

# 簡易的 IoT プロトタイプ構築を通じた 高校生対象の STEAM 教育講座の開発

太田康貴<sup>1</sup> 中島毅<sup>2</sup>

**概要:** 現在, Society5.0 の実現に向け理工系に精通した STEAM 人材の育成が急務とされている. この課題の解決に向け, 魅力的なアイデアの実現経験ができ, かつ幅広い知識が求められる IoT を, 高校教育に取り入れることで, 大学の専門教育に向けたモチベーション向上を図ることができるのではないかと考え, 高校生向けの IoT プロトタイプ構築を通じた STEAM 人材育成講座を開発した. 本講座は, 効果的な STEAM 教育を提供するために IoT を通じた問題解決を行うことに中心を据えている. また現行の高校教育と並行して行うことができるように短期間の構成としている. 評価実験のため, 対面とオンライン方式の講座を 1 回ずつ実施した. 講座開催後の受講生や高校教員の評価から, 本講座が, 高校生に対する STEAM 教育として有用性を持つものであることが分かった.

**キーワード:** STEAM 教育, 高校生, IoT, Society5.0

## 1. はじめに

AI・IoT が生活に自然と組み込まれた社会である Society5.0 の実現に向け, 日本では STEAM 人材不足が課題とされている[1]. STEAM 人材とは, 工学系のみならず, 社会科学, 経営・経済, 芸術を問わずテクノロジーを応用することで新しい価値を提供することを企画・実践できる人材のことである. この課題に対し, 文部科学省は『成長段階に応じた教育』を提唱し, 中でも高等学校においては分離問わず STEAM 人材の思考基盤育成を図るべきとしている[2].

STEAM 人材の育成は, 長期間に渡る継続的なインプットとアウトプットを必要とし一講座の中で完結するものではない. しかし, そのためのきっかけとモチベーションを講座により与えることができれば, 高校カリキュラム全体が学生の育成に与える効果に好影響を与えると考えている.

我々は, このための高校生向け STEAM 講座の開発を, IoT プロトタイプ構築を題材にすることで効果的に行うことができるという仮説を立てた. なぜなら, IoT プロトタイプ構築は, 魅力的なアイデアの実現経験を可能にし, かつ幅広い知識を必要とするため既習の知識の応用や自ら知識を獲得・応用する機会を与えることができるからである. これらの利点を講座に取り入れることにより, STEAM 人材になるための思考基盤形成を促すことを狙っている.

本論文では, 開発した STEAM 講座の基本的アイデアと狙い, 設計・実装について示し, 本講座の 2 回の適用実験によりその有効性を評価した結果を示す. また, 1 回目は対面, 2 回目はオンラインで実施したので, 両者の効果の差とその原因の考察を加えている.

## 2. STEAM 人材育成のための講座に IoT プロトタイプ構築を用いる意義について

### 2.1 STEAM 人材の基礎的な能力

STEAM 人材が持つべき基礎的な能力として, 下記の 3 つを定義した.

[能力1] 課題を見つけ, 価値を生み出す発想力

[能力2] 学際領域分野をつなげる力

[能力3] 試行・評価・吟味するエンジニアリング力

### 2.2 IoT プロトタイプ構築が持つ教育要素

IoT プロトタイプ構築は, 以下の特徴により, 前項の基礎的な能力を育成する上で有用な経験を提供できると考える.

- IoT 自体の応用分野が多様

IoT の適用例の応用分野は, 交通, 福祉, 農業や医療など多岐にわたっている. このため学生にとって身近な社会的課題に対して IoT の応用を考えることが可能である. これは学生にテクノロジーによって社会を変える可能性, 及び自身のアイデアが IoT プロトタイプを通して社会の役に立つ可能性を実感する機会を提供し, 前項の[能力 1]の獲得促進を図ることができる.

- IoT 自体が多種のテクノロジーの集合体

IoT システムは, ソフトウェア・ハードウェアや通信などのテクノロジーの集合体であり, その構築にはプログラミング, 電子回路やネットワークなどの幅広い工学的知識を活用することが求められる. これは高校の既習知識を活用できる実感, 必要かつ未習得の知識を自らが獲得する経験, 及び種々の学際分野を繋ぐ体験を得る機会を提供し, 前項の[能力 2]の獲得促進を図ることができる.

- 構築によって得られるモノづくりの経験

IoT プロトタイプの開発は, 比較的低い労力で, 学生にアイデア発想からその実現までの流れ, 試行の仕方

1 芝浦工業大学  
Shibaura Institute of Technology  
2 芝浦工業大学  
Shibaura Institute of Technology

表 1 STEAM 人材が持つべき基礎的な能力と IoT プロトタイプ構築の特徴の対応

STEAM 人材が持つべき 基礎的な能力	対応する IoT プロトタイプ 構築の特徴	講座に織り込むべきこと
[能力 1] 価値を生み出す発想力	[特徴 1] IoT 自体の応用分野が多様	受講者自身のアイデアを元にプロトタイプ構築ができること
[能力 2] 学際領域分野をつなげる力	[特徴 2] IoT 自体が多種のテクノロジーの集合体	既習知識を組み合わせ、アイデア実現に向けて取り組むことができること
[能力 3] エンジニアリング力	[特徴 3] 構築によって得られるモノづくりの経験	試行錯誤を繰り返しながら、モノづくりを体験できること

を経験させ、その完成により達成感を得る機会を提供し、前項の[能力 3]の獲得促進を図ることができる。

以上を踏まえて、本研究の目的は IoT プロトタイプ構築の特徴を活かしながら、STEAM 人材の持つ基礎的な能力の開発促進を図る講座を開発することである。

### 3. 講座設計方針

#### 3.1 IoT プロトタイプ構築の特徴と対応する要求事項

講座を設計する上で、IoT プロトタイプ構築の特徴を活かしながら STEAM 人材の持つ基礎的な能力の開発促進を図るため、表 1 に示すように講座に織り込むべきことを決定した。

#### 3.2 高校生対象の講座としての実装上の課題

高校生を対象に STEAM 教育を実装する上で、現行の STEAM 教育での課題を調査するため、実際の高校での現地調査を実施し、下記 2 点の制約事項を見いだした。

- 通常授業との兼ね合いによる時間的制約  
全日制の高等学校では正課の授業が展開されており、限られた時間で講座を実施する必要がある。
- クラス内のスキル差による能力的制約  
受講者により知識やスキルのレベルに差があり、一律の授業では個々の受講者に合った授業の展開が難しい。

これらの制約事項に対し、①正課外の時間で十分受講可能であるコンパクトな講座設計とすること、②受講者ごとに構築の難易度を変更できることを講座実装上の課題とした。

#### 3.3 講座に対する設計要求事項

3.1 の講座に織り込むべきことと、3.2 の実装上の課題を踏まえ、高校生に対して行う STEAM 教育として満たすべき要求事項を 3 つの観点から計 8 つ設定した。

##### 3.3.1 講座の達成目標

- [R1-1] 自身のアイデアに基づき課題解決ができる
- [R1-2] 提案するコンセプトをプレゼンできる

##### 3.3.2 講座の構成

- [R2-1] 既存授業の枠外に無理なく設定可能である
- [R2-2] インプットとアウトプットの時間を確保する

##### 3.3.3 講座・教材の内容

- [R3-1] 多様なアイデアの実現に対応可能である
- [R3-2] 開発作業の難易度を選択可能である
- [R3-3] 未習知識の補填が可能である
- [R3-4] 既存知識の応用が可能である

### 4. 講座の開発

3.3 に示した 8 つの要求事項を満たす講座カリキュラムと教材を開発した。なお、実際の高校生を対象とした講座は 2 回試行した。1 回目は対面形式、2 回目はオンライン形式で実施している。そのため、2 回目は講座構成と教材に若干の変更を加えている。その差異についても記述する。

#### 4.1 講座構成

R1-1 の実現に向け、講座を大きく 3 つの段階に分け、設計した。

- [段階1] 前提知識の習得  
IoT プロトタイプ構築に必要な知識を取得・復習する
- [段階2] IoT システムの仕組みと実装方法の習得  
予め決められたシステムを実際に製作しながら IoT の仕組みと実装方法について理解する
- [段階3] アイデア創出と IoT プロトタイプの実現  
各自のアイデアに基づいて、オリジナルの IoT プロトタイプを製作する

また、R1-2、R2-2、及び R3-4 を実現するため、上記各段階において下記 3 つの講座形式を繰り返し実施して、知識の定着を図ることとした。

- 座学: 未習知識を補填や、既存知識の復習を行う
- 作業: 学習した内容を踏まえて手を動かす
- 発表: 他者に自分のアイデアや考えを伝える

また、R2-1 を満たすために、全体として週 1 回、計 5 週間でワークショップが完結する仕組みとすることで、既存授業枠外で無理なく実施できるようにした。実際に設計したカリキュラムを表 2 に示す。

#### 4.2 教材システム

R3-1 を実現するために、教材は多様なアイデアの実現に対応可能な、汎用で流通性の高い部品を選定した。

##### 4.2.1 センサデバイス・ゲートウェイ

受講者が必要なセンサを自由に選択できるように、一人

表 2 実装したカリキュラム

	区分	概要	内容
第一回	座学	IoT デバイスの仕組みについての基礎学習	IoT 全体の流れ/センサの使い方・回路の組み立て
	作業	照度センサプロトタイプ制作	実際に実演で用いたプロトタイプを受講者自身で制作する
	宿題	照度センサを活用してどのようなことができるか考えてくる	
第二回	発表	照度センサプロトタイプ完成 ・活用法提案	前回に引き続き制作と、考えてきた照度センサプロトタイプの活用法を提案する
	座学	インターネットの仕組みについて基礎学習	HTTP 通信の仕組み・サーバの仕組み
	作業	アイデアソン実施	IoT の仕組みを用いた課題解決をするアイデアを考える
	宿題	アイデアをまとめ、必要なデバイスやプログラムのフローを考えてくる	
第三回	発表	実現方法の検討・製作予定発表	最終発表に向けて解決する課題とその解決方法について発表する
	座学	データ分析手法についての基礎学習	確率統計を用いたデータの捉え方
	作業	各自プロトタイプ制作	各自のアイデアに基づいてプロトタイプ制作を行う
	宿題	プロトタイプ制作を行い、必要に応じて実施担当に進捗報告を行う	
第四回	作業	各自プロトタイプ制作	各自のアイデアに基づいてプロトタイプ制作を行う
	宿題	発表会に向けてプレゼンテーションの準備を行う	
第五回	作業	最終調整	発表会で実演できるようにデバイスをセッティングする
	発表	独自アイデアプロトタイプ 発表会	実際に制作したプロトタイプを実演しながら活用法と併せて発表する

一台の Raspberry Pi を配布した。1 回目の対面形式では接続された Arduino, 2 回目のオンライン形式では後述するデバイスボードを通して、受講者がセンサ・アクチュエータを簡単に操作できるようにした。

#### 4.2.2 電子回路

受講者にブレッドボードを配布し、各自で各種センサを選択して自由に使用できるようにした。また 1 回目の対面形式ではセンサを必要に応じて講師が適宜配布し、2 回目のオンライン形式は、予め使用頻度の高いセンサ・アクチュエータをまとめて搭載したデバイスボード (図 1) を製作し、配布した。

デバイスボードに搭載したセンサを表 3 に示す。

#### 4.2.3 プログラミング環境

R3-2, R3-3 の要求事項を満たすため、Python や Node-RED など初学者でも扱いやすく、インターネット上で容易に使い方を調べることができる言語を選択した。またそれぞれで使用頻度の高いセンサ・アクチュエータについては予め利用のためのライブラリを作成し、データ取得やデバイス操作を簡単に実装できるようにした。

プログラム開発は 1 回目の講座では Raspberry Pi にモニター・キーボード・マウスを接続し直接 GUI から行ってもらっていたが、2 回目の講座では各自宅の環境で PC さえあれば受講が出来るように Raspberry Pi 上の Node-RED サーバに各個人の端末からブラウザでアクセスする形式とした。



図 1 オンライン形式で受講者に配布したデバイスボード

表 3 デバイスボード上の素子

区別	素子
センサ	温度, 湿度, 照度, 加速度
アクチュエータ	フルカラーLED, 電子ブザー, モータドライバ, 有機 EL ディスプレイ
その他	タクトスイッチ, A/D コンバータ, 汎用 GPIO
ボード外	サーミスタ, 圧力センサ

#### 4.2.4 その他使用環境

センサデータを送信すると、蓄積と可視化ができる Web アプリを開発し、使用できる環境を整えた (図 2)。

講座を進行する上で、取得したデータを外部から閲覧できる IoT の強みを理解してもらうことを狙ったものである。

表 5 授業形態による講座設計の比較

比較項目		対面形式	オンライン形式
授業構成	座学	対面授業形式	e-Learning コンテンツとして動画配信
	作業	教室で一斉作業・必要な部品は随時配布	複数のセンサを搭載したデバイスボードを予め配布し各個人の家庭で作業
	発表	教室でプロジェクタを用いて実施	ビデオ会議ソフトを用いてオンラインで発表
教材システム	センサデバイス	Arduino, RaspberryPi を配布 受講者からの要望に応じて適宜センサやアクチュエータを配布	複数のセンサを搭載したデバイスボードと RaspberryPi を配布 非搭載のセンサは汎用ピンと ADC を通して自由に追加
	プログラミング言語	Python3 主要なセンサ・アクチュエータの操作モジュールを用意 RaspberryPi 上で直接 GUI から開発	Node-RED 主要なセンサ・アクチュエータの操作モジュールを用意 RaspberryPi 上の NodeRED サーバに各自の端末ブラウザからアクセスし開発
	その他使用環境	LAN 内に各種サーバを設置 受講者同士で通信可能なネットワークを構築	外部に各種サーバを設置
サポート体制	連絡方法	Google Classroom	Slack
	コミュニティ	メール 対面授業	Zoom
	質問対応	教室内対応, メール・コミュニティで対応	定期 HR やコミュニティ上で相談
	教え合い相談	隣同士・友人と適宜相談	定期 HR やコミュニティ上で相談 登校時に校内で相談

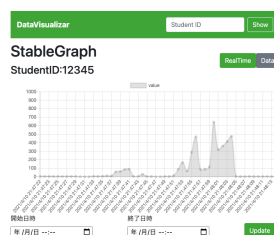


図 2 センサデータ可視化アプリ

### 4.3 サポート体制

講師-受講者間や, 受講者-受講者間の円滑なコミュニケーションを図るため, 質問や議論がしやすいような環境を作成した。

対面形式とオンライン形式それぞれにおける, 講座設計の違いについて表 4 に示す。

表 4 受講者の構成

形式	対面形式	オンライン形式
実施時期	2019/11	2021/3
参加人数	9 名 (文系 1 名)	12 名 (文系 1 名)
学年	高校 1 年生	高校 1~3 年生

## 5. 講座の試行と評価

### 5.1 試行の概要

講座の教育効果を検証するため, 芝浦工業大学柏高等学校の希望生徒を対象に講座を試行した。講座は対面形式とオンライン形式それぞれ一回ずつ実施し, いずれも校内で募った希望者を対象に行った。受講者の内訳とプログラミング経験について表 5, 図 3 に示す。

評価は各セクションにおいて, 受講者を対象に実施したアンケートより, 下記 2 つの視点から実施した。

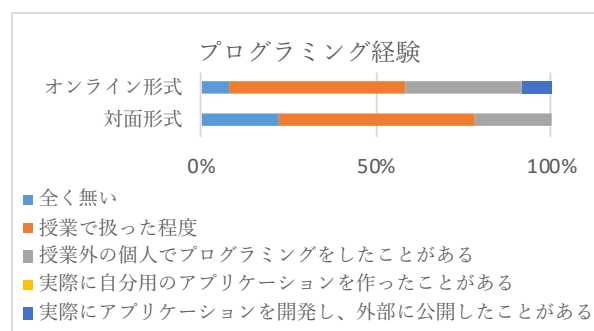


図 3 受講者のプログラミング経験

- STEAM 人材が必要とされる能力を開発促進するための体験が出来ているか
  - 参加学生が得ると目論んだ学習意欲への効果が得られているか
- それぞれ 5.2, 5.3 に結果を示す。

## 5.2 STEAM 人材が持つ能力の開発を促す体験

2.1 に示した STEAM 人材に必要なとされる 3 つの基礎的な能力 3 つに対し、その開発を促す体験として以下の 6 つを設定した。

- ① テクノロジーが身近で簡単、かつ社会を変える可能性の理解 [能力 1]
- ② 自分のアイデアが社会の役に立つ実感 [能力 1]
- ③ 知識を応用する経験 [能力 2]
- ④ 試行錯誤しつつ作り、動く喜びを知る経験 [能力 3]
- ⑤ 必要なことを自らが獲得する経験 [能力 3]
- ⑥ 既習の知識が役に立つ実感 [能力 3]

これら 6 つの体験を、実施したワークショップの実施後受講者が得られたかについて評価を行った。

### 5.2.1 テクノロジーが身近で簡単かつ、社会を変える可能性の理解

対面形式・オンライン形式問わず、受講生から「想像以上に身のまわりのモノに IoT が使われていた」「発想があれば簡単に IoT のシステムが作れることが分かった」など、IoT の身近さや簡単に社会に変革をもたらす可能性を理解したとみられる回答を得た。

### 5.2.2 自分のアイデアが社会の役に立つ実感

自らのアイデアをプロトタイプに実現することができたか、その達成度を問うた（未達成:1-達成:4）ところ、対面・オンライン全体で中央値 3.00、平均値 2.57 と概ね高い評価を得た。また、記述回答では「自分の作りたいと思ったモノが IoT を使うことでより実用的に作り上げることができると分かった」という期待していた回答を得た。

### 5.2.3 知識を応用する経験

### 5.2.4 試行錯誤しつつ、作り動く喜びを知る経験

参加人数に対して、アイデアをプロトタイプとして最後

まで作り上げることができたかどうかについて、対面形式では 9 人中 6 人の受講者（67%）が、オンライン形式では 12 人中 10 人の受講者（83%）がプロダクトを完成させることが出来た。また、全体を通しての感想を求めた際の記述回答では「沢山出てきたエラーを修正し、システムが正常に動いたときは嬉しかった」「うまく動かなかった時に、何処にミスがあるのかを探るのが難しく結構苦労した」など、製作の中で試行錯誤を繰り返し、モノづくりの楽しさと難しさを実感したとみられる回答を得た。

### 5.2.5 必要なことを自らが獲得する経験（オンラインのみ）

講座の中で自ら調査し解決したことがあったか（ない:1-ある:4）について、中央値 3.00、平均値 2.67 という概ね高い評価を得た。記述回答では A/D コンバータの仕組みなど授業内で説明した事項について不明点を追調査した受講者や、IoT の活用こと例について調べた受講者、また講座内で説明していない気象 API の使い方等を調査し、より発展的なプロトタイプを作ることに尽力した受講者がいたことが分かった。

### 5.2.6 既習の知識が役に立つ実感

プロトタイプ製作の中で、小中高での授業で習った知識を扱ったかについて問うたところ、85%の受講者が何らかの知識を使ったと回答した。また、情報科目の知識については全体の 48%、その他の主要 5 科目の知識については全体の 38%の受講者が使ったと回答した。

対面形式・オンライン形式における、体験の差異について表 7 に示す。

## 5.3 学習意欲への効果

講座を受講することで受講生が得る、学習意欲への効果について、講座を終えた受講生より「実際に装置を作ってみると知識が足りないことに気がついた」「以前から AI に

表 6 授業形態による能力開発を促す体験の比較

能力開発を促す体験	アンケート項目	全体(回答数:21 件)	対面(回答数:9 件)	オンライン(回答数:12 件)
① テクノロジーが身近で簡単、かつ社会を変える可能性の理解	全体を通しての感想（先に関連する記述内容を抽出）	回答中関連する項目あり（右記に代表的な記述を記す）	「想像以上に IoT が身のまわりのモノに使われていたと知った」他 1 件	「発想があれば簡単に IoT システムが作れることがわかった」他 2 件
② 自分のアイデアが社会の役に立つ実感	自らのアイデアをプロトタイプとして実現した達成度 (1:未達成~4:達成)	中央値 3.00 平均値 2.57	中央値 3.00 平均値 2.56	中央値 3.00 平均値 2.58
③ 知識を応用する経験	プロトタイプを最後まで作り上げることが出来たか	76%の受講者が完成	66%の受講者が完成	83%の受講者が完成
④ 試行錯誤しつつ作り動く喜びを知る経験	講座中に自分で調べたことがあったか (1:なかった~4:あった)	No data		
⑤ 必要なことを自らが獲得する経験	講座中に自分で調べたことがあったか (1:なかった~4:あった)	No data		
⑥ 既習の知識が役に立つ実感	小中高の授業で習った知識をプロトタイプ製作で活用したか	情報科目知識:48% その他:38% 活用していない:15%	情報科目知識:33% その他:56% 活用していない:11%	情報科目知識:58% その他:25% 活用していない:17%

興味があったが、講座でアイデアを形にする経験をしたことで、自分でAIを作ってみたくと思った」といった、大学の専門教育へのモチベーションが向上したと推察できる回答を得た。

また、講座実施前に自身の興味分野を「理工学系」「経済学」と回答していた受講者から、「もっと詳しくプログラミングを学んで情報系に進みたい」という興味分野が変化した回答を得ることができた。

## 6. 考察

### 6.1 STEAM 人材育成における IoT プロトタイプ構築

前章のアンケート結果から STEAM 人材の基礎的な能力の開発を促す 6 つの体験について概ね肯定的な回答を得たことから、IoT プロトタイプ構築を通じた講座が期待した効果をもっていることが分かる。

特にテクノロジーが身近で社会を変える可能性があることを理解させる点と、自分のアイデアが社会の役に立つ可能性を実感させる点、そして必要なことを自らで獲得する経験においては高評価を得ることができ、IoT プロトタイプ構築を題材とした STEAM 教育が有用であると評価できる。

### 6.2 実施形態による比較

今回実施した IoT プロトタイプ構築講座では対面における実施と e-Learning 形式を利用したオンラインでの実施を 2 通り行った。以下にその差異結果と原因に関する考察を行う。

#### 6.2.1 試行錯誤しつつ作り、動く喜びを知る経験について

オンラインでは 9 割の受講者がプロトタイプを完成させることができたのに対し、対面形式では 7 割弱の受講者が完成するにとどまった。

この主な原因が、知識の習得の効果の違いであると考えられる。講座実施状況から以下が大きな要因ではないかと推測する。

- オンデマンド形式の前提知識習得座学

配信した動画コンテンツ内で、視聴回数が多い場所に躰きやすいポイントがあることが見受けられた。また、講座後のアンケートにおいて、動画を繰り返し視聴することで理解を深められたという回答を得た。

対面形式では全体として授業が進むため、躰いた受講者へのフォローが難しいが、オンライン形式では各個人のスピードで知識習得を進めることができ、知識習得の効果の差異を生んだのではないかと考える。

- 講座や実習で得た知識の疑問点を、すぐに調べることができる環境

授業内で世の中にある IoT システムについて紹介後、講座内で挙げたシステムや自分で調べたその他のシステムのうち、気になったものを回答するようアンケートを実施したところ、オンラインでは 12 人中 9 人の受講者が自ら調査したシステムを回答した。また、受講者が最終

的に発表したプロトタイプにおいて、対面と比較してオンラインでは気象 API を利用したモノや、自ら HTML を記述してダッシュボードを製作したモノなど発展的なプロトタイプが多く見受けられた。

このことは、オンライン形式の自由度により、受講生が、講座や実習で得た知識で疑問を持ったことを、すぐに調べ試すことができる環境にあったことにより、深い知識習得が可能になったためと考える。

これらの知識習得に対するオンライン化による効果が、対面形式がもつ、講師への質問や受講者間での教え合いの効果を上回ったのではないかと推測する。

#### 6.2.2 既習の知識が役に立つ実感」を得る体験について

対面形式では情報科目知識の活用比べ、その他の単元分野の活用が多く見受けられた (56%) が、オンライン形式では授業内容が同様にも関わらず、情報科目知識の活用が多く見受けられ、反対にその他の単元分野の活用は 25% にとどまった。

この原因として、講座を動画にすることで、構築に直接必要の無い部分をスキップしてしまうこと、また講師との関わりが Zoom, Slack でのやりとりになり、+α の知識を得るタイミングが少なかったことが挙げられる。

### 6.3 実施形態以外の影響要素

6.2.1 において、プロトタイプ完成度がオンラインが高くなった原因を考察したが、実際には以下 2 つの要因も大きく影響したと考える。

- 教材の難易度選択性の違い

第 1 回実施 (対面形式) ではセンサデバイスに Arduino と各種センサを別で配布し、回路構築を必要としたことに加え、プログラミングには Python を使用した。第 2 回 (オンライン形式) では、教材配布のコストと導入の容易さを考慮し、センサを予め基板に実装したデバイスボードを配布し、プログラミング環境では GUI プログラミング環境である Node-RED を使用する改善を行なった。

この改善により、プログラミングや電子工作の経験が少ない受講生でもプロトタイプ製作を容易にできるようになり、オンライン形式のプロトタイプ完成率の向上に一定の寄与があったのではないかと考える。

- 受講者の参加動機の違い

講座実施前、受講者に参加動機を調査した際、対面形式では 6 人の受講者が「面白そうだったから」「将来のためになると思ったから」という能動的な理由で参加していたが、残る 3 人の受講者は「友人や先生に誘われた・勧められた」と言った受動的な参加動機であった。また、この受動的な参加動機であった受講者はいずれもプロトタイプを完成させることができていない。

これらのことから、講座における目的意識の差がプロトタイプ構築への受講生の取り組み方に影響を及ぼしたとも考えることができる。

## 6.4 今後の課題

2つの講座の試行結果から今後の課題を以下のように抽出した。

### 6.4.1 ワークショップの長期的な効果の検証

これまで実施した試行においては、いずれもワークショップの直前・直後にアンケートを実施することで講座の効果について検証してきた。一方で、本研究の目的とするSTEAM人材の基礎的な能力の開発促進において、受講後にどのような変化が見られたのかを長期的に観察する必要があると考える。そのため、実施から時間が経った現在、各回の受講者に対して追加調査を実施し、講座を受けて心境や行動に変化があったかについて検証を試みたい。

### 6.4.2 被験者の偏り解消

本研究で実施した実験については、いずれも同じ高校内での実験であり、かつ被験者数も計21名と少人数での実施であった。このため本研究での検証結果に偏りがある可能性が考えられる。この偏りを解消する為、別の高校で更に実験を重ねることにより、IoTによるSTEAM教育の効果が普遍的なものであるかどうかの検証を試みたい。

## 7. まとめ

本研究ではSTEAM人材不足を解消するため、高校生を対象に、自らの手で自身が考案した魅力的なアイデアの実現経験をする機会の提供を行うことができる、IoT十種講座の開発を行い、対面とオンラインでそれぞれの教育効果を検証した。

試行の結果、IoTプロトタイプ構築を題材に講座を実施することで、高校生段階で求められるSTEAM人材の基礎的な能力の開発を促す経験を指せることができ、受講者の学習意欲増進への効果が見込めることが分かった。

また、実施形態によって対面形式では講師・受講者間のコミュニケーションが増えることによる $\alpha$ 知識の習得、及び既存知識の応用への意欲促進に効果があり、一方でオンライン形式では自ら調べるといった主体的な学習の促進効果、そして簡単に繰り返し学習ができるというメリットがあることが分かった。

今後は対面・オンラインそれぞれのメリット・デメリットを考慮しつつ、更にSTEAM教育に適したIoTプロトタイプ構築講座を検討し、実践していきたい。

**謝辞** 本研究を実施するに当たり、芝浦工業大学柏中学高等学校の教職員ならびに受講者の方々には実験へのご協力を賜った。ここに感謝の意を表す。

本研究はJSPS科研費JP19K03151の助成を受けたものである。

## 参考文献

[1] みずほ情報総研株式会社. IT人材需給に関する調査 調査報

告書.

[https://www.meti.go.jp/policy/it\\_policy/jinzai/houkokusyo.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/it_policy/jinzai/houkokusyo.pdf), (参照 2019-11-02)

[2] 文部科学省. Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～.

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/society/index.html](http://www.mext.go.jp/a_menu/society/index.html), (参照 2019-11-02)

[3] K.Akiyama, M.Ishihara, N.Ohe, M.Inoue, H.Kambe, “Idea Creation using Stepwise Construction of IoT Prototype System and Its Verification Evaluation”, International Journal of Internet of Things, Scientific & Academic Publishing, 6(3), pp.91-97(2017)

[4] N.Ohe, S.Dosaka, S.Kitagami, Y.Kaneko, M.Inoue, T.Nakajima, T.Shiotsuki, and H.Koizumi, “A proposal of a method for prototyping M2M/IoT systems based on ideas and its applications”, IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol.137, No.10, pp1402-1413(2017)