

テーマ

新たな技能・技術領域の職業能力開発に必要な専門知識・技能・技術及び指導方法
に関する調査・研究

副題

IoT/AR 製品開発における職業訓練の実践・評価
-アジャイル開発手法を応用した電気系訓練生によるグループ制作の効果的指導-

所属施設 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構

執筆者 寺田 憲司(東海職業能力開発大学校附属浜松職業能力開発短期大学校)

1. はじめに

「あらゆるものをインターネットにつなげる」ことに成功している IoT(Internet of Things)技術は、生活の場にある「情報」を人だけではなくモノに持たせ集積し、分析・公開することで付加価値を見出している。IoT を実現するべく情報系技術者は多忙を極め、経済産業省によると 2030 年には 79 万人不足するといわれている¹。日本国内においても日本機械学会生産システム部門を母体に誕生した IVI(Industrial Value Chain Initiative) や IoT による製造ビジネスワーキンググループとして政府によるロボット新戦略をきっかけに設立されたロボット革命イニシアティブ協議会等の団体を通じて、FA ロボットを中心とした工場設備と IoT を組み合わせた産業製品の開発の取り組みがなされている。加えて、経済産業省の経済情報ジャーナルによれば「日本国内の工場においても生産工程と業務システムの結びつきを軸にした、企業内と企業間の 情報共有」が必要とされており、国内の工場に IoT 導入が進められている²。一方で総務省の「IoT 分野の人材育成動向と課題」³によれば、以下のような様々な課題に対して取り組みがなされている。

- ① 異なる分野の専門家同士の仕事になるので、お互いの単語がわからない。お互い歩み寄りをしている。
- ② すでにある IoT 化の事例を自社の事業に置き換えて類推できる人材がいれば、IT ベンダーがアイデアを具現化できる。
- ③ 機械から取得したデータを、どのような視点で価値に結びつけたらよいかかわからない。分析の手法はあっても、何をアウトプットにするかがわからない

すなわち、IoT を導入する製品を作る技術者として、その技術とビジネスを繋ぐ力、技術を俯瞰し全体を設計する力、創造性、専門性を持ち、IoT 分野と自社の製品の橋渡しをする技術者 (=ブリッジエンジニア) が求められている。このような要望は建築・機械等のあらゆる産業に存在し、電気系産業においても工場設備だけではなくエレベーター、鉄道設備等でも増えてきている^{4 5}。このような背景からも私が担当している電気エネルギー制御科で育成する電気技術者において IoT 分野を適用できる知識・技術・技能が求められていると考えられる。

このような現状の中、図1.1、表1.1に示すように浜松職業能力開発短期大学の電気エネルギー制御科のシラバス上から判断すると、IoTの中核となるインターネット技術やセンサ、マイコン技術を学ぶ時間は、総時間数のわずか4%に過ぎず、学生がIoT技術を学ぶ機会が少ないのが現状である。電気エネルギー制御科では電気設備の保守管理等の技能・技術に加えて環境・エネルギー有効利用技術等を修得することが主であり、その中でどのように現状の産業ニーズに応えるような指導法ができるかが課題となっている。

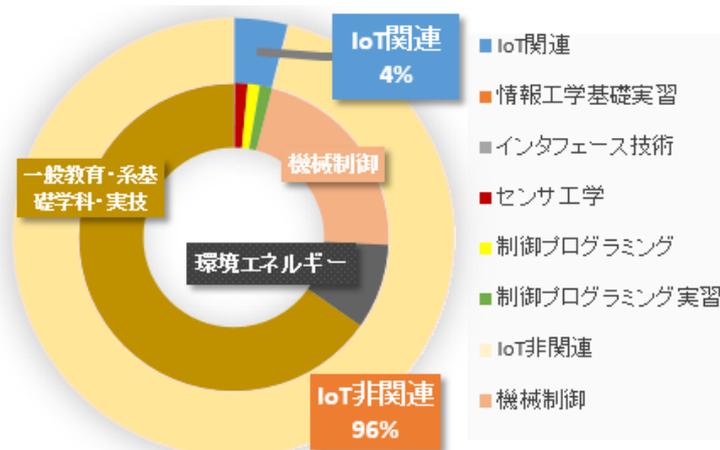


図1.1電気エネルギー制御科内のIoTに係る授業時間の割合

表 1.1 電気エネルギー制御科内の IoT に係る授業時間

IoT	実習・学科名	内容	時間[分]
関連	情報工学基礎実習	インターネットの活用	100
	インタフェース技術	コンピュータ・PLC ネットワーク	100
	センサ工学	センサの原理・構造の知識	1800
	制御プログラミング	マイコンの概要, CPU 等の知識	1800
	制御プログラミング実習	各種センサ, モータ等の制御技術	1800
非関連	機械制御	シーケンス・空気圧制御等	30600
	環境エネルギー	太陽光パネル, 風力発電等	12600
	一般教育・系基礎学科・実技	電気工事・等	91600

しかし、職業能力開発大学の専門課程においてIoT技術のほとんどは電子・情報専攻の訓練生・学生が習得する内容であり、電気エネルギー制御科のようにIoT技術を非関連分野と考える訓練生・学生に無策で教えた場合、専門性の不一致と考えモチベーションが低下する可能性が高い。すなわち以下の指導法の検討・実践が必要となる。

- ① モチベーションの低下を防ぐ指導法
- ② 短期間でIoT技術を習得させる指導法

これらを実現する手法を実践することにより、将来様々な分野で適用されるIoT技術を電気系などの非情報分野専攻の訓練生・学生を対象とした職業訓練ができないか検討及び実践を行った。そこでウォーターフォール等のいくつかのソフトウェア開発手法の中で、少人数での開発に利点を見出しやすく、IoT技術のようにソフトウェア開発を中心に他分野の技術を適用しやすい手法の選定を行った。結果、検討・実践したのが「アジャイル開発手法を応用した指導技法」である。加えてプログラミング未経験者でも短期間開発が可能なIoT機器の選定及び課題提供方法について考察を行った。

以上の指導方法に留意し職業訓練を実践することで、200社近くの地元の一flowメーカーが集まる展示会において注目され新聞等に掲載された制作物を得ることができた。

2. 背景

2-1. 職業訓練での IoT の取り組み

図 2.1.1 に示す通り IoT の市場規模について IDC(Internet Data Center)の統計データによると 2014 年は 5 兆 4020 億円になっており 2020 年では、13.8 兆円になると予想されている。IoT 技術は運輸業、公共、公益などでこれまでよりも使用されることが予測されている。IoT という言葉が出る前から「ユビキタス」「M2M」等の技術名とともに IoT は緩やかに浸透していた。しかし近年、ネットワーク機器の低価格化やインターネット上にある無数の技術情報により急速に IoT を実現するサービス、製品が開発されている。この IoT の構成技術は複数存在し、以下の①から⑤の技術で IoT 製品開発がされている。

- ① センサ技術 : 温度、人、振動などの情報を取得
- ② 負荷制御技術 : 情報を元に機器を遠隔操作・制御
- ③ ネットワーク技術 : 情報は再配布可能な形にしてクラウドにデータを蓄積
- ④ AI・機械学習 : 必要であれば「人工知能」でデータ分析
- ⑤ マイコン技術 : 上記①～④を実現するソフトウェア開発

職業訓練指導員として、これらの技術を習得する機会は十分にある。2017 年 4 月 4 日現在、高齢・障害・求職者雇用支援機構 基盤整備センターから提供されているカリキュラムモデルの関連件数を例に取れば以下のとおりとなる。

- ① センサ技術 : 24 件（「センサの実践的活用」「機械技術者のためのセンサ回路技術」等）
- ② ロボット等負荷制御 : 41 件（「ロボット制御と通信インタフェース」「サーボモータ制御技術」等）
- ③ ネットワーク技術 : 59 件（「実習で学ぶネットワーク設計技法」「DBサーバ構築（業務システム構築）」等）
- ④ AI(機械学習) : 4 件（「人工知能技術」「統計的進化的機械学習に基づく知能化技術」等）
- ⑤ マイコン制御 : 53 件（「機械制御のためのマイコン実践技術」「LINUX による組み込みシステム開発」等）

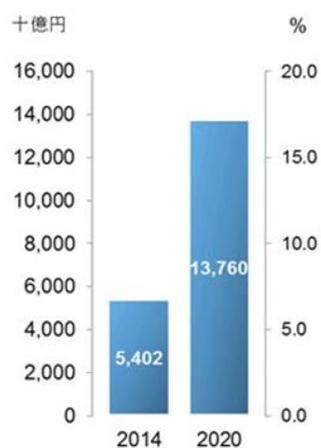


図 2.1.1 IoT の市場規模（出典 IDC）

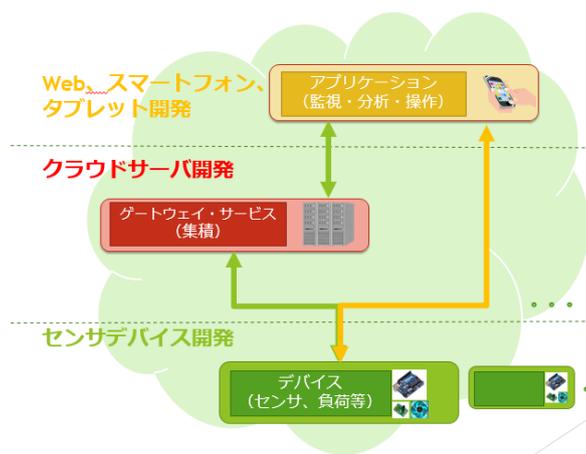


図 2.1.2 IoT の開発の分類

次に習得した技術を用いて、どのように開発を進めていくかを考える必要がある。図 2.1.2 は IoT における開発の分類を示しており、大きく「Web, スマートフォン, タブレット開発」, 「クラウドサーバ開発」, 「センサデバイス開発」に分類され、これらがネットワークを通じ連携を図ることで IoT 製品は連携していく。職業訓練によるものづくりを考えた場合、これら 3 つの開発の精度, 優先順位等を考慮し、定められた期間で成果物を制作する必要がある。

IoT における開発の分類を以下に示す。

Web, スマートフォン, タブレット開発 :

人が直接操作・制御を行うものである。Linux (Android), iOS, Windows 等の OS が搭載されているものが多い。開発にかかる情報量が膨大である。加えて、GitHub 等のサービスにより小規模から大規模な機能の開発技法が効率よく見つかる。

クラウドサーバ開発 :

データを蓄積し更に必要であれば分析を行う。IoT 製品では既存サービスを利用することが少なくない。代表的なものは、Google CLOUD ENDPOINTS, Amazon AWS などがある。期間限定の無償なものから月額利用の有償のものがある。いずれにしても訓練生・学生が制作するものづくりの場合は制作後の利用方法の検討も必要である。

センサデバイス開発 :

家, 農場, 電気製品等の IoT で制御するそのものの機器である。温度, 振動, 画像等の情報をセンサから取得し、ネットワークを通じてスマートフォンやクラウドに送る。

一方でセンサデバイスにはモータ等を利用したアクチュエータが搭載されているものが多く、それらの制御も行う。各制御にはマイコンが利用されている。マイコンの選定については選択肢が多い。基本的には、省電力, 短期間開発, 耐久性等が考慮されている。職業訓練の場では「Web, スマートフォン, タブレット開発」に次いで開発するための情報量が多い。



図 2.2.1 ウォーターフォール型とアジャイル型の違い

2-2. アジャイル開発手法

アジャイル開発手法は2001年にKent Beck氏、Mike Beedle氏ら17名の開発者が宣言した1つの価値観が生まれたものであり、現在はマイクロソフト、Google等の情報産業をはじめとしてFBI等の他分野でも利用されている⁷。古くからソフトウェア開発では、ウォーターフォールモデル開発手法が有名である。図2.2.1に示す通り、ウォーターフォールモデル開発手法は、企画・計画・設計・実装（プログラミング）・評価それぞれに専門の技術者が存在し、役割分担が明確である。ウォーターフォールモデル開発手法の強みは、大規模開発に優れているが、ソフトウェア開発において十分な経験が必要である。一方、アジャイル型開発手法は計画・設計・実装、テストを短い期間で繰り返していく。アジャイル型はPDCAスパイラルアップと同じと思われるが、PDCAスパイラルアップは仕様書を決め、大きく仕様と外れたものは構築せず、仕様書に記載されている内容の質をあげていく。一方、アジャイル開発手法は仕様書を守るよりも、利用者との対話を重視し、動く製品を見てもらい、利用者との協調しながら開発を進めていくものであり、仕様書（計画）よりも利用者の声の変化に対応したものづくり手法である。（独）情報処理推進機構の報告⁸によれば、ウォーターフォールモデル開発手法やPDCAスパイラルアップ開発手法と比べて満足度が高い。また、アジャイル開発手法の強みは「計画時には、ビジネス上、システム上の課題が未解決、開始後も変更の可能性大」となる開発に強いことである。すなわち、新規分野として適用例がまだまだ少ないIoTとは相性が良く、異なる専門の技術者と連携していくものづくりにおいて効果が発揮されている。これらの宣言により以下の12の原則が定められている。

- ① 顧客満足を最優先し、価値のあるソフトウェアを早く継続的に提供します。
- ② 要求の変更はたとえ開発の後期であっても歓迎します。変化を味方につけることによって、お客様の競争力を引き上げます。
- ③ 動くソフトウェアを 2-3 週間から 2-3 ヶ月というできるだけ短い時間間隔でリリースします。
- ④ ビジネス側の人と開発者は、プロジェクトを通して日々一緒に働かなければなりません。
- ⑤ 意欲に満ちた人々を集めてプロジェクトを構成します。環境と支援を与え仕事が無事終わるまで彼らを信頼します。
- ⑥ 情報を伝えるもっとも効率的で効果的な方法はフェイス・トゥ・フェイスで話をすることです。
- ⑦ 動くソフトウェアこそが進捗の最も重要な尺度です。
- ⑧ アジャイル・プロセスは持続可能な開発を促進します。一定のペースを継続的に維持できるようにしなければなりません。
- ⑨ 技術的卓越性と優れた設計に対する不断の注意が機敏さを高めます。
- ⑩ シンプルさ（ムダなく作れる量を最大限にすること）が本質です。
- ⑪ チームがもっと効率を高めることができるかを定期的に振り返り、それに基づいて自分たちのやり方を最適に調整します。
- ⑫ 最良のアーキテクチャ・要求・設計は、自己組織的なチームから生み出されます。

これらの原則がきっかけとなりスクラム、XP 等の開発手法が生まれている。いずれの開発手法も 1~4 週間の短期間で工程を反復する開発プロセスを実践することが特徴となっており、動く製品を頻繁にお客様に提示することで、速やかにお客様の要求に対応していくことが可能となる。同時に開発者も疑問点が少ないまま作業にあたることができ、モチベーションの維持・向上につながる利点がある。欠点は、対話による開発を重視しているため、地理的に分散している場合や、10 名を超える開発メンバーとなった場合、効率が悪くなる可能性がある。

これらの特徴を持つアジャイル開発手法を職業訓練の指導として取り入れた場合、以下に示すスキル向上が期待できる。

- ① 自ら持つ専門性と IoT 関連を組み合わせたテクニカルスキルの向上
- ② チーム内、利用者と密な関係を築けるヒューマンスキルの向上
- ③ 開発・評価を繰り返すことで身に付けられるコンセプトチャルスキルの向上
- ④ 「①」～「③」により、自主性が芽生えることで得られるモチベーションの向上

3. 目的

非情報系である電気系学生に対して IoT 技術を習得させるため、専門課程の総合制作実習で取組むテーマに IoT 技術の要素を盛り込むことにより、新たな付加価値をつける製品開発に取り組むことを目的としている。加えてアジャイル開発手法を盛り込むことにより、様々な利用者の意見を取り入れることで、ものづくりの高いモチベーションを維持し、訓練生の自主性を高めるものづくりの指導方法を検討・実践を行う。



<https://goo.gl/MIBX1B>

スマートフォンピッチングマシン



<https://goo.gl/jjZlQB>

AR 技術を適用した全方向移動ロボット

図 4.1.1 動画確認用 QR コード

4. システム要素

今回の指導技法を実践し制作した「スマートフォンピッチングマシン(平成 27 年度制作)」「AR 技術を適用した全方向移動ロボット(平成 28 年度制作)」に共通しているシステム要素は以下のとおりである。

- ① Android スマートフォンを利用した機器の制御
- ② 制御対象機器は電気エネルギー制御科で習得した技能（主としてモータ，センサ制御及び CAD・レーザ加工機を利用した加工制作）を利用
- ③ マイコンはプログラミング経験が浅くても利用できるオープンソースハードウェア（Arduino, Raspberry Pi）を利用

図 2.1.3 で示した開発手法でいえば「Web, スマートフォン, タブレット開発」としてスマートフォンを選び、「センサデバイス開発」として制御対象機器を制作した。「クラウドサーバ開発」においては、アジャイル開発手法を進める経緯で優先順位が低かったため結果として取りまななかった。また、名前だけでは想像しにくい方のために、制作物のシステムをより理解しやすくするため、紹介動画を浜松職業能力開発短期大学の facebook に載せている。図 4.1.1 に、動画を確認するための動画サイトの QR コードと URI を示す。

5. 指導の進め方

5-1. 概要

まず本論文の指導技法を用いた実践報告における前提条件は以下のとおりである。

- ① 非情報系の専門課程である電気エネルギー制御科の学生 3 名
- ② 制作を始める時点ではプログラミング未経験で制作をすすめる同時期から C 言語を授業で 3 時限(100 分)/週で習得
- ③ ひとつの製品の制作時間は 10, 800 時間のみ(6 時限(1 時限 100 分)×18 週)

これらの条件は東海職業能力開発大学校附属浜松職業能力開発短期大学の電気エネルギー制御科 2 年次の総合制作における条件である。

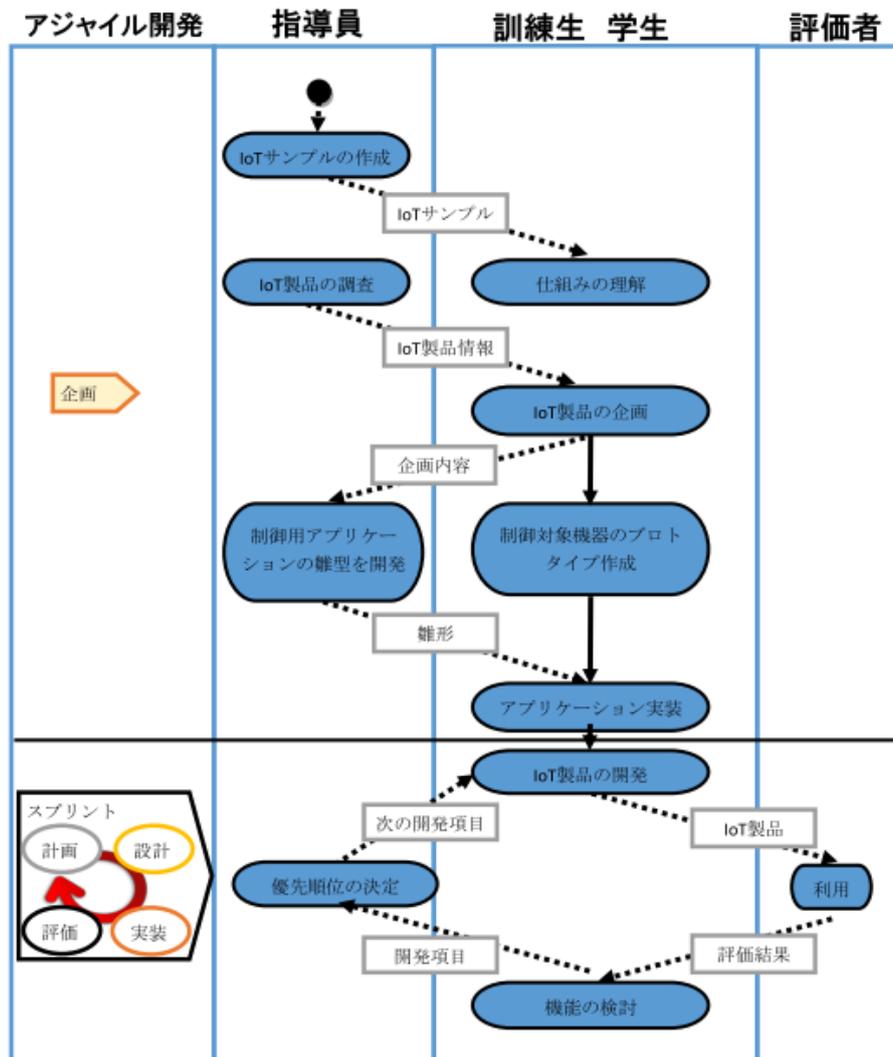


図 5.1.1 指導方法の流れ

5-2. 指導方法

アジャイル開発手法を踏まえた指導方法を図 5.1.1 に示す。2-2 節で示した通り、アジャイル開発手法は短期間かつ少数の学生で制作する専門課程の総合制作と相性が良い。アジャイル開発手法では XP, スクラム等の種類があることから、これらの中で様々な手法がある。最終的には表 5.1.2 に示す内容構成により専門課程の総合制作に取り組ませた。指導は以下の流れで行い、学生は企画の段階で開発未経験者が多いため、基礎的な知識と技能の習得を指導員側から提供・指示を行った。

- ① IoT サンプルを利用した学生への理解促進
- ② IoT 製品の調査, 紹介
- ③ センサ, モータ等を搭載する制御対象機器は学生が企画
- ④ 制御対象機器のプロトタイプの作成を最優先
- ⑤ 制御対象機器のアプリケーション実装
- ⑥ 計画・設計・実装・評価を繰り返す

表 5.1.2 専門課程に取り込んだアジャイル開発手法

手法	内容
リリースプランニング	製品の機能優先順，開発期間等をチーム全員で計画
スプリント	2～4週間程度で成果物の成果・評価を行い，それら繰り返していく開発の単位
デイリースクラム	実習開始時に全員が集まり，15分以内で進捗状況と問題点を洗い出し「解決」する手法を決定する会議
スプリント・レビュー	開発者以外のユーザーに実物を見せ，評価を受ける手法
ペアプログラミング	2つの開発者がペアとなって1つのコードを構築する手法
スクラムボード	ホワイトボードを利用して，機能毎に「未着手」「作業中」「完了」に分類して表にする情報共有



図 5.1.2 スマートフォンによるモータの無線制御

5-2-1 IoT サンプルを利用した学生への理解促進

サンプルのプログラムコードは機能毎にファイルをわけて提供した。少しでも構造が複雑なプログラムコードを与えると覚えるうえでモチベーションが下がる。そこで毎年利用したサンプルが「スマートフォンによるモータの無線制御」である。概観を図 5.1.2 に示す。このサンプルでは，スマートフォンの画面にあるボタンを押したり，振ったりすることでモータの速度を制御することができる。このようにシンプルにすることでモータやセンサで何を制御するのかを考えてもらった。

5-2-2 IoT の製品の調査・紹介

ここでは指導員から農業，家電，鉄道等の分野を紹介したが，事例が大きすぎて電気エネルギー制御科の専門課程の学生から制作案がでなかった。試行錯誤の結果，一番やる気を出させたのが「GUGEN」のサイトである。サイトのトップページを図 5.1.3 に示す。このサイトでは，今すぐ製品化できるものから趣味の電子工作，利益を考えないものまで幅広く紹介されている。このサイトから得られる内容は学生たちに親近感と面白さを与え，この閲覧から今回の IoT 技術を使った制作物が生まれた。

All / アート・音楽 / お酒肴・アクセサリ / コミュニケーション・繋がり / ビジネス・仕事 / ホビー・エンタメ / 乗り物・スポーツ / 教育・学習 / 環境・エコ / 生活・からだ

🕒 投稿日時の新しい/古い 🍷 ほしいな数の多い/少ない 💬 コメント数の多い/少ない

作品応募数 152点

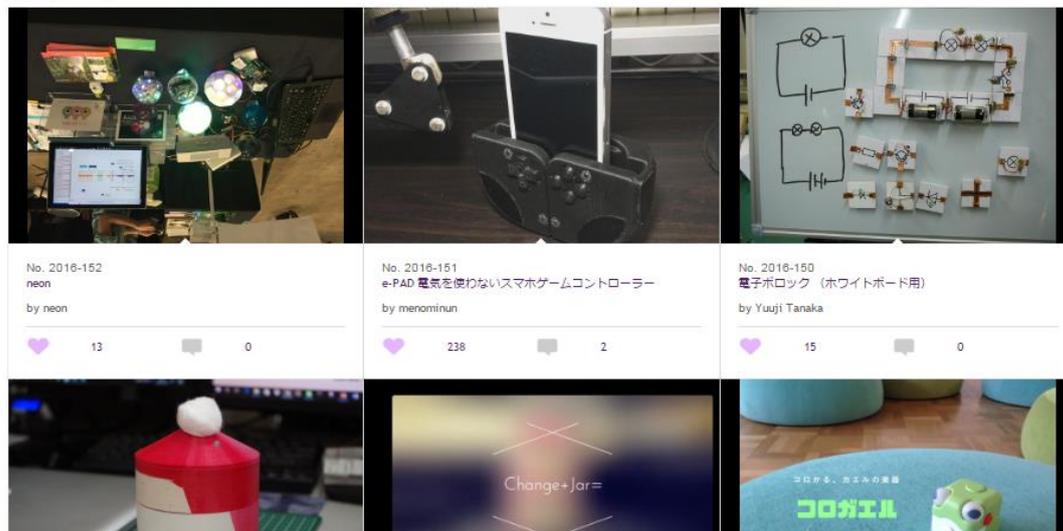


図 5.1.3 非情報系学生が興味を示した IoT 関連機器が紹介されているサイト[GUGEN]

5-2-3 センサ，モータ等を搭載する制御対象機器は学生が企画

ここではリリースプランニングを行うに当たり「2. IoT の製品の紹介，調査」で紹介して以降，一切指導員は否定せず学生の尊重をすることにした．その結果，学生は自ら考案したものに責任をもち，1年かけてモチベーション高く取り組みことができていた．これは平成 27 年度職業訓練論文コンクールに入選した江守真氏が報告した「ヒューマンスキル／コンセプチュアルスキルの効果的指導法の検討⁹⁾」の内容にある「スキルアップを促進するためには，スキルを意識し，自分で目標を決定したことにより，次に目指すべきことがはっきりする」と述べられている通り，短い期間で制作物を完成に近づけた要因の一つである．

「自分たちがつくれそうで面白いと感じるもの」このモチベーションが限られた時間での制作を可能にした．

5-2-4 制御対象機器のプロトタイプを作成を最優先

プロトタイプはハードウェアの中心に構築する．IoT 製品は，特に開発経験がないものにとって想像がしにくいものである．そこで，早期から目に見えるものを制作することでモチベーションの向上をねらった．また，この間に指導員は，続いてのアプリケーション実装に必要なアプリケーションのひな型を作成した．具体的な内容は「3. 必ずセンサ，モータ等を搭載する機器は学生が企画」で上がった内容をもとに，必要と思われる機能のサンプルを用意した．この内容を続いての「5. 制御対象機器のアプリケーション実装」で提供した．

5-2-5 制御対象機器のアプリケーション実装

ここでは、まず指導員から提供されるサンプルをもとに指導員—学生間のペアプログラミングを実施した。指導員が「やってみせる」ことで職業訓練の従来の手法をいかせる形にした。機器については「情報量が多い」「手軽に入手」「開発環境が無償」である「Arduino」, 「Raspberry Pi」の利用を考えた。

5-2-6 計画・設計・実装・評価を繰り返す

本制作の場合は学生同士でプログラミングを実施し、「やってみる」ことでモチベーションを維持するアジャイル開発手法を実現していった。デイリースタムは、「前回したこと」「今回すること」「作業が滞る原因」について打ち合わせをした。制作したものの追加機能については評価者の指摘事項から考えてもらい、指導員はアドバイザーとして情報提供、収集方法を説明し、学生が作業内容を確定させた。結果、学生自身に責任を持たせることができた。

以上6項目を適用した年間スケジュール表 5.1.3 に示す。実施した1, 2年目とも大きな差はない。6~9月の※1に関しては学生が制御対象機器のプロトタイプを作成している際、その制御に必要な簡単なサンプルアプリケーションを指導員が制作した。また、評価（プリントレビュー）として第三者の意見を取り入れるよう、学内発表だけではなく、展示会やものづくり教室等の学外評価を得る機会を設けた。次節では5月以降に取り組んだ内容について、制作物ごとに述べる。

表 5.1.3 年間スケジュール

月	指導員	学生	評価
4	1. IoT サンプルを利用した学生への理解促進		
5	2. IoT の製品の紹介, 調査 3. センサ, モータ等を搭載する制御対象機器は学生が企画		
6 : 9	制御対象機器のアプリケーションのひな型を制作※1	4. 制御対象機器のプロトタイプの作成を最優先	
10	5. 制御対象機器のアプリケーション実装		親子ものづくり 体験教室
11 12	6. 計画・設計・実装・評価を繰り返す 1 スプリント目 ※12月は集中実習があったため、ほとんど作業できず		いわた産業振興フェア 展示会出展 校内中間発表
1	6. 計画・設計・実装・評価を繰り返す 2 スプリント目		オープンソース カンファレンス出展
2	6. 計画・設計・実装・評価を繰り返す 3 スプリント目		ポリテックビジョン

5-3. スマートフォンピッチングマシンの開発(1年目)

5-3-1. センサ, モータ等を搭載する制御対象機器は学生が企画

1年目では, スマートフォンゲームが好きではあるが運動が苦手な学生3名が課題に取り組んだ. リリースプランニングにより学生は, スマートフォンゲームで選んだ投手の球種・速度の結果を実際のピッチングマシンに反映するものを企画した. 企画の際, 作成したコンセプトイメージを図5.3.1に示す.

5-3-2. 制御対象機器のプロトタイプを作成を最優先

プロトタイプではスマートフォンを使わず, モータ, 制御回路とボールレーンのみで組み立てた. これだけでもボールの射出が可能である.

コンセプト

[現実のピッチャーになれるゲーム開発]

1. 老若男女誰でもできる簡単操作
2. 動きがある操作画面
3. 速度の調整が可能
4. 球種を選択が可能



図 5.3.1 スマートフォンピッチングマシンのコンセプト

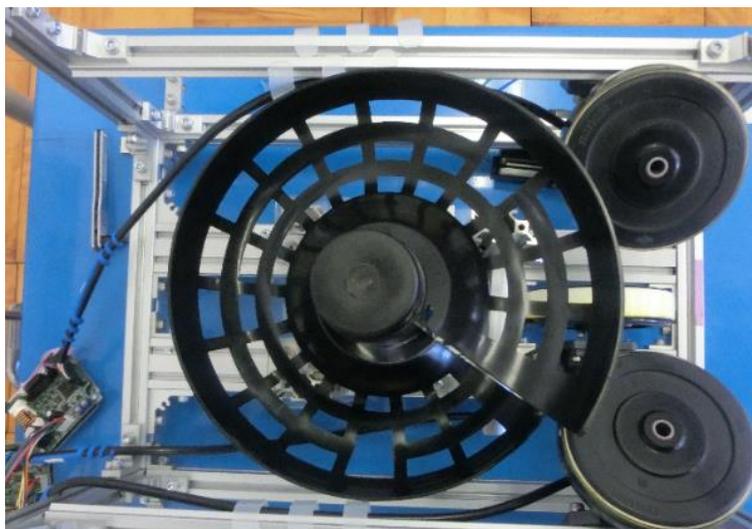


図 5.3.2 ピッチングマシンのプロトタイプ 左: 電気回路 右: 車輪搭載モータ

5-3-3. 制御対象機器のアプリケーション実装

指導員から以下の 2 つの機能をもつスマートフォンアプリケーションを学生に提供した。

- ① ボタンを押すと、3 枚の画像（ピッチャー）が 1 秒ごとに切り替わる。
- ② ボタンを押すと、効果音が鳴る。

ピッチングマシンのモータの制御方法は、最初に提示したサンプルと同じで動作した。このアプリケーションと通信するためのマイコンには Arduino を利用した。この時期には、専門課程の専門実技である制御プログラミングでマイコンプログラムの基礎を習得していたので、学生は抵抗なく構築することが出来た。

5-3-4. 開発と評価を繰り返していくアジャイル開発手法の一部を適用

- ① 制作及び評価(1 スプリント目)：

プロトタイプにマイコンを取り付け、指導員が提供したサンプルアプリケーションを組み合わせ、スマートフォンによるモータ制御の機構を設けた。ハードウェアの構成を図 5.3.3、概観図を図 5.3.4、スマートフォンアプリケーション画面を図 5.3.5、機器の役割を表 5.3.1 に示す。スマートフォンは WiFi による無線通信機能を使って命令を送る。命令を送るためのアプリケーション画面は老若男女誰でも操作できるように簡単な操作画面とした。ピッチャーはアニメーションで動きを持たせた。球の速度は画面上部にある四角のゲージの長さが高速で変化し、「直球」「カーブ」「シンカー」「魔球」のボタンを押した瞬間のゲージの長さが大きいほど高速に打ち出す。スマートフォンからの命令の授受、ピッチングマシンのモータ等の制御にはマイコンを使用した。マイコンは、制作期間の短さと、オープンソースという内部の技術情報がすべて公開されている情報の豊富さから、Arduino を選定させた。球の射出はインダクションモーターを利用した。球種変更を実現するために車輪を取り付けたモータを 3 台利用し別々の角度で取り付けている。3 台のモータ回転数を PWM で制御することにより野球のカーブやシンカーがかけられる。球を送り出しの際、排出する機構には、自動車等の扉の施錠に利用されているドアロックアクチュエータを利用した。



図 5.3.3 制御対象機器[スマートフォンピッチングマシン]構成

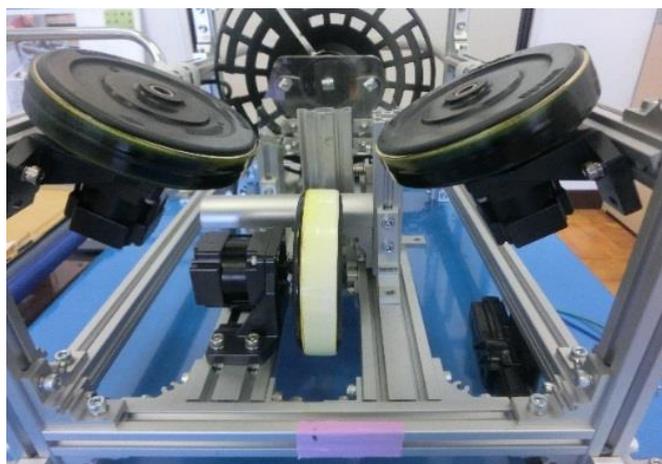


図 5.3.4 制御対象機器[ピッチングマシン]の外観図



図 5.3.5 アプリケーション画面

表 5.3.1 機器の役割

機器	役割
ストッパー	1 球毎に球を排出する機構
射出モータ	球の射出
スマートフォン	球種の選定と速度の変更
WiFi アクセスポイント	スマートフォン, マイコン間の IoT 通信
マイコン	モータ, ストッパー, 通信



図 5.3.6 親子ものづくり教室での利用 [1 スプリント目]

制作物の評価を行うため、この時期に開催された親子ものづくり教室にて、子供たちに利用してもらった。その光景を図 5.3.6 に示す。利用者はもちろん、制作した学生も笑顔で楽しんでいた。このようなレビューも学生のモチベーションを上げる要因となった。加えて、利用者の中で「どんな球を投げたか履歴を見たい」と意見がもらい、次の開発スプリントでは、この点を改善することにした。

② 制作及び評価(2 スプリント目) :

ここでは 1 スプリント目にあった改善点を構築した。Arduino UNO は Web ブラウザ上に表示するサンプルが提供されている。そこで、図 5.3.7 に示したとおり、学生は履歴を Web ブラウザ上に表示する機能を制作した。その際、HTML 言語について未習得だったため指導員が説明を加えた。

速度			球種			
Bad	Good	Perfect	直球	カーブ	シンカー	魔球
0	1	4	2	1	1	1

5回目

速度: Good

球種: 魔球

4回目

速度: Perfect !!!

図 5.3.7 球種履歴閲覧画面

評価としては地元浜松市内で開催された「オープンソースカンファレンス 2016 Hamanako」に出展し、利用者の意見とアンケートを行った。出展時の様子を図 5.3.7、アンケート結果を図 5.3.8、表 5.3.1 に示す。スプリントレビューでは「操作が簡単」という事で、難しくするかで学生達は議論していたが最終的には老若男女誰にでも操作できるというコンセプトを守り、現状維持とした。そこで、次回は「発射されるタイミングがわからない」という点を対策する機能の構築することとなった。一方で、この際に 浜松のご当地キャラ「家康くん」とのコラボレーションが決まり、「家康くん」をモデルにしたアプリケーションの構築を進めることとなった。



図 5.3.7 オープンソースカンファレンス 2016 Hamanako [2 スプリント目]

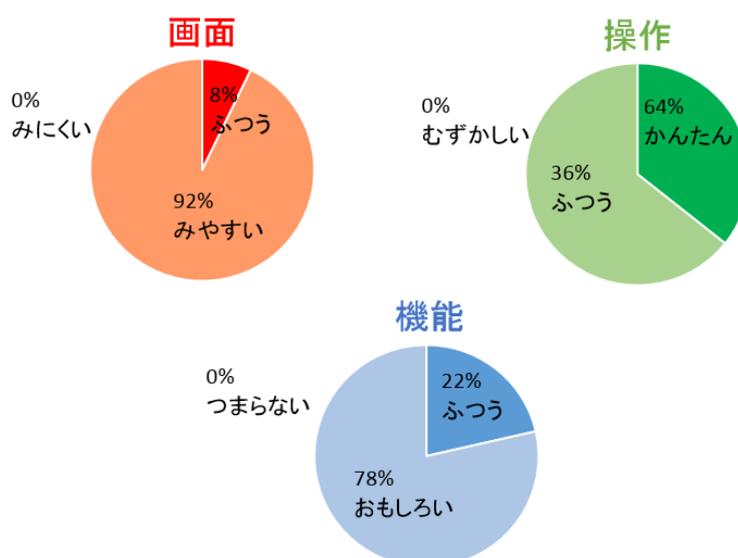


図 5.3.8 オープンソースカンファレンス 2016 Hamanako 評価結果

表 5.3.1 オープンソースカンファレンス 2016 Hamanako 評価結果

評価者の職業等	意見
管理職	球が発射されるタイミングがわからない
元野球児	低価格にして、販売してほしい
学生	ゲーム内容が簡単すぎる

③制作及び評価(3 スプリント目) :

2スプリント目で見つかった課題を解決するために4色表示灯の設置を装置全面上部に行った。発射する前に、「白、緑、黄、赤」と下から順番に点灯し、その後すべてが消灯したときに射出される。構築結果を図 5.3.9 に示す。加えて、見た目の良さを向上するためピッチングマシンの前面部にリング LED を設置した。最後に家康君のアプリケーション開発を行った。基本は画面の画像のみの変更となったので単純な作業となった。家康君の画像に変更したアプリケーション画面を図 5.3.10 に示す。



図 5.3.9 ピッチングマシーン [3 スプリント目]



図 5.3.10 家康君の適用画面



図 5.3.11 ポリテックビジョンでの受賞

発表では図 5.3.11 に示すとおり賞をもらい、一定の評価を得た。以上でスマホピッキングマシンの開発をいったん終了した。学生はモチベーション高く意欲的に取り組んでくれた。IoT に関するスキルも計画通りに向上させることが出来た。具体的な学生の意見は「6. 学生の評価」でまとめて後述する。

5-3-5. 1年目の課題

1年目の指導を振り返り以下のような課題が学生から提言された。

- ① 指導員から提供したスマートフォンアプリケーションのアプリケーションで開発を行う際、新しい機能を追加しようとプログラムを調べたが、調べ方がわからず苦労した。
- ② アプリケーション開発に重きをおきすぎて制御用機器が計画通り進まなかった
- ③ 学生全員で作業し、内容を把握しているためスクラムボードがいない。

指導員がプロトタイプに役立つサンプルプログラムを提供した際、仕組みについてプログラムの内容のみ説明していた。結果的に、これだけでは不十分であった。すなわち、指導員がサンプルを作成する際、書籍やインターネットで調べる様からやってみせ、調べ方まで指導する必要があった。また、制御用機器の精度調整が間に合わなかった。直球は命中率が95%以上だったが、カーブやシンカーなどは命中率50%ほどとなった。スクラムボードについては、学生が言うようにチーム内が3名だったのでデイリースクラムで把握は十分だった。来年度は、これらの事を踏まえて学生に考えさせる必要があると判断した。

5-4. AR 技術を適用した全方向移動ロボットの開発(2年目)

5-4-1. センサ、モータ等を搭載する制御対象機器は学生が企画

今年度は、VR(仮想現実)、AR(拡張現実)を利用したいと要望が学生から上がった。現在、スマートフォンを利用した次世代製品としてIoTに追従する形で、VR(拡張現実)、AR(拡張現実)技術が浸透しはじめている。その中でARを組み合わせた移動ロボットがリリースプランニングにより企画された。この制作物を利用することで遠隔操作が可能なコミュニケーションロボットはもちろん、警備ロボット、遠隔撮影ロボットや農業用ドローンなど適用範囲は幅広く手がけることが可能となると考えた。開発当初のイメージを図5.4.1に示す。

5-4-2. 制御対象機器のプロトタイプの作成を最優先

今回は前回よりも開発規模が大きく、映像配信というCPUに負荷がかかる処理が必要であったため、指導員側からArduinoのみでの開発は出来ないと提言した。またゴーグルと連動した首振りカメラ開発は、現時点では情報量が少なすぎたため、今回のプロトタイプは、この機能のみ実現する結論となった。

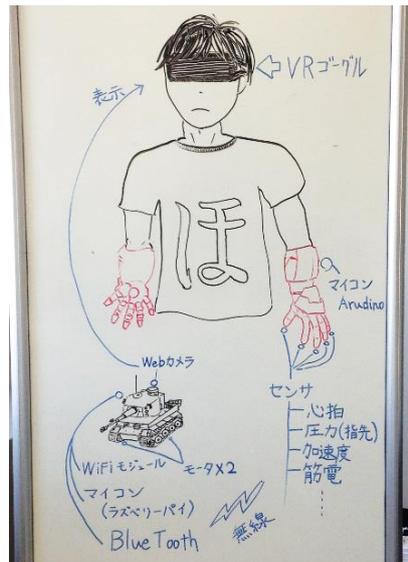


図 5. 4. 1 AR 技術を適用した全方向移動ロボットのイメージ

5-4-3. 制御対象機器のアプリケーション実装

今年度の制作は制御対象機器の制作に専念する学生を 1 名選んだ。この学生にはセンサ、モータ等の選定から制御する電子回路の制作，レーザ加工機を利用した筐体の制作まで全てを担当した。ペアプログラミングの開発ではナビゲート役としてテストケースの考案をしてもらった。制御対象機器に精通しているので，効率よくテスト項目を洗い出すことが出来た。首フリ機能による映像配信を実現するために，プロトタイプでは技術情報が多い Raspberry Pi を利用した。また，今回は昨年度の学生からの提言を受け，ペアプログラミングとして指導員と学生が一緒になってアプリケーションの制作にかかる調査と開発を一緒に行った。この作業での一番の成果は，調べ方まで伝えることができたことである。例えば，不明確な技術について調べる際，検索サイトに入れるキーワードの指定方法をやってみせることができた。その後，プログラム作成を学生に変わりペアプログラミングを行った際，自主的なものづくりの開発力の向上に役立った。図 5. 4. 2 に制作したプロトタイプを示す。



図 5. 4. 2 全方向移動ロボットプロトタイプ
[AR ゴーグルの首フリと連動するモータ付カメラ制御対象機器]



図 5.4.3 首フリ機能



図 5.4.4 首フリ機能

AR ゴーグルの中には Android 搭載のスマートフォンが入っており，移動ロボットのカメラ映像を見ることができるよう構築した．AR ゴーグル装着者が傾けた首の角度通りに移動ロボットのカメラが傾ける首フリ機能を実現するために AR ゴーグルをつけた人の首を傾けた角度を求める必要があった．そこで図 5.4.3 に示す通り Android 搭載のジャイロセンサから取得できる角速度を利用した．角速度は単位時間当たりの角度の変化量を表す．そこで単位時間毎の角速度を積分することで角度を求めた．縦，横の角度の計算値を WiFi で移動ロボットに送信し，縦，横に回転するサーボモータが装着されているカメラを制御し回転する機構とした．図 5.4.4 に AR ゴーグル装着時に見ることができるアプリケーション画面を示す．画面上部には移動ロボットのカメラ画像が表示され，画面の下部には AR ゴーグルに搭載されているスマートフォンのカメラ画像が表示されている．左右に並んでほぼ同じ画面が表示されているのは AR ゴーグル内のレンズ仕様にあわせている．実際にゴーグルを通して見ると，映像が重なり立体に見えるように構築した．

5-4-4. 開発と評価を繰り返していくアジャイル開発手法の一部を適用

プロトタイプを元に、制作物を約1ヶ月のスプリントにわけ開発を進めていく。

①制作及び評価(1 スプリント目) :

学生たちはスマートフォンによって首フリを検知するセンサが違ったため、首フリ機能の精度向上を行った。いくつかのスマートフォンを試させた結果、ジャイロセンサ搭載のスマートフォンが一番精度高く開発できたため、これで開発を進めさせた。評価については、この時期に浜松職業能力開発短期大学校が地元の一流メーカーが集う「いわた産業振興フェア」の農業ブースへの出展が決まっていたため、本制作物を出展した。評価結果は利用者から良反応をもらうことが出来た。一番の評価は新規技術を適用した効果により中日新聞に掲載されたことである。本制作物が新聞に掲載されたことで学生のモチベーションが向上した。掲載時の新聞を図5.4.5に示す。



図 5.4.5 中日新聞掲載「いわた産業振興フェア」[2016年11月12日 朝刊]



図 5. 4. 6 AR 技術を適用した全方向移動ロボット[1 スプリント目]

出展後は、直ちに移動するための機器の選定と取り付けが行われた。新聞掲載を受け、農業用ドローンへの搭載が検討されたが、残りの短い開発期間から難しいと判断した。そこで警備ロボットや撮影ロボットで利用している地上移動を制作しようと学生から提案があり、図 5. 4. 6 に示す移動ロボットを制作した。この制御には Raspberry Pi を使用し、移動用の DC モータはモータドライバを利用した。DC モータにはオムニホイールという特殊なタイヤを 3 基設置し全方位への移動を可能にした。移動ロボットにはカメラを取り付けてあり、WiFi 経由で映像を見ることを可能にした。

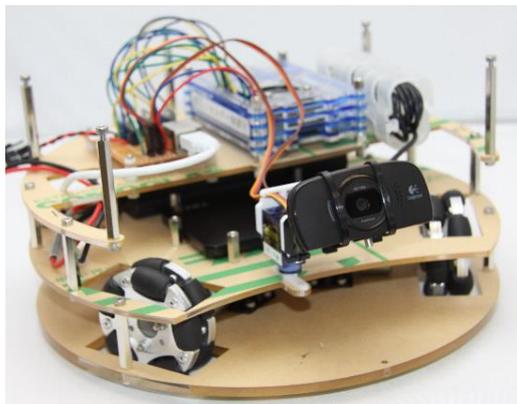
ここまでの評価について、学内で開催された中間発表の意見を元に以下の機能が検討された。

- ① AR ゴーグル以外に、制御対象機器を操作できるスマートフォンアプリケーションがほしい。
 - ② 移動速度が遅いためより高トルク、高回転のモータに変えたい。
- 次のスプリントでは、これらの制作を行った。

②制作及び評価(2 スプリント目)：

1 スプリント目のスクラムレビューを受け、制御対象機器の再構築と操作用アプリケーションの開発を行った。この頃には共に学生がプロトタイプを元に制作を行っており、指導員はプログラムの仕方の確認、電子回路のテスト方法等のサポートに徹した。図 5. 4. 7 に 2 スプリント目の構築結果を示す。操作用アプリケーションについて、画面上部は移動ロボットのカメラ映像が表示される。画面下部にある矢印がついているボタンを押すと移動ロボットが動作する。保存ボタンを押すことによって表示されているカメラ映像の静止画像をスマートフォン上に保存することができる。

また、昨年度と同様、評価としては地元浜松市内で開催された「オープンソースカンファレンス 2017 Hamanako」に出展し、評価をしてもらった。出展時の様子を図 5. 4. 8 に示す。加えて、利用者の意見とアンケートを行った。アンケート結果を図 5. 4. 9 表 5. 4. 1 に示す。アンケート結果については、すべての項目で 100%の良い結果を得ることができた。また、評価者からは次のスプリントにつなげる意見をもらうことができた。



- ・四隅をタップすると、カメラが動く
- ・画像の拡大、縮小が可能
- ・[保存]ボタンで画像の保存が可能
- ・コマンドにより、移動ロボットを制御
- ・[♪]ボタンで音楽再生

図 5.4.7 AR 技術を適用した全方向移動ロボット(天板なし)と操作アプリケーション[2 スプリント目]



図 5.4.8 オープンソースカンファレンス 2017 Hamanako

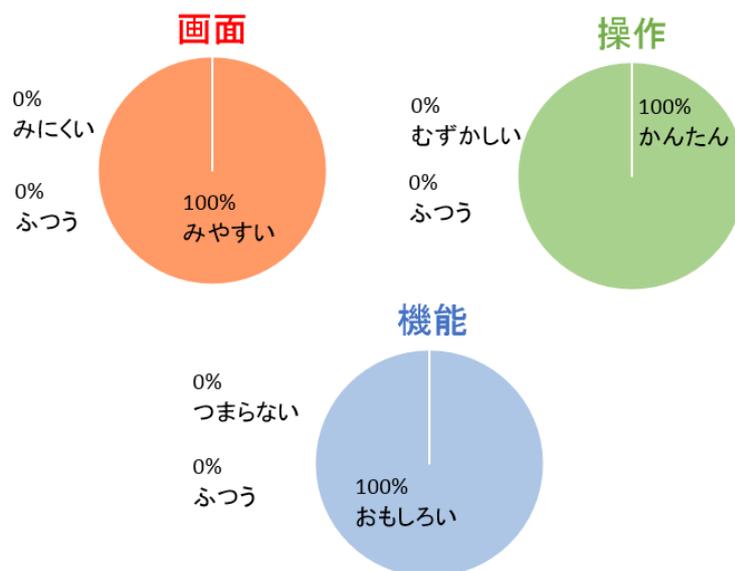


図 5.4.9 オープンソースカンファレンス 2017 Hamanako 評価結果

表 5.4.1 オープンソースカンファレンス 2017 Hamanako 評価結果

評価者の職業等	意見
ソフト技術者	学生の作品とは思えない
電子技術者	新しい RaspberryPi の利用方法だ
社 労 士	癒し・警備ロボットに転用できそう
メーカ営業	センサグローブと連携したい
農家等	ソーラーパネルをつけて欲しい

今回の評価を受け、新たな開発項目の選定を学生にさせた。その中で残された3週間で実現可能なものとして開発当初から企画していたセンサグローブと警備ロボットの機能を選択した。ソーラーパネルと癒しロボットについては十分な調査ができず見送りとなった。

③ 制作及び評価(3 スプリント目) :

2 スプリント目のスクラムレビューを受け、センサグローブの開発を優先的に行った。図 5.4.10 にセンサグローブの概観、図 5.4.11 にセンサグローブの構成を示す。センサグローブには指先に指骨折用サポータを取りつけ曲げセンサを固定した。指を曲げると Arduino で値を取得し、その値に応じたコマンドを WiFi 経由で移動ロボットの Raspberry Pi に送信する。表 5.4.2 に示すとおりセンサグローブの各指を曲げ伸ばしするパターンを変えると八方向へ移動することができる。



図 5.4.10 センサグローブの全体図

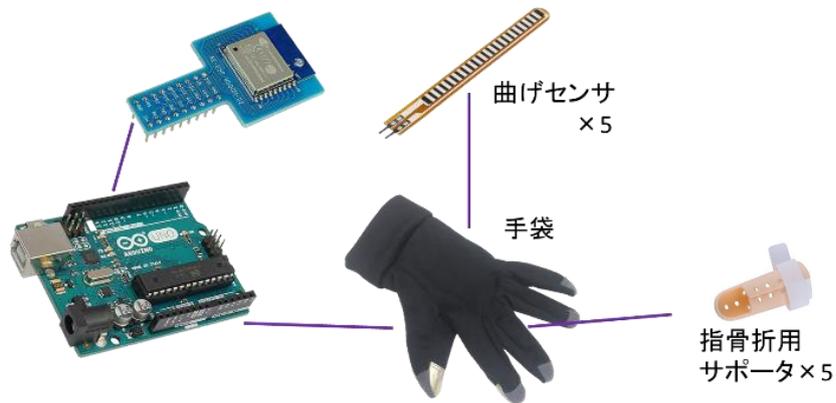


図 5. 4. 11 センサグローブの構成図

表 5. 4. 2 コマンド表

進行方向	伸ばす指	曲げる指	簡易表
止	-	全部	グー
前進	人	親, 中, 薬, 子	いち
右斜め前	人, 中	親, 薬, 子	チョキ
右	人, 中, 薬	親, 子	さん
右斜め後ろ	人, 中, 薬, 子	親	よん
後退	全部	-	パー
左斜め後ろ	親	人, 中, 薬, 子	グッジョブ
左	親, 人	中, 薬, 子	エル
左斜め前	親, 人, 中	薬, 子	フレミング

一方で、制御対象機器を中心に制作する者の作業が終了した本制作物を利用し、企画にあった適用例の一つである警備ロボットの機能を構築する案が出された。デイリースタッフの結果、多くの警備ロボットに搭載されている「顔判別機能」を構築した。図 5. 4. 12 に示す通り、カメラの上に画像センサを設置した。新たに画像センサを取り付けた。図 5. 4. 13 に顔判別を取り入れた操作スマートフォンアプリケーション画面、図 5. 4. 14 に顔判別を取り入れた AR ゴーグル用アプリケーション画面を示す。両方のアプリケーションともに画像センサから年齢、性別、表情の情報を表示することができた。



図 5.4.12 画像センサ(図の四角部分)を取り付けた AR 技術を適用した全方向移動ロボット[3 スプリント目]



図 5.4.13 操作用アプリケーション
[顔判別機能付き]

カメラ映像にある人物の
性別, 年齢, 表情
を検知し表示



図 5.4.14 AR ゴーグル用アプリケーション
[顔判別機能付き]

最先端 学んだ技術

ポリテクカレッジ浜松卒業制作の成果発表

浜松市民



図 5. 4. 15 中日新聞掲載[2017年2月25日 朝刊]

評価としてはポリテックビジョンで発表を行い図 5. 4. 15 に示すとおり新聞掲載となり外部から注目を浴びる結果となった。

6. 学生の評価

制作を行った6名について、総合制作にかかるアンケートを行った。アンケートの集計結果を表 6. 1 に示す。ここでは、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構で制作した大学で行われている「授業改善のためのアンケート票」を利用した。回答項目は「はい」「どちらかと言えばはい」「どちらかと言えばいい」「いい」の4項目である。まず、「はい」にかかる意見しか上げられなかった。「1. はじめに」で示した通り、今回は企画から評価まで1ヶ月単位の短い期間で開発を繰り返し、評価学生主体として行っていた。学生自身も設問「1」と図 5. 4. 14 の記事の内容やアンケート結果にもある通り、コンセプトチャールスキルの重要性も感じ、それを実行し制作を積極的に取り組んだ。加えて設問「6」について全員が「作業時間が適切であること」について回答したことは驚いた。今回は総合制作内でのみ時間で行っていたが計画的に進められたことを証明している。

一方で設問「2」「4」「8」については同じ学生が回答している。これは2年目に取り組んだハードウェアとプログラム評価の内容を考えた学生である。企画当初から、こちらからの提案でハードウェア専門の学生を配置したが、その点で若干の不満が出る結果をなした。次回からは、この結果を十分に説明し課題を行う学生と協議しながら対応していきたい。

表 6.1 学生(6名 2チーム×3名)の評価結果

設問		回答	
1	あなたは、この授業について積極的に取り組みましたか	はい	6
		どちらかと言えばはい	0
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
2	あなたは、この授業について教員と意思疎通が図れましたか	はい	5
		どちらかと言えばはい	1
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
3	あなたは、教科全体の中でこの授業の目的と必要性について、理解できましたか	はい	6
		どちらかと言えばはい	0
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
4	あなたは、目標とする知識や技能・技術が身についたと思いますか	はい	5
		どちらかと言えばはい	1
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
5	指導方法について、説明の仕方は、わかりやすかったですか	はい	6
		どちらかと言えばはい	0
		どちらかと言えばはい	0
6	この授業の進行速度は、適切でしたか	はい	6
		どちらかと言えばはい	0
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
7	使用された教材は適切だと感じましたか	はい	6
		どちらかと言えばはい	0
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
8	この授業に関連する他科目とのつながりは、適切でしたか	はい	5
		どちらかと言えばはい	1
		どちらかと言えばいいえ・いいえ	0
アンケート中にヒアリングした主な意見			
<ul style="list-style-type: none"> ・正直、できないと思っていた ・子供と触れ合えるものづくりが楽しかった ・サンプルがあつて助かりました (2件) ・チームメイトとの連携が大切だと実感した (2件) ・スケジュール管理が重要だとわかった (3件) ・ハードだけではなくてソフトもやりたかった 			

7. 最後に

本論文の取り組みによって、応用課程・専門課程の学生に手に入れてほしい技能、すなわち、ものづくりに必要なコミュニケーション等のヒューマンスキル、意思決定・計画等の管理を行うコンセプチャアルスキル、IoT及び科で習得したテクニカルスキルの習得を目的通り習得させることができた。ものづくりをするための道具として今回はアジャイル開発手法を適用し、ものづくりを進める自由と権限を学生に与え、尊重することでモチベーションを維持することが出来た。また、限りある時間の中で実物の動作を確認しながら他者、特に機構とは直接関係のない方々が認めるIoT機器を制作できた。これはチーム内の仲間と指導員だけではなく、制作物の利用者と十分なコミュニケーションがとれたためである。これからも訓練生・学生・技術者のために多くの職業訓練の現場を見ながら、笑顔で出来る効果・効率の良い訓練技法を模索していきたい。

- 1 日本経済新聞掲載：IT 職業訓練充実(2017. 3. 28)
- 2 経済産業省：METI(2015. 4)P. 3-P. 7
(http://www.meti.go.jp/publication/data/newmeti_j/meti_15_04_05/book201/book.pdf)
- 3 総務省：IoT 分野の人材育成動向と課題(2016. 4)
(http://www.soumu.go.jp/main_content/000447089.pdf)
- 4 総務省 情報通信国際戦略局：IoT を巡る技術動向と今後の展開
(<http://www.hats.gr.jp/japanese/seminar/2015/02.pdf>)
- 5 JR-EAST Innovation 2015:IoT : AI が変える, 未来の鉄道のオペレーション
(https://www.jreast.co.jp/development/tech/pdf_54/tech-54-01-06.pdf)
- 6 IPA：アジャイル型開発におけるプラクティス活用リファレンスガイド(2013)
(<http://www.ipa.go.jp/files/000026850.doc>)
- 7 Jeff Sutherland：スクラム “仕事が4倍速くなる” 世界標準” のチーム戦術(2015)
- 8 IPA：進化するアジャイル, IoT時代のビジネスを担う(2016)
(<http://www.ipa.go.jp/files/000053271.pdf>)
- 9 基盤整備センター：ヒューマンスキル／コンセプトチュアルスキルの効果的指導法の検討
(http://www.tetras.uitec.jeed.or.jp/agreement/?dl_file=/files/news/2015/tokusen.pdf)

<謝辞>

本研究を実施及び論文をまとめるにあたり、専門性を高める上で多大なご協力、意見をいただきました独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 神奈川支部関東職業能力開発促進センター支部長 後藤康孝氏、職業能力開発大学校 准教授 池田知純氏、東海職業能力開発付属浜松職業能力開発短期大学校訓練課長 前田みずほ氏、電気エネルギー制御科の先生方、いわた産業振興フェア及びオープンソースカンファレンスの来場者の皆様に厚く御礼申し上げます。

最後に本論文をまとめる機会を与えていただいた職業能力開発総合大学校及び基盤整備センターの皆様に感謝いたします。