

情報科教育における IoT 学習環境の利用方法の検討

間辺 広樹¹ 大村 基将² 林 康平² 兼宗 進²

概要: ビッグデータ, IoT などの用語に象徴されるように, データサイエンスによって未来社会を創造する人材の育成が求められている. 情報科教育が新たな局面を迎えようとしている現在, 教育現場ではその変化に対応した学習内容と教育手法の用意が必要となる. 本研究では, センサ, ラズベリーパイ, ドリトル言語, データ蓄積サーバーの連携によって構築した「IoT 学習環境」を用いることで, どのような情報科教育が可能になるかの検討を試みる. この環境を学習のプラットフォームとして用いることで, 「データ」の観点から理解を促すネットワーク教育, データの分析教育, 課題解決学習, プログラミング教育の提案ができるのではないかと考えた. これらを検証するために行った2つの実験授業を行った結果, 生徒はデータ分析の必要性を強く認識するようになることや, 自発的にプログラミングできるようになる様子が観察された.

キーワード: IoT, プログラミング教育, データの分析, ドリトル, ラズベリーパイ, 課題探求学習

How can we use 'IoT Learning System' for the information education ?

MANABE HIROKI¹ OMURA MOTOMASA² HAYASHI KOHEI² KANEMUNE SUSUMU²

Abstract: Information education is required to educate the students who can create future by using new technology, such as IoT. In this research, we developed 'IoT Learning System' for the students. It is constructed of sensors, raspberry pi, dollittle language and data stored server. The purpose of the research is to reveal "how can we use this learning system in the information education?". We considered that network education, data analysis education, problem based learning and programming education would be realized effectively. We examined two experimental lessons in a high school. Through the lessons, we confirmed that the students recognized the necessity of data analysis. And we observed the students could make the programming by themselves.

Keywords: iot, programming education, data analysis, dollittle, raspberry pi

1. はじめに

平成 28 年 4 月政府は「第 4 次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ～未来社会を創造する AI/IoT/ビッグデータ等を牽引する人材育成総合プログラム～」と題した施策の方向性を示した [1]. その中では, 高度なデータサイエンティストなどトップレベルの人材から, 初等中等教育での次世代に求められるプログラミングなどの情報活用能力まで, 幅広く人材を育成することが求められた. 情報科教育が新たな局面を迎えようとしている現在, 教育現場で

はその変化に対応した学習内容と教育手法の用意が必要となる. 特に, 近年になって使われるようになってきたデータサイエンス, ビッグデータ, IoT などの用語に象徴されるように, 「データ」の観点から情報科教育を見直すことが必要である.

IoT とは Internet of Things (モノのインターネット) の意味である. 新しい用語のため, その定義ははっきりとしないが, 本研究では「センサ端末などから集めたデータをインターネット上のサーバーに保存し, その分析や再利用を通して様々なサービスを提供する仕組み」と解釈する. 次世代の情報社会を象徴するワードにもなる可能性もある

¹ 神奈川県立柏陽高等学校

² 大阪電気通信大学

ため、高等学校でも学ばせたい情報社会の仕組みである。

IoT はネットワーク、センサ、サーバーなど多くのハードウェアとプログラミングが連携し、データを送受信することで実現する技術である。この仕組みを体験的に学習できる環境があれば、「センサによるデータの計測」「ネットワークの仕組み」「情報システム」「プログラミング」「データの分析」など、これまでの初等中等教育に求められていた情報分野の様々な学習を実現できる可能性がある。また、新しい技術をどのように使えば良いかなど創造的な学習活動へと発展させることも可能になる。このような技術を学習環境として提供することは容易ではないが、筆者らは過去に IoT を体験できる学習環境の構築し、補習等で試行した [2][3]。本研究では、その後学習環境の一部を改良し、いくつかの授業実践を行ったことから、改めて同学習環境の情報科教育における評価を行う。

2. 情報科学教育の変遷

高等学校の情報科は平成 15 年度に「情報活用の実践力」「情報の科学的理解」「情報社会に参画する態度」を学習の 3 本柱とする形の必修教科として新設された。当初は「情報活用の実践力」を重視する「情報 A」、 「情報の科学的理解」を重視する「情報 B」、 「情報社会に参画する態度」を重視する「情報 C」の中から 1 科目を選択履修する形で始まった。その後、平成 25 年度の指導要領改訂に伴って科目は「社会と情報」「情報の科学」の 2 科目に再編成された。科目編成が変わることの背景には、めまぐるしい情報社会や情報技術の変化に、柔軟に対応した教育が求められていることが理由と考えられる。

次期改訂を検討する教育課程部会の情報ワーキンググループの「高等学校情報科(各学科に共通する教科)の改善について」によれば、新科目案は、共通必修履修科目は情報 I のみにまとめられ、「高度情報社会に対応する情報教育」を行うために、以下の 4 分野を指導することになっている [4]。

- (1) コンピュータと情報通信ネットワーク
- (2) 問題解決の考え方と方法
- (3) 問題解決とコンピュータの活用
- (4) 情報社会の発展と情報モラル

また、新たに選択科目として情報を設定し、以下の 4 分野を指導することが検討されている。

- (1) 情報システムの活用
- (2) データサイエンス
- (3) 情報デザイン
- (4) 課題研究

同報告書では、更に「AI, IoT, ビッグデータ, セキュリティ及びその基盤となるデータサイエンス等の人材育成・確保」を喫緊の課題として初等中等教育からの人材育成総合プログラムを体系的に実施することや、「情報技術を積

極的かつ適切に活用して情報社会に主体的に参画し、より望ましい社会を構築していこうとする情意や態度」等を育てることが必要とされた。従って、これまで以上に、科学的な内容理解の指導や問題解決に向けたコンピュータの活用方法の指導が重要視されていると共に、データサイエンス等新しい技術・概念も学習対象となってきた。

このような変化を前にして、初等中等教育の現場でできることは、高度な人材の育成と確保をも視野に入れた、裾野を広げる教育を行うことである。本研究では新しい技術に触れさせることで、安全かつ創造的にそれらの技術の活用方法を考えさせることを試みる。具体的には、IoT に着目し、体験的に学べる学習環境を用いて、実験授業を試みる。IoT は多くのハードウェアとソフトウェアが組合わさって実現する技術である。この技術を間近に見ることで「ネットワーク」「プログラミング」「情報システム」「データの分析」など、新科目でも想定されている様々な情報分野を学習することに繋げることができる。また、IoT をどのように使えばよいかという創造的な学習活動にも繋げられる可能性がある。筆者らが構築してきた IoT 学習環境を今後の情報科教育のプラットフォームという観点から見直し、新たな実践から得られた知見を報告する。

3. IoT 学習環境

筆者らが構築してきた IoT 学習環境の構成については、林らの文献 [5] に詳しく記されている。授業を実践する教員からの「わかりやすさ・学ばせやすさを優先した学習環境を作りたい」という要求に応じて、プログラミング言語ドリトルを開発してきた研究室 [6] にて開発を行ったものである。以下にその構成要素の概要を示す。

3.1 センサ端末としてのラズベリーパイ

センサを用いるために手のひらサイズのシングルボードコンピュータであるラズベリーパイを用いた [7]。デスクトップパソコンとしても機能するために初学者でも設定がしやすいことや、GPIO (汎用入出力) を備えているために各種センサを取り付けやすいこと、世界中にユーザがいるために設定等の情報を入手しやすいなどがラズベリーパイを選択した理由である。授業では、既設のパソコンのキーボード、マウス、ディスプレイ、ネットワーク回線を使い、それらとのコネクタを用意するだけで活用できる形にした (図 1)。

3.2 プログラミング言語ドリトル

プログラミング言語はドリトル [6] を用いることとした。日本語でコードを記述できるため、初学者にも学びやすい。筆者らは本研究のため、ドリトルのラズベリーパイ対応を行った。また、いくつかのセンサを対応させ、簡単な命令でデータを取得する仕組みを用意した。

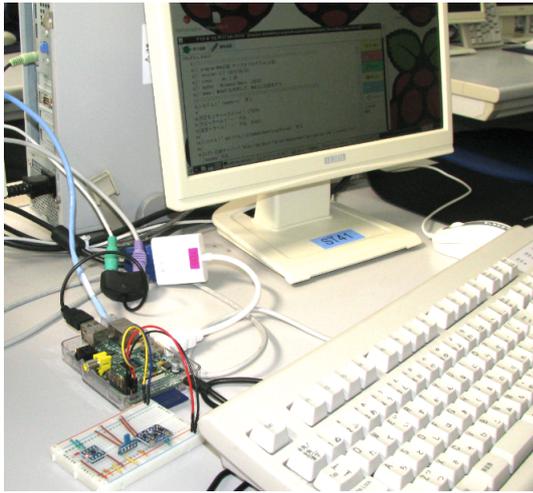


図 1 既設の環境を利用したラズベリーパイ

3.3 データ蓄積サーバ

データ蓄積サーバは、センサなどで計測したデータを Web 上のサーバで蓄積するサーバである。ドリトルでサーバ名と取得したデータの変数名を指定して保存する。その際に、ユーザ名とファイル名、システム時間も同時に記録され、次のように Web ブラウザで確認できる。

```
2016/5/23 10:04:39 1402684454 test_data1 1016.231934 27.8645833
```

```
2016/5/23 10:06:20 1402684555 test_data1 1016.170166 27.8583333
```

データは CSV 形式でダウンロードできるため、表計算ソフトなどを用いてローカルで分析することができる。

3.4 各種センサモジュール

センサは I2C 通信を行う 7 種類を用意した (表 1)。I2C は 2 本の信号線 (シリアルデータとシリアルクロック) と、電源に関する 2 本の、計 4 本のワイヤーでラズベリーパイと接続できることから、ワイヤーの色をあらかじめ決めておくことで、生徒でも容易に抜き差しできるようにした (図 2)。

表 1 利用したセンサ・IC 一覧

種類	センサ・IC 名
温湿度センサ	HDC1000
照度センサ	TSL2561
気圧センサ	LPS25H
3 軸加速度センサ	ADXL345
光学式ジェスチャーセンサ	APD9966
距離センサ	GP2Y0E03
カラーセンサ	S11059-02DT

ドリトルによるセンサから値の読み取りは、値取得メソッドの戻り値として提供され、次のような命令を実行することで実現する。

```
温湿度センサ = ラズパイ！HDC1000.
```

```
気温 = 温湿度センサ！温度？.
```

```
湿度 = 温湿度センサ！湿度？.
```

各センサの動作については、それぞれにサンプルプログ

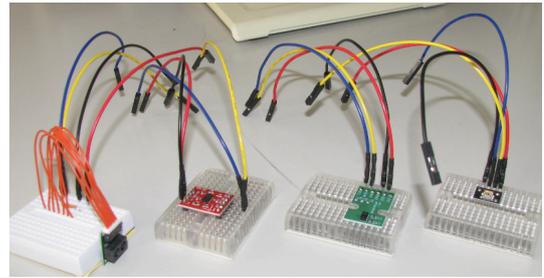


図 2 センサモジュール (左から距離, 加速度, モーション, カラー)

ラムを用意し、生徒がデータ取得の間隔や回数を書き換えたり、他の処理 (例えば LED を点滅させるなど) と組合せて利用できるようにした。

3.5 実験授業の計画

前章で説明した IoT 学習環境を情報科教育のプラットフォームとして用いた場合の学習効果を検証する。これらをラズベリーパイの利用環境と合わせて表 3 にまとめた。

表 2 実験授業の内容と台数

	学習内容	ラズベリーパイの台数
実験授業 1	ネットワークとデータの分析	39 人に 1 台
実験授業 2	プログラミングと創造的な利用	1 人に 1 台

実験授業 1 では、データの計測・伝送・分析による IoT を体験させる。その際に、教師から知識を教授するのではなく、生徒自身にデータの流れを考えさせたり、データを分析させるなどの体験的な活動を行わせる。これらを体験することで、生徒はネットワークの仕組みとデータ分析の必要性の理解や意識が高まると考えられる。このことを一斉授業にて検証する。

実験授業 2 では、センサから取得したデータを用いたゲーム作りを体験させる。データをドリトルのキャラクタであるカメの動きに用いることで、これまで体験したことのないゲームを生徒自身で作れるようになる。このことが、生徒主体の活動となり、プログラミング能力の向上と、創造的な利用へと繋がられるようになると考えられる。このことを少人数の補習授業にて検証する。

以下、4 章にて実験授業 1「ネットワークの仕組みとデータ分析」の概要と結果を、5 章にて実験授業 2「プログラミングと創造的な利用」の概要と結果を示す。

4. 実験授業 1「ネットワークの仕組みとデータの分析」の概要と結果

4.1 実験授業 1 の概要

実験授業 1 は、クラス (39 名) の一斉授業で 1 台のラズベリーパイを用いた講義として計画した。まずは、センサで計測したデータをデータ蓄積サーバへと送信し、生徒には個人所有のスマートフォンから Web ブラウザを経由

してアクセスさせる。筆者らの経験では、この学習活動によって生徒は一様に驚きの表情を見せる [2][3]。そこで、その時にデータがどのようにしてセンサからスマートフォンまで届いたのか、その流れに着目させることで、教師が知識としてそれを教授しなくても、生徒自身で「ネットワークの仕組み」を意識したり、理解しようとする態度が育つことが期待できる。

また、あらかじめ気温や気圧などの時系列データを取得しておいて、その推移を想像させグラフを手描きさせる。その後、実測値を提示する。そのとき、想像と実測とが必ずしも同じようになるとは限らない。その原因として、記憶の曖昧さや、何らかの人の営みがデータに影響を与えていた場合などが考えられる。従って、想像と実測との違いが生じた原因を生徒に考察させる活動から「データ分析の必要性」の理解に繋がることが期待できる。

本研究では、これらの活動を IoT 体験と名付け、授業はその事前と事後にアンケートを行う形で構成した。その詳細を表 3 に示す。

表 3 実験授業 1 (65 分) の概要

学習	内容
活動 1	事前アンケート (ネットワークの仕組み等)
活動 2	スマートフォンによる計測値へのアクセス (QR コード利用)
活動 3	何をどこで計測したものかの考察
活動 4	計測環境の説明 (ラズベリーパイとセンサの提示)
活動 5	データの流れの考察 (教科書等で調べることを許可)
活動 6	想像による 24 時間の気温変化のグラフ化 (手描き)
活動 7	計測値による 24 時間の気温変化のグラフ化 (表計算利用)
活動 8	事後アンケート (ネットワークの仕組み等)

4.2 実験授業 1 の結果

実験授業 1 は、科目「情報の科学」を学ぶ柏陽高校 1 年生 1 クラス (39 名) を対象に 65 分の授業で実施した。

4.2.1 事前アンケート (活動 1)

まずは事前アンケートととして、ネットワークの仕組みについて以下の点を尋ねた。

- (1) インターネットの仕組みを理解することは大切だと思いますか？
- (2) Web ページの閲覧や SNS を使っているときに、データの流れについて考えたことはありますか？
- (3) 書き込みが友人のスマホに表示されるまでのデータの流れを矢印 (→) と情報機器名を用いて書きなさい。(自由記述)

質問 (1) に対しては、強く思う (27 名・69.2 %) と少し思う (11 名・28.2 %) を合わせて 38 名 (97.4 %) が肯定的に回答し、あまり思わないを (1 名・2.6 %) 大きく上回った。

質問 (2) に対しては、時々考える 10 名 (26.7 %)、考

えたことがないが 29 名 (74.3 %) だった。

質問 (3) は、スマホの書き込みが一旦インターネット上に送信されて、SNS のサーバを介して友人のスマホへと送信されるため、答えとしては例えば、「自分のスマホ→〔○○○○〕→友人のスマホ」の〔○○○○〕の部分に〔インターネット上のサーバー〕といった記述を期待した。しかし、実際は、〔運営会社〕や〔アプリの会社〕など会社関係の記述が 10 名と最も多く、「インターネット」と「サーバー」の両方が書かれた記述は 5 名と少なかった (表 4)。また、4 名が「スマホ→スマホ」とスマホ同士が直接データを送り合っていると記述した。「機械」「ルータ」「情報処理器」「ファイル」「アプリ」「サイト」等と書かれた 8 名の記述はその他にまとめた。

表 4 データの流れの自由記述 (事前)

記述の要約	人数
会社 (本社、アプリの会社など)	10 名 (25.6 %)
インターネット上のサーバー	5 名 (12.8 %)
インターネット (のみ)	5 名 (12.8 %)
サーバー (のみ)	5 名 (12.8 %)
スマホ→スマホ (直接)	4 名 (12.8 %)
インターネットの会社	2 名 (5.1 %)
その他	8 名 (20.5 %)

4.2.2 IoT 体験 (活動 2～活動 7)

次に、IoT 体験として以下の活動を順に行わせた。

【活動 2】計測値へのアクセス

まず、データ蓄積サーバにあらかじめ蓄積しておいた計測データが表示されるように、URL を配布する形で Web ブラウザで表示させた (図 3)。

データ

2016-5-22	04:27:02	1402577797.885	test	data1	1018.0751953	23.60625
2016-5-22	04:28:43	1402577898.408	test	data1	1018.2189941	23.6083333
2016-5-22	04:30:23	1402577998.919	test	data1	1018.3271484	23.6041667
2016-5-22	04:32:04	1402578099.449	test	data1	1018.2644043	23.6041667
2016-5-22	04:33:44	1402578199.97	test	data1	1018.4018555	23.59375
2016-5-22	04:35:25	1402578300.502	test	data1	1018.3046875	23.6020833
2016-5-22	04:37:06	1402578401.017	test	data1	1018.4553223	23.5958333
2016-5-22	04:38:46	1402578501.547	test	data1	1018.4199219	23.59375
2016-5-22	04:40:27	1402578602.051	test	data1	1018.3781738	23.5895833
2016-5-22	04:42:07	1402578702.582	test	data1	1018.3632812	23.5895833
2016-5-22	04:43:48	1402578803.155	test	data1	1018.4191895	23.59375
2016-5-22	04:45:28	1402578903.683	test	data1	1018.4147949	23.5854167
2016-5-22	04:47:09	1402579004.184	test	data1	1018.4338379	23.58125

図 3 Web ブラウザに表示されたデータ

その際、スマートフォンを所有する生徒に対しては、用意した QR コードでアクセスすることを許可した。

【活動 3】何をどこで計測したものかの考察

次に、何のデータかを考えさせた。その際右側の 2 つの列に注目することと、「1018」や「23」という値で推移する身近なデータは何かをヒントとして与えた。多くの生徒は

それが何かを推測できなかったが、しばらくして数名の生徒から「気圧」や「気温」という答えが返ってきた。

その後、計測データは授業をしているコンピュータ教室のものであることと、その時点でも継続して計測していることを伝え、どこで計測しているかを考えさせた。生徒は「先生のパソコン」「この機械（実際はクーラー）」など様々な憶測を口にした。更に、一斉に指差しをさせたところ、天井に設置したプロジェクタや授業用サーバーのラックなどを差した生徒が多かった。

【活動4】計測機器の説明

教師より計測機器は教室の片隅に置いたラズベリーパイとセンサ（図1）であることを伝えると、生徒は一様に驚きの声をあげた。教師はIoTという用語と共に、小さなコンピュータとセンサでデータを取得し、LANケーブルを通してデータをインターネットへと送信していることを伝えた。

【活動5】データの流れの考察

センサで計測したデータが、どのように流れて生徒のスマートフォンに表示されたのかを考えさせた。その際に、補助資料として教科書のインターネットの仕組みが書かれているページを見るように促した。

【活動6】想像による気温変化のグラフ化

次に、この計測環境で得た「この24時間の気温変化」（前日の午前9時～当日の午前9時）を想像させ、配布したプリントにグラフを手描きさせた（図4左）。

【活動7】計測値による気温変化のグラフ化

その後、実際のデータを渡し、表計算ソフトを使ってグラフ化させた後、比較のため同プリントに手描きさせた（図4右）。その結果、多くの生徒が想像と実際とが異なっていた。その違いを考察させたところ、前日の様子を思い出そうとする生徒や、エアコンの電源を入れたから気温が下がったことに気付いた生徒が多かった。

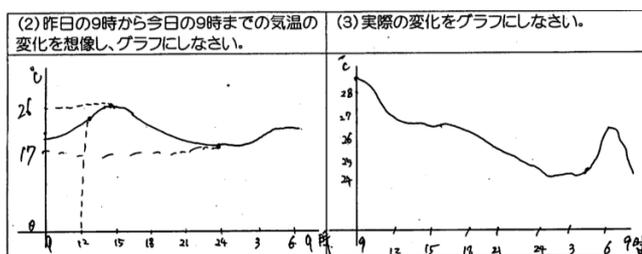


図4 気温変動の想像（左）と実測（右）との違い

4.2.3 事後アンケート（活動8）

事後アンケートでは、以下の質問（1）～（3）を用意した。

(1) センサで計測したデータが各自のパソコンやスマホに表示されるまでの流れを矢印（→）と情報機器名を用いた書きなさい。

(2) データ分析の実習から何がわかりましたか？

(3) （色、加速度、モーション、距離、明るさ、においなど他のセンサを示した上で）このIoT環境を用いてどんなことができるようになると考えられますか？

質問（1）ではネットワークの仕組みの理解が深まったかを聞いたもので、事前アンケートの質問（3）「書き込みが友人のスマホに表示されるまでのデータの流れを矢印と情報機器名を用いて書きなさい」と同様の内容を聞いている。従って、「ラズベリーパイ→インターネット上のサーバー→スマホ」などの答えを期待した。しかし、実際は、「サーバー」という言葉を使った生徒は6名に減り、その代わりに「先生のパソコン」が5名、QRコードが4名と、事前アンケートでは見られなかった記述が増えた。特に、「会社」と答えていた生徒が、「先生の端末」「QRコード」と答える等、実習を行ったことで、かえって混乱を招いた様子が伺えた（表5）。

表5 データの流れの自由記述（事後）

記述の要約	人数
会社（そういうものを扱う会社など）	4名（10.3%）
インターネット上のサーバー	2名（5.1%）
インターネット（のみ）	11名（28.2%）
サーバー（のみ）	5名（12.8%）
先生のパソコン	4名（10.3%）
QRコード	4名（10.3%）
無回答	3名（7.7%）
その他	7名（17.9%）

質問（2）はデータの分析の実習が生徒に与えた影響を調査した。その結果、「データを収集し、分析すると真実が見えてきて面白い。データの散らばりには理由があることがわかった」など、31名（79.5%）が「データ分析の大切さ」に気付いた旨を記述していた（図5）。また、人がいる時間帯は気温に揺れがあることを発見的に学んだり、極端な変化から「クーラーを入れた」など人の活動を推察することができたという記述も複数あった。

- 実際にデータをとってみないと分からない。データを得た上でなぜそうなったかを考えるのは楽しい。
- データをグラフや図にするとひと目でわかるので認識しやすい。思い込みに惑わされずきっちり事実を確認することが大切。
- 予想と結果が違ってくることがあるとわかった。データによってものを判断できることもわかった。

図5 データの分析の大切さに気付いたコメント

質問（3）は、この実習を通して生徒がIoTの創造的な活用方法の考察ができるかの検討材料として用いるために調査した。その結果、全員が何らかの仕組みを考えた記述をした。その中で、「においカメラ」など、においのセン

サを用いた記述が7名と最も多かった。また、人の気持ちや記憶、精神状態、殺意など生体情報として表れにくいものを計測しようとする記述も8名と目立った。全生徒がセンサを用いた仕組みを考えたが、ネットワークを使った仕組みを考えたのは「人の動きを感知するセンサを使ってインターネット上でケンカをする（けがをしないから安心）」と書いた1名だけであった。

5. 実験授業2「プログラミングと創造的な活用」の概要と結果

5.1 実験授業2の概要

実験授業2では、「プログラミング能力の向上」と「創造的な活用方法の考察」ができるようになるかを検証するために、希望者だけの「プログラミングとデータ計測入門」という特別講座で、1人1台のラズベリーパイを用いた実習を行うこととした。1コマ150分×2コマの講座であり(表6)。1年生6名が参加した。6名はプログラミングには興味があるが、その経験がないことは共通していた。

表6 実験授業2の内容

	内容	時間
1 コマ目	ドリトルのお絵描きと簡単なゲーム制作	60分
	LEDの点滅実習	20分
	各種センサの利用体験	30分
	実験授業1と同様のIoT体験	30分
	アンケート調査	10分
2 コマ目	自由制作	150分

5.2 実験授業2「プログラミングと創造的な活用」の結果

授業の1コマ目は、ドリトルのお絵描きと簡単なゲーム制作(60分)[8]、LEDの点滅(20分)、センサの利用体験(30分)、実験授業1と同様のIoT体験(30分)、アンケート調査(10分)の順で実施した。人数が少ないことから、1人1人聞き取りをしながら授業を進めることができた。その結果、ネットワークの理解に関しては、Webページがサーバーに保存されていることを説明できたのは1人だけであり、他の生徒は「線で繋がっているから」といった曖昧な理解に留まっていた。

プログラミング自体は難しいと感じながらも、楽しさや面白さを感じながら進めていた。LEDの点滅では「スマホで電気を付けることができるのはこのような仕組みだったのか」と自分の情報機器の使い方と関連させることのできた生徒もいた。センサの利用体験では、温度、湿度、気圧、加速度、カラー、距離を利用させた。それぞれのセンサはブレッドボード上に配置し、ジャンプワイヤーは色分けしておいたことで、容易に生徒に抜き差しさせることができた。生徒はセンサが小さいことと、きちんと値が計測できていることに、その都度驚きの様子を示していた。

授業の最後にこのIoT環境を使って、何ができるように

なるかを考えさせたところ、次のように回答した。

- オブジェクトがアクションをおこした時にLEDが光る仕組み(3名)
- 加速度センサを使ったゲーム(2名)
- カラーセンサを使ったゲーム(3名)

また、3名が「課題探求学習で使ってみよう」と答え、そのうち1名は「距離センサを使ってドアの開閉の回数とエアコンの効き方の関係を調べたい」と具体的な研究テーマを口にした。このように実験2においても、創造的な利用方法の検討にセンサの活用は想定するが、ネットワークの活用を考えた生徒はいなかった。

授業の2コマ目は、部活動などの関係で参加生徒は2名と少なかったが、2名とも1コマ目に考えたセンサゲーム作りを行った。生徒Aは加速度センサを用いたゲーム作りを取組んだ。加速度センサから取得したデータを変数に格納し、キャラクタであるカメを動かすものである(図6)。プログラミング自体の説明を教師から行うことはほとんどなく、ドリトルに付属している解説本のPDFファイルを表示しながら、生徒自身で行っていた。加速度センサを縦に傾けるとカメは前後に動き、横に傾けると左右に回転する動きを実現した。その過程でプログラミングとして行っていたことは主に、3点であった。

- センサからデータを取得する間隔を変えること
- カメの一度に動く動作範囲を変えること
- 動作のための条件を変えること

その中でも、カメの動作を滑らかにするために複数の条件分岐の方法を試したことと、開発効率を上げるために変数を用いたことを確認した。

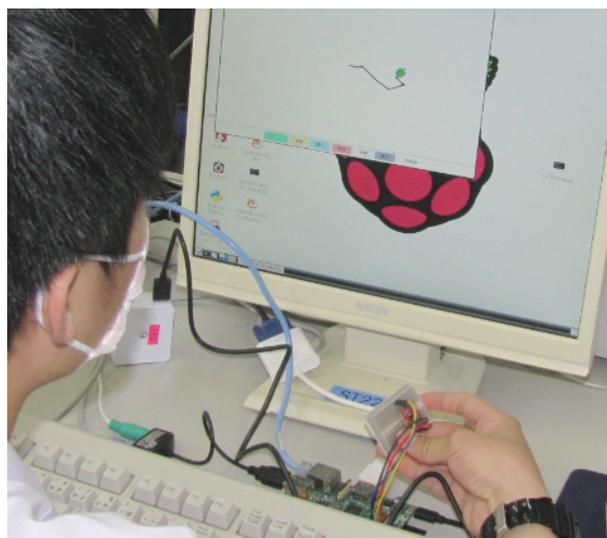


図6 加速度センサを使ったゲームの製作

生徒Bは、カラーセンサを使ったゲーム作りを行った。カラーセンサから取得される赤、緑、青の値をカメの前進、左回り、右回りに対応させてカメの動きを制御する仕組み

を考えた。懐中電灯の前に赤、緑、青の各セロファンを置くことで、光の色による、カメの操作を実現した（図7）。プログラミングを行う過程で行っていたことは生徒Aと同様の3点に加え、次のことを行っていた。

- セロファンを組合せて色を作ること

また、セロファンを素早く切り替える仕組みが必要なことや、加速度センサと異なり値を取得する間隔を1秒から0.1秒と短くしても取得できないという特性に気付いたため、その間隔に合わせてゲームを作っていた。



図7 カラーセンサを使ったゲームの製作

6. 考察

2種類の実験授業から得られた結果から、IoT学習環境がネットワーク教育、データ分析教育、課題探求学習、プログラミング教育でどのように活用することができるかについて考察する。

6.1 ネットワーク教育との関連

生徒は日常的にスマートフォンを活用し、様々なサービスを利用している反面、ネットワークについての知識は低い。これらのサービスは、インターネット上のサーバで共有されて実現するが、データが「スマホ→スマホ」と直接流れていると思っているなど、誤った認識を持っている生徒もいた。IoTの学習体験を行うことでデータの流れを意識するようになり、正しい認識を持つようになることを期待したが、実際は期待通りにはならなかった。むしろ、スマートフォンに表示されたデータが、アクセスのために提示したQRコードに保存されていると勘違いした生徒もいて、IoTを体験したことでかえって混乱を生じさせた可能性がある。また、IoTの創造的な利用方法を考えさせた結果も、センサを使うことは様々なアイデアが出たが、ネットワークの利用を考えた生徒はほとんどなかった。

この事実から、改めてネットワークの仕組みを理解させ

る教育の必要性が浮き彫りになったと考えている。生徒の多くはネットワークの仕組みを理解したいと思っているが、データがどのように流れるか、どこに保存されるか等に意識が及んでいないと考えられる。そのため、IoTをどのように利用できるかを想像することもできなかった。IoTの利便性や可能性を理解させるためには、ネットワークの仕組みを理解させると共に、データの共有や離れた場所で同時計測できることなどの利便性を具体的に教えることが必要である。

6.2 データ分析教育との関連

データ分析の必要性の理解は進んだ。実験1の計測データを用いた実習では、生徒は想像と実際との違いに驚きの表情を見せた。グラフ化することの分かりやすさや、データから人の営みを推察できることなど、データの分析をしなければ分からなかった体験をさせたことで、多くの生徒がデータの分析の必要性を理解する記述をした。本研究で実施した授業はデータ分析教育の入り口にふさわしく、ここから統計的なものの見方や考え方を深める指導ができると考えられる。

6.3 課題探求学習との関連

実験授業1と実験授業2のどちらの授業でも創造的な活用方法を考察させたが、生徒は全員が何らかの仕組みを考えた。様々なセンサがあることの情報を提供することで、生徒は身の回りの問題に着目し、新しい仕組みを考えるようになった。「こんなセンサあったらいいな」や「こんな仕組みがあったらいいな」とアイデアを巡らすことは、創造的な課題探求学習を行うために必要であると考えられる。その意味では、生徒全員がセンサを通して思い思いにアイデアを出したことは、今後の課題探求学習のテーマ選びにいくつかの候補と具体的な方法を提示できたと考えている。

生徒の中には「人の記憶」や「殺意」など、センサの活用が困難な生体情報の取得を期待するような、いわゆる夢物語的なアイデアもあったが、ブレインストーミングのようにこれらを単純に否定するのではなく、これらをきっかけに話を広げたり、他のアイデアと結びつけることなどが期待できる。

6.4 プログラミング教育との関連

ドリトルとセンサーを用いてゲームを自由制作をする生徒の様子を観察した。その結果、教師からの説明がなくても、自分でドリトルに付属している解説本のPDFファイルを表示しながら調べ、制作していく様子が確認できた。これは、センサゲームという、作りたいものがはっきりとしている状態で作業を行っていたことや、それまで体験したこともないゲームを作っているという満足感が生徒のやる気を継続させたと考えている。また、ドリトルのサンブ

ルプログラムもわかりやすく、どこを変えればどうなるか、が初学者にも理解できることため、アイデアを形にすることができた。このことから、センサゲームの制作は、生徒の主体的な制作意欲を引出し、アイデアを形にすることの楽しさを味わえる実習になる可能性がある。

また、制作の過程で複数の条件分岐の方法を比較したり、開発効率を上げるために変数を用いる様子も確認できた。このことから、プログラミングの基礎概念の理解にも有効な実習である。

ただし、今回プログラミングの様子を観察できた被験者は2名だけであった。同実習が一般的な授業で有効に利用できるかどうかは、今後の研究課題である。

7. まとめ

ラズベリーパイ、センサ、ドリトル、データ蓄積サーバーを組合せたIoT学習環境の情報科教育における利用価値をネットワーク教育、データ分析教育、課題解決学習、プログラミング教育の観点から評価した。一斉授業の中で1台のラズベリーパイを使うだけでも、データの分析教育の必要性を理解させられることがわかった。また、センサを使って課題探求学習に繋がる様々なアイデアが出ることもわかった。更に、1人1台の環境でじっくりと時間をかければ、新しいスタイルのゲーム制作等を通してプログラミング能力が向上していくことも観察できた。ただし、ネットワークを理解させることやネットワークを使った新しい仕組みを考えさせることには成果は得られず、データの流れやネットワークの仕組みを理解させるためには、別途学習プログラムを用意するなど手厚い指導が必要であることが示唆された。これらについては、今後の検討課題である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C)25350214, 奨励研究16H00221), パナソニック教育助成財団第42回研究助成, 並びに, NPO法人CANVASの協力を受けています。

参考文献

- [1] 首相官邸: 第4次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkkaigi/dai26/siryou2.pdf>
- [2] 間辺広樹, 大村基将, 林康平, 兼宗進: 課題探究学習での活用を想定したドリトルとラズベリーパイによる計測実習の実践報告, 研究報告コンピュータと教育(CE), 2015-CE-131(4), pp.1-8 (2015).
- [3] 間辺広樹, 長島和平, 長慎也, 並木美太郎, 兼宗進: 高等学校における複数言語によるプログラミング教育の提案～情報システムの理解を目標としたドリトル, JavaScript, PHPの連携～研究報告コンピュータと教育(CE), 2016-CE-133(3), pp.1-10 (2016).
- [4] 教育課程部会 情報ワーキンググループ(第8回) 配

付資料:

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/siryo/1366919.htm

- [5] 林康平, 西川弘恭, 小林史弥, 間辺広樹, 大村基将, 兼宗進: ラズベリーパイを用いたドリトルでのデータ計測とデータ蓄積サーバの提案, 研究報告コンピュータと教育(CE), 2015-CE-131(3), pp.1-7 (2015).
- [6] 兼宗研究室: プログラミング言語「ドリトル」.
<http://dolittle.eplang.jp/>
- [7] <https://www.raspberrypi.org>
- [8] 兼宗進: 1時間で学ぶソフトウェアの仕組み
<http://dolittle.eplang.jp/index.php?1h>