

簡易的IoTプロトタイプ構築を通じた STEAM教育講座の開発

芝浦工業大学

芝浦工業大学柏中学高等学校

太田康貴, 中島毅

須田博貴

本講座の目標・対象・特徴

□ 教育目標

将来Society5.0社会の構築を担う人材に、STEAM人材の持つべき以下の能力を自ら開発していくための動機付けと方法を与える。

- 課題を見つけ、価値を生み出す発想力
- 学際領域分野をつなげる力
- 試行・評価・吟味するエンジニアリング力

□ 教育対象

高校生（理系・文系問わない大学進学希望者）

□ 本実践の特徴

『IoTプロトタイプ構築』を通じて、知識やスキルが未熟な高校生でも、**高校既習の知識を活用し**、一方で**新しい知識も学びながら**、**社会に役立つもの**を自らの力で創出する経験を得ることができる。

講座を開発した背景

□ STEAM人材需要の急拡大

Society5.0の実現に向け、AI・IoTエンジニアとなるSTEAM (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) 人材の不足が懸念されており、人材養成が急務となっている。

□ 文科省のSTEAM人材育成方針

文部科学省は、STEAM人材の育成に向け、小中学校・高校・大学における【成長段階に応じた教育】を実施すべきとしている。

⇒

高校におけるSTEAM教育の重要性に注目

- 将来の方向づけの時期：社会のためにどう役立つか（文理選択）
- STEAM人材のための基盤教育：大学専門教育への動機付け

育てるべきSTEAM人材

- 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**

□ STEAM人材が持つべき基礎的な能力

【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



本講座は，受講者が自らこれらの能力を開発していくための
動機付けを与えることを目標とする。

『IoTプロトタイプ構築』に注目する理由

IoTプロトタイプ構築の特長

□ IoT自体の応用分野が多様

IoTは農業・医療から家電など身近なところまで幅広い分野で応用されている。

⇒ アイデア次第で、社会の役に立つ実感を獲得

□ IoT自体が多種のテクノロジーの集合体

ソフトウェア・ハードウェア・ネットワークに渡る幅広いテクノロジーを理解する必要がある。

⇒ 高校授業内容の大切さをその応用で、知識の自主的な獲得の大切さを構築活動で理解可能

□ IoTプロトタイプ構築は「システム開発」

「考えて作り、くっつけて動かし、確かめる」プロセスの繰り返しが必要になる。

⇒ 構築中でもものづくりの経験ができる

STEAM人材の基礎的能力要件

【能力1】

課題を見つけ、
課題を生み出す発想力

【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

仮説

「IoTプロトタイプ構築」はSTEAM人材の基礎的能力の育成に効果的

高校生を対象とする場合の実装上の課題

S高校教諭に対するヒアリング結果より，高校生を対象とする場合，IoTプロトタイプ構築演習講座を実装する場合，以下の検討が必要となることがわかった。

【時間的制約】

□ 正課授業内に新たな教育内容を取り入れる余裕がない

⇒ 正課授業枠外で実施可能であるコンパクトな講座構成が必要

【能力的制約】

□ 構築にあたり必要な専門知識を高校生が持っていない

⇒ 講座内で必要な知識を与える仕組みが必要

□ クラス内での知識・スキルにレベル差がある

⇒ スキルに合わせプロトタイプの難易度を変更できることが必要

講座に対する要求事項

『IoTプロトタイプ構築』の特長を活かしつつ、実装上の課題を解決するために、講座・教材に対して以下の8つの要求事項を設定

観点	達成目標 (R1)	講座構成 (R2)	講座・教材内容 (R3)
要求事項	[R1-1] 自身のアイデアに基づき課題解決可能	[R2-1] 正課授業枠外に無理なく設定可能	[R3-1] 多様なアイデア実現に対応可能な柔軟性を確保
	[R1-2] 提案するコンセプトをプレゼンできる	[R2-2] インプットとアウトプットの時間を確保	[R3-2] 開発作業の難易度を選択可能
			[R3-3] 未習知識の補填可能
			[R3-4] 既存知識の応用可能

要求事項の実現：講座カリキュラムの構成

カリキュラム設計に要求事項を以下のように組み込んだ

- [R1-1] ⇒ 自らのアイデアに基づきプロトタイプを構築する
- [R1-2] ⇒ 各段階で発表機会を設け、コンセプト・成果を伝える経験を得る
- [R2-1] ⇒ 短いセッション（3時間）の5週構成
- [R2-2] ⇒ 座学・作業・発表を繰り返す、アクティブな学びのサイクル
- [R3-3,4] ⇒ 座学の中で未習知識をおさえつつ、学校教育の知識を復習

	区分	概要	内容
第1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生徒自身で制作する
	宿題	照度センサを活用してどのようなことが出来るか考えてくる	
第2回	発表	照度センサプロトタイプ完成・活用法提案	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3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、必要に応じて講師に進捗報告を行う		
第4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	発表会に向けプレゼンテーションを準備する	
第5回	作業	最終調整	発表会で実演できるよう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

要求事項の実現：教材システムの開発

教材システムに要求事項を以下のように組み込んだ

- [R3-1] ⇒ よく使うセンサとアクチュエータを提供ボードに組み込み、スキルの低い受講者でも自由度の高く実装できる手段を確保.
- [R3-2] ⇒ 組み込み済み素子を扱うだけでは物足りないスキルの高い受講者に対して新たな素子を組み込むためのスロットを提供.

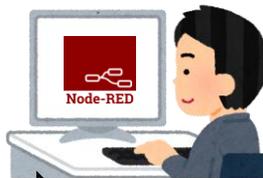
受講者自身がインターネットから情報を容易に得られ、かつコストを低減する目的で汎用的な機器・ソフトウェアを利用し、その他講座内でIoTの利点を深く理解するためのツールを用意

教材システム

デバイスボード

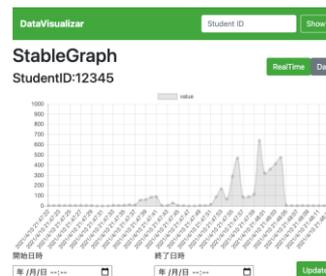


各自の端末



複数素子を搭載したデバイスボードを受講者に配布し、自分の端末からブラウザで開発

クラウド (VPS)



IoTを実感させるために外部インターネットから参照可能なグラフ可視化サーバを準備

講座の実施

■ 開発した講座を高校生を対象に試行：講師 大学院生1名

実施回	第一回	第二回	第三回
実施時期	2019-11	2021-03	2021-11
実施形態	対面	オンデマンド	対面
学校区分	全日制	全日制	登校型通信制
学年	高校1年生	高校1~3年生	高校1年生
参加人数	9名（文系1名）	12名（文系1名）	16名 （ロボティクス専攻）
募集方法	希望者	希望者	授業内
実施時数	3時間 x 5回(900分)	3時間 x 5回(900分)	50分 x 2コマ x 7回 (700分)

※ 第一回と第二回は私立高校S，第三回は通信制高校Cにて実施



座学授業（対面）

ポイント：抵抗の選び方

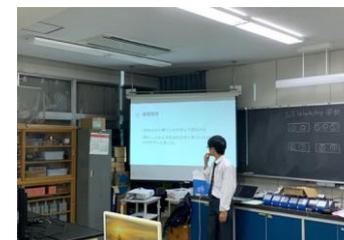
オームの法則：電圧[V] = 抵抗値[R[Ω]] × 電流[A]

Q. 右の回路図でLEDに20mA流したいとき、R1は何Ωを選べば良いでしょうか？
ただしLEDの順方向電圧降下[V_f]は2.0Vであるとしてます。

座学授業（オンライン）



受講者の構築作業



受講者の発表

講座の実施形態による比較

講座は、2019年に対面形式と、2021年にオンライン形式の2通りで実施し、オンラインではその特長を活かした工夫を盛り込んだ。

	対面	オンライン
座学 	<ul style="list-style-type: none">✓ 教室に集まって授業形式で基礎知識の学習を行う	<ul style="list-style-type: none">✓ 基礎知識をセクションごとに分割し、e-learningコンテンツとして配信する
作業 	<ul style="list-style-type: none">✓ 教室で一斉に作業を行う✓ 事前にセンサを用意して選択	<ul style="list-style-type: none">✓ 複数のセンサを搭載したデバイスボードを配布し、個々で作業を実施する
発表 	<ul style="list-style-type: none">✓ 一同に介してプロジェクタを用いて発表会を行う	<ul style="list-style-type: none">✓ Zoomなどのビデオ会議ソフトを用いて発表会を行う
質問対応 	<ul style="list-style-type: none">✓ 講師が教室内を巡回し、適宜サポートを行う	<ul style="list-style-type: none">✓ 定期的に質問対応のセッションを設ける✓ Slackやメール問合せを利用
生徒間やりとり 	<ul style="list-style-type: none">✓ 隣同士・友人とアイデアや遭遇したエラーについて相談する	<ul style="list-style-type: none">✓ 定期的なセッションやSlackなどのコミュニティを用意し、自由に会話できる場所を設ける

評価の実施

講座の実施前後と各フェーズでアンケートを実施することで、教育効果の検証を行った。

評価のポイント：

講座がSTEAM人材の能力育成を図る体験を講座内で提供できたか

【STEM人材の基礎的能力に対して、想定した育成効果としての体験】

基礎的能力	育成効果を生む想定体験
課題を見つけ、 価値を生み出す発想力	① テクノロジーを身近で簡単かつ、 社会を変える可能性を理解する ② 自分のアイデアが社会の役に立つと実感する
学際領域分野をつなげる力	③ 知識を応用する経験をする
試行・評価・吟味する エンジニアリング力	④ 試行錯誤しつつ作り、動く喜びを知る ⑤ 必要なことを自らが獲得する経験をする ⑥ 既習の知識が役に立つ実感をする

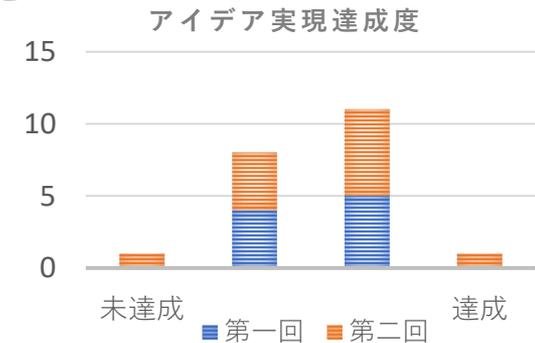
講座実施結果としての体験の評価①

① テクノロジーが身近で簡単かつ、社会を変える可能性を理解する

- 第一回・第二回ともに講座全体の感想として関連する項目あり
 - 第一回: 「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」
 - 第二回: 「発想があれば簡単にIoTシステムが作れるとわかった」ほか
- IoTの身近さや、簡単に社会に変革をもたらす可能性について理解したとみられる回答を得た.

② 自分のアイデアが社会の役に立つ実感をする

- 自らのアイデアを元にプロトタイプとして実現した達成度をアンケート調査し、4段階（1:未達成-4:達成）で評価
 - 第一回: 中央値3.00, 平均値2.56 (回答9件)
 - 第二回: 中央値3.00, 平均値2.58 (回答12件)
 - 全体: 中央値3.00, 平均値2.57 (回答21件)



- 僅かながらも達成が上回る結果
- 達成度を低く回答した受講者はアイデアを膨らませすぎてしまい、ゴールが遠くなってしまっている
実際の記述回答: 「通常の湿度を分析して、急激に変化した際に通知を送る機能を実装できなかったことが悔しい」

講座実施結果としての体験の評価②

③ 知識を応用する経験をする

④ 試行錯誤しつつ作り、動く喜びを知る

□ 2項目とも、プロトタイプを最後まで作り上げることができたかどうかで評価

□ 第一回: 66%の受講者が完成 (9名中6名)

□ 第二回: 83%の受講者が完成 (12名中10名)

□ 全体: 76%の受講者が完成 (21名中16名)

※「完成」は最終回発表でデモを動作でき、スライドを用いて発表できたもの

□ 記述回答内では試行錯誤を繰り返し、モノづくりの楽しさと難しさを理解したとみられる回答あり

抜粋回答: 「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すのが難しく、結構苦労した」

実際に講座内で開発されたシステム (受講者間評価の上位者)

	第一回	第二回
一位	自動販売機の飲み物が売れたときの外気温と飲み物の温度を記録し、会社にフィードバックするシステム	学習机にセンサを設置し、日ごとの学習時間をグラフで可視化するシステム
二位	貴重品を置く場所に感圧センサを設置して、指定時間にモノが置かれていないときにユーザへ通知するシステム	カバンに照度センサを付けて、日ごとの日光に当たった時間を記録し、外出を促すシステム
三位	寝返り回数を加速度センサで検知し、そのときの室温・湿度とともに記録して快眠を得るための最適環境を調査するシステム	首の後ろに加速度センサを付けて、勉強中に寝落ちした際アラームを鳴らすシステム

講座実施結果としての体験の評価③

⑤ 必要なことを自らが獲得する経験をする（第二回のみ評価）

□ 講座の中で自らが調査し、解決した事があったかについてアンケート調査し、4段階（1:なかった-あった）で評価

□ 第二回: 中央値3.00, 平均値2.67 (回答12件)

□ 記述回答内では、**授業の内容を深掘り**したり、**発展的なプロトタイプ作成のために自ら調べる**事を実践した受講者がいたことがわかった

【受講者が調べた内容（抜粋）】

□ A/Dコンバータの仕組み □ IoTの活用事例

□ 気象APIの使い方



⑥ 既習の知識が役に立つ実感をする

□ プロトタイプ製作の中で、小中高の授業で習った内容を応用したかをアンケート調査し、その内容についても回答を求めた

□ 第一回: 89%の受講者が活用（うち一般科目56%）（回答9件）

□ 第二回: 83%の受講者が活用（うち一般科目25%）（回答12件）

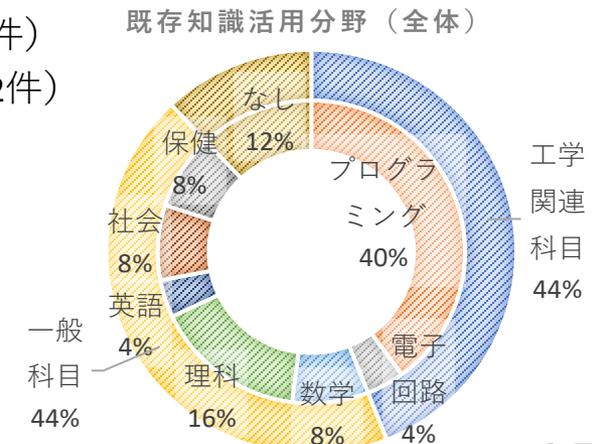
□ 具体的にどのような知識を使ったか調査したところ、幅広い分野の知識を活用していたことがわかった

【受講者が活用した知識（抜粋）】

□ 数学の正弦波を活用し、LEDの明るさ制御に使用

□ 保険の知識を元にヒートショック防止システムを構築

□ 加速度センサを使用する際に物理の計算を用いた



高校教員による評価

実施校の教員に講座および最終発表を見学してもらい、アンケート
⇒今後学校の授業として取り入れる際の改善点について評価

□教育効果について（抜粋）

□総合学習の取り組みの一つとして有用

□身のまわりの課題をベースとして解決する仕組みがSTEAM教育として最適

教員目線でも今後STEAM教育として必要な取り組みであるといえる

□導入への課題（抜粋）

□指導に専門的なスキルが必要のため、指導者の育成が不可欠

□受講者数が増えた際にそれぞれを指導するのが難しくなる。生徒が個々人で学習を進められるようサポートできる仕組み作りが必要

学びの内容についてはポジティブな意見が見られる一方で、指導する側の負担増が課題として見受けられた。

本講座の特殊応用事例

第三回での実施時に第一回・第二回の試行に比べ**全体的に評価が低い**結果

例) 体験2: 自分のアイデアが社会の役に立つ実感を得られる
評価項目: アイデアの実現達成度 (自己評価)

第一回	第二回	第三回
平均値: 1.56pt 中央値: 2.00pt	平均値: 1.58pt 中央値: 2.00pt	平均値: 1.07pt 中央値: 1.00pt

考えられる原因として以下3つが挙げられる。

□ 募集方法による違い

- 第一回・第二回は**希望者制**，第三回は**必修授業内実施**
⇒ モチベーションの高低に差

□ 授業時間・間隔による違い

- 第一回・第二回は**計900分**，第三回は**計700分**
⇒ 適切な作業時間及び自習時間がとれずに 自己研鑽の時間減少

□ 参加人数による違い

- 各回の参加人数は順に**9名, 12名, 16名**
⇒ 最大人数の実施により， 講師と受講者のコミュニケーションが不足か

今後の課題

□ ワークショップ受講者の追跡調査

本講座はあくまでSTEAM人材育成のきっかけに過ぎず、その後自らあらゆる事に挑戦し、能力を開発していくことが必要
⇒ 受講者を追跡調査、STEAM人材の基礎的能力の獲得を評価

□ 被験者の範囲を広げることによる客観的な評価

第一回・第二回の試行では参加者が同一私立高校内のため、今後他の学校でも同様の教育効果があることを示すことが必要
⇒ 他の高校での実施や、募集方法を変えて実施・評価

□ 高校教員が実施する場合の指導スキルについての検討

指導する上で求められる専門スキルを高校教員が持っていることは少なく、そのスキルの共有ないしスキルが不要な仕組みが必要
⇒ 指導方法のマニュアル化とインストラクタの育成方法の確立

まとめ

□ 高校生を対象としたIoTプロトタイプ構築講座を実施

- 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提供
- 高校生段階で求められるSTEAM人材の基礎的能力開発を促す
- 通常の授業と並行して実施可能な短期集中型（3時間x5回）の講座

□ 教育効果

- IoTのシステム構築に直接関わる技術だけでなく、学校内外で学んできた科目の重要性を理解
- テクノロジーにより社会を変革させる可能性を理解
- 自らのアイデアを元に試行錯誤しながらモノづくりを行う楽しさについて実感

□ 今後の取り組み

- 指導スキルに対するアプローチの検討
- 実験対象の拡大