

スマートフォンの内蔵センサを用いたデータ分析教材の提案

岸本 有生^{1,a)} 本多 佑希² 漆原 宏丞³ 兼宗 進³

概要：高等学校の新学習指導要領では、目的に応じた適切なデータ収集や整理、整形について理解し技能を身につけるデータ活用の分野が注目されている。実現のために ICT の活用が期待されているが、その環境はあまり整備されていない。そこで本研究では、身近なスマートフォンの内蔵センサを利用したデータ分析の授業を提案する。実際に工学部の大学 2,3 年生に対して、オンデマンドの動画配信により授業を行った。さらに、高校生に対しても、同様の授業内容が適用できるかを対面授業にて調べた。

キーワード：センサ, データ分析, 統計

A Learning System that can Analyze Measurement Data Using the Built-in Sensor of Smartphone.

1. はじめに

高等学校の新学習指導要領では、目的に応じた適切なデータ収集や整理、整形について理解し技能を身につけるデータ活用の分野が注目されている [1]。これまでに習得した知識を使いながら、説明やサンプルにないことについても情報を集め、思考・判断するような学習活動が必要である [2]。この学習活動は、文理を問わず全ての大学が初級レベルの数理・データサイエンス・AI を習得することに繋がる [3]。これらを実現するため、ICT の活用が期待されている。実際に小学校理科や中学校技術、高等学校の総合的な探求の時間に STEM/STEAM 教育 [4] を取り入れたり、IoT を題材にした授業展開が行われている [5][6]。その中でも、センサの計測を利用した授業展開は、「課題の設定」から「仮説の設定」、「データの収集」、「データの分析」、「結論」までのデータ活用の流れを学習できる。

しかしながら、学習活動を活発にするには、教育環境の整備が必要となる。例えば、データ収集用にセンサを購入

して準備しなければいけない。そして、データの分析の操作方法の説明をできるだけ簡素にすることで、学生達が思考・判断する時間を多く用意したい。

そこで、本研究ではスマートフォンの内蔵センサを使用した学習教材を提案する。提案する授業では、データの収集やデータの分析が行える Connect DB を開発して使用した。Connect DB は、スマートフォンやタブレットで Web サイトにアクセスすると、内蔵されている加速度センサ、ジャイロセンサ、GPS のデータを取得できる。さらに、取得したデータをそのままスマートフォンやタブレットからグラフとして表示できる。本稿では、Connect DB の機能について述べ、工学部の大学 2,3 年生に対してオンデマンドの動画配信にて授業を行った。さらに、高校生に対しても同様の授業内容が適用できるかを、対面授業にて調べた。その授業内容と大学生や高校生が理解したことを報告する。

2. データ計測の学習課題

センサからデータを計測し分析を行うには、表 1 にまとめられたような課題が考えられる。まず、計測機器の配布や準備である。センサを用いて物理現象を電気信号に変換するには、Raspberry PI, Arduino, mbed, micro:bit, MESH のような GPIO が用意されたマイコンボードが必要となる。授業内で使用するために、多くの計測機器を用意して学生たちに貸し出す必要がある。メンテナンスなどを考えると

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 四天王寺大学
Shitennoji University, Habikino, Osaka 583-8501, Japan

³ 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 センサを使用したデータ分析の学習における課題点

分類	課題
授業準備	計測機器の配布, メンテナンス
データの計測	計測プログラムの作成
データの可視化	グラフ表示

表 2 開発環境

機能	使用したもの
サーバ	Python + Flask
データベース	Mongo DB
グラフ表示	C3.js + D3.js
地図表示	leaflet + OpenStreetMap

教員側に手間がかかる。

次に、計測プログラムの作成である。micro:bit では、制御ブロックを組み合わせるだけで簡単にセンサの計測プログラムが作成できる。しかしその反面、学生達の実験結果が意図しないものを得たときに、プログラムのアルゴリズムのエラーによるものか、実験方法のエラーによるものかを判断するのが難しい。

最後に、近年は PC でなくスマートフォンやタブレットを使用する場合がある。スマートフォンやタブレットのタッチパネルを使って、データの可視化ができるツールが望ましい。

3. Connect DB の提案

本稿は、前節に記述した課題点を克服できるようなデータ分析ツール「Connect DB」を開発した。

3.1 開発環境

Connect DB の開発環境を表 2 に示す。Web プリケーションとして作成され、サーバ側の開発言語は Python 3.6.9、フレームワークは Flask 1.1.2 が使用されている。開発言語に Python を使用しているため、データの加工に pandas 1.1.0 が使用できる。データベースの管理には、Mongo DB 3.6.3 が使用されている。Mongo DB は、NoSQL を採用しており、Key-Value ストア型のシンプルな構造でデータベースに保存ができる。

3.2 システム構成

Connect DB のシステム構成を図 1 に示す。Connect DB は、Web サイト (<https://cdb.eplang.jp>) 上で利用できる。PC、タブレット、スマートフォンで主要である Google Chrome や Safari といった Web ブラウザ上での動作に対応している。この点では、大学や高等学校の授業だけでなく、中学校や小学校でも利用ができる。さらに User 登録を行い Connect DB にログインを行うことでクラウド上にデータが保存できる。本稿で提案している授業案は、User 登録を行わなくても利用できる。

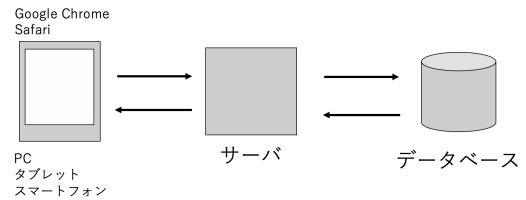


図 1 Connect DB システム構成図



図 2 センサの計測画面

3.3 センサの計測方法

センサには、学生がよく利用しているスマートフォンに内蔵されている加速度センサ、ジャイロセンサ、GPS を利用できる。Connect DB の Web サイト (<https://cdb.eplang.jp/database>) にアクセスし、図 2 のように「データ入力」の「センサ」のタブを選択し計測を行う。これにより、学生へのマイコンボードの貸し出しやメンテナンス、計測プログラムの作成をしなくても、実験が行えるようになった。

3.4 API-KEY によるデータの共有

User 登録をした利用者は、データベース上にテーブルを作成するとき、表 3 のようなアクセス権を持った API-KEY が発行される。API-KEY を使用すれば、ログインを行わなくてもクラウド上に保存されたデータを取り扱うことができる。まず、読み込み/書き込みの API-KEY を使用すれば、利用者同士のデータの共有が行える。次に、読み込み専用の API-KEY を使用すれば、サンプルデータの配布が行える。最後に、データ入力専用の API-KEY を使用すれば、不特定多数から予め用意した質問を収集できる。利用方法は、リンクから遷移した先の Web サイトの URL や QR コードを学習者に配布すればよい。

表 3 API-KEY と利用方法

API-KEY のアクセス権	使用用途
読み込み / 書き込み	データの共有
読み込み専用	サンプルデータの配布
入力フォーム専用	アンケート収集



図 3 折れ線グラフの出し方

3.5 データの可視化方法

計測データの変化量に注目したい場合、折れ線グラフで表示する。Connect DB では図 3 のように、表示に必要なデータの列にチェックを入れて「折れ線グラフ」を選択する。すると新しいタブが出現し、そこに折れ線グラフが表示される。操作をやり直したい場合は、タブを削除することもできる。

3.6 データの分析方法

Connect DB では、データの可視化に必要なグラフ表示だけでなく、記述統計の機能も揃えている。Web サイトのサンプルデータ (<https://cdb.eplang.jp/sampledashboard>) にアクセスし、「購入履歴」を選択すると、購入者の年齢として「10代」「20代」「30代」「40代」、購入したものとして「肉」「魚」「お菓子」のデータを読み込むことができる。「購入したもの」にチェックを入れ、「度数分布」を実行すると、新しいタブが出現し、図 4 のような「購入したもの」の個数を集計してくれる。また、図 5(a) のように、度数分布のグラフは棒グラフとして表示される。この場合、「肉」が「お菓子」よりも 75 個多く購入されているのがわかる。その状態から「階級値」と「購入したもの」に

階級値	購入したもの
肉	221
お菓子	146
魚	131

図 4 度数分布表

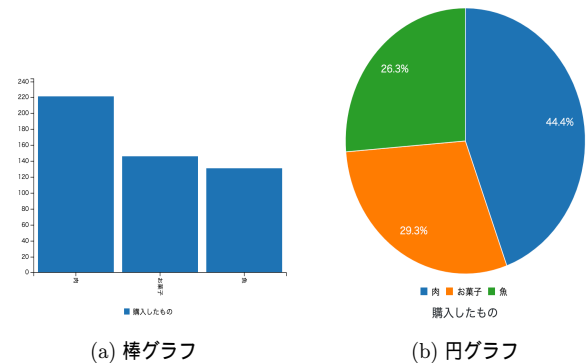


図 5 度数分布のグラフ

チェックを入れ、「円グラフ」を表示すると、図 5(b) のように円グラフとして全体の割合を知ることができる。この場合、「肉」が全体の 44% を占めていることがわかる。他にも、「年齢」と「購入したもの」にチェックを入れると、2つのカラムを掛け合わせて集計する「クロス集計」が実行できる。

3.7 データの分析機能

表 4 に、Connect DB で分析できる機能一覧を示す。質的データは、度数分布、クロス集計でデータの加工を行った後、棒グラフ、円グラフ、帯グラフ、積み上げ棒グラフで可視化して分析する。量的データは、ヒストグラムや折れ線グラフ、棒グラフ、散布図、箱ひげ図を使用して分析する。時系列データは、時間軸で平均するような加工が行える。そのため細かく収集したデータを粗くして見れる。他の機能として緯度・経度を使用して、その場所を地図として表示したり、画像データの保存ができる。

4. Connect DB を用いたセンサの計測の授業

4.1 実施した授業

スマートフォンの内蔵センサを用いたデータ計測と分析の授業を、実際に工学部の大学 2,3 年生 109 人を対象に行った。授業形態は、オンデマンドによる動画配信で、約 50 分の説明動画を視聴しながら、各自で実験を行った。理解度の確認として、その結果から考察できることを、文章にて詳しく記述してもらうことで調べた。

表 4 ツールの分析機能一覧

分類	機能	説明
表示	折れ線グラフ	グラフの変化量を調べる
	棒グラフ	グラフの大きさを比較する
	散布図	グラフの相関係数を調べる
	円グラフ	グラフの大きさを割合で調べる
	帯グラフ	各グラフの大きさを割合で比較する
	積み上げ棒グラフ	各グラフの大きさを比較する
	箱ひげ図	データのばらつきを調べる
加工	度数分布	データの個数を集計する
	ヒストグラム	データを均等な区間に別けて集計する
	クロス集計	2つのカラムをかけ合わせて集計する
	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
その他	地図	緯度と経度から地図を表示する
	画像	記録した画像を表示する



図 8 スマートフォンの持ち方

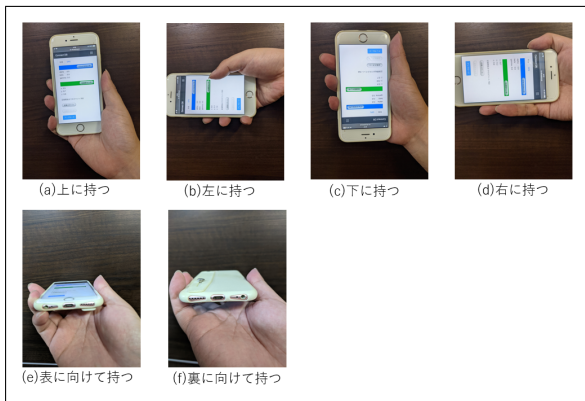


図 6 スマートフォンの持ち方

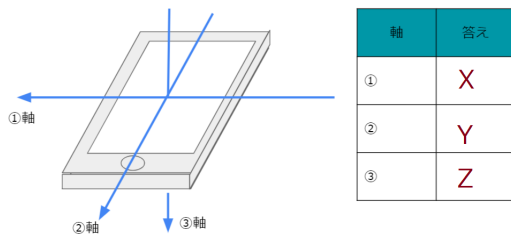


図 7 加速度センサ解答例

(1) 加速度センサの軸を調べる

スマートフォンの持ち方を図 6(a) ~ (f) のように変化させて、加速度センサの x,y,z 軸の値を読み取ってもらった。この実験では、地球の重力の方向に加速度が加わるため、読み取った結果から加速度センサの各軸を理解できる。正解は図 7 のようになる。

(2) ジャイロセンサの軸を調べる

図 8(a) のようなスマートフォンの持ち方を基本姿勢として、スマートフォンを図 8(b) ~ (g) のように回転させることにより、ジャイロセンサの alpha,beta,gamma 軸の値を読み取ってもらった。この実験では、スマートフォンが回転するため、読み取った結果からジャイロセンサの各軸

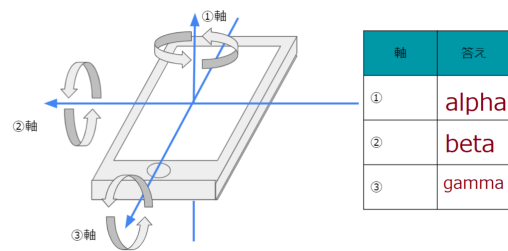
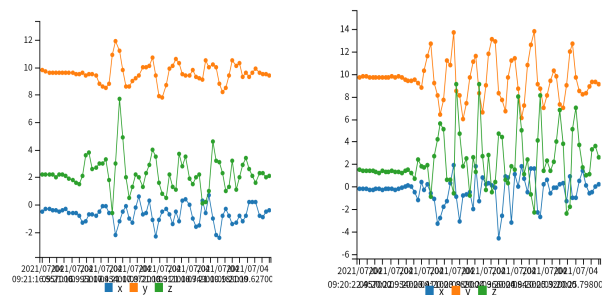


図 9 ジャイロセンサ解答例



(a) 歩いた場合 (b) 走った場合
図 10 加速度センサを用いた行動分析のグラフ

を理解できる。正解は図 9 のようになる。

(3) 加速度センサを用いた行動分析

スマートフォンの加速度センサの値から「歩く」や「走る」の動作が区別できるかの実験を行った。まず、行動を分析するためにスマートフォンを「手に持つ」「ポケットに入れる」「頭に乗せる」のどれが良いかという、計測方法の予想してもらった。次に、各自でスマートフォンを用意して、「歩く」「走る」の動作をしてもらった。動作から得られた値を、折れ線グラフとして表示することで行動の考察をし、グラフの特徴や予想通りでなかった原因について記述してもらった。手に持って行動することで図 10 のようなグラフが得られる。そこから、「走った方が大きく振動する」「走った方が速く振動する」などの記述ができる。

表 5 学習の理解度 (工学部 2,3 年生)

課題	正解人数	正解率
加速度センサの軸	79 人	72.5%
ジャイロセンサの軸	88 人	80.7%
行動分析	64 人	58.7%

表 7 学習の理解度 (高校生)

課題	正解人数	正解率
加速度センサの軸	33 人	64.7%
ジャイロセンサの軸	35 人	68.6%
加速度センサの計測	43 人	84.3%

表 6 学生たちの行動分析の記述例

歩く
波線のようになる
x,y 軸の値が上下して歩数がわかった
y 軸が大きく振れた
だいたい予想通りだったが y 軸の振幅が思ったより大きかった
走る
波線ではなく少し角ばった形になった
振動が早すぎてうまく計測できなかった
歩いた時よりも振れが大きくなっていった
歩いた時より全体的に大きな動きをしていた

4.2 学習の理解度評価

(1) 工学部 2,3 年生の理解度評価

各学習の理解度を表 5 に示す。オンデマンドによる動画配信であったが、授業内容や操作方法に関する質問はなく、スムーズに遠隔にて計測実験を行うことができた。

加速度センサの軸を調べる課題では、正解率が 72.5%であった。スマートフォンを傾けることで数値が変化するが、地球の重力の方向に加速度が加わることを理解していない学生がおり、ジャイロセンサと勘違いをしているようであった。ジャイロセンサの軸を調べる課題では、正解率が 80.7%であった。ジャイロセンサはゲームにも使用されていることもあり、理解しやすいようだった。加速度センサを使用した行動分析は、記述式であったため正解率は 58.7%であった。しかし、表 6 のように、グラフをみてその様子を詳しく考察できていることから、考え方の本質を理解できていることがわかる。

(2) 高校生の理解度評価

前節に記述した授業を、工学部のオープンキャンパスに来場した高校生 51 人に対して行った。授業形態は対面授業である。理由は、高校生は大学生よりもオンデマンドの授業に慣れていないからである。さらに、授業時間が 50 分と短いため、(1) と (2) の内容のみを体験してもらった。また加速度センサの値を正しく計測できているかを調べるために、記入用紙に計測データの記録をしてもらった。

学習の理解度を表 7 に示す。加速度センサの軸を調べる課題では正解率が 64.7%、ジャイロセンサの軸を調べる課題では正解率が 68.6%であった。どちらの課題も大学生ほどの正解率は得られなかったが、高校生でも十分に計測ができている。その理由は、加速度センサの値を正しく読み取れていた生徒の割合が 84.3% だったからである。そのことから、授業時間が短いという関係もあり、高校生は計測

結果の考察が不十分であったと考えられる。

5. まとめ

本稿では、スマートフォンの内蔵センサを用いた授業案と、課題をクリアするためのデータ分析ツールを提案した。工学部の大学 2,3 年生に対して、オンデマンドで動画配信を行ったところ、殆どの学生が Connect DB を使いこなし、得られたグラフから深い考察を行うことができた。さらに高校生に対しても、センサの値の計測ができていた。このことから高校の授業でも使用できるといえる。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 文部科学省: 主体的・対話的で深い学びの実現に向けた ICT 活用の在り方と授業事例, 入手先 <https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/06/04/1416859_03.pdf> (参照 2021-7-2).
- [3] 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム: 数理・データサイエンス・AI (リテラシーレベル) モデルカリキュラム, 入手先 <http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/pdf/model_literacy.pdf> (参照 2021-7-2).
- [4] 北澤 武, 赤堀 侃司: 教員養成における STEM/STEAM 教育の展望, 日本教育工学会論文誌, Vol.44, No.3, pp.297-304(2020).
- [5] 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).
- [6] 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).