

# 高大連携で推進するIoT時代のプログラミング学習用教材の開発

～アクアポニックスを介したIoT技術とリトルデータの活用～

IoT、アクアポニックス、ICT活用、プログラミング学習

静岡県立沼津工業高等学校

〒410-0822  
静岡県沼津市下香貫八重129の1

<http://www.edu.pref.shizuoka.jp/numazu-th/home.nsf/>

## 1. 研究の背景

本校は創立時より、静岡県東部地区の地域産業・企業との関連性が強く、毎年7割弱の生徒が県東部企業に就職する。また、本校と地域産業・企業と係わりは、次のような歴史的役割がある。

- 第1期 「戦前の工業力推進のための技術者育成」
- 第2期 「戦後の荒廃した日本、静岡県東部企業の復興のための技術者育成」
- 第3期 「高度経済成長推進のための中堅技術者の育成」
- 第4期 「成熟期における静岡県東部企業活性化のための実践技術者育成」
- 第5期 「静岡県東部企業の海外生産拠点で通用する技術者の育成」及び「産業技術の多様化・高度化に対応した実践技術者育成」（現在）

その中で、本校では「時代にふさわしい産業教育の推進」を学校経営目標の項目に挙げている。その方策として「授業等へのインターネットの活用」・「新たな学びのプラットフォームの活用推進」・「ICT機器の活用」を掲げており、そのことを踏まえ「高大連携で推進するIoT時代のプログラミング学習用教材の開発～アクアポニックスを介したIoT技術とリトルデータの活用～」をテーマとした。

## 2. 研究の目的

昨年度、本校は貴財団より第42回実践研究助成校として「ICT端末を介したIoT教材・教具開発及び授業実践の研究」に取組み、次の4つの成果と課題を得た。

- ①地域IT企業や通信設備会社の社員を講師として招請し、生徒及び教員の校内既存ネットワーク接続や機種変更の設定技術が向上した。
- ②教員ICT研修により、タブレット端末を活用したデジタルテキストの作成方法を学び、教員ICT活用力が向上した。また、この授業改善により、アンケートでは78%の生徒が分かりやすい授業であると答えた。
- ③IoT/M2M技術活用した遠隔制御教材を科目「実習」のテーマに採用し、生徒及び指導教員がIoT/M2Mの先進的技術を学んだ。また、今後の技術の動向の対応が可能となった。
- ④研究成果を校内（課題研究発表会、台湾高校生と交流）、校外（地域中学生対象「出前授業」、高大連携「科学と技術のひろば」、「全国産業教育フェア出展」）で発表を行い、ICT活用の普及・推進・拡大ができた。

IoT/M2M 技術を教材化、並びに授業実践を行ったが、研究の課題は、その効果測定の方法には不確かさがあり、IoT/M2M 技術の導入程度の状態であるのが現状である。

このことから、次年度は、本年度の研究の課題である IoT 技術の普及・展開を図るとともに、2020 年度より小学校で導入されるプログラミング教育を視野に入れ、「高大連携で推進する IoT 時代のプログラミング学習用教材の開発～アクアポニックスを介した IoT 技術、リトルデータの活用～」を研究課題とした。

### 3. 研究の経過

①時期	②取り組み内容	③評価のための記録
4月21日	静岡大学教育学部技術教育系列室伏研究室との第1回会合を開催した。(高大連携)	・室伏先生と研究室学生とスケジュール確認
5月3日	(株) イコムへ都市型農園システム市場調査	・報告書(本人) 都市型農園システムについて
5月12日 ～1月29日	3学年科目「課題研究」にて「高大連携で推進するIoT時代のプログラミング学習用教材の開発～アクアポニックスを介したIoT技術、リトルデータの活用～」の研究着手	・報告書(生徒) ・観察記録(スクールフォトレポート6・7・8・9・11・1・2月に掲載)
5月15日 ～7月10日	3学年科目「実習」にて、「IoT/M2M」の授業実践	・報告書(生徒) ・アンケート調査(生徒)
6月9日	パソコンサービス「ヴィック」による、生徒へのIoT接続校内研修の実施(産学連携)	・アンケート調査(生徒)
6月16日	3学年科目「課題研究」にて、タブレット端末を用いてPHセンサー使用テキストを作成	・テキスト(生徒) ・観察記録(スクールフォトレポート6月)
6月19日	次世代ワールドホビーフェアの展示会見学を行い、プログラミング学習の動向視察を行う。	・展示ブースからの聞き取り調査
7月15日	静岡産業大学情報学部平成29年度 先生のための情報教育セミナー「IoTってなんなの? IoTでどうなるの?」-Wi-FiによるIoTシステム講座に参加(高大連携)	・教材・テキスト購入 ・「フルカラーLED機器のリモート制御」「計測データをグラフにしよう」-クラウドサービスの利用-
7月17日	東京海洋大学で研究されている、水産養殖と水耕栽培を組み合わせた複合型の食料生産システムを見学及び調査(高大連携)	・研究従事者からのインタビュー調査(生徒) ・観察記録(スクールフォトレポート8月に掲載)
7月22日	柿田川野菜/ミツイシ野菜工房に訪問し、完全人工光型野菜工場での水耕栽培の見学及び調査(産学連携)	・創業者からのインタビュー調査(生徒) ・観察記録(スクールフォトレポート8月に掲載)
7月24日	静岡大学教育学部技術教育系列室伏研究室に訪問し、第2回会合を行った。研究の進捗状況の説明及び意見交換会の実施(高大連携)	・研究従事者からのインタビュー調査(生徒) ・観察記録(スクールフォトレポート9月に掲載)

7月25日	富士通(株) 沼津工場 Akisai 農場へ訪問し、IoT技術を用いた、施設栽培による作物栽培関連データ取得、露地栽培の生産管理・センサーデータ取得の実用化の見学及び調査(産学連携)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究従事者からのインタビュー調査(生徒)</li> <li>・観察記録(スクールフォトレポート9月に掲載)</li> </ul>
7月29・30日	ロボカップ2017名古屋世界大会視察	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本校出場者からの報告</li> <li>・動画記録</li> </ul>
8月3・4日	中学生一日体験入学にて、アクアポニックスを紹介したIoT装置の展示と実演	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンケート調査(一日体験参加中学生)</li> </ul>
9月27日	電通大大学院情報理工学科総合情報専攻 高橋裕樹研究室に訪問(高大連携)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・画像認識データによるビックデータの活用方法のインタビュー調査</li> </ul>
10月21・22日	第27回全国産業教育フェア秋田大会の成果展示及び発表会に参加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・審査員からのコメント</li> <li>・観察記録(スクールフォトレポート11月に掲載)</li> </ul>
11月15日	課題研究テーマ「IoTシステムを活用したアクアポニックス」を平成29年度静岡県工業研究会主催生徒研究論文に応募	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成28年度生徒研究論文集に掲載(優秀賞受賞)</li> <li>・観察記録(スクールフォトレポート1月に掲載)</li> </ul>
11月26日	高大連携授業「科学と技術のひろば」でSA4を活用したプログラム体験ブースを設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンケート調査(小中学生)</li> </ul>
12月9日	静岡大学教育学部技術教育系列室伏研究室より来校して頂き第3回会合を行った。(高大連携)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・教材開発の発表と評価・助言(教員・学生)</li> <li>・観察記録(スクールフォトレポート12月に掲載)</li> </ul>
12月14日	飯島アクアポニックス社に施設見学(産学連携)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本研究の評価及び水産養殖及び水耕栽培技術の相談</li> <li>・観察記録(スクールフォトレポート1月に掲載)</li> </ul>
1月29・30日	科内課題研究発表の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アンケート調査(電子科2・3年生80人)</li> </ul>
2月16日	清水町観光協会に、IoTを活用した養殖・栽培システム「アクアポニックス」の説明会を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究発表(生徒)</li> <li>・観察記録(スクールフォトレポート2月に掲載)</li> <li>・新聞掲載</li> </ul>
3月30日(予定)	清水町観光協会で「高校発!アクアポニックスとIoTが連携した第6次産業の創出をめざして」の題材で講演予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・講演(職員)</li> </ul>

#### 4. 代表的な実践

##### (1) S4A を用いたシングルボードコンピュータ Arduino のプログラミング教材

通常の ArduinoIDE を用いたプログラミング(図 1)は、小中学生には複雑で分かりにくく、教材として不向きである。しかし S4A と呼ばれるソフトウェアを用いることによってわかりやすい教材にできる。S4A (図 2) はマサチューセッツ工科大学で開発された教育用の開発ソフトであり、それぞれブロック状のパーツを組み合わせてプログラムを作成することが可能であり、視覚的にプログラムできるので小中学生への難易度を大幅に下げることができる。

以下の画像はどちらも光センサー(cds セル)が暗くなったことを検知すると LED を点灯させるプログラムと LED 制御 (写真 1・写真 2) の例である。

```
ファイル 編集 スケッチ ツール ヘルプ  
cds_led $  
void setup() {  
  pinMode(13, OUTPUT); // LED接続のピン(13番)をデジタル出力に設定  
}  
void loop() {  
  int ans ;  
  
  ans = analogRead(0); // CDS接続のアナログピン0番を読み取る  
  if (ans <= 200) { // 500がしきい値です  
    // 光がしきい値より暗く(大きく)なったなら処理  
    digitalWrite(10, HIGH); // LEDを点灯(HIGH (5V))で出力  
  } else {  
    // 光がしきい値より明るく(小さく)なったなら処理  
    digitalWrite(10, LOW); // LEDを消灯(LOW (0V))で出力  
  }  
}
```

図 1 ArduinoIDE

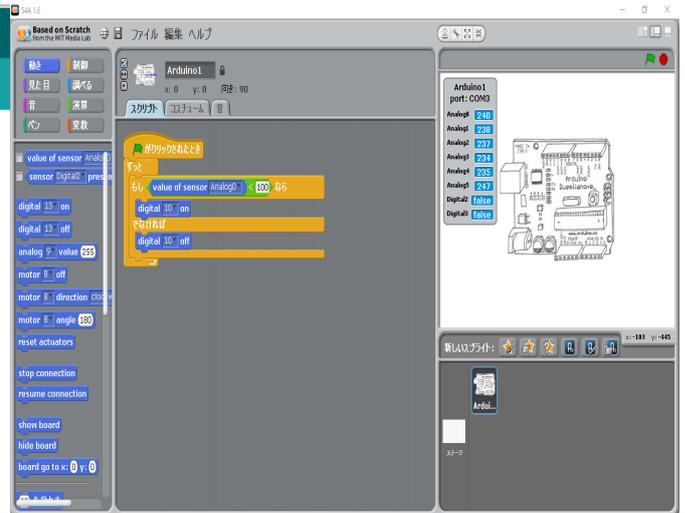


図 2 S4A



写真 1 LED消灯



写真 2 LED点灯

##### (2) IoT システムを活用したアクアポニックス

###### システム概要

###### (ア)アクアポニックス

アクアポニックスとは水槽で魚を育て、その水槽の水を使って水耕栽培を行う農業である。魚の糞に含まれるアンモニアなどが微生物によって硝酸塩まで分解され、野菜の養分となるので肥料が不要となる。水耕栽培で使用した水をろ過して水槽に戻すことで、きれいな水の循環を行うことができる。また、土作りが不要であり省スペースで野菜と魚を同時に育てられ、野菜は薬物野菜やハーブ、魚は淡水魚を育てることが可能である。

#### (イ) IoT

IoT (Internet of Things) とは、現在注目されている技術の一つで通称「モノのインターネット」と呼ばれている。IoT は主にクラウド(サーバや web 等)、ゲートウェイ(ルータ等)、アクチュエータ(センサー、スイッチ、モータ等)の三要素で構成されている。

センサーからゲートウェイを通じて情報をクラウドに収集・処理を行い、その情報を基に再びゲートウェイを通じてスイッチ等のアクチュエータに指示を送ることができる。

IoT の利点は、遠隔で情報の受け取り処理を行えること、多量のデータを収集可能で効率的な処理が行えることが挙げられる。現状の課題は、IoT はあくまで概念であり単体では意味を成さないゆえにあまり普及していない事が挙げられる。

#### (ウ) アクアポニックスと IoT 技術の融合

アクアポニックスには、餌やり・水槽内の掃除・水温の調節等多くの手間がかかるが、栽培と養殖を同時に行えるメリットがある。IoT 技術の活用例が少なく普及が進んではないが、システムの汎用性は非常に高く、スマートフォンなどの端末からネットを介して様々な遠隔制御が可能という特徴がある。本研究では、IoT の汎用性の高さに注目しアクアポニックスと融合させることで、デメリットである人間がこまめに管理・手入れをしなければならない問題を、端末からのリモート管理化を可能にすることで解決することが今回の研究の意図である。

### イ IoT システムを活用したアクアポニックス装置の構成 (図 3・写真 3)

#### (ア) 水温計測装置の開発

本装置は、水槽内の水温を常時測定し、測定したデータを携帯端末に転送する。本装置により、アクアポニックスの欠点であった水温の管理を容易に行えるようになった。

まず、転送されたデータから、水槽内の植物や魚類の生育に適した水温が維持されているかの確認を行うことができる。また、水温が植物や魚類に適していない状況のとき、その問題を迅速に対処することが可能である。

#### (イ) 自動給餌装置の開発

本装置は、端末を操作することで、遠隔地でも魚に餌を与えることができる。この装置が作動すると容器のふたが回転し、エサが落ちる仕組みである。ふたには印がついており、光センサーがその印を読み取る回数でえさの量を調節している。

#### (ウ) 成長促進装置の開発

本装置は、水耕栽培を行なっている作物に対してさらに成長を促進させるために用いる。また、天候や場所に左右されずに様々な作物を育てることができる。動力源は太陽光を用いて動作し、コンデンサーに蓄電して植物を照らす LED を点灯する。自然エネルギーを使っているので環境に優しい装置になっている。

#### (エ) 水温調節装置の開発

本装置は、魚が生活しやすい水温にするためにペルチエ素子を用いて水温調節を行う。

エネルギーは太陽電池で発電した電力を用いる。また、太陽電池とペルチエ素子の間に Arduino を用いることにより携帯端末で水温調節が可能になる。

#### (カ) ゲートウェイ、クラウド

本研究で用いたゲートウェイは Arduino である。本来、ゲートウェイは IP ネットワークとセンサーネットワーク等の中継役のことであるが、この研究の規模は小さく Arduino が直接インターネットに接続できることから、アクチュエータ・ゲートウェイ双方の役割を担っていることになる。クラウド側にはインターネット上の Web サーバを用いた。Arduino からのデータの受取り・保存後、PC・タブレット端末・スマートフォンで確認ができる。それらで操作された場合は、データをクラウド上に一時保存され、Arduino からの応答信号があると送信される。

水中カメラには動画送信の容易さから、シングルボードコンピュータであるラズベリーパイを使用した。この場合はラズベリーパイがゲートウェイの役割を担うことになる。

また、クラウドには、一般的な映像配信サイトである YouTube を用いて、PC だけでなく、タブレット端末やスマートフォンからも視聴可能とした。また、簡単に IoT デバイス・スマートフォン・PC 間でリアルタイムなデータのやり取りができるクラウドプラットフォーム Milkcooa を用い、映像を埋め込むことにより一元管理できる。

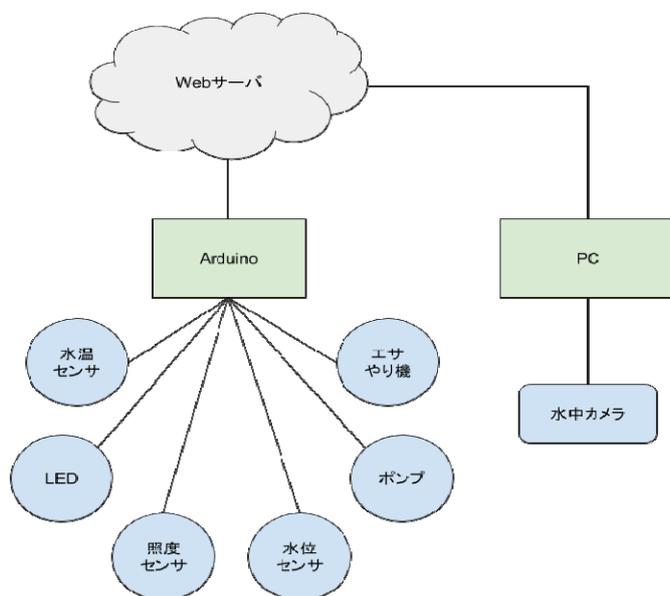


図3 IoTシステムの概要図



写真3 システム概要

#### 5. 研究の成果

年度当初に計画した3つの成果目標に対する成果は次のとおりである。

##### 【成果目標1(1)】

教材用アクアポニックス（水産養殖と水耕栽培を掛け合わせた造語）の教材製作とIoTを用いた環境データの活用技術について連携を図る。

アクアポニックスに Arduino(マイコンボード)を搭載して、温度や照度を測定しクラウド上にデータを保存することで、リトルデータ管理が可能となった。また、タブレット端末等でインターネットに接続することで、植物育成の成長促進装置・水位調節装置・自動給餌器を遠隔地から動作可能となった。これらの研究をとおして生徒たちが、自分で課題を見付け、自ら学び自ら考え、主体的に判断し、問題をよりよく解決しようとする資質や能力を育むことができた。

### 【成果目標 1 (2)】教材の効果測定

本研究で作成した S4A を用いたシングルボードコンピュータ Arduino のプログラミング教材を中学生一日体験入学で活用したところ、参加者 68 人のうち 62 人中学生が「プログラム作成しやすい」とアンケート結果を得た。このことより、静岡大学教育学部技術教育専修研究室との連携により教育的ニーズにあった実践効果の高い教材の作成ができた。

### 【成果目標 2】

補助教材のデジタルテキスト化し、タブレット端末を活用できる学習環境を整備する。

電子科 3 年生がクイズ作成ツール「Quiz Generator」を用いて、生徒が教員の指導のもとに工事担任者 DD 3 種国家試験支援テキストを作成した。これを電子科 2 年生 40 人が補助教材としてスマートフォンを端末として、家庭学習し受験したところ、電子科 2 年生 40 人全員が合格を果たした。近年の合格率を比較すると 10%程度向上した。

デジタルテキスト教材（実習テキスト・資格取得支援テキストなど）と、タブレット端末やスマートフォン等を活用できる学習環境を整備することで、学力向上に結び付けることを深く認識できた。

### 【成果目標 3】

産学連携を行い、大学機関の研究動向と今後の展望について動向調査を行う。また、IoT 技術と第 1 次産業の活用方法について、民間会社と連携を図り動向調査を行う。

本研究では、生徒、職員が高大連携 6 回、産学連携 4 回、地域連携 1 回行うことで、第 1 次産業（農業・水産）、第 2 次産業（製造）、第 3 次産業（教育）毎の IoT の動向及び関連知識、第 6 次産業（1 次×2 次×3 次）の有機総合的に結合された、関連知識の蓄積と知見を広げることができたといえる。

## 6. 今後の課題・展望

本研究での課題はプログラミング学習の教材化、並びに授業実践を行ったが、ユーザーがリトルデータを判断し、各種装置の遠隔操作を行うのが現状である。

次年度は、本年度の課題と地域の課題を合わせた研究テーマとした。具体的には、工業高校ならではの取組みにより、IoT・ICT 機器とアクアポニックスを介して、AI 技術に繋げ、地域の喫緊課題である 2025 年問題（少子高齢化）・2040 年問題（勤労世代減少）の 2 つの課題に対して、地域高齢者と産学・高大・高校間と連携して、「就農せず耕し・就漁せず殖す」を試みるものである。そこで、次年度は「AI につなげる IoT 技術と活用した高齢者と高校生の世代間交流の学習と実践～アクアポニックスを通じた地域共生社会の創出～」の研究を取組む。

## 7. おわりに

進展著しい技術の習得は、個人のみでは限界がある中で、パナソニック教育財団より 2 年間にわたり実践助成を受け、研究を進められてことは、またとない機会を与えて頂きました。

パナソニック教育財団に対しまして、心より感謝を申し上げます。

## 8. 参考文献

- ・マルザーノ, ロバート、ケンドール, ジョン・S. 「教育目標をデザインする」北大路書房
- ・ヤング, スー・F (2013) 「主体的に学びにつなげる評価と学習方法」東信堂
- ・稲垣忠, 鈴木克明 (2015) 「授業設計マニュアル」北大路書房

- ・山本義久、森田哲男 (2017) 「循環式陸上養殖」 緑書房 「
- ・大澤文孝 (2015) 「Arduino Grove ではじめるカンタン電子工作」 工学社
- ・鄭立 (2016) 「スマートフォンで動かすArduino -AndroidとBLEで電子工作」  
リックテレコム
- ・遠藤理平 (2017) 「Arduino & HTML5 によるIoTアプリの作り方—センサーと最新ウェブ技術でアイデアを形に」 カットシステム
- ・福田和宏 (2017) 「これ1冊でできる! Arduinoではじめる電子工作 超入門 改訂第2版」  
ソーテック社
- ・蔵下まさゆき (2017) 「センサーでなんでもできる、おもしろまじめ電子工作」  
秀和システム