

計測データのクラウド保存と分析が可能なIoT学習教材の提案

岸本 有生^{1,a)} 本多 佑希² 兼宗 進²

概要: 授業で計測したデータをクラウドに保存し、分析を行える IoT 学習教材を提案する。近年、インターネットに接続されたモノとモノが連動してサービスを生み出す IoT (Internet of Things) が注目を集めている。これまでもセンサデータを扱う授業は行われてきたが、プログラムの作成やサーバ構築、ディスクへのデータ取得までの学習にとどまっていた。そこで本研究では、ネットワークを利用したデータ保存や、蓄積したデータの分析を可能にする IoT 学習教材を提案し、高等学校で使用した授業を報告する。

キーワード: IoT, データ分析, 統計

An IoT Learning System that can Store and Analyze Measurement Data in the Cloud.

TOMONARI KISHIMOTO^{1,a)} YUKI HONDA² SUSUMU KANEMUNE²

Abstract: Recently IoT is becoming more important. However, learning IoT is not easy for students because it requires specialized knowledge. Therefore, we developed a support tool Connect DB that can store and analyze measurement data in the cloud. Using this tool, measurement data can be uploaded easily through HTTP protocol, and it can be analyzed on the web site. We report the outline of this tool and lessons in a high school.

Keywords: IoT , Data Analysis , Statistics

1. はじめに

モノをインターネットにつなぎ新しいサービスを生み出す IoT(Internet of Things)[1] が注目されている。IoT は、Society5.0 のような仮想空間と現実空間を高度に融合させる社会を実現させるための欠かせない技術となっている。そのため、小学校の頃から教育の中に ICT の活用が必要とされ、小学校の理科や中学校の技術家庭などでは、IoT を利用した授業展開が考えられる [2][3]。また、高等学校では

専門学科に関わらず、全ての生徒に対して情報活用能力を習得させる取り組みが行われる。特に 2022 年から開始される新学習指導要領では、「情報 I」の「情報ネットワークの活用」及び「情報 II」の「情報とデータサイエンス」において、目的に応じたデータの収集、整理、分析及び結果の表現の方法を適切に選択し、評価し改善することが求められている [4]。

IoT を利用した学習教材が提案されている [5][6]。IoT システムを構築する技術はセンサによる計測からプログラミング、ネットワーク技術、データの分析まで広範囲となる。そのため、初等中等教育に求められていた情報分野を多岐に渡って学習できるという利点がある。しかし、その一方で学習量が膨大となり、学習者の理解が追いつかないという問題が存在する。また、データ分析は、取得したデータ

¹ 大阪電気通信大学高等学校
Osaka Electro-Communication University High School,
Moriguchi, Osaka 570-0039, Japan

² 大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication University, Neyagawa, Osaka
572-8530, Japan

a) t-kishimoto@dentsu.ed.jp

表 1 IoT 学習に必要な知識
 Table 1 Knowledge necessary for IoT learning.

分類	知識
センサ	電気の知識
データの計測	プログラミング, GPIO, I2C, SPI の知識
データの通信	通信規格の知識
サーバの構築	OS, セキュリティの知識
データの分析	グラフによる可視化, 統計学の知識

をグラフに表示する程度の学習にとどまっていた。

データ分析には、統計解析向けのプログラミング言語として利用されている R 言語、Python、教育系プログラミング言語ドリトルや Bit Arrow を使った学習教材が提案されている [7][8]。特にドリトルや Bit Arrow は、オンライン上でプログラムの記述ができ、データもクラウド上に保存できることからソフトウェアのインストールやサーバの構築を必要としないという手軽さがある。しかし、データ分析だけを教えるだけならば、表計算ソフトのようにプログラミングを必要としない環境があっても良いと考える。

そこで本研究では計測したデータをクラウドに保存し、分析を行える IoT 学習教材 Connect DB を提案する。この学習教材ではクラウド上に保存したデータを、Web ブラウザ上でボタンをクリックするだけで分析が可能となっている。そのため、専門的な知識のない者でも、PC やタブレット端末を用いて IoT 学習が行える。本稿では、Connect DB の実装について述べ、高等学校で使用した授業を報告する。

2. Connect DB の提案

2.1 IoT 学習に必要な知識

図 1 に、IoT のシステム概念図を示す [9][10]。ここで、IoT 学習を行う上で必要な知識を整理する。まず、IoT 機器に接続されたセンサからデータを計測しなければいけない。センサは、物理量を電気量（電圧や電流）に変換するため電気の知識が必要となる。計測制御には、Raspberry PI, Arduino, mbed, micro:bit のような GPIO のついた機器に制御プログラムを記述する必要がある。プログラミングの知識だけでなく、GPIO, I2C, SPI などの知識も必要となる。データの通信には、Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee のようなデータサーバの通信規格との依存関係もある。さらに、データサーバの構築に OS の知識だけでなく、他人からデータを傍受されないようにセキュリティの知識が必要である。データの分析は、データをグラフに可視化するだけでなく、統計学の知識も必要である。それぞれの必要な知識を表 1 にまとめた。

2.2 機能の検討

Connect DB では、小学校から高等学校までの授業で必要となる機能を検討し実装した。

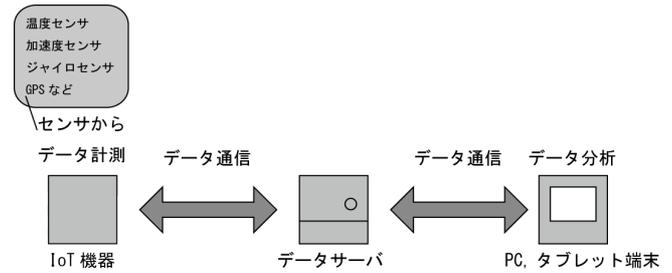


図 1 IoT システム概念図

Fig. 1 IoT system.

- 計測データをクラウド上に保存できる
- HTTP 通信、CSV ファイル、入力用フォームを利用したデータ入力が可能
- スマートフォンの内蔵センサを利用したデータ計測が行える
- Web ブラウザのみでデータ分析が学習できる
- データ処理の流れが理解しやすい

データサーバが既にインターネット上に構築されており、普段スマートフォンや PC で利用している Wi-Fi や LTE を利用してデータ通信が可能となっている。また、センサを利用した実験にはスマートフォンの内蔵センサを利用できる。センサの計測やデータ通信は Web ブラウザから利用できるため、電気、プログラミング、ネットワーク技術といった専門的な知識を意識しなくても良い。そのため、学習者はデータ計測実験とデータ分析学習のみに集中できる。

2.3 授業準備

Connect DB の Web サイト (<https://v118-27-2-48.1xts.static.cnode.io>) にアクセスし、教員用アカウントを登録する。登録後はデータ保存用テーブルを作成し、API キーを取得できる。生徒は、このテーブルに対応する API キーを使用して、データの入力や分析を行う形となっている。API キーは、教員側で CSV ファイルとしてダウンロードできるので、生徒にも簡単に配布できる。保存したデータは、Web サイトからボタンをクリックするだけで分析が可能となる。表計算ソフトで分析したい場合は、CSV 形式でダウンロードして利用可能である。

2.4 ツールの機能一覧

表 2 に、Connect DB で使用できる機能一覧を示す。これらは今回の高等学校の授業で必要になったものを対象としている。他の授業でも使用可能になるように順次機能を増やしていく予定である。

(1) データの入力

データの inputs は、HTTP 通信、CSV ファイルのアップロード、フォームから直接入力する方法がある。サーバは

表 2 ツールの機能一覧
 Table 2 List of tool functions.

分類	機能	説明
入力	HTTP 通信	HTTP 通信からデータを入力する
	CSV	CSV ファイルをアップロードする
	フォーム	フォームに直接データを入力する
計測	スマートフォン	ジャイロセンサ、加速度センサ GPS を記録する
表示	折れ線グラフ	各グラフの表示
	棒グラフ	
	円グラフ	
	積み上げ棒グラフ	
	散布図	データのばらつきを表示する 緯度と経度からマップを表示する
	箱ひげ図	
	マップ表示	
加工	ヒストグラム	データを区間ごとに区切る
	クロス集計	クロス集計をする
	時系列平均	時系列データを時間で平均する
	時系列クロス平均	時系列データを時間でカラム毎に分割する

「Mongo DB」を利用し、データは Key-Value ストア型で保存できる。サーバにデータが送信されると、記録した時間が「create_at」という key で図 2 のような「年/月/日 時:分:秒.m 秒」の形式で自動的に付与される。時間のフォーマット形式を合わせれば、「create_at」の値を自分で作成して入力することもできる。

まず、図 3 に Python を使用した HTTP 通信のプログラム例を示す。この例では 1 秒毎に 10 度ずつ変化した正弦波の値を入力している。'https://v118-27-2-48.1xts.static.cnode.io/api/post' にクエリで API キーを付与して post 通信で送信する。データは連想配列で入力し、key の名前がカラム名となる。次に、CSV 形式のファイルをアップロードできるフォーマット例を図 4 に記述している。1 行目にはカラム名を入力し、データが複数ある場合は「,」で区切る。2 行目以降にデータを入力する。完成した CSV ファイルは、Web サイトにアクセスして API キーを使用すればアップロードできる。最後に、フォームから直接データを入力する例を示す。フォームの型指定は教員が行う。Web サイトにアクセスし、ログインして表示されたテーブルの横の「Edit」を選択する。フォームの型指定では図 5 のように、まずデータの個数を入力する。次に、カラム名を記入する。データの型は、数字、テキスト、時間、選択式から選ぶことができる。選択式を選んだ場合は、選択式の個数とそれに対応する選択名を記入する。フォームの型指定を作成後は送信ボタンで確定する。生徒側は Web サイトにアクセスし、API キーを使用して「フォームの呼び出し」を選択する。そして、教員が予め用意していたフォームからデータを直接入力する。

```
2020/10/01 10:10:10.000
4 桁/2 桁/2 桁 2 桁:2 桁:2 桁.3 桁
```

図 2 時間のフォーマット

Fig. 2 Example of date format.

```
import requests, json, time
import math
URL='https://v118-27-2-48.1xts.static.cnode.io'
apikey='*****'
headers = {'content-type': 'application/json'}
for i in range(0, 35):
    sin=math.sin(math.radians(i*10))
    data=json.dumps({'Sin':sin})
    requests.post(
        URL+'/api/post?key='+apikey,
        data=data, headers=headers)
    time.sleep(1)
```

図 3 HTTP 通信を利用したデータ入力例

Fig. 3 Example of data input through HTTP protocol.

```
番号, サイコロの目, create_at
0, 5, 2020/10/01 10:10:00.000
1, 5, 2020/10/01 10:20:00.000
3, 1, 2020/10/01 10:30:00.000
4, 2, 2020/10/01 10:40:00.000
```

図 4 CSV のフォーマット例

Fig. 4 Example of CSV format.

図 5 フォーム編集画面

Fig. 5 Editor screen of form.

(2) データの計測

Raspberry PI を利用してセンサからデータ計測を行い、HTTP 通信でデータを保存する方法が考えられるが、センサの配線や Raspberry PI の設定、プログラムの記述と必要な知識が多くなる。そこで、スマートフォンの内蔵センサであるジャイロセンサ、加速度センサ、GPS で代用する

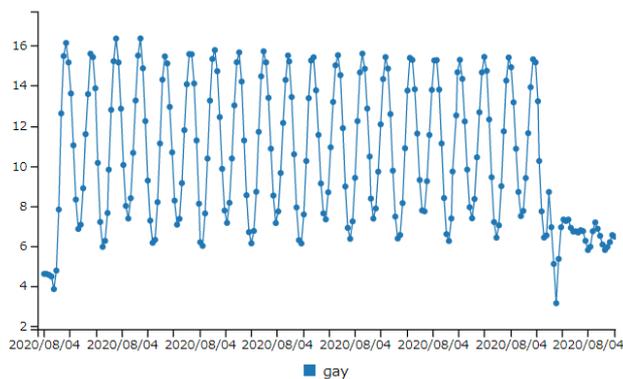


図 6 加速度センサの Y 軸の変化
 Fig. 6 Y-axis change of accelerometer.

方法が考えられる。この方法では、Web サイトにスマートフォンでアクセスするだけで、データを記録し CSV 形式のファイルとしてダウンロードすることができる。

小学校 5 年生の理科の振り子の実験では、振り子の 1 周期の時間をストップウォッチを用いて計測していた。Connect DB を使用すれば、加速度センサの Y 軸を計測することでその特徴を知ることができる。図 6 に振り子を 10 周期させた時の加速度センサの Y 軸の変化例を示す。分析に不要なデータは削除する処理ができる。グラフを見ると 2 周期が振り子の 1 周期に対応している。

(3) データの表示・加工

サーバに蓄積されたデータは Web サイトにアクセスして API キーを使用して取り出すことができる。データ分析は、分析したいデータの列名をチェックして行う。ここで分析方法が多く表示されると、感覚的に操作するのが難しくなる。Connect DB では、選択した列名の型に適応した分析方法のみが選択できる形をとることで感覚的に操作できるようにした。例えば create_at のような時間データと数値データを選択している場合は、グラフの表示だけでなく、時系列の平均やクロス平均が選択ができる。列名が文字列や数値データのみを選択した場合は、ヒストグラムが選択できる。

表示ボタンを押すと新しい Tab が作成されグラフが表示される。これにより、学習者はデータ処理の流れを理解しやすい状態となる。分析をやり直す場合は、Tab を削除すれば前の状態に戻ることができる。折れ線グラフ、棒グラフ、散布図はグラフ表示してから好きな表示方法に変更できる。

3. Connect DB を用いた高等学校の授業

3.1 実施した授業

開発した Connect DB を用いた授業を高等学校で行った。対象の生徒は工業科の 1 年生から 3 年生の 30 人であ

表 3 実践した授業

Table 3 Syllabus of lessons.

概要	主な学習活動
事前学習	グラフの表示方法 ヒストグラムの表示 箱ひげ図の表示
気象庁のデータ	気温と降水量の関係 月毎の気温のばらつき
確率	サイコロの目が出現する確率 中心極限定理 正規分布
センサ	ジャイロセンサ 加速度センサ GPS

る。生徒は情報処理部かメカトロニクス部に所属しており、日頃からクラブ活動を通してデータの変化を気にしている生徒ばかりである。

表 3 に授業の学習内容を示す。授業は 60 分である。この授業は、事前学習、気象庁のデータ分析、サイコロによる確率の分析、スマートフォンの内蔵センサによる物理現象の解析の順で行う。

(1) 事前学習

事前学習として Connect DB の操作方法とデータ分析方法を学ぶ。予め準備しておいた表 4 に示すデータを使用する。サーバから取り出したデータの番号と国語成績の列名にチェックを入れてグラフ表示する。グラフは折れ線グラフとなり読み取りにくいので、表示方法を棒グラフにして見やすく加工するなどの操作を覚える。その後、作った tab を削除して最初の状態に戻り、住所の列名だけにチェックを入れてヒストグラムを表示する。このヒストグラムから大阪市の人が多いことがわかる。最後に、もう一度 tab を削除して最初の状態に戻り、国語成績と算数成績の列名にチェックを入れて箱ひげ図を表示する。国語成績と算数成績では、算数成績の方が縦幅が短く、データのばらつきが少ないことがわかる。

(2) 気象庁のデータ分析

気象庁からダウンロード [11] して入力した、大阪市における 2020 年 6 月 1 日から 2020 年 9 月 30 日までの 1 時間ごとの気温・降水量のデータを利用してデータ分析を行う。ここでは、気温と降水量の関係や、月毎の気温のばらつきを箱ひげ図にして考察を行う。

気温と降水量の関係を知るには次の操作を行う。サーバから取り出したデータは 1 時間毎の気温と降水量なるため、create_at と気温でグラフ表示しても、1 日の気温の変化が大きすぎて内容の理解が困難となる。そこで、create_at、気温、降水量の列名にチェックを入れて時系列平均（日

表 4 事前学習用のデータ

Table 4 Data of Pre-lessons.

番号	住所	国語成績	算数成績
1	大阪市	50	73
2	神戸市	62	85
3	京都市	55	67
4	大阪市	67	71
5	神戸市	94	88
6	大阪市	43	62
7	大阪市	35	74
8	神戸市	11	82
9	京都市	25	67
10	奈良市	80	55
11	和歌山市	82	92
12	大阪市	78	63
13	大阪市	72	74
14	神戸市	100	81
15	神戸市	63	77
16	大阪市	80	65
17	大阪市	85	76
18	奈良市	62	83
19	京都市	53	72
20	大阪市	5	61

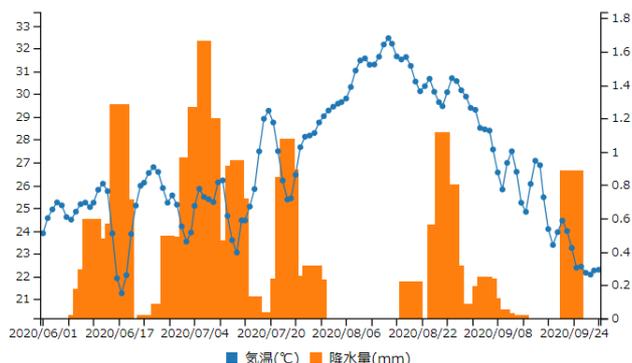


図 7 気温と降水量の関係

Fig. 7 Relationship between temperature and precipitation.

毎)を表示する。表示されたグラフの降水量を図7のように右軸で棒グラフとして表示し直せば、降水量の多い日は気温が低下するなどの関係性が理解できる。

月毎の気温のばらつきを知るには次の操作を行う。サーバから取り出したデータの create_at と気温のカラムにチェックを入れて、時系列クロス平均(行が日毎で列が月毎)を表示する。次に、分割された月のカラムを全てチェックして、箱ひげ図を表示する。図8のように8月が気温が高く変化が少なかった様子を理解することができる。

(3) サイコロによる確率の分析

サイコロを用いて確率について考察する。実際にサイコロ1個を何度も転がして、出現した目の値をフォームに直接データを入力してもらう。データが沢山集まった時点で

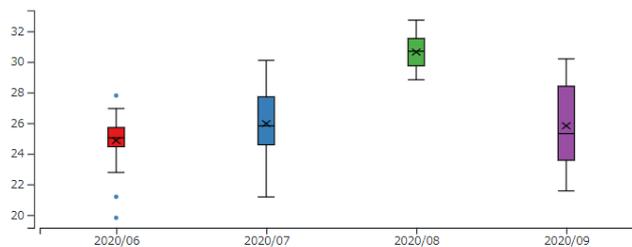


図 8 各月の気温のばらつき

Fig. 8 Fluctuations of monthly temperature.

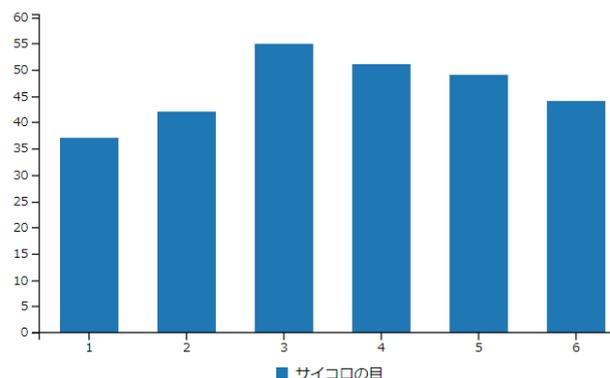


図 9 サイコロ 1 個のヒストグラム

Fig. 9 Histogram of one dice .

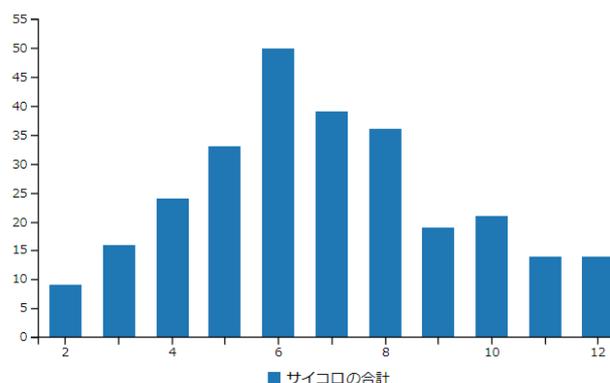


図 10 サイコロ 2 個の合計値のヒストグラム

Fig. 10 Histogram of the total value of two dice.

分析を開始する。サーバから取り出したデータのサイコロの目のカラムにチェックを入れヒストグラムで表示する。サイコロ1個の場合は図9のように、多少の誤差は出るが、どの目の回数も殆ど差が無いような形となる。

同様にサイコロを2個転がした時の合計値を、フォームに直接データを入力してもらう。サーバから取り出したサイコロの合計値のカラムをヒストグラムに表示する。サイコロ1個の実験と違い、合計値がでる確率が変化するため、図10のように、6や7の値が多く出現することがわかる。計測回数が多くなると正規分布に近い値となり、中心極限定理を知ることができる。

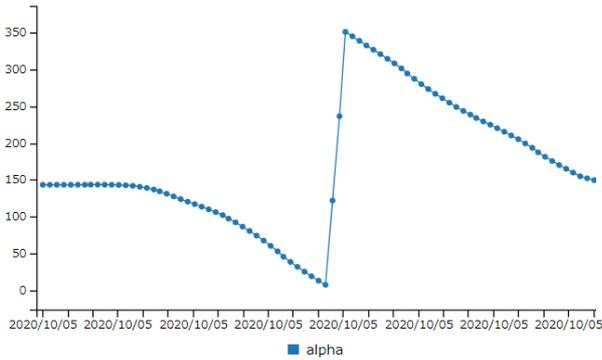


図 11 ジャイロセンサの変化
Fig. 11 Change of gyro sensor.

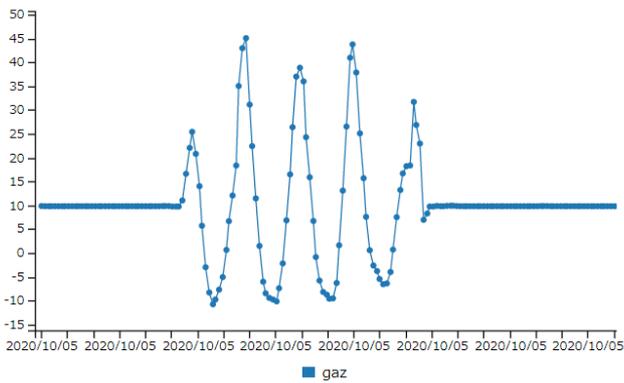


図 12 加速度センサの変化
Fig. 12 Change of accelerometer.

(4) スマートフォンの内蔵センサによる物理現象の解析

スマートフォンの内蔵センサの計測を行い、データの変化から物理現象について考察する。

スマートフォンを水平に持ちながら回転している状態をジャイロセンサで計測する。アップロードされた計測データをサーバから取り出し、create_at と alpha(水平方向角度)のカラムをチェックしてグラフを表示する。図 11 のように、時間が経過すると角度が変化していることから、回転している様子がわかる。

続いてスマートフォンを水平に持ち、縦方向に振った時の状態を加速度センサで計測する。ジャイロセンサの時と同様に、アップロードされた計測データの create_at と gaz(重力あり z 軸方向加速度)のカラムをチェックしてグラフを表示する。図 12 のように、時間が経過するとセンサの値が変化していることから、振動の様子がわかる。

GPS については、予め学校周辺を歩いたデータを用意する。マップの表示を使用して位置の特定をする。

3.2 学習の理解度評価

3.2.1 アンケートの評価

授業後にアンケートを実施した。アンケート内容は下記の通りとなり、5段階で評価してもらった。数字が大きい

表 5 アンケート結果

Table 5 Questionnaire results.

項目	5	4	3	2	1
授業の興味	33.3%	56.7%	10.0%	0.0%	0.0%
ヒストグラムの理解	16.7%	60.0%	20.0%	3.3%	0.0%
箱ひげ図の理解	23.3%	56.7%	13.3%	6.7%	0.0%

表 6 気象庁のデータ分析で理解できたこと

Table 6 Understand by data analysis of Japan Meteorological Agency.

理解できたこと	人数
8月は暑い	14
雨が多いと気温が下がる	11
時系列グラフと箱ひげ図で見方が変化する	7
7月と9月は箱ひげ図でみると似ている	1

表 7 サイコロの確率で理解できたこと

Table 7 Understand by data analysis of Dice probability.

項目	理解できたこと	人数
サイコロ 1 個	確率は一定であった	13
	3 と 4 の確率が高かった	11
サイコロ 2 個	合計値は 6 前後の確率が高かった	13
その他	色々なグラフにすると見やすい	2
	実際に実験するとわかりやすい	1
	結果の送信が選択するだけなので簡単	1

ほど肯定的な意見を持っている。

- (1) 授業内容に興味を持ちましたか
- (2) ヒストグラムを理解できましたか
- (3) 箱ひげ図を理解できましたか

表 5 に、アンケート結果を示す。殆どの生徒が授業に興味を持ってくれた。ヒストグラムや箱ひげ図の理解は、80%程の生徒が理解できているが、中にはスマートフォンのスペック不足で調子が悪かったり、授業内容が速すぎて授業についていけない生徒もいた。

3.2.2 気象庁のデータ分析の理解度

気象庁のデータの分析で理解できたことを自由記述で書いてもらった。表 6 に生徒の回答をまとめたものを示す。ここでは、8月が気温が高かったことや、気温と降水量の関係を理解できた生徒が多かった。また、単純にグラフ表示だけでなく、箱ひげ図にすることでデータの見方が変化することも理解できている生徒がいた。

3.2.3 サイコロの確率の理解度

サイコロの確率についての理解できたことを自由記述で書いてもらった。表 7 に生徒の回答をまとめたものを示す。サイコロ 1 個の場合、理論通りに確率が同じであったと答えた生徒もいる。しかし、一番出現回数に誤差があった為に 3, 4 の確率が多いと答えた生徒もいた。サイコロ 2 個の合計値は、正規分布の形に近くなり、6, 7 の確率が高かったと答えた生徒が多かった。

表 8 IoT では何が重要であるか

Table 8 What is important in the IoT.

重要だと思うこと	人数
データを読み取る能力	9
インターネット環境	8
データを視覚的に見やすくする	3
多くの情報を集める	3
皆がIoTの良さに気付くこと	3
データを新たに加工する	2
やる気・発想力	2
正確なセンサ	1

楽しかった。特にサイコロの実験。
 実際にデータを入力をしてみて興味が湧いた。
 プログラムで書いたりするのは難しそうだったが、いろんな入力方法があってわかりやすかった。
 スマートフォンでジャイロや加速度センサが調べられるのを初めて知った。
 GPSが正確すぎて怖い。
 箱ひげ図が便利だった。
 視覚的にわかるのがとてもわかりやすかった。
 データを取得して数字をみるだけで満足していたが、他人のためにわかりやすくするという大切さがわかった。

図 13 授業の感想

Fig. 13 Comments of the students

3.2.4 IoT では、何が重要であるか

授業全体を通してIoTでは、何が重要であるかを自由記述で書いてもらった。表8に生徒の回答をまとめたものを示す。今回は、データ分析を中心に授業展開を行った。そのため、データを読み取る能力が必要であると答えた生徒が多かった。他にも、データを視覚的に見やすくすることやデータを新たに加工するなどの分析に関する意見もあった。またインターネットを利用したことからインターネット環境が重要であると答えた生徒も多かった。

3.2.5 授業全体の感想

今回の授業の感想を図13に示す。Connect DBのデータ入力方法やスマホの内臓センサの利用、データをグラフに表示するだけでなく、ヒストグラムや箱ひげ図といったデータの分析が、IoT学習の理解に貢献したと感じている。

4. まとめ

本研究では、計測データをクラウド保存・分析できるIoT学習教材を提案した。Connect DBでは、IoTに必要な、センサによる計測から、データの入力・分析を全てWebサイトから行う形にして、学習者がデータ分析に集中できるようにした。

高等学校の授業で使用したところ、データ分析方法を理解した生徒が多く、学習効果が現れた。

また、Connect DBを使用した生徒のアンケートにより、

生徒は学習教材の有用性を実感していることを確認した。

参考文献

- [1] Kevin Ashton: That 'internet of things' thing, *RFiD Journal*, Vol.22, No.7, pp.97-114(2009).
- [2] 山本 朋弘, 堀田 龍也: 小学校理科でのIoT教材のセンサーを活用したプログラミング体験に関する考察, *日本科学教育学会第43回年会論文集*, pp.441-444(2019).
- [3] 川路 智治, 谷田 親彦, 竹野 英敏: 技術科におけるIoTを活用した製品モデルを設計・製作する授業の開発, *日本産業技術教育学会誌*, Vol.61, No.1, pp.17-25(2019).
- [4] 文部科学省: 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 情報編(2019).
- [5] 間辺 広樹, 大村 基将, 林 康平, 兼宗 進: 情報科教育におけるIoT学習環境の利用方法の検討, *情報教育シンポジウム2016 論文集*, pp.98-105(2016).
- [6] 覺前 友哉, 角樋 大地, 岸本 有生, 西田 隆司, 小川 勝史: 情報教育におけるIoTシステム構築実習支援用ロボット教材の開発, *情報教育シンポジウム2019 論文集*, pp.305-308(2019).
- [7] 小林 史弥, 本多 佑希, 白井 詩沙香, 兼宗 進: オンライン版ドリトルを用いたデータ分析学習環境の開発, *情報教育シンポジウム2018 論文集*, pp.112-117(2018).
- [8] 長島 和, 長 慎也, 兼宗 進, 並木 美太郎: プログラミング学習環境Bit Arrowでのセンサデータ収集と可視化ライブ러리, *情報処理学会研究報告 コンピュータと教育(CE)*, Vol.2018-CE-143, No.8, pp.1-8(2018).
- [9] 野口 孝文: IoTと教育, *教育システム情報学会誌*, Vol.37, No.2, pp.83-92(2020).
- [10] 林 康平, 西ヶ谷 浩史, 大村 基将, 兼宗 進: インターネットに計測値を送信できる計測・制御教材の提案, *情報処理学会研究報告*, Vol.2018-CE-145, No.6, pp.1-6(2018).
- [11] 気象庁: 過去の気象データ, 入手先 <<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>> (参照 2020-10-12).