

機械学習の構成理解を促すための AIアプリプログラミングの授業開発[†]

秋山 政樹*・花田 守**

秋田県八郎潟町立八郎潟中学校*・秋田大学教育文化学部附属中学校**

菅家 久貴***・本多 満正****

秋田県男鹿市立男鹿東中学校***・愛知教育大学****

AIやIoT等の科学技術・イノベーションの急速な進展に伴って、子どもにAIを活用したプログラミングを学ばせる政策や取組みが先進国を中心に見られる現状である。今回、筆者らは、中学生に機械学習の構成への理解から機械が学習するプロセスを学べるAIアプリ教材とAIアプリ作成のプログラミングの授業を開発した。開発教材は、マイコンボードに内蔵の加速度センサを用いてジェスチャ認識するAIであり、その動作プロセスで処理されるデータを中学生が実際に観察・記録してジェスチャの判別処理を辿ることで、機械学習の構成理解を促すことを目指すものである。本研究では、開発のAIアプリを活用し、従前の「計測・制御」と「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」の学びを統合した授業づくりを行った。

キーワード：AI（人工知能）、機械学習、ジェスチャコントロール、技術科教育、micro:bit

1. 研究の目的と先行研究

1.1 問題の背景と目的

我が国は、「超スマート社会（Society5.0）」を実現するために、人工知能（以下、AI）等の技術を活用し、次代の科学技術イノベーションを担う人材の育成を課題としている¹⁾。国のこうした人材育成への期待の高まりに同調するかのようにより、2017年に告示された中学校学習指導要領解説 技術・家庭編には、「双方向性のあるコンテンツのプログラミング」の必修化が示された²⁾。それ以降、中学校技術・

家庭科 技術分野（以下、技術科）においては、それまでのスタンドアロンのコンピュータプログラムの学習から転じて、ネットワーク上で会話データの送受信をするチャットのプログラムや、ネットワークを介したマイコンボード等のセンサ情報を閲（しきい）値として制御の分岐をさせるIoTのプログラム等、さまざまなアプローチによるプログラミング授業の研究が行われている。

このような状況下、2020年7月に閣議決定された『統合イノベーション戦略2020』には、初等中等教育段階から大学・大学院段階に至るまでのデータ・AIリテラシー等に関する教育改革や環境整備を更に推進することが示された³⁾。このことによって、今後の技術科においては、AIの特性や活用法の理解を伴わせるプログラミングが重要視されるようになると予想される。

このように、技術科におけるプログラミング教育は、社会情勢の変化と進展し続ける先端技術に追従

2021年1月7日受理

[†]Masaki AKIYAMA*, Mamoru HANADA**, Hisataka KANKE*** and Mitumasa HONDA****, AI application programming development to promote understanding of machine learning in the classroom

*Hachirogata Junior High School

**Junior High School attached to Faculty of Education and Human Studies, Akita University

***Ogahigashi Junior High School

****Aichi University of Education

しながら変遷してきた。ところが、これまでに見受けられてきた取組みの多くは、中学生にコンピュータプログラムが他のプログラムやハードウェアとの間で行うミクロなレベルのデータの転送や処理等に対する理解を伴わせないまま、ブラックボックスのマクロな現象だけをコントロールする学習をさせるに留まっているように思われる。これからの技術科教育において、AIを活用するプログラミングやAI技術の諸課題を学ばせながらイノベーション力を高めるためには、機械が大量のデータからその特徴をつかんだり、分類したり、次の予測をしたりする仕掛け（機械学習）等に対する中学生なりの理解を促した上で、AIの全体像をつかませることが必要であると考えられる。

こうした問題意識から、本研究は、中学生に機械学習のミクロな構成要素について理解させ、機械が学習するプロセスの概念形成を促すAIアプリ教材と、AIをマクロに捉えて活用するプログラミングの授業を開発し、実践によって教育効果を検証することを目的とした。

1.2 調査対象生徒のAIに対する認識

本研究の調査対象となる中学3年生の生徒42人のAIに対する認識を把握するために、質問紙法による事前調査を実施した。ここでは、その一部を述べ、詳細は後述する。

「AIは日常に普及していると思うか」との問いに対しては、25人（60%）が普及している（「思う」13人、「どちらかと言えば思う」12人）と回答し、その具体例として「スマホの音声操作や顔認証」「街で見かける人型ロボット」「音声による文字入力」等を挙げていた。これらから、中学生はAIを概ね身近なものとして捉えていることが確認できた。

「AIの内部でどのようなことをしているか想像できるか」との問いに対しては、6人（14%）が想像できる（「できる」1人、「どちらかと言えばできる」5人）と回答した。しかし、そのコメントの記述は、「プログラムの何か」「速いコンピュータで動いている」等の漠然としたものであった。他36人（86%）はできない（「できない」24人、「どちらかと言えばできない」12人）と回答し、「何か計算していると思うが何を計算しているかわからないから」「内部でどんなデータが流れているかわからないから」等の理由付けをしていた。回答の結果から、中学生は、

AI内部で取り扱われるデータの具体が見えないために、その仕掛けについて予想できにくいと考えた。そこで、筆者らは機械が対象物の学習や判別に用いるデータを目に見える形にして、機械学習の構成を理解させる授業づくりに取り組むことにした。

1.3 AIと機械学習

AIと機械学習について簡単に整理する。図1に示すように、今日のAIは、ニューラルネットワークや深層学習を包括した機械学習がその中心となっている。従って、機械学習とはAIに内包された計算システムであると言える。機械学習は、その仕組みから「教師あり学習」「教師なし学習」「強化学習」に分類される。本研究では、機械に対して事前に人間が与えたデータを学習させる「教師あり学習」を取り扱う。

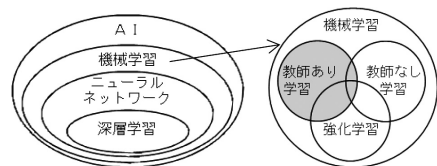


図1 AIと機械学習

（令和元年度情報通信白書等の各種公表資料より筆者作成）

1.4 先行研究の検討

管見する限り、中学生に対してAIや機械学習を学ばせる授業実践や研究事例の報告は少ない。

武田ら（2018）は、中学生にロボット教材を用いた「計測・制御」のプログラミングを学ばせた後で、表計算ソフトによる市販教材を利用して機械学習について考えさせる指導をした。そして、従来のプログラミング、機械学習、深層学習において、プログラムが判断・命令を行うための基準設定に対する人間の関与の違いを理解させたことによって、未来の生活でのAIの応用を考えさせることができた可能性が示唆されたと報告している⁴⁾。この研究は、生徒が人工知能を新しい情報技術として考えられるようにすることを目的としており、機械学習の構成とAI活用のプログラミングを学ばせることを目的としたものではない。

また、佐藤（2019）は、中学校で養うべきAIリテラシーとして、「人工知能はなんでもできるものではないことを知ること」等の10項目を挙げ、4時

限編成の授業実践を報告した。授業では、プードルとゴールデンレトリバの画像の分類を手作業で行うグループワークをさせた後、AIに学習させるデータを考えさせ、学習データの収集の可否を検討させることでAI活用の適不適等を学ばせようとした⁵⁾。この方法では、機械学習に必要なデータの特徴を学ばせることはできるが、その構成を学ばせることは難しいと考える。また、AIを活用したプログラミングの活動に発展させることも難しいと考える。

一方で在間ら(2019)は、大手IT企業が提供するAIソリューションを用いて、AIの自然言語処理を利用したチャットボットを題材にするプログラミング授業を実施した。その結果、人工知能の有用性や学習の必要性を認識する生徒が増加したと報告している⁶⁾。また、2020年3月に文部科学省が公開した『中学校技術・家庭科(技術分野)におけるプログラミング教育実践事例集』には、画像認識機能を使えるようにしたビジュアル言語Scratchを用いたプログラミング授業の実践が紹介されている⁷⁾。これらは、先の2例の研究と異なり、実際にチャットに必要な語句やカメラ画像のデータをAIに学習させてからAIアプリの開発者目線でプログラミングを学ばせようとしており、筆者らの研究と同様の発想である。しかし、授業の中で機械学習の構成理解を促そうとする指導はされていない。また、教材として用いたAIは中学生のみならず、教員にとってもブラックボックスになっていると考えられる。従って、どちらの教材と指導法でも機械学習の構成を学ばせることは難しいと思われる。

以上のように、中学生にAIを学ばせようとする先行的な取組みをいくつか見出すことができた。しかし、机上で機械学習の仕組みについての予想を基に人工知能の使い道を考えさせたり、機械学習に必要なデータ収集の方法を考えさせたり、あるいは生徒を実際の機械学習の場面に立ち合わせてはいるものの、AIの振る舞いを現象的に捉えたままのプログラミング学習に向かわせる取組みである。本研究のように、機械学習のミクロな構成要素をフォーカスしてAIの構成を学ばせようとする研究は見当たらない。

2. 開発教材の実際と研究授業

2.1 ジェスチャ認識AI開発への着想

筆者らは、AIが扱うデータを中学生がリアルタ

イムに自分の意思やアクションで自由に作り出したリ、変化させたりして、それを実際に視認できれば、AI内部で「何を計算しているか」を実感させやすいと考えた。そこで、マイコンボードに内蔵の各種センサの活用を思いついた。例えば、教育用マイコンボードのHalocodeやmicro:bitには、光センサ、温度センサ、3軸加速度センサ、地磁気センサ等が内蔵されている。これらのうち、変化に富んだ数値変化をレスポンスよく得られる3軸加速度センサ(以下、加速度センサ)に着目した。

加速度センサで加速度を測定できれば、その傾きや動き、振動を計測できる。加速度センサの原理を示すイラストを図2に示す。micro:bitの場合、図3に示すように水平に静止した状態にするとZ軸の負の方向に地球の重力加速度(9.8m/sec²)が加わり、その値を-1023と示すように設計されている。これに対して、例えばX軸のセンサ値は水平な状態で0を示す。しかし、micro:bitを右に傾けていくとX軸のセンサ値は増加し、完全に右下の状態になると+1023を示す。逆に左に傾けるにつれて値は減少し、完全に左下になると-1023を示す。このように、その姿勢や動き(ジェスチャ)は3軸のセンサ情報に反映される。

こうした加速度センサを利用したジェスチャ認識AIを開発すれば、中学生がジェスチャで変化するセンサ情報を観察しながら、その計測値変化の特徴によってジェスチャを学習・判別するAIの仕掛けについて理解していくことが容易になると考えた。

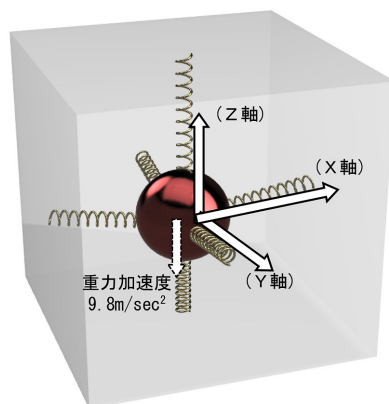


図2 3軸加速度センサの原理を示すイラスト
(CQ出版社Design Wave Magazine 2007等の各種公表資料より筆者作成)

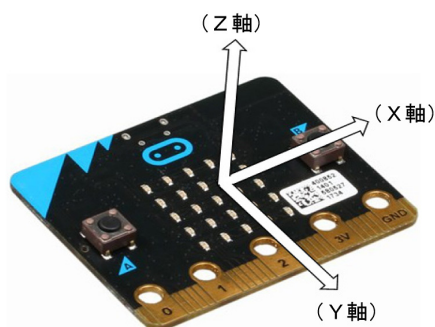


図3 micro:bitの3軸加速度センサ

2.2 ジェスチャ認識AIアプリ教材「GRA」

開発したジェスチャ認識AIアプリ教材 (Gesture Recognition AI以下, 「GRA」) について説明する。「GRA」の開発には、機械学習の実装に多用されている scikit-learn (サイキットラーン) と呼ばれる機械学習ライブラリを簡単に組み込めるプログラミング言語Python3.7を用いた。「GRA」の設計にあたっては、学校教育向けに普及しているWindowsコンピュータでも安定して動作することを必須条件とした⁸⁾。加えて、「GRA」はコンピュータへのインストール作業をしなくても起動できる実行可能ファイル形式にした。それは、学校の学習者用コンピュータには、新規アプリのインストールや各種設定の変更ができないようにする環境復元システムが導入されていることが多いためである⁹⁾。以上の実行環境の条件もあり、「GRA」の基本機能としては、学習できるジェスチャを最大5種類、ジェスチャの時間を1つのジェスチャにつき最大3秒間として、生徒がこれらに必要なに応じて設定できるようにした。「GRA」の画面の様子を図4に示す。

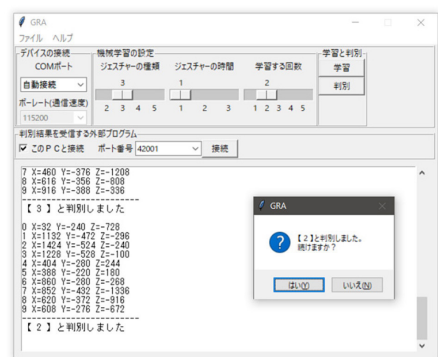


図4 「GRA」の画面の様子

2.3 「GRA」を活用した授業の構想

2.3.1 概要

「GRA」活用の授業の概要を説明する。まず、AIの計算システムである機械学習の構成を理解させる。そのために、①機械が扱うデータの具体、②機械が学習の拠り所とする特徴量、③機械が学習・判別するアルゴリズムの概念の3つについて①、②、③の順序で理解させる。その上で、他のプログラムとユニット化されるAIの全体像、すなわち機械学習の仕掛けを人間が扱い易くなるよう、他のプログラムと組み合わせて活用されていることを捉えさせていく。こうした授業では、センサのデータ計測の知識と技能を学ぶ「計測・制御」の学習と、「GRA」を他のプログラムとつないで活用することでマルチな処理が連携して実行されることを学ぶ「双方向プログラミング」の学習を統合することが必要になってくる。図5は、AIシステムの主な構成ごとの学習内容を示したものである。

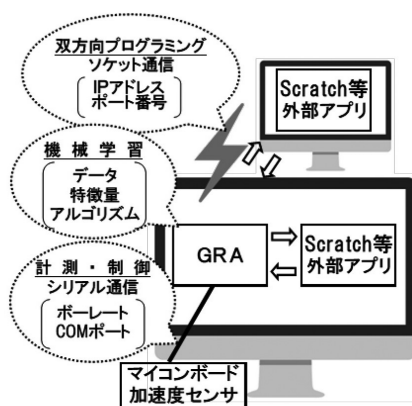


図5 学習内容のイメージ

2.3.2 「計測・制御」の学び

「GRA」はマイコンボードからUSB (Universal Serial Bus) 経由で加速度センサのデータを収集してジェスチャを認識するように設計した。具体的には、データを区切る目印の「start」という文字列とX、Y、Zの3軸のセンサ値を100ミリ秒ごとに受信して学習・判別のデータとする。図6は、micro:bitを用いた場合のマイコンボードのプログラムである。生徒には、図6のようなプログラム作成を通して、「GRA」が扱うセンサ情報の計測方法を具体的に学ばせる。ちなみに、「GRA」は多様な

マイコンボードに対応できるように、USBのCOMポート番号や通信速度（ボーレート）を変更可能にした。生徒には、USBに代表されるシリアル通信の仕組みと特徴を学ばせる。



図6 加速度センサの値を出力するプログラム

2.3.3 機械学習の学び

機械学習の構成については、次の3つのステップで理解させる。第一は、機械が収集し処理するデータの意味を理解させるために、加速度センサの計測値が傾きによって変化する様子を観察させる。第二は、加速度センサの値からジェスチャを推測できることに気付かせた上で、「GRA」が取り扱うデータを観察・記録して、機械が学習や判別の手がかりとなるデータの特徴（特徴量）を捉えていることを理解させる。第三は、「GRA」が行うジェスチャの判別処理を手作業で辿らせて、その手順（アルゴリズム）について概念的に分からせる。「GRA」には、こうした学習が円滑に進むために、収集した加速度センサのデータを画面上に表示する機能を設けた。

2.3.4 「双方向プログラミング」の学び

「GRA」は、生徒がその機能を自作のプログラムに組み込んでAIアプリ作成の学習を可能とするように、ジェスチャの判別結果を自分の手元のコンピュータ以外に、ネットワーク上の他のデバイスへも送信可能とした。この機能によって、遠隔でジェスチャコントロール等のプログラミングを学ばせる。また、こうしたプログラミングで必要となる接続先デバイスのIPアドレスやポート番号等、ソケット通信の基本的な知識も併せて学ぶ場面を設定することが可能となった。

学習に用いるプログラミング言語としては、技術

科と実社会への接続性のメリットからPython等の導入も考えられる¹⁰⁾。今回は、プログラミング言語を学ばせるより、AIアプリを作成する体験を優先させるため、どの生徒も無理なく通信プログラムが作成できるScratch 1.4（以下、Scratch）を用いた。なお、Scratch2以降のバージョンで通信プログラムを作成するためには、別途サーバを用意して環境を構築する必要が生じてくる。そのため、工事を含めて実現が容易とは言えない。

2.4 研究の方法

2020年9月下旬から12月上旬まで秋田県内のX中学校の3年生（2学級計42人）を対象に「GRA」活用の授業を実施し、教育効果を検証した。教育実践を通して得た授業の観察記録、ワークシート等の学習資料、質問紙法による事前・事後調査の変容等から学習効果を検証した。対象生徒は、2年次にScratch1.4のプログラミングを学習しており、双方向プログラミングについても一定程度理解している。また、授業は学校事情により隔週で行った。

3. 「GRA」を活用した授業実践の実際

3.1 授業プラン

「GRA」を活用した授業の指導目標は、①マイコンボードのセンサ情報を計測するための具体的な知識と技能を習得させる、②AIは、収集した情報をその特徴ごとに分類して学習や判別をしていることを理解させる、③AIの活用法を考えて遠隔制御のプログラミングに活かせるようにさせる、の3点とした。①は、AIが「何を計算しているか」をわからせるために内部で扱われるデータを観察する方法を学ばせる。具体的には、マイコンボードの加速度センサの値をシリアル通信で受信して計測するために、ターミナルソフトと「GRA」を活用して指導する。②は、①の学習内容を踏まえて「GRA」にジェスチャを学習・判別させ、機械学習の構成を手作業で辿らせながら理解させる。③は、「GRA」の機能を自分のプログラムに組み込む活動によって、ジェスチャコントロールのAIプログラミングを学ばせる。これら3点の目標を達成するために、表1に示す5時限編成の授業プランを作成した。

表1 授業プラン

時	内容	学習活動
1	計測・制御	micro:bitを使ってみよう ・micro:bitを傾けたり、ゆさぶったりした時にLEDが点灯するプログラムを作成する。
2		加速度センサの値を確認しよう ・micro:bitから加速度センサの値をUSBで送信するプログラムを作成する。 ・ターミナルソフトで加速度センサの値を観察し、micro:bit本体と3軸との関係をつかむ。
3	AIの学び	ジェスチャを数値で確認しよう ・加速度センサの値を読み取ってジェスチャを言い当てる。
4		ジェスチャを学習させてみよう ・「GRA」に円や三角形を描くジェスチャを学習させたり、判別させたりして、その仕組みについて考え合ってまとめる。
5	双方方向プログラムミ	ジェスチャコントロールのプログラムを作ろう ・Scratch1.4のMesh接続機能で判別結果を受信して動作するプログラムを作成する。 ・ジェスチャコントロールの応用について考える。

3.2 加速度センサを理解するプログラミング

1時限目は、加速度センサを活用するプログラムを作成させ、その動きを理解させることを目標とした。

はじめに、micro:bitの各部やパソコンとの接続方法等の基本を知らせた後に、サンプルプログラムを与えて、ペアでmicro:bitが傾いた方向に矢印が表示されるプログラムを試させた(図7)。どの生徒も傾きに合わせて矢印の向きが変わる様子を確認して歓声をあげていた。その後、傾けたり、揺さぶったりすると動作するプログラムをペアで考えて作成するように指示した。揺さぶると×印が表示されるプログラムを考えたペアは、「セキュリティに使いそうだ」と喜んでた。一方で、傾きによって表示が変化し、音も出るようにしようとしていたペアは、micro:bit本体だけでは音を出す機能がないことに気付いてがっかりしていた(図8)。

以上のように、自分たちで考えたプログラムを試しながら加速度センサの働きを確かめていた生徒の様子から、本時は知的関心を伴って学べる内容であったと言える。



図7 傾きで表示を変化させるサンプルプログラム



図8 生徒が作成したプログラムの例

3.3 加速度センサの計測と3軸の関係

2時限目は、加速度センサの値を計測するための知識を身に付けさせ、計測結果からmicro:bit本体と加速度センサの3軸の関係を理解させることを目標とした。

はじめにUSBのデータ転送方式であるシリアル通信の意味と基本的なしくみ、通信に必要な信号線を少なくさせる等の技術的な価値について知らせた。そして、micro:bitから加速度センサの値を出力させるプログラムをペアで作成させた(図9)。その後、ターミナルソフト『Tera Term Ver4.105』を使って、X、Y、Z軸のセンサ値を計測させ、micro:bit本体と3軸の関係を学習シートにまとめさせた(図10)。加速度センサの値を計測するターミナルソフトの画面の様子を図11に示す。

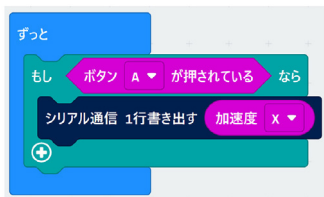


図9 加速度センサの値を出力するプログラム

■下のプログラムで micro:bit がどの向きに動かされると数値が変わるか調べてみよう。

X軸方向	Y軸方向	Z軸方向
右に傾けると数値が (増えて ・ 減って) いく	手前に傾けると数値が (増えて ・ 減って) いく	上に向いていると数値が (プラス ・ マイナス) 立てていくと数値が (増えて ・ 減って) いく
左に傾けると数値が (増えて ・ 減って) いく	向こうに傾けると数値が (増えて ・ 減って) いく	ひっくり返すと数値が (プラス ・ マイナス)

図10 3軸の関係をまとめる学習シートの一部

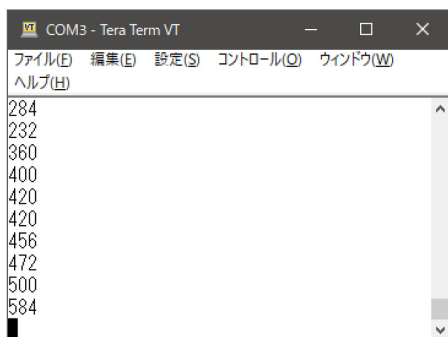


図11 加速度センサを計測した様子

授業を終えた生徒の学習シートには、シリアル通信、センサによる逐次計測への気づきを介した技術の驚きが記載されていた。具体的には、「USBはすごいスピードでデータを1つずつ送信することが分かったし、動いた向きで加速度センサのデータが変わるのがすごいと思った」「右とか左とか、動かす方向によって数字が増えたり、減ったりするのが分かった」「初めて使うアプリが難しかったが、USBで送られるデータを見ることができてうれしかった」等の記述が多く見られた。生徒の記述から、授業の目標は概ね達成されたと言える。そして1、2

時限目の授業を通して、第一の指導目標として掲げた「マイコンボードのセンサ情報を計測するための具体的な知識と技能を身に付けさせる」ことが達成できたと言える。

3.4 特徴量に気付かせるジェスチャ判別

3時限目は、特徴量の概念を捉えさせるために、加速度センサの値の変化の傾向を読み取ってジェスチャを判別する活動を設定した。具体的には、図12に示すX、Y、Z軸のそれぞれの計測データを記した学習シートと、ターミナルソフトに表示される加速度センサの値とを比較し、動き方を読み取る活動をさせた。どの生徒も学習シートに読み取った動きを記述して「数字の変わり具合で動きがわかるんだねえ」とつぶやいたり、うなずいたりしていた。その後、ペアで互いにジェスチャを言い当てる問題を出し合わせて学習を深めさせた。

授業後の生徒の学習シートには、「数字の変わり方を見れば動き方がわかると知った」「右、左、右と傾けたのを友達が見破ったのですごいと思った」等の記述が見られた。

以上のことから、加速度センサの数値変化の傾向からジェスチャを判別できることを理解させるという本時の目標を概ね達成できたと認識した。

■加速度センサの値の変化の様子をみて、micro:bitがどのような動きをしたかを想像して言い当ててみましょう。

X軸	Y軸	Z軸
-8	-96	0
-40	144	112
-104	356	256
-152	528	344
-216	728	456
-212	840	580
-364	976	696
-368	956	776
-412	988	904
-560	992	1012
-656	932	1052
-616	892	1100
-732	896	1112
-780	828	1108
-872	868	1104
-916	812	1092
50	184	-1008
-108	-896	-968
-248	-852	-896
-436	-396	-1080
-640	-124	-756
-724	104	656
-832	400	440
-844	528	168
-928	712	-156
-992	860	-420
-924	972	-568
-968	1012	-756
-956	1008	-840
-952	1028	-972
-940	1000	-928
1000	-1044	-1044

平らな状態から左に傾けられた。	平らな状態から右に傾けられた。	平らな状態から手前に傾けられた。	平らな状態から奥に傾けられた。	表から裏に傾けられた。	裏から表に傾けられた。
値が0付近からマイナスになっていったから。	値が増えているから。	値が増えているから。	値が減っているから。	値がマイナスからプラスになっているから。	値がプラスからマイナスになっているから。

図12 加速度センサの数値から読み取った動きを記入する学習シート

3.5 手作業で辿るアルゴリズム

「GRA」は、サポートベクトルマシン (SVM) と呼ばれる方法でジェスチャを判別する。これについて中学生に理解させることは難しいし、その必要もないと考える。しかし、機械がおよそどのような手順で学習や判別を行っているかを考えさせることは必要である。そこで4時限目は、「GRA」にジェスチャを学習・判別させ、その処理を手作業で辿らせて機械学習のアルゴリズムについて大まかに考えさせることを目標にした。

授業の導入段階では、「これまで3軸のデータをそれぞれ個別に観察していたが、3つ同時に観察すれば、もっと複雑な動きも読み取れるのではないかと読み取れると思う人は？」と教員が発問した。これに対して2学級とも8割程度の生徒が手を挙げたことから、3軸の値をまとめて観察すれば、やや複雑なジェスチャも判別できると考えている様子がかがえた。そこで、**図13**に示すプリント教材を与え、円と三角形、四角形のどのジェスチャを描いたものを加速度センサの値を読み取って判別する実験をさせた。どの生徒も初めのうちは意欲的に取り組んでいたが、数分間経過すると「無理だ、わからなくなってきた」「原理的にはできるはずなのに面倒すぎる」等の言葉を発しながら実験をやめてしまった。

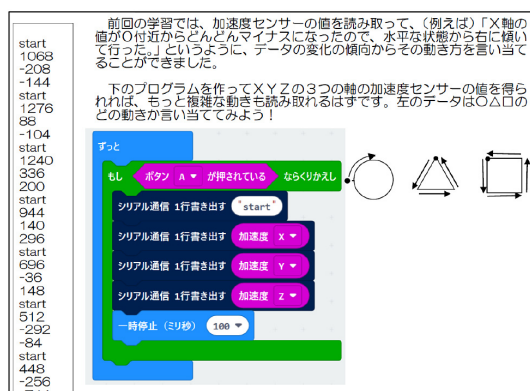


図13 実験に用いたプリント教材

その後、教員が「GRA」の操作法を説明し、円、三角形、四角形の3つのジェスチャの学習と判別をさせる様子を演示してから、生徒に「GRA」を操作させた。「GRA」がほとんど間違えることなくジェスチャを判別することに驚く生徒が多い一方で、こ

れら3つの図形のジェスチャしか判別できないのではないかと疑って、それ以外のジェスチャを試す生徒もいた。

さらに、「GRA」にジェスチャごとに表示された加速度センサの値を読み比べさせて、気付いたことを発表させた。何人かの生徒が「やっぱり面倒くさすぎて無理……わからない」等の発言をする一方で、「よく見れば、円は円なりに、何となく同じような変化をしているようだ」「似ているデータを判断していると思う」等の発言をする生徒もいた。

「GRA」がジェスチャを学習したり、判別したりするアルゴリズムについてまとめるシートには、「私は△と▽と○をやりました。学習ボタンを押すと順番に3回ずつ学習してそれぞれのデータの特徴をつかんで、判別ボタンを押すと入ってくるデータと比べて学習したのと似たものの番号を表示すると思う」「自分は面倒だからあきらめたけど、コンピュータはプログラム通りデータの特徴を読み取って、それが円とか学習して、他の図形と区別していると思う」「X軸は増えてから減ってとか、Y軸は逆とか、センサの数字の並び方で判断していると思う」「同じジェスチャを何度も試して、画面に表示されている数字を見比べると特徴が見えてくるような感じ(中略)AIはそんなのを学習すると思う」等の記述が多く見られた。

これらから、機械学習のアルゴリズムについて考えさせる本時の授業に一定の成果が認められ、第二の目標として掲げた「AIは、収集した情報をその特徴ごとに分類して学習や判別をしていることを理解させる」ことが達成できたと言える。

3.6 AIアプリプログラミング

5時限目は、ネットワークを介する通信に必要なIPアドレス等について理解させた上で、AIアプリの開発者目線でのプログラミングを体験させるために、「GRA」の機能を取り入れたプログラム作成をさせることを目標にした。

はじめに、Scratchで自分のパソコンのIPアドレスを調べさせ、その意味を確認させてから「GRA」との接続をテストするプログラムを作成させた(**図14**)。次に、「GRA」にIPアドレスを入力して他のパソコンと接続できることやポート番号等の意味を知らせた(**図15**)。このようにして、「GRA」が外部プログラムに対してメッセージを送信するソケッ

ト通信の基本を理解させた後で、判別結果を受信して動作するプログラムを考えさせた。離れた席同士でプログラムを作成した生徒は、ジェスチャで音を出すプログラムを試してから(図16)、相談しながらジェスチャでロックを解除するシミュレーションのプログラムを作成していた(図17)。

また、scratchに添付のサンプルプログラムを改造して、ジェスチャでキャラクタとボールを制御してゲームを作ろうとしたペア等、さまざまな工夫をしてプログラミングをする生徒の姿が多く見られた(図18)。

以上から、第三の目標として掲げた「AIの活用方法を考えて遠隔制御のプログラミングに活かせるようにさせる」ことが達成されたと言える。



図14 接続テストのプログラムと結果

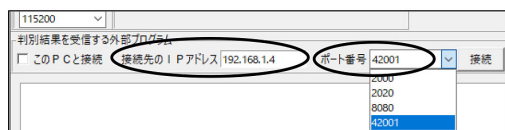


図15 IPアドレスとポート番号の設定画面



図16 ジェスチャで音を出すプログラム



図17 ロック解除のシミュレーションプログラム



図18 ジェスチャで制御するゲーム(ボールのプログラムのみ)

4. 結果と考察

前章では、授業実践を通じた生徒の観察および学習シート等の記述から、設定した3つの指導目標を達成したことを示した。ここでは、調査対象生徒42人に行った質問紙法による事前調査と事後調査の結果を中心に、授業後の生徒の「振り返りシート」の記述内容と併せて考察する。事前・事後調査の設問は、①「AIに興味はあるか」、②「AIを学ぶことは難しいと思うか」、③「AIについて学びたいか」、④「AIの内部を想像できるか」の4点である。

設問①の「AIに興味はあるか」という問いに対して、「興味がある」と回答した生徒は15人(36%)から20人(48%)に増え、「ない」と回答した生徒は7人(17%)から2人(5%)に減った(表2)。授業によってAIへの興味を引き出すことができた

表2 設問①「AIに興味はあるか」の結果

	事前	事後
ある	15人 (36%)	20人 (48%)
どちらかと言えはある	12人 (28%)	12人 (28%)
どちらかと言えはない	8人 (19%)	8人 (19%)
ない	7人 (17%)	2人 (5%)

表3 設問②「AIを学ぶことは難しいか」の結果

	事前	事後
難しい	21人 (50%)	28人 (67%)
どちらかと言えは難しい	14人 (33%)	10人 (24%)
どちらかと言えは難しいくない	5人 (12%)	4人 (9%)
難しいくない	2人 (5%)	0人 (0%)

表4 設問③「AIについて学びたいか」の結果

	事前	事後
学びたい	12人 (28%)	18人 (43%)
どちらかと言えは学びたい	13人 (31%)	12人 (29%)
どちらかと言えは学びたくない	9人 (22%)	12人 (28%)
学びたくない	8人 (19%)	0人 (0%)

表5 設問④「AIの内部を想像できるか」の結果

	事前	事後
できる	1人 (2%)	4人 (9%)
どちらかと言えはできる	5人 (12%)	20人 (48%)
どちらかと言えはできない	12人 (23%)	12人 (28%)
できない	24人 (57%)	6人 (14%)

加速度センサーで、 x 軸、 y 軸、 z 軸を用いて重力の特性を認識し、それらの座標の移動変り方を、近い動きを分類している。

図19 「GRA」の機械学習の説明文

と言える。しかし、興味がないと回答した生徒は、「特におもしろいとは思わないから」「もともとAIを学びたい訳ではないから」等の理由付けをしており、こうした生徒の興味を引き出す工夫が課題である。

設問②の「AIを学ぶことは難しいと思うか」については、「難しい」「どちらかと言えは難しい」と回答した生徒が25人(83%)から30人(91%)に増加した(表3)。その理由として、「ややこしいことがわかったから」「細かいことが多いから」「数字がたくさん出るとわからなくなったから」等が記述されていた。一方で、「どちらかと言えは難しくないと回答した生徒は、「慣れたら簡単だったから」「教えてもらったらわかるようになったから」等を記述していた。これらから、生徒にとって、細かなデータを多く観察して機械学習を学んだことが予想外に難しいものとして捉えられたと思われる。

設問③の「AIについて学びたいか」については、肯定的回答と否定的回答の割合が事前・事後ともにおよそ7:3で変わらない。しかし、「学びたい」が12人(28%)から18人(43%)に増え、「学びたくない」と回答した生徒は、8(19%)人から0人となった(表4)。「学びたい」と回答した生徒は、その理由として「学習で興味が沸いたから」「AIの中身が知れてもっと知りたいと思ったから」「もっと便利に使いこなしたいから」等を記述していた。また、「振り返りシート」には、今後作ってみたいAIとして「ジェスチャで家電や窓の光をコントロールするプログラムとか作れば障がいのある人にも便利だと思った」「画像認識AIや音程認識AIで楽譜を起こせるアプリを作ってみたい」等、AIアプリの開発者よりの立場からプログラム開発の意欲を示す記述が多数見られた。一方、「どちらかと言えは学びたくない」と回答した生徒は、「AIについて知っておく必要があるけど、数字とか苦手だから」「プログラムを考えるのが難しいから」等を理由にしていた。「振り返りシート」にも「もともとパソコンは苦手、AIは難しかったです」「プログラムを考えるのが難しく自分に向いていないと思いました」等が記述されていた。設問②と③の結果を総合すると、7割の生徒にとってAIを学ぶことは難しいが、興味の沸く内容で必要性を感じるものであったと考えられる。また、3割は数字やプログラミングに対する苦手意識から、学習する意欲や必要性に結びつかなかったと考えられる。

設問④の「AIの内部を想像できるか」については、「できる」「どちらかと言えばできる」と回答する生徒が6人(14%)から24人(57%)へと4倍に増加した(表5)。「できない」「どちらかと言えばできない」と回答した生徒の記述には、「他のAIもGRAと同じように動いているかわからないから」「だいたいわかったが、完全じゃないから」等の理由が多く見られた。ただし、こうした回答をした生徒でも、「GRA」の機械学習について説明する「振り返りシート」の欄には、機械学習の構成を捉えて説明しようとする記述が多く見られた(図19)。このことから、加速度センサを用いた「GRA」の学習によって機械学習の構成について一定程度理解させることができたことと認識した。他のAIについて派生して考えさせ、どの機械学習も概ね同様の仕掛けと手順で学習・判別していることを気付かせる機会を与えなかったことが反省点として挙げられる。

以上、機械学習の構成をフォーカスしてAI活用のプログラミングを学ばせる授業の教育効果を考察した。生徒のプログラミングに対する苦手意識の解消や学習内容に対する興味の引き出し方等には課題を残した。しかし、開発した授業によって、機械学習の構成理解を促し、AIアプリの開発者側の立場からAIの活用を考えて実践していく力を身に付けさせることに一定の効果が認められ、本研究の目的は達成されたと言える。

5. 結論

本研究では、中学生に機械学習のミクロな構成要素について理解させて機械学習の概念形成を促す教材「GRA」(ジェスチャ認識AIアプリ)及び「GRA」活用のプログラミング授業を開発した。開発した授業における生徒の活動に関する記録(話合いの様子、学習シート等への記述、作成プログラム)を検討した結果、次に示す二点の効果が見られた。

第一に、生徒にAIがジェスチャの学習や判別に用いる加速度センサの値を計測させて、データの意味、特徴量、アルゴリズムといった機械学習を構成する要素について段階的に学ばせることで機械学習に対する理解に効果があった。

第二に、今日のコンピュータネットワークの基本を理解させた上で、「GRA」を活用する遠隔ジェスチャコントロールのプログラミングをさせることが、生徒にAI技術を開発者の目線で捉えさせる効

果があった。

今後の研究課題は、初めてプログラミングに取り組む生徒が苦手意識をもたずに学べるように授業プランの工夫を図るとともに、他校での実践の試行、及び教育効果を検証することである。

謝辞

本研究は、JSPS科研費20H00877の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 第5期科学技術基本計画, 平成28年1月22日閣議決定, pp.13-27
- 2) 中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 技術・家庭編, p.7
- 3) 統合イノベーション戦略2020, 令和2年7月17日閣議決定, p.15
- 4) 武田大典, 新地辰朗: 中学校技術科「D情報の技術」における新技術としての人工知能を学ぶ学習モデル開発, 日本教育工学会 2018年度研究発表(2018)
- 5) 佐藤頌太: AIリテラシーを養う授業実践の開発-中学生が機械学習を用いた課題解決を行う授業実践を通じて-, 人文公共学府研究プロジェクト報告書第346集, 千葉大学大学院人文公共学府, pp.1-10(2019)
- 6) 在間拓幹, 山本利一, 中村茉耶: 人工知能の自然言語処理を利用したチャットボットを題材とした中学校技術科「双方向性のあるコンテンツのプログラミング」の授業実践, 日本教育情報学会 教育情報研究第35巻第3号, pp.45-53(2019)
- 7) 中学校技術・家庭科(技術分野)におけるプログラミング教育実践事例集, pp.42-47(2020)
- 8) 例えば文部科学省が示している『GIGAスクール構想の実現 標準仕様書』p.7に記載のWindows コンピュータ。
- 9) 例えばSky社のSKYMENU等。
- 10) 安本太一: 高等学校情報からの中学校技術分野のプログラミング言語の提案, 愛知教育大学研究報告. 自然科学編, pp.15-16(2019)

Summary

With the rapid progress of scientific and technological innovation in Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT), policies and efforts to teach programming using AI to children can be seen mainly in developed countries. The authors of this paper have developed teaching materials that allow junior high school students to understand the structure of machine learning and the process of learning by machines through programming lessons for creating AI applications. The developed teaching materials use gesture recognition based AI with an acceleration sensor built into the microcomputer board. This setup enables junior high school students to understand machine learning structure by observing and recording how data is processed and following how gestures are distinguished in real-time.

In this research, the authors have created a lesson that integrates 'measurement and control' and 'interactive programming using a network' by utilizing the developed AI application.

Key Words : Artificial Intelligence (AI)
Machine Learning
Gesture Control
Technology education
micro:bit

(Received January 7, 2021)