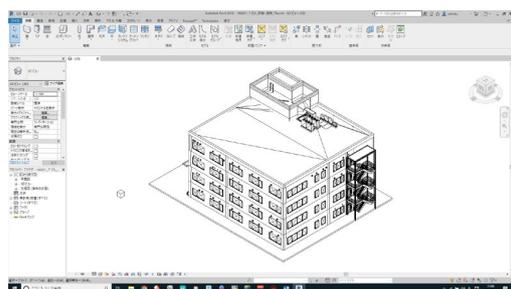


Fig28 Revit における統合モデル

### 3 考察

SPH の最終 Phase にあたって、これまでの蓄積や、生徒へのトレーニングが、CG のみの極狭い領域だけで有効ではなく、さまざまな産業領域で有効であることが分かった。このことは、工業高校における各学科においても、テクノロ

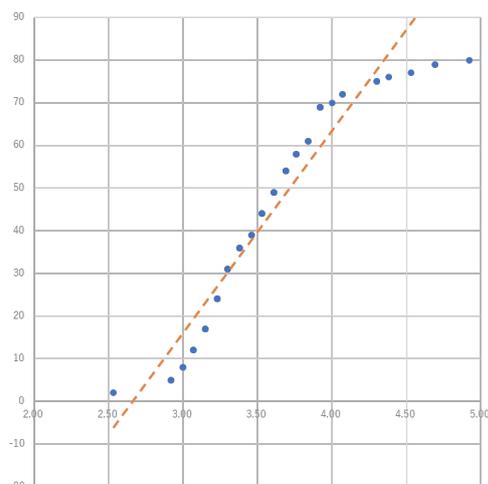


Fig29 学科群を対象にした重回帰分析

回帰統計	
重相関 R	0.95442
重決定 R2	0.91093
補正 R2	0.89311
標準誤差	0.14975
観測数	79

分散分析表					
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	13	14.906	1.147	51.134	5.401E-29
残差	65	1.458	0.022		
合計	78	16.364			

	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	0.513	0.234	2.188	0.032	0.045	0.981	0.045	0.981
国語	0.075	0.023	3.293	0.002	0.030	0.121	0.030	0.121
地理	-0.042	0.045	-0.945	0.348	-0.132	0.047	-0.132	0.047
数学	0.086	0.036	2.403	0.019	0.014	0.157	0.014	0.157
科人	0.083	0.051	1.609	0.112	-0.020	0.185	-0.020	0.185
体育	0.015	0.033	0.442	0.660	-0.051	0.080	-0.051	0.080
保健	-0.023	0.043	-0.521	0.604	-0.109	0.064	-0.109	0.064
英	0.070	0.035	1.994	0.050	0.000	0.140	0.000	0.140
家基	0.206	0.051	4.037	0.000	0.104	0.308	0.104	0.308
実習	0.080	0.049	1.621	0.110	-0.018	0.178	-0.018	0.178
工技基	0.111	0.039	2.858	0.006	0.033	0.189	0.033	0.189
製図	0.059	0.035	1.675	0.099	-0.011	0.129	-0.011	0.129
地環化	0.134	0.041	3.299	0.002	0.053	0.215	0.053	0.215
情技基	0.022	0.033	0.653	0.516	-0.045	0.088	-0.045	0.088

Table8 学科群を対象にした重回帰分析

ジスト育成という観点から、イノベーター教育プログラムを実施する価値はある。

さて、これらの育成プログラムにより、評価方法が妥当なものであったかは、幾多の教科・

科目の解析に伺い知ることができる。

Fig29 は、学科群を対象にした重回帰分析の例である。80 を最高値とする学習強度と 13 科目の平均値および、個々の評定を、1 科目あた

り 80 サンプル採取した。縦軸に学習強度、横軸に 5 段階評価の平均値をとり、散布図化している。これらの回帰分析は表計算ソフト Excel で行うことができる。

解析結果を、Table8 に示す。表上部の回帰統計で注目すべき点は重決定  $R^2$  であり、数値が 1 の場合、採取したデータの 100% が、得られた方程式に適合しており、すべてが説明できることになる。例ではデータ全体の 91% が得られた方程式で説明できる。得られた方程式がかなりの信頼度を持つと考えてよい。

分散分析表においては、有意 F の値に注目する。有意(水準)とは、得られた回帰直線に対し、どの程度の割合でデータが散らばっているかを見るものであり、この数値が 0 ならばすべてのデータが回帰直線上にあることになる。人間工学で扱われる有意水準の目安は 5 パーセント程度であり、この程度の散らばりであれば、得られた回帰直線が意味のあるものと解釈できる。

分散分析表中の各科目の有意水準を表すセグメントは P 値である。この数値が 0.05 以下の場合には有意水準 5% となり、Fig29 で求めた回帰直線に近いものとなる。

すなわち、0.05 以下の科目を見れば、生徒の学習強度と成績の平均値が予測できることになる。(この値がマイナスの場合は学習強度と成績の関係が真逆になり、成績の良い生徒ほど該当科目が不得手という傾向が分かる)

有意水準 5% の科目については、授業の運営が統計学的に良好であったと、結論づけることができる。さらに能力の予測を行うには、有意水準の数値が低い科目が一つだけで充分である。

本校ではこれまでの 3 年間で、開発した教育プログラムが、果たして就労後に有効であるかは、就労後に能力テストを卒業生に対して実施することでのみ判断できると考えてきた。その

ために多くの就労先での能力テストを検討したが、結果として実施件数は 0 であった。

就労先での能力テストを行い、教育プログラムの改善を行う計画は実施することはできなかったが、その効果と同等の効果が得られると考えられるものが、重回帰分析となった。

回帰直線は、得られたサンプル以外のデータを推測することができ、現状の教育課程で実施されている内容をどの程度上級者向けに編成すると、どの程度の成績が得られるかを数値で判断できるようになる。

これらのことから、テクノロジスト育成プログラムの改善をどの程度行えば、期待する結果が得られるかを推測できるようになったことは大きな成果である。

※工業基および地環化は特に注目すべきで、実施時に 6 パートもの編成や 80 名一斉学習など特異な学習形態を実施しながらの数値である。

#### 4 結言

SPH における最終年で目指したものは、

- ①論理的で効率的なモデリング能力の育成
- ②作成したモデルの汎用化 (様々な業態で利用可能とすること)
- ③作成したモデルの利用に関して付加価値を生じさせる考えを持つこと

である。これらは様々な分野の学習を行うものが互いに異分野として認識し、協働を行うことによって、学習効果が高まったことは、前年の報告のとおりである。

製造業や建築業などの異分野についても、要求されるモデリング能力については何ら変わることはなく、上記①～③の能力が高度に育成された場合、異分野の業務でも十分能力を発揮できることは、重回帰分析の結果からも予想できる。

効果の測定方法についてはルーブリックを多用し、能力の伸長が、生徒自身で把握できることや、生徒自身の評価および教員の評価の乖離が極めて少ないことなど、評価の有効性をも確認できた。

これらの結果から、①～③の能力はルーブリックの適切な設定と実施によって身に着けることが可能であるとの結論に至った。

体系的に取り組んだ高校教育における CG 学習の成果としてはおそらく初めて目にする成果が多数あったと思われる。

今後はさらに研究を深化し、多くの産業教育を学ぶ生徒に実例や資料提示を行っていきたいと考えている。

## Introduction :

岐阜工業高校テクノ LAB (以下岐阜工テクノ LAB) は、生徒主体の様々な活動を推進するため設置されたチームである。生徒が主体的活動を行う団体は生徒会をはじめ、各部活動など様々であるが、それぞれが学ぶ専門分野の特徴を生かし、異分野の知識・技能を有機的に結合し、さらに活動の場を広げることが目的である。

## Key words :

異分野交流 地域貢献

## 1 緒言

スーパー・プロフェッショナル・ハイスクールの研究のテーマは、優秀な産業人の育成と、地域産業への産業人の輩出である。これらの高度な水準を保ち、恒久的に行うことができる高等学校の運営を、教育課程を中心に様々な角度から行う教育環境の整備がなされなければならない。環境整備をハードウェア、ソフトウェアの両面から行うものとするれば、ハードウェアの面は行政の支援により拡張しつつある。またそのハードウェアを利用した、教育プログラムなどのソフトウェアに関しては、平成 28 年度から平成 29 年度中に様々な開発やフィールドテストが行われ、フィードバックプロセスを用いてのブラッシュアップに入っている段階となっている。

さらに、平成 30 年度においては、生徒が所属する学科の枠を超えた開発が盛んになった。

岐阜工テクノ LAB では、学科相互の有機的な結合を果たした特別活動をテーマに、教育課程外での効果的な指導方法や効果の測定等を研究する。

## 2 研究内容

以下に、今年度効果の著しい校内タスクフォースについて紹介する。

### 2-1 タスクフォースの実例

#### 2-1-1 先端技術体験イベント

平成 30 年 7 月 28 日、29 日に行われた「科学の縁結び祭り 2018」において、レーザーカッター体験を運営した。全国で開催される科学の祭典の精神に則ったイベントであるが、主催は出雲市教育委員会である。

「科学の各分野を網羅した多彩な実験や工作を効果的に展開し、科学への興味、楽しさを体験させ、子どもたちの持つ可能性を大きく伸ばしていくことを目的としたイベント」とあり、この開催趣旨を満たすという課題と、先端技術との関わりを模索し、解決するために生徒間のタスクフォースを構成し、体験内容の、体験者の年齢などを熟慮し、次の体験内容とした。

- ①スケッチ機能を利用して手書きの図形から、正確な円や矩形を作成する。
- ②作成した図形をレーザーカッターで切り抜く

①②ともに、パソコンのビギナーまたは、未体験者による操作を想定したもので、作図能力の習熟が必要ない、簡易的かつ、許容量の大きい作画方法とした。



Fig1 レーザーカッター体験の様子



Fig2 設置されたブース

これらは、工学的な予備知識のない一般参加者と、専門用語を使い慣れている生徒とのコミュニケーションを、どのように行うかが問題解決の大きな課題となった。作画については、体験者に対してレクチャーを行い、ペンタブレットによる操作を教示するスタイルとした。

これらの実施における効果について、体験者のアンケートによると、

- ・学生の教え方が丁寧で、初めてでも図形ができた。
- ・コンピュータがこんなに簡単に扱えることに驚いた。
- ・レーザーでスチレンボードが切れることが分かった。

・他にもたくさん色々なものが作れそう。

・工業高校の生徒が生き生きとしていた。

など、イベントの目的と合致した体験コーナーの運営できていたことがわかる。また、様々な体験者を想定し、運営内容を構成するという初期の計画が、理に叶ったものであることが証明された。

しかしながら、体験コーナー運営での問題点は運営終了後に発覚することとなり、以降の活動に際して解決すべき問題点として、生徒自らが提示した。

アンケートによると

・順番待ちをしていたが、開催時間が終了してしまい、体験できなかった。

これに対して生徒は、

①なるべく多くの体験者数とすること

②一回当たりの体験時間を短くするが、質の低下をさせないこと

③本イベント以外の機会を増やすこと

問題提議の上、解決策を検討するなど、PDCAサイクルの実践により、グループワークの質の向上を図ることができた。

上記の問題点解決については、次回以降のイベント運営に反映するために、次の運営方法が考案された。

・事前整理券を発行するが、単に順番を提示するものではなくて、時間帯ごとの順番とする。

・現在の順番をブースに掲示する。

これらは病院や銀行の受付システムを基にしたが、ある特定の時間帯での順番とすることで、体験者自身が待ち時間を有効に使える可能性が高くなっている。運営に関する実体験から、生きたPDCAサイクルを構成することで、問題解決能力の向上が図れた。

## 2-1-2 まちの駅イベント運営

まちの駅運営は、地元笠松町とのコラボレーションで行う地域活性化のためのイベントであり、昨年度から継続して行っている活動である。

廃業した店舗を利用し、地域住民との協働を図る長期的な目的があり、工業教育の地域理解を求める活動内容として構成された。

本企画は、「まちの駅」ワーキンググループを全学科の技術を持ち寄ることをバックボーンとして構成し、シーズンで参加いただいた地域住民の方には、工業教育のイメージがしやすい構成としている。

各イベントともコミュニケーション能力が要求されるものであるが、他の外部イベント同

様、幅広い年齢層が対象であり、来場者の経験値は大きな差がある。これらのイベント運営、企画、広報についてはワーキンググループのコアメンバーが行った。

日程および内容については、次ページに掲載する。



Fig3 キーホルダー掛け製作体験



Fig4 レーザーカッター体験



Fig5 コンセントカバーデコレーション



Fig6 ホワイトメタル鋳造体験



Fig7 キラキラシール体験

**回覧**

**キーホルダーかけづくり/定員5名**  
**9月13日(木) 10:00~11:00**  
 鍵やメモの置き場所に困っていませんか？  
 ミニすのこをアレンジしてキーホルダーをつくりまします。  
 建設工学科



**コンセントカバーづくり/定員5名**  
**9月18日(火) 16:30~17:30**  
 どの家庭にもあるコンセントのカバーをおしゃれに装身させましますよ！  
 電気についての質問もお答えましますよ。  
 電気科



**キラキラシール/定員10名**  
**9月20日(木) 16:30~17:30**  
 あなたの生活にも輝きを！！  
 散らかったプリントを美しく整頓！！  
 キラキラシールでオリジナルクリアファイルをつくらう。  
 デザイン工学科



岐阜工業高校主催

老若男女  
どなたでも！！

# かさこう ワークショップ

まちの駅  
ふらっとおかしよく(岡本食品店)  
で開催！

全講座 **100円**

**レーザーカッター体験/定員5名**  
**9月13日(木) 16:30~17:30**  
 パソコンでデザインした形をレーザーカッターで切り出して、オリジナルグッズをつくらう！  
 設備システム科



**紫外線で色が変わるストラップ  
保冷剤を作ってみよう/定員5名**  
**9月21日(金) 13:30~14:30**  
 不思議な液体につけ、紫外線にあてるとかわいい色つきストラップができてあがりまします。  
 もう一つ！暑いときに大活躍の保冷剤も手作りしてみよう。  
 化学技術科



**スマホ教室/定員5名**  
**9月14日(金) 16:30~17:30**  
 スマートフォンを買ったけど...  
 そんなあなたの悩みを高校生が解決！  
 ていねいに教えます。  
 電子科



**ホワイトメタルマグネット/定員5名**  
**9月18日(火) 13:00~14:00**  
 「铸造」って知ってましますか？  
 「ちゅうぞう」って読みまします。  
 铸造の技術でホワイトメタルをとがしてミニブロックをつくらう！  
 機械科



**キーホルダーづくり/定員5名**  
**9月21日(金) 12:00~13:00**  
 金属のプレートに刻印を打ってキーホルダーを作ります。  
 仕上げでピカピカにみぎいて金属を光らせましますよ。  
 電子機械科



☆お申込み・問い合わせはこちらまで  
 TEL 058-(388)-3231 笠松中央公民館 | 公民館駐車場をご利用ください

Fig8 日程及び体験内容の広告



Fig9 キーホルダー製作



Fig10 偏光ストラップの製作

### 2-1-3 全国産業教育フェア山口大会における発表・展示

全国産業教育フェア山口大会（さんフェアやまぐち 2018）において、SPH のプレゼンテーションおよび展示を行った。

プレゼンテーションでは、航空宇宙人材教育の成果として代表生徒が発表を行い、研究成果（全項で紹介した、3D スキャンとそのモデルを活用した金型製作）を会場で実演し好評を博した。

発表において使用したシステムは、2台のパソコンをNDI プロトコルにより通信を行い、受信側のパソコンには、送信側の映像またはデスクトップの映像データを利用できる仕組みとなっている。受信側で取得した映像データを仮想

Web カメラで人間が目視できる映像化を行い、Shockwave オブジェクト上で投射する。実際に利用したオブジェクトは swf 形式で、ファイル容量は極めて小さく、Flash プレイヤーがインストールされているコンピュータならば、このファイルは期待どおりの動作を行う。



Fig11 3D スキャンデモ



Fig12 ロビーにおける展示説明

一方会場ロビーでは、ポスター展示と一般来客向けプレゼンテーションが行われ、発表した生徒のコミュニケーション力を披露する機会となった。開発したプロジェクションマッピングの披露も行い、最高峰の技術として取り組んできた Facial Mapping は運動中の部物体の変位を検出し、検出した変位に合わせ CG を変位させる。今回は、石膏像の顔面に人間の顔を投影し、石膏像を動かしても映像が追従するデモを

行った。

この他に、マーカーを使ったAR（拡張現実）および、人体のモーションキャプチャーを組み合わせたバーチャルアクター技術も披露し、3年間のプロジェクションマッピング技術の開発成果をいかに発揮できた。

来場者からは「高校生の技術とは信じられない」「ARとモーションキャプチャーを組み合わせる技術が存在するなんて」等、好評を得た。

#### 2-1-4 成果発表におけるワークショップ

平成30年12月24日に「岐阜かかみがはら航空宇宙博物館」において成果発表会を開催した。SPH三年間の集大成として企画されたもので、生徒のプレゼンテーションおよび体験型ワークショップからなる。

会の運営には、生徒の企画が生かされ、随所に来場者に対し配慮の行き届いた運営となった。



Fig13 プレゼンの様子

プレゼン会場の運営は、全て生徒によるものである。また、多様な形態での発表に対応するため、プレゼンシステムが複雑にも関わらず、オペレーションや台本通りの演出など、短期間での技術習得が確認された。

一方、ワークショップの運営には多くの生徒が参加し、研究成果の披露を行った。



Fig14 ライブ映像の投影



Fig15 自走ロボットのデモ

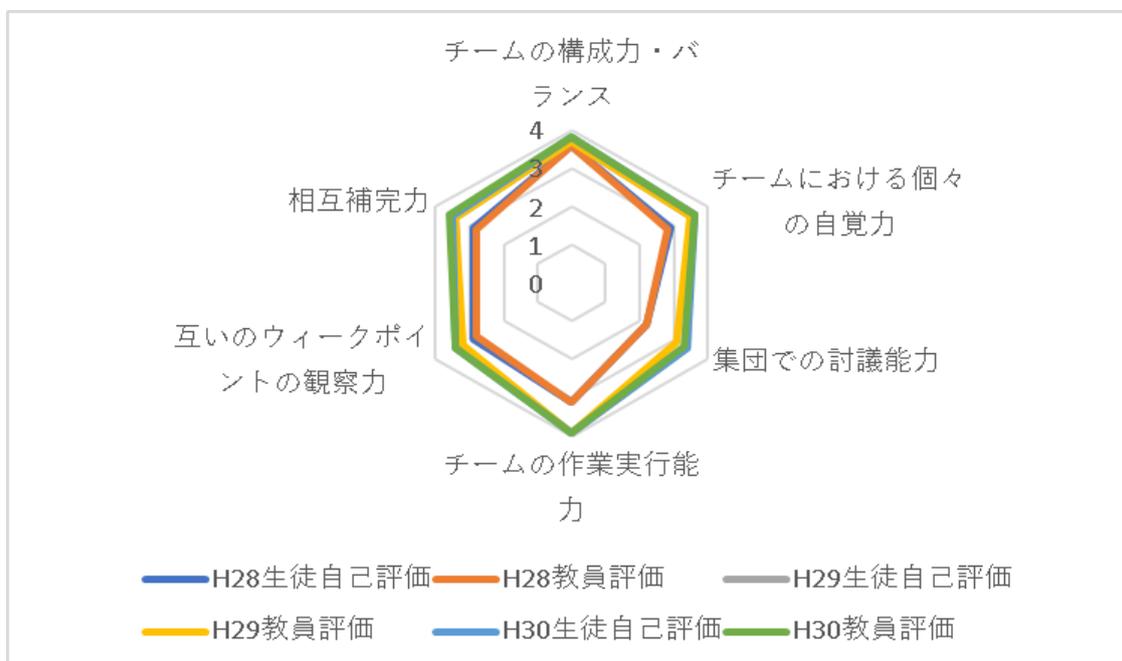


Fig16 さいころカレンダーの製作体験



Fig17 紙飛行機競技体験

項目	H28 生徒 自己評価	H28 教員 評価	H29 生徒 自己評価	H29 教員 評価	H30 生徒 自己評価	H30 教員 評価
チームの構成力・バランス	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
チームにおける個々の自覚力	2.9	2.8	3.5	3.5	3.6	3.6
集団での討議能力	2.2	2.2	3.4	3.1	3.4	3.3
チームの作業実行能力	3.1	3.1	3.9	3.9	3.9	3.9
互いのウィークポイントの観察力	2.9	2.8	3.3	3.2	3.4	3.4
相互補完力	2.9	2.8	3.4	3.4	3.5	3.6



**Fig18 チーム構成力推移**

成果発表会の会場となった「岐阜かかみがはら航空宇宙博物館」は、休祝日の来場者は2～3000人であり、小中学生はそのうちの2～3割程度となっている。これらの条件から各ワークショップでは材料などの必要数などを見積もり、運営を行った。

### 2-1-5 能力測定

前2年における、評価方法の確立と運営により、チーム構成力の能力測定の結果を Fig18 のような結果を得た。

生徒間でタスクフォースやワーキンググルー

プを構成する場合の評価軸を6項目と設定し、生徒観察や相互観察評価により4段階で評価を行った。

これによれば、チームに必要な要素は年々微増しており、最終年にはバランスの取れた評価結果が観察された。また、評価者と被評価者との間に、評価規準、レベルの差がないか、乖離度合いを併せて調査したが、その平均値は最大値でも3%程度にとどまっている。これは、学外から見ても、その評価方法にほぼ信頼のおける評価として認識されるレベルと考える。

このように、課題解決や問題の処理に効果的

なチーム構成について、一様の結果が得られる分析方法が分かった。

### 3 考察

経済産業省によると、社会人基礎力は、「前に踏み出す力」、「考え抜く力」、「チームで働く力」の3つの能力で提議されており、さらに12の能力要素からなる。

上記の3つの能力はそれぞれが相互依存し、生き抜く力を高度に醸成すると考えられる。

しかしながらこれらの3つの能力について、育成された力の一般的な評価法として定着したものはなかった。今回のチーム構成力評価は、チームで働く力全体の一部分の評価事例でしかないが、先述の例を使えば、

- ①必要とされるチーム構成において、どのような能力の人材を配置すれば効果的か予測ができるようになること。
- ②チームに必要とされる人材が不足している場合、現行メンバーに対して身に付けるべき能力の種類が明らかにできること。

が分かった。

また、身に付けるべき力のトレーニング方法において、論理的なトレーニングを行うことによってそれが可能であることは、多学科や、他校、異分野とのコラボレーションで、3年間の調査研究により実証された。

Fig19は、平成31年2月15日に行った生徒研究発表会の様子である。本校の懸案事項であった、成果をPRするためのチーム構成力の向上を図るため、新潟県立新潟工業高校(H29. SPH指定校)の生徒発表を視察して、参考とさせていただき、岐阜工業高校モデルを構築した。この発表モデルは、発表や、運営の生徒が自ら構築したもので、動画やCG等を効果的に取り入れたり、取組過程の説明のみにならないように、

製作者の想いを柱とした発表展開としたりと、聞き手を引き込もうとする試みが多数見られた。

企業、各種団体、大学などの110名を超える来賓からは、「斬新な取り組み」「分かりやすい発表」などの好評を得た。最終発表の機会にあっても、さらに進化を続けようとする成長ぶりがうかがえた。



Fig.19 生徒研究発表会(岐阜工業高校)

### 4 結言

「岐阜工テクノ LAB」の活動は表記したものだけにとどまらず、各種イベントへの参加や、それらのグループワークでのアクティビティにおいて、有用な足跡を残すことができた。

その代表的な事例は、岐阜県単独事業のスーパーハイスクールセッションである。前年度と同様に、各種スーパーハイスクール等の指定を受けた高校生の代表が一堂に会して、混成グループそれぞれにおいて、県内の各種団体や企業の抱える課題等をリサーチし、その中で地域の活性化に繋がる内容を研究テーマとして、岐阜大学の先生や大学院生からアドバイスを受け、互いの研究成果を生かしながら、自発的で自由なアイデアを出し合い、新たな事業展開につなげられる企画をまとめて提言する取組を実施した。この事業においても、テクノロジスト育成プログラム下での生徒の活躍は、満足すべきものであった。今後は、テクノロジスト育成と、「人生100年時代の社会人基礎力」との関係性

を明確にし、どのようなトレーニング方法で12の要素能力を醸成するか研究を行う。

団体、自治体などへの協力を行っており、年間125件ほどとなっている。(Table2-1,2)

※本校は、以上の事例の他に地域貢献や、各種

学 科	行事・イベント名	期 日	会 場	参加作品・出し物等
機械	Son showフェスティバル	4月15日	フォーカスポーカス	ミニSL しづか号
機械	みんないっしょにあそびましょ	4月21日	いずみ中央幼稚園	ミニSL しづか号
機械	どんと！こいこいまつり	5月5日	岐阜市境川緑道公園	ミニSL しづか号
機械	ホンダエコマイレレッジチャレンジ2018鈴鹿大会	6月9日	鈴鹿サーキット	省エネカー
機械	蘇原中学校 出前授業	6月14日	蘇原中学校	ステンレスを使用したキーホルダの製作
機械	地域支援 夏祭り	7月14日	岐南さくら中保育園	ミニSL しづか号
機械	東北支援	7月21～25日	石巻市相川保育所、井内保育所	ミニSL しづか号
機械	うずら夏まつり	7月29日	鶉小学校	ミニSL しづか号
機械	楽しみましよう梅林夏祭り	7月29日	梅林小学校	ミニSL しづか号
機械	汽車まつり	8月18日	瑞穂市総合センター公園	ミニSL しづか号
機械	FC岐阜応援イベント	8月19日	岐阜メモリアルセンター	ミニSL しづか号
機械	高校生ものづくりコンテスト東海大会	8月24日	愛知県立総合工科高校	旋盤部門
機械	2018羽島サマーフェスティバル	8月26日	市民の森 羽島公園	ミニSL しづか号
機械	岐阜車体ハッピーフェスティバル	9月23日	岐阜車体工業(株)	ミニSL しづか号
機械	笠松町立下羽栗小学校 親子ファミリー参観	9月29日	笠松町立下羽栗小学校	紙飛行機を作ろう
機械	江南市民まつり	10月6日	すいとびあ江南	ミニSL しづか号
機械	第11回愛知県工業高校生溶接競技大会	10月13日	愛知県立愛知総合工科高等学校	被覆アーク溶接部門
機械	ぎなんフェスタ2018	10月21日	岐南町新庁舎特設会場	ミニSL しづか号
機械	リバーサイドカーニバル	10月21日	笠松港公園	ミニSL しづか号
機械	2018 Econo Power in GIFU	10月21日	フェスティカサーキット瑞浪	省エネカー
機械	地域支援 ミニSLに乗ろう	10月22日	下羽栗保育所	幼稚園児のミニSLの試乗
機械	北方町福祉フェスティバル	10月27日	円鏡寺公園特設	ミニSL しづか号
機械	FC岐阜応援イベント	10月28日	岐阜メモリアルセンター	ミニSL しづか号
機械	地域支援 ミニSLに乗ろう	10月29日	笠松保育園	ミニSL しづか号
機械	岐阜ユニセフこどもの広場2018	11月10日	JR岐阜駅北口広場	ミニSL しづか号
機械	地域支援 ミニSLに乗ろう	11月12日	笠松双葉幼稚園	ミニSL しづか号
機械	テニテオイルミネーション2018	11月23日	メディアコスモス岐阜	ミニSL しづか号
機械	第6回ぎふ市場まつり	11月25日	岐阜中央市場特設会場	ミニSL しづか号
機械	第18回工業高校生ものづくりコンテスト県大会	12月8日	国際たくみアカデミー	旋盤部門
機械	第3回金型コンテスト	12月8日	国際たくみアカデミー	金型部門
機械	笠松中キャリアステーション	12月13日	岐阜工業高等学校 鑄造実習室	ホワイトメタルを利用した鑄造体験
機械	各務原市科学ラボ	12月15日	各務原市産業文化センター	紙飛行機を作ろう
機械	HAPPY DAY	1月27日	岐阜市ハートフルスクエアG	ミニSL しづか号
機械	第3回全国人工衛星・探査機模型製作コンテスト	3月10日	かかみがはら航空宇宙博物館	人工衛星模型
電子機械	第13回若年者ものづくり競技大会	8月1・2日	石川県産業展示館	メカトロニクス職種 敢闘賞
電子機械	第13回若年者ものづくり競技大会	8月1・2日	石川県産業展示館	ロボットソフト組込み職種 敢闘賞
電子機械	東海ポリテクビジョン 幼少児技術競技会	10月6日	イオンタウン大垣	メカトロニクス職種
電子機械	2018 Econo Power in GIFU	10月21日	フェスティカサーキット瑞浪	電気自動車部門
電子機械	かさこワークショップ	9月21日	笠松町	キャラクターキーホルダーを作ろう
電子機械	第18回工業高校生ものづくりコンテスト県大会	12月8日	国際たくみアカデミー	メカトロニクス部門
電子機械	第3回工業高校生金型コンテスト	12月8日	国際たくみアカデミー	射出部門
電子機械	笠松中キャリアステーション	12月13日	岐阜工業高等学校	クリスマスツリーを作ろう
設備システム	加納中学校出前授業	6月14日	加納中学校	先端映像の世界
設備システム	レーザーカッター体験	7月15日	岐阜工業高等学校	INKSCAPEによる作図および加工
設備システム	岐南中 出前授業	11月21日	岐南中学校	先端映像の世界
設備システム	笠松中キャリアステーション	12月13日	岐阜工業高等学校	体験するクラフトワールド!
建設工学	笠松町連携事業	4月～3月	笠松町	地域交流拠点づくり・まちの駅(岡本食品店)
建設工学	田代中子ども会お楽しみ会	7月21日	岐阜工業高校	ミニすのこ壁掛けを作ろう
建設工学	笠松町親子講座	7月27日・30日	岐阜工業高校	ミニすのこ壁掛けを作ろう
建設工学	瓢・美笠・奈良町子ども会お楽しみ会	8月8日	岐阜工業高校	ミニすのこ壁掛けを作ろう
建設工学	高校生ものづくりコンテスト東海大会	8月23日	岐阜工業高校	測量部門
建設工学	かさこワークショップ	9月13日～21日	まちの駅・岡本食品店	木工体験・枞づくり
建設工学	名鉄ハイキング	9月16日	まちの駅・岡本食品店	チラシ配布
建設工学	リバーサイドカーニバル2018	10月21日	笠松町みなと公園	Eポート大会
建設工学	まちの駅イベント	10月22日	まちの駅・岡本食品店	イヤリング製作ワークショップ
建設工学	高校生ものづくりコンテスト全国大会	11月17日・18日	岐阜工業高校	測量部門
建設工学	高校生ものづくりコンテスト県大会	12月8日	国際たくみアカデミー	測量部門・木材加工部門
建設工学	笠松中キャリアステーション	12月14日	岐阜工業高等学校	ドローンを飛ばそう
建設工学	羽島郡子ども会大会	2月3日	笠松町中央公民館	ミニすのこ壁掛けを作ろう

Table1-1 対外行事への参加記録

学 科	行事・イベント名	期 日	会 場	参加作品・出し物等
化学技術	身近な人権を語る会（羽田人権文化基金）	4月21日	岐阜会館	化学研究部活動を通じた人権
化学技術	世界一大きな授業	5月18日(金)～22日(火)	根尾谷断層・岐阜工業高校	質の高い教育をみんなに(世界連携)11日カンボジアとスカイブ会議
化学技術	梅林小学校出前講座	6月2日(土)	梅林小学校	光るエコ消しゴム・ハンセン病支援
化学技術	加納中学校出前講座	6月13日(水)	加納中学校	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	キラメキ講座	7月21日(土)	岐阜市青少年ルーム	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	クラブサークル体験講座ひよこの集い	7月25日(水)	各務原市川島ライフデザインセンター	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	子どもチャレンジ講座	7月26日(木)	各務原市川島ライフデザインセンター	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	サイエンスフェア2018	7月28日・29日	サイエンスワールド	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	子どもチャレンジ講座サイエンス教室1	8月1日(水)	北方町生涯学習センター	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	各務原市川島町子ども会来校	8月6日(月)	岐阜工業高校	光るエコ消しゴム・機器分析
化学技術	学校開放講座	8月8日(水)	岐阜工業高校	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	名古屋国際センター・フォーラム	8月19日(日)	名古屋国際センター	発展途上国支援活動
化学技術	高校生ボランティア・アワード全国大会	8月20日～22日	東京国際フォーラム	ボランティアの全国大会で発表
化学技術	東日本大震災被災地支援活動	8月25日～29日	南三陸・気仙沼・釜石・・・	光るエコ消しゴム・支援交流活動
化学技術	サタデーサークル	10月13日(土)	厚見小学校	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	ものづくり岐阜テクノフェア2018	10月20日(土)	大垣総合体育館	光るエコ消しゴム
化学技術	各務原市川島ライフデザインセンター生涯学習発表会	10月28日(日)	各務原市川島ライフデザインセンター	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	AITサイエンス大賞	11月3日(土)	愛知工業大学	プレゼン発表
化学技術	学びフェスタ	11月11日(日)	笠松小学校	光るエコ消しゴム・ブラバン
化学技術	ぎふサイエンスフェスティバル2018	11月17日(土)	岐阜市文化センター	光るエコ消しゴム
化学技術	ボランティア・スピリット・アワード東海・北陸ブロック表彰式	11月18日(日)	金沢市文化ホール	ボランティア活動交流会・表彰式
化学技術	鏡島小学校総合的な学習の時間	12月1日(土)	鏡島小学校	光るエコ消しゴム・東北支援
化学技術	ものづくりコンテスト(化学分析部門) 県大会	12月8日(土)	可児工業高校	化学分析部門
化学技術	全国ユース環境活動発表大会中部大会	12月9日(日)	名古屋TKPガーデンシティ	光るエコ消しゴム
化学技術	笠松中キャリアステーション	12月13日(木)	岐阜工業高校	学科紹介・実習体験
化学技術	子どもサイエンス教室2	12月16日(日)	北方町生涯学習センター	入浴剤・せっけんづくり
化学技術	消しゴム作り体験とカンボジア支援報告会	12月22日(土)	名古屋国際センター	ワークショップ・交流会
化学技術	SPH報告会	12月24日(月)	かかみがはら航空宇宙博物館	光るエコ消しゴム
化学技術	MY PROJECT AWARD COMPETITION in KANSAI 関西大会	2月10日(日)	関西大学梅田キャンパス	活動発表
化学技術	ひよし幼稚園出前講座	2月27日(火)	ひよし幼稚園	光るエコ消しゴム
化学技術	グローバルユースデー2019	3月16日(金)	名古屋国際センター	活動発表
化学技術	岐阜県環境管理技術センター 講演会	3月15日(金)	メディアコスモス	ボランティア活動発表
電気	缶サット甲子園2018岐阜大会	7月7日	かさだ広場、かかみがはら航空宇宙博物館	台風接近により大会中止、後日プレゼンテーションビデオで審査
電気	かさこうワークショップ	9月18日	岡本食品店	電気に関する豆知識、スイッチカバーのデザイン化
電気	クリエイティブキャンプ2018	10月13日20日12月15日	ソフトピアジャパン	IoT・AIで効率化をテーマして課題解決
電気	ものづくりコンテスト(電気工事部門) 県大会	10月20日	国際たくみアカデミー	電気工事部門2名出場
電気	笠松中キャリアステーション	12月13日	岐阜工業高等学校	身近な電気の基礎知識
電気	SPH成果発表会	12月24日	かかみがはら航空宇宙博物館	家電製品のIoT体験
電子	出前授業	6月13日	加納中学校	空から撮影しよう
電子	第56回技能五輪全国大会 岐阜県予選	7月8日	岐阜工業高校	電子機器組立て作業
電子	オープンキャンパスボランティア	8月4日	岐阜盲学校	オープンキャンパスのボランティア
電子	電脳七夕まつり	8月8日	岐阜盲学校	テレビ会議によるアプリ紹介
電子	第17回高校生ものづくりコンテスト東海大会	8月11日	岐南工業高等学校	電子回路組立競技の部 優勝及び準優勝
電子	第56回技能五輪全国大会 二次選考会	8月20日	コンベンションホールA P 西新宿	電子機器組立て職種5名出場
電子	Pepperアプリ開発現場見学	8月29日	岐阜商工会議所	Pepperアプリ開発現場の見学
電子	かさこうワークショップ	9月14日	岡本食品店	スマホ教室
電子	情報教育授業	10月13日	城西小学校	プログラミング教育、Pepper体験
電子	第56回技能五輪全国大会	11月2日～5日	那覇市民体育館	電子機器組立て職種 3名出場
電子	笠小夢の学びフェスタ2018	11月11日	笠松小学校	ロボットを使ったプログラミング体験
電子	第18回工業高校生ものづくりコンテスト全国大会	11月17日・18日	静岡県立科学技術高校	電子回路組立部門 準優勝
電子	リバーサイド笠松園ボランティア	11月18日	リバーサイド笠松園	特別養護老人ホームボランティア
電子	岐南中 出前授業	11月21日	岐南中学校	空から撮影しよう
電子	第18回工業高校生ものづくりコンテスト県大会	12月8日	国際たくみアカデミー	電子回路組立部門 最優秀・優秀・たくみアカデミー校長賞
電子	笠松中キャリアステーション	12月13日	岐阜工業高等学校	USBライトの製作
電子	笠松駅イルミネーション点灯	12月18日～2月上旬	笠松駅	笠松駅イルミネーション2018
電子	岐南町イルミネーション	12月19日～2月上旬	岐南町役場	岐南町イルミネーション
電子	高特共同学習事業	1月11日	岐阜盲学校	外部講師講演会
デザイン工学	かさこうワークショップ	9月20日	岡本食品店	きらきらシール
デザイン工学	笠松町立下羽栗小学校 親子ファミリー参観	9月29日	笠松町立下羽栗小学校	きらきらシール
デザイン工学	リバーサイドカーニバル2018	10月21日	笠松町みなと公園	缶バッジ
デザイン工学	ものづくりコンテスト岐阜県大会	12月8日	国際たくみアカデミー	デザイン部門
デザイン工学	笠松中キャリアステーション	12月13日	岐阜工業高等学校	コマ撮り体験・スツール製作
デザイン工学	SPH成果発表会	12月24日	かかみがはら航空宇宙博物館	缶バッジ
機工テクノLAB	平成30年度岐阜県産業教育振興会総会発表	7月20日	岐阜県庁	テクノロジストとなるために
機工テクノLAB	科学の縁結び祭り	7月28日(土)29日(日)	岐阜市科学館加記館	レーザーカッター体験
機工テクノLAB	スーパーハイスクールセッション	6月～7月(4回)	岐阜大学	岐阜県の活性化について研究・発表

Table1-2 対外行事への参加記録