

初等中等段階における
プログラミング教育教材の研究

島袋 舞子

2021年11月24日

目次

第1章	序論	5
1.1	研究の目的と概要	5
1.2	本論文の構成	6
第2章	初等中等段階における情報教育とプログラミング教育	9
2.1	初等中等段階における情報教育の概要	9
2.2	初等中等段階におけるプログラミング教育の概要と課題	11
2.3	プログラミング教育に関する教材の先行研究と課題	19
2.4	本論文の位置づけ	25
第3章	小学校段階を対象としたプログラミング学習用ドリル教材の検討	27
3.1	はじめに	27
3.2	本研究における提案と目的	27
3.3	提案するドリル教材の設計	28
3.4	開発したドリル教材	31
3.5	公立小学校での実践と評価	35
3.6	考察	43
3.7	まとめ	43
第4章	高等学校段階におけるソートアルゴリズム学習教材の検討	45
4.1	はじめに	45
4.2	CS アンプラグドによるソートアルゴリズム学習	47
4.3	拡張現実感を利用したソートアルゴリズム学習教材の提案	48
4.4	拡張現実感を利用した学習教材の開発	49
4.5	AR 天秤による学習効果の検証	52
4.6	高等学校での実践	54
4.7	まとめ	61

第 5 章	高等学校段階における実用的なアプリ開発環境の検討	65
5.1	はじめに	65
5.2	実用的なアプリ開発を行う題材の検討	65
5.3	スマートスピーカーのアプリ開発	66
5.4	スマートスピーカーのアプリ開発支援環境	69
5.5	高等学校での実践	73
5.6	実践した結果	79
5.7	考察	83
5.8	まとめ	83
第 6 章	結論	85
付録 A	データベースと情報システムを学習する授業の提案と実践	91
A.1	はじめに	91
A.2	データベースと情報システムを学習する授業モデルと学習環境の提案 . .	91
A.3	実施した授業	95
A.4	教育実践による評価	99
A.5	まとめ	107
参考文献		109

第 1 章

序論

1.1 研究の目的と概要

近年は情報技術を軸とした技術革新による第 4 次産業革命の過渡期であり，近い将来あらゆる産業や日常生活に人工知能（AI）やビッグデータ，Internert of Things (IoT)，ロボティクス等の情報技術を取り入れた社会が到来すると考えられている [1][2]．すでにスマートフォンからインターネットを介して操作できる家電や人工知能による音声解析や自然言語処理により話しかけることで操作することができるスマートスピーカー，人工知能による画像解析により家具の位置を認識し掃除をするロボットなど，第 4 次産業革命の中心となる情報技術を取り入れた機器は日常生活で利用されはじめている．これらの機器は内蔵されたコンピュータによって計測や制御，ネットワーク通信等の処理を行い，動作している．その一方で多くのユーザーは，これらの機器をどのような仕組みで動作しているのかは意識せずに使用している．インターネットやコンピュータの仕組みを知らずに使用することは，使用する機器で何がどの程度できて，どの程度できないのかを判断することが難しいため，知らないうちにインターネットを介して個人の情報を漏洩してしまったり，上手く動作しないときに誤った設定や対処法を行ってしまうことで意図せずに自らを危険にさらしてしまう恐れがある．

文部科学省が 2019 年 12 月に公表した「教育の情報化に関する手引 [3]」では，児童・生徒が“情報モラルについて適切な判断を行うためには，日常モラルを育てることに加えて「インターネットの特性」，「心理的・身体的特性」，「機器やサービスの特徴」といった仕組みの理解が必要がある。”と述べられており，機器を動かしているコンピュータの仕組みを知ることは，自らの身を守り，機器を正しく安全に活用することに重要なことであるといえる．

日本では，文部科学省が告示する初等中等段階における教育指針を示した学習指導要領を基に小・中学校，高等学校等の学習内容が定められる．学習指導要領は，10 年に 1 回

改訂が行われ、直近の平成 29, 30, 31 年の改訂では初等中等段階で情報活用能力の 1 つとして、プログラミング教育が導入されることとなった。小学校では既存の各教科等の中でプログラミングを扱い、中学校では技術・家庭科の技術分野で扱われてきた計測・制御のプログラミングに加えて新たに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を扱うことになった。高等学校では、現行の共通教科「情報」の科目が見直され、必修科目として「情報 I」を新設して全ての生徒がプログラミングやネットワーク、データベースの基礎について学ぶこととなった。また、選択科目として「情報 II」も新設された。

しかし、小学校ではこれまでプログラミング教育はほとんど行われておらず、今回の改訂により初めてプログラミング教育を行う教員がほとんどである。多くの場合は情報教育を専門としない教員がプログラミングを教えることになるため、児童にわかりやすく指導できる教材や授業実践が求められている。また、中学校や高等学校は教科担任制であるが、中学校では「双方向性のあるコンテンツのプログラミング」を新たに扱うことになり、専門性がより高くなっている。高等学校においても、より専門性が高い内容が扱われる。また、高等学校では、現在、普通教科「情報」において情報モラルを中心に扱う「社会と情報」と情報科学やプログラミングを中心に扱う「情報の科学」を 1 科目以上選択することとなっているが、既存の 2 科目のうち「社会と情報」の履修が 8 割を占めており [4]、これまで生徒にプログラミングやネットワークの仕組みなどの科学的な内容を教える機会が少なかった教員が多いと考えられる。小学校と同様に高等学校でも、生徒にプログラミング等の情報の科学的な内容をわかりやすく教える教材や授業実践が求められる。

本論文では、授業実践を通してプログラミングに関連する内容を児童・生徒が理解するための教材と授業実践について検討する。

1.2 本論文の構成

本論文は、初等中等段階におけるプログラミング教育の現状と課題をふまえて、児童・生徒のそれぞれの段階に応じたプログラミングに関する学習教材の検討と、実践を通して提案する教材の学習効果を明らかにすることを目的とする。

第 2 章では、初等中等段階における情報教育とプログラミング教育の現状と課題について議論する。プログラミングに関する内容を学ぶための教材や実践事例と課題について記述し、それぞれの課題を解決する教材について検討する。

第 3 章では、児童・生徒がコーディングによりプログラミングを学習する際に課題となる「コード以外の事やエラー解消に夢中になったり、偶然実現した動きに満足してしまうことでプログラミングの考え方を学習できない」点に対して、コーディングから離れて考え方を学習する方法による解決策を検討した。初等中等段階におけるプログラミング教育

の学習内容の中から、プログラミングの基礎となる「基本的な制御構造とデータ構造」の学習に着目した教材として、問題を解くことでプログラミングの概念について論理的に思考する教材の開発とその効果について報告する。はじめに、開発した教材の概要について述べた後、小学生を対象に行なった実践とその結果について報告する。最後にプログラミングの概念を使用して問題を解くことで、児童がプログラミングについて論理的に思考し、プログラミングの概念を学習することが可能かを明らかにする。

第4章では、プログラミングの基本的な制御構造やデータ構造に関する知識を習得後に学習が行われるアルゴリズム学習に着目し、コーディングによるアルゴリズム学習時の課題となる「プログラムを間違えずに入力することに集中し、プログラミングの考え方を学習できない」点に対して、コーディングから離れて考え方を学習する方法による解決策を検討した。検討結果として、仮想化した天秤とおもりを教具として使用するソートアルゴリズム学習教材の開発とその効果について報告する。はじめに、既存教具と提案する教材について述べた後、情報科学を専門としない大学生と高校生を対象に行なった実践とその結果について報告する。最後に提案する教材を使用して、ソートアルゴリズムを学習することが可能かを明らかにする。

第5章では、数値計算やアルゴリズムなどを学習した後に、学んだ内容が身近な場所でのように利用されているのかを体験的に学習するために行う実用的なアプリケーション開発に着目した。学習時の課題となる「複雑で理解が難しいプログラムを入力することに集中し、考え方を学習できない」点に対して、コーディングを併用することで学習効果を高める方法による解決策を検討した。その検討結果として、スマートスピーカーで動作する専用のアプリを開発する環境の提案とその開発環境を用いた授業実践について報告する。はじめに、提案する開発環境について述べた後、開発した環境を使用して、高校生がスマートスピーカー専用のアプリを開発を行った授業実践について報告する。最後に、授業実践をふまえて、提案する開発環境を使用してプログラムを作成することで外部ライブラリの体験や Web API の仕組みについての学習が可能かを検討する。

第6章では、全体を総括し、結論を記す。

付録 A に、主論文以外の研究成果として、データベース学習教材と高等学校での授業実践を報告する。

第2章

初等中等段階における情報教育とプログラミング教育

2.1 初等中等段階における情報教育の概要

日本における情報教育は、文部科学省が告示する学習指導要領や教育の情報化に関する手引 [3] にて教育指針が示されている。平成 20 年，21 年に告示された学習指導要領 [5][6][7]（以下，旧学習指導要領）において，情報教育は「A. 情報活用の実践力」「B. 情報の科学的な理解」「C. 情報社会に参画する態度」の 3 観点からなる「情報活用能力」を育成することを目的として行われてきた。表 2.1 に情報教育の 3 観点を示す。「情報活用の実践力」としては，ICT 機器の操作やインターネットを活用した情報収集・整理・発信する能力，「情報の科学的な理解」では，プログラミングや情報科学といったコンピュータの仕組みの理解，「情報社会に参画する態度」では，情報モラル等を身につけることとしている。

平成 29，30，31 年の学習指導要領 [8][9][10]（以下，新学習指導要領）の改訂において情報活用能力の育成は，言語活動と同様に「学習の基盤となる資質・能力」と位置づけられ，より一層重視されることとなった [3]。表 2.1 の情報教育における 3 観点は，各教科と同様に「知識及び技能」「思考力，判断力，表現力等」「学びに向かう力，人間性等」の 3 つの柱に整理された。表 2.2 に整理された目標および内容を示す。

また，新学習指導要領には，情報活用能力の育成を行うための基本的な能力の 1 つとして，初等中等段階を通してプログラミング教育を充実させることが新たに明記された。表 2.3 にプログラミング教育で育む資質・能力の内容を示す。初等中等段階におけるプログラミング教育は，「プログラミング的思考」を身につけることを目的の 1 つとしている。プログラミング的思考は，“自分が意図する一連の活動を実現するために，どのような動きの組合せが必要であり，一つ一つの動きに対応した記号を，どのように組み合わせ

表 2.1 平成 20, 21 年に告示された学習指導要領における情報教育の 3 観点 [3]

A. 情報活用の実践力	課題や目的に応じて情報手段を適切に活用することを含めて、必要な情報を主体的に収集・判断・表現・処理・創造し、受け手の状況などを踏まえて発信・伝達できる能力
B. 情報の科学的な理解	情報活用の基礎となる情報手段の特性の理解と、情報を適切に扱ったり、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解
C. 情報社会に参画する態度	社会生活の中で情報や情報技術が果たしている役割や及ぼしている影響を理解し、情報モラルの必要性や情報に対する責任について考え、望ましい情報社会の創造に参画しようとする態度

表 2.2 情報活用能力で育む資質・能力 [3]

知識及び技能	情報と情報技術を活用した問題の発見・解決等の方法や、情報化の進展が社会の中で果たす役割や影響、技術に関する法・制度やマナー、個人が果たす役割や責任等について、情報の科学的な理解に裏打ちされた形で理解し、情報と情報技術を適切に活用するために必要な技能を身に付けていること。
思考力、判断力、表現力等	様々な事象を情報とその結びつきの視点から捉え、複数の情報を結びつけて新たな意見を見いだす力や問題の発見・解決等に向けて情報技術を適切かつ効果的に活用する力を身に付けていること。
学びに向かう力、人間性等	情報や情報技術を適切かつ効果的に活用して情報社会に主体的に参画し、その発展に寄与しようとする態度等を身に付けていること。

たらしいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力”と説明されており [8]、プログラミングを行う際に必要な論理的な考え方であると解釈できる。プログラミング教育に使用されるプログラミング言語や教材には指定は無く、教員が児童・生徒の実態に合わせて選択する。小学校では各教科の中でプログラミングを通して身の回りでコンピュータが活用されていることを学び、中学校では主に技術・家庭科の技術分野、高等学校では主に情報科でプログ

プログラミングの活用や情報科学について学ぶ。

表 2.3 プログラミング教育で育む資質・能力 [3]

知識及び技能	<p>(小学校) 身近な生活でコンピュータが活用されていることや、問題の解決には必要な手順があることに気付くこと。</p> <p>(中学校) 社会におけるコンピュータの役割や影響を理解するとともに、簡単なプログラムを作成できるようにすること。</p> <p>(高等学校) コンピュータの働きを科学的に理解するとともに、実際の問題解決にコンピュータを活用できるようにすること。</p>
思考力, 判断力, 表現力等	<p>発達の段階に即して、「プログラミング的思考」(自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合わせが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力)を育成すること。</p>
学びに向かう力, 人間性等	<p>発達の段階に即して、コンピュータの働きを、よりよい人生や社会づくりに生かそうとする態度を涵養すること。</p>

2.2 初等中等段階におけるプログラミング教育の概要と課題

2.2.1 小学校におけるプログラミング教育

小学校段階におけるプログラミング教育は、特定の教科を設けずに各教科等の中で行われ、プログラミングの体験を通して身近な生活にコンピュータが活用されていることを知ることや「プログラミング的思考」を身につけることを目的としている [11]。小学校の新学習指導要領 [8] では、総合的な学習の時間 (以下、総合)、5年生の算数、6年生の理科にプログラミングに関する学習活動が例示されており、5年算数と6年理科の教科書では、例示に即した単元でプログラミングが扱われている。表 2.4 に学習指導要領におけるプログラミング活動の例示を示し、表 2.5 に教科書に掲載されている活動内容とプログラ

ミング環境や基板等の使用教材を示す。5年算数では、アイコンやブロックを組み合わせてプログラムを作成する環境を使用して、画面上のキャラクターに命令し正多角形を描く活動が掲載されている。6年理科では、センサーの値を使ってLEDを制御するプログラムが扱われている場合が多く、他にはLEDの点滅や歩行者用の信号機を模したプログラム、コンピュータの画面上で明かりをつける条件をシミュレーションする例が掲載されている。

表 2.4 小学校の新学習指導要領におけるプログラミング活動の例示 [8]

5年算数	「B図形」の(1)における正多角形の作図を行う学習に関連して、正確な繰り返し作業を行う必要があり、更に一部を変えることでいろいろな正多角形を同様に考えることができる場面などで取り扱うこと。
6年理科	「A物質・エネルギー」の(4)における電気の性質や働きを利用した道具があることを捉える学習など、与えた条件に応じて動作していることを考察し、更に条件を変えることにより、動作が変化することについて考える場面で取り扱うものとする。
総合的な学習の時間	情報に関する学習を行う際には、探究的な学習に取り組むことを通して、情報を収集・整理・発信したり、情報が日常生活や社会に与える影響を考えたりするなどの学習活動が行われるようにすること。第1章総則の第3の1の(3)のイに掲げるプログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動を行う場合には、プログラミングを体験することが、探究的な学習の過程に適切に位置付くようにすること。

小学校におけるプログラミング教育は、新学習指導要領に例示された内容や教科以外でも、児童に負担の無い範囲で取り入れることが推奨されており、学習活動が表 2.6 のように分類されている。

表 2.6 の A~D は各教科や総合、特別学習等の教育課程内で実施されるもので、E~F は企業が主催するプログラミング教室等の教育課程外で実施されるものである。ここでは、教育課程内で実施される A~D 分野の事例を紹介する。A 分類は、新学習指導要領に例示された教科・単元で実施する活動が当てはまり、5年算数の「正多角形」では、コンピュータの画面上のキャラクターを操作して正三角形や正方形などを描くプログラムを作成する実践 [15] や、6年理科の「電気の利用」では、センサで取得した値に応じて LED

表 2.5 小学校 5 年算数と 6 年理科の教科書で使用されているプログラミング環境と教材

教科書 会社	5 年算数「正多角形」		6 年理科「電気の利用」	
	使用教材	活動内容	使用教材	活動内容
A 社	独自環境（ブ ロック型）	正多角形の描画	MESH[13] Studuino[14]	センサーを用いた LED の 点灯/消灯
B 社	Scratch[12]	正多角形の描画	MESH	センサーを用いた LED の 点灯/消灯
C 社	独自環境（ブ ロック型）	正多角形の描画	独自環境（アイ コン型）	LED を点滅させるプログラ ムの作成
D 社	独自環境（ブ ロック型）	正多角形の描画	Scratch Studuino	歩行者用の信号機のプログ ラムを作成
E 社	独自環境（ブ ロック型）	正多角形の描画	独自環境（アイ コン型）	明かりをつける条件をシミ ュレーション
F 社	Scratch	正多角形の描画	-	-
G 社	-	-	Studuino	センサーを用いた LED の 点灯/消灯

表 2.6 小学校段階のプログラミングに関する学習活動の分類 [11]

A	学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの
B	学習指導要領に例示されていないが、学習指導要領に示される各教科等の内容を指導する中で実施するもの
C	教育課程内で各教科等とは別に実施するもの
D	クラブ活動など、特定の児童を対象として、教育課程内で実施するもの
E	学校を会場とするが、教育課程外のもの
F	学校外でのプログラミングの学習機会

や扇風機等を制御する実践事例が行われている [16][17]。B 分類は、A 分類以外の各教科で実施する活動が当てはまる。画面上のキャラクターをプログラムで操作してお話を作る活動を通して 2 年国語における文章の書き方を学ぶ実践 [18]、センサを搭載したロボットカーをプログラムで操作する活動を通して、4 年理科における電気の働きを学ぶ実践 [19] や外国語で道案内やモノを紹介するときの表現を学ぶ実践 [20] 等の報告がある。C 分類は、総合や特別活動などの各教科以外で実施する活動が当てはまる。画面上のキャラクターを動かしたり、簡単なゲームの作成やロボットや基板を制御するといったプログラミングの体験や作品制作を目的とする実践が行われている [20][21][22]。D 分類は、特定の児童を対象として実施する活動が当てはまり、クラブ活動で行われた実践が報告されている [23][24]。

これらのプログラミングに関する学習活動には、アイコンやブロックの命令を組み合わせてプログラミングを行う環境が多く使用されている [12][25][26]。また、プログラミング的思考を育むことを目的として、人間が扮したロボットに命令してハンバーガーを作る手順を考えさせる教材 [27] や命令を模したダンボールの箱を組み合わせて、その命令のとおり身体を動かす教材 [28]、計算の筆算の手順や図形の分類分けをフローチャートで表す活動 [29] など、紙のカード等の教具を使用して、プログラミング的思考を学ぶ教材も存在する。

このように2020年度から小学校でプログラミング教育が導入されるにあたって、様々な実践や教材開発が進められてきた。多くの小学校教員は、自らがプログラムを作成したり、プログラミングを指導した経験はないため、教員研修も同時に進められてきた [30][31][32][33]。ICT機器の整備についても、現在進められている [34][35]。

着々と準備が進められ実施年度を迎えた一方で、教員は児童にプログラミングを指導する自信がなく、教科書にプログラミングの例示が掲載されている場合でも、授業では口頭での紹介やビデオや動画による紹介を行い、コンピュータによるプログラミングの体験は行わないと考える教員が一定数存在する [20]。

2.2.2 中学校におけるプログラミング教育

中学校段階におけるプログラミング教育は、技術・家庭科の技術分野（以下、技術科）で行われ、小学校段階で身につけたプログラミング的思考を土台として、双方向性のあるプログラムや計測・制御のプログラムについて学習する。

技術科は、木材加工や生物育成、エネルギー変換、情報等のものづくりに関する技術や知識を実践的・体験的な活動を通して学ぶ科目で、学習内容は「A 材料と加工の技術」「B 生物育成の技術」「C エネルギー変換の技術」「D 情報の技術」の4つの内容に分けられている。プログラミングは「D 情報の技術」で扱われる。当該科目ではこれまでにプログラムによる計測・制御や情報の科学的な内容が扱われてきたが、平成30年の学習指導要領の改訂により、新たに「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」が追加された。表 2.7 に「D 情報の技術」で扱う内容を示す。

「(2) ネットワークを利用した双方向性のあるプログラミング」では、Web ページ上に双方向性のあるコンテンツを作成したり、生徒同士がメッセージを送りあえる簡易的なチャット機能を作成するプログラミングを通して、ネットワークの仕組みや身近なシステムの仕組みについて学習する。西ヶ谷 [36] はローカルサーバーを経由してメッセージを送受信するプログラムを授業で扱った。生徒が、教育用プログラミング言語「ドリトル」 [37] を用いて、サーバーの IP アドレスを指定してメッセージを送受信するプログラムを作成、使い勝手がよくなるように自ら考えて改良することで、ネットワークの仕組みや問

表 2.7 技術・家庭科（技術分野）における情報分野の扱い [9]

D 情報の技術
(1) 生活や社会を支える情報の技術
ア 情報の表現の特性等の原理・法則と基礎的な技術の仕組み
イ 技術に込められた問題解決の工夫
(2) 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による問題解決
ア 情報通信ネットワークの構成，安全に情報を利用するための仕組み，安全・適切な制作，動作の確認，デバッグ等
イ 問題の発見と課題の設定，メディアを複合する方法などの構想と情報処理の手順の具体化，制作の過程や結果の評価，改善及び修正
(3) 計測・制御のプログラミングによる問題の解決
ア 計測・制御システムの仕組み，安全・適切な制作，動作の確認，デバッグ等
イ 問題の発見と課題の設定，計測・制御システムの構想と情報処理の手順の具体化，制作の過程や結果の評価，改善及び修正
(4) 社会の発展と情報技術
ア 生活や社会，環境との関わりを踏まえた技術の概念
イ 技術の評価，選択と管理・運用，改良と応用

題点を体験的に理解できると報告している。

「(3) 計測・制御のプログラミング」では，センサーによる計測データの取得や取得したデータを使用してアクチュエータを制御するプログラムを作成することを通して，身近な家電製品や計測・制御システムの仕組みについて学習する。題材としては，走行型ロボットが最も多く，次に電気機器が多く扱われている [38]。これらを制御するプログラムは，小学校と同様にブロック化された命令を組み合わせてプログラムを作成する環境 [14] やプログラムによる計測・制御の学習にロボットカーを制御するプログラムをフローチャートにより作成する環境 [39][40] で作成されることが多い。また，キーボードでテキストを入力してプログラムを作成する教育用プログラミング言語 [35][41] や一般的に使用される Visual Basic を使用して計測・制御を実施した事例も存在する [42]。

中学校では，以前からプログラミング教育が導入されているが，ネットワークを利用した双方向性のあるプログラムについては，新たに追加された内容であるため，指導に対する教員の不安も大きく，これらをわかりやすく学ぶことができる教材や実践が求められている [43]。

2.2.3 高等学校におけるプログラミング教育

高等学校におけるプログラミング教育は、主に情報科に新設された科目である「情報 I」と「情報 II」で行われる。現在は移行期間であり、2022年度からの完全実施に向けて準備が進められている。「情報 I」は必修科目であり、「情報 II」は選択科目となっている。それぞれの科目の学習目標と扱う内容を表 2.8 に示す。

表 2.8 共通教科情報科における情報分野の扱い [10]

<p>情報 I</p> <p>情報に関する科学的な見方・考え方を働かせ、情報技術を活用して問題の発見・解決を行う学習活動を通して、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的に活用し、情報社会に主体的に参画するための資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</p> <p>(1) 効果的なコミュニケーションの実現，コンピュータやデータの活用について理解を深め技能を習得するとともに、情報社会と人の関わりについて理解を深めるようにする。</p> <p>(2) 様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的に活用する力を養う。</p> <p>(3) 情報と情報技術を適切に活用するとともに、情報社会に主体的に参画する態度を養う。</p> <p>(1) 情報社会の問題解決</p> <p>(2) コミュニケーションと情報デザイン</p> <p>(3) コンピュータとプログラミング</p> <p>(4) 情報通信ネットワークとデータの活用</p>
<p>情報 II</p> <p>情報に関する科学的な見方・考え方を働かせ、情報技術を活用して問題の発見・解決を行う学習活動を通して、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的、創造的に活用し、情報社会に主体的に参画し、その発展に寄与するための資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</p> <p>(1) 多様なコミュニケーションの実現，情報システムや多様なデータの活用について理解を深め技能を習得するとともに、情報技術の発展と社会の変化について理解を深めるようにする。</p> <p>(2) 様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、問題の発見・解決に向けて情報と情報技術を適切かつ効果的、創造的に活用する力を養う。</p> <p>(3) 情報と情報技術を適切に活用するとともに、新たな価値の創造を目指し、情報社会に主体的に参画し、その発展に寄与する態度を養う。</p> <p>(1) 情報社会の進展と情報技術</p> <p>(2) コミュニケーションとコンテンツ</p> <p>(3) 情報とデータサイエンス</p> <p>(4) 情報システムとプログラミング</p> <p>(5) 情報と情報技術を活用した問題発見・解決の探究</p>

情報 I では「(3) コンピュータとプログラミング」にてプログラミングが扱われる。

「(3) コンピュータとプログラミング」では、数値計算やデータの探索、整列を行うアルゴリズムやプログラムのモジュール化、画像認識や音声認識等の人工知能を用いた外部ライブラリや API を扱うプログラミングやプログラミングによるシミュレーションを行う学習活動が扱われる。先行事例として、これまでにプログラムの基本構造や数値計算を行うアルゴリズム、探索、整列アルゴリズムのプログラムを作成する実践 [44] や複数の言語を用いたプログラミングの授業実践 [45] 等が報告されている。また、基板やセンサなどの外部機器を用いて、プログラムから基板の制御やセンサによる値の計測方法を学習した後、生徒がオリジナルのロボットを作成する実践 [46] も報告されている。

また、情報 I の「(4) 情報通信ネットワークとデータの活用」や情報 II の「(4) 情報システムとプログラミング」においては、プログラミング言語によるデータベースの管理や操作、サーバサイドのプログラミングが扱われる。

これまで旧学習指導要領では、「情報の科学」にてプログラミングや情報科学に関する内容が扱われてきたが、科目の履修は 2 割程度であり、教員は生徒にプログラミングやネットワークの仕組み等の科学的な内容を指導するためのノウハウが蓄積されていない可能性がある。かつ「情報 I」「情報 II」では、より高度な内容が扱われるため、文部科学省は教員研修用の資料 [47][48] を公開するなど、実施に向けての準備を進めている。また、教員への研修と同時に、教えることが容易ではないアルゴリズムや新学習指導要領で新たに追加された Web API や外部ライブラリを用いて人工知能を活用するプログラムの作成、プログラムによるデータベース操作と情報システムの仕組みについて生徒にわかりやすく理解できる教材も必要とされる。

2.2.4 初等中等段階におけるプログラミング教育の課題

ここまで初等中等の各段階で実施されるプログラミング教育の概要と実践事例等について述べてきた。プログラミング教育は、小学校から高等学校までの学校教育で段階的に実施される。小学校段階では、主に各教科におけるプログラミング活動や作品作成によるプログラミング体験を通して、基本的な制御構造に触れる。中学校段階では、小学校段階における経験を踏まえた上で、技術・家庭科（技術分野）にて基本的な制御構造とともに変数などの基本的なデータ構造を学習する。これらの内容を学習後、実用的なプログラムへの応用として、外部機器を用いた計測・制御やネットワーク通信に関するプログラムについて学ぶ。高等学校では、情報科にて主に小・中学校段階における学習を踏まえた内容を学習する。数値計算などにおけるプログラムの活用やアルゴリズム、関数や外部ライブラリの利用などが扱われる。これらの学習後には、データベース管理・操作やデータサイエンス、人工知能、人工知能などを用いた実用的なシステムや機器を活用するプログラムについて学習が行われる。

一般的にプログラミングの学習は、コーディングを通して実施される。実践事例においても、多くの場合、学習者がコンピュータでプログラムを入力・実行し、実行結果を確認して、命令と動作を結びつけることをくり返し行うことで学ぶ方法がとられている。このとき、実行結果が意図したものと異なる場合は、学習者は「プログラムのどこが間違えているのかを論理的に考え、修正を行い、結果を確かめる」ことを意図した結果になるまでくり返すことで、プログラミング的思考を育むことができる [11]。その一方で児童や生徒は、「プログラム作成時に使用するキャラクターや音の選択、作成するロボットの形状などのコード以外のことに夢中になったり、命令を組み替えることで偶然実現した動きに満足してしまう」 [49] 場合や「プログラムの動きをよく考えずに値や命令を変更することをくり返すことで、プログラムの理解が不十分でも意図した動きが実現できてしまう」といった課題が存在する [50][51]。また、アルゴリズムの学習のような複雑で長いプログラムでは、生徒はプログラムを入力することに集中してしまい、プログラムの考え方を学習できない可能性があることも指摘されている [52]。

このようにプログラムの動作に意識が向くことで、本来の目的であるプログラムの考え方を学習できない状況が、先行研究で指摘されている。プログラムの動きを考えさせるためには、「実行結果が合っていればよい」という考えから離れ、プログラムの動きについてじっくりと考えることができる教材が必要である。

2.2.5 本論文における提案

本論文では、これらの課題を解決する方法として、コーディングから離れて考え方を学習する方法とコーディングを併用することで学習効果を高める方法の、2つのアプローチによる「学習内容の本質を学ぶための学習教材」を提案し、提案した教材の有用性を明らかにする。

初等中等段階におけるプログラミング教育の学習内容の中から、プログラミングの基礎となる「基本的な制御構造やデータ構造」と、それらを理解した上で学習が行われる「アルゴリズム」、さらに応用的な「実用的なアプリケーション開発」の3つの学習内容に着目し、教材の検討を行う。基本的な制御構造やデータ構造の理解は、小・中学校段階における学習項目であり、アルゴリズムと実用的なアプリケーション開発は高等学校段階における学習項目である。これらの3つの学習内容に着目し、先行研究で指摘された課題を解決する教材を検討することで、初等中等段階の各段階における学習項目のうち、基礎的な内容と応用的な内容の両方に対応することが可能になり、各段階におけるプログラミング教育に寄与できると考えた。

2.3 プログラミング教育に関する教材の先行研究と課題

現在、初等中等段階の児童・生徒を対象としたプログラミング教育の教材の研究・開発が進められている。ここでは今回着目するプログラミングの基本概念やアルゴリズムの理解、それらを応用した実用的なアプリ開発を行うための教材に関する先行研究について述べる。

まず、プログラミングの学習に用いられる既存の教材や言語環境について述べたあと、アルゴリズムを学習するための教材について述べる。アルゴリズムは数多く存在するが、今回は高等学校で扱われる代表的なアルゴリズムの一つであるソートアルゴリズムに着目する。ソートアルゴリズムとは、データを並び替えるアルゴリズムである。次に、実用的なアプリ開発を題材とした既存の教材について述べる。題材はいくつか考えられるが、今回は児童・生徒の身近な機器として、家庭への普及が進みつつあるスマートスピーカーで動作するアプリケーション開発に着目した。スマートスピーカーは、人工知能による音声認識技術により利用者が発した音声を解析し、特定の発話に応じてスキルと呼ばれる適切なアプリケーションを起動・操作するデバイスである。アプリの開発には、高等学校における学習項目である人工知能と外部ライブラリ (Web API) を用いたプログラムを扱うことから題材として適している。

2.3.1 プログラミング学習に関する教材の先行研究と課題

児童・生徒がプログラミングを学ぶ教材や言語環境に関する研究は国内外で数多く行われている。学習者がプログラミングを体験・学習しやすい形に工夫したプログラミング言語や実行環境としては、端末の画面上にあるブロックをマウス操作で組み合わせてプログラムを作成できる環境 [12][25] や教育用プログラミング言語 [37] が存在する。これらは学習者が作りたいゲームやアニメーションの作品制作を行うことができるため、初等中等段階において多く利用されている [36][45][46][53]。また、キャラクターに命令して目的の場所まで連れて行く経路を考える教材 [54] や画面に表示されるガイドに従って、目的のプログラムを段階的に作成していく教材 [55]、特定の教科の内容に特化した教材 [56] が存在する。他にも、コンピュータを使用せずに紙やカードを使用して、プログラミングの基本的な概念を学ぶ教材も存在する [27][28]。

プログラミングを学習するための教材や言語環境は多く存在するが、プログラミングの体験や作品制作を目的として利用される場合が多く、「コンピュータやプログラムの基本的な動きや構造を理解し、それらを組み合わせて意図するプログラムを作成する」といったプログラミングの考え方を体系的に学ぶための教材は多くない。また、作品制作を目的

とする場合、学習者は「キャラクターを描いたり、効果音の選択する」といったプログラムとは別のことに夢中になってしまったり、偶然実現した動きで満足してしまうことがあり、「意図した動きをプログラミングで実現する」という本来の学びができていないことがある [49].

作品制作を目的としない場合でも、「プログラムの動きをよく考えずに値や命令を変更することをくり返すことで、プログラムの理解が不十分でも意図した動きが実現できてしまう」といった課題が存在する [50]. プログラムの動きを考えさせるためには、「実行結果があっただけでよい」という考えから離れ、プログラムの動きについてじっくりと考えることができる教材が必要である.

プログラムの動きや流れについてじっくり考えさせる方法の一つとして、機器を使わずに紙やカードなどの教具を利用してプログラミングの概念を学ぶことが考えられるが、プログラミングの考え方が体系化されている教材は多くない. これらのことから、児童・生徒が体系的かつ段階的にプログラミングの考え方をじっくり考えて学ぶことができる教材が必要といえる.

2.3.2 アルゴリズム学習教材の先行研究と課題

プログラムには、昔から研究されてきた定石のように決まった手順が存在する. それらはアルゴリズムとよばれ、プログラムを作成する際に重要な役割を果たしている. アルゴリズムを理解することは、コンピュータの仕組みを理解するうえで重要であるが、必ずしも容易ではない. ここでは、アルゴリズムを学習するための教材に関する先行研究とその先行研究の課題について述べる. アルゴリズムには様々な種類があるが、本論文では、高等学校の教科書等で扱われている代表的なアルゴリズムの一つであるソートアルゴリズムを扱う教材に着目する.

現在、高等学校で使用される「情報の科学」の教科書 [57][58][59][60][61] では、アルゴリズムは文章や図を用いて説明されている. 教科書 [58] の 90 ページに記述された説明の一部を図 2.1 に示す. 取り扱うアルゴリズムは教科書によって異なるが、サーチアルゴリズム、ソートアルゴリズムを取り上げる場合が多い. 高等学校で使用される教科書は、生徒にとってわかりやすい文章や図を使用するなどの工夫が行われているが、アルゴリズムはコンピュータによるデータの動きを示すものであり、文字や図を見ただけでは動きを理解することは難しい.

図 2.1 で説明されているソート法 (バブルソート) をプログラムにすると、図 2.2 のように書くことができる. アルゴリズム学習では、コーディングと図や文章による説明を併用して学習が行われることが多い. その一方で、プログラムには配列や for の二重ループや入れ子構造、変数値の入れ替えなどの要素を含み、複雑になることから、基本的な制



図 2.1 教科書のアルゴリズムの説明例 [58]

御構造やデータ構造を学習していてもプログラムを理解することは容易ではない。また、このように長く複雑なプログラムは入力することに集中してしまい、アルゴリズムの学習ができない可能性がある。

実行したアルゴリズムのデータの動きをアニメーションや動画によって可視化した教材が存在する [62][63][64]。図 2.3 に Wikipedia の例を示す [65]。アルゴリズムの動きをアニメーションや動画で見ることによって、データの動きをイメージすることができる。一方で、目で見てデータの動きを知ることができるが、自らデータを並び替える学習は行えない。

数字やアルファベットが書かれたカードを使用した実習を通してアルゴリズムを学ぶ方法も存在する [66][67]。カードをデータにみたて決められた手順どおり並び替えることでアルゴリズムを理解し、自ら並び替える力がつく。その一方で、人間はコンピュータで用いられるアルゴリズムの手順を使わずに並び替えることが可能であるため、一定の規則を繰り返し適応するといったコンピュータの処理の特徴を学ぶことは難しい。

情報の科学的な部分を効果的に学ぶことができる教育手法として、コンピュータサイエンスアンプラグド（以下、CS アンプラグド） [68][69][70] がある。カードなどの教具を用いた体験的な活動を通じて、情報科学に関する様々な概念を学ぶことができる。CS アンプラグドの特徴として、以下の点があげられる [71]。

```

#include <stdio.h>
int main(void){
    int a[] = {24, 17, 16, 18};
    int i, j, t;
    for(i = 0; i < 3; i++){
        for(j = 3; j >= i+1; j--){
            if(a[j-1] > a[j]){
                t = a[j-1];
                a[j-1] = a[j];
                a[j] = t;
            }
        }
    }
    return 0;
}

```

図 2.2 C 言語によるバブルソートのプログラム例



図 2.3 ソートアルゴリズムの可視化の例 (Wikipedia) [65]

- 試行錯誤できる
- 具体物を扱う
- 場所を選ばない
- 教具の準備が容易である
- ゲームや活動を通して学ぶことができる

これまでも小学校から大学までのいろいろな校種の授業で使われ、その学習効果が確認されてきた [71][72][73][74].

CS アンプラグドの学習法の一つに、天秤とおもりを教具に用いた「ソートアルゴリズム学習」がある。これは「コンピュータは同時に2つのデータしか大小比較できない」という制約を天秤で作り、コンピュータ内部で行われているデータの動きをデータに見立てたおもりの重さの比較動作を繰り返すことで、ソートアルゴリズムを体験する学習である。学習者は、自らの手で教具を動かし、試行錯誤を繰り返しながら、「どのような手順で比較するおもりを選んでいけば良いか」を意識する事で、自分でソートアルゴリズムを見つけ出すなど、基本的なソートアルゴリズムを理解する学習が可能になる。学習の様子を図 2.4 に示す。学習者は決められた手順で中央にある天秤の左右に1つずつおもり乗せ、大小比較を繰り返す。横の表示はおもりを比較した回数である。比較回数を数え、他のアルゴリズムの比較回数と比べることで、アルゴリズムによって性能が異なることを学ぶことができる。

このような体験を通して学ぶ工夫により、CS アンプラグドでは選択ソートやクイックソートのような高等学校や大学で学習する各種のソートアルゴリズムを8歳程度の小学生から理解することを可能にしている。



図 2.4 CS アンプラグドによるソートアルゴリズムの学習 [69]

その一方で CS アンプラグドは、学校の授業用に開発された学習法ではないため、学校の授業で使う場合は、授業環境や学習者の特性に配慮した工夫が必要である。CS アンプラグドのソートアルゴリズム学習を学校の授業で使用する場合、次のような課題が存在する。

- (1) 学習者は手順を実行することに集中するため、作業と同時に比較回数を数えること

が難しい

- (2) 学習者は、手にとったおもりの重さで天秤を使わずに並べてしまう場合がある
- (3) 天秤に加え、一つずつ重さの違うおもりなど、教員は教具の準備に手間がかかる

上記の3つの課題を解決するには、コンピュータ上で動作する天秤教具 [75] を開発することが1つの案として考えられるが、CS アンプラグドの良さである「学習場所を選ばない」「具体物を使った活動」という点が薄れてしまう。生徒がデータの動きをわかりやすく理解できるようになるには、CS アンプラグドの良さである場所を選ばずに具体物を使った実習の実現と生徒の学習に関する課題を解決できる教材が必要となる。

2.3.3 スマートスピーカー用アプリ開発の先行研究と課題

中学校、高等学校では、事前に学習済みのプログラミングの基本概念を応用した実用的なシステムやアプリ開発が学習内容に含まれる。初等中等段階にプログラミング教育が導入された経緯の1つとして、人工知能を活用したデバイスの普及があげられる。小学校ではプログラミングの体験を通して、人工知能が生活で活用されていることに気づくことが期待されており、中学校では人工知能を活用して生活や社会での課題を解決する学習活動が求められている。高等学校では、人工知能を扱う外部ライブラリや Web API を適切に活用することで、問題解決につながる実用的なプログラミングを体験することを求めている。

本論文では人工知能を活用したデバイスの1つとして、現在普及しつつあるスマートスピーカーに着目した。スマートスピーカーで動作するアプリは、対話により日本語の受身形や擬音語を学んだり [76][77]、算数の文章問題の学習を支援する [78] など、様々な学習の場面で活用されている。

また、自作したスマートスピーカーで動作する英語翻訳などの Q&A アプリを Python と Julius で作成した高等専門学校の授業実践 [79] や、視覚障害を持つ大学生に対して JavaScript(Node.js) によるスマートスピーカーのアプリケーション開発をプログラミング学習の一部として取り入れた授業実践 [80] といったように、アプリの開発を通してプログラミングの学習を行った実践も報告されている。これらの実践はプログラミングを専門とした大学生や高専生を対象としており、スマートスピーカーの開発元が提供するソフトウェア開発キット（以下、SDK）等を用いて開発が行われている。しかし、SDK を用いた開発は難易度が高く、プログラミングを専門としない児童・生徒が授業で扱うことは難しい。

専門的なプログラミングの知識を必要としない開発環境の研究も進められている。スプレッドシートに対話を定義することでアプリを開発する環境 [81] や、用意されたアプ

りのテンプレートを埋めていく形の開発環境 [82][83], 複数の状態に対して音声などの入力を表す線で結ぶことで遷移を記述する環境 [84][85][86] などが存在する. BotTalk[87] は, 構造化データを表す YAML をベースにしたマークアップ言語であり, データのやり取りを記述することでアプリを開発する. プログラミングの知識は必ずしも必要ないが, XML や JSON のように構造化されたテキスト形式で動作を記述する必要がある, 事前の学習が必要になる. これらの開発環境はアプリの開発だけを考えると便利だが, プログラミングの知識が求められないことから, プログラムを活用したアプリ開発の学習には必ずしも適していないと考えられる.

スマートスピーカーのアプリ開発をプログラミングの学習として授業に取り入れるためには, 児童・生徒がプログラムを理解し, 記述することができるプログラミング開発環境が必要となる.

2.4 本論文の位置づけ

本章では初等中等段階におけるプログラミング教育の概要について述べた. 第4次産業革命による社会情勢の変化等の経緯からプログラミング教育が導入され, 小学校から高等学校までの学校教育で段階的に学習が行われることになった. 小・中学校段階では, 主に基本的な制御構造やデータ構造を学習する. それらの学習を踏まえた上で, 中学校・高等学校段階では, アルゴリズムや実用的なアプリケーション開発について学習する. これらの多くは, コーディングを通して学習が行われるが, プログラム作成時にプログラムの動作に意識が向くことで, 本来の目的であるプログラムの考え方を学習できないといった課題が先行研究により指摘されている.

本論文では, 学習内容の本質を学習する教材の実現のために, 初等中等段階におけるプログラミング教育の学習内容の中から, プログラミングの基礎となる「基本的な制御構造やデータ構造」と, それらを理解した上で学習が行われる「アルゴリズム」, さらに応用的な「実用的なアプリケーション開発」の3つの学習内容に関する課題を扱う. 次章以降では, これらの3つの課題を解決する学習教材の検討と, 実践を通じた学習効果の検証について議論する.

第3章

小学校段階を対象としたプログラミング学習用ドリル教材の検討

3.1 はじめに

本章では、児童・生徒がコーディングによりプログラミングの考え方や制御構造、データ構造を学習する際に課題となる「コード以外の事やエラーを解消することに夢中になったり、偶然実現した動きに満足してしまうことで、プログラムの考え方を学習できない」点を解決する教材の検討を行う。提案教材による学習効果を教育実践を通して明らかにする。

3.2 本研究における提案と目的

初等中等段階におけるプログラミング教育は、「プログラミング的思考」を身につけることを1つの目的としている。プログラミング的思考とは“自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組み合わせが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組み合わせをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力”と定義されている [3]。このことから、プログラミング的思考はプログラミングの考え方であり、以下の要素が含まれている。

- (1) コンピュータ（プログラム）の基本的な動きを理解する
- (2) 動きをコンピュータがわかる形まで分解する
- (3) 動きに対応した命令を組み合わせる
- (4) （上手くいかない場合は）論理的に考え、デバッグする

初等中等段階の児童・生徒は、プログラミング的思考を主にコンピュータ上でプログラムを作成することを通して身につける。特に小学校段階では、興味や関心を持たせやすいことからゲームやアニメーション、基板とセンサを用いた作品制作等を題材にしている場合が多いが、児童はプログラムとは別のことに夢中になったり、偶然実現した動きに満足してしまうことがある。また、じっくり考えずに命令を変更するなどの試行をくり返すことで、プログラムの理解が不十分でも意図した動きが実現してしまう場合があり、本来行いたい学びができていないことがある。プログラムについて考えさせるためには、「実行結果が合っていればよい」という考えから離れ、プログラムの動きについてじっくりと考えることができる教材が必要と考えた。

そこで、プログラミング的思考の要素の1つである(1)コンピュータ(プログラム)の基本的な動きを理解させることを目的とし、コンピュータの基本的な動きを理解させる過程でプログラミングの考え方を思考するためのドリル教材を提案する。ドリル教材を使うことで、問題を解くことを通して体系的かつ段階的にプログラミングの考え方を学ぶことができる。

本研究では、小学校低学年の児童を対象に実践を行い、ドリル教材の問題に取り組むことで児童がプログラミングの基本的な考え方を身につけ、プログラミングへの興味・関心を高めることができることを検証する。ドリルの問題に取り組むことで、基本的なプログラムの動きや構造の概念を考えるとともに、問題を解くために必要な動きを分解したり、その動きに対応した命令(記号)の組み合わせを思考させることができる。また、プログラムの動きについて思考することが難しい低学年の児童がドリル教材でプログラミングの考え方を身につけ、興味・関心も高めることが可能ならば、中・高学年でも同様の効果が期待できる。

3.3 提案するドリル教材の設計

3.3.1 ドリル教材の作成方針

小学校段階の6年間で表 2.3 に示した資質・能力を育むためには、低学年から発達段階に応じたプログラミング教育を行う必要がある。プログラムの動きについてじっくりと考えることができる教材の1つとして、国際情報科学コンテスト「ビーバーチャレンジ」の問題に着目した[88]。ビーバーチャレンジは世界54カ国の児童・生徒が参加する情報科学やプログラミングの考え方を扱う問題を解くコンテストである。コンテストで出題される問題は知識を問うものではない。問題が1つの物語になっており、物語中の課題を情報科学やプログラミングの考え方を利用して解く問題となっている。子どもたちは問題を解く過程を通して、情報科学やプログラミングの考え方を学ぶことができる。しかし、コン

テストに出題する問題であるため、段階的に難易度が上がっていくような学習内容になっていない。

そこで、ビーバーチャレンジで出題される問題の「親しみやすい問題を解く過程を通してプログラミングの考え方を学ぶ」ことを継承し、段階に応じた問題を作問する。作問した問題をドリル形式にまとめることで、児童が体系的かつ段階的にプログラミングの考え方を思考し、学ぶことができると考えた。

ドリル教材はコンピュータによるプログラミングの体験や作品制作の取り組みと併用することで効果的にプログラムの動きを思考させることができると考える。低学年ではドリル教材による学習と並行して操作方法の学習を行い、機器の操作に慣れてきたところでコンピュータによるプログラミングの体験も行うといった展開が考えられる。

3.3.2 体系的なカリキュラムの検討

小学校におけるプログラミング教育では、どの学年のどの科目で、どの内容を学ぶといったカリキュラムは各小学校に委ねられており、学年別の学習内容は定められていない。そのためドリル教材で扱う内容は複数の体系的なカリキュラム案から検討した。

新学習指導要領における例示では、5年生で反復処理、6年生で分岐処理ならびに反復処理と分岐処理の組み合わせを教科の中で扱う。ベネッセなどの企業が検討した評価規準 [89] の中では、1, 2年生で順次処理, 3, 4年生で反復処理, 5, 6年生で分岐処理を知識・技能として身につけることを提案している。また、実践研究をふまえて作成された文部科学省の情報活用能力の体系表例 [90] では、1, 2年生で順次処理, 3, 4年生で反復処理や分岐処理, 変数を扱い, 5, 6年生でアルゴリズムの改良やフローチャートによる手順の表現が扱われている。また、情報教育の研究者による久野らの提案 [91] は、1, 2年生で順次処理, 3, 4年生で分岐処理, 5, 6年生で反復処理, 反復処理と分岐処理を組み合わせた手順を段階的に学ばせることを提案している。いずれの提案も1~6年生を3つの学年区分にわけており、それぞれの学年区分ごとにプログラムの基本的な動きである順次処理, 反復処理, 分岐処理を学ぶものになっている。

このことから、ドリル教材では、1, 2年生, 3, 4年生, 5, 6年生の3つの学年区分にわけ、それぞれの学年区分において表 3.1 の内容を扱うことにした。新学習指導要領の例示では5年生で反復処理, 6年生で反復処理と分岐処理を組み合わせたプログラムを教科の中で扱うことから、それまでに基本的なプログラムの動きを理解しておく必要があると考え、それぞれの学年区分で順次処理, 反復処理, 分岐処理を扱うことにした。変数や配列といったデータ構造や関数定義などもプログラムを作成する上で重要な概念であることから扱うことにした。また、「情報活用能力」を構成する資質・能力 [3] では、プログラミングの他に情報の科学的な理解の育成について触れられていることから、情報科学に関

する内容についても扱うことにした。

表 3.1 各学年区分で扱う内容

学習項目	1, 2 年生	3, 4 年生	5, 6 年生
順次処理	○	○	○
反復処理	○	○	○
分岐処理	○	○	○
変数	○	○	○
配列	-	-	○
関数定義	-	○	○
情報科学	○	○	○
アルゴリズム	○	○	○
データ活用	-	-	○
振る舞い図など	-	-	○

3.3.3 プログラミングを理解するための問題の検討

各学習項目に応じた問題を作成する際の留意点を検討する。Papert[92] は既存の知識に関連付けて新しい知識を学び、主体的に利用することで新しい知識を身につけられると考え、子どもたちが既存の知識から新しい知識を自ら構築する環境を Logo 言語により実現した。ドリル教材では、児童の身近なものを題材にした問題をプログラミングの考え方を利用し解決することで児童が既存の知識からプログラミングの考え方を自ら学ぶ環境を実現する。

問題は、以下の点に留意して作成する。

- (1) 児童に親しみやすく身近なものを題材にする。
- (2) プログラムの記述方法を問うものではなく、学習項目の考え方について問うものにする。
- (3) プログラミングを体験したことがなくても思考することで解くことができるようにする。
- (4) 出題する学年区分に応じた難易度にする。

(1) は児童がプログラムの動きをイメージしやすくするためである。また、動きがわかりにくい場合には実物で試行することができるといった利点がある。具体物で考え方が身についたところで、少し抽象度の高い流れ図の問題に進むといったように段階的に抽象度をあげていくことで児童のつまずきが少なくなるようにする。(2) と (3) はビーバーチャレンジで出題される問題と同様にプログラミングの考え方を利用して解く問題にし、問題

の解き方を考えることでプログラミングの考え方を身につけるためである。(4)は発達段階によって児童が理解できる内容が異なるためである。ピアジェ理論によると、小学校低学年にあたる6から7歳で数を数えることと具体物を使った思考が可能となり、7から8歳で量・長さの理解とともに具体物による推論が可能になる。また、中学年にあたる9から10歳では重さの理解とともに具体物や経験に基づく思考が可能になり、高学年にあたる11歳からは論理的思考が可能になるといわれている [93][94]。これらの発達段階を踏まえた上で問題を作成した。

3.4 開発したドリル教材

ここでは開発した3冊のドリル教材の概要について述べる。それぞれのドリル教材で扱った内容のページ数を表 3.2 に示す。

表 3.2 各学年区分で扱う内容のページ数

学習項目	1, 2 年生	3, 4 年生	5, 6 年生
順次処理	14	8	8
反復処理	12	8	4
分岐処理	20	16	10
変数	6	6	10
配列	-	-	6
関数定義	-	4	6
情報科学	12	8	4
アルゴリズム	2	16	12
データ活用	-	-	4
振る舞い図など	-	-	4

ドリル教材に収録した問題の1ページあたりの問題数は2~6問程度である。小学校では算数や国語など他の教科でもドリル教材が多く利用されており、児童は取り組む習慣が身につけているため比較的容易に導入可能である。

3.4.1 1, 2 年生を対象にしたドリル教材

1, 2 年生ではプログラムの基本的な動きを理解することを目的とした。順次処理や反復処理、分岐処理といった基本的な制御構造を中心に扱う。変数は1つだけ言葉を覚えるロボットを題材にすることで初期値の代入、変数値の参照、変数値の上書きを学べるようにした。情報科学とアルゴリズムでは、コンピュータの画像の表現方法と論理積、値の入れ替えについて身近なものを題材に学べるようにした。

問題は文章の量を最低限にし、挿絵や図を多めにすることで視覚的にわかりやすくした。解答はなるべく絵や図示された選択肢から正答を選べるようにした。1, 2年生向けのドリル [95] に収録した順次処理を扱う問題例を図 3.1 に示す。この問題は、ドリル教材の5ページ目に収録された問題である。図 3.1 は、「4種類のつみきを1つずつ積んでいく」というルールに従って完成例と同じようにつみきを積んで家を作るためには、どの手順でつみきを積んでいけばよいかを記号で答える問題である。問題という環境の中で、つみきを積むという既存の知識に関連付けて、記号で表した「順序が正しいと意図した結果になる」、「順序が違くと違う結果になる」といった順次処理の概念を思考することで自ら発見し、実感できる。そして、その知識を利用し、類似問題を解くことで順次処理の概念を身につけることができる。また、積み木を題材にすることで、実物を用意して、実際に手を動かして考えることも可能にした。

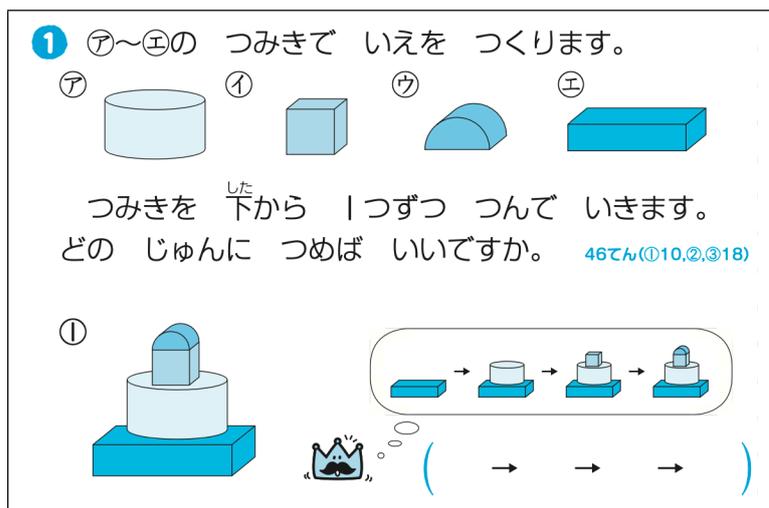


図 3.1 順次処理の概念を扱う問題 ([95] より一部抜粋)

次に反復処理を扱う問題例を図 3.2 に示す。この問題は、ドリル教材の22ページ目に収録された問題で、順次処理の内容を一通り学習した後に取り組む。図 3.2 はメモの通りに花を並べると、どのような順で花が並ぶかを問う問題である。児童は問題に取り組むことで、「花を置く動きのまとまりを指定された回数だけ繰り返すと意図した結果になる」、「繰り返す動きのまとまりの範囲が異なったり、繰り返す回数を間違えると違う結果になる」といった反復処理の概念を自ら発見することができる。そして、その知識を利用し、類似問題を解くことで反復処理の概念を身につけられる。

図 3.3 は、反復処理の流れ図を扱う問題例である。図 3.2 のような問題にいくつか取り組み、ある程度概念を理解している前提で出題される。図 3.3 は流れ図のとおり花を並べると、どのような順で花が並ぶかを問う問題である。流れ図を初めて扱う問題であるため、ページの上で左の流れ図を実行すると、右のような順序で花が置かれることを説

明している。この説明により、考え方がわからない場合でも自ら気づくようにしている。また、問題を間違えてしまった場合、誤った部分に気づくことができる。児童はページ下部の問題に取り組むことで、反復処理の概念を自ら発見し、学ぶことができる。問題で使用する題材を反復処理の概念を学習するときの題材と合わせることで、具体物から抽象度の高いフローチャートへと円滑に移行できるように工夫した。

② メモに かけられた じゅんばんで ^{ひだり}左から ^{はな}花を
ならべます。



2かい くりかえすと
どんな じゅんばんに
なりますか。 20てん

ア 

イ 

ウ  ()

図 3.2 反復処理の概念を扱う問題 ([95] より一部抜粋)

3.4.2 3, 4 年生を対象にしたドリル教材

3, 4 年生でも 1, 2 年生と同様にプログラムの基本的な動きを理解することを目的とした。変数は 1, 2 年生のドリルの内容に加えて変数値を利用した計算を扱う。3, 4 年生から新たに関数定義について扱う。タートルグラフィックスを題材に関数の利用と定義を学べるようにした。情報科学とアルゴリズムでは、2 進法や論理積、探索や整列について身近なものを題材に学べるようにした。

問題は文字で説明できる内容については文章で説明し、必要に応じて挿絵や図を使用することで視覚的にわかりやすくした。

3, 4 年生向けのドリル [96] に収録した分岐処理を扱う問題例を図 3.4 に示す。この問題は、ドリル教材の 29 ページ目に収録された問題である。事前に基本的な制御構造とそのフローチャートを一通り学習している前提で出題される。図 3.4 では、クッキーを流れ図の通りに入れる時、問題の図のようなクッキーはどの袋に入れるかを問う。児童は問題に取り組むことで、分岐の入れ子構造について学ぶことができる。コーディングで学習する場合はプログラムの流れが複雑になり、かつ目に見えないために理解が難しくなる場合があるが、フローチャートにすることで、複雑な処理を指でたどりながら思考できるように工夫した。

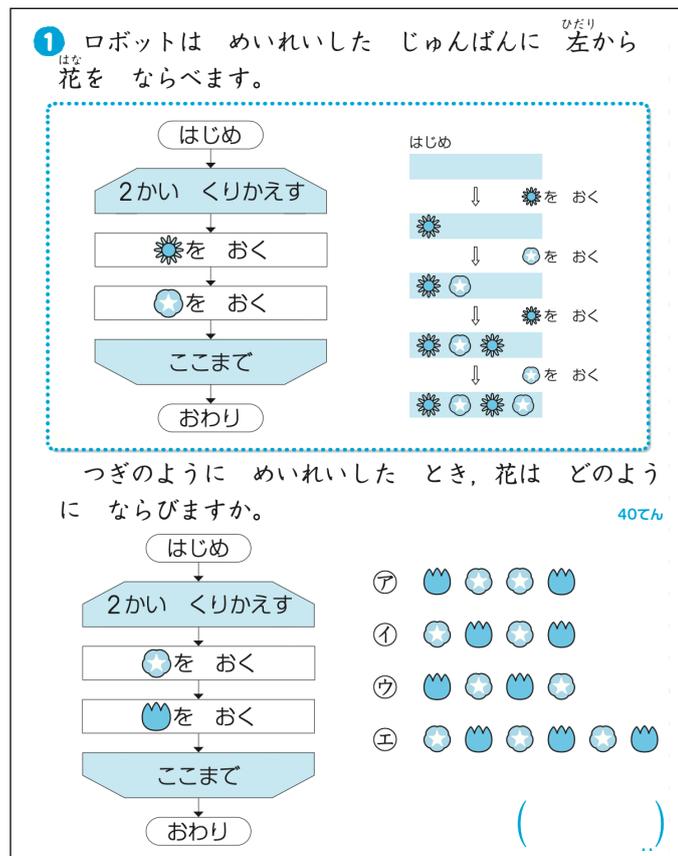


図 3.3 反復処理のフローチャートを扱う問題 ([95] より一部抜粋)

3.4.3 5, 6 年生を対象にしたドリル教材

5, 6 年生では、基本的なプログラムの動きの理解と「反復処理と分岐処理を組み合わせ」や「変数値の変化によって処理が変わる」といった動きの理解を目的とした。変数は、変数値の計算結果を新たな変数に代入することや「プログラムの動きによって値が変わる」ことを扱う。関数定義は、3, 4 年生のドリルの内容に加えて 2 つの引数をとる関数の利用と定義を扱う。5, 6 年生から新たに配列を扱う。配列の定義や要素数の代入、参照、上書きについて荷物を置く倉庫などを題材に学べるようにした。また中学校への接続を意識し、小学生向けに状態遷移図やシーケンス図、アクティビティ図などをアレンジした振る舞い図を出題した。

5, 6 年生向けのドリル [97] に収録した順次処理を扱う問題例を図 3.5 に示す。この問題は、ドリル教材の 45 ページ目に収録された問題である。事前に基本的な制御構造とそのフローチャート、データ構造、関数などは学習している前提で出題される。図 3.5 では、プログラムの実行を頭の中でシミュレーションすることで塗り絵を作業する。ルールがプログラムになっており、指定された番号が書かれた部分に色を塗ることで、イラスト

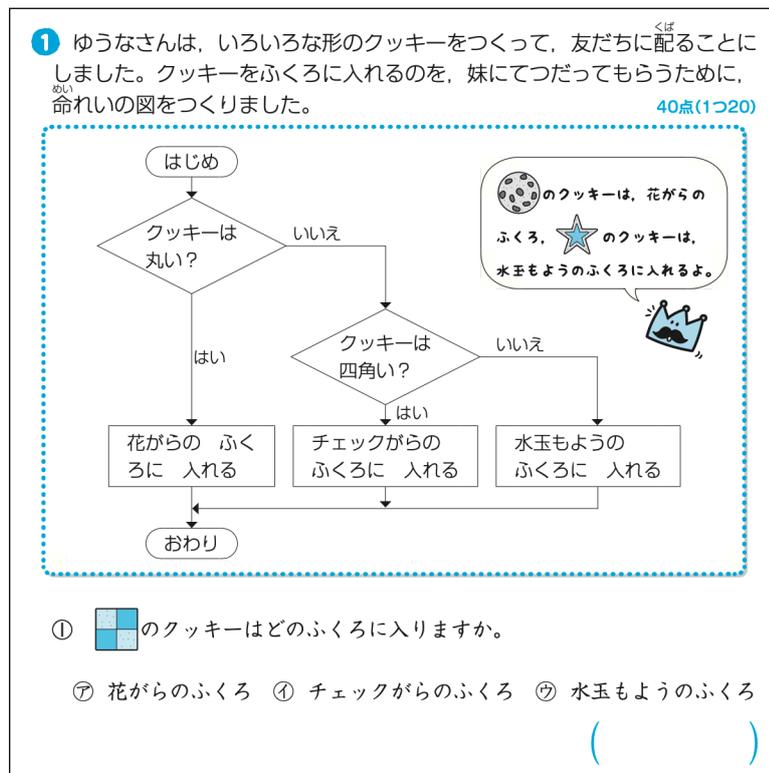


図 3.4 分岐処理の概念を扱う問題 ([96]) より一部抜粋)

が浮かびあがる。児童は問題に取り組むことで、これまでの学習内容を振り返るとともに、複数の要素を組み合わせたときのプログラムの動きを学習する。このようにプログラムの実行を理解することで、魅力的な達成感を得られるように工夫した。

3.5 公立小学校での実践と評価

3.5.1 実践の概要

ドリル教材でプログラミングの考え方を学ぶことが可能かを確認するために公立小学校の低学年の児童を対象に実践を行った。対象は2年生1クラスの35人である。小学校段階で最もプログラミングの体験を通してプログラムの動きを思考させることが難しい低学年を選んだ。また、1年生では検証のための事前・事後のテストやアンケートの記入が難しいと考え、対象を2年生とした。実践した小学校では学習指導要領の移行期間のためプログラミング教育は準備段階であり、児童は学校の授業でプログラミングを体験したことはない。

児童は日々の宿題の1つとして1, 2年生用のドリル教材の問題に1日1ページ、合計26ページを1ヶ月間で取り組んだ。児童が取り組んだ問題は、順次処理と反復処理、順

① さくらさんは1から13までの番号がかかれた用紙を見つけました。

次のルールにしたがって、用紙に色をぬりましょう。

番号←3
 番号>0の間
 ぬる(番号)
 番号←番号-1
 をくり返す

図 3.5 複数の概念を扱う問題 ([97] より一部抜粋)

次処理と反復処理の流れ図を扱う問題である。

児童に対してドリル教材に取り組む前（事前テスト）と後（事後テスト）にテストを実施した。事後テストの後には児童と教員に対してアンケートを実施した。事前・事後テストとアンケートにより、児童がプログラミングの基本的な動きの1つである順次処理の概念を理解し、プログラミングへの興味・関心を高めることができたことを確認する。

3.5.2 事前・事後テストによる評価

児童がプログラミングの学習に取り組んだ前後に違いがあるかを確認するために事前・事後テストを実施した。今回のテストは、多くの体系表 [89][90][91] で1, 2年生の学習内容として順次処理を扱っていることから、児童に配布するドリル教材の中から事前に順次処理を問う問題をテスト用の問題として抽出し、出題した。事前・事後テストは同じ問題を出題した（図 3.6）。下線が引かれた数字は小問を表すために筆者が追加したもので、実際のテストには記述されていない。

問1はロボットが動いて描いた軌跡からロボットに指示した命令を考える問題である。問1を解くためにはロボットの動きを分解して考えられること、命令に対応する動きがわ

【問1】 ゆうまさんは かめの ロボットを うごかして、せんを かきます。  と  を つかって めいれいします。つぎのような しかくを かくとき、(ア)~(エ)のどれが 正しい めいれいですか。



(ア)          

(イ)        

(ウ)          

(エ)       

【問2】 つぎのような しかくを かくとき、ロボットに どのように めいれいすれば いいですか。あいて いる ところに  か  が 入ります。()に どちらかを かきま しょう。



(1) (2) (3) (4)

【問3】 ロボットを うごかして つみきの とうから (ア) をとりだす とき、ロボットに どのように めいれいすれば いいですか。()に めいれいを かきま しょう。

ウ
イ
ア

・つみきを 上から じゅんに 1つずつ とる。
 ・つみきを もどす ときは、さいしょと おなじに なるように 1つずつ 上に つむ。

1. (ウ) を ()。 (1)
 2. () を とる。 (2)
 3. () を とる。 (3)
 4. (イ) を もどす。
 5. () を ()。 (4) ※完答

【問4】 ロボタは さいごに つたえられた ことばを おぼえます。さくらさんは ロボタに つぎの じゅんで つたえました。

ロボタ←"おんがく"
 ロボタ←"さんすう"
 ロボタ←"こくご"
 ロボタ←"たいいく"

ロボタが おぼえて いる ことばは どれですか。
 (ア) こくご (イ) たいいく
 (ウ) さんすう (エ) おんがく

図 3.6 事前・事後テストで出題した問題例 ([95] より抜粋)

かること、命令された順でロボットが動くことを理解できている必要がある。ドリル教材で学んだ児童はタートルグラフィックスの流れ図で触れているため、「前に進む命令ではロボットが向いている方向に進む」、「左を向く命令ではロボットはその場で左を向く」といったロボットの動きは理解しているが、それをアイコン風の命令で解くことのは初めてである。児童は選択肢の中から正解を選ぶ。問1の正答は「ウ」である。

問2は問1と同様にロボットが動いて描いた軌跡からロボットに指示した命令を考える問題である。問1とは解答方法が異なり、児童は空欄に当てはまる命令を括弧内に記入する。問2の正答は、「(1) ↑ (2) ↑ (3) ← (4) ↑」である。矢印の形状は問わず、矢が指す向きを見て正答かを判断した。

問3はルールに従って一番下の積み木を取り出すときにロボットへ指示する命令を考える問題である。問3を解くためには、順次処理の概念と問題文中のアルゴリズム（積み木を上から順に1つずつ取る。積み木を戻すときは、最初と同じになるように1つずつ上に積む。）を理解する必要がある。児童は括弧内に当てはまる命令を記入する。問3の正答は「(1) とる (2) イ (3) ア (4) ウ, もどす (つむ)」である。(4)については、完答で正答とした。また、ルールの部分に「つむ」という表現があることから、「つむ」という記述も正答とした。

問4はロボットが記憶した言葉を考える問題である。問4を解くためには、順次処理の概念と値（ロボットの覚える言葉）が書き換わることを理解する必要がある。児童は選択肢の中から正解を選ぶ。問1の正答は「イ」である。解答欄に「たいいく」と記入した場合も正答とした。

評価は事前テストと事後テストの両方を解いた児童を対象にし、どちらか片方のみを解いた児童は評価の対象から外した。

事前テストと事後テストの結果を図3.7に示す。円の色は重なった人数を表しており、最小が1名、最大が3名である。原点から右上に向かって引かれた点線よりも上にある円は事後テストで正答数が増加した児童で16名(59.2%)いる。点線上にある円は正答数に変化がなかった児童で2名(7.4%)いた。点線よりも下にある円は事後テストで正答数が減少した児童で9名(33.3%)いた。

全体の平均は事前テストが65.9%で、事後テストが73.7%だった。問題に取り組む前と後で差があるかを確認するために対応のあるt検定を行った結果、有意な差は得られなかった($p=0.173$)。また問題ごとに差があるかを確認するために対応のあるt検定を行った結果、問1に有意な差があることがわかった(表3.3)。有意な差は見られないが2(1)～(4)、3(1)、3(3)の6問で正答率が上昇していた。このことから多くの児童はドリル教材の問題に取り組むことを通して、順次処理の概念を理解した上で、タートルグラフィックスの概念やプログラミング的思考の要素の1つである「命令を組み合わせるプログラムを作成する」ことを考えることができたといえる。

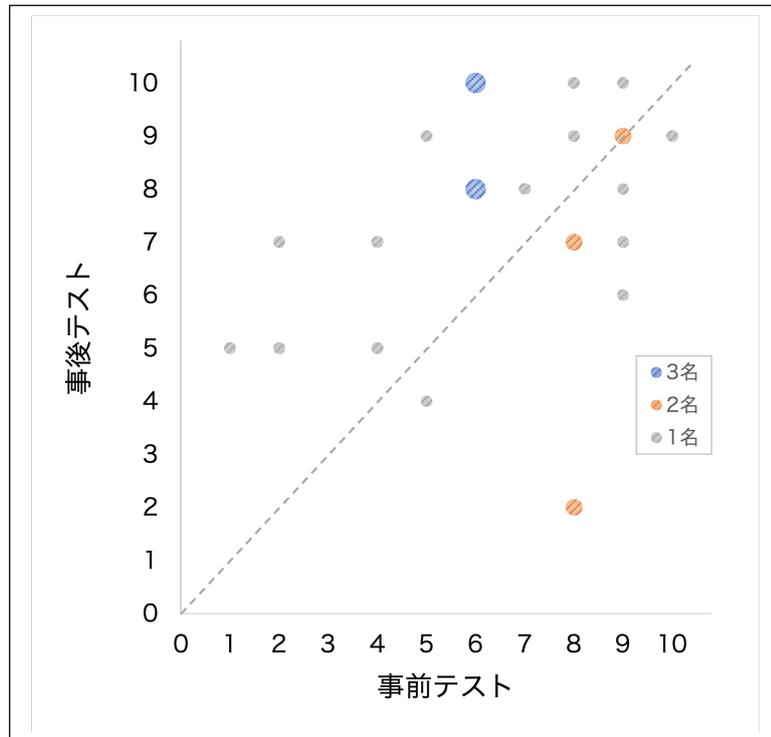


図 3.7 児童毎の事前・事後テストの正答数の変化 (N=27)

表 3.3 事前・事後テストの正答率 (N=27)

問題 No.	事前 (%)	事後 (%)	p 値
1	29.6	63.0	0.036 *
2(1)	88.9	96.3	0.326
2(2)	48.1	63.0	0.211
2(3)	63.0	74.1	0.477
2(4)	66.7	88.9	0.056
3(1)	70.4	85.2	0.103
3(2)	85.2	77.8	0.161
3(3)	77.8	81.5	0.713
3(4)	51.9	44.4	0.489
4	77.8	63.0	0.161

* $0.01 \leq p < 0.05$, ** $0.001 \leq p < 0.01$, *** $p < 0.001$

問題ごとの無回答数を表 3.4 に示す。事前テストでは児童が解答欄に何も記述しなかった数（無回答数）が全体で 26 ヶ所（9 名）あったが、事後テストでは無回答数が全体で 2 ヶ所（2 名）に減少していることがわかる。このことから、ドリル教材の問題に取り組むことで順次処理の概念や手順を分解し、命令を組み合わせることを学び、類似する問題に適応し、思考することができるようになったといえる。

表 3.4 問題ごとの無回答人数の分布 (N=27)

問題 No.	事前テスト (名)	事後テスト (名)
1	2	0
2(1)	0	0
2(2)	1	0
2(3)	4	0
2(4)	4	0
3(1)	4	0
3(2)	2	0
3(3)	3	0
3(4)	6	1
4	0	1
合計 (名)	9	2

3.5.3 児童へのアンケートによる調査

事後テスト後に児童に対してアンケートを実施した。アンケート内容を図 3.8 に示す。Q1～Q3 は問題に対する児童の意欲、関心を問うものである。児童は質問に対して 1～5 の数字に丸を付ける形で 5 段階評価した。Q4 と Q6 は問題を解いた感想を問うものである。Q4 では児童は自分の気持ちと当てはまる単語をすべて選択する。Q6 では感想を自由に記述する。Q5 は児童のプログラミングへの興味を問うもので、「はい」「いいえ」「わからない」のどれか 1 つを選択する。

- Q1. 問題を解くことが楽しかった
- Q2. 問題の意味を理解することができた
- Q3. もっと問題を解きたい
- Q4. 問題をやってみてどうでしたか。あてはまるものすべてに○をつけましょう。その他を選んだ人は理由を書きましょう。
- 【選択肢】 楽しい、楽しくない、かんたん、むずかしい、わかりやすい、わかりにくい、つかれる、つかれない、もっとやりたい、もうやりたくない、よくできた、できなかった、その他
- Q5. プログラミングに興味がありますか？
- Q6. 問題の感想を書いてください。

図 3.8 児童アンケートの質問項目

問題への意欲、関心を問う Q1～Q3 の集計結果を図 3.9 に示す。Q1 では楽しかった (5 または 4) と回答した児童が 16 名 (50%)、Q2 では問題の意味を理解することができた (5 または 4) と回答した児童が 12 名 (41.3%)、Q3 ではもっと問題を解きたい (5 または 4) と回答した児童が 14 名 (48.2%) いた。このことから、半数程度の児童は意欲、関心を持って問題に取り組むことができたといえる。

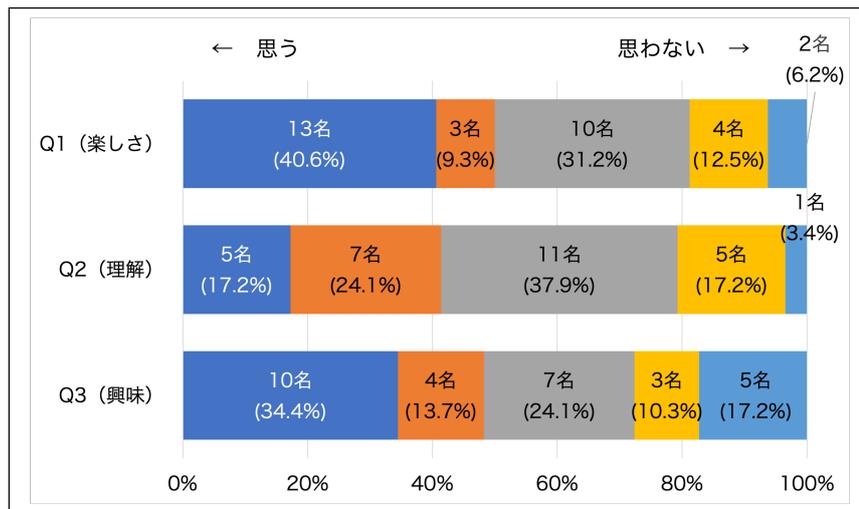


図 3.9 問題への意欲・関心の割合 (N=29, Q1 のみ N=31)

問題を解いた感想を問う Q4 の集計結果を図 3.10 に示す。「むずかしい」が 16 件 (51.6%) と最も多く、次に「楽しい」が 15 件 (48.4%)、「わかりやすい」が 11 件 (35.5%) と続いている。上位のキーワードが肯定的なものが多いことから、児童は意欲を持って問題に取り組めたといえる。また、「むずかしい」と「楽しい」がほぼ同数であることから、児童が楽しくよく考えて解くことができる適切な難易度の問題であったと考える。また、感想を自由に記述させた Q6 でも、Q4 の結果と同様の傾向が見られ、「むずかしかったけど、たのしかった」と記述した児童が 6 名 (20.6%) いた。

Q5 ではプログラミングに興味がある (「はい」) と回答した児童が 18 名 (58%)、「いいえ」が 5 名 (16%)、「わからない・無回答」が 9 名 (29%) だったことから、約 60% の児童がプログラミングに興味をもっていることがわかった。

3.5.4 教員へのインタビュー調査

児童の取り組みの様子と利用したドリル教材について、今回の実践を担当した教員 1 名にインタビュー調査を行った。対象の教員は教員としての経験年数が 8 年で、小学 2 年生を受け持つのは 3 回目 (計 3 年) である。プログラミングの経験やプログラミング教育の経験はない。調査は紙によるアンケート形式とした。回答の内容を以下に示す。

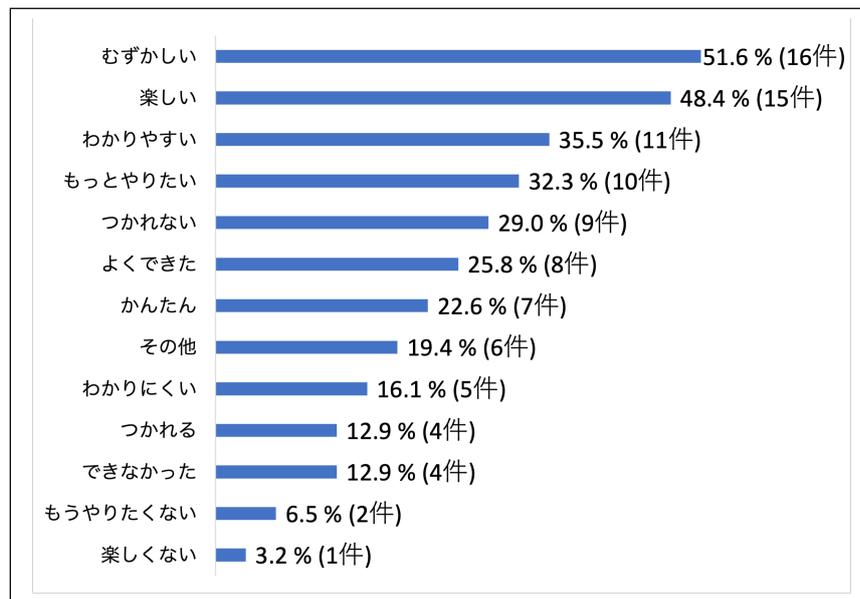


図 3.10 問題に取り組んでの感想 (Q4, 複数選択) (N=31)

- 児童が取り組む様子について
 - 児童は問題に興味を持っていた
 - 児童は問題の意味を理解して取り組んでいた
 - 児童は楽しく取り組んでいた
 - プログラミングの宿題だと喜ぶ姿が見られた
 - 数人が質問してきたりと、苦手そうにしている子もいた
 - 問題の難易度はちょうどよい
- 利用した教材について
 - プログラミングの興味・関心が高まると思う
 - プログラミングが身につくと思う
 - 論理的な思考が身につくと思う
 - ドリル教材を使えばプログラミング学習ができる
 - PC の操作は必要である

これらの回答より、多くの児童は問題に楽しく取り組んでいるが、苦手な子も一定数いたことがわかる。また教員がドリル教材を使ったプログラミングの学習が有効と感じている一方で、コンピュータによるプログラミングも必要であると考えていることがわかった。

3.6 考察

ドリル教材の問題に取り組む前と後で同じ内容のテストを実施し、正答率を比較した。事後テストでは問 1, 2 (1) ~ (4), 3 (1), 3 (3) で正答率が上がっていた。一方で、問 4 で正答率が 14.8% 下がっていた。問 4 は順次処理と変数の概念を含んだ問題となっており、他の問題と異なり変化する状態が動きではなく言葉（情報）であること、動きや言葉が他の動きや言葉に書き換えられていくことが正答率の減少した要因として考えられる。児童ごとに事前・事後テストの正答数の変化を比較したところ、7 割程度の児童は正答数が増加または変化がなかった。一方で、事後テストで大きく正答数が下がった児童が 2 名いた。この 2 名について、児童アンケートを見直したところドリル教材の問題に苦手意識がある児童であった。問題を解くことが嫌になってしまい、事後テストを考えずに答えた可能性がある。事前テストでは解答欄に答えを記述する問 2 と問 3 で無回答が多くみられた。問 2 と問 3 は命令の穴埋めになっており、問題を解く過程に順次処理の概念と命令を組み合わせる要素が含まれている。児童は、どちらも途中でロボットの動きがわからなくなり考えることを諦めてしまったといえる。事後テストでは、無回答数が全体で 2 ヶ所になったことから、児童はドリル教材の問題に取り組むことで「命令は手順よく実行される」という順次処理の概念と命令を組み合わせることを学び、それらを類似する問題にも適応して考えることができるようになったことで、問題に取り組めたと考えられる。児童・教員へのアンケートより、児童は問題の意味を理解し楽しく問題に取り組めたことがわかった。教員はドリル教材をプログラミングの学習ができる教材だと評価しているが、コンピュータによるプログラミングの体験も必要であると考えていることがわかった。

3.7 まとめ

本研究では、コーディングによる学習時の課題である「コード以外の事やエラーを解消することに夢中になったり、偶然実現した動きに満足してしまうことで、プログラムの考え方を学習できない」点を解決する教材の検討を行い、コーディングから離れてプログラミングの考え方を体系的かつ段階的に学ぶドリル教材を提案した。小学 2 年生を対象にドリル教材による実践を行った。事前テストと事後テストの結果を比較したところ、問 1 で事後テストの正答率が有意に高かった。また、無回答者数も減少していたことから、ドリル教材の問題に取り組むことで、児童は順次処理の概念を理解した上でタートルグラフィックスの概念やプログラミング的思考の要素の 1 つである「命令を組み合わせてプログラムを作成する」ことを考えることができたことを確認した。また児童・教員のアンケート結果から、問題の難易度が適切で、児童が楽しく問題に取り組めたことと、問題に

取り組むことで、児童のプログラミングへの興味・関心を高めることができたことを確認した。このことから、低学年に対してドリル教材によるプログラミング教育が可能であり、低学年の児童は順次処理とタートルグラフィックスの概念、そしてプログラミング的思考の要素の1つである「命令を組み合わせてプログラムを作成する」ことを理解できることを確認できた。

今回の検証では、論理的な思考が難しいと思われる低学年の児童でも順次処理の概念を理解でき、「命令を組み合わせてプログラムに相当する手順を作成できる」ことを明らかにした。小学校段階において、どの学年でどこまで何を理解できるのかを明らかにした今回の検証結果は、今後の小学校段階におけるプログラミング教育の系統表の策定に寄与できる成果である。その一方で検証は限定的であり、他の反復処理や分岐処理といった制御構造やデータ構造等の概念についての理解は明らかにできていない。そのため、今後も検証を続けていき、低学年の児童が理解できる学習範囲を明らかにしたい。また、中学年、高学年のドリル教材についても検証を進めていきたいと考える。

全学年の児童に対して、各学年に対応するドリル教材による学習を実施している小学校がある。その小学校では、どの学年においても問題なく取り組んでいるとのことから、どの学年においても児童はドリル教材に収録された問題に取り組むことができることが示唆される。理解度については、明らかではないため検証していく必要がある。

今回提案する教材は、問題をよく考えることでプログラミングの概念を思考するのに適した教材であることから、中学校や高等学校においては、複雑な入れ子構造や処理によって変数値が変わったり、変数値によって処理が変わるプログラムのように、コードを読むだけではプログラムの流れが見えにくい内容に対して効果的な学習を行うことが可能である。中学校、高等学校段階への適応についても、今後進めていきたい。

第4章

高等学校段階におけるソートアルゴリズム学習教材の検討

4.1 はじめに

前章では、コーディングによる学習時の課題である「コード以外の事やエラーを解消することに夢中になったり、偶然実現した動きに満足してしまうことで、プログラムの考え方を学習できない」点を解決する教材の検討を行い、コーディングから離れてプログラミングの考え方を体系的かつ段階的に学ぶドリル教材を提案した。

本章では、プログラミングの基本的な考え方を習得後に学習が行われるアルゴリズム学習に着目し、教材の検討を行う。

アルゴリズムはプログラムを作成する際に、重要な役割を果たす。アルゴリズムには、昔から研究されてきた定石のように決まった手順が存在する。アルゴリズムを理解することは、コンピュータの仕組みを理解するうえで重要であるが、必ずしも容易ではない。アルゴリズム学習は、コーディングと図によるデータの可視化を併用して学習が行われることが多いが、プログラムが長く複雑になるため生徒は間違えずに入力することに集中してしまい、プログラムの考え方を学習できないことが指摘されている。この点を解決する教材の検討を行い、提案教材による学習効果を教育実践を通して明らかにする。

現在、アルゴリズムは、高等学校の共通教科情報「情報の科学」で扱われており、新学習指導要領では「情報 I」で扱われる。現行の共通情報「情報の科学」の教科書 [57][58][59][60][61] では、アルゴリズムを文章や図を用いて説明している。アルゴリズムの題材と使用されているプログラミング言語の一覧を表 4.1 に示す。取り扱うアルゴリズムやプログラミング言語は、教科書によって異なり、アルゴリズムの題材としては、サーチアルゴリズム、ソートアルゴリズムを取り上げる場合が多い。

高等学校で使用される教科書は、生徒にとってわかりやすい文章や図を使用するなどの

表 4.1 教科書でのアルゴリズムの取り扱い

出版社	題材	使用言語
A 社	数値演算	JavaScript
B 社	サーチ/ソートアルゴリズム	VBA
C 社	パズルの解法	VBA
D 社	サーチアルゴリズム	—
E 社	ソートアルゴリズム	JavaScript

工夫が行われているが、アルゴリズムはコンピュータによるデータの動きを示すものであり、文字や図を見ただけでは動きを理解することは難しい。また動きを見るだけよりも、データの動きを実際に手で操作したほうがわかりやすい。

本研究では、高等学校の教科書などで扱われている、代表的なアルゴリズムの一つであるソートアルゴリズムを学ぶ教育教材に着目した。ソートアルゴリズムとは、複数のデータの値を並び替える手順のことである。コンピュータは、データをひとつずつ取り出して値を比較し、必要に応じてデータを交換することで並び替えを行っている。ソートアルゴリズムには複数の種類が存在し、使用する手法やデータ数、並び替えを行うデータの順番によって性能が異なる。このような性質を学ぶこともアルゴリズム学習で重要になる。アルゴリズムの性能は、実行時間やデータの比較回数などで評価する。各種ソートアルゴリズムによる性能の違いを図 4.1 に示す [98]。並び替えを行うデータ数が少ない場合は、どのソート法を使用してもあまり変わらないが、データ数が多くなるにつれて大きな差が生じている。

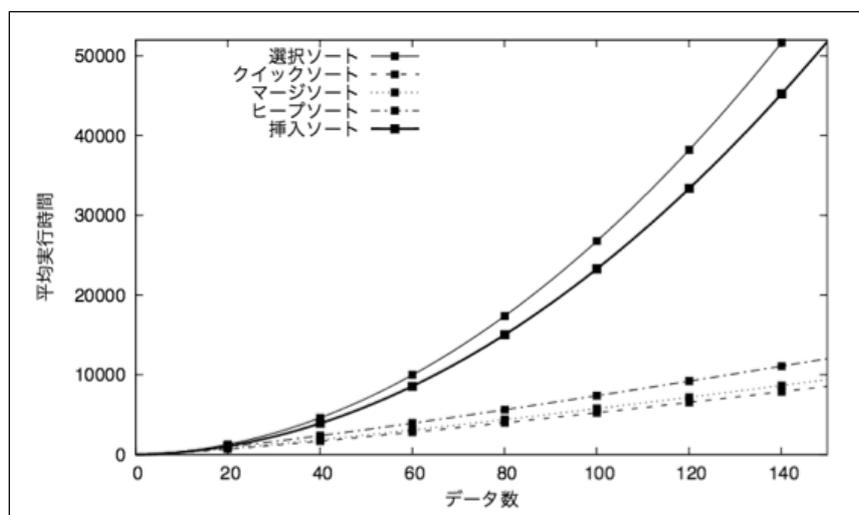


図 4.1 各種ソートアルゴリズムの実行時間例

4.2 CS アンプラグドによるソートアルゴリズム学習

4.2.1 学習の概要

情報の科学的な部分を効果的に学ぶことができる教育手法として CS アンプラグド [68][69][70] が知られている。CS アンプラグドでは、カードなどの教具を用いた体験的な活動を通じて、情報科学に関する様々な概念を学ぶことができ、これまでも小学校から大学までの授業で活用され、その学習効果が確認されてきた [71][72][73][74]。

CS アンプラグドの学習法の一つに、天秤とおもりを教具に用いた「ソートアルゴリズム学習」がある。「コンピュータは同時に2つのデータしか大小比較できない」という制約を天秤で作り、コンピュータ内部で行われているデータの動きを、データに見立てたおもりの重さの比較動作を繰り返すことでソートアルゴリズムを体験する学習である。学習者は決められた手順で中央にある天秤の左右に1つずつおもり乗せ、大小比較を繰り返す。おもりを比較した回数（以下、比較回数）を数え、他のアルゴリズムの比較回数と比べることで、アルゴリズムによって性能が異なることを学ぶことができる。

このような体験を通して学ぶ工夫により、CS アンプラグドでは選択ソートやクイックソートのような高等学校や大学で学習する各種のソートアルゴリズムを、8歳程度の小学生から理解することを可能にしている。間辺ら [75] は、高等学校でソートアルゴリズム学習を行うためにコンピュータのディスプレイ上で動作するオンライン天秤を提案している。

4.2.2 授業利用する際の課題

CS アンプラグドは学校の授業用に開発された学習法ではないため、学校の授業で使う場合は、授業環境や学習者の特性に配慮した工夫が必要である。CS アンプラグドのソートアルゴリズム学習には、学校の授業で使用する場合、次のような課題が存在する。

- (1) 手順を実行することに集中するため、作業と同時に比較回数を数えることが難しい
- (2) 手にとったおもりの重さで天秤を使わずに並べてしまう
- (3) 天秤に加え、一つずつ重さの違うおもりなど、教具の準備に手間がかかる

(1) の課題を解決するには、比較回数を自動的にカウントできればよい。(2) は教具のおもさを統一できればよい。(3) は教具を教育現場に存在するもので作成できれば解決できる。

上記の3つの課題を解決するには、コンピュータ上で動作する天秤教具を開発することが1つの案として考えられるが、CS アンプラグドの良さである「学習場所を選ばない」

「具体物を使った活動」という点が薄れてしまう。

4.3 拡張現実感を利用したソートアルゴリズム学習教材の提案

4.3.1 提案する教材の概要

タブレット/スマートフォン端末（以下、タブレット端末）で、実世界に存在するおもりを仮想世界の天秤で比較ができるようにすることで、CS アンプラグドの良さである場所を選ばずに具体物を使った実習の実現と生徒の学習に関する課題を解決できると考えた。

教具を実現するために、拡張現実感（Augmented Reality）技術（以下、AR 技術）を利用し、タブレット端末で動作するソートアルゴリズム学習教材「AR 天秤」を提案する。AR 技術で使用される紙製のマーカーをおもりにみただけで「具体物を手に取る」という点を残すことができる。また、近年、学校現場への普及が進められている [99] タブレット端末で動作することで、学習場所を選ばずに活動を行うことができる。

4.3.2 拡張現実感を活用した教材

AR 技術を用いた教材は、生徒の高いモチベーションを維持するのに効果的であり [100]、多くの研究が存在する。Liarokapis ら [101] は、エンジン機構の 3D オブジェクトをマーカー上に表示し、マーカーを回転させることで多方面から観察できるようにした。また、瀬戸崎ら [102] は、月の満ち欠けの仕組みを学ぶ天体学習に利用した。さらに、小杉ら [103] は、地図記号を Web カメラで撮影すると、その地図記号が示す建造物を表示することで、小学生を対象とした地図記号の学習に利用した。これらは、描画された 3D オブジェクトの形状や動作などを見て学ぶ教材であるが、3D オブジェクトの描画に使用するマーカーを手で操作し、試行錯誤することで学ぶ教材も存在する。Fjeld ら [104] は、分子構造の学習を目的に複数のマーカーを手で操作し、仮想空間上で分子モデルの構築をできるようにした。沖見ら [105] は、理科の滑車配置実験に使用するそれぞれの道具を AR 技術で表現することで実験環境を実現している。また、スマートフォンやタブレット端末で動作する教材に関する研究も進められており [106][107]、AR 技術は様々な場面での教育利用が可能であることが明らかにされているが、実際に教育現場で使用された例は多くない。

4.3.3 求められる機能の検討

CS アンプラグドの良さを残しつつ、生徒の学習に関する課題を解決した教具を実現するには、以下の機能が必要になる。

1. 天秤を実現する機能
 - (a) 天秤の 3D 表示
 - (b) カードをおもりとして認識
 - (c) 2 つのおもりを大小比較
 - (d) 比較結果を天秤の傾きで表示
2. コンピュータを活かして拡張する機能
 - (e) 重さを毎回ランダムに設定
 - (f) 比較回数のカウント
 - (g) 整列結果の正誤判定

(a)(b) は「教具準備の手間」と「手に持った重りの重さで順番の予測がつく」点の解決を目的とした機能である。学習者が操作するおもりの代わりとなる教具を具体物にするため、専用のマーカーを用いる手法を採用する。マーカーの認識には、タブレット端末の背面に付属してあるカメラを使用する。マーカーは紙であるため、おもりの重さを統一することができる。(c)(d) はおもりの重さを比較するための基本機能である。比較結果は天秤の傾きによって学習者に伝える。(e) は、学習者がマーカーの絵柄でおもさを覚えてしまい、完成するおもりの並びが予測できることを防ぐようにした機能である。(f) はおもりマーカーを比較した回数を数えることで「手順を実行することに集中し、比較回数を数えることができない」の解決を目的とした機能である。比較回数を数える作業をシステムが担当することで、学習者が手順を実行することに集中できるようにした。(g) は並び替えが終わった時に正しく並び替えられていることを確認するための機能である。

4.4 拡張現実感を利用した学習教材の開発

前節で検討した機能を持つ AR 天秤を開発した (図 4.2)。このアプリケーションを様々なプラットフォームに対応した統合開発環境である Unity[108] と AR ライブラリである Vuforia[109] を利用し開発した。天秤の 3D モデルは Blender[110] で製作した。

作成したマーカーは、天秤マーカー、おもりマーカー、確認マーカーの 3 種類である。天秤マーカーと確認マーカーはワークシート (図 4.3) の形にし、破線から折り曲げて使用する。比較を行う場合には天秤マーカーの面を、並び替えの結果を確認する場合は確認

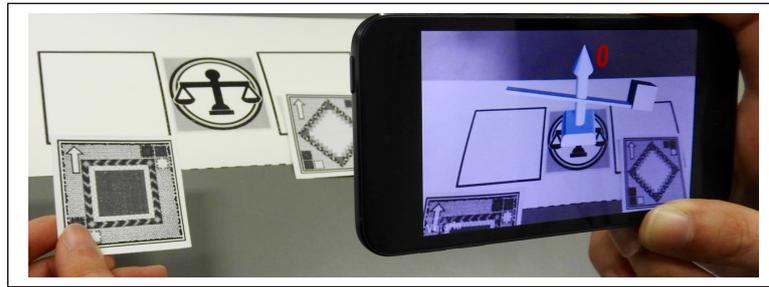


図 4.2 AR 天秤

マーカーの面を利用する。おもりマーカー（図 4.4）は、それぞれのマーカーを切り取って使用する。

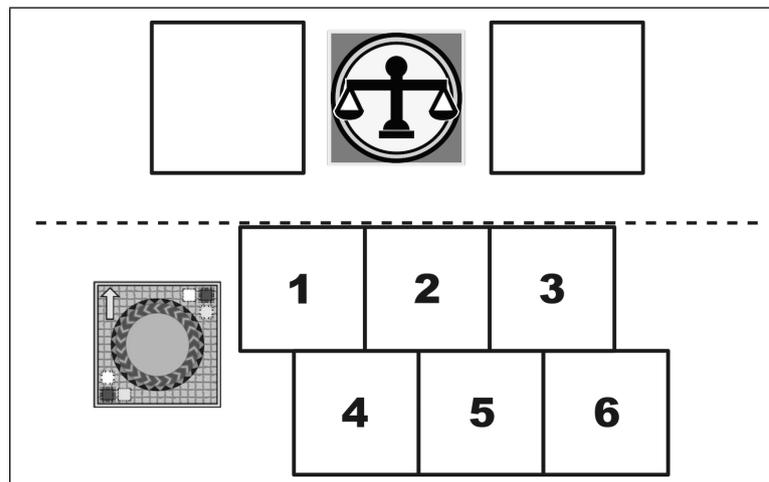


図 4.3 ワークシート（天秤/確認マーカー）

前節で述べた機能は以下のように実装することで実現した。

- (a) **天秤を表示する機能** 天秤マーカーをカメラで写すとタブレット端末の画面に天秤の 3D グラフィックスを表示し、中央に固定するようにした。
- (b) **カードをおもりとして認識する機能** おもりマーカーをプログラムでおもりとしてコンピュータに認識させるようにした。そして、個々のマーカーに重さに変わる数値情報を設定した。
- (c) **2つのおもりを比較する機能** おもりの比較は、おもりマーカーを1枚ずつ天秤マーカーの両隣に置くと、それぞれのマーカーから重さとして設定した数値の大小を判断するようにした。
- (d) **比較結果を伝える機能** (c)の結果に基づいて、重いと判断された方向に画面の仮想天秤が傾くようにした。この傾きは数値データと数値データの差の大小に関わらず一定の傾きを示す。

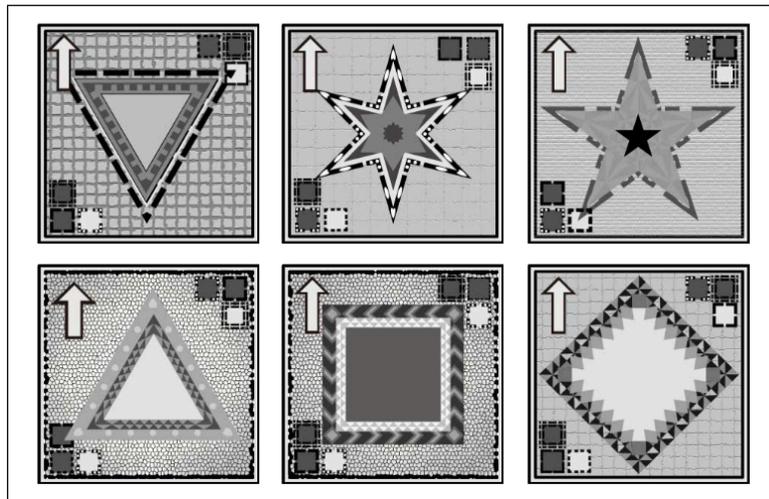


図 4.4 おもりマーカー

- (e) **重さの設定を初期化する機能** アプリケーションを起動する度に数値情報をランダムに変更し、おもりマーカーに設定した。
- (f) **比較回数を数える機能** おもりマーカーが2枚置かれた際に比較が行われたと判断し、比較回数を数え、その回数を画面上に表示した（図 4.5）。
- (g) **整列を確認する機能** 最終的に確認マーカーとおもりカードを重さ順に並べたものをカメラで映すと、おもりカードに設定された数値が表示することで、並びが正解かどうか確認できるようにした（図 4.6）。

AR 技術を活用し、上記の機能を実装することで、CS アンプラグドの良さと既存の天秤教材に存在した生徒の学習に関する課題を解決した教具を実現できた。

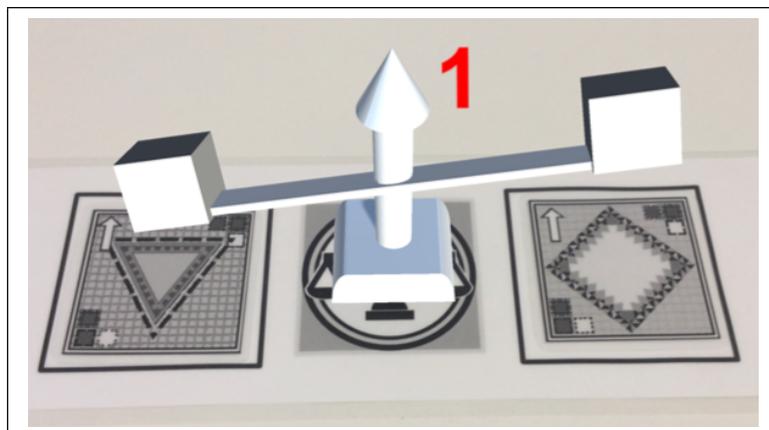


図 4.5 比較回数の表示

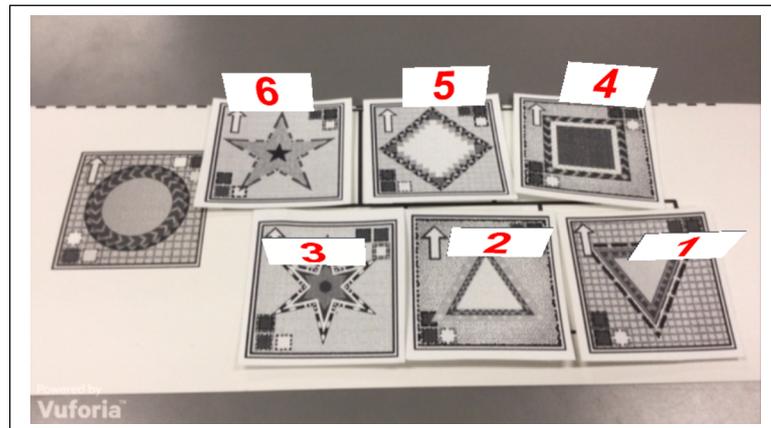


図 4.6 正誤判定

4.5 AR 天秤による学習効果の検証

4.5.1 検証内容と方法

学習者が AR 天秤を使用し、通常利用する天秤を使用したときと同等にソートアルゴリズムを学ぶことができることを確認問題の正答数の比較により確認する。

検証は大阪電気通信大学で開講するプログラミング科目の講義内で実施した。対象者は機械系の学科に所属する 1 年生 89 名である。対象者を統一するために、集計・分析からは他学科の履修者や再履修者を除いた。対象者はこれまでに CS アンプラグドによるソートアルゴリズム学習を行ったことはない。

扱うソートアルゴリズムは、高等学校の情報の教科書で多く扱われている選択ソートとクイックソートとした。対象者は AR 天秤を使用し、ソートアルゴリズム学習を行うグループ (N=45) と通常の天秤を使用し、ソートアルゴリズム学習を行うグループ (N=44) の 2 つに分けて、検証を行った。それぞれのグループの人数と使用した教具を表 4.2 に示す。おもりの数はどちらも 6 つである。検証時間は 50 分程度で、はじめに教具の使い方と並び替えを行う手順を説明した後、個別に並び替えを 2 回ずつ行い、確認問題を実施した。検証時の流れを表 4.3 に示す。

教員は検証の最初に対象者に対して今回実施する内容を説明した後、1 人 1 セットの教具を配布し、教具の使い方を説明した。その後、書画カメラで手元を投影して実際におもりを動かしながら選択ソートによる並び替えの手順を説明した。説明後、対象者は各自 2 回ずつ選択ソートによる並び替えを行った。全員が選択ソートによる並び替えを行った後、選択ソートの手順を説明したときと同様にクイックソートの手順を説明した。説明後、対象者は各自 2 回ずつクイックソートによる並び替えを行った。並び替えを行う際、

表 4.2 各グループの人数と使用教具

グループ	人数 (名)	使用教具
3A	22	AR 天秤
4A	23	AR 天秤
3B	22	天秤
4B	22	天秤

表 4.3 検証の流れ

時間 (分)	内容
4	教具の配布, 使い方を説明する.
3	選択ソートの並び替えの手順を説明する.
15	選択ソートで 2 回ずつおもりの並び替えを指示する.
3	クイックソートの並び替えの手順を説明する.
15	クイックソートで 2 回ずつおもりの並び替えを指示する.
10	確認問題に取り組むよう指示する.

対象者には使用方法と各ソート法による並び替えの手順を記述した用紙を配布し, 手順がわからなくなったら手元の用紙を見るように指示した.

活動終了後, 確認問題を実施した. 使用した問題を図 4.7 に示す. 確認問題は先行研究 [75] で使用されたものと同じ問題を使用した. 分銅のイラストの上半分にかかれた数が重さを表しており, それぞれ下半分に書かれたアルファベットに対応している. 下の解答欄にそれぞれのソート法で比較する分銅 (アルファベット) の順番を記述する. 図 4.7 の解答欄に記入された赤字は左から順に比較した場合を想定した解答例である. CS アンプラグドのソートアルゴリズム学習では, どの分銅から比較してもよいことから別の記述も正答となる場合がある.

4.5.2 検証結果と考察

確認問題の結果から AR 天秤が通常の天秤と同等にソートアルゴリズムを学習できたかを確認する. 天秤を使用したグループと AR 天秤を使用したグループの確認問題の正答数 (正答率) の比較を行った結果を表 4.4 に示す. Welch の t 検定を行ったところ, クイックソートのみで有意な差が得られた. クイックソートは, 1 つのおもりを基準に大小に値を分けることを繰り返して並び替えを行う. AR 天秤で利用するおもりは紙であるため, 大小に値を分ける際に重ねてまとめることができることから, 手順が理解しやすかったと考える. 選択ソートでは, 有意な差は得られなかったことから, クイックソートにお

[問題] 次の条件のデータを重さの順に並べ替えたい。2種類のソートアルゴリズムを使って、並び替える場合の「比較する分銅（アルファベット）」の順番を書きなさい。



[解答]

回数	選択ソート	クイックソート
1	A - B	A - B
2	A - C	A - C
3	D - C	A - D
4	E - C	A - E
5	F - C	A - F
6	A - B	B - E
7	A - D	C - D
8	E - D	C - F
9	F - D	D - F
10	A - B	-
11	A - E	-
12	A - F	-
13	A - B	-
14	A - E	-
15	B - F	-
16	-	-

図 4.7 使用した確認問題（先行研究 [75] より）

いて AR 天秤は天秤を使用したときと同様以上に学習することができたといえる。

表 4.4 使用教具別の確認問題の正答人数の比較

	天秤 (N=44)	AR 天秤 (N=45)	p 値
選択ソート	18 (40.9%)	16 (35.5%)	0.608
クイックソート	36 (81.8%)	43 (95.5%)	0.042 *

* $0.01 \leq p < 0.05$, ** $0.001 \leq p < 0.01$, *** $p < 0.001$

4.6 高等学校での実践

4.6.1 実施内容

AR 天秤の実用性を確認するために高等学校の授業で使用した。対象は1年生10クラスの約350人である。ソートアルゴリズムは選択ソートを扱った。クラスごとに天秤ま

たは AR 天秤を使用し，1 グループ 3, 4 人の 12 グループで実習を行った．天秤のおもりは小物ケースを使用し，AR 天秤は小型で軽量の iPod Touch（第 6 世代）を使用した．表 4.5 に各クラスの数と使用した教具，指示の有無を示す．指示は，教員が生徒に比較回数を数えるように明示的に指示したことを示す．

表 4.5 各クラスの使用した教具

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
人数 (名)	43	46	44	43	42	43	40	41	32	33
教具	天秤	AR	天秤	AR	両方	両方	AR	AR	両方	両方
指示	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×

授業は次の流れで行った．

1. 学習内容について説明
2. 天秤または AR 天秤の使い方を説明
3. グループ活動で実習
4. 動画で性能の違いを説明
5. 授業アンケート

最初に学習内容について説明した後，天秤または AR 天秤の使い方と選択ソートのアルゴリズムを説明した．その後，グループに分かれてソートアルゴリズム学習を行った．1, 2 回の学習の後，CS アンプラグドの Web サイトで紹介されている動画でおもりの整列方法とアルゴリズムの性能について説明した．動画は，選択ソートとクイックソートを実行し，比較回数を比べたものである．授業の最後にはアンケートを行った．ただし，G, H クラスでは授業の進行上，授業の前半にプログラミングを体験し，後半にソートアルゴリズム学習を行った．図 4.8 と図 4.9 に授業の様子を示す．

4.6.2 授業に対する主観的評価

授業の最後に生徒にアンケートを実施した．質問した項目を図 4.10 に示す．Q7 の自由記述以外は，「全くあてはまらない (1)」，「あまりあてはまらない (2)」，「ややあてはまる (3)」，「よくあてはまる (4)」の 4 択で行った．評価は条件の揃うクラスを抽出し行う．G, H クラスでは異なる複数の内容を取り扱ったため，検証対象から除いた．天秤を使用したクラス (A, C) のアンケートの集計結果を図 4.11，AR 天秤を使用したクラス (B, D) の集計結果を図 4.12，天秤と AR 天秤の両方を使用したクラス (E, F, I, J) の集計結果を図 4.13 に示す．

「教具として天秤を使用したクラス」「AR 天秤を使用したクラス」「天秤と AR 天秤の



図 4.8 授業の様子（天秤）

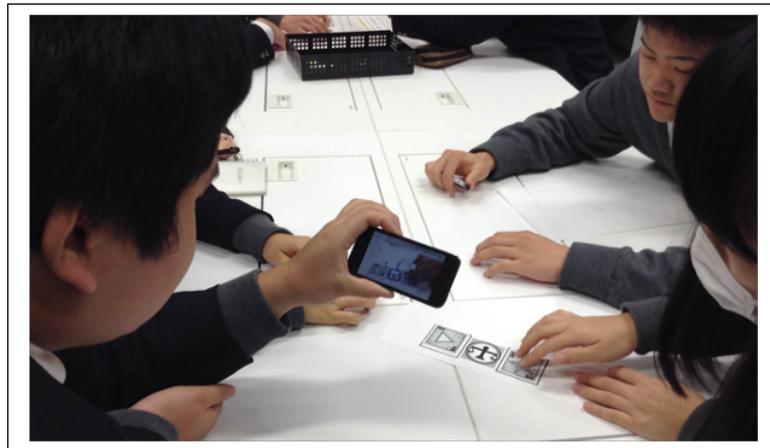


図 4.9 授業の様子（AR 天秤）

両方を使用したクラス」でアンケート結果に差があるかどうかを確認するため、Kruskal-Wallis 検定を行った。表 4.6 に結果を示す。Q2, Q5, Q6 は p 値が 0.05 以下であったため、3 群において差がみられることがわかった。

Kruskal-Wallis 検定で差のある群が明らかになったため、続いてどのクラスの間には差があるかを検討した。まず、天秤を使用したクラス (A, C) と AR 天秤を使用したクラス (B, D) を対象に Mann-Whitney の U 検定を行った後、p 値に対して Bonferroni 補正を行った。表 4.7 に結果を示す。Q2 に有意な結果が得られたことから、AR 天秤を使用したクラスの方が学習内容に関心をもつことができたことがわかった。また、Q5 にも有意な結果が得られたことから、AR 天秤を使用したクラスの方が授業の学習内容が難しかったことがわかった。それ以外の点では、有意差は得られなかったため、どちらの教具を使用しても同等であることがわかった。

天秤と AR 天秤の両方を使用したクラス (E, F, I, J) と天秤を使用したクラス (A,

- Q1. 授業は楽しかった
 Q2. 学習内容について関心をもった
 Q3. このような授業を今後も受けてみたいと思った
 Q4. 授業の学習内容について理解できた
 Q5. 授業の学習内容は難しかった
 Q6. 授業を受けて、新しいことを学ぶことができた
 Q7. 感想や意見、気づいたことなど、何かありましたら自由に書き込んで下さい（自由記述）

図 4.10 生徒アンケートの質問項目

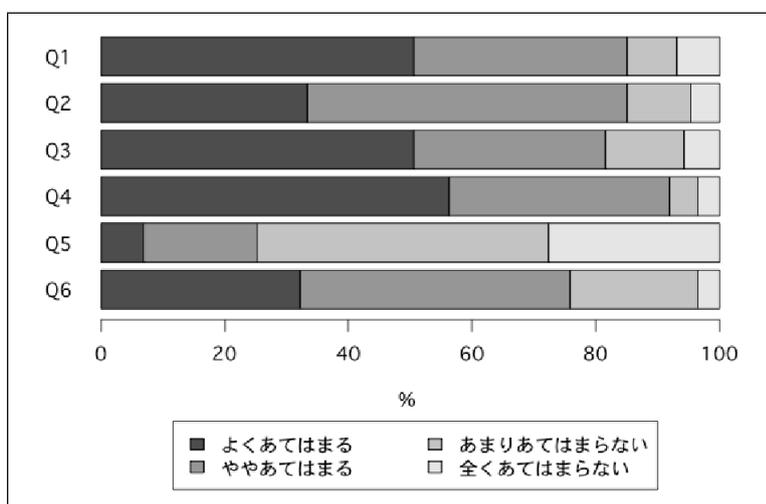


図 4.11 天秤を使用したクラスのアンケート結果 (N=87)

C), AR 天秤を使用したクラス (B, D) で差がみられるかを検証するために、それぞれ Mann-Whitney の U 検定を行った後、p 値に対して Bonferroni 補正を行った。天秤を使用したクラスとの比較結果を表 4.8, AR 天秤を使用したクラスとの比較結果を表 4.9 に示す。天秤を使用したクラスでは、Q5, Q6 で有意を得られたが、AR 天秤を使用したクラスでは有意な結果は得られなかった。

アンケート項目 Q7 の自由記述の内容を報告する。ここでは AR 天秤を使用したクラスのアンケート結果を抽出する。AR 天秤に関する内容は多い順に以下のような記述があった。

- すごかった, 驚いた (14 人, 8.1%)
- 楽しく学習ができた (11 人, 6.4%)
- 表示されるしくみに興味を持った (7 人, 4.0%)

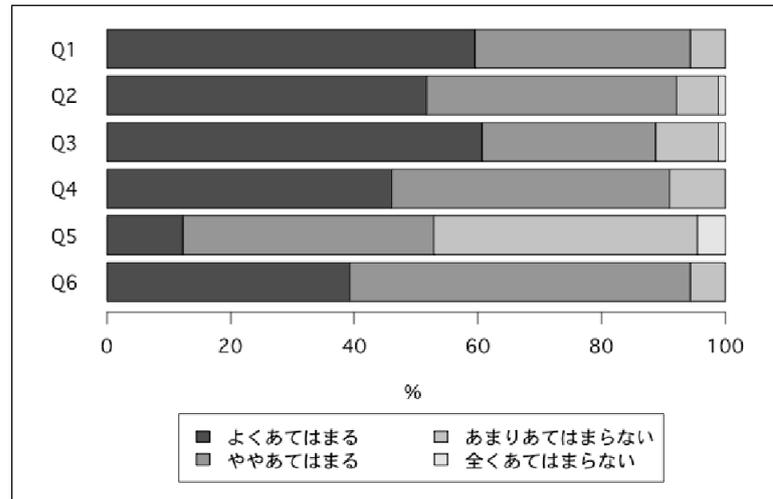


図 4.12 AR 天秤を使用したクラスのアンケート結果 (N=89)

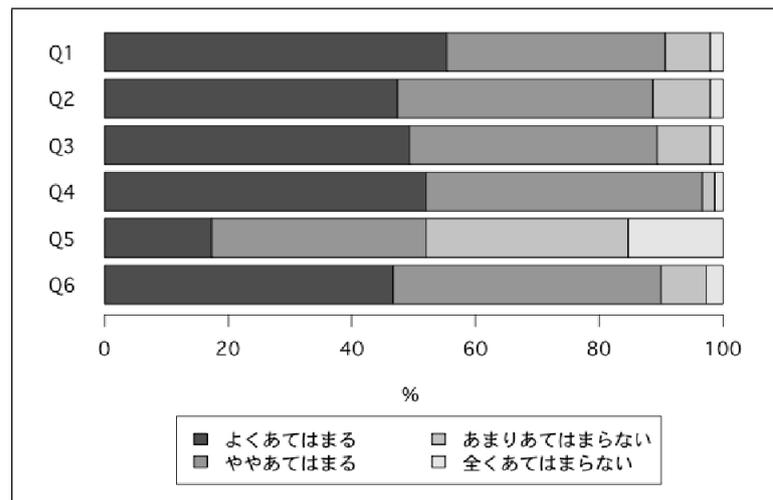


図 4.13 天秤と AR 天秤を使用したクラスのアンケート結果 (N=150)

- 認識が悪かった (8 人, 4.6%)

学習に関する内容については、以下のような記述があった。

- 手順による効率の違いに気づいた (21 人, 12.2%)
- 効率のよい手順を考えるのは難しい (4 人, 2.3%)

認識が悪いという回答は全体の 4% 程度と少なく、AR 天秤が問題なく使用できていたことがわかる。また、AR 天秤を使用したクラスで「手順による効率の違いに気づいた」と記述した生徒が 12.2% (171 人中 21 人) だったのに対し、天秤を使用したクラスでは、6.4% (86 人中 6 人) にとどまったことから、既存の天秤教材と同等以上に学習が可能で

表 4.6 検定結果

	平均			p 値
	天秤 (n=87)	AR 天秤 (n=89)	両方 (n=150)	
Q1	3.28	3.54	3.44	0.259
Q2	3.14	3.43	3.34	0.028 *
Q3	3.26	3.48	3.36	0.231
Q4	3.45	3.37	3.47	0.377
Q5	2.05	2.61	2.54	0.607e-05 ***
Q6	3.05	3.34	3.35	0.012 *

* $0.01 \leq p < 0.05$ ** $0.001 \leq p < 0.01$ *** $p < 0.001$

表 4.7 比較結果 (天秤と AR 天秤)

	平均		p 値
	天秤 (n=87)	AR 天秤 (n=89)	
Q1	3.28	3.54	0.312
Q2	3.14	3.43	0.030 *
Q3	3.26	3.48	0.354
Q4	3.45	3.37	0.666
Q5	2.05	2.61	0.222e-04 ***
Q6	3.05	3.34	0.066

* $0.01 \leq p < 0.05$ ** $0.001 \leq p < 0.01$ *** $p < 0.001$

あることを確認した。

4.6.3 考察

授業後のアンケート結果から、天秤を使用したクラスと AR 天秤を使用したクラスを比較した。AR 天秤を使用したクラスでは、天秤を使用したクラスよりも有意に学習内容について関心をもち、新しいことを学んだと実感できたが、授業の内容が難しいと感じた。AR 天秤を使用したクラスの Q7 の自由記述欄を観察してみると、教具に対して難しいという記述はなく、アルゴリズムを考えることが難しいといった学習に関する記述があった。このことから、生徒は教具の扱いが難しいと感じているのではなく、アルゴリズムを

表 4.8 アンケート結果の比較（天秤と両方）

	平均		p 値
	天秤 (n=87)	両方 (n=150)	
Q1	3.28	3.44	1.053
Q2	3.14	3.34	0.120
Q3	3.26	3.36	1.998
Q4	3.45	3.47	2.343
Q5	2.05	2.54	0.246e-03 ***
Q6	3.05	3.35	0.015 *

* $0.01 \leq p < 0.05$ ** $0.001 \leq p < 0.01$ *** $p < 0.001$

表 4.9 アンケート結果の比較（AR 天秤と両方）

	平均		p 値
	AR 天秤 (n=89)	両方 (n=150)	
Q1	3.54	3.44	1.233
Q2	3.43	3.34	1.239
Q3	3.48	3.36	0.453
Q4	3.37	3.47	0.675
Q5	2.61	2.54	1.998
Q6	3.34	3.35	1.659

* $0.01 \leq p < 0.05$ ** $0.001 \leq p < 0.01$ *** $p < 0.001$

考えることが難しいと感じたと考える。

AR 天秤の天秤に相当する機能については、授業後に行った授業評価アンケートの自由記述の内容において、「認識が悪かった」と回答した生徒が4%程度存在した。「認識が悪かった」原因をビデオで分析したところ、おもりマーカーを置く際に指でマーカーの絵柄を隠してしまう様子が見られた。このことから、今後はマーカーに持ち手を作るために長方形のカード型にするなどの工夫をすることで改善が可能である。

AR 天秤の独自の機能として比較回数を自動的にカウントする機能を追加した。カウントの指示を行った C, D クラスの比較回数の記録の集計結果を表 4.10 に示す。比較回数の記録はグループごとに1枚のワークシートを用意し、記述させた。C, D クラスは1グループ3~4人の12グループで実施した。Fisher の正確確率検定を行った結果、P 値は0.193 となり有意な差は得られなかったため、比較回数の表示の有無は記録の有無に関連

性はないことがわかった。C, D 以外のクラスにおいては、生徒に比較回数をカウントするよう指示を行わなかったため、記録はなかった。

表 4.10 比較回数の記録の有無（指示あり）

	記録あり	記録なし
C クラス	2	10
D クラス	6	6

アンケートの自由記述については、「手順による効率の違いに気づいた」と回答した生徒が AR 天秤では 12.2%、天秤では 6.4% だったことから、AR 天秤は天秤と同等以上の学習を行えることを確認した。AR 天秤では比較回数が表示されることから比較回数を意識させることができ、天秤を使用するよりも手順による効率の違いに気づくことができたといえる。また、天秤を使用した実習では生徒が正しい手順で作業できていたかどうかを確認することは難しいが、AR 天秤を使用した実習では、内部の作業ログデータから生徒が正しい手順で並び替えを行っていたかどうかを確認することができた。B, D クラスが使用した AR 天秤に記録されたログをみると、24 グループ中 14 グループがソートアルゴリズムを考えることができ、正しい手順で並び替えができていた。一方で、天秤を使用した A, C クラスでは 24 グループ中 10 グループがソートアルゴリズムを考えることができ、正しい手順で並び替えが行えていたことをワークシートと授業風景を撮影したビデオから確認した。どちらの教具を使用してもアルゴリズムの理解度に違いは見られなかった。ただし、今回の実践では AR 天秤が天秤と同等に使用できるかを明らかにすることが目的であったため、ソートアルゴリズムの理解に関しては詳しい検証を行っていない。高校生が AR 天秤を使用した際のアルゴリズムの理解度については、今後明らかにする必要がある。

4.7 まとめ

本章では、コーディングによりアルゴリズムを学ぶ際の課題である「プログラムが長く複雑になるため、生徒は間違えずに入力することだけに集中してしまうことで、アルゴリズムの考え方を学習できない」点を解決する教材の検討を行い、CS アンプラグドにおけるソートアルゴリズム学習に着目し、実世界と仮想世界をタブレット端末の画面で統合した AR 天秤を提案した。続いて、AR 天秤が通常使用される天秤と同等にソートアルゴリズムを学習できることを検証した。

まず、非情報系の大学 1 年生を対象に AR 天秤によるソートアルゴリズム学習の学習効果を検証し、選択ソートについては通常使用される天秤と同等に、クイックソートについ

ては同等以上の学習効果があることを明らかにした。

そして高等学校にて実証授業を行い、使用状況のビデオ撮影による分析と、生徒のアンケート結果、機器のログデータ等の分析により、どちらの天秤を使用した場合でも学習が可能であることを確認した。AR 天秤では作業ログにより全てのグループの比較回数を取ることができたため、生徒が意識的に数えなくても、比較回数を取得することが可能なことを確認した。

このことから、AR 天秤は CS アンプラグドの良さを維持しつつ、生徒の学習に関する課題を解決し、通常使用される天秤と同等にソートアルゴリズムを学習できることを確認できた。

今回は選択ソートとクイックソートを対象に学習効果の検証を行った。間辺ら [24] の研究では、天秤とオンライン天秤を使用し選択ソート、挿入ソート、クイックソートを対象に比較実験を行い教具の違いによるアルゴリズムの理解度（データを並び替える手順）の差はみられないことが明らかにされている。そのため、AR 天秤を使用し選択ソート以外のソートアルゴリズムの学習も可能である。しかし、AR 天秤に搭載した比較回数をカウントする機能によりアルゴリズムの計算量の理解について差がみられる可能性があるため、今後検証を進めていきたい。

また、CS アンプラグドでは、コンピュータ科学の内容を初心者が理解できるようにするために、教材や教え方を工夫するほかに、その題材の本質だけを吟味して伝えている。ソートアルゴリズムの学習では、アルゴリズムの理解として本質的な「決められた手順で比較を繰り返すことで値を並べ替える」ことを体験的に学習できる一方、プログラムを実装するための知識である「一個の配列を使って並べ替えを行う」という制約は設けていない。その結果、選択ソートであれば「データの集まりからいちばん大きな値を選ぶ」、クイックソートでは「ある値より大きい小さいかで左右の集まりに分ける」のような集合的な操作が可能になり、「2 個の値を一時的な変数を介して交換する」「途中で値を挿入するために要素をシフトして空ける」「途中の値を削除した後で要素をシフトして詰める」といった実装上の配列操作の理解が不要になり、アルゴリズムそのものの理解を行いやすくなることができている。本研究ではこのような理由からデータの並びに関する支援は行っていないが、バブルソートのように一列の並びを前提にしたソートが存在することと、将来学習したアルゴリズムをプログラムとして記述する際には配列の理解が必要になることから、今後はデータの並びに対する操作の支援を検討していきたい。

今回の検証では大学生と高校生を対象に進めたが、CS アンプラグド自体は小学校 4 年生から活用可能であることが報告されている [111]。また、小学生を対象としたイベントで、小学 4 年生以上の児童が AR 天秤を使って選択ソートによる並び替えができることは確認できている。AR 天秤を使用することで、通常の天秤よりも興味を持ち楽しく並び替えを行っていた、このことから、今回提案した AR 天秤を使用し、小学 4 年生以上の児

童・生徒がアルゴリズムを学習できる可能性がある。小学校段階への適応に関する検証については、今後の課題である。

第5章

高等学校段階における実用的なアプリ開発環境の検討

5.1 はじめに

前章では、コーディングによる学習時の課題である「長く複雑なプログラムは間違えずに入力することに集中してしまい、プログラムの考え方を学習できない」点を解決する教材の検討を行い、CS アンプラグドのソートアルゴリズム学習に着目し、既存の教材をAR技術を用いて拡張を行ったAR天秤を提案した。

本章では、数値計算やソートアルゴリズムなどのプログラムの基礎を学んだ後に、学んだ内容が身近な場所でどのように利用されているのかを体験的に学習するために行う実用的なアプリケーション開発に着目し、開発環境の検討を行う。

実用的なアプリケーション開発を行う場合、開発元や企業等が提供するSDKやライブラリを使用することが多い。しかし、それらはプログラマが使用するものであるため、プログラミングの初学者が扱うのは容易ではない。また、プログラムが長く複雑になり理解が難しいため、プログラムを入力することに集中してしまいプログラミングの学習ができないことが指摘されている。これら点を解決する開発環境の検討を行い、提案環境の実用性を教育実践を通して明らかにする。

5.2 実用的なアプリ開発を行う題材の検討

初等中等段階でプログラミング教育が必修となった背景として人工知能(AI)などの第4次産業革命による社会や生活の変化があげられる。人工知能を活用したデバイスが多く登場しているが、その1つにスマートスピーカーがある。スマートスピーカーは人工知能による音声認識技術により利用者が発した音声を解析し、特定の発話に応じてスキルと

呼ばれる適切なアプリケーション（以下、アプリ）を起動・操作するデバイスである。音声認識を行う人工知能や起動するアプリはサーバー上に存在する。スマートスピーカーは発話を認識するとネットワークを介して人工知能やアプリとやり取りをする。スマートスピーカーで動作するアプリは、開発元が提供しているソフトウェア開発キット（SDK）を利用することで、自ら開発することも可能である。

そこで、スマートスピーカーで動作するアプリ開発を通して、外部ライブラリや Web API を利用したプログラミングの体験と学習ができるのではないかと考えた。スマートスピーカーのアプリを開発するためには、音声認識を行うためのライブラリを利用する。また、天気予報や電車の運行案内を知らせるアプリでは、Web API での問い合わせによりインターネット上で公開されているデータを取得し、そのデータを加工し、利用している。

高等学校の新学習指導要領における共通教科「情報」[10]では、外部ライブラリや人工知能を用いて問題を解決するためのプログラミングが扱われており、生徒がスマートスピーカー上で動作するアプリを開発することは題材として適していると考えられる。実際にプログラミングを専門とした大学生や高専生を対象にアプリの開発を通してプログラミングの学習を行った実践 [79][80] が報告されている。一方で、アプリ開発は開発元が提供している SDK を用いて行う必要があるため、そのままでは生徒がプログラムを作成することは難しい。専門的なプログラミングの知識を必要としない開発環境も存在する [81][82][83][84][85][86] が、プログラムを活用したアプリ開発の学習には必ずしも適していないと考えられる。

本研究では、プログラミングを専門としない生徒に適したスマートスピーカーのアプリ開発環境を提案する。提案する環境を用いて高等学校で授業を行い、生徒がスマートスピーカーで動作するアプリを開発することが可能であることを検討する。

5.3 スマートスピーカーのアプリ開発

5.3.1 標準的な開発方法

スマートスピーカーのアプリは、開発元が提供している SDK を用いて開発を行う。アプリの開発手順は使用するスマートスピーカーによって異なるが、主に JavaScript (Node.js) や Python などのプログラミング言語を使用する。図 5.1 に代表的な開発手順を示す。音声認識を行う人工知能には音声を認識する際に名詞を記述した辞書が必要となる。辞書への登録は、スマートスピーカーの開発元が提供しているサポートページで行う場合が多い。

スマートスピーカーのアプリ開発は国内外で行われている。アプリの開発は、スマート

1. 開発環境のアカウントを取得するか PC にインストールする
2. 開発元のサーバーに情報を登録する
 - 開発者 ID
 - アプリが動作するサーバー, アプリ名など
 - アプリで音声認識する単語
3. アプリの機能をプログラミングで開発する
4. 実機でテストする

図 5.1 スマートスピーカーの一般的な開発手順例

スピーカーの開発元が提供している SDK をダウンロードしてローカル環境で開発を行う方法 [112] や、開発元が提供する環境を利用してオンライン上で開発を行う方法 [81][113] が用いられている。図 5.2 に LINE 社が提供する SDK[112] を用いて記述した例を示す。図 5.2 は「和食」と呼びかけられたら「寿司はいかが?」と返答し、「洋食」と呼びかけられたら「オムライスはいかが?」と返答するプログラム例である。

提供される SDK を利用する場合、複数の命令呼び出しやイベント処理、分岐を組み合わせた複雑なプログラムを記述する必要がある。また、Web API を利用する場合は、JSON 形式や XML 形式でデータを取得し、それをプログラム中で扱えるように別途処理を行う必要がある。そのため、生徒には難易度が高く授業で扱うことが難しいという課題があった。

5.3.2 教育に適したアプリ開発環境の提案

通常の言語でも、煩雑な部分を隠蔽するライブラリを用意することで、ある程度簡略化した記述が可能になる。図 5.3 は図 5.2 の定型的な部分をライブラリ化して隠蔽することで最大限に簡略化したプログラム例である。図 5.2 よりは簡潔に記述することができるが、高校生にとって記述することは簡単ではない。

そこで、Web ブラウザ上で動作し、プログラムの編集やサーバーの用意を支援する環境を開発している [114][115]。図 5.2 にプログラム例を図 5.4 に示す。この環境では入力語に応じた関数定義を記述することで、図 5.2 や図 5.3 のような文字列比較や条件分岐を記述せずに、プログラムを記述できる工夫を行った。また、Web API で取得した JSON 形式のデータをオブジェクトのプロパティによる木構造データの形で格納することで、「天気データ:wind:speed」のような簡潔な記述で扱えるようにした。

```
const clova=require('@line/clova-cek-sdk-nodejs');
const express=require('express');
const bodyParser=require('body-parser');
const clovaSkillHandler = clova.Client
  .configureSkill()
  .onLaunchRequest(responseHelper=>{
    responseHelper.setSimpleSpeech({
      lang: 'ja',
      type: 'PlainText',
      value: ' カスタムスキルを起動しました',
    });
  }).onIntentRequest(async responseHelper=>{
    const intent=responseHelper.getIntentName();
    const slots=responseHelper.getSlots();
    if(intent=='customIntent'){
      if(slots['customSlot']==' 和食'){
        responseHelper.setSimpleSpeech(
          clova.SpeechBuilder.createSpeechText(' 寿司はいかが? ')
        );
      } else if(slots['customSlot']==' 洋食'){
        responseHelper.setSimpleSpeech(
          clova.SpeechBuilder.createSpeechText(' オムライスはいかが? ')
        );
      }
    }
  }).handle();
const clovaMiddleware = clova.Middleware({
  applicationId: "xxx.yyy.zzz"
});
const app = new express(); app.post(
  '/clova',
  clovaMiddleware,
  clovaSkillHandler
);
```

図 5.2 提供される SDK で作成した JavaScript のプログラム例

```
const clova=require('./clova');

clova.listen('xxx.yyy.zzz', (intent,slots)=>{
  if(intent=='customIntent'){
    if(slots['customSlot']=='和食'){
      clova.say('寿司はいかが?');
    } else if(slots['customSlot']=='洋食'){
      clova.say('オムライスはいかが?');
    }
  }
});
```

図 5.3 専用ライブラリで簡略化した JavaScript のプログラム例

和食 = 「クローバー！"寿司はいかが？" 話す」。
洋食 = 「クローバー！"オムライスはいかが？" 話す」。

図 5.4 提案する開発環境でのプログラム例

5.4 スマートスピーカーのアプリ開発支援環境

5.4.1 概要

図 5.5 に、提案する開発環境のシステム構成図を示す。このプログラム開発支援環境は、Web ブラウザ上で動作し、プログラムの編集やサーバーへのプログラムの登録を支援する。開発環境は開発者が提供するサーバーから自動的にダウンロードされて実行されるため、端末への開発環境の事前のインストールは不要である。対応するスマートスピーカーとしては、現在は LINE Clova[116]（以下、Clova）用の開発環境に対応している。

開発環境を学校等の授業で利用する場合には、教員が自身の LINE アカウトを使い、LINE 社のサーバに授業 ID や授業で使用する単語を登録する。生徒は教員が登録した情報を利用してアプリ開発を行えるため、生徒ごとの登録は不要である。

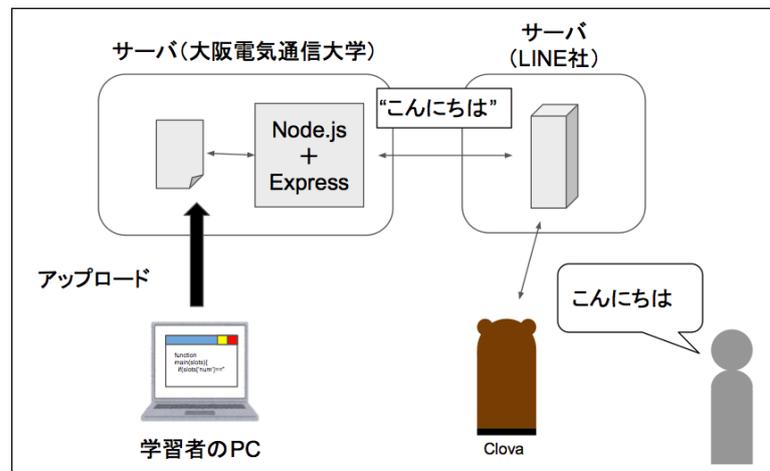


図 5.5 提案システムの構成図

5.4.2 プログラムの編集と実行

図 5.6 に、Web ブラウザ上で動作するプログラムの編集画面を示す。行番号のある部分はテキストエディタになっており、プログラムを入力する。プログラムの保存や読込、動作確認や実機へのアップロードもエディタ上部のボタンを押すことで行う。

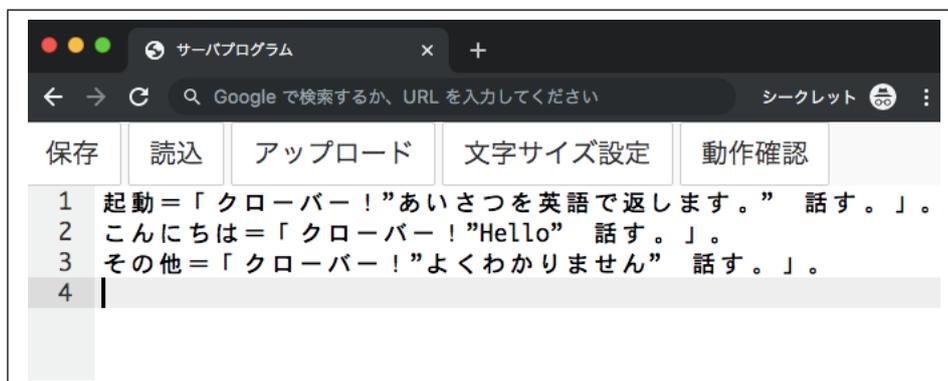


図 5.6 プログラムの編集画面

プログラムの実行は、Web ブラウザ上で実行する方法と実機で実行する方法の 2 種類がある。Web ブラウザ上で実行する場合は、エディタ上部の「動作確認」ボタンを押す。Web ブラウザ上にチャット風の画面 (図 5.7) が現れ、スマートスピーカーに呼びかける言葉をキーボードから入力し、送信ボタンを押すことで入力に対する動きを確認することができる。実機で実行する場合は、「アップロード」ボタンを押す。続いて実機に対応する ID を入力することで、作成したアプリがサーバーにアップロードされる。これにより、特定のスマートスピーカーからアプリを呼び出すことができるようになる。



図 5.7 プログラムの動作シミュレーション画面

5.4.3 プログラミング言語の対応

プログラムを記述する言語はドリトル [37] に対応している。ドリトルは、教育用に開発されたプログラミング言語であり、高等学校で多くの実践事例 [45][46][117] がある。

Clova のプログラムは、入力語に対応した処理を関数で定義する形で作成する。図 5.8 に、人が「天気」と話しかけると、Clova が「今日は晴れです」と話すプログラム例を示す。「=」の左辺は関数名であり、右辺の「」のブロック内に関数の動作を定義する。

```
天気 = 「クローバー！"今日は晴れです" 話す。」。
```

図 5.8 「天気」という入力語に応答するプログラム例

この例のように、単純なプログラムについては 1 行で記述することができる。プログラムを簡潔に記述できるようにするために、次の点を工夫した。まず、入力語と対応する動作を、関数名と関数の本体に記述できるようにした。実行時は、入力語に対応する関数が自動的に実行されるようにした。入力語に応じた分岐処理を記述する必要がなくなったことで、プログラムを大幅に簡略化して記述できるようになった。

機能は継続して開発を進めている。入力語に対応した関数の実行は、当初は単一の語に

限定していたが、執筆時点では形態素解析を行うことで「大阪の天気」のような複数の語が含まれる入力に対応している。また、入力語の履歴を検索することで、「大阪」という入力語の後の会話で「天気」が入力されたときの動作を定義できるようにした。

5.4.4 Web API を利用したデータの取得

提案するプログラム開発支援環境では、インターネットのサーバーと通信するためのドットルの Web クライアントオブジェクトを利用して、Web API を使用したプログラムを作成できる。図 5.9 に、OpenWeatherMap[118] が提供している API を利用し、全世界の気象データを取得するプログラム例を示す。大阪府の気象データを取得するには、指定する URL 中に「q=Osaka, jp」のように検索条件を記述する。このように URL と GET リクエストをプログラム中に記述することで、プログラミング言語に用意されたライブラリ関数だけでなく、インターネットで公開されている API をプログラム中から呼び出して利用することが可能であることを意識させることができる考えた。

```
api1="https://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q="。  
api2=",jp&units=metric&appid=XXX"。  
大阪=「  
  天気データ= Web クライアント! (api1 +"Osaka"+ api2) 作る。  
  クローバー! (天気データ! 気温?) 話す。  
」。
```

図 5.9 大阪府の気象データを取得するプログラム例

OpenWeatherMap では、観測地の座標、天気、気温、気圧、風速、等の気象データを取得できる。JSON 形式で取得したデータ例を図 5.10 に示す。利用頻度が高い気温系のデータについては、生徒が利用しやすいように表 5.1 の命令を用意した。「天気データ! 気温?」のように記述することで簡潔に気温を取得できる。気温以外のデータを取得する場合は「風速=天気データ:wind:speed」のように記述することで任意のデータを取得できるようにした。この例を図 5.10 の JSON 形式のデータに適用すると「"wind": "speed": 4.1, "deg": 310」の部分から風速のデータを取得し、「4.1」という値を返す。

```
{
  "coord":{"lon":135.5,"lat":34.7},
  "weather":[{"
    "id":520, "main":"Rain",
    "description":"light intensity shower rain",
    "icon":"09d"
  }],
  "base":"stations",
  "main":{"
    "temp":17.67, "pressure":1007, "humidity":77,
    "temp min":13.33, "temp max":20
  },
  "visibility":10000,
  "wind":{"speed":4.1, "deg":310},
  "clouds":{"all":75},
  "dt":1573457720,
  "sys":{"
    "type":1, "id":8032, "country":"JP",
    "sunrise":1573421237, "sunset":1573459002
  },
  "timezone":32400,
  "id":1853909,
  "name":"Osaka",
  "cod":200
}
```

図 5.10 Web API で取得した JSON 形式データの例

表 5.1 天気データの取得に用意した命令の例

命令	動作
気温？	取得したデータから気温を読み込む。
最高気温？	取得したデータから最高気温を読み込む。
最低気温？	取得したデータから最低気温を読み込む。

5.5 高等学校での実践

5.5.1 実践の概要

提案するスマートスピーカーのプログラム開発支援環境を利用し、高校生がスマートスピーカー専用のアプリを開発することができることを確認するために高等学校の授業で利

用した。学習者の前提知識として、基本的なプログラムの動きや Web ページの閲覧時にサーバーとやり取りが行われていることは情報の授業で学習済みである。

対象は総合学科の高校3年生14名である。授業を行った科目は選択科目であり、生徒はドリトルによるプログラミングを体験している。授業はスマートスピーカーのアプリ開発を体験することを目的とした。体験を通してスマートスピーカーのアプリを自ら開発できることや、音声認識やアプリの実行はネットワークを介して行っているといったスマートスピーカーの仕組み、Web上で公開されているデータを使用することができるWeb APIがある、といったことについて知ることができると考えた。授業計画を表5.2に示す。

表5.2 授業計画

時限	実施内容
1	入力後に対して決まった応答を返すプログラム
2	複数の入力後ごとに応答を返すプログラム
3	ランダムな応答を返すプログラム
4	Web API を利用して気温を返すプログラム
5	Web API で気温以外の情報を返すプログラム
6	Web API で幅広い地域の気象情報を返すプログラム
7	振り返りと授業アンケートなど

スマートスピーカーは Clova を1台用意した。教員が指定した生徒が実機への転送を行い、アプリの動作を確認した。

5.5.2 スマートスピーカーが話すプログラム（第1, 2時）

第1, 2時限目の授業では、スマートスピーカーの基本的な動きを理解するために、人の呼びかけに応じてスマートスピーカーが話すプログラムを作成した。

第1時限目は使用する開発環境の使用方法を説明した後、アプリ起動時にスマートスピーカーが話す言葉や特定の言葉呼びかけた時に話すプログラムを作成した。音声認識やアプリの実行がサーバー上で行われていることについてはスライドを見せながら説明した。

第2時限目は、前時限の内容をふまえて血液型診断をするアプリや夕食を提案するアプリを作成した。夕食を提案するアプリのプログラム例を図5.11に示す。このプログラムは、「お腹すいた」、「和食」、「洋食」、「中華」の単語をスマートスピーカーに呼びかけると、それぞれの単語に対応した言葉を話す。それ以外の言葉を話しかけると、「夕食は、トムヤムクンです」と話す。例えば、アプリを起動し、「和食」と呼びかけると、スマートスピーカーが「夕食は、肉じゃがです」と話す。

お腹すいた＝「
クローバー！"和食，洋食，中華のどれを食べたい？" 話す。
」。
和食＝「クローバー！"夕食は肉じゃがです" 話す」。
洋食＝「クローバー！"夕食はオムライスです" 話す」。
中華＝「クローバー！"夕食は餃子です" 話す」。
その他＝「クローバー！"夕食はトムヤムクンです" 話す」。

図 5.11 夕食を提案するアプリのプログラム例

5.5.3 乱数を利用したプログラム（第 3 時）

第 1, 2 限目で扱ったプログラムは，同じ単語を何度呼びかけてもスマートスピーカーは同じ言葉を話すものであった．そこで第 3 時限目は同じ単語でも呼びかけるごとにスマートスピーカーが話す言葉を変えられることを体験するために，乱数の値を利用したプログラムを作成した．まず，あらかじめ用意しておいたサンプルプログラムを生徒全員が入力・実行し，プログラムがどのような動きをするのかを確認した．その後，前時限で作成した夕食を提案するアプリ（図 5.11）を乱数の値によって提案する料理を変更できる形に改良した．生徒が改良したプログラムの一部を図 5.12 に示す．

お腹すいた＝「
クローバー！"和食，洋食，中華のどれを食べたい？" 話す。
」。
和食＝「
数＝乱数 (3)。
「数＝1」！なら「クローバー！"夕食は肉じゃがです" 話す」実行。
「数＝2」！なら「クローバー！"夕食は筑前煮です" 話す」実行。
「数＝3」！なら「クローバー！"夕食はサバ味噌です" 話す」実行。
」。

図 5.12 ランダムな結果を返すプログラム例

5.5.4 Web API を利用したプログラム (第4, 5, 6時)

第4, 5, 6時限目は、企業などが公開・提供しているデータをプログラムで利用する技術があることを体験するために、Web API を利用したプログラムを作成した。今回はスマートスピーカーで利用されており、生徒に身近な気象データを取得する Web API を利用した。

第4時限目は、Web API の概要について説明後、生徒全員で図 5.9 の大阪府の気温を取得するサンプルプログラムを入力・実行し、プログラムの動きを確認した。動きを確認後、プログラム中に記載されている Web API の URL を Web ブラウザでアクセスし、データがどのような形式で取得できるのか、どのようなデータが取得できるかを確認した。その後、生徒は大阪府以外の都道府県の気温を取得する課題に取り組み、気温に応じてスマートスピーカーが話す言葉を変えるアプリを作成した。プログラム例を図 5.13 に示す。このプログラムは、「大阪」と呼びかけると、大阪府の気温を取得し、取得した気温が 25 度より低いときにはスマートスピーカーが「今夜はチゲ鍋はいかがでしょう」と話し、そうでないときは「今夜は素麺はいかがでしょう」と話す。

```
api1="https://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q="。  
api2=",jp&units=metric&appid=XXX"。
```

大阪=「

天気データ= Web クライアント! (api1 + "Osaka" + api2) 作る。

「(天気データ! 気温?) < 25」! なら「

クローバー! "今夜はチゲ鍋はいかがでしょう" 話す。

」そうでなければ「

クローバー! "今夜は素麺はいかがでしょう" 話す。

」実行。

」。

図 5.13 取得した気温によって処理を変更するプログラム

第5時限目は、Web API で取得できる気象データを復習後、気温以外のデータを取得するプログラムを作成した (図 5.14)。加えて、前時限までは取得した気温を話すことしかできなかったが、今回は取得したデータと文字列を組み合わせるプログラムも扱った。生徒は気圧や天気を取得する課題に取り組んだ後、乱数を組み合わせてスマートスピーカーが天気に応じたおすすめスポットを話すアプリを作成した。

第6時限目は、前時限の内容を復習した後に対話的なプログラムを作成した。プログラ

```
api1="https://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q="。  
api2=",jp&units=metric&appid=XXX"。
```

```
大阪=「  
  天気データ= Web クライアント! (api1 + "Osaka" + api2) 作る。  
  クローバー! ("大阪の風速は" + 天気データ:データ:wind:speed + "です") 話す。  
」。
```

図 5.14 大阪の風速を取得するプログラム

ム例を図 5.15 に示す。これは、アプリ起動時に「気象情報を知りたい地名を教えてください」とスマートスピーカーが話し、「札幌」か「沖縄」と呼びかけると、呼びかけられた場所の気温を取得し、スマートスピーカーが話すプログラムである。生徒は図 5.15 のサンプルプログラムを入力し、動作を確認後、課題として他の都道府県や海外の都市の気象データを取得するプログラムを作成した。

```
api1="https://api.openweathermap.org/data/2.5/weather?q="。  
api2=",jp&units=metric&appid=XXX"。
```

```
起動=「クローバー! "気象情報の地名を教えてください" 話す」。  
札幌=「場所="札幌"。クローバー! "何を知りたいですか" 話す。」。  
沖縄=「場所="沖縄"。クローバー! "何を知りたいですか" 話す。」。
```

```
気温=「  
  「場所=="札幌"」!なら「  
    天気= Web クライアント! (api1 + "Sapporo" + api2) " 作る。  
    クローバー! ("札幌の気温は" + (天気! 気温?) + "です") 話す。  
  」実行。  
  「場所=="沖縄"」!なら「  
    天気= Web クライアント! " (api1 + "Okinawa" + api2) 作る。  
    クローバー! ("沖縄の気温は" + (天気! 気温?) + "です") 話す。  
  」実行。  
」。
```

図 5.15 対話的に天気を話すプログラム例

5.5.5 授業アンケート（第7時）

第7時限目は、生徒に対してアンケートを実施した。質問項目を図5.16に示す。Q1～Q6は、授業への興味・関心を問う質問である。生徒は1～5の5段階で回答する。質問に対して全く当てはまらない場合は「1」、当てはまる場合は「5」の数字を選択する。Q7～Q8は、記述式で回答する。Q7は作成したいスマートスピーカーのアプリについて問う質問である。スマートスピーカーでできることと、できないことを理解していれば、実現できるアプリや使用されている技術を適切に回答することができると考えた。Q8はWeb APIについて問う質問である。Web APIが企業等が提供しているデータをプログラムで利用するためのものであることを理解していれば、Web APIを利用したアプリを想定し回答することができると考えた。生徒には口頭で思いっただけ記述するように伝えた。Q9は、今回の授業についての感想などを自由記述で回答する。

- | |
|---|
| <p>Q1. 授業は楽しかった</p> <p>Q2. 授業内容について関心をもった</p> <p>Q3. このような授業を今後も受けてみたいと思った</p> <p>Q4. 授業の学習内容について理解できた</p> <p>Q5. 授業の学習内容は難しかった</p> <p>Q6. 授業を受けて、新しいことを学ぶことができた</p> <p>Q7. 今後の授業で、Clovaを使ったどんなアプリ（スキル）を作ってみたいですか。「～を作りたい」「～を作れるようにしてほしい」など具体的に書いてください。</p> <p>Q8. 今回作成した天気のように、ネットで提供されているデータやサービスを利用しているスマホやパソコンのアプリには何があるでしょうか。（複数回答可）</p> <p>Q9. 感想や意見、気づいたことなど、何かありましたら自由に書き込んでください（自由記述）。</p> |
|---|

図5.16 アンケートの質問項目

5.6 実践した結果

5.6.1 授業内容に関する評価 (Q1~Q6, Q9)

生徒に対して行った Q1~Q6 のアンケート結果を図 5.17 と表 5.3 に示す。1~5 の数のうち選択した数字が大きいほど、「当てはまる」と生徒は回答している。

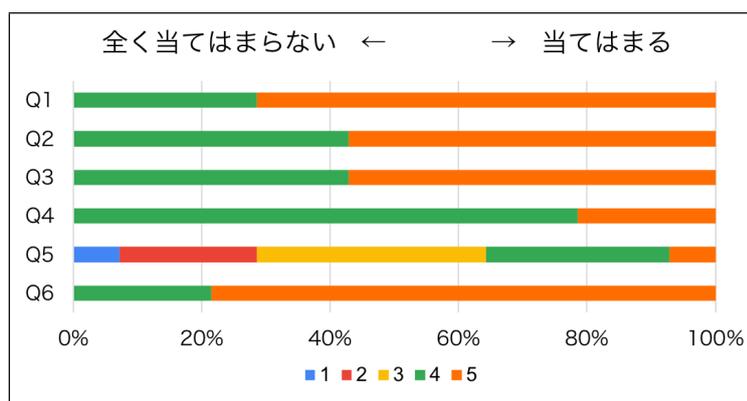


図 5.17 アンケート結果 (Q1~Q6, N=14)

表 5.3 質問ごとの回答数 (Q1~Q6, N=14)

質問	1	2	3	4	5
Q1	0	0	0	4	10
Q2	0	0	0	6	8
Q3	0	0	0	6	8
Q4	0	0	0	11	3
Q5	1	3	5	4	1
Q6	0	0	0	3	11

Q1~Q4 と Q6 では、1~3 を選択した生徒はいなかった。Q1, Q2, Q3, Q6 は 5 (当てはまる) を選択した生徒が半数以上を占めていることから、今回の授業は生徒にとって新しい内容で楽しく関心を持って取り組める内容であったことがわかる。

授業の内容について理解できたかを問う Q4 では 4 を選択した生徒が 11 名 (42%), 5 を選択した生徒が 3 名 (21%) だったことから、内容についても理解することができた生徒が思えたことがわかる。

授業の難易度を問う Q5 では、それぞれ 1 が 1 名 (7%), 2 が 3 名 (21%), 3 が 5 名 (35%), 4 が 4 名 (28%), 5 が 1 名 (7%) 選択していたことから、生徒にとって適切な

難易度であったことがわかる。

Q9 に対する回答を図 5.18 に示す。Q9 は自由記述とし、授業の感想や意見などを問う質問である。生徒の感想から、スマートスピーカーの裏側で動作する音声認識の人工知能や Web API など新しい技術を学ぶことができた授業になっていることがわかった。

最近になってよくスマートスピーカーという言葉を目にするのが増えましたが、そのアプリを実際に作ることができるのに感動しました。めったに触れる機会のないことなので、それを授業でできて、とても良い経験になりました。
天気がどのように調べられて自分に届くのか詳しく知ることができてよかった
自分の知らないことや知らない技術を学ぶことができてとても有意義で楽しかった
自分好みにカスタマイズするのが楽しかった。ただ、もっと作り変える時間が欲しかった。

図 5.18 生徒の感想 (Q9, 自由記述)

5.6.2 スマートスピーカーに関する理解度 (Q7)

Q7 は「今後どのようなスマートスピーカーのアプリを作りたいか」を問う質問である。スマートスピーカーが行えることを理解していれば、実現可能なアプリを回答することができると考えた。生徒の回答を表 5.4 に示す。いずれの回答もスマートスピーカーで実現可能なアプリを回答していることから、生徒はスマートスピーカーでできることと、できないことを理解していることがわかる。

5.6.3 Web API に関する理解度 (Q8)

Q8 は Web API が利用されているサービスについて問う質問である。Web API がどのような場面で利用されるのかを理解していれば、利用されているサービスを想定し回答することができると考えた。回答を表 5.5 に示す。

13 件の回答を見ると、PC やスマートフォンなどのアプリケーションからインターネットのサービスを利用する可能性のあるサービスを回答していることから、生徒は Web API を利用したアプリ開発を通して、Web API が Web 上で提供されているデータをプログラムで利用する仕組みがあることを学ぶことができたことがわかる。

表 5.4 生徒が作成したいアプリ (Q7, N=14)

生徒の回答	回答数
音楽を再生するアプリ	4
時間割を確認するアプリ	3
しりとり	1
スポーツ結果の速報	1
服装提案	1
友達からのメッセージを知らせる	1
本の朗読	1
質問に答えることで旅行先を提案するアプリ	1
都道府県ごとの方言を喋るアプリ	1

表 5.5 Web API が利用されていると思うサービス (Q8, 複数回答)

生徒の回答	回答数
地図 (Google Map も含む)	4
電車の乗り換え, 運行情報	2
株価	1
占い	1
世界各国の標準時間	1
カーナビ	1
Amazon	1
Yahoo!	1
Safari	1

5.6.4 教員への聞き取り調査による評価

授業を担当した教員 2 名に対して, インタビュー調査を行った. 回答を図 5.19 に示す. インタビュー調査は第 3 時と第 7 時の終了後に, 口頭で授業について聞き取りを行った.

インタビュー調査から, 生徒は面白そうに実習に取り組んでおり, スマートスピーカーを活用した授業について教員は好感をもっていることがわかった. 生徒が記述するプログラムの難易度については, ドリトル言語で記述できることによりちょうどよい難易度であると感じていることがわかった. また, 世界の気象データを取得できる Web API を利用したプログラムについては, 気候区分など地理との教科横断的な学びの可能性を見出すこ

とができた。また、スマートスピーカーを単独で活用するだけでなく、他の製品やサービスと連携した教材を求めていることがわかった。

生徒の様子について

- 生徒は面白そうに取り組んでいた。
- 生徒は Clova に話させる言葉を何にしようかと考えていた。

授業の展開について

- 第1, 2時限目の授業で「話すだけだと面白くない」ということに気づかせることが、発展していく上で重要になる。
- 第3時限目の授業で Clova に話させる言葉は、生徒がすぐに思いつく題材にする必要があると感じた。乱数を利用するにあたって多くの言葉を扱う必要がある場合、「料理」は調べることができるので適しているが、「天気」や「あいさつ」は選択肢が少ないため扱うのは難しい。
- Clova が話すだけでなく、もう少し展開が広がるとよいと感じた。その点で Web API を利用することで色々と幅が広がるのでよかった。
- Web API によって世界の国々の気象データを取得できるため、気候区分など地理との教科横断的な授業が可能になるかもしれない。

授業でスマートスピーカーを活用することについて

- JavaScript は難しかったので、システムがドリトルに対応していてよかった。
- 今回の授業を情報 I で実施する場合は、時数的に難しいかもしれないため、情報 II のほうが活用しやすいと感じた。
- 今の高校生にはちょうどよい難易度であるが、数年後の高校生には簡単すぎるかもしれない。
- 高校では実用的な技術に寄っていきたいため、Clova を単独で利用するのではなく、API や機器、ブラウザ、スマートフォンと連携するような教材にするとうい
- 実際にあるものの仕組みを見せるという意味で、家電の制御ができればよい。

図 5.19 教員のコメント

5.7 考察

第7時限目に実施した生徒へのアンケート結果と教員へのインタビュー調査から、スマートスピーカーのアプリ開発を題材にした授業について考察する。

生徒へのアンケート結果から、スマートスピーカーのアプリ開発を題材にした授業は楽しく関心を持って取り組める内容であったことを確認した。また、作成したいスマートスピーカーのアプリを問う質問についてほとんどの生徒が適切な回答をしていたことから、スマートスピーカーのアプリ開発を通して、スマートスピーカーができることを学ぶことができたといえる。スマートスピーカーは音声で何かを伝えると返答する仕組みだと考える生徒もいた。これは、使用したスマートスピーカーの台数の関係上、プログラムの確認を画面上で実行することが多かったため、スマートスピーカーがネットワーク通信を行い、アプリを実行していることを意識させにくかったことが理由の1つとして考えられる。そのため、作成したアプリをスマートスピーカーで複数回、実行する必要があると考えられる。

Web API について問う質問についてもほとんどの生徒が適切な回答をしていた。Web API としてデータを提供している企業名や機器をあげた回答も、Web API が企業などが Web 上で公開・提供しているデータをプログラムで利用する技術であることは理解していると考えられる。また、自由記述による感想 (図 5.18) で「天気がどのように調べられて自分に届くのか詳しく知ることができてよかった」、との記述があることから、生徒は Web API について体験的に学ぶことができたことが読み取れる。

教員へのインタビュー調査から、生徒が面白そうに実習に取り組んでいることを確認した。インタビューではスマートスピーカーを活用した授業について様々な提案があったことから、教員がスマートスピーカーのアプリ開発を題材にした授業について、好意的な印象を持っていることが読み取れる。また、「JavaScript では難しかったので、システムがドリトルに対応していてよかった」との発言があったことから、提案するプログラム開発支援環境を利用する事で高校生がスマートスピーカーのアプリを開発できたことを確認した。

5.8 まとめ

本章では、「プログラミング初学者が SDK を扱いアプリ開発を行うことは難しい」点と「プログラムが長く複雑になるため理解が難しく、入力することに集中してしまう」点を解決する開発環境の検討を行い、プログラミングを専門としない生徒に適したスマートスピーカーのアプリ開発環境を提案した。高校生を対象にした実践により、提案する環境を

用いて生徒がスマートスピーカーで動作するアプリを開発することが可能であることを明らかにした。

開発環境を Web ブラウザ上で動作し、教育用プログラミング言語に対応することで、学校現場に導入する際の課題を解決できた。高等学校で授業を行い、生徒へのアンケート結果と教員へのインタビューにより、高校生がスマートスピーカー専用のアプリを開発できることを確認した。また、Web API を利用したスマートスピーカーのアプリ開発を通して、Web API が Web 上で提供されているデータをプログラムで利用する仕組みであり、どのような場面で利用されているのかを生徒が学ぶことができたことを確認した。

今回の検証では、高校生を対象に開発環境の実用性を確認した。その一方で小・中学校段階においても、人工知能が生活で活用されていることを実体験することが重視されている。小学校ではプログラミングの体験を通して、人工知能が生活で活用されていることに気づくことに期待されており、中学校では人工知能を活用して生活や社会での課題を解決する学習活動が求められており、スマートスピーカーはその題材となり得る。

提案する開発環境でプログラム作成時に使用するプログラミング言語「ドリトル」は、小学校や中学校でも多く活用されてきたプログラミング言語である。そのため、小学校高学年から中学校にかけての児童・生徒に対しても今回提案した開発環境を利用することで人工知能の技術を利用した実用的なアプリケーション開発を行える可能性がある。小・中学校段階を対象とした活用については、今後検証を進めていきたい。

第6章

結論

本論文では、日本の初等中等段階におけるプログラミング教育の現状と課題を踏まえ、学習内容の本質を学ぶための教材の検討を行った。多くの初等中等段階におけるプログラミング教育の学習内容の中から、プログラミングの基礎となる「基本的な制御構造やデータ構造」と、これらを理解した上で学習が行われる「アルゴリズム」、さらに応用的な「実用的なアプリケーション開発」の3つの学習内容に関する課題に着目し、先行研究で指摘された課題を解決する教材を提案した。授業実践を通して提案した教材や開発環境の効果を検証した。

第3章では、児童・生徒がコーディングによりプログラミングの考え方や制御構造、データ構造を学習する際に課題となる「コード以外の事やエラーを解消することに夢中になったり、偶然実現した動きに満足してしまいプログラミングの考え方を学習できない」点を解決するために、コーディングから離れて考え方を学習する方法として、問題を解くことでプログラミングの考え方を思考し、体系的に学ぶことができるドリル教材を提案した。提案するドリル教材による学習効果について、小学校低学年を対象に検討を行った。ドリル教材による学習の実施前と実施後の理解度テストの比較により、ドリル教材を取り組むことを通して、順次処理の概念を理解した上でタートルグラフィックスの概念やプログラミング的思考の要素の1つである「命令を組み合わせてプログラムを作成する」ことを理解できることがわかった。小学校低学年の児童が理解できたことから、小学校中学年以上の児童も同様の学習効果が得られる可能性が示唆される。ただし、今回は順次処理の概念を検討したため、その他の反復処理や分岐処理、変数等の理解に関しては、今後検討を進めていく必要がある。また、問題の難易度を調整することで、中学校、高等学校の生徒にも本教材にてプログラミングの概念を学習できる可能性がある。これらに関しては、今後検討を進めていきたい。

第4章では、コーディングによるアルゴリズム学習時の課題である「プログラムを間違えずに入力することに集中し、考え方を学習できない」点に対する解決方法の1つとし

てコーディングから離れて考え方を学習する教材の1つであるCSアンプラグドの学習法のソートアルゴリズム学習に着目した。既存のソートアルゴリズム学習教材に存在した課題である「作業と同時に比較回数を数えることが難しい」点と「教具の準備に時間がかかる」点を解決するために、実世界と仮想世界を端末の画面上で統合したAR天秤を提案した。AR天秤の学習効果について大学生と高校生を対象に検討を行った。情報科学を専門としない大学生を対象に選択ソートとクイックソートの学習を行い、学習後に実施した理解度テストを比較して、使用する教材によって学習効果に差が出るかを確認した。これにより、AR天秤が既存の天秤とおもりを使用する場合と同等に選択ソートの手順を理解できること、AR天秤を使用した場合にクイックソートの手順の理解が向上することが明らかになった。また、高校生を対象に実践を行い、アンケートからAR天秤が既存の教材と同等以上に授業で活用できることがわかった。

第5章では、数値計算やアルゴリズムなどを学習した後に、学習した内容が身近な場所でのように利用されているのかを体験的に学習するために行う実用的なアプリケーション開発に着目した。学習時の課題となる「実用的なアプリケーション開発は、プログラミングの初学者が行うのは容易ではない」、「プログラムが複雑で理解が難しいためにプログラムを入力することに集中してしまい学習ができない」点に対して、スマートスピーカー専用のアプリケーションを開発するプログラム開発環境を提案した。提案環境を用いることで、外部ライブラリやWeb APIを利用したプログラムを体験することが可能かを、高校生を対象に検証した。授業実施後の生徒へのアンケート調査と教員への聞き取り調査により、高校生が提案環境でアプリ開発が可能であり、人工知能を題材とする外部ライブラリやWeb APIを扱うプログラムを授業で扱うことが可能であることがわかった。また高校生が授業を通して、Web APIの役割について理解できることが示唆された。今回は生徒や教員の主観的な評価に留まっているため、今後はスマートスピーカーのしくみやWeb APIの役割の理解について、プログラムのログや理解度テスト等から定量的な評価を行う必要がある。また、提案環境に対応したプログラミング言語「ドリトル」は、これまでに小学校や中学校で活用されてきた言語である。そのため、小中学校の児童・生徒も今回の提案環境を用いて、スマートスピーカーのアプリ開発やWeb APIを使用したプログラムを体験できる可能性がある。これらについても、今後検討を進めていきたい。

本研究は、初等中等段階におけるプログラミング教育の課題である「プログラミングの動作に意識が向くことで、本来の目的であるプログラムの考え方を学習できない」点を解決する方法として、コーディングから離れて考え方を学習する方法とコーディングを併用することで学習効果を高める方法の、2つのアプローチによる「学習内容の本質を学ぶための学習教材」を提案し、提案した教材の有用性を明らかにした。

初等中等段階におけるプログラミング教育の学習項目の中から、小・中学校段階における学習項目である「基本的な制御構造やデータ構造」、基本的な制御構造やデータ構造に

関する知識を習得後の高等学校段階で学習する「アルゴリズム」、これらのプログラムの基礎を学んだ後に高等学校段階で体験的に学習が行われる「実用的なアプリケーション開発」の3つに対応する教材を提案することで、初等中等段階の各段階における学習項目の基礎的な内容と応用的な内容に対応することができた。また、提案した教材は適応範囲が広く、検証を行った校種以外への活用も期待できる。これらのことから、本研究の成果は初等中等段階におけるプログラミング教育に十分寄与できるといえる。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、入学以来ご指導をいただいている大阪電気通信大学 兼宗進教授に御助言と御指導をいただきました。また、大阪電気通信大学 新関雅俊教授、鄭聖熹教授、大阪学院大学 西田知博教授には、本論文の完成にあたり御教示、御助言をいただきました。感謝いたします。

約8年前、私は情報科の教員を志し、沖縄国際大学で学んでいました。教育実習に向けて準備を進めているとき、兼宗先生に琉球大学で行われたプログラミングと情報教育のワークショップにお誘いいただきました。そのワークショップに参加したことがきっかけで研究会に参加するようになり、大学院に進学し、以来ご指導いただいております。進学後も様々な機会を提供して頂き、普通の大学院生が体験できないような貴重な経験を得ることができました。今の自分があるのは、兼宗先生のおかげです。心より感謝いたします。

ワークショップで講師の1人を務めていた三重県多気郡大台町立宮川小学校の井戸坂幸男校長先生には、共同研究者として実験の進め方や検証方法など、これまで多くの場面で御助言をいただきました。井戸坂校長先生の研究に対する姿勢は、いつも私の励みとなっていました。感謝いたします。

本論文中の第5章の研究は、大阪電気通信大学大学院博士課程 本多佑希氏に協力をいただきました。付録Aの研究は、大阪大学 白井詩沙香講師、武庫川女子大学 竹中一平准教授、大阪電気通信大学 長瀧寛之特任准教授、大阪電気通信大学メディアコミュニケーションセンター 小林史弥氏、ドルトン東京学園 田邊則彦先生の研究成果をもとに検証を進めました。研究に関する助言をいただいた東京農工大学 並木美太郎教授、日本大学 谷聖一教授、福岡工業大学短期大学 石塚丈晴教授、四天王寺大学 間辺広樹教授に感謝いたします。また、研究会等でご議論いただいた方々に感謝いたします。

検証授業におきましては、多くの先生方と児童・生徒の皆さんにご協力をいただきました。第3章の研究では、寝屋川市教育委員会指導主事 村瀬晃先生、寝屋川市立和光小学校の先生方と児童の皆さんにご協力をいただきました。第4章と付録Aの研究では、清教学園中・高等学校 武本康宏先生、北辻研人先生（現在、大阪暁光高等学校）と生徒の皆

さんにご協力をいただきました。第5章の研究では、兵庫県立西宮今津高等学校 白井美弥子先生，吉成良子先生と生徒の皆さんにご協力をいただきました。感謝いたします。

最後になりますが，筆者を沖縄から大阪へと送り出してくれた両親と，筆者の研究活動を支え，応援してくれた夫に深く感謝いたします。

付録 A

データベースと情報システムを学習する授業の提案と実践

A.1 はじめに

生活においては、複数のプログラムがネットワークで連携し、データベースで大量のデータを管理するクラウドを中心とした巨大な情報システムに囲まれている。このようなデータベースや情報システムの大まかな動作の仕組みやその役割を理解することは、情報教育において重要である。

一方で、情報システムや情報システムの基盤技術であるデータベースは、情報科学教育において重要な学習項目でありながら、実際の授業ではあまり取り扱われていない現状がある [119][120]。その原因として、「限られた授業時間内での取り扱い難しい」ことや「手軽に学習できる教材が存在しない」などが推測される。

本研究では、高等学校での情報教育におけるデータベースや情報システムの仕組みの体験的な学習の実現を目指し、データベース操作とデータベースを活用したプログラム体験実習を通して情報システムの仕組みを学習する授業シナリオを設計、提案する。高等学校で教育実践を行い、設定した学習目標を達成できたかを検討する。

A.2 データベースと情報システムを学習する授業モデルと学習環境の提案

A.2.1 提案授業における学習目標

高等学校において、情報システムを取り扱った実践事例は数少ない。複数年計画での取り組み [121] であったり、集中講義の形 [122] として、システム開発に重点が置かれた実

践は報告されている。しかし、限られた授業時間内で実施する場合は、情報システムの開発まで行うことは難しいと考えられる。また、データベースの学習においても、座学として情報システムにおけるデータベースの重要性について扱うことはできても、実習においては正規化や関係演算が中心であり [123][124]、情報システムとの連携まで取り扱われることは少ない。

そこで本研究では、全5回の授業で「データベースによる情報処理の仕組みを理解すること」、「データベースを利用した情報システムの仕組みを体験的に理解すること」を学習目標として、授業を設計した。

A.2.2 提案する授業モデルおよび学習環境

前節で設定した学習目標をもとに設計した授業モデルを表 A.1 に示す。はじめの2時間でデータベースの概念を学習し、残りの3時間でSQLやPHPといった実際の情報システムで使用されるプログラミング言語に触れながら、データベースと情報システムについて学習する。

表 A.1 本研究で提案する授業モデル

時限	授業	学習環境	主な演習活動
1,2	データベース操作	sAccess	選択・射影・結合などの基本操作実習ワークシートによる練習問題
3,4	データベースをプログラムから処理する学習	SQL エディタ	select 文によるデータ検索の基本操作実習、insert 文によるデータ登録・ワークシートによる練習問題
5	情報システム体験実習	PHP エディタ	レジプログラムのシミュレーション実習

データベースの学習では、学習環境としてオンラインで学習できる sAccess[125][126][127][128][129] を採用した。sAccess では画面に表示した表を操作しながら操作前後のデータを比較することで、「表を構成する行と列の意味」「複数の表の利用」「表に対する選択/射影/結合などのデータ操作」といったデータベースの基本的な概念を対話的に学習することができる。sAccess の画面例を図 A.1 に示す。学習者が左側中央の入力欄で命令を入力し実行すると、右側に実行した結果が1つ1つの命令ごとに表示される。この例では「表示 図書データ」によって図書テーブルが画面右側に表示され、続く「選択 著者番号 S4656」によって図書テーブルから選択された2件の表が最初の表の左側に表示されている。このように、sAccess では「選択」などの操作を、実行前の表と実行後の表を見比べることで、意味を考えながら理解することができる。これらの機能は、初学者にとってデータベースの概念を理解するのに有用であると考え、データベース学習の導入にあた

る第 1, 2 時限目の学習環境として sAccess を使用した。

ようこそ!
操作コマンドを追加しよう

表示 図書データ
選択 著者番号 S4656
実行
コマンド メンション
操作コマンド一覧
図書館
・図書データ
・著者データ
・分類データ
・貸出データ
・生徒データ

結果(選択) (2件)

図書番号	書名	著者番号	分類番号
1 T0121	檸檬	S4656	91
2 T0960	桜の樹の下には	S4656	91

<=<[選択]=

図書番号	書名	著者番号	分類番号
1 TC121	檸檬	S4656	91
2 TC141	日本経済の状況	S7883	12
3 TC242	山岸心蔵	S4426	91
4 TC323	春は人の食ひ	S5279	59
5 TC381	学問のすすめ	S3865	37
6 TC622	桜の樹の下には	S2300	98
7 TC625	七ヶ野さか子	S9632	91
8 TC738	あなま	S5788	91
9 TC754	戦後の戦後	S9583	93
10 TC828	空想	S9030	91
11 TC897	さんごつね	S9328	91
12 TC960	桜の樹の下には	S4656	91
13 T1194	春風の玉子	S9202	93
14 T1332	桜の樹の下には	S9884	1
15 T1309	戦時中	S2461	95
16 T1453	またもの娘	S2344	93
17 T1563	小沢	S1483	93
18 T1666	やまゆり	S0157	91
19 T1859	戦後の戦後	S9030	1
20 T1905	学問のすすめ	S0805	37

<=<[表示]=

図 A.1 sAccess の実行画面

データベースをプログラムから処理する学習では、SQL 言語の利用が考えられる。オンライン上で SQL を学ぶ環境として、paiza.IO[130] やドットインストール [131] があるが、本授業では、スムーズに sAccess から SQL へ移行するために sAccess のデータベースを SQL で操作できる SQL エディタ [132] を採用した。第 3, 4 時限目では、SQL エディタを使い、SQL 言語からのデータ検索 (select) とデータ登録 (insert) を学ぶ。SQL エディタの画面例を図 A.2 に示す。図 A.2 の③は命令の入力欄で、「use library;」のように使用するデータベースを宣言すると、①の部分に接続中のデータベース名が表示される。実行した命令は②に履歴が表示され、クリックすることで過去に実行した命令を入力欄に呼び出して使用できる。select 文などの実行結果は④に表示される。このように、SQL エディタではオンライン上で手軽に SQL の問合せを実行することができる。

SQL Editor

接続しているデータベース: shop2 ①

```
use shop2;
select * from product;
select * from product;
select * from product;
```

履歴表示 全消去

SQL実行 ③ 送信

全 31 件

pid	pname	pweight	pmaker	pprice
C4009	チキンヌードル<カレー味>	22g	みずうみ製麺	150
C6390	塩チヌードル	25g	みずうみ製麺	150
C7320	トマトヌードル	23g	みずうみ製麺	150
C8522	シーフードヌードル	53g	みずうみ製麺	170
C6526	ゆずヌードル	24g	みずうみ製麺	170
G2320	デコチュウ<アップル>	12粒	銀河製菓	105
G3944	デコチュウ<さくらんぼ>	12粒	銀河製菓	105
G6148	デコチュウ<グレープ>	12粒	銀河製菓	105

④

図 A.2 SQL エディタの実行画面

情報システムを体験する実習では、これまでに学んできたデータベースが身の回りの情報システムの中で活用されていることを体験する目的から、生徒にとって身近なコンビニエンスストアのレジを題材とした情報システムの体験実習を行う。授業中に情報システム

を開発することは難しいため、教員が PHP 言語で書かれたレジプログラムを用意し、生徒はそのプログラムを実行してシステムを体験する。コンビニエンスストアのレジプログラムを実行することで、バーコードに書かれた情報が POS システムのデータベースの商品 ID と結びついていることや、情報システムの裏側でデータベースが活用されていることなどを学習できるようにした。オンラインプログラミング環境には、sAccess や SQL エディタとデータベースの共有が可能な PHP エディタ [132][133] を使用した。PHP エディタの画面例を図 A.3 に示す。図 A.3 の①がプログラム編集領域で、②にその実行結果が表示される。③はファイルリストで、④に示す操作ボタンによりファイルの追加や削除ができる。さらに、クラス単位でプログラムを配布する機能もあり [134]、本授業ではこの機能を利用してプログラムを配布した。オンラインプログラミング環境として他に、Codecademy[135] や code.9leap[136] のように Web ブラウザ上で直接コーディングや動作確認を行える環境を提供するサービスがある。しかし、これはあらかじめ用意された資料を用いて学習を進める構造であり、本授業のように教員が用意したデータベースやプログラムは使用することができない。sAccess, SQL エディタとのデータベース*1の連携およびクラス単位での教材配布 (PHP プログラム) の容易さから本授業では PHP エディタを使用した。

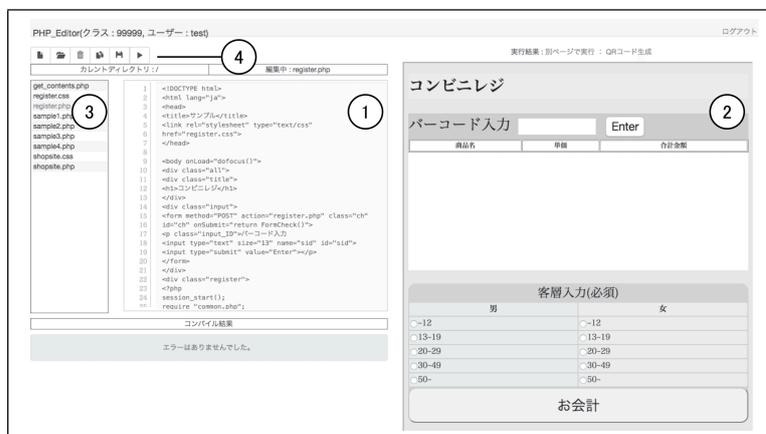


図 A.3 PHP エディタの実行画面

最後に、学習環境全体のシステム構成図を図 A.4 に示す。各ツールは単独で利用できるが、「サクセスシリーズ」としてクラス、ユーザ、データベース*の連携が可能である [134]。教員が sAccess のクラス管理機能を使い、事前にクラス登録をしておけば、生徒はブラウザから各システムのログイン画面にアクセスし、クラス ID とユーザ名を入力するだけでツール間でデータベースを共有できる。

*1 なお、次章で述べる教育実践時点では、データベース共有機能は SQL エディタと PHP エディタ間のみで実装されていた。

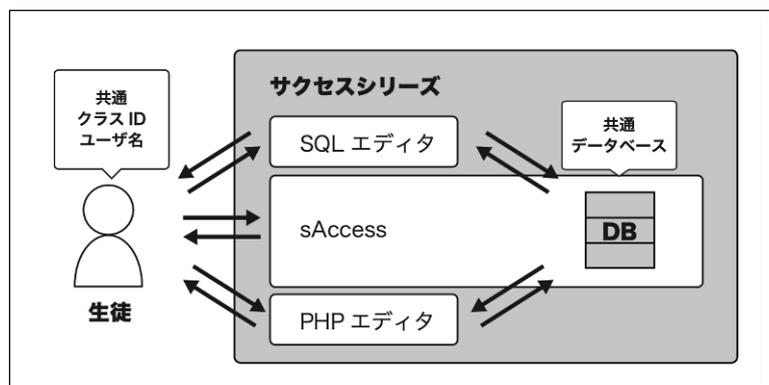


図 A.4 システム構成図

A.3 実施した授業

2015年10月から12月にかけて、「情報の科学」の授業において、A.2節で提案した表 A.1 の授業実践を行った。対象は大阪府の私立高等学校の1年生425人（男子250人、女子175人）である。本節では授業の詳細について述べる。

A.3.1 データベース操作実習（第1, 2時限目）

第1, 2時限目の授業では、関係データベースを構成するテーブル（表）、レコード（行）、フィールド（列）についてスライドで説明した後、sAccessを用いて実習を行った。

第1時限目の授業では、sAccessに用意されているサンプルデータベースの中から、高校生に身近な図書館データベースを使用して実習を行った。表 A.2 に図書館データベースのテーブル構成を示す。生徒は説明のスライドを見ながら、「図書データから書名が“ごんぎつね”の図書を選択する」「図書データの書名と著者名だけを射影して表示する」「図書データと著者データを結合することで著者番号に加えて著者名を表示する」といった作業を行った。

表 A.2 図書館データベースのテーブル構成

テーブル	フィールド
図書データ	図書番号, 書名, 著者番号, 分類番号
著者データ	著者番号, 著者名
分類データ	分類番号, 分類
生徒データ	生徒番号, 学年, クラス, 番号, 名前, 性別, 住所
貸出データ	貸出番号, 図書番号, 生徒番号, 貸出月, 貸出日

第2時限目の授業では、前時の復習を行った後、5つの練習問題に取り組んだ。表 A.3

に問題と解答例を示す。

表 A.3 sAccess の練習問題

項番	問題	解答例
1	テーブルから 4 月の貸出情報を表示しよう	表示 貸出データ 選択 貸出月 4
2	テーブルから図書番号, 貸出月のフィールドだけ表示しよう	表示 貸出データ 射影 図書番号, 貸出月
3	図書番号「T4067」の 6 月の貸出情報を表示しよう	表示 貸出データ 選択 図書番号 T4067 選択 貸出月 6
4	著者名が「新美南吉」の書名, 分類番号だけを表示しよう	表示 著者データ 選択 著者名 新美南吉 結合 図書データ 射影 書名, 分類番号
5	4 月に貸し出された書名, 著者名を表示しよう	表示 貸出データ 選択 貸出月 4 結合 図書データ 結合 著者データ 射影 書名, 著者名

A.3.2 SQL プログラミング実習 (第 3, 4 時限目)

第 3, 4 時限目の授業では, sAccess の実習を通して理解したデータベースの知識を活かし, SQL による問合せを行う学習を行った。

第 3 時限目の授業では, SQL エディタに用意されているサンプルデータベースの中から, コンビニデータベースを使用して実習を行った。表 A.4 にコンビニデータベースのテーブル構成を示す (コンビニデータベースには売上 (sales) テーブルなども存在するが, SQL の実習では商品 (product) テーブルのみを使用した)。生徒は説明のスライドを見ながら, 「select 文ではフィールド名に*を指定すると全フィールドが表示される」「フィールド名を指定すると射影を行える」「where に条件を書くと選択を行える」「複数の条件を指定するときは and を使う」といった内容を実習した。

第 3 時限目の授業を 4 クラス (142 人) のシステムのログから分析したところ, 入力した SQL 文は平均 15.2 行であった。use 文のエラーは 10% 程度だが, select 文のエラーは約 32% あり, 3 回のうち 1 回程度はエラーになっていた。エラーの原因には空白や記号を日本語文字で入力してしまうケースも存在しており, このようなエラーは目視では発見しにくいことから, SQL エディタの「全角の「=」がないか確認してください。」と

いったエラーメッセージは有用だったと考えられる。高等学校の共通教科情報で SQL を使用することに不安はあったが、実際には生徒たちは sAccess の実習を通して「複数の表でデータを扱う」「選択/射影/結合などの操作でデータを処理する」といった関係データベースの考え方を理解していたため、言語が変わっても大きな混乱なく SQL のプログラムを記述することができていた。

表 A.4 コンビニデータベースのテーブル構成

テーブル	フィールド			
商品データ (product)	商品番号 (pid)	商品名 (pname)	メーカー (pmaker)	単価 (pprice)

第 4 時限目の授業では、空の商品テーブルに対して insert 文を使い、商品データベースに各自が自分の好きな商品を 1 個以上ずつ登録する実習を行った。図 A.5 に商品登録の例を示す。商品登録の insert 文については、記号の入力と、1 バイト文字と 2 バイト文字の切替えで入力ミスが発生しやすかったことから、LMS (まな BOX) にテンプレートを提示して、それをコピーして修正する形で入力を行った。insert 文の実習の後で第 3 回の復習を兼ねた練習問題に取り組んだ。表 A.5 に問題と解答例を示す。

```
insert into product values (4901085094167, 'むぎ茶', '佐藤園', 250, 'http:///~.jpg', 50);
```

図 A.5 商品の登録例

表 A.5 SQL の練習問題

	問題	解答例
1	価格の安い順の最初にある商品名とメーカーは？	select pname,pmaker from product order by pprice;
2	価格の高い順の最初にある商品名とメーカーは？	select pname,pmaker from product order by pprice desc;
3	「商品名に麦を含む商品」を表示しよう。レコード数は？	select * from product where pname like '%麦%';
4	「商品名に茶で終わる商品」を表示しよう。レコード数は？	select * from product where pname like '%茶';
5	価格が 150 円の商品のレコード数は？	select count(*) from product where pprice = 150;
6	「商品の価格の合計」を表示しよう。	select sum(pprice) from product;
7	「商品の平均価格」を表示しよう。	select avg(pprice) from product;

A.3.3 情報システム体験実習（第 5 時限目）

第 5 時限目の授業では、sAccess と SQL を通して理解したデータベースが身近な情報システムの中で使われていることを、実習を通して確認した。題材としたのは商店やコンビニエンスストアで利用されているレジの POS システムである。

生徒は前時に SQL の insert 文で 1 人あたり 1 個以上の商品を商品テーブルに登録した。本時では PHP のプログラムをサーバ側で実行できる PHP エディタを使い、生徒自身が登録した商品テーブルを利用する形でレジプログラムを扱う実習を行った。

前章で述べたように、PHP エディタの教材配布機能を使い、生徒がログインするとファイルリストに実習に必要なプログラムが表示されている状態になるようにした。レジプログラムを選択して実行ボタンを押すと、**図 A.3** のようにコンビニエンスストアのレジを模した画面が表示される。このシステムでは、商品のバーコードをバーコードリーダーまたはキーボードから入力した後で、画面下部の客層を選択し、「お会計」ボタンをクリックすることで、商品の販売を行うことができる。売上げはコンビニデータベースの売上テーブルに記録され、在庫数が更新される仕組みになっている。

授業では、まずはじめに生徒を 2 人ずつ組ませ、双方ともに顧客として購入したい商品を紙に記入するように指示した。次に、記入が完了したら互いの紙を交換させ、双方ともに店員となって自分のブラウザ上のレジプログラム（**図 A.3**）から交換した紙に書かれた購入したい商品を入力させた。このように、生徒全員が顧客・店員となり、レジプログラムを体験できるようにした。

教室のスクリーンには売上商品ランキングの画面を表示し、生徒の操作によってリアルタイムで売上げが変動する様子を確認できるようにした。教室内の人数分のレジからの売上げがスクリーンの売上画面に反映される様子を見ることで、全国のコンビニエンスストアのレジがコンピュータのプログラムとして動作していることや、ネットワークを通して店舗ごとの売上げがデータベースに集約されること、それらが全体として 1 つの情報システムを形作っていることなどを体験的に学習した。

今回の実習は PHP の学習ツールである PHP エディタで行ったため、生徒はプログラムを画面の左側に表示し、それを実行することで画面の右側にレジプログラムを表示して作業した。その作業を通して、情報システムのアプリケーションもプログラムで作成されていることを自然に意識できるようにした。授業のまとめでは、生徒にレジプログラムの中に書かれた SQL 文を発見させる実習を行った。生徒は PHP のプログラムからデータベースを呼び出している箇所を見つけることで、情報システムの中でデータベースが利用されていることを実感できるようにした。説明の様子を**図 A.6** に示す。

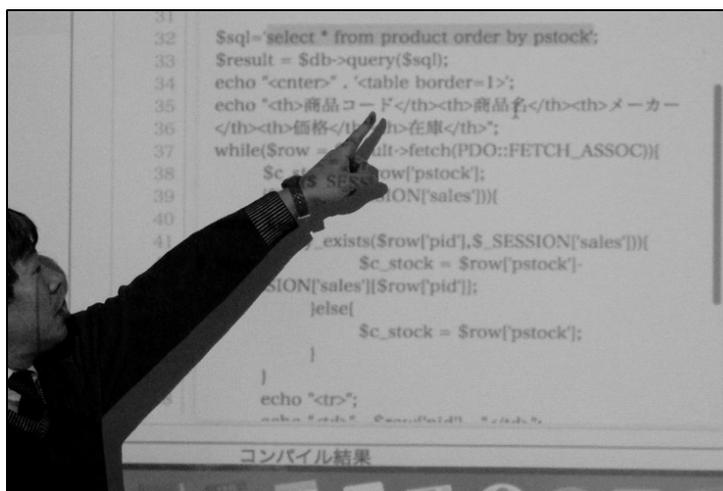


図 A.6 PHP プログラム中の SQL 文の発見

A.4 教育実践による評価

本節では、提案授業の効果を評価するために、前節で述べた実践授業で収集したアンケート結果と期末試験の結果を分析・考察する。

A.4.1 調査対象

調査対象は、1 回以上欠席した生徒と、授業進行の都合でアンケートなどを実施できない回のあった生徒を除く、179 人（男子 105 人，女子 74 人，有効回答率 42.1%）である。

コンピュータやプログラミングに関する生徒の興味やスキルなどを確認するための事前調査として、生徒にパソコン環境とプログラミング経験についてアンケートを実施した。ここ 1 年程度のパソコンの利用頻度は、「数カ月に 1 回程度」が最も多く、次いで「1 カ月に数回程度」であり、これらの回答で約 60% を占めていた（表 A.6）。パソコンによるプログラミング経験は、「経験はない」が多くを占めていた（表 A.7）。

これらの結果から、対象となった高校生はパソコンは身近にはあるもののそれほど積極的に使用されておらず、プログラミング経験もほとんどないことが分かった。

A.4.2 調査方法

授業への満足度について、各授業については毎回の終了時に、授業全体については翌週の授業開始時に、アンケートシステムを用いて回答するように求めた。質問項目は表 A.8 の 6 項目で、「まったくあてはまらない」、「あまりあてはまらない」、「ややあてはまる」、

表 A.6 パソコンの利用頻度

利用頻度	回答率
ほぼ毎日	11.2%
1週間に数回程度	14.0%
1カ月に数回程度	29.6%
数カ月に1回程度	31.8%
使用していない	13.4%

表 A.7 プログラミング経験

プログラミング経験	回答率
経験はない	72.6%
学校の授業でやったことがある	25.1%
自分で勉強したことがある	2.2%

「よくあてはまる」の4件法で尋ねた。また、各授業の感想を自由記述で求めた。

全授業授業終了後の翌週に、学習目標の達成度を確認するための質問項目として、表 A.9 に示す「データベースによる情報処理」と「情報システム」の理解度を問う2つの質問を各授業後のアンケートと同様に4件法で尋ねた。

表 A.8 主観的満足度・困難度の質問項目と第1時限目の主成分分析結果

項番	質問項目	負荷量			
		成分1	成分2	平均値	標準偏差
1	授業は楽しかった	.891	.026	3.01	0.80
2	授業の学習内容について関心を持った	.913	.008	2.98	0.75
3	授業を今後も受けてみたいと思った	.898	.099	2.98	0.82
4	授業の学習内容について理解できた	.766	-.322	3.16	0.66
5	授業の学習内容は難しかった	.005	.975	2.69	0.78
6	授業を受けて新しいことを学ぶことができた	.741	.165	3.35	0.66
固有値		3.572	1.092		
寄与率 (%)		59.5	18.2		

表 A.9 授業理解度の結果

評価したい学習目標	質問項目	平均値	標準偏差
データベースによる 情報処理の理解	レジなどではバーコードから商品情報を読み取り、 データベースと連携して商品の販売・在庫管理を 行っていることが分かった	3.54	0.63
情報システムの理解	レジなど日常生活で利用する情報システムは、デ ータベースを使い情報を蓄積・管理し、必要なと きに情報を迅速に取り出していることが分かった	3.50	0.61

A.4.3 結果

尺度構成

第1時限目の授業への回答について主成分分析を行ったところ、成分1に「学習内容について関心を持った」などの質問項目1~4, 6の5項目が負荷し、成分2には「学習内容は難しかった」の質問項目5の1項目のみが負荷した*2。そこで、成分1に負荷した5項目の平均値を授業の満足度を示す「主観的満足度」の尺度得点とし、成分2に負荷した1項目の得点を授業の難易度を示す「主観的困難度」の尺度得点として扱うことにした。

主観的満足度と主観的困難度

第1~第5時限目の授業と授業全体に対する主観的満足度の平均値を図A.7に示す。各回の平均値について、理論的中間点である2.5との差を比較したところ、すべて有意に高かった(第1~第5時限目・全体の順に、 $t(178) = 12.73, 11.96, 13.94, 11.14, 16.67, 12.31$, $ps < .01$)。これらの平均値の差を比較したところ、第5時限目の主観的満足度が第4回および全体の主観的満足度に比べて有意に高かった($F(4.51, 803.14) = 5.00$, $p < .01$ *3)。

第1~第5時限目の授業と授業全体に対する主観的困難度の平均値を図A.8に示す。各回の平均値について、理論的中間点との差を比較したところ、第1, 第2, 第4時限目, 全体の主観的困難度が理論的中間点よりも有意に高かった(順に、 $t(178) = 3.31, 5.12, 8.95, 9.61$, $ps < .01$)。一方で、第3, 第5時限目では有意差はみられなかった($t(178) = 0.47, 0.61$, $n.s.$)。これらの平均値の差を比較したところ、第3, 5時限目に比べて、第1, 第2時限目の方が有意に高く、それよりも第4時限目, 全体の方が有意に高かった($F(5, 890) = 25.31$

*2 成分1に負荷した5項目について、Cronvachの α 係数を算出したところ、.09と十分に高かった。第2時限目以降の授業に対する回答も同様の構造となっていた。

*3 球面性の仮定が成り立たなかったため($\chi^2(14) = 45.82, p < .01$)、Greenhouse-Geisserの ϵ を用いて自由度を調整した。多重比較はHSD法で行い、有意水準5%を基準とした。

, $p < .01^{*4}$).

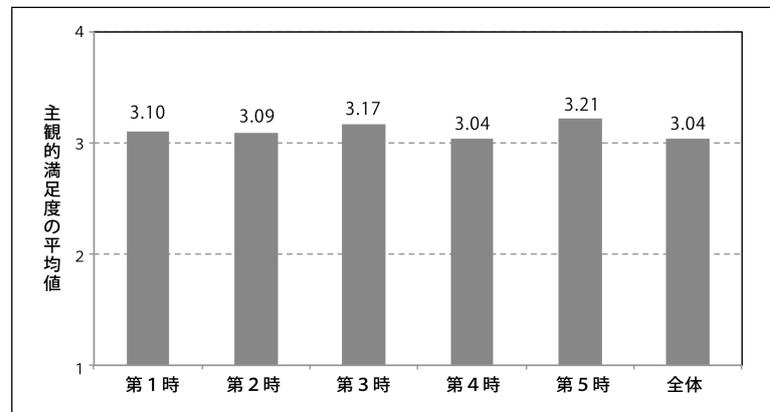


図 A.7 各回および全体の主観的満足度の結果

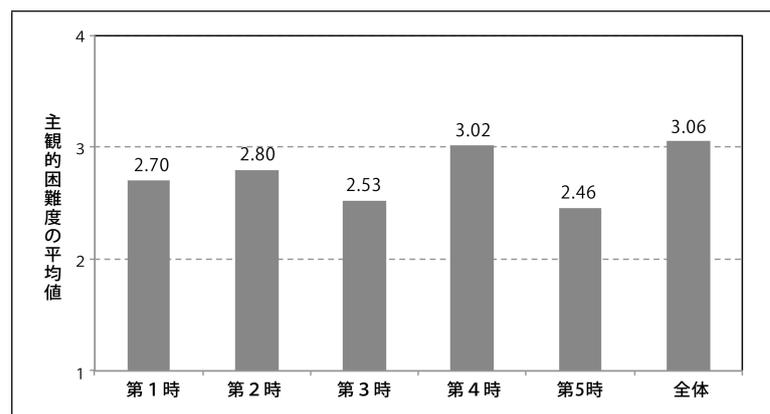


図 A.8 各回および全体の主観的困難度の結果

主観的理解度

第5時限目の授業終了後に、収集した主観的理解度の結果を表 A.9 に示す。平均値と標準偏差を算出し、それぞれ理論的中間点との差を比較した結果、「データベースによる情報処理の理解」の平均値と標準偏差は、3.54 (0.63) となり、理論的中間点よりも有意に高かった ($t(178) = 22.03$, $p < .01$)。「情報システムの理解」の平均値と標準偏差は、3.50 (0.61) となり、理論的中間点よりも有意に高かった ($t(178) = 21.79$, $p < .01$)。

次に、授業評価による被験者の分類を行い、理解度との関係を分析するために、授業全体についての主観的評価アンケート(表 A.8 の6項目)を用いて、179人の対象者を分類するためにクラスタ分析(Ward法)を行ったところ、4個のクラスタが得られた。そ

*4 多重比較はHSD法で行い、有意水準5%を基準とした。

それぞれの人数は、第1クラスが12人(6.7%)、第2クラスが85人(47.5%)、第3クラスが54人(30.2%)、第4クラスが28人(15.6%)となり、これらの人数の割合を比較したところ、「第1クラス < 第4クラス < 第3クラス < 第2クラスの順に多くなっている」ことを確認した ($\chi^2(3) = 68.35, p < .01^{*5}$).

前述の授業理解度に関する2項目について、クラスごとに比較した結果を図A.9に示す。「データベースによる情報処理の理解」の項目では、第1クラスに比べて他のクラスの方が得点が高く、第2クラスに比べて第3クラスの方が得点が高かった ($F(3, 175) = 15.31, p < .01$)。「情報システムの理解」の項目では、第1クラスに比べて他のクラスの方が得点が高く、第2クラスの方に比べて第3クラスの方が得点が高かった ($F(3, 175) = 21.39, p < .01^{*6}$).

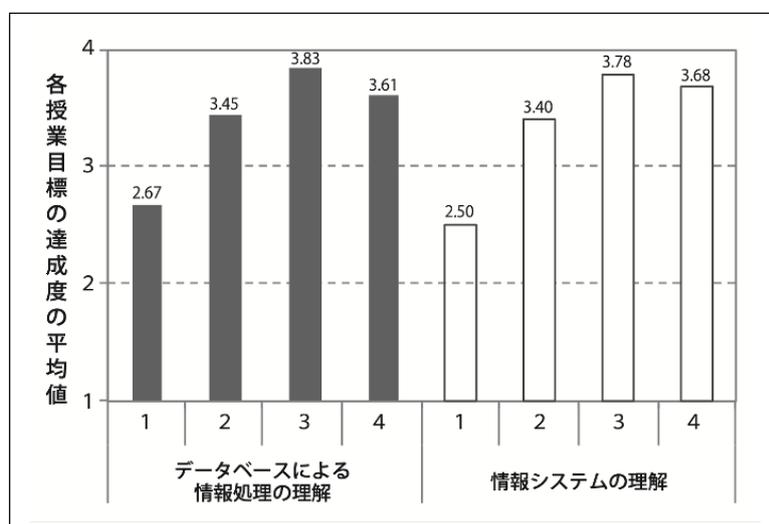


図 A.9 クラス別にみた授業理解度の結果

続いて、クラス分析に用いた6項目について主成分分析を行い、得られた第1、第2主成分の負荷量と、算出した主成分得点(Anderson-Rubin法)をクラス分析によって得られた4クラスごとに平均した値とを2次元グラフ上に付置した(図A.10)。

成分1のプラス側の軸付近には、質問項目1~4、6が付置されており、授業に対する肯定的な評価を表す5項目がすべて成分1のプラス側に付置されていることから、成分1は「主観的満足度」を示す軸であると解釈された。成分2のプラス側の軸付近には、質問項目5のみが布置しており、「主観的困難度」を示す軸であると解釈された。各クラスの主成分得点の平均値は、第1クラスは第3象限の中心寄りに布置しており、他のクラスに比べて主観的満足度も困難度もともに低いことが分かった。また、図A.9の結果か

*5 多重比較はライオン法を用いた。

*6 多重比較はHSD法、以下同様。

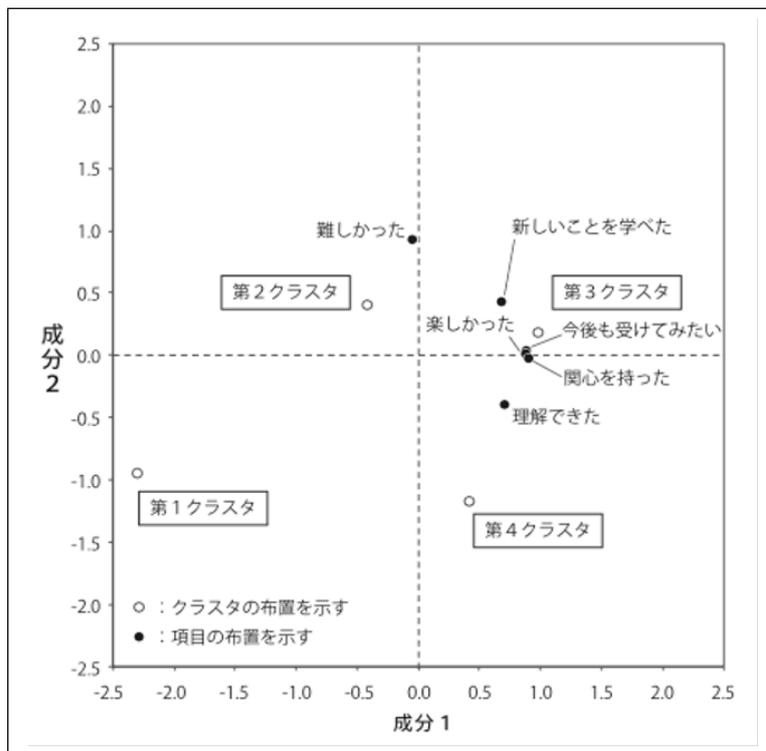


図 A.10 主観的満足度・主観的困難度とクラスターとの関係

らも学習目標を達成できていると感じておらず、授業自体に関心を持っておらず、一連の授業にのっとった学習がほとんどできなかった回答者であると解釈された。

第2クラスターは第2象限内の原点寄りに布置しており、他のクラスターに比べて困難度が高く、満足度はやや低いと考えられた。一方で、第1クラスターに比べると学習目標は達成できていると感じており、内容が難しく十分に理解できなかったために満足度はやや低かったものの、授業によって得るものはあったと感じていた回答者であると解釈された。

第3クラスターは第1象限内の成分2の軸付近に布置しており、他のクラスターに比べて満足度が高く、困難度はやや高いものの、学習目標は十分に達成できていると感じていることが分かった。このことから、授業の内容は難しくはあるものの、新しいことを学べたり楽しかったりと満足度は高く、十分に得るものはあったと感じていた回答者であると解釈された。

第4クラスターは第4象限の成分2の軸寄りに布置しており、他のクラスターに比べて困難度が低く、満足度はやや高く、学習目標も十分に達成できたと感じていた。このことから、授業内容はそれほど難しくはなく、学習目標は十分に達成できたが、新しいことを学べたとあまり感じられなかったために、満足度はやや低かった回答者であると解釈された。

期末試験による客観的評価

学期途中の期末試験において、sAccess に関する問題を 8 問、SQL に関する問題を 7 問出題した*7。内容はそれぞれ表 A.3 および表 A.5 の理解度を確認する問題で、sAccess に関する問題は所望の結果を表示させるための sAccess のコマンドを、SQL に関する問題は SQL 文を見て、得られるレコード数を記述させる問題である。

sAccess に関する問題（全 8 問）の正答数の分布を図 A.11 に示す。平均値は 4.91，標準偏差は 2.86 であった。広い範囲に分布しているが、全問正解者が多いことから、理解度の高い生徒が多かったことが分かる。

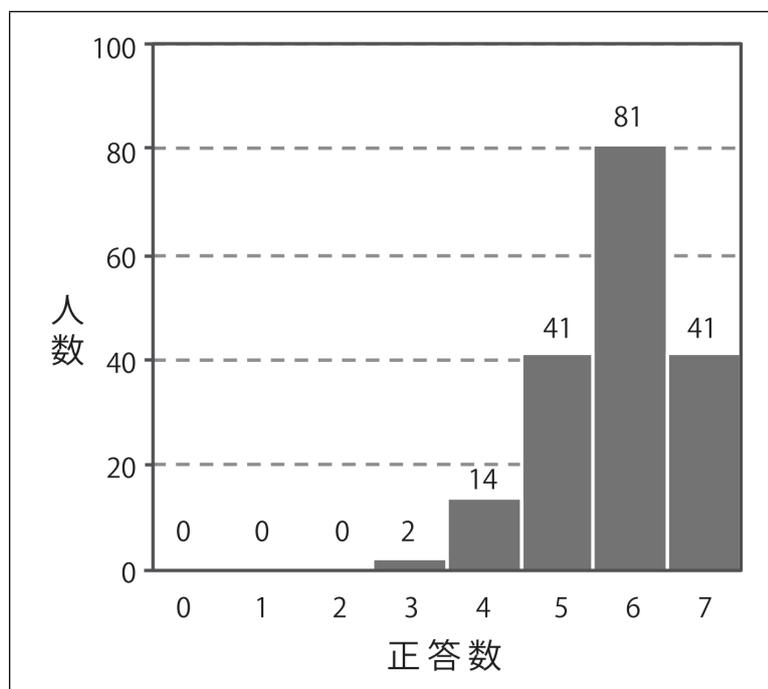


図 A.11 期末試験での SQL 問題の正答数

SQL に関する問題（全 7 問）の正答数の分布を図 A.12 に示す。平均値は 5.81，標準偏差は 0.92 であった。平均値が高く得点が狭い範囲に分布しており、全体的に生徒の理解度が高かったことが分かる。

sAccess に関する問題と SQL に関する問題で、回答形式が異なるため、正答数に多少のばらつきはあるものの、sAccess と SQL ともにおおむね正答率は高く、理解度が高いことが分かった。

*7 第 5 時限目が定期試験終了後に実施されるため、情報システムに関する質問は出題しなかった。

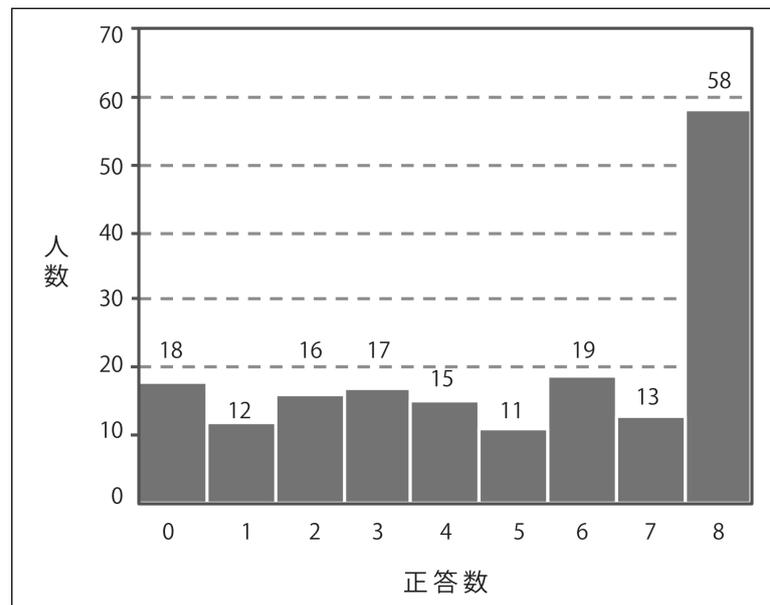


図 A.12 期末試験での sAccess 問題の正答数

A.4.4 考察

主観満足度は、授業回によってやや差はあるものの、一貫して高く、授業全体への満足度も高いことが分かった。クラスタ分析の結果、授業自体にほとんど関心を持てなかったと考えられる第1クラスタの回答者が最も少なかったことから、提案授業はデータベースや情報システムを初めて学ぶ生徒にとって、関心を持って積極的に取り組める内容であることが推定された。特に主観満足度が高かった第5時限目の自由記述アンケートを確認したところ、「プログラムの中に sql 文があってちょっと感動した」、「レジの仕組みなどが良く分かった。今まで習ってきたことがこんなことにも使われているなんて知らなかった」、「今までの学習したことが身近なところで使われていることを知れて楽しかった」などの感想がみられ、前時までに学んだデータベースが身近な情報システムで利用されていることを体験的に理解できたことが、満足度の高さにつながったと推察される。また、期末テストおよび授業理解度の結果から、データベースによる情報処理については総じて理解できており、生徒自身も「データベースによる情報処理」と「情報システム」について理解できたと評価していることが分かった。以上の結果から、データベースや情報システムの仕組みを体験的に学習するために、提案授業が有効に働いたことが分かった。

一方で、内容が難しく十分に理解できなかつたと感じていた第2クラスタの回答者が最も多かったことから、授業の難易度については調整の必要性が示唆された。主観的困難度を分析した結果、第1、第2、第4時限目の授業内容がやや難しく、全体への印象につながったことが分かった。第1、第2時限目はデータベースに触れることが初めてであっ

たことと、「射影」といった初めて耳にする用語が主観的困難度に影響したと考えられる。これらの結果から、第1時限目は丁寧に用語の説明を行う、第2時限目は復習の時間を十分にとるなどの配慮が必要である。第4時限目では、商品登録のための insert 文の入力作業において入力ミスが発生し、スムーズに insert 処理を実行できない生徒が見られ、このことが主観的困難度に影響を与えたと考えられる。自由記述の感想に「自分で考えた商品で作業ができて楽しかった」「自分が登録した商品で実践することができて楽しかった」などの意見があり、生徒自身が考えた架空の商品を登録したテーブルを実習で使用するについては、学習意欲の向上につながり有効であると推察されるため、今後は insert 処理を容易に行えるような登録フォームを用意するなど対策を考えたい。

A.5 まとめ

本研究では、高等学校での情報教育におけるデータベースおよび情報システムの仕組みの体験的な学習の実現を目指し、データベース操作とそれを活用したプログラム体験実習を通じた情報システムの仕組みを学習する授業シナリオを設計し、提案した。

高等学校で教育実践を行い、各時限および授業全体についての満足度、難易度および理解度を分析した結果、授業内容はやや難しかったものの、総じて満足度は高く、学習目標を達成できていることがわかった。

参考文献

- [1] 内閣府: 第 5 期科学技術基本計画の概要, <<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>> (参照 2020-12-15).
- [2] 総務省: 平成 29 年版 情報通信白書, <<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/index.html>> (参照 2020-12-15).
- [3] 文部科学省: 教育の情報化に関する手引 (平成元年 12 月), <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00117.html> (参照 2020-12-15).
- [4] 文部科学省: 教育課程部会 教育ワーキンググループ (第 1 回) 配布資料「資料 8 情報教育に関連する資料」, <https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/059/siryo/1363276.htm> (参照 2020-12-15).
- [5] 文部科学省: 小学校学習指導要領解説 (2008).
- [6] 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 (2008).
- [7] 文部科学省: 高等学校学習指導要領解説 (2009).
- [8] 文部科学省: 小学校学習指導要領解説 (2017).
- [9] 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編 (2017).
- [10] 文部科学省: 高等学校学習指導要領解説 情報編 (2018).
- [11] 文部科学省: 小学校プログラミング教育の手引 (第 2 版), <http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm> (参照 2018-11-24).
- [12] Scratch Foundation: <<https://scratch.mit.edu/>> (参照 2021-02-17).
- [13] Sony Business Solutions Corporation: MESH, <<https://meshprj.com/jp/>> (参照 2021-02-17).
- [14] アーテック: ArTecRobo, <<https://www.artec-kk.co.jp/artecrobo/ja/>> (参照 2021-02-17).
- [15] 小学校を中心としたプログラム教育ポータル: 正多角形をプログラムを使ってかこう (杉並区立西田小学校), <<https://miraino-manabi.jp/content/111>> (参照 2021-02-17).
- [16] 小学校を中心としたプログラム教育ポータル: 電気を効率よく使うにはどうしたら

- よいかを考えよう（あきる野市立西秋留小学校）, <<https://miraino-manabi.jp/content/135>> (参照 2021-02-17).
- [17] 小学校を中心としたプログラム教育ポータル: 電気を効率よく使うにはどうしたらよいかを考えよう（横浜市立西富岡小学校）, <<https://miraino-manabi.jp/content/136>> (参照 2021-02-17).
- [18] 三井一希: 小学校国語科の「書く活動」へのプログラミング導入による学習効果, 教育システム情報学会誌, Vol.34, No.1, pp.60-65 (2017).
- [19] 中山迅, 小牧啓介, 野添生, 安影亜紀, 徳永悟, 新地辰朗: 小学校理科授業におけるプログラミング体験の有効性－小学校第4学年「電流の働き」単元の事例－, 日本教育工学会論文誌, Vol.43, No.Suppl, pp.69-72 (2019).
- [20] 島袋舞子, 井戸坂幸男, 兼宗進: 小学校を対象としたプログラミング教育支援の報告, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2020, pp.208-214 (2020).
- [21] 宮本賢治, 河野翔: 小学校における Scratch を用いたプログラミング授業の実践と検証, 日本産業技術教育学会誌, Vol.60, No.1, pp19-28 (2018).
- [22] 森秀樹, 杉澤学, 張海, 前迫孝憲: Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践～小学生を対象としたプログラミング教育の再考～, 日本教育工学会論文誌, Vol.34, No.4, pp.387-394 (2011).
- [23] 長谷川春生: 小学校クラブ活動におけるプログラミングの実践と評価, 日本デジタル教科書学会発表予稿集, Vol.6, pp.77-78 (2017).
- [24] 渡邊景子, 時川えみ子, 辰己丈夫: 小学校におけるクラブ活動でのプログラミング実践報告, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2016-CE-136, No.15, pp.1-6 (2016).
- [25] LEGO Group: LEGO education, <<https://education.lego.com/ja-jp/>> (参照 2021-02-17).
- [26] Microsoft: MakeCode, <<https://www.microsoft.com/en-us/makecode/about>> (参照 2021-02-17).
- [27] 倉橋農, 越智徹, 尾崎拓郎, 島袋舞子: 小学生向けアンプラグド・プログラミング入門授業「ハンバーガー・ロボ」の提案と実践, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2019, pp. 299-304 (2019).
- [28] 総務省: 若年層に対するプログラミング教育の普及推進事業「環境・身体・コミュニケーションと融合するプログラミング」, <<https://www.soumu.go.jp/programming/kio.html>> (参照 2020-12-15).
- [29] 小林祐紀, 兼宗進, 白井詩沙香, 白井英成: これで大丈夫! 小学校プログラミングの授業, 翔泳社 (2018).
- [30] 文部科学省: 教育委員会等における小学校プログラミング教育に関する取組状

- 況等, <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1406307.htm> (2020-12-15).
- [31] 廣田千明, 寺田裕樹, 橋浦康一郎, 伊東嗣功, 渡邊貫治, 小西一幸, 鎌田信, 白山雅彦: 秋田県におけるプログラミング教育に対する支援体制の構築: 「秋田県子どもプログラミング教育研究会」の活動報告, 秋田県立大学ウェブジャーナル A(地域貢献部門), Vol.6, pp.1-11 (2019).
- [32] 岡田倫明, 川島芳昭, 松原真理: 小中学校教員に対するプログラミングの授業実践, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, No.5, pp.539-542 (2019).
- [33] 中田充, 鷹岡亮, 葛崎偉, 森寛文, 藤本満士: 持続的なプログラミング教育のための教員支援に関する考察, 情報システム情報学会研究報告, Vol.34, No.6, pp.15-22 (2020).
- [34] 文部科学省: 学校における ICT 環境整備の在り方に関する有識者会議最終まとめ, <https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/037/toushin/1388879.htm> (参照 2021-02-17).
- [35] 文部科学省: 学校における ICT 環境の整備・運用について, <https://www.mext.go.jp/a_menu/other/1421443_00002.htm> (参照 2021-02-17).
- [36] 西ヶ谷浩史: 情報の授業をしよう!: 中学校におけるプログラミング教育-ネットワークを利用したプログラミングと計測・制御-, 情報処理, Vol.60, No.10, pp.1022-1028 (2019).
- [37] 兼宗進, 御手洗理英, 中谷多哉子, 福井員吾, 久野靖: 学校教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」の設計と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.11, pp.78-90 (2001).
- [38] 国立教育政策研究所 教育課程研究センター: 平成 25 年度中学校学習指導要領実施状況調査 教師質問紙調査結果 (技術・家庭 (技術分野)), <https://www.nier.go.jp/kaihatsu/shido_h25/> (参照 2020-12-15).
- [39] 山崎教育システム株式会社: 制御学習プロロボ USB プラス, <<https://www.yamazaki-kk.com/technique/>> (参照 2021-02-17).
- [40] ヴィストーン: ビュートレーサー, <http://www.vstone.co.jp/products/beauto_racer/> (参照 2021-02-17).
- [41] kujirahand: 日本語プログラミング言語「なでしこ」, <<https://nadesi.com/top/>> (参照 2021-02-17).
- [42] 河合塾: 事例 113 中高一貫校のプログラミング教育のあり方~中学校・技術科と高校情報科の連携と棲み分け, <<https://www.wakuwaku-catch.net/jirei19113/>> (参照 2021-02-24).
- [43] 森山潤: 技術リテラシーの観点から見た中学校技術科における新教育過程の展望と課題, 日本教科教育学会誌, Vol.40, No.4, pp.93-98 (2018).

- [44] 文部科学省: プログラミング教育実践ガイド「基本的なアルゴリズムの学習 (高等学校3年生: 情報)」, <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1408013.htm> (参照 2020-12-15).
- [45] 間辺広樹, 長島和平, 並木美太郎, 長慎也, 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, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.3, No.3, pp.29-41 (2017).
- [46] 佐々木寛, 奥本拓哉, 島袋舞子, 大村基将, 兼宗進: 高等学校共通教科情報における「ドリトル」×「ロボティスト (スタディーノ)」を利用した授業の実践報告, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2016-CE-143, No.3, pp.1-8 (2016).
- [47] 文部科学省: 高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材, <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416746.htm> (参照 2021-02-17).
- [48] 文部科学省: 高等学校情報科「情報 II」教員研修用教材, <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416746.htm> (参照 2021-02-17).
- [49] 稲垣卓弥, 阿部和宏, 山崎謙介, 横川耕二: 「教具」としての Squeak eToys とその小学校算数教育への適応, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2009, No.15(2009-CE-98), pp.57-63 (2009).
- [50] 本郷健, 山下成明: プログラム作成プロトコルの分析による思考過程の考察, 教育情報研究, Vol.9, No.3, pp.50-59 (1994).
- [51] 山本利一, 林俊郎, 小林靖英, 牧野亮哉: 中学生が作成したプログラムの分析による指導法の改善. 教育情報研究, Vol.21, No.1, pp.15-26 (2005).
- [52] 間辺広樹: 小中高で必修化されたプログラミング教育-情報処理学会第 81 回全国大会パネルディスカッションより-. 情報処理, Vol.60, No.8, pp.770-773 (2019).
- [53] 佐藤和浩, 紅林秀治, 青木浩幸, 西ヶ谷浩史, 井戸坂幸男, 鎌田敏之, 原久太郎, 久野靖, 兼宗進: IT クラフトマンシッププロジェクト: 小中学生によるドリトルプログラミング, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2006, No.16, pp.165-172 (2006).
- [54] Lightbot, <<https://lightbot.com/>> (参照 2021-02-17).
- [55] Code.org: Hour of Code, <<https://hourofcode.com/>> (参照 2021-02-17).
- [56] みんなのコード: プログル, <<https://proguru.jp/>> (参照 2021-02-17).
- [57] 東京書籍: 高等学校文部省検定教科書「情報の科学」 (2014).
- [58] 実教出版: 高等学校文部省検定教科書「情報の科学」 (2014).
- [59] 実教出版: 高等学校文部省検定教科書「最新情報の科学」 (2014).
- [60] 数研出版: 高等学校文部省検定教科書「高等学校情報の科学」 (2014).
- [61] 日本文教出版: 高等学校文部省検定教科書「情報の科学」 (2014).
- [62] Sorting Algorithm Animations: Sorting Algorithm Animations, <<http://www.>

- sorting-algorithms.com/> (参照 2016-2-6) .
- [63] VisuAlgo, <<http://visualgo.net/>> (参照 2016-2-6).
- [64] AlgoRythmics, <<https://algorhythmics.ms.sapientia.ro/>> (参照 2021-11-24) .
- [65] Wikipedia: Sorting algorithm, <https://en.wikipedia.org/wiki/Sorting_algorithm> (参照 2016-12-5).
- [66] 杉浦学, 松津芳昭, 岡田健, 大岩元: アルゴリズム構築能力育成の導入教育: 実作業による概念理解に基づくアルゴリズム構築体験とその効果, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3409-3427 (2008).
- [67] 新開純子, 宮地功: 手作業による体験的アルゴリズム学習の実践, 日本教育工学会論文誌, Vol.35, pp.125-132 (2011).
- [68] Bell, T., Witten, H.I. and Fellows, M.: Computer Science Unplugged: An enrichment and extension programme for primary-aged children, Paperback (2005).
- [69] CS Education Research Group at the University of Canterbury, NZ: "Computer Science Unplugged", <<http://csunplugged.org/>> (参照 2017-5-2).
- [70] 兼宗進監訳: コンピュータを使わない情報教育アンプラグドコンピュータサイエンス, イーテキスト研究所 (2007).
- [71] 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進: コンピュータサイエンスアンプラグドに基づく授業方法改善の試みとその実践, 日本産業技術教育学会誌, Vol.53, No.2, pp.115-123 (2011).
- [72] 井戸坂幸男, 青木浩幸, 兼宗進, 久野靖: コンピュータサイエンスアンプラグドの小学生向け実践の取り組み, 情報処理学会情報教育シンポジウム 2008 論文集. Vol.2008, No.6, pp.25-31 (2008).
- [73] 保福やよい, 井戸坂幸男, 兼宗進, 久野靖: 高校情報 B における CS アンプラグドの活用, 情報処理学会情報教育シンポジウム 2008 論文集, Vol.2008, No.6, pp.201-206 (2008).
- [74] 兼宗進, 佐藤義弘: 情報科教育法での CS アンプラグドの利用, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2010, No.24, pp.1-3 (2010).
- [75] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: CS アンプラグドのアルゴリズム学習における教具による理解度の影響, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.14-23 (2013).
- [76] 甲斐晶子, 松葉龍一, 合田美子, 鈴木克明: 受身形転換練習のためのスマートスピーカー (Alexa) 用機能の開発, 日本教育工学会第 34 回全国大会, pp.561-562 (2018).
- [77] Tagawa, T., Jin, M. and Inoue, H.: A Smart Speaker Application to Assist Japanese Onomatopoeia Learning: A Prototype, Proc. Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2019(SITE2019), Association for the Advancement of Computing in Education(AACE), pp.1124-1127

- (2019).
- [78] 吉田裕行, 中村晃輔, 松尾洋幸, 日熊隆則, 岡本牧子, 宮田龍太: 算数文章問題の学習を支援するスマートスピーカーのスキル開発, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2018-CE-147, No.2, pp.1-6 (2018).
- [79] 平尾康起, 和田健, 前田篤志: メカトロニクスコースにおけるプログラミング実験実習, 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, Vol.52, pp.47-50 (2018).
- [80] 鶴見昌代, 宮城愛美: 視覚障害者によるスマートスピーカー活用の可能性 (サイトワールド 2018 出展報告), 筑波技術大学テクノレポート, Vol.26, No.2, pp.74-79 (2019).
- [81] Google: Google Developers, <<https://developers.google.com/>> (参照 2020-2-2).
- [82] Amazon: Alexa Skill Blueprints, <<https://blueprints.amazon.co.jp/>> (参照 2020-7-4).
- [83] Tri-tome: cocorita, <<https://cocorita.jp/>> (参照 2020-7-5).
- [84] アイリッジ: NOID, <<https://www.noid.ai/>> (参照 2019-9-18).
- [85] Voiceflow, <<https://www.voiceflow.com/>> (参照 2019-9-18).
- [86] Voice Apps: VoiceApps, <<https://voiceapps.com/>> (参照 2020-7-5).
- [87] SmartHouse Technologies: BotTalk, <<https://bottalk.de/>> (参照 2019-9-18).
- [88] Dagiene, V. and Futschek, G.: Bebras International Contest on Informatics and Computer Literacy: Criteria for Good Tasks, Proc. Informatics Education - Supporting Computational Thinking, Third International Conference on Informatics in Secondary Schools - Evolution and Perspectives, ISSEP2008, Vol.5090, pp.19-30 (2008).
- [89] ベネッセコーポレーション: 第2版「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準 (試行版)」Ver.2.0.0 (2018/8/21 版), <<https://beneprog.com/wp-content/uploads/2018/08/ver2.0.0.pdf>> (参照 2019-5-24).
- [90] 文部科学省: 次世代の教育情報化推進事業「情報教育の推進等に関する調査研究」成果報告書. <http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1400796.htm> (参照 2018-11-24).
- [91] 久野靖, 和田勉, 中山泰一: 初等中等教育を通じた情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.1, No.3, pp.48-61 (2015).
- [92] Papert, S.(著), 奥村貴世子 (訳): マインドストーム—子供, コンピューター, そして強力なアイデア, 未来社 (1982).
- [93] 中垣啓: ピアジェ発達段階論の意義と射程, 発達心理学研究, Vol.22, No.4, pp.369-

- 380 (2011).
- [94] 大須賀隆子: 児童期の認知発達と心理発達の特徴と支援について, 帝京科学大学教職指導研究, Vol.1, No.1, pp.161–167 (2016).
- [95] 島袋舞子, 兼宗進: ドリルの王様 1, 2年生のたのしいプログラミング, 新興出版社啓林館 (2019).
- [96] 島袋舞子, 兼宗進: ドリルの王様 3, 4年生の楽しいプログラミング, 新興出版社啓林館 (2019).
- [97] 島袋舞子, 兼宗進: ドリルの王様 5, 6年生の楽しいプログラミング, 新興出版社啓林館 (2019).
- [98] Knuth, E.D.: The Art of Computer Programming Volume 3 Sorting and Searching Second Edition (Ascii Addison Wesley programming series), アスキー (2006).
- [99] 文部科学省: 学びのイノベーション事業教育のIT化に向けた教育整備4か年計画, <<http://jouhouka.mext.go.jp/school/innovation/>> (参照 2016-2-6).
- [100] Freitas, R. and Campos, P.: SMART: A System of Augmented Reality for Teaching 2nd Grade Students, Proc. Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction - Volume 2, pp.27–30 (2008).
- [101] Liarakapis, F., Mourkoussis, N., White, M., Darcy, J., Sifniotis, M., Petridis, P., Basu, A. and Lister, F.P.: Web3D and Augmented Reality to support Engineering Education, World Transactions on Engineering and Technology Education(WIETE), Vol.3, No.1, pp.11–14 (2004).
- [102] 瀬戸崎典夫, 上妻堯甫, 岩崎勤, 森田裕介: タブレット端末を活用した天体学習用ARテキストの評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.36, pp.185–188 (2012).
- [103] 小杉大輔, 手島祐詞, 神田明治: ARを用いた児童用地図学習教材の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.36, pp.117–120 (2012).
- [104] Fjeld, M. and Voegtli, M.B.: Augmented Chemistry: An Interactive Educational Workbench, Proc. 2002 IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality(ISMAR 2002), pp.259–260 (2002).
- [105] 沖見圭洋, 松原行宏: 拡張現実型マーカーを用いた滑車装置実験のための学習支援システム, 日本教育工学会論文誌, Vol.27, No.2, pp.107–116 (2013).
- [106] Shatte, A., Holdsworth, J. and Lee, I.: Hand-Held Mobile Augmented Reality for Collaborative Problem Solving: A Case Study with Sorting, Proc. 47th Hawaii International Conference on System Sciences(HICSS2014), IEEE Computer Society, pp.91–99 (2014).
- [107] Brown, K.: Prelude - An Augmented Reality iOS Application for Music Edu-

- cation, Bowling Green State University, Honors Projects 112 (2014).
- [108] Unity: Unity-Game Engine, <<http://unity3d.com/jp>> (参照 2016-2-6).
- [109] Vuforia: Vuforia Developer Portal, <<https://developer.vuforia.com/>> (参照 2016-2-6).
- [110] Blender Foundation: blender.org, <<http://www.blender.org/>> (参照 2016-2-6).
- [111] 石塚丈晴, 兼宗進, 堀田龍也: 小学生に対するアンプラグドコンピュータサイエンス指導プログラムの実践と評価, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.1, No.2, pp.19-27 (2015).
- [112] LINE: Clova Developer Center, <<https://clova-developers.line.biz/>> (参照 2020-2-2).
- [113] Amazon: Amazon 開発者ポータル, <<https://developer.amazon.com/ja/>> (参照 2020-2-2).
- [114] 本多佑希, 島袋舞子, 兼宗進: スマートスピーカーを題材にしたプログラミング学習環境の提案, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2019-CE-150, No.5, pp.1-5 (2019).
- [115] 本多佑希, 島袋舞子, 浅子秀樹, 兼宗進: スマートスピーカーのアプリケーション開発を支援するプログラミング学習環境の開発, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2019, pp.62-68 (2019).
- [116] Inho, K.: Clova: Services and Devices Powered by AI, Proc. The 41st International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval, Association for Computing Machinery (ACM), pp.1359-1359 (2018).
- [117] 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, 情報処理学会情報教育シンポジウム 2016 論文集, Vol.2016, pp.98-105 (2016).
- [118] OpenWeather: OpenWeatherMap, <<https://openweathermap.org>> (参照 2019-9-18).
- [119] コンピュータ教育開発センター: 高等学校等における情報教育の実態調査実施報告書 (2009), <<http://www.cec.or.jp/ict/pdf/houkokuall.pdf>> (参照 2016-12-30).
- [120] 重田桂子, 植原啓介, 村井純: 高校教科「情報」に関するアンケート, 情報処理学会情報教育シンポジウム 2015 論文集, Vol.2015, pp.31-38 (2015).
- [121] 中村真二, 包領兄, チャンチュンヒウ, 細澤あゆみ, 横山航, 山本洗希, 湯瀬裕昭, 青山知靖, 鈴木直義: 専門高校の課外活動における PBL の実践報告, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2010-CE-104, No.7, pp.1-6 (2010).

-
- [122] Live E!協議会: Live E!—活きた地球の環境情報, <<http://www.live-e.org/>> (参照 2016-12-30).
- [123] 三井栄慶: データベース利用の授業案, <<https://www.wakuwaku-catch.net/>高校教科-情報-先生方の取り組み/授業事例 1/> (参照 2016-12-30).
- [124] 長谷川友彦: 情報を活用し情報社会に参画するためにデータベースを科学的に理解する学習, <<https://www.wakuwaku-catch.net/>高校教科-情報-先生方の取り組み/授業事例 10/> (参照 2016-12-30).
- [125] 長瀧寛之, 中野由章, 野部緑, 兼宗進: データベース操作の学習が可能なオンライン学習教材の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp.1-12 (2014).
- [126] sAccess, <<http://saccess.eplang.jp/>> (参照 2016-12-30).
- [127] 長瀧寛之, 兼宗進: データベース実習を支援するツール sAccess (サクセス), 情報処理, Vol.56, No.5, pp.466-469 (2015).
- [128] 兼宗進, 長瀧寛之, 野部緑, 中野由章: データベース操作の学習が可能なオンライン学習教材の設計と実装, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2012-CE-118, No.7, pp.1-8 (2013).
- [129] 野部緑, 長瀧寛之, 中野由章, 兼宗進: 関係データベース操作を視覚的に表示するオンライン学習教材, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2012-CE-117, No.10, pp.1-6 (2012).
- [130] ギノ: paiza.IO, <<https://paiza.io/>> (参照 2016-12-30).
- [131] ドットインストール, <<http://dotinstall.com>> (参照 2016-12-30).
- [132] 兼宗進, 長瀧寛之: オンラインでのデータベースプログラム実習システムの提案, 日本情報科教育学会, 第8回全国大会講演論文集, pp.99-100 (2015).
- [133] 兼宗進: ブラウザで利用可能な Web プログラム学習環境, 第8回全国高等学校情報教育研究会全国大会 (宮崎大会) (2015).
- [134] 小林史弥, 西川弘恭, 林康平, 島袋舞子, 長瀧寛之, 兼宗進: 情報システム学習を指向した Web ベースのツール開発と授業利用の報告, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2016-CE-134, No.3, pp.1-8 (2016).
- [135] Codecademy, <<http://www.codecademy.com/learn>> (参照 2016-12-30).
- [136] UEI Corporation: code.9leap, <<http://code.9leap.net/>> (参照 2016-12-30).

関連発表

主論文

論文誌

- [1] 島袋舞子, 林康平, 兼宗進: 拡張現実感を用いたソートアルゴリズム学習教材の提案, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.2, pp.199-208 (2017).
- [2] 島袋舞子, 井戸坂幸男, 兼宗進: 小学生を対象にしたプログラミング学習用ドリル教材の開発と低学年での評価, 日本産業技術教育学会誌, Vol.62, No.2, pp.141-149 (2020).
- [3] 島袋舞子, 本多佑希, 兼宗進: スマートスピーカーを題材にした高等学校におけるプログラミング学習環境の提案, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.6, No.3, pp.21-30 (2020).

国際会議

- [4] Shimabuku, M., Tsuchida, K., Tani, S., Nishida, T., Nakano, Y. and Kanemune, S.: An AR Tool for Understanding Quicksort Algorithm, Proc. IFIP TC3 Working Conference "A New Culture of Learning: Computing and next Generations", IFIP TC3 Working Conference, pp.450-451 (2015).
- [5] Shimabuku, M., Nagataki, H. and Kanemune, S.: Development and Evaluation of a Programming Workbooks Designed for Elementary School Students, Proc. Innovate Learning Summit 2021, Association for the Advancement of Computing in Education(AACE), pp.226-231 (2021).

参考論文

論文誌

- [6] 兼宗進, 白井詩沙香, 竹中一平, 長瀧寛之, 小林史弥, 島袋舞子, 田邊則彦: データベースと情報システムを学習する授業の提案と実践, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE), Vol.3, No.3, pp.18-28 (2017).

著書

- [7] 島袋舞子, 兼宗進: ドリルの王様 1, 2年のたのしいプログラミング, 新興出版社啓林館 (2019).
- [8] 島袋舞子, 兼宗進: ドリルの王様 3, 4年の楽しいプログラミング, 新興出版社啓林館 (2019).
- [9] 島袋舞子, 兼宗進: ドリルの王様 5, 6年の楽しいプログラミング, 新興出版社啓林館 (2019).

解説記事

- [10] 島袋舞子: 紙の上で問題を解くプログラミング学習, 啓林館, 啓く通信, No.3, (2019).
- [11] 島袋舞子, 兼宗進: 新教育課程で扱われるプログラミング教育, てくテク, 教育図書, Vol.004, pp.2-5 (2019).
- [12] 島袋舞子: プログラミング思考を育てるドリル教材, 学習情報研究 2019年7月号, 公益財団法人学習情報研究センター, pp.9-10 (2019).

口頭発表

- [13] 土田和人, 島袋舞子, 間辺広樹, 兼宗進: ARを利用したCSアンプラグド教材の提案, 情報処理学会情報教育シンポジウム 2014 論文集, Vol.2014, pp.253-259 (2014).
- [14] 兼宗進, 白井詩沙香, 竹中一平, 長瀧寛之, 島袋舞子, 田邊則彦: データベースを利用した高校におけるプログラミング授業の実践と評価, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2016-CE-134, No.22, pp.1-9 (2016).
- [15] 島袋舞子, 林康平, 井戸坂幸男, 兼宗進: タブレット端末を利用した整列アルゴリズム学習教材の提案, 日本情報科教育学会 第6回研究会 (2016).
- [16] 本多佑希, 島袋舞子, 兼宗進: スマートスピーカーを題材にしたプログラミング学習環境の提案, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), Vol.2019-CE-150,

No.5, pp.1-5 (2019).

- [17] 島袋舞子, 井戸坂幸男, 兼宗進: プログラミングの考え方を学ぶドリル教材の提案, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2019, pp.263-269 (2019).
- [18] 本多佑希, 島袋舞子, 兼宗進: スマートスピーカーのアプリケーション開発を支援するプログラミング学習環境の開発, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, Vol.2019, pp.62-68 (2019).