

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

—アジャイル開発を応用した総合制作—

浜松職業能力開発短期大学校 寺田 憲司

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

TERADA Kenji

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

I はじめに

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

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

II アジャイル開発

1 アジャイル開発とは

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



図1 ウォーターフォール型とアジャイル型

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

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

2 アジャイル開発を応用した指導方法

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

えて、当校の広報にも役立つ結果となっている。

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

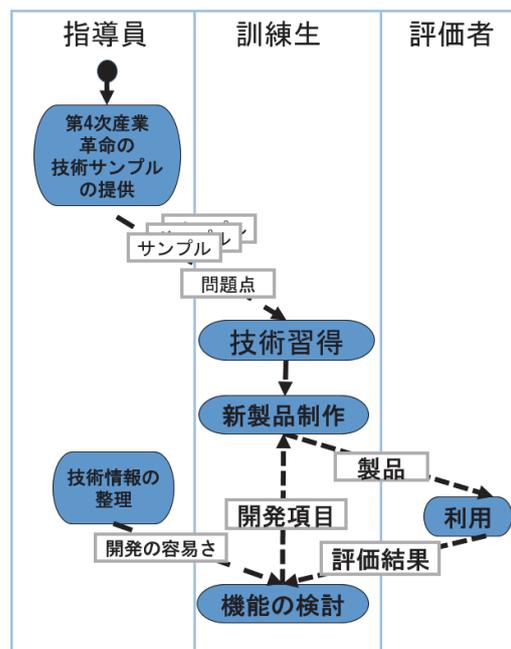


図2 指導方法の流れ

表1 職業訓練におけるアジャイル手法

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



図3 サンプルとなる旧型ロボット



図4 旧型ロボットの構成図



図5 旧型スマートフォン画面

Ⅲ 開発経過

1 技術サンプルの提供

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

1-1 サンプルロボットの提供

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

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

1-2 提供したロボット技術

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

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



図6 クラウドサービスによる可視化

1-3 提供した AI 技術

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

1-4 提供した IoT 技術

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

2 制作

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

2-1 イテレーション1(～10月)

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

表2 旧型機の問題点と改善案

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

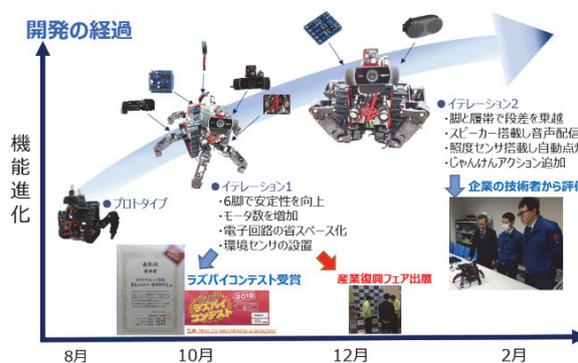


図7 開発経過

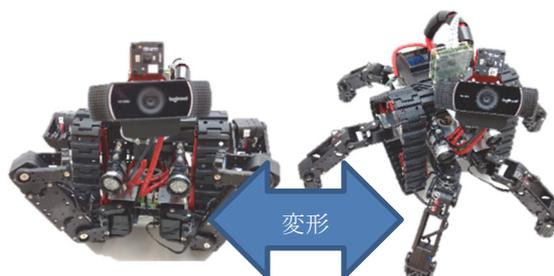


図8 新型ロボット(左:クロウラ 右:多脚)

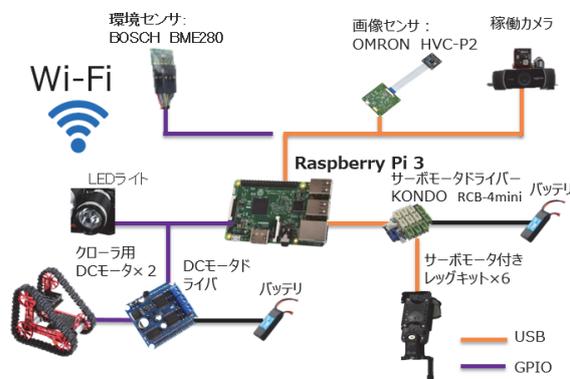


図9 新型の構成図



図10 映像記録/配信

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

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

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

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

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



図11 出展による評価項目の選定

表3 産業振興フェアで頂いた要望

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

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

2-2 イテレーション2(～2月)

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

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



図12 親子ものづくり教室での利用

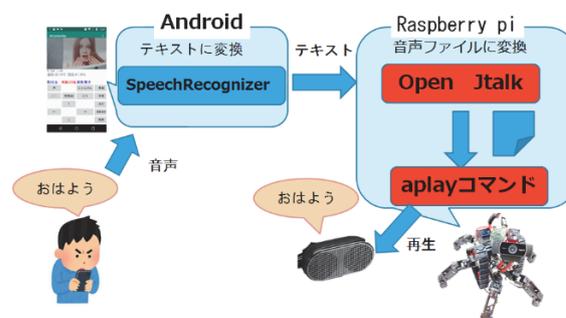


図13 遠隔指示のための発話



図 14 自動点灯機能

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

図 14 に示す「LED ライトの自動点灯」については、新規に I²C 接続で制御可能な照度センサを設置した。I²C 接続可能なセンサは拡張がしやすく、この機能についても 6 時間で構築することができた。照度センサはロボットに装着しており、取得した照度値をスマートフォンのアプリケーションに送信し、操作者の判断で自動点灯するか決め、行いたい場合はボタンを押すことで可能となる機能を構築した。

IV 評価

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

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

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

メラが搭載されているため実現できる可能性は高い。

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

V おわりに

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

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



<https://youtu.be/t2C5Qwwc02A>

図 15 紹介 QR コード(2020. 7. 25 現在)

【参考文献】

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