

---

# AIとデジタル・ファブリケーションリテラシー 育成の初等中等モデルカリキュラム開発

---

(課題番号 21H00860)

2021(令和3)年度～2023(令和5)年度  
科学研究費補助金(基盤研究(B)一般)  
第3年次(最終年次)研究成果報告書

2024(令和6)年2月

研究代表者 山崎 貞 登

(上越教育大学 大学院学校教育研究科教授)

## は し が き

本研究の目的は、脱カリキュラム・オーバーロード対策に注目し、米国と英国の STEAM 教育の最新動向の現地調査と、J 教育大学附属中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）等における AI ロボットを教材としたカリキュラム、「FAB (Digital FABrication) (デジタルデータをもとに創造物を制作する技術)」の適正な活用能力を育成するために、3D プリンタを活用した試作により、課題の解決策を具体化する STEAM 教育のカリキュラム・マネジメント、評価手法の要件の解明と、効果の検証である。

本報告書 PDF ファイルは、上越教育大学レポジトリの「050 報告書」の下位「051 科研費報告書」フォルダーで公開予定である。上越教育大学レポジトリの URL は、下記である。

<https://juen.repo.nii.ac.jp/>

本研究の教育課程基準は、次の科学研究費報告書の先行研究で得た知見に基づき、工夫・改良を重ねた基準である。

- 1)山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準(課題番号 17K01023) 2017(平成 29)年度～2019(令和元年度)科学研究費補助金(基盤研究 C)第 1 年次研究成果報告書 (2018) <http://hdl.handle.net/10513/00007428>
- 2)山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準(課題番号 17K01023) 2017(平成 29)年度～2019(令和元年度)科学研究費補助金(基盤研究 C)第 2 年次研究成果報告書 (2019) <http://hdl.handle.net/10513/00007929>
- 3)山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準(課題番号 17K01023) 2017(平成 29)年度～2019(令和元年度)科学研究費補助金(基盤研究 C)第 3 年次(最終年次)研究成果報告書 (2020) <http://hdl.handle.net/10513/00008106>

研究 1 年次の 2021 年は、COVID-19 によるパンデミックのために、英国とアメリカ渡航調査を延期した上、実践研究協力校の臨時休校などの困難に直面した。研究協力者の地道な交渉等により、アメリカ渡航調査は 2022 年 12 月、英国渡航調査は 2023 年 6 月に実施することができた。2022 年の実践研究協力校のうち数校は、COVID-19 感染防止対策による学校内立ち入り制限で、研究代表者、研究分担者、他研究協力者の授業参画ができなかったが、授業者の絶大なご協力と授業者からのデータ送付により、成果を得ることができた。研究協力校の校長並びに教職員と児童生徒の皆様及び、本科研の研究分担者と研究協力者に深厚なる謝意を表します。

本研究は、幾多の課題を残していることは言うまでもない。本研究報告書及び本成果 PDF ファイルの URL を広く公開して、読者諸賢の厳しい批評を仰ぐ次第である。この報告書に対する連絡先は、以下の通りである。

〒943-8512 新潟県上越市山屋敷町 1 番地 上越教育大学  
大学院学校教育研究科自然・生活教育学系 山崎 貞登  
電話&FAX: 025-521-3406 E-mail: yamazaki@juen.ac.jp

2024 年 2 月吉日

研究代表者 山崎 貞登



# 目 次

I 研究題目	1
II 研究組織	1
III 研究経費	1
IV 研究発表	1
第1章 STEM/STEAM教育と脱カリキュラム・オーバーロード対策に焦点化したイングランド・エクセター市への訪問調査（2023年6月21～28日）（磯部征尊・山崎貞登）	
1.1 2023/6/22, Exeter Maths School	7
1.2 2023/6/23, Blackpool Primary School	10
1.3 2023/6/26, University of Exeter	11
1.4 2023/6/27, North Newton Primary School	13
第2章 新しいアプローチの教育を導入することに対する理科教育の立場からの考察 ～コンピューティング教育, STEM教育, カリキュラム・オーバーロードを考える (人見久城)	
2.1 はじめに	21
2.2 コンピューティング教育	21
2.2.1 コンピューティング教育の定義	21
2.2.2 小学校段階のコンピューティングの教科化について	21
①生活科	21
②総合的な学習の時間	22
2.2.3 小学校段階でのAIリテラシー育成	22
2.2.4 STEAM教育の展開の場としての理解におけるものづくり活動	22
2.2.5 考察	23
2.3 エンジニアリング・デザインをめぐる議論	23
2.3.1 Next Generation Science Standardsとエンジニアリング・デザイン	23
2.3.2 エンジニアリング・デザインの特徴	23
2.3.3 理科学習とエンジニアリング・デザイン	23
2.4 アメリカ・ボストン科学館で開発されたSTEM教育プログラムの特徴	24
2.4.1 ボストン科学館	24
2.4.2 初等教育段階のプログラム事例	24
2.4.3 中等教育段階のプログラム事例	25
2.4.4 プログラムの特徴から示唆されること	25
2.5 STEM教育をめぐって	25
2.5.1 STEMに関する根本的な問い	25
2.5.2 STEM教育における「統合」	25
2.5.3 「統合」に対する批判	26
2.5.4 STEM教育とプロジェクト学習	26
2.6 カリキュラム・オーバーロードをめぐって	26
2.7 おわりに	27
第3章 小学校プログラミング教育におけるテキストプログラミングの必要性とその実践 ～ IchigoJam BASIC によるカリキュラム案 ～ (松田孝)	
3.1 問題の所在	29



3.2	Society5.0とプログラミング教育	30
3.3	IchigoJam BASICの優位性	30
3.4	プログラミング授業の学習時間確保と学習方法	31
3.5	カリキュラム案の展開をめぐって	31
3.6	カリキュラム案	31
3.6.1	小学校低学年	31
3.6.2	小学校中学年	33
3.6.3	小学校高学年	34
3.7	おわりに	37
第4章 小学校を対象にしたプログラミング教育とAIリテラシー育成のための授業実践 (川原田康文)		
4.1	はじめに	40
4.2	プログラミング教育とAIリテラシー	40
4.3	ロボット教材を使ったプログラミングSTEAM教育	41
4.4	相模女子大学小学部におけるロボット教材を使った学習について	42
4.5	系統性のある学習カリキュラム	42
4.6	授業実践より	42
4.6.1	児童による学習への自己評価	43
4.6.2	児童のICTツールを使ったレポート	43
4.6.3	アンケート結果より	43
4.7	考察	44
第5章 STEM/STEAM教育からのAIリテラシー育成のためのプログラミング学習のデザインと 評価(中村亮健・山崎貞登・磯部征尊)		
5.1	はじめに	46
5.2	小学校5, 6学年を対象としたAIリテラシー教育実践による非認知能力の効果	47
5.2.1	実践の概要	47
5.2.1.1	学習のねらい	47
5.2.1.2	学習の展開	47
5.2.2	結果と考察	48
5.2.2.1	ワークシートへの記述結果	48
5.2.2.2	本実践の効果の検証	49
5.3	小学校2学年を対象としたAIリテラシー教育実践(中村ら, 2023)	51
5.3.1	使用教材	51
5.3.2	実践内容	51
5.3.2.1	第1次実践	51
5.3.2.2	第2次実践	52
5.3.3	結果と考察	52
5.3.3.1	第1次実践の意識調査	52
5.3.3.2	第2次実践の意識調査	53
5.4	おわりに	54
第6章 技術科での自動走行ロボット教材によるAIリテラシー育成カリキュラムのデザイン (立花洋太郎・市村尚史・大森康正・岡島佑介・山崎貞登)		
6.1	はじめに	57
6.1.1	研究目的	57
6.1.2	問題の所在	57
6.2	先行研究	58
6.2.1	AIリテラシーの定義	58

6.2.2 中学校技術科におけるAIリテラシー育成の授業実践の先行研究	61
6.2.3 中学校技術科におけるテキスト型プログラミングの先行研究	62
6.3 研究対象と方法	63
6.3.1 研究対象	63
6.3.2 供試教材	63
6.3.3 実践カリキュラム	63
6.3.4 AIリテラシーに関する事前・事後の質問紙調査とマインドマップ調査	64
6.4 結果と考察	65
6.4.1 AIリテラシーに関する事前・質問紙調査	65
6.4.2 AIリテラシーの事前・事後マインドマップ調査	68
6.5 おわりに	71
付表6.1 2021年度実践構想カリキュラム学習指導案集とワークシート（1～6時間）	76
付表6.2 2021年度実践構想カリキュラム授業資料（1～6時間）	86
 第7章 技術科教育における小型人型ロボット教材によるAIリテラシー育成 （中村光希・水野頌之助・山崎貞登）	
7.1 はじめに	94
7.1.1 研究目的	94
7.1.2 問題の所在	94
7.2 研究対象と方法	95
7.2.1 研究対象	95
7.2.2 供試教材	95
7.3 実践カリキュラム	96
7.4 AIリテラシーに関する事前・事後の質問紙調査とマインドマップ調査	99
7.5 結果と考察	100
7.5.1 AIリテラシーに関する事前・事後の質問紙調査	100
7.5.2 AIリテラシーの事前・事後のマインドマップ調査	104
7.6 おわりに	108
 第8章 STEAM教育連携の視点からの小学校第5, 6学年国語教科書における技術の文脈 （山崎恭平・山崎貞登）	
8.1 はじめに	109
8.1.1 研究目的と問題の所在	109
8.1.2 テクノロジー, テクニック, スキルの概念規定	110
8.2 先行研究	110
8.2.1 小学校国語教科書における技術文脈に関する先行研究	110
8.2.2 小学校国語において児童の科学と技術の基礎知識・技能を高める授業に関する先行研究	111
8.3 研究対象と方法	112
8.3.1 研究対象	112
8.3.2 研究方法	112
8.4 結果と考察	113
8.4.1 小学校第5学年	113
8.4.2 小学校第6学年	116
8.5 おわりに	123
 第9章 3Dプリンタ導入に向けた製図ソフトウェアの評価と教材開発（東原貴志）	
9.1 はじめに	129
9.2 研究方法	129
9.2.1 3DCADソフトウェア評価の対象者および実施内容	129

9.2.2	ソフトウェアの選定	129
9.2.3	ソフトウェア操作の到達目標	130
9.2.3.1	caDIY3D-Xの到達目標	130
9.2.3.2	caDIY3D-Xの到達目標	131
9.2.4	スタッキングトレイの穴あきブロックの設計	131
9.2.4.1	スタッキングトレイの設計の授業実践の対象者	131
9.2.4.2	スタッキングトレイとは	132
9.2.4.3	スタッキングトレイの設計条件	132
9.3	授業実践の結果	133
9.3.1	ソフトウェアの評価	133
9.3.2	ソフトウェアの使用に関する課題	134
9.3.3	スタッキングトイの穴あきブロックの設計	134
9.4	おわりに	136
第10章 脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価規準の焦点化とカリキュラム・デザインの改善（佐伯智成・山崎貞登）		
10.1	はじめに	138
10.2	研究のデザイン	139
10.2.1	工業科電気系の見方・考え方の提案	139
10.2.2	「転移可能な概念的知識」と、「一連の方略」の整理	140
10.2.3	工業科の課題解決学習過程モデルに沿った評価規準の焦点化	141
10.2.4	授業実践	141
10.3	結果と考察	142
10.3.1	焦点化した評価規準・判別基準の作成	142
10.3.2	工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業の効果	142
10.3.3	形成的評価の充実	143
10.3.4	評価規準の信頼性	143
10.4	おわりに	144
第11章 総括（山崎貞登）		
11.1	はじめに	146
11.2	STEM/STEAM教育と脱カリキュラム・オーバーロード対策に焦点化したイングランド・エクセター市への訪問調査	146
11.3	新しいアプローチの教育を導入することに対する理科教育の立場からの考察 ～コンピューティング教育，STEM教育，カリキュラム・オーバーロードを考える	148
11.3.1	小学校段階のAIリテラシーを含む「コンピューティング教育」の教科化について	148
11.3.2	STEAM教育の展開の場としての我が国の理科におけるものづくり活動	148
11.3.3	アメリカ，ボストン科学館で開発されたSTEM教育プログラムの特徴	148
11.3.4	STEM教育はカリキュラム・オーバーロード（CO）の克服に有効か	149
11.4	我が国の初等中等教育におけるコンピューティング教育の実践と課題	150
11.5	STEAM教育連携の視点からの小学校第5，6学年国語教科書における技術の文脈	154
11.6	3Dプリンタ導入に向けた製図ソフトウェアの評価と教材開発	154
11.7	脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価規準の 焦点化とカリキュラム・デザインの改善	155
11.8	おわりに	156

## I 研究題目

基盤研究(B) AI とデジタル・ファブリケーションリテラシー育成の初等中等モデルカリキュラム  
開発

## II 研究組織

研究代表者・所属（専門分野）（役割分担）

山崎 貞登 上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授（技術・情報教育学）  
（総括）

研究分担者・所属（専門分野）（役割分担）

人見 久城 宇都宮大学・共同教育学部・教授（理科教育学）

（米国を中心とした STEAM 教育の最新動向の調査）

磯部 征尊 愛知教育大学・教育学部・准教授（技術・情報教育学）

（英国を中心とした STEAM 教育の最新動向調査と AI とデジタル・ファブリケーション(DF)教材を用いた教育実践）

大森 康正 上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授（知能情報学，教育工学，技術・情報教育学）（AI を取り入れたロボットを活用した STEAM 教育の技術・情報科内容学からの検討と実践）

東原 貴志 上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授（デジタル・ファブリケーション(DF)を取り入れた STEAM 教育の技術科内容学からの授業編成と実践）

岡島 佑介 上越教育大学・大学院学校教育研究科・講師（AI を取り入れたロボットを活用した STEAM 教育の電気と計測・制御の技術科内容学からの授業編成と実践）

研究協力者等・所属（専門分野）

松田 孝 合同株式会社 MAZDA Incredible Lab・代表（前東京都小金井市立前原小学校長）  
（小学校生活科と総合的な学習の時間を中心とし，教育課程全体と教育課程外にわたるプログラミング教育実践）

川原田康文 桜美林中学校・高等学校校長補佐（2022 年度まで，相模女子大学小学部・校長（技術・情報教育学）（AI プログラミング教育実践）

市村 尚史 新潟県上越市立城西中学校・主幹教諭（2022 年度まで，上越教育大学附属中学校・主幹教諭）（技術・情報教育学）（AI を取り入れたロボットと，デジタル・ファブリケーション(DF)を活用した STEAM 教育の技術・情報教育学からの授業実践）

水野頌之助 新潟県上越市立城北中学校・主幹教諭（技術・情報教育学）（AI を取り入れたロボットを活用した STEAM 教育の技術・情報教育学からの授業実践）

中村 光希 上越教育大学大学院修士課程院生（技術・情報教育学）（AI を取り入れたロボットを活用した STEAM 教育の技術・情報教育学からの授業実践）

中村 亮健 愛知県名古屋市長守山小学校教諭（技術・情報教育学）（AI を取り入れたロボットを活用した STEAM 教育の技術・情報教育学からの授業実践）

- 佐伯 智成 兵庫教育大学連合学校教育学研究科博士課程院生・富山県立魚津工業高校教諭(工業科教育学) (STEAM 教育の工業科教育学からの授業実践)
- 立花洋太郎 上越教育大学大学院修士課程院生(2022 年度修了)・現在北海道総合通信網株式会社 (技術・情報教育学) (AI を取り入れたロボットを活用した STEAM 教育の技術・情報教育学からの授業実践)

### Ⅲ 研究経費

令和 3 年度 10,100 千円 令和 4 年度 1,015 千円 令和 5 年度 1,015 千円

### Ⅳ 研究発表 (著者アルファベット順で掲載)

#### (1) 図書 (関連研究を含む)

- 人見久城：理科におけるものづくりの指導について述べなさい (第 3 章 Q18, pp.128-131), 片平克弘・木下博義編著『新・教職課程演習第 14 巻初等理科教育』所収, 協同出版, 2021 年 12 月.
- 山崎貞登・岡島佑介・東原貴志・大森康正・水野頌之助・大谷忠・磯部征尊：「5. ウィズ／ポストコロナ社会に挑む技術教育からのリスキリテラシーとデジタルリテラシー育成, pp.193-209, 上越教育大学(著)：『ポストコロナと教育－上越教育大学の実践と考察－』, 上越教育大学出版会 (2021)
- 山崎貞登・岡島佑介・東原貴志・大森康正・山崎恭平・市村尚史・水野頌之助・磯部征尊 (分担執筆)：STEAM 教育からの Society5.0 の実現に必要な「人間力」と「技術リテラシー」の育成, pp.133-150, 国立大学法人上越教育大学 大学改革戦略会議「21 世紀を生き抜くための能力+α」ワーキンググループ (編集)・上越教育大学 (著)：『「人間力」を育てる－上越教育大学からの提言 6－ (所収)』, 上越教育出版会, 2022 年 3 月

#### (2) 学会誌等 (関連研究を含む)

- 日比野浩規・景井美帆・松永豊・山崎貞登・磯部征尊：AI リテラシー育成に着目したプログラミング教材開発と評価, 日本産業技術教育学会実践事例集「テクノロジーとエンジニアリングの教室」Vol.1 pp.1-8, 2022 年 5 月 査読有
- 磯部征尊・谷田親彦・大谷忠・山崎貞登：イギリス「デザインと技術科」の GCSE 試験シラバスにおける STEM/STEAM 教育の影響と中核概念の構成要因, 日本産業技術教育学会誌 64(4) 285-298, 2022 年 12 月 査読有
- 水野頌之助・岡島佑介・大森康正・磯部征尊・山崎貞登：STEAM 教育連携とメタ認知能力を重視した生物育成の技術ガバナンスレビュー学習のカリキュラムデザインと評価, 日本産業技術教育学会誌 63(2) pp.215-228, 2021 年 6 月 査読有
- 中村亮健・石田典之・山崎貞登・磯部征尊：STEM/STEAM 教育からの AI リテラシー育成のための小学校高学年プログラミング学習のカリキュラムデザイン, 日本産業技術教育学会実践事例集「テクノロジーとエンジニアリングの教室」Vol.2, pp.1-9 2023 年 3 月 査読有
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登：工業高校電気系学科生徒の自己評価に基づく観点別評価の学力到達度と自己調整学習力との関連分析, 日本産業技術教育学会誌 64(2) pp.93-102, 2022 年 6 月 査読有
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登：工業高校電気系学科生徒の自己評価に基づく観点別評価



- の学力とエフォートフル・コントロールとの関連分析, 日本産業技術教育学会誌 65(1), pp.11-21  
2023 年 2 月 査読有
- 佐伯智成・山崎貞登: 工業科「電気基礎」における主体的に学習に取り組む態度を働かせた学習過程  
の工夫, 上越教育大学研究紀要 41(2) pp.463-472, 2022 年 3 月 査読無
- 山崎恭平・山崎貞登: STEAM 教育と連携した「生物育成の技術」から「生物技術」に再編する教育  
課程基準の構成原理, 上越教育大学研究紀要 41(2) pp.473-482 2022 年 03 月 査読無
- 山崎恭平・山崎貞登: STEAM 教育と連携した COVID-19 ワクチン開発の技術ガバナンスレビュー  
学習, 上越教育大学研究紀要 41(1) pp.213-222, 2021 年 08 月 査読無
- 山崎恭平・水野頌之助, 磯部征尊: 山崎貞登: STEAM 教育からの技術・エンジニアリング学習と,  
小学校社会科林業・畜産業・水産業学習との連携, 上越教育大学研究紀要 42 pp.179-188, 2022 年  
08 月 査読無
- 山崎恭平・山崎貞登: STEAM 教育からの技術科「生物技術」と理科「生命の連続性」の教科書分析  
とカリキュラム・マネジメント, 上越教育大学教職大学院研究紀要 10 pp.281-290, 2023 年 02 月  
査読無
- 山崎貞登・市原靖士・中原久志・渡津光司・森山潤: 幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー  
教育における技術概念の内容知と方法知の基準, 上越教育大学研究紀要 41(1), pp.223-232 2021  
年 08 月 査読無
- 山崎貞登, 磯部征尊, 大森康正, 岡島佑介: 国際技術・エンジニアリング教育者学会の前幼稚園から  
第 12 学年を対象とした技術・エンジニアリングリテラシーのための内容標準改定における STEM  
教育連携強化の影響, 科学教育研究 45(2) pp.128-141, 2021 年 06 月 査読有
- 山崎貞登・山崎恭平・水野頌之助・磯部征尊: STEAM 教育からの技術・エンジニアリング学習と,  
小学校体育科保健領域, 中学校保健体育科保健領域における感染症予防学習との連携, 上越教育大  
学研究紀要 42 pp.189-198, 2022 年 08 月 査読無
- 山崎貞登: STEAM 教育からの工業科教育法の学習指導案作成と模擬授業の改善, 上越教育大学教職  
大学院研究紀要 10 pp. 269-279, 2023 年 2 月 査読無
- 山崎貞登: 工業科教育法における技術・エンジニアリングデザインプロセスを導入した学習指導案作  
成と模擬授業, 上越教育大学研究紀要 43 pp.351-360, 2023 年 08 月 査読無

### (3) 口頭発表 (関連研究を含む)

- 日比野浩規・景井美帆・松永豊・山崎貞登・磯部征尊: AI リテラシー育成に着目したプログラミン  
グ教材開発と評価, (一社) 日本産業技術教育学会第 64 回全国大会 (札幌) 講演論文集, p.46,  
2021 年 08 月 28 日, (一社) 日本産業技術教育学会, 北海道教育大学札幌校 (オンライン)
- 人見久城: 理科教育の立場から日本発 STEAM 教育と小学校コンピューティング教育に関する考察,  
日本科学教育学会第 45 回年会論文集, pp.257-260, 2021 年 08 月 22 日, 日本科学教育学会, 鹿  
児島大学 (オンライン)
- 人見久城: 「主体的に学習に取り組む態度」の評価に関わる論点の整理, 日本科学教育学会年会論文  
集 46, pp.218-219, 2022 年 9 月 18 日, 愛知教育大学 (オンライン)
- 人見久城: アメリカ・ボストン科学館で開発された STEM 教育プログラムの事例ープログラムの概  
要とカリキュラム・オーバーロードへのコメントー, 日本科学教育学会年会論文集 47, pp.163-164,

- 2023 年 9 月 18 日, 愛媛大学
- 磯部征尊・小川邦博・伊藤大輔・山崎貞登：生活を工夫し創造する資質・能力の形成過程テストのデザインと評価, (一社) 日本産業技術教育学会第 64 回全国大会 (札幌) 講演論文集, p.83, 2021 年 08 月 30 日, (一社) 日本産業技術教育学会, 北海道教育大学札幌校 (オンライン)
- 磯部征尊：AI リテラシーに着目したプログラミング学習の実践と学習評価, 日本科学教育学会年会論文集 46, pp.213-214, 2022 年 9 月 18 日, 愛知教育大学 (オンライン)
- 磯部征尊：イギリスにおける脱カリキュラム・オーバーロードの現状と課題 ―Computing 教育を中心に―, 日本科学教育学会年会論文集 47, pp.161-162, 2023 年 9 月 18 日, 愛媛大学
- 川原田康文：小型人型ロボットを教材としたプログラミング学習実践と学習評価, 日本科学教育学会年会論文集 46, pp.216-217, 2022 年 9 月 18 日, 愛知教育大学 (オンライン)
- 川原田康文：小学校段階の STREAM 教育の導入と脱カリキュラム・オーバーロード, 日本科学教育学会年会論文集 47, pp.173-174, 2023 年 9 月 18 日, 愛媛大学
- 松田孝：Shuffle.で「自己調整力」を育む, 日本科学教育学会年会論文集 46, pp.211-212, 2022 年 9 月 18 日, 愛知教育大学 (オンライン)
- 松田孝：「小学校『総合的な学習の時間』を中核としたプログラミング教育の実践と脱カリキュラム・オーバーロード」～群馬県先進プログラミング教育実践校 (小学校) の事例から～, 日本科学教育学会年会論文集 47, pp.169-172, 2023 年 9 月 18 日, 愛媛大学
- 水本弾・山崎貞登：野菜工場をテーマとした材料と加工, 生物育成, エネルギー変換, 情報の各技術の統合教材の工夫, (一社) 日本産業技術教育学会第 32 回北陸支部大会 (福井) 講演要旨集, p.10, 2021 年 11 月 07 日, (一社) 日本産業技術教育学会北陸支部, 福井大学 (オンライン)
- 水野頌之助, 磯部征尊, 山崎貞登：STEAM 教育と連携した生物育成の技術から生物技術へと転換する技術教育の提案, (一社) 日本産業技術教育学会第 65 回全国大会 (広島) 講演論文集, p.156, 2022 年 8 月 21 日, 広島大学 (オンライン)
- 中村光希・立花洋太郎・榊千穂・望月慶理・藤田賢一郎・山崎貞登：トイドローン教材による技術分野計測・制御のためのプログラミング学習の計 8 時間カリキュラムの構想と実践 (5～8 時間目), (一社) 日本産業技術教育学会第 32 回北陸支部大会 (福井) 講演要旨集, p.13, 2021 年 11 月 07 日, (一社) 日本産業技術教育学会北陸支部, 福井大学 (オンライン)
- 中村光希・水野頌之助・山崎貞登：技術科教育における小型の人型ロボット教材による AII リテラシー育成, (一社) 日本産業技術教育学会第 65 回全国大会 (広島) 講演要旨集, p.11, 2022 年 8 月 20 日, 広島大学 (オンライン)
- 中村光希・水野頌之助・山崎貞登：中学校技術科における生徒の AI の活用と説明に関するテキストマイニング分析, (一社) 日本産業技術教育学会第 33 回北陸支部大会 (福井) 講演要旨集, p.6, 2022 年 12 月 10 日, 福井大学 (オンライン)
- 中村亮健・村松浩幸・磯部征尊：小学生を対象にした音声認識を活用したプログラミング型英語学習教材の開発, (一社) 日本産業技術教育学会第 64 回全国大会 (札幌) 講演論文集, p.45, 2021 年 08 月 28 日, (一社) 日本産業技術教育学会, 北海道教育大学札幌校 (オンライン)
- 中村亮健・景井美帆・山崎貞登・磯部征尊：Society5.0 に向けた小学校段階における AI リテラシー育成のための教材開発と評価, (一社) 日本産業技術教育学会第 39 回東海支部大会講演論文集, pp.1-2, 2021 年 12 月 11 日, (一社) 日本産業技術教育学会, 静岡大学 (オンライン)

- 中村亮健・山崎貞登・磯部征尊：小学校段階の AI リテラシー教育実践による非認知能力の効果，AI 時代の教育学会研究会予稿集，Vol.2 pp.6-9，2023 年 3 月 21 日，AI 時代の教育学会，東京女子学園中学校・高等学校（オンライン）
- 中村亮健・河村敏文・山崎貞登・磯部征尊：AI リテラシー育成に関するプログラミング学習のデザインと評価，（一社）日本産業技術教育学会第 66 回全国大会（鹿児島）講演要旨集，p.81，2023 年 8 月 20 日，鹿児島大学
- 大園慶・東原貴志・水野頌之助：中学校技術・家庭科技術分野「A 材料と加工の技術」ペン立てを製作課題とする 3 次元 CAD と 3 次元プリンタ活用の授業実践，（一社）日本産業技術教育学会第 33 回北陸支部大会（福井）講演要旨集，p.2，2022 年 12 月 10 日，（一社）日本産業技術教育学会北陸支部，福井大学（オンライン）
- 大園慶・東原貴志・松井明：特別支援教育と連携した 3 次元プリンタを活用したものづくり学習の提案，日本科学教育学会年会論文集 47，pp.533-534，2023 年 9 月 18 日，愛媛大学
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登：工業高校電気系学科生徒のエフォートフル・コントロール，キャリアレジリエンスと観点別学力到達度との関連分析，（一社）日本産業技術教育学会 2021 年度技術教育分科会講演論文集，p.23，2021 年 12 月 18 日，（一社）日本産業技術教育学会技術教育分科会，岩手大学教育学部（オンライン）
- 佐伯智成・山崎貞登：工業科「電気基礎」におけるスタンダード準拠評価の評価規準作成と実践，（一社）日本産業技術教育学会第 32 回北陸支部大会（福井）講演要旨集，p.14，2021 年 11 月 07 日，（一社）日本産業技術教育学会北陸支部，福井大学（オンライン）
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登：生徒自己評価に基づく工業高校電気系学科生徒における学力と自己調整学習力との関連分析，（一社）日本産業技術教育学会第 64 回全国大会（札幌）講演論文集，p.81，2021 年 08 月 29 日，（一社）日本産業技術教育学会，北海道教育大学札幌校（オンライン）
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登：高等学校工業科における「思考・判断・表現」と「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準作成の構成原理，日本科学教育学会第 45 回年会論文集，pp.485-487，2021 年 08 月 22 日，日本科学教育学会，鹿児島大学（オンライン）
- 佐伯智成・山崎貞登：工業高校電気系学科における観点別学習評価の開発と課題点，日本科学教育学会第 46 回年会（愛知大会）日本科学教育学会年会論文集 46，pp.209-210，2022 年 9 月 18 日，愛知教育大学（オンライン）
- 佐伯智成・山崎貞登：脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価規準の焦点化と妥当性・信頼性の改善，日本科学教育学会年会論文集 47，pp.165-168，2023 年 9 月 18 日，愛媛大学
- SAEKI, Tomonari, YAMAZAKI, Sadato : Development of Assessment Criteria and Class Practice Incorporating Dialogical Argumentation Learning in “Electrical Appliances” at the Industrial Department of an Upper Secondary School, 11th Biennial International Design and Technology Teacher’ s Association Research Conference (DATTArc) in Sothern Cross University, Australia. 7-10 Dec.2022
- 佐伯智成・島竹克大・岡島佑介・大森康正・山崎貞登：工業科電気系科目における課題解決型学習過程を活用した実践授業と評価，2022 年度技術教育分科会講演論文集，pp.25-26，2022 年 12 月



17 日, (一社) 日本産業技術教育学会, 岩手大学教育学部 (オンライン)

立花洋太郎・中村光希・榎千穂・望月慶理・藤田賢一郎・山崎貞登: トイドローン教材による技術分野計測・制御のためのプログラミング学習の計 8 時間カリキュラムの構想と実践(1~4 時間目), (一社) 日本産業技術教育学会第 32 回北陸支部大会 (福井) 講演要旨集, p.12, 2021 年 11 月 07 日, (一社) 日本産業技術教育学会北陸支部, 福井大学 (オンライン)

立花洋太郎・市村尚史・山崎貞登: 技術教育における AI リテラシー育成のカリキュラム・デザイン, (一社) 日本産業技術教育学会第 65 回全国大会 (広島) 講演要旨集, p.12, 2022 年 8 月 20 日, 広島大学 (オンライン)

立花洋太郎・市村尚史・大森康正・岡島佑介・山崎貞登: 技術科教育における AI リテラシー育成のための 2022 年度カリキュラムのデザイン, (一社) 日本産業技術教育学会第 33 回北陸支部大会 (福井) 講演要旨集, p.7, 2022 年 12 月 10 日, 福井大学 (オンライン)

山崎貞登・市原靖士・川路智治・中原久志・山崎恭平・渡津光司: 技術の概念と役割, (一社) 日本産業技術教育学会 「21 世紀の技術教育」(改訂版 2021), pp.1-21, 2021 年 08 月 29 日, (一社) 日本産業技術教育学会, 北海道教育大学札幌校 (オンライン)

山崎貞登: 日本発 STEAM 教育と小学校コンピューティング教育の教科化 2, 日本科学教育学会年会論文集 45, pp.245-248, 2021 年 08 月 22 日, 日本科学教育学会, 鹿児島大学 (オンライン開催)

山崎貞登: 「主体的に学習に取り組む態度」をどのように評価するか, 日本科学教育学会第 46 回年会 (愛知大会) 日本科学教育学会年会論文集 46, pp.207-208, 2022 年 9 月 18 日, 愛知教育大学 (オンライン)

山崎貞登: STEM/STEAM 教育とパフォーマンス評価はカリキュラム・オーバーロードの克服策となり得るか, 日本科学教育学会年会論文集 47, pp.159-160, 2023 年 9 月 18 日, 愛媛大学

# 第1章 STEM/STEAM 教育と脱カリキュラム・オーバーロード対策に焦点化した イングランド・エクセター市への訪問調査（2023 年 6 月 21～28 日）

磯 部 征 尊\* 山 崎 貞 登\*\*

## 要 旨

本章の目的は、イングランドの初等中等教育段階における STEM/STEM 教育とカリキュラム・オーバーロード (CO) の現状、脱 CO 対策について、現地調査を行い、検討することである。本稿では、CO を「1. カリキュラムの拡張」、「2. 内容のオーバーロード」、「3. (学習者、教員、保護者等による) 認識されたオーバーロード」、「4. カリキュラムの不均衡」に類型化して考察した。訪問の目的と・構想計画は、山崎と磯部が立案し、磯部が渡航し、現地調査を実施した。訪問先とインタビューメンバーを次に示す。(1) 2023/6/22, Mr. Liam Cantle (副校長先生), Exeter Maths School (Year12-13 : KS5 の高等学校), (2) 2023/6/23, Mr. Peter Adam (小学校教諭), Blackpool Primary School, (3) 2023/6/26, Dr. Victoria Wong (上級講師, Science 教育), University of Exeter, (4) 2024/6/27, Mrs. Debbie Leach (副校長先生), North Newton Primary School であった。以下、詳細を報告する(二重線は、今後、追加調査を行う)。カリキュラム・オーバーロードの6点に関する Q&A は、章末の付記を参照いただきたい。現地調査では、Associate Professor in Mathematics education, Co-Director of Centre for Research in STEM Education Graduate School of Education, University of Exeter の藤田太郎博士には訪問先への同伴及び通訳など、多大なご支援をいただいたので、深厚なる謝意を表する。

## KEY WORDS

イングランド(England), STEM/STEAM 教育(STEM/STEAM education), カリキュラム・オーバーロード (Curriculum overload), ナショナル・カリキュラム(National curriculum), 教育水準監査局(Office for Standards in Education, Ofsted), 標準達成課題(Standard Attainment Tasks, SATs), コンピュータ・サイエンス(Computer science)

### 1.1 2023/6/22, 場所 : Exeter Maths School (以下, EM 高校)

時間 : 9:30-10:30

HP : <https://exetermathematicsschool.ac.uk>

対応者 : Mr. Liam Cantle (副校長先生), [LiamCantle@exetermathematicsschool.ac.uk](mailto:LiamCantle@exetermathematicsschool.ac.uk)

ヒアリング内容 :

- ・ EM 高校は、設立後約 10 年が経過しており、エクセター市内でも極めて優秀な高校である。2 学年で 126 人 (各学年 4 クラス, Yr12 : 65 名, Yr13 : 61 名) である。
- ・ EM 高校は、一部の非常勤講師も含め、全 13 名の教師が在職している。13 名の中には、シニアリーダーシップチーム (senior readership team) や学校長も含まれる。生徒数に対して多いと思われるかもしれないが、生徒向けの重点・拡張コースを多数開講している。ほとんどの教員が、複数教科を担当している。詳細は、以下のサイトに掲載されている。

※For students (<https://exetermathematicsschool.ac.uk/for-students/>)

※Students (<https://exetermathematicsschool.ac.uk/people/>)

---

\* 愛知教育大学      \*\*上越教育大学

- ・EM 高校は、最初は、数学と物理のみを扱っていた。Computer Science（以下、CS）を勉強したい生徒は、エクセターカレッジに通っていた。その後、CSを扱うこととした。CS 担当者は、数学科の教員である。多くの教員が、学際的なアプローチ（Interdisciplinary approach）を取り入れている。数学の教員が担当することもあり、数学の問題を絡めてパイソンでのプログラミングをさせる事例がある。例えば、「1～千までのの中から素数を見つけなさい」という数学の問題をプログラミングさせている。
  - ・EM 高校は、現在、4 教科（Math, Further Math：数Ⅲ＋, Physics, Computer Science）の履修を扱っている。数学 2 教科は必須教科、物理・CS は選択教科（両方選択可）である。
  - ・政府からの各教科の推奨時数は、Min 週 3 時間である。CS は、週 4.5 時間（1.5 時間が 3 回）である。数学が 2 教科で各 3 時間、物理が 3 時間で計 9 時間の計算となる。
- ※以下の内容は、ホームページ（<https://exetermathematicsschool.ac.uk/our-curriculum/>）より抜粋した。

各教科	1 週間当たりの時数
数学	9 時間
物理または、CS（または、両教科）＊	4.5 時間（1.5 時間が 3 回）
エクセターカレッジでのオプション	5 時間**
個別指導	45 分
エクセター数学資格（EMC）	1 時間 10 分
EMC スキル	1 時間
鼓舞を目的とした精神カリキュラム	45 分
問題解決授業（選択）	各教科につき 1 時間 25 分以上
カリキュラム X（選択）	各教科につき 4 時間 20 分以上

＊両教科を選択した場合、Exeter カレッジを受講しない（できない）。

＊＊この教科は、AS/A レベル(通常 18 歳生徒受験の中等教育資格 AS/A レベル試験)及び BTEC(商業技術教育委員会, The Business and Technology Education Council)は、英国イングランド、ウェールズ、北アイルランドにおいて、中等教育卒業認定と、継続教育認定を所管する)オプション用である。どちらかのみ、週当たり 90 分の延長が認められる。

生徒たちは、year13 終了時に A レベル試験を受ける。エクセターカレッジの教科を受講する生徒は、year12 の夏休み中、その教科の AS 試験を受けても良い。その後、year13 では、選択教科として選んだ場合、A レベルに向けて受講を続けても良い。

- ・CS の「その他の活動 (Other Activities)」は、ホームページ(<https://exetermathematicsschool.ac.uk/our-curriculum/#activities3>) の内容を以下に抜粋する。

生徒は、実際の応用に知識を適用し、英国情報学オリンピック及びプロジェクト・オイラー、国立暗号チャレンジ、CS 学生ネットワークが主催するチャレンジやコンテストへの参加が推奨される。当校の CS 問題解決クラスについての詳細は、[このページ](#)で読むことができる。

- ・カリキュラム X では、大学の先生が来て、講義をすることもある。それは、自由参加である。以下は、ホームページ（<https://exetermathematicsschool.ac.uk/curriculum-x/>）を抜粋した内容である。

カリキュラム X は、同校の生徒にとって興味を抱く追加コースであり、大学やその先での学習に備えた拡張カリキュラムの中心的部分に位置づく。本コースを提供できることは、XTX マーケットの慈善的な支援のおかげである。本コースの名前の由来は、XTX マーケットによるものである！

カリキュラム X は、複数のモジュールから構成され、以下の目的を有している。

- ・挑戦的かつ魅力的であること
- ・A レベルのカリキュラムの範囲を超えた数理科学の知識・スキル・理解を発展させる方法を提供すること
- ・通常の A レベルカリキュラムの内容を超えた興味深いトピックを探究・好奇心を向上させ、各自の見方を広げることができるようにすること
- ・最終的には、数理科学を学ぶ大学生活に向けて準備できるようにすること

- ・EM 高校では、教科書は使用していない。Homework 用のプリントは、以下のサイトを活用しながら自作・提供している。

#### Archived Problems - Project Euler

#### A level topics — Isaac Computer Science

※各プリントは、3 セクション (A パート：基本的な練習問題、B パート：A レベル試験問題に似たような問題、C パート：応用やチャレンジ問題、Big project) から構成されている。1 年間の宿題数は、32 である。

- ・物理教員と数学の教員が相互に研修する機会がある。例えば、物理の力学については、数学教員が、物理で行う力学実験を観察することがある。また、数学と物理の教員が共通の問題を解き合い、解決方法に向けてどのようなアプローチがあるのかについて研修を行っている。
- ・EM 高校は、A レベル試験を扱っている。試験局は、学校の教員が試験シラバスを見て選んでいる。Math は、OCR B(MED)であり、物理は、WJEC Eduqas 試験局、CS は AQA 試験局を採用している。同校の A レベル試験に向けての 2 年間の流れは、以下の通りである。
  - (1) 9 月～翌年 7 月までで第 1 学年 (year12 : 16 歳)
  - (2) 9 月から翌年 2 月の半年間で第 2 学年 (year13 : 17 歳)
  - (3) 3 ～ 5 月は試験準備期間中
  - (4) 6 月は試験期間

※高校によっては、A レベル試験より低い AS レベル試験を扱う学校もある。

- ・教員たちは、協働スペースで何をどのように教えるのかを自分たちで情報共有をしている。
- ・CS は、Isaac Computer Science (<https://isaaccomputerscience.org/?examBoard=all&stage=all>) のサイトを活用して、STEM 学習を取り入れている。
- ・CS では、若干のカリキュラム・オーバーロードが起きているかもしれない。トピックの中には、フロッピーディスクに関する歴史や、インターネットの接続方法等、過剰な内容があるかもしれない。
- ・副校長先生とのヒアリングより、カリキュラム・オーバーロードは起きていないことが分かった。その背景は、以下の通りである。
  - 毎週の時間割 (別紙の通り) によると、4 教科以外は、評価対象外のプロジェクトワーク (EMC) があり、教師側にとってゆとり (余裕) のある時間割である。EMC は、各教科の専任が主導する。主な課題は、統計や現実世界に関するデータを扱っている。
  - 基本的に、個人の裁量で授業計画を立てることが可能である。
  - 放課後の部活動がない。

#### 【ES 高校の調査結果のまとめ】

本稿では、CO を「①カリキュラムの拡張」、「②内容のオーバーロード」、「③ (学習者、教員、保護者等による) 認識されたオーバーロード」、「④カリキュラムの不均衡」に類型化して考察する。

EM 高校では、2 年間の時間割表の工夫や、副校長先生のヒアリングより、カリキュラム・オーバーロードの 4 次元の内、「1. カリキュラムの拡張」と、「2. 内容のオーバーロード」の解消に努めていることが分かった。一方、考察の範囲を超えないが、「3. 認識されたオーバーロード」については、生徒が過重な負担を抱えている点は否めない。また、同校は、他校に比べて、履修教科を限定し、焦点化したカリキュラムを進めることができる一

方、理数系の教科しか学ばない「カリキュラムの不均衡」が少なからず生じている可能性があると考えられる。

## 1.2 2023/6/23, 場所 : University of Exeter

時間 : 11:30-12:30

学校名 : Blackpool Primary School (Liverton, Newton Abbot TQ12 6JB)

HP : <https://www.blackpool.devon.sch.uk/>

対応者 : Mr. Peter Adam (小学校教諭)

ヒアリング内容 :

- ・特に小学校では、Ofsted(Office for Standards in Education, 教育水準監査局)の学校監査の影響が強く、各学校のカリキュラムをデザインする上で大きな課題になっている。Ofsted は、英国にあるすべての教育機関を対象に、園児・児童・生徒・学生の学習、教員に関することと、態度、資質・能力、学習環境と学校設備について、通常3年に1回監査する。Ofsted の対応により、SATs(Standard Attainment Tasks, SATs, 標準達成課題)の結果が向上したこともある。また、SATs の結果が低い場合には、Ofsted より低評価を受ける可能性がある。SATs とは、7歳、11歳、14歳時に、英語、数学、科学で実施される標準達成課題テストで、2014年以前のナショナル・カリキュラム(NC)までは、各児童生徒は NC に示された8段階の到達レベルに基づいて評価を受けていた。2014年版 NC では、到達レベルが廃止になり、キーステージ(KS)1(5~7歳)、KS2(7~11歳)、KS3(11~14歳)、KS4(14~16歳)の各 KS 期末において、NC 各教科の学習プログラムの達成状況を、KS1 と 2 では学校教員による評価、KS2 では全国テストと教員による評価(KS2 修了時の全国テストの結果については、その学年で期待されている到達度について、標準的に達した場合を100とするスケール得点)、KS4 では GCSE(中等教育修了一般資格試験)など外部の試験団体による評価を受ける<sup>1)</sup>。
- ・各小学校は、説明責任を向上させるために、Ofsted の様々な要求を満たしたいと考えているものの、十分な時間がない。
- ・現在、カリキュラムに対して制約を感じている教師も少なからずいる。Adam 先生の個人的見解では、現在のカリキュラムでは、創造性を抑える状況があり、一部の教員は反発している、と指摘している。具体的には、以前は、子供たちに教える内容を自由に選択できた。例えば、地理や歴史の特定分野をカバーする場合でも、各教員は、自分たちなりのアプローチで授業を提供してきた。しかし、現在は、「このような手順で教えてください」と指示をされることがある。歴史の授業では、素晴らしいアート作品を作らなくても、単に事実を伝える授業になっている。

### 【Adam 教諭のヒアリング調査結果のまとめ】

Adam 教諭のカリキュラム・オーバーロードに焦点化して総括すると、以下の2点である。

- ・ナショナル・カリキュラムは、ある程度簡素化されているものの、各小学校がナショナル・カリキュラムをどのように活用するかは異なっている。具体的には、各小学校は、教科書を使わず、インターネットサイトで紹介されている教材サイトや、教育関連会社が提供するサイトを利用している。学校によっては、教科毎の授業を増やそうとして、カリキュラムの複雑化が起きている可能性は否めない。
- ・特に、小学校は、SATs の結果に基づき、Ofsted の監査(査定)を受ける。監査項目は様々である。その結果によっては、管理職の交代や、カリキュラムの量と質の転換を強く求められる。各小学校は、SATs(Standard Attainment Tasks, SATs, 標準達成課題)の結果を向上させ、Ofsted から高い評価を得るために、どのようなカリキュラムを進めているのかを説明するための教育資料(根拠)を残す努力をしている。その結果、本来であれば20分で済む授業が1時間かかる場合が生じている。



以上のヒアリングより、小学校では、Ofsted の結果次第では、「2. 内容のオーバーロード」と「3. 認識されたオーバーロード（教師によって認識される過重な負担感）」を引き起こしている可能性があることが分かった。見方を変えれば、学校によっては、カリキュラムのオーバーロードが起きていたとしても、Ofsted の評価結果が良ければ問題なし、と考えることも出来る。また、小学校は、SATs の対象教科である数学・英語を毎日午前中に重点的に行っている点からは、「4. カリキュラムの不均衡」も該当していると推察される。

### 1.3 2023/6/26, 場所 : University of Exeter

時間 : 13:00-14:00

対応者 : Dr. Victoria Wong (上級講師, Science 教育)

ヒアリング内容 :

- ・英国, 特に, イングランドでは, 1988 年以来, ナショナル・カリキュラムが存在している。科学の分野では, 科学カリキュラムを作成した関係者らは, 科学の範囲を非常に広義にとらえていた。
- ・初めての小・中等学校向けの科学のナショナル・カリキュラムでは, 全部で 17 の到達目標を含んでおり, 非常に膨大で, 多くの本があった。
- ・数回の改訂を踏まえ, 2006 年には, 中等教育 (KS 4) における科学のナショナル・カリキュラムは, 短縮され 2 ページに編成された。このようにした意図には, 各学校や試験委員会に柔軟性を抱かせ, 様々な科学ビジョンの反映を可能にすることであった。
- ・KS 3 は少し拡大したものの, 以前ほど多くの内容ではなかった。
- ・その後, 新しい政府によって, カリキュラムの解釈への余地があることに不満を抱き, 詳細な内容を指定することを望んだ。その結果, 現在の 2015 年から導入されたカリキュラムでは, 再び大規模な内容に変更した。この点は, 科学教育の中では別問題である。
- ・中学校の科学科では, 2 種類の科学の資格を受ける権利が与えられている。これには, 生物学・化学・物理学, さらに, 一部の地球科学が含まれていて, カリキュラム時間の 20% を占めている。
- ・数年前, 政府は好成績の生徒には, 3 種類の科学を受講する権利があるアイデアを考えた。3 種類の科学には, 全三つの科学をカバーする。
- ・現在, 2 種類の科学の範囲で教えることになっている。科学を結構頑張っている生徒には, アイデアや概念を探究する時間を設定する代わりに, たくさんの内容が詰め込む。実際, どの科学の教師も, 中学校の科学カリキュラムは完全に過剰していると主張する。
- ・特に, 3 種類の科学を受講する生徒にとっては, 一層の過剰な状態が起きている。また, 最近のカリキュラムでは, 内容が追加された。政府は, 科学の中に, 数学の最低限の割合を設定した。物理学では 30%, 化学では 20%, 生物学では 10%, 2 種類の科学では 20% である。当初, 数学のカリキュラムと科学のカリキュラムを作成する際, ほとんどの相互作用 (関連性) はなかった。
- ・ナショナル・カリキュラムの関係者の内, あるグループが KS 4 の科学を作成し, 別のグループが KS 4 の数学を作成した。また, 別のグループが KS 3 の内容を書いた。しかし, KS 3 の科学を書いたグループが誰であるか分からず, 知っている人もいなかった背景がある。このように, 様々なグループが作成に関わり, 重複する人物が存在しなかった。そのため, KS 4 の科学の内容では, 数学のカリキュラムでカバーされていると仮定して, 多くの数学の内容を含めた。しかし, 実際にはうまくいかなかった。その結果, 数学と科学の間に相違性が生じた。
- ・科学の教員の多くは, 教科間のカリキュラムの相違点に気付くと共に, 生徒たちが数学でカバー出来ない数学のスキルも教えるというように, 教える内容が増えている。この事自体は, 科学の教員の中には気づいていると考えられる。このような事態に気づいていない教員は, 生徒たちに一連の数学スキルが身についていることを期待している場合がある。このことは, 別問題と言える。いずれにしても, 現在の科学のカリキュラムは, 極

めて複雑であると共に、取り扱いが難しい状況にある。

- ・当時、教育大臣を務めていたマイケル・ゴーフは、「知識豊かなカリキュラム」と呼ばれるカリキュラムを望んでおり、様々な研究者の研究に携わっていた。彼は、生徒たちが多くの知識を持っていることと、それらの知識が記憶に基づくものであると考えた。生徒たちには、たくさんの情報を覚え、それらを試験で思い出し、書き出すことが求められていた。
- ・英語に関しては、以前は読むことが求められていた。英語文学の場合、本を読み、試験のときには、その本を持ち込むことができる。
- ・現在、受験生は、本を持ち込むことができないため、本の中にある引用を覚えなければいけない。詩を覚え、文章の大部分を思い出すことが期待されている。覚えた事柄を思い出せなければ、良い成績を取ることはできない。英語の A のレベルは、16 歳からの選択科目で、英国では珍しい状況と推察される。新しいカリキュラムの導入後、選択する人数は、以前の 3 分の 1 減少してしまった。
- ・以前は、英語の A レベルは、上位 1, 2 番に入っていたが、覚えることの多さのため、そのランキングが急落した。参加したくないと思っている生徒が多い状況にある。
- ・このように、カリキュラムが非常にイデオロギー的かつ、政策的な動機によって進められている。つまり、生徒たちにとって最善なことは、事実を思い出せるというイデオロギーである。
- ・中学校では、GCSE 試験の成績が主たる要素になっている。学校や生徒にとっては、GCSE の試験の結果が大部分を占めており、それが Ofsted の評価にも大きく関わってきている。もし、成績が低いと、その学校の Ofsted 評価は低くなってしまう。一方、Progeress8 の指標が導入されたことで、生徒たちの生のスコアだけでなく、高い貧困率地域出身の生徒が所属する学校には若干の助けになっている。しかしながら、やはり GCSE 試験の成績は、主たる要素を占めている。Ofsted の評価は、極めて重要なのである。
- ・最も重要なことは、GCSE 試験の結果で、彼らはどの程度の成績を取るのか、ということである。
- ・英国は、他国と異なり、特異なシステムがある。それは、国家カリキュラムは教育省が監督していることである。かつては、カリキュラム機関が担当していた。この機関は、政府とは一歩離れて配置されていた。その後、政府が国家カリキュラムを制作することになった。政府は、三つの例題委員会を設置した。各委員会は、カリキュラムを受け取って GCSE 試験を作成するので、三つの異なるバージョンが作られている。この点の特異なところであるが、以前とほとんど変わっていない状況である。
- ・つまり、A レベルの化学は、過去 15 年間、ほとんど変化していない。GCSE 試験は、大きな変更があった。A レベルは、比較的安定している。A レベルを選択した場合、GCSE 試験である程度の成績を取得することで、それぞれの大学の要求するコースのレベルが分かるのである。
- ・数学は、大学によって求められるレベルは異なる。
- ・A レベルは、GCSE 試験よりも柔軟性がある。カリキュラムは存在するものの、GCSE 試験よりも縛られることがない。それは、Design and Technology (DT) 教科も同様である。DT は、中心教科ではないため、政府は、その内容にあまり関心を持っていない。試験委員会は、提供する内容に柔軟性を持たせつつも、試験の合計点数の 50% は、少なくとも試験でなければいけないのである。その試験には、かなりの記憶力が必要である。
- ・英国は、科学の学位を取得させることを求めており、多くの生徒たちに科学を受けるように導く状況がある。
- ・現在の科学における GCSE 試験は、高学力の子供たちが良い成績と多くの知識を身に付けると共に、A レベルに向けての準備をしている。その後、彼らは、A レベルで快適に学びたいように構成されている。国は、下位の成績を取る子供たちには、あまり関心を示していない状況である。
- ・生徒の中には、科学に対し、覚えることが多過ぎるために嫌いになっている現状がある。
- ・生徒たちは、自分たちが理解しなければならないこと、例えば、数学自体は嬉しいものの、すべてを記憶しなければいけないことには興味がなく、やる気をなくすることが多い状況にある。つまり、「知識豊かなカリキュラム」は、ほとんど成功しなかった政策と思われる。

- ・科学の GCSE 試験は、大問題を抱えている。A レベルの人数も横ばいまたは、減少しており、大きな問題である。なぜなら、全体的に学生数が増えており、科学の選択人数が増えるはずなのに、増えていないからである。
- ・物理と化学を A レベルで受講する学生の割合は、やや低下している。一方、生物学の割合は高いものの、それについては、誰も関心がない状態である。おそらく、生物学が経済的に重要な位置を占めていないと思われているのかもしれないが、実際には、そうではない。生物学は、必ずしも履修しなければいけない科目ではない。
- ・医療は化学である。化学の受講者数が安定しているのは、医学部が化学を必要としているからである。もし、医学部が化学を必修教科から外すようになれば、化学の受講者数は急落するであろう。
- ・記憶重視がどれほど求められているのかについての例を伝えたい。物理の式一覧表は、通常の学生が覚えるべき内容である。2022 年度のリスト（今年度分も）は、パンデミックのための特別措置が講じられた。リストに示されていない式は、覚えることが推奨されている。それらの式を覚えていないと、試験の際、多くの点数を逃す可能性がある。そのために、リスト以外の式については、授業や宿題を通じて、教え込みに多くの時間が費やされている。化学には、さらに 6 種類ほどの式がある。生物にも、2 種類ほどの式を追加で覚える必要がある。基礎レベルの学生には、問題によっては、式が提示された問題が与えられるが、必ずという訳ではない。

#### 【Victoria 上級講師のヒアリング調査結果のまとめ】

日本の中学校・高等学校に相当する GCSE 試験と A レベル試験では、政府の「知識豊富なカリキュラム」を推進するために、カリキュラム・オーバーロードの内、「1. カリキュラムの拡張」及び「2. 内容のオーバーロード」、「3. 認識されたオーバーロード（教師及び子供によって認識される過重な負担感）」が主要教科である英語や科学で生じていることが分かった。

#### 1.4 2023/6/27, 場所 : North Newton Primary School (以下, NN 小学校)

時間 : 10:15-13:00

HP : <https://northnewtonprimaryschool.co.uk>

対応者 : Mrs. Debbie Leach (副校長先生), [d.leach16@yahoo.com](mailto:d.leach16@yahoo.com)

ヒアリング内容 :

- ・NN 小学校は、Nursery (4 歳時), Year 1-2 (5~6 歳), Year 3-4 (7~8 歳), Year 5-6 (9~10 歳) の 4 学級 (小学校は複式学級, 全 86 名) である。
- ・主な担任は、3 名である。来年は、もう 1 名増員予定である。
- ・NN 小学校では、「Curriculum Maestro (<https://maestro.cornerstoneseducation.co.uk>)」を購入し、各教員が日々の予定を入力したり、各教科のトピックを取り出して授業を行ったりしている。「Curriculum Maestro」は、1 学校につき 2300£ (約 40 万円) で購入可能である。



- ・以下の写真1, 2は, Mrs. Debiie のログイン時の状態である。

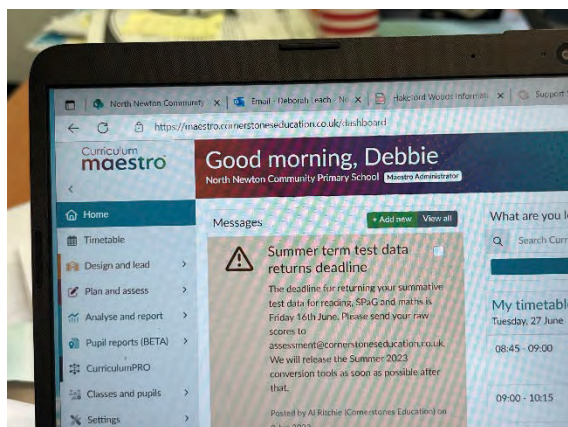


写真 1.1 トップ画面

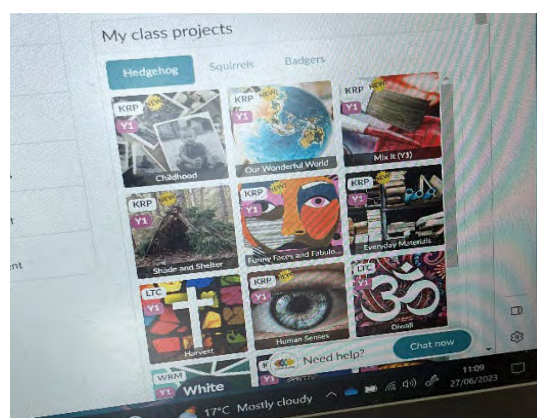


写真 1.2 進行中の各プロジェクト

- ・写真 1.3 と 1.4 は, 実際のプロジェクトの内容が掲載されている画面 (一部) である。

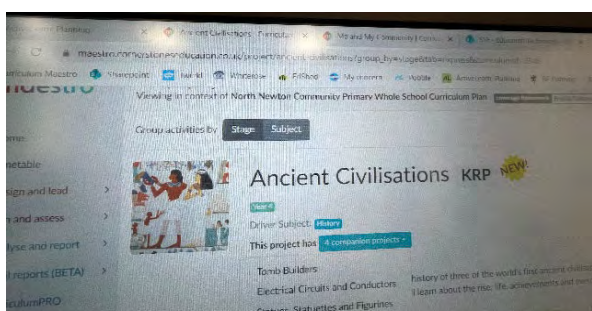


写真 1.3. Year 4 「古代文明」プロジェクト

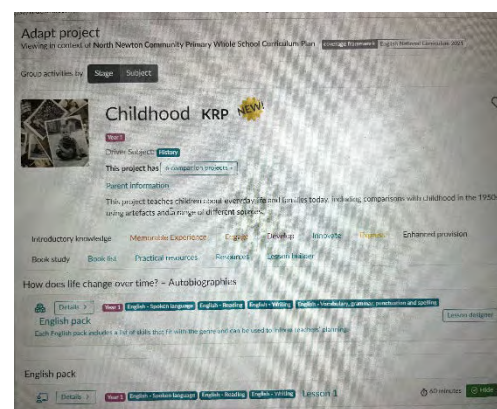


写真 1.4. Year1 「幼少時代」プロジェクト

- ・コンピューティングは, 以下のサイトを購入し, 四つのコア単元を年間で進めている。週 1 回をベースとしつつ, 大きなプロジェクトの時には, 1 週間毎日取り組むこともある。昨今は, E-safety を重視している。

※eLIM EdTech - New Wessex Computing (google.com)

※上記サイトは, Sunset 州内の会社が提供している。サービスの一貫として, 指導者が学校へ学期に 1 回訪問し, 教員向けの研修を行っている。

- ・プロジェクトベースにおいても, 与える知識量が多過ぎるので, 全てのプロジェクトを扱うことは, 極めて困難である。
- ・SATs の英語と数学のみならず, フォニックス (スペルの読み書き) も, 重要なウェイトを占めている。
- ・NN 小学校のみならず, 他の小学校でも予算に応じて様々な教材を購入・活用している。NN 小学校では, 「Curriculum Maestro」「eLIM EdTech」をどのようにカリキュラムをデザインするのが学校全体の課題になっている。「Curriculum Maestro」自体が, 「Long Term Program (年間指導計画)」に位置付けられている。
- ・Ofsted の監査で良い評価を得るために, カリキュラム・オーバーロードが起きていると思われる。そのようなことが生じないよう, 写真 1.3., 1.4. のようなプロジェクト (トピック) ベースで授業を進めている。具体的には, 1 学期は, エジプトをテーマに, 歴史はこの部分を知識と学ばせ, 科学では, この内容を実際に実験してみよう等と, 他教科の知識を関連付けて授業を進めている。
- ・NN 小学校では, Ofsted から, 2023 年 1 月に監査を受けて, 4 段階中 3 番目に良い評価を得た。その際, 「Curriculum Maestro」の頻度は, 調査対象外であった。以下は, HP に公開されている Ofsted の概要 (<https://northnewtonprimaryschool.co.uk/ofsted/>) である。

## OFSTED レポート：2023 年 1 月 18 日

### レポートのハイライト：

- ・生徒はノースニュートンスクールに行くのが大好きです。彼らの両親は同意し、他の人に学校を勧めるでしょう。
- ・生徒は幸せです。
- ・個々の子供をよく知っている思いやりのあるスタッフが、子供たちを安全に保ちます。
- ・リーダーは、生徒が達成できることに大きな期待を寄せています。
- ・生徒はうまくいきます。
- ・彼らは自信のある読者や数学者になります。
- ・彼らはフランス語を学ぶことを含む他の科目を勉強することを楽しんでます。
- ・生徒は「読書の課題」についてアニメーションで話します。これは、彼らが読んだものについて批判的にレビューして書くことで、より多くの、より広く読むことを奨励します。
- ・生徒が重要な語彙を開発し、最初から自分の考えを説明することに重点が置かれています。
- ・スタッフは、特別な教育的ニーズや障害のある生徒(SEND)を含むすべての生徒をよく知っています。学校の周りの行動は穏やかで整然としています。生徒は礼儀正しく、歓迎します。
- ・学校のすべての仕事は、お互いを気遣う強い感覚によって支えられています。
- ・生徒は安全だと言い、両親も同意します。
- ・保護者は、スタッフの「温かさ」を「育てる」「親しみやすい」と称賛しています。

### 【NN 小学校の調査結果のまとめ】

NN 小学校では、Ofsted の評価結果が良かったので、現在もカリキュラムのデザインを工夫している。校長先生を中心に、カリキュラム・オーバーロード、特に、「2. 内容のオーバーロード」と「3. 認識されたオーバーロード（教師及び子供によって認識される過重な負担感）」を引き起こさないようにするため、プロジェクトをベースとした授業展開していることが分かった。

NN 小学校も、SATS の対象教科である数学・英語、フォニックスを毎日午前中に重点的に行っている。この点からは、「カリキュラムの不均衡」が該当していると言える。

### 付記 カリキュラム・オーバーロード(6点)に Q&A

#### 1. カリキュラムの中でも、特に各学問分野の原理や原則に焦点を当ててメリハリをつけていくこと

→あなたの学校では、カリキュラムの特色はあるか。また、特定の教科に焦点を当てたカリキュラムをデザインしているか？

Does your school have a distinctive curriculum feature? For example, do you have a curriculum design that focuses on specific subjects?

Adam 先生（小学校教諭）	<ul style="list-style-type: none"><li>・以前は、英国でもクロスカリキュラムがありました。異なる領域を融合させることを試みていましたが、その考え方が再び浮上してきているように思えます。学校はすべてを詰め込むことができないという観点から、他の教材にいくらか取り込めるかを模索しているのでしょう。</li><li>・私は、まだ数学はかなり多いと思うが、現時点では、特に、KS1 のフォニックスの仕事のように、英語が非常に優勢です。フォニックスの仕事は、蔓延しています。それには、いくつかのライティングの他、ライティングレッスンを区切って行う等、重要な多</li></ul>
----------------	--

	<p>くの時間を要します。また、文章に合うスペルのチェックもあります。さらに、この種のガイド付き読書や、人々への読書のモデリングのようなものもあります。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・つまり、本当に多くのクラスが日々4つの英語を様々な時間に分けて行うことになり、非常に活発な状態です。</li> <li>・英語は、カリキュラムの中で相当な時間を占めています。英語が非常に重視されているかについては、学校が非常に重視しているかどうかによるので、学校によって異なる場合があります。管理職が英語を重視している場合、英語が非常に顕著になることが分かっています。他の学校では、数学がバランスの良い教科として捉えられている場合があります。</li> <li>・英語と数学の間には、依然として大きな時間数の差があります。ほとんどの学校では、午前中は、この2教科が中心で、午後は、基礎教科になります。基礎教科は、別々に教えられています。例えば、第二次世界対戦のような主題を取り上げて歴史や地理を関連付けて学ぶのではなく、ここまでは地理の授業、ここが歴史の授業、というように明確に分けて行っています。</li> </ul> <p>※トピック型に慣れていたものの、現在では、教科をベースとした授業に戻りつつある。</p>
--	---

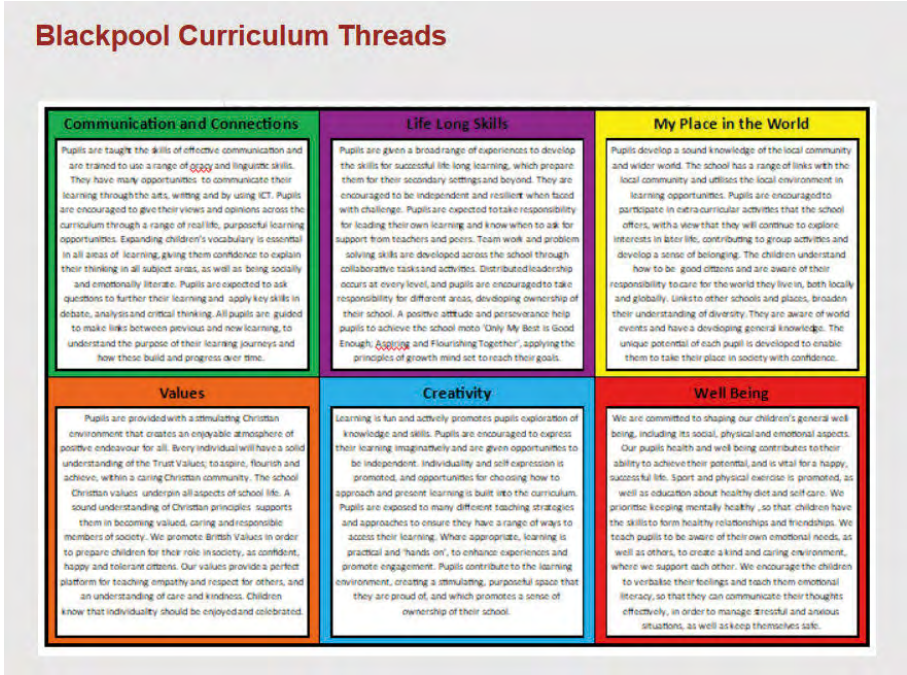
## 2. 各教科における本質的な思考の方法や視点、考え方に焦点を当てていくこと

→あなたの学校では、各教科の内容を充実させるために、工夫している点（指導方法や指導技術等）はあるのか？

Is there any effort made at your school to enhance the content of each subject by implementing innovative teaching methods or techniques?

Adam 先生（小学校教諭）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・私は、オフセットによる実用的な知識や、専門的な知識を使用していることが、言語にとって大きな影響を与えていると思います。しかし、その実用的な知識は、本質的な知識の中心であると同時に、子供たちが話している「コアな知識」とは異なることを理解する必要があります。今後は、知識が豊富なカリキュラムが必要です。私は、地理学者や科学者、歴史家等の役割やスキルを包含した、様々な科目を同時に教えることを試みています。</li> <li>・英国のナショナル・カリキュラムには、多くの内容が含まれています。教師たちは、現在、それぞれの内容をどのようなステップに分解できるかを模索しています。</li> <li>・以前は、地理や歴史等の各教科を1時間単位で教えていた時代がありました。しかし、今では、もっと少ない時間単位で捉えつつ、六つのポイントから構成されるユニット全体をカバーしようとしています。</li> </ul>
----------------	--



	<p><b>Blackpool Curriculum Threads</b></p>  <p><b>Curriculum Aims and Values   Blackpool Church of England Primary School</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・具体的には、20 分間で一つのポイントを教えたり、1 時間半は別のポイントを教えたりするように工夫しています。このように、数学だけでなく、地理や歴史等、全ての教科において、何が前提知識であるのかを考えています。各教員は、六つの学習ポイントをまとめて、どのように分解して学習させるのかについての理解を図ろうとしています。</li> </ul>
Liam 先生	<ul style="list-style-type: none"> <li>・物理教員と数学の教員が相互に研修する機会がある。例えば、物理の力学については、数学教員が、物理で行う力学実験を観察することがある。また、数学と物理の教員が共通の問題を解き合い、解決方法に向けてどのようなアプローチがあるのかについて研修を行っている。</li> </ul>

3. 学習テーマを実社会・実生活上の様々な課題に結びつけることで、より少ないコンテンツであっても様々なことを学ぶことができるようにすること

→あなたの学校では、学習テーマを実社会や実生活上の様々な課題に結びつけた授業を取り入れているか？  
また、複数教科を連携させ単元はあるのか？

Does your school incorporate lessons that connect learning themes to various real-life issues in society or practical situations? Are there interdisciplinary units that coordinate multiple subjects?

Adam 先生（小学校教諭）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在では、ほとんどの学校が教科毎のアプローチを採用していると思います。学校によっては、教科と教科を関連付けて行おうとしているところもあります。</li> <li>・例えば、UMMP では、体育をするときに、コンパスの方角を同時に教えると考えて取り組む事例です。この事例では、カリキュラムを簡素化する方法を見出そうとしているのです。このように、重複する分野を教科の枠を超えて関連付けることは、イノベーション的と言えないかもしれません。しかし、このような取り組みは、15 年前に行っていたことです。現在、個々の教科が見直されている過程と言えます。</li> </ul>
Liam 先生	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価対象外のプロジェクトワーク（EMC）がある。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・主な課題は、統計や現実世界に関するデータを扱っている。</li> <li>・学際的なアプローチ（Interdisciplinary approach）を取り入れている。CS では、数学の教員が担当することもあり、数学の問題を絡めてパイソンでのプログラミングをさせる事例がある。例えば、「1～千までの中から素数を見つけなさい」という数学の問題をプログラミングさせている。</li> </ul>
--	---

4. より生徒に近い立場にいる学校や教師に、カリキュラムに関するより広い裁量を認めること

→各担任は、時間割や教える内容などの裁量は認められていることを、関係資料から知っている。そこで、あなたの学校の各学年の時間割や各教科の時数を教えてほしい。

I am aware from relevant materials that each teacher is given discretion regarding their class schedule and teaching contents. Therefore, could you please inform me of the class schedules for each year level and the number of hours for each subject at your school?

Adam 先生（小学校教諭）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・各学校では、年間カリキュラムや教える教科の時間割を決めています。</li> <li>・長期のプログラム（年間カリキュラム）は、どの学校も取り組まなければいけない課題です。それは、各学校がカリキュラムを完遂している自信があることを名言できるようにするためです。数学の例で言えば、人々が使う数学の概要は、そのブロックをカバーするための段階が三つあります。これら三つを終えるには、約3週間を要します。私の経験では、多くの学校で課外活動を含めてしまい、常に追いつかない状態が生まれています。この時に活動を入れたり、ここで活動を入れたり等、場当たりのことが良くあります。</li> <li>・1年中行われている数学や英語等の教科は、学期の始めに計画を作成しようと試みます。各学期の終わりが近づくと、トロフィーやその他の制作物は、例えば、6週間制作・その後4週間休止、というように、カバーをしながら全体を調整しているように感じます。具体的には、「まだアートを終えていない。なんとかしてアートを進めないといけない」場合、1日アートを進めることがあります。</li> <li>・英国の場合、授業日数が減ってしまうことは容易にあります。例えば、修学旅行や全国的なイベントがある場合、その日を休校にします。私達は、学校で扱うべき教育内容を十分にカバーできていない可能性があると思います（日本でも、同様の課題があるのでしょうか）。</li> </ul>
----------------	---

5. カリキュラム策定の段階から、教師や各教科の専門家を巻き込み、その意見を踏まえたカリキュラムを作成すること

→あなたの学校では、教職員のみで、各学年の年間指導計画表を作成しているのか？それとも、専門家や大学教員を招いてデザインしているのか？

At your school, are the yearly curriculum plans for each grade level designed solely by the faculty or are professionals and university educators also consulted in the process?

Adam 先生（小学校教諭）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的には、多くの小学校では、自分たちでカリキュラムをデザインするように求められています。このことは、先生たちにとってはかなりハードです。</li> <li>・一方、数学の場合、他のサイトからカリキュラムを参考にしています。また、地理や歴史のためには、スキームに参加することもあります。それは、時間が制約されているからです。自分たちの状況似合わせてカスタマイズしています。先生の中には、「これが私の授業です」というアプローチを主張し、他の考え方や教材に関与しない方もいます。</li> </ul>
----------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学校外の関係者については、例えば、学校開発担当者や学校改善担当者を新規に雇用することがあります。彼らは、関連の研修会に参加することがあります。その後、学校に戻ってカリキュラムのデザインやサポートを行うことがあります。</li> </ul>
Liam 先生	<ul style="list-style-type: none"> <li>・EM 高校は、A レベル試験を扱っている。試験局は、学校の教員が試験シラバスを見て選んでいる。Math は、OCR B(MEI)であり、物理は、Eduquas 試験局、CS は AQA 試験局を採用している。</li> <li>・教員たちは、協働スペースで何をどのように教えるのかを自分たちで情報共有をしている。</li> <li>・CS は、Isaac Computer Science (<a href="https://isaaccomputerscience.org/?examBoard=all&amp;stage=all">https://isaaccomputerscience.org/?examBoard=all&amp;stage=all</a>) のサイトを活用して、STEM 学習を取り入れている。</li> </ul>

6. カリキュラム・オーバーロード問題への対応を、教育関係者だけでなく、より広い利害関係者を巻き込んで行うこと

→あなたの学校では、カリキュラム・オーバーロードが生じていると思うか。また、カリキュラム・オーバーロードが起きないようにする対策を行っているか。例えば、専門家を招聘して、カリキュラムのアドバイスを受けているか。

Do you think that there is curriculum overload at your school? And, have you taken measures to prevent curriculum overload? For example, have you invited experts to provide advice on the curriculum?

Adam 先生（小学校教諭）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ナショナル・カリキュラムは、ある程度簡素化されていると思いますが、学校がナショナル・カリキュラムをどのように活用するかによって異なると思います。過去には、数学1時間、地理1時間等のような時間割がありました。現在は、そのような教科毎の授業を増やそうとして、カリキュラムの複雑化が起きているのかもしれません。</li> <li>・私達は、「カリキュラム・オーバーロード」という言葉を使うわけではありませんが、英国の教育現場では、特に、数学のカリキュラムにおいては、内容が詰まっている、という点が話題に挙がっています。</li> <li>・英国では、現在、広範なカリキュラムに力を入れる動きがあります。そのため、英語と数学は、1日で網羅する教育内容と授業時間が対応していません。私自身の数学科で言えることは、常に、カリキュラムの内容に遅れをとってしまっていると思います。私自身、皆さんの質問のカリキュラム・オーバーロードの負荷に寄与しているのかもしれない。</li> <li>・一方、子供たちは、広い分野の知識を持っていることで、より複雑なテキストを理解することができ、特定の分野との関連性にも気付くことができます。しかし、各学校が英数ばかりに支配されずに、本当に広範なカリキュラムを提供していると感じているかどうかは分かりません。</li> <li>・カリキュラムについての話し合いがあれば、相互に集まってカリキュラムを検討します。しかし、教員一人一人がその教科の専門家ではありません。現在は、領域毎に特化した教員が配置されています。つまり、音楽や歴史等のカリキュラムを担当する教員が、音楽や歴史等の専門家ではない、という意味です。その結果、カリキュラムの質に影響が生じていると思います。</li> <li>・特に、小学校は、SATsの結果と Ofsted の影響を強く受けていると思います。各学校では、どのような決定を行い、どのようなカリキュラムを進めているのか、という点についての証拠（根拠）を残す努力をしています。Ofsted の監査担当者は、それらの資料</li> </ul>
----------------	--

	を必要としています。複数の学校では、以前の監査で求められた資料が残存しています。現在の管理職は、そのような資料や証拠を継続しようと心がけることで、多くの記録を残そうとします。その結果、本来であれば 20 分で済む授業が 1 時間かかるようになっているのです。これは、カリキュラム・オーバーロードにも繋がっていると思います。
Liam 先生	・CS では、若干のカリキュラム・オーバーロードが起きているかもしれない。トピックの中には、フロッピーディスクに関する歴史や、インターネットの接続方法等、過剰な内容があるかもしれない。

#### 文献

- 1) 新井浅浩：イギリス(イングランド)，pp.18-21，梅澤敦(研究代表者)：資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書 2 諸外国の教育課程と学習活動(所収)，国立教育政策研究所 (2016)

## 第2章 新しいアプローチの教育を導入することに対する理科教育の立場からの考察

### ～コンピューティング教育、STEM教育、カリキュラム・オーバーロードを考える～

宇都宮大学大学院教育学研究科 人見 久城

#### 2.1 はじめに

テクノロジーやエンジニアリングは、日本の理科教育では学習内容として直接的には取り上げられず、応用的なトピックの中でふれられる程度である。一方、国内外のSTEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 教育は、応用的な事例を取り上げることや、実社会におけるさまざまな問題の解決を学習の基盤とするアプローチを取ることに大きな特徴をもっている。現在の日本の理科教育では、基礎的、基本的な学習を中心とし、実社会における実用的、応用的な学習へのウェイトは少ない。具体的には、例えば、小、中学校理科の学習単位では、単元の終末に数時間程度の応用的な学習を含めることが一般的である。これは、STEM教育のアプローチと正反対と言ってもよいほど、大きな違いである。

そのようなSTEM教育に大きな価値があると認めた場合、日本の理科教育と正反対ともいえるアプローチを導入する際、どのような点に留意するのがよいのであろうか。

本稿では、第一に、STEM教育に関連する方法のひとつであるコンピューティング教育の導入やAIリテラシーに関する考察を試みる。第二に、STEM教育で鍵語（キーワード）となっているエンジニアリング、デザインをめぐり、いくつかの考察を進める。第三に、アメリカのSTEM教育プログラムの事例をもとに、その特徴を分析し、日本の理科教育との比較をおこなう。最後に、カリキュラム・オーバーロードにふれる。

#### 2.2 コンピューティング教育

##### 2.2.1 コンピューティング教育の定義

議論の前提として、コンピューティング教育に関して、英国ロイヤル・アカデミー・オブ・エンジニアリング (The Royal Academy of Engineering, 2012) による定義に立つこととする。その定義では、コンピューティングを、学校教育におけるICT (Information and Communication Technology)、産業界のIT (Information Technology)、コンピュータサイエンス、デジタルリテラシーを含む広教科領域と規定している。コンピュータサイエンスは、アルゴリズム、データ構造、プログラミング、システムズ構築、設計、問題解決等のような原理を包括するコンピュータ科学分野の体系とされる、また、ITの性質は、ソフトウェアの単なる使い方に限定されず、情報の創造と表現、システム設計、プロジェクトのプランニングと管理、情報セキュリティ等について、種々の側面から社会的な問題解決を図る属性を有するとされている。

これらの定義によれば、コンピューティング教育では、学習内容（事象）に対して、客観的かつ系統的な学習方法が用いられることが推測される。また、先の定義は学習方法に関する側面が強いため、学習内容をどの学問領域からどのように選択し、配列するかについての説明は読み取れない。学習者の発達段階を考慮しながら、スコープ（学習の範囲）とシーケンス（系統性）を決めていく必要がある。

##### 2.2.2 小学校段階のコンピューティング教育の教科化について

###### ①生活科

小学校第1, 2学年の生活科においてコンピューティング教育を導入することについて、是とは言い難い。生活科の特質を表すキーワードの一つとして、「気付き」が挙げられる。「気付き」や発見は、児童の感性に基づく、主観的なものである。一人ひとりの主観に立つため、どの児童も等しく気付いてほしい場面というものの規定できない。他教科で「知識、技能」とされる観点は、生活科では「気付き」と示されている（宇佐見, 2018）。「気付き」という主観的な認識過程を非常に大切にすることに、生活科の特質を認めることができる。また、事象に対する一人の児童の「気付き」を、複数の児童で共有することは許容されるが、そのレベルを複数の児童や学級で同一にすることは求められていない。「気付き」の質は個々の児童で異なるといいという前提がある。以上のことから、主観的な学習を重視する生活科と、客観的な学習方法に依拠



するコンピューティング教育の間で親和性は低いと考えられる。

## ②総合的な学習の時間

総合的な学習の時間では、目標を実現するにふさわしい探究課題と、探究課題の解決を通して育成を目指す資質・能力を、各学校が定めるとされている。探究課題としては、現代的な諸課題に対応する横断的、総合的な課題、地域が学校の特色に応じた課題、児童の興味、関心に基づく課題などが挙げられ、それぞれに対して、さらに具体的な課題が例示されている（文部科学省，2018，p.77）。これらのうち、現代的な諸課題に含まれる「科学技術の進歩と自分たちの暮らしの変化」という課題は、コンピューティング教育の展開の場として適しているように考えられる。それは、ICTの内容そのものを理解したり、実社会における適用場面を学習者自身の興味等に基づいて探究したりする学習が想定されるからである。

また、総合的な学習の時間で目指す資質・能力の一つである思考力、判断力、表現力等に関して、探究の過程が取り上げられている。探究の過程における思考力、判断力、表現力等の深まりの例として、①課題の設定、②情報の収集、③整理、分析、④まとめ、表現、などが示されている（文部科学省，2018，p.80）。これらの流れは、コンピューティング教育にも含まれている、いわゆる問題解決の過程に他ならない。総合的な学習の時間においてコンピューティング教育を導入することは、学習内容、学習方法の両面から親和性が高く、展開と成果が大いに期待できると考えられる。

### 2.2.3 小学校段階でのAIリテラシー育成

佐藤（2019）によるAIリテラシーの10の要素は、昨今の急速なAI技術の普及を視野に入れたとき、その育成を不要とするような意見（否定的意見）はごく少数であろうと推測される。特に、私たちの生活におけるAI技術の恩恵にはめざましいものがある。誰もが先進的技術の事例を理解し、それを肯定する態度を育てるためにも、AIリテラシーに関する教育を小学校段階から導入することに、賛成したい。

AIリテラシーを構成する要素には、小学校における各教科の学習内容や方法に通じるところがあり、発達段階や当該教科の内容とのすり合わせを行えば、AIリテラシー育成のための学習を導入する可能性は十分に認められる。特に、AIに関する知識、理解に分類される「AIは何でもできるものではないことを知ること」「AIは様々な技術の総称であることを知ること」などは、実社会や実生活における技術（テクノロジー）の役割や限界を理解する上できわめて重要な考え方である。また、AIを適切に活用するための思考力、判断力に分類される「AIを活用すべき状況なのかを判断すること」「課題を細分化して考えること」などは、目の前の課題に対する探究のしかたを思考することに他ならない。先に述べた総合的な学習の時間で用いられる思考の過程とも重複する。調べ方や考え方の選別、適用、振り返りなどは、どの教科の学習においても重視されることである。これらの育成について教科横断的に俯瞰することは、AIリテラシー育成を効率的に進める上で重要であろう。

### 2.2.4 STEAM教育の展開の場としての理科におけるものづくり活動

AIリテラシーやコンピューティング教育の展開は、STEM教育の流れに沿うものと理解される。これらの先進的な技術や教育を既存の教科等に導入する方向と同時に、既存の教科の学習方法を少し修正し、STEM教育に沿うものにしていく方法も考えられる。ここでは、STEM教育の展開の場の一例として、理科におけるものづくり活動を再考してみたい。

理科におけるものづくり活動は、これまで、児童生徒全員が同じものを製作し、動作の確認をして、誰もが成功しなければならない、という考え方に従っていたように考えられる（人見，2017）。例えば、教材キットの製作に依存したものづくり活動は、広く普及した実践方法である。そのような方法に対し、今後は、科学的原理の応用場面を学習者全員が確認するという一つの形式にとらわれず、多様なものづくり活動の展開が期待される。実生活における多様な問題をどのように解決していくかを考える場合、学習者全員が同じものづくりをおこない、動作の確認を同じように行うという方法では、多様性の視点が乏しい。多様な視点に立った解決方法のよさにも気づくことが期待されず、多様な視点に対する理解が深まらなないと懸念される。

従来のものづくり活動はいわば検証型であったが、これからのものづくりでは、検証型に加えて、探究型ものづくりの展開も期待される。探究型ものづくりとは、問題解決のために科学的原理を適用させることを大事にしながら、プロセスを大切にしようとするものづくり活動である。それは、例えば、教師から提示され

たり、自身で見いだしたりした仮想的な課題を解決するために、学習者自身が模型を製作し、製作物の中に科学的原理が応用されている箇所を確認したりすることを、ものづくり活動のねらいと位置づけることである。STEM 教育のねらいや育成する能力は多様であるが、STEM 教育を特徴づけるエンジニアリング・デザインでは、課題の解決のために問題を見だし、細分化し、最適解を探すなどのプロセスが重視されている。この点において、探究型のものづくりのねらいは、エンジニアリング・デザインでめざす考え方と共通すると考えられる。

### 2.2.5 考察

コンピューティング教育には、システム構築、データの扱い、設計、プログラミングと管理、問題解決などの学習内容や方法が含まれていることから、エンジニアリング・デザインとの親和性は高いと考えられる。このことから、エンジニアリング・デザインをはじめとする工学的なアプローチに立った学習を構想することで、教科内にコンピューティング教育を導入することは十分可能であると考えられる。コンピューティング教育の導入に関しては、学習内容の拡張や学習方法、形態の変更を伴う。学習者を誰に想定し、学習内容としてどのようなものを選択し配列するか等、課題を丁寧に検討していく必要がある。多様なねらいを含む STEM 教育を展開する場合でも、同様の検討が必要であろう。

## 2.3 エンジニアリング・デザインをめぐる議論

STEM 教育では、エンジニアリング・デザインが鍵語になっている。以下では、エンジニアリング・デザインに関する議論を整理しておきたい。

### 2.3.1 Next Generation Science Standards とエンジニアリング、デザイン

アメリカの Next Generation Science Standards（次世代科学教育スタンダード、以下、NGSS と略記、NGSS Lead States, 2013）では、科学とエンジニアリングに関するプラクティス（実践的学習）が定義されている。NGSS の策定においては、科学者、技術者、エンジニア等の専門家による議論の結果、科学教育における学習方法として提起された。NGSS においてプラクティスは、科学者が自然の事象を探究し、モデルを提案し、理論を構築する際に用いる行動、さらには、エンジニアが設計し、モデルや系の提案をする際に用いる方法の主要なものと定義されている（Baeder, 2014）。

NGSS で規定されるプラクティスには、エンジニアリング・デザインの考え方が大きな位置を占めている。エンジニアリング・デザインとは、(A) 問題を特定する（Defining the problem）、(B) 可能な解決策を提案する（Developing possible solutions）、(C) デザインを最適化する（Optimizing designs）、という 3 つの要素によって構成されている。これらの要素から、エンジニアリング・デザインは、実際の問題に対する解答や解決策を得るために、科学的知識を適用させたりすることを志向した学習活動であることがわかる。

### 2.3.2 エンジニアリング・デザインの特徴

Sneider (2018) は、「NGSS においてエンジニアリングが意味するところは、問題を見出すこと、問題を解決すること、あるいはそれらを目標とすることである。」と述べる。この指摘は、エンジニアリング・デザインが、学習方法と学習内容の両方になりうることを意味する。学習内容と学習方法をいかに密接な関係として考えるが教育関係者の関心事ではあるが、その両方を（部分的ではあるとしても）一体として捉えようとする点には、注意を払う必要があろう。

### 2.3.3 理科学習とエンジニアリング・デザイン

Sneider (2015a) は、理科学習にエンジニアリングを導入する際の価値や留意点について、表 2.1 のように指摘している。これらの指摘にはそれほど目新しいものは含まれていない。しかし、答えを一つに収束できる理科の学習に対して、エンジニアリング・デザインでは解決策が複数存在するなど、異なる見方を提供する。STEM 教育がめざす多様なねらいの一端を知ることができる。

エンジニアリング・デザインは、問題解決を志向した、問題解決のための学習である。このことは、実社会の文脈での学習と親和性が高い。つまり、実社会における問題解決をテーマとした学習を構想しようとする

るとき、学習方法に関してエンジニアリング・デザインは大きな示唆を与えるものと考えられる。

表 2.1. 理科学習にエンジニアリングを導入する際の価値や留意点 (Sneider, 2018)

- エンジニアリングは生徒を共同的活動に取り組ませるため、共同的に解決できるような課題を設定するとよい。
- エンジニアリング・デザインでは一つ以上の解決策が導出されるため、創造性も重要である。生徒が楽しく取り組めるような活動が求められる。
- 課題解決において失敗することは、誤りを意味しない。失敗は、解決の過程における普通の状態であり、失敗から解決策が導き出されるようになる。

## 2.4 アメリカのボストン科学館で開発された STEM 教育プログラムの特徴

### 2.4.1 ボストン科学館

アメリカのボストン科学館 (Museum of Science, Boston) は、館が位置するマサチューセッツ州をはじめ複数の州の研究者や教師と連携しながら、科学教育に関するカリキュラムの研究開発を進めている。それらの成果は教育プログラムとなり、教師用指導書、児童生徒用ワークブックなどとして結実する。また、プログラムの理解と普及のために重要な役割を果たす教員研修プログラムも用意し、情報発信をおこなっている。以下では、同館で開発されたプログラムのうち、STEM 教育に沿うプログラムを数例紹介する。

### 2.4.2 初等教育段階のプログラム事例

初等教育段階のプログラムとして、Engineering is Elementary (以下、EiE と略記) がある。対象は小学校第 1～5 学年である。エンジニアリングに関するリテラシーの育成をおもなねらいとし、小学校理科のトピックとの関連を視野にした学習内容が用意されている。EiE では 20 種類の単元 (表 2.2) が用意され、個々の単元では共通の学習指導過程 (表 2.3) が示されている (Cunningham, 2015)。次世代科学教育スタンダード (NGSS Lead States, 2013) の公表後、EiE はその内容と同スタンダードとの整合性の確保について各種資料で示している。

表 2.2. EiE の学習単元 (抜粋, 名称は筆者の意訳)

領域	おもな単元
宇宙, 地球科学	いろいろな所にある水, 風をつかまえよう, 泥, 岩石, 等
生命科学	受粉, 飼育の箱, 油を落とす, 等
物質科学	橋をかける, 目覚まし時計, 磁石の活用, 浮き沈み, 明りをつけよう, 等

表 2.3. EiE の学習指導過程

#### 0. 予備段階

エンジニアリングやテクノロジーの意味を解説する。

#### 1. エンジニアリングに関するストーリーの提供

いろいろな物語を読み聞かせ、場面を想像させる。

#### 2. エンジニアリングの想起

体験活動を通して、エンジニアリングがかかわる場面を想起させる。

#### 3. エンジニアリング・デザインとデータ収集

実験結果を数値で表すなど、科学、数学、エンジニアリングの関連に気付かせる。

#### 4. エンジニアリング・デザインの適用

エンジニアリング・デザインの 5 つの過程 (問う, 考える, 計画する, 作る, 改善する) に沿った活動をおこなう。

### 2.4.3 中等教育段階のプログラム事例

中等教育段階のプログラムとして、Engineering the Future（以下、EtF と略記）がある。対象は第9～12 学年（高等学校）である。EtF は、ウィギンズとマクタイの逆向き設計理論を援用して設計されている。つまり、EtF では、学習後の生徒の姿をはじめに定義し、それを達成させるための学習方法と学習内容の選定を検証しながら、プログラム開発が進められてきたのである。EtF のおもなねらいは、生徒がテクノロジーに関するリテラシーを獲得することで、科学、数学、テクノロジー、エンジニアリングの関連について理解することをおもな目標としている（Sneider, 2015b）。EtF では4 つの単元（表 2.4）が用意されている。どの単元においても、エンジニアリング・デザインの過程に含まれる問題の定義、開発と試行、最適化などを学ぶようになっている（Bunn, et al., 2019）。

表 2.4. EtF の学習単元（名称は筆者の意訳）

1. 生活の中の最適化（Jump Into Engineering） 携帯電話と周辺機器のデザインを設計し、販売促進のための要素抽出などの活動を通して、コミュニケーション、コラボレーションについて理解を深める。
2. 建物の設計（Design a Green Building） 環境に配慮した建物の設計について学ぶ。建物の構造、保温や換気などを例に、熱伝導の実験などをおこなう。
3. 蒸気船（Patent your Vehicle Design） 蒸気船の模型製作を通して、水と空気の性質、圧力、ボイル・シャルルの法則などを理解する。
4. 電気と通信（Design with Light and Sound） 電気回路の基礎から応用を学ぶ。各種パーツを使って発電や蓄電、金属の導電性などを学ぶ。電磁石、スピーカー、通信のしくみなどを学ぶ。

### 2.4.4 プログラムの特徴から示唆されること

上に示したプログラムは、エンジニアリング・デザインの過程を学習の基盤に置き、その過程そのものの理解を目指すように設計されている。そして、それに適する事例やトピックを学習内容として選定している。科学、数学等にかかわる知識は、テーマにかかわる問題解決の中で随時学習するようになっている。基礎、基本の理解から応用へ向かう日本のカリキュラムとは異なる考え方が見てとれる。

## 2.5 STEM 教育をめぐる

### 2.5.1 STEM に関する根本的な問い

Hunter は、インテグレイティッド（統合）STEM 教育に関する実践とその検証を続けているオーストラリアの研究者である。自身の経験と知見をもとに、Hunter（2021）で、STEM 教育に関して根本的な問いを投げかける（表 2.5）。挙げられた問いは、ディシプリンと実践の構想のしかた、教師教育に関する視点などを示していて、STEM 教育の推進にあたり、手掛かりになるものである。

表 2.5. STEM 教育に対する問い

○STEM ディシプリンを合わせて教えることに、どのような意味があるのか？
○実践は、transdisciplinary かinterdisciplinary か、multidisciplinary か？
○どのような教師教育が効果的なのか？
○STEM ディシプリンに対して、教師の指導力と自信をどのように高められるか？

### 2.5.2 STEM 教育における「統合」

STEM 教育は、その頭文字に代表される複数の教科（ディシプリン）にかかわって、学習内容や学習方法を検討しなければならない。その際、「統合」（インテグレーション）に関する考察は重要であると考えられる。

松原、高阪（2017）は、STEM 教育の中で教科横断的な視点を掘り下げる上で、統合の度合い（level of integration）に注目している。そこでは、統合の度合いと学習指導要領で提起される資質、能力との対応関



係を表 2.6 のように整理している。表 2.6 に含まれる 4 つのアプローチは、STEM 教育の実践において重要な意味をもつ。それは、「学習の成果として学習者に獲得を期待することは何か」を焦点化すること、および「それに必要な学習コンテンツはどのようなものか」というという 2 つの問いに対する答えを明確にすることであり、取りも直さず、カリキュラムを構成する上で重要な点だからである

表 2.6. 統合の度合いと特に育成される資質、能力（松原，高阪，2017）

統合の度合い	アプローチ	特に育成される 資質、能力
(分化) 低い  $\updownarrow$  高い (統合)	Thematic または Multidisciplinary	教科に固有な概念や個別スキル
	Interdisciplinary	教科等を横断する概念や汎用的スキル
	Transdisciplinary	実世界での課題を解決する能力

### 2.5.3 「統合」に対する批判

「統合」を STEM 教育の推進において重要だと考える場合、学習効果を確認しなければ、その学習の意味や推進の是非が問われてしまう。

Mason (1996) は、科学と数学との関連から、「統合」における不用意な知識の付与について懸念を示している。「数学の学習内容は系統的になっているが、統合の実践で数学的知識や概念を断片的に付与することは、もし前提となる知識やスキルを持ち合わせていない場合、学習者を困惑させる」と指摘し、「不用意な知識や概念の付与は、学習内容と学習者の適切な理解との間にギャップを生じさせる恐れがある」と警鐘を鳴らしている。Mason (1996) は、事例として、小学校における「熱帯雨林」という学習で、様々な絶滅危惧種の個体数をグラフに表す活動をさせることに疑問を呈している。

### 2.5.4 STEM 教育とプロジェクト型学習

McComas (2014) は、STEM 教育における学習形態を考える上で、Capraro & Slough (2013) の「プロジェクト型学習 (Project-Based Learning) は課題解決型学習 (Problem-Based Learning) を拡張したもの」の例であるが、両者は同一ではない。プロジェクト型学習では、生徒が解決する課題が複数用意され、文脈依存の真真正な体験が提供され、科学、技術、工学、数学における概念の有意義な結合が求められる学習である。」という指摘を引用し、両者の特質を区別している。その上で、McComas (2014) は、科学、技術、工学、数学という 4 つの学問領域における内容や方法、結論を生徒が活用する上で、プロジェクト型学習が STEM 教育を進める上で重要な役割を果たすと指摘している。

## 2.6 カリキュラム・オーバーロードをめぐる

STEM 教育は複数のディシプリンを視野に入れたテーマやトピックを扱う。その際、学習内容の選定において、その基になるディシプリンからの選択を適切におこなわないと、従来のディシプリン型の教科学習に比べて、学習内容が増えてしまうことが懸念される。それは学習者と教師の双方に負担になることで、カリキュラム・オーバーロードという問題となる。

白井 (2020) は、OECD の Education 2030 に関する論考の中で、カリキュラム・オーバーロードへの対応策に関して、6 つのアプローチを挙げている。その中に、「学習テーマを実社会、実生活上の様々な課題に結びつけることで、より少ないコンテンツであっても、様々なことを学ぶことができるようにする取り組みがある。」というものがある。このアプローチに立脚しつつ、コンテンツをいかに適切に設定するかが、STEM 教育が学習者にとって適切かどうかを判断する鍵になると考えられる。

奈須 (2021) は、教科等を横断する学びに関して、次のように述べている (奈須, 2021, p.53)。

「欧米ではテーマ・アプローチなどと呼ばれ、やはりオーセンティックな学習を原理としているが、身近で切実な問題解決に挑む中で教科の学びを存分に活用する経験を通して、子どもたちは教科を学ぶ意義を深く実感するとともに、自分たちの地域生活を広い意味での科学の視点で吟味することの重

要さをも感得する。」

ここに述べられた、身近な問題解決から教科の学びへ至るというアプローチは、カリキュラム・オーバーロードを議論する上で非常に重要と考えられる。本稿で紹介したプログラム事例には、そのような考え方の一端が垣間見られる。学習内容として何を残し何を削るかという議論を、数学や理科といった各教科で個々におこなうことを避ける意味で、STEM教育のあり方を検討することは、有効なアプローチになるであろうと考えられる。Reagan (2016) は、小学校においてSTEM融合 (STEM-Infusion) を提唱し、学習内容と方法の具体を解説する。Sneider (2015a) は、著書の巻頭言で、小学校教師には全教科を教えるという利点があるので、融合されたSTEM学習を教えやすいであろうと述べている。カリキュラム・オーバーロードの議論は、小学校と中学校以上では異なると考えられる。各学校段階における議論を進める必要がある。

## 2.7 おわりに

STEM教育やそれに関連するコンピューティング教育など、従来の教育では見られなかった新しい内容や方法に基づくアプローチがさまざまに提言されている。それらの新しいアプローチの元になっているものは、科学技術である。そのため、それらに基づく新しいアプローチを学校教育に導入しようとするとき、どの技術的レベルやとらえ方、考え方に立つのかについて、きちんと議論をする必要がある。しかし、一方で、科学技術が発達する速度は非常に速く、前提としての議論を進めても議論が熟す頃には、新しいアプローチもまた変化してしまうことになる。導入のための議論と実践に向けた具体化などに関して、妥当な着地点を見つけることは困難かも知れない。しかし、導入に対して慎重になりすぎていては、科学技術を背景とする理系教育（数学、理科、技術科等）が実社会に比べて遅れたものになり、学校における理系教育が時代のニーズと乖離してしまう懸念が生じてくる。

着地点を模索し、導入を意味のあるものにするためには、学校教育を通して学習者が獲得するさまざまな資質・能力の議論を中心に置くことが重要ではないだろうか。すなわち、近未来の大人になる児童生徒が、実社会に出たときに、どのような能力を学校の理系教育の成果として身につければよいか、という点である。

資質・能力の獲得は、教育の成果とほぼ同値にとらえることができる。従来、教育の成果は、実質的陶冶と形式的陶冶の両面から論じられることが多かった。科学技術に基盤を置く理系教育の成果は、優れて実質的陶冶の側面から見がちであり、それが重要な焦点であると考えられる。一方で、将来の進路を非理系とする児童生徒に対しては、形式的陶冶の側面から教育の成果を議論することも重要であろう。

〔付記〕本稿は、日本科学教育学会年会において筆者が口頭発表した以下の3編の発表要旨をもとに、若干の考察を追加して再構成したものである。

人見久城 (2021) : 理科教育の立場から日本発 STEM 教育と小学校コンピューティング教育に関する考察, 日本科学教育学会第 45 回年会, 年会論文集, 257-260.

人見久城 (2023a) : STEM/STEAM 教育の推進を考える上での視点の整理, 日本科学教育学会第 47 回年会, 年会論文集, 3-4.

人見久城 (2023b) : アメリカ, ボストン科学館で開発された STEM 教育プログラムの事例—プログラムの概要とカリキュラム, オーバーロードへのコメント—, 日本科学教育学会第 47 回年会, 年会論文集, 163-164.

## 〔引用文献〕

Baeder, A. (2014) : Science and Engineering Practice, In McComas, W.F.,(Ed.) The Language of Science Education, p.85, Sense Publishers.

Bunn, J., Pulis, L. C., Ravel, M. K., Sneider, C. I. (2019) : Engineering the Future Teacher Guide, Museum of Science, Boston.

Capraro, R., M., Slough, S.,W. (2013) : Why PBL? Why STEM? Why now? pp.1-5, In Capraro, R., M., Capraro, M.,M., & Morgan, J.,R., (Eds.), STEM Project Based Learning, Sense Publishing. (McComas(2014)から再引用)

- Cunningham, C. (2015) : Engineering is Elementary, Engineering for Elementary School Students, In Sneider, C.I., The Go-To Guide for ENGINEERING CURRICULA Pre K-5 Choosing and Using the Best Instructional Materials for Your Students, pp.19-38, Corwin.
- Czerniak, C.M. (2007) : Interdisciplinary Science Teaching (Chapter 19), In Abell, S.K., Lederman, N.G., (eds): Handbook of Research on Science Education, 537-559, Lawrence Erlbaum Associate, Inc.
- 人見久城 (2017) : 理科におけるものづくり活動の展開, 大高 泉編著 : 理科教育基礎論研究, pp.318-331, 協同出版.
- Hunter, J. (2021) : High Possibility STEM Classrooms: Integrated STEM Learning in Research and Practice, 35, Routledge.
- McComas, W., F. (2014) : Project-based Instruction, In McComas, W., F., (Ed.) The Language of Science Education, p.81, Sense Publishers.
- 松田 孝, 景井美帆, 亀井俊之, 桑村海光, 人見久城, 磯部征尊, 大森康正, 山崎貞登 (2021) : STEM/STEAM 教育からの小学校段階における AI リテラシー育成のための教材開発と実践, 上越教育大学研究紀要, Vol.40, No.2, pp.631-640.
- Mason, T.C. (1996) : Integrated curricula: Potentials and problems, Journal of Teacher Education, 47(4), 263-270. [Czerniak, (2007) から再引用]
- 松原憲治, 高阪将人 (2017) : 資質, 能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い, 科学教育研究, 41 (2), 150-160.
- 文部科学省 (2018) : 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 総合的な学習の時間編, pp.73-77, 79-80, 東洋館出版社.
- 奈須正裕 (2021) : 第 3 章 資質, 能力を基盤とした教育からみた, カリキュラム, オーバーロード克服の可能性, 奈須正裕 (編著) : 「少ない時数で豊かに学ぶ」授業のつくり方 脱「カリキュラム, オーバーロード」への処方箋, pp.33-55, ぎょうせい.
- NGSS Lead States (2013) : Next Generation Science Standards: For states, by states, National Academy Press.
- Reagan, M. T. (2016) : STEM-Infusing the Elementary Classroom, Corwin.
- 佐藤頌太 (2019) : AI リテラシーを養う授業実践の開発ー中学生が機械学習を用いた課題解決を行う授業実践を通じてー, 藤川大祐編著 : 人工知能社会における教育に関する実践的研究, 人文公共学府研究プロジェクト報告書第 346 集, pp.11-20, 千葉大学大学院人文公共学府, (松田ら (2021) から再引用)
- 白井俊 (2020) : OECD Education 2030 プロジェクトが描く教育の未来ーエージェンシー, 資質, 能力とカリキュラムー, 216, ミネルヴァ書房.
- Sneider, C. (Eds.) (2015a) : The Go-To Guide for Engineering Curricula Grade 6-8, Crown, pp.2-3.
- Sneider, C. I. (2015b) : Engineering the Future, Science, Technology, and the Design Process, In Sneider, C. I., The Go-To Guide for ENGINEERING CURRICULA Grades 9-12 Choosing and Using the Best Instructional Materials for Your Students, pp.57-89, Corwin.
- Sneider, C. (2018) : Making Assessments Sparkle with Engineering, Paper presented at the National Conference of the National Science Teaching Association, Atlanta, GA.
- The Royal Academy of Engineering: Shut down or reset? The way forward for Computing in U.K. school. The Royal Society (2012)  
<https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- 宇佐見香代 (2018) : 初等生活科教育の意義と目標, 片平克弘, 唐木清志編著 : 初等生活科教育, p.7, ミネルヴァ書房.

### 第3章 小学校プログラミング教育におけるテキストプログラミングの必要性和その実践 ～ IchigoJam BASIC によるカリキュラム案 ～

#### The necessity and practice of text programming in elementary school programming education ～ Curriculum plan using IchigoJam BASIC ～

松田 孝  
MATSUDA, Takashi

合同会社 MAZDA Incredible Lab  
LLC MAZDA Incredible Lab

【要約】 平成 29 (2018) 年に改訂が行われた小学校学習指導要領は、2020 年度から全面実施となり、これに基づき、小学校段階におけるプログラミング教育が始まった。全国の小学校ではプログラミング教育を実施するために、その時間確保と方法に様々な創意工夫を凝らして実践に取り組んでいる。しかしながら多くの学校では教科書に例示された単元においてわずか数時間程度のプログラミング体験を実施している現状にある。そしてそこで取り扱う言語がほぼほぼビジュアルブロック言語であることに、児童・生徒のキャリア発達や Society5.0 の社会の形成者としての資質・能力の育成に大きな問題を孕んでいると考える。筆者はプログラミング言語はコンピュータとのコミュニケーション言語であって、児童・生徒がより直接的にコンピュータの「0」と「1」で表現される世界観に慣れるためには小学校段階からテキスト言語に取り組むことが有効である、と考える。本論では、筆者のこれまでの小学校現場での実践経験をもとに、テキスト言語 (IchigoJamBASIC) の知識と技能を習得するための系統性をもった、しかも探求的な要素を含んだ (プッチ PBL 的な) プログラミング授業の指導計画 (展開) を提案し、小学校現場におけるプログラミング教育の新たな授業実践の創造に寄与しようとするものである。

【キーワード】 小学校プログラミング教育, Society5.0, コンピュータサイエンス、大学入学共通テスト、総合的な学習の時間、DNCL, IchigoJam BASIC

#### 3.1 問題の所在

平成 29 (2018) 年告示の小学校学習指導要領において、小学校段階でのプログラミング教育が必修となった。総則の第3「教育課程の実施と学習評価」において、「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を各教科等の特質に応じて、計画的に実施することが定められた。しかしその学習活動の実施学年、教科、時数等は明記されず、具体的な実施の判断は各学校に委ねられた。結果、多くの学校では教科書 (5年生算数「正多角形の作図」、6年生理科「電気の性質と働き」) に掲載されているプログラミング体験をまずは実施するべく指導計画等を作成している。

しかしながら指導計画を見ればこれ等単元においてプログラミングを体験する時間は、わずか数時間にしか過ぎない。初めて児童がプログラミングを体験するにあたって、取り扱う言語の操作に慣れ、ロボットや他デバイス等を扱うような体験を実施しようとする

ば、当然時間がかかる。現実、各学校は裁量の時間や様々な工夫をしてその時間を捻出しており、カリキュラム・オーバーロードの問題に頭を悩ませている。

さらには時間を費やして扱うプログラミング言語も、そのほとんどがビジュアルブロック言語であることが小学校プログラミング教育の最大の課題である。

中学校技術・家庭科 (技術分野) の実践事例集においては、「高校との接続を意識したプログラミング言語の選択」を促しているが、中学校においてもビジュアルブロックを使ったプログラミング体験の取り組み事例が数多く報告されている。

しかし高等学校に入学すれば、授業で扱う言語はほぼテキスト言語となる。生徒はここで改めてテキスト言語を習得する必要に迫られるが、教科「情報」において丁寧にテキスト言語を学ぶ時間は十分にはない。テキスト言語は人間にとってわかりやすく理解しやすい高水準言語と言われるが、ビジュアルブロック言語よりも、より直接的にコンピュータの「0」と「1」で表現するテキスト言語の世界観に慣れるに



は、生徒にとってある程度の時間と試行錯誤が必要となる。

さらには令和7（2025）年度大学入学共通テストにおいて出題科目となった教科「情報」のプログラミング問題は、DNCL（共通テスト手順記述標準）言語で出題されることが公表された。生徒は必修となった「情報Ⅰ」で学ぶテキスト言語をもとに、DNCL 言語の理解も求められることとなった。

このような状況において、小学校段階におけるプログラミング教育については、取り扱うプログラミング言語について再考する必要に迫られている。

小学校プログラミング教育必修化をめぐるのは、侃侃諤諤の議論が交わされたが、現状、小学校段階ではコーディングを学ぶのではなく「プログラミング的思考」を育むことを第一に、児童が体験的にコンピュータに親しむ時間であるとして一定の共通理解が図られている。それゆえ扱う言語も初学者である小学生が扱いやすいと思われるビジュアルブロックを取り扱うことに大方が納得している現状にある。

しかしながら筆者は、小学校段階からのテキストプログラミングによる授業実践の推進こそが、児童・生徒が新しい社会の形成者となる資質・能力を育み、彼らのキャリア形成を支援することにつながると考え、本稿ではその具体的授業実践を促すカリキュラム案を提言する。

### 3.2 Society5.0 とプログラミング教育

筆者は、プログラミング言語はコンピュータとのコミュニケーション言語であると考え。外国語を学ぶことで、より直接的に世界中の多くの人々とコミュニケーションを楽しむことができるのと同様、コンピュータとのコミュニケーションを楽しみながら、コンピュータテクノロジーが作り上げた Society5.0 という新しい社会をしなやかに生きていく資質・能力を育むことができると考える。

Society5.0 とは日本が第5期科学技術基本計画において「我が国が目指すべき未来社会の姿」として提唱した用語で、「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」と定義した概念である。

これまでに人類が経験したことのない新しい社会の一大領域を占めるサイバー空間（仮想空間）はコンピュータがネットワークに繋がって形成している。その空間をしなやかさをもって生きるためには、コンピュータの理解が必要不可欠であることは言うまでもない。加えてコンピュータを扱うリテラシーやモラルなどのインテリジェンスを身に付けることが新しい社会の形成者となる児童・生徒にとっては必須の資質・能

力となる。

さらにはコンピュータテクノロジーは、今後もコンピュータサイエンスの学問領域を深化・拡充させ、これまで以上に社会の様相を加速度的に変化させる。そのような社会において、プログラミング教育は児童・生徒が自らの存在意義や価値に誇りと自信をもち、主体性を発揮して新しい社会の真の形成者となるための第一歩、入り口になると考える。

そのためには、現状実施されているプログラミング教育から一歩踏み出し、小学校段階から高等学校、そして大学入学共通テストを見通して、ある程度の時間を確保する中で、系統性のあるプログラミング教育の実施が必要である。

### 3.3 IchigoJam BASIC の優位性

児童・生徒が小学校段階から取り扱うテキストプログラミング言語として最適と考えるのは、IchigoJamBASIC である。

これは福野泰介氏が自身の開発した IchigoJam というシングルボードコンピュータで利用できるように BASIC 言語を改良したものである。

BASIC は基本的な英単語と文法でプログラムできることから、英語活動と国語科におけるローマ字学習が始まる小学校3年生から実践が可能であるし、筆者は低学年児童においても以後のカリキュラム案で示すように、「BEEP」や「PLAY」、「LED」といったごく簡単なコマンドを活用して、楽しく、面白いプログラミング体験を実施できる。となれば小学校段階全てを IchigoJamBASIC を活用したプログラミング授業が実践可能となる。

しかもその継続で中学校の実践、さらには高等学校で取り扱う Python や JavaScript 等といった言語理解の十分な基礎となるのみならず、大学入学共通テストで出題される DNCL（共通テスト手順記述標準）言語を IchigoJamBASIC で置き換えることができ、実際に入試問題を解くための試行錯誤が可能となる。

そして何よりもこの言語を推す一番の理由は、IchigoJam WEB を活用すれば、いつでも簡単に IchigoJamBASIC 言語でプログラミングができ、実際に作成したプログラムを試すことができる。現状多くの学校は、ロボットや様々なデバイスを使って、IoT の体験をすべくプログラミング授業を実施するが、どこでもデバイスやロボットのメンテナンス、そしてロボットの台数が限定的であるために実際の試行に時間がかかる等、授業を成立させるためには多くの困難が生じている。

GIGA スクール構想によって、児童・生徒に一人一台の端末が配備され、その端末が全てネットワークに繋がっている現在、IchigoJam WEB はそこにアクセスし

さえすれば、登録の必要もなく誰でも自由に、容易に使えることが最大のメリットである。

### 3.4 プログラミング授業の学習時間確保と学習方法

プログラミング教育を実際に授業として実施する時間確保については、全国の学校で様々に創意工夫がされている。

筆者は2020年からの3ヶ年、群馬県先進プログラミング教育推進事業のディレクションを行った。その事業の推進校4校は現行学習指導要領において「総合的な学習の時間」に一つの単元を設定し、プログラミング授業を実践してきた。

実践校のうち2校が「キャリア教育」のコアの内容としてプログラミング体験を位置付け、ともに全体で25時間の指導計画を作成した。他1校は地域の農業生産の発展に向けた取り組みにおいてコンピュータの活用を取り入れた10時間の指導計画、もう1校は新しい社会の要となるコンピュータそのものの理解を促す11時間の指導計画を作成した。いずれもが、児童の職業や自己の将来、地域にかかわる「学校の特色に応じた課題」である。

実践推進校のようにプログラミング教育にある程度の時間を確保するには、「総合的な学習の時間」をその趣旨に照らして確保することが最も妥当な方法である。

低学年は、教育課程を実際に編成してみれば教育課程外の時間として、十分にプログラミング体験する時間を確保できることがわかる。よって小学校段階においては各学年5～10時間程度の学習時間を充てることができるようになる。

中学校では、技術・家庭科の技術「D情報の技術」でプログラミングを実施するが、ここの単元においても、IchigoJamBASICを存分に活用できる。加えて小学校同様「総合的な学習の時間」の単元の一つに、「情報」等の現代的な諸課題に対応する横断的・総合的な課題解決に向けた探求課題として設定することも可能である。この時間を活用して後に示すカリキュラム案にある小学校段階でのアニメーションづくりに引き続いたゲームプログラミングの作成を通して、生徒にコンピュータの「0」と「1」で表現するテキスト言語の世界観に一層馴染ませることができる。

高等学校では必修科目「情報Ⅰ」でPythonやJavaScript等のテキスト言語を学ぶが、学校の裁量によって大学入試の問題をIchigoJamBASICで置き換え、生徒にプログラミングの理解を促しながら、コンピュータサイエンスへの興味関心を沸き立たせようとすることも可能である。

実際、筆者は石川県立輪島高校において、高校2年生に学校が設定した「学びウイーク」において

IchigoJamBASICで教科「情報」の試作問題を解く中で、DNCL言語の理解を深めたり、変数や配列、条件分岐などの体験的理解を促したりする授業を実践もしてきた。

### 3.5 カリキュラム案の展開をめぐって

これまで述べてきたことをカリキュラム案としてまとめたものが別表3-1となる。

縦軸には、学校種、探究活動、知識（コマンド）、技能の項目をとった。学校種（小学校は低中高）毎に、それぞれが探究的に作成するプログラム例を示してある。そしてそれぞれのプログラミング体験によって児童・生徒が習得するIchigoJamBASICのプログラミングの知識（コマンド）と技能を明記した。

筆者が主張するテキスト言語によるプログラミングは一般的な解説書にあるようなコマンド毎にその仕様を解説するものではない。児童・生徒の興味・関心を惹きながら試行錯誤を繰り返し、その過程で知識（コマンド）や技能を習得していく、探求（プチPBL）的なカリキュラム案として位置付けることができる。

そしてこの系統は、IchigoJamBASICの命令行によるプログラミングの導入からプログラム行によるプログラミング体験へ繋がる。併せて内容的にはアニメーションづくりからゲームづくりへと発展しながら、段階的に知識（コマンド）と技能を習得し、コンピュータサイエンスの本質とも言うべき「思い描いた動きを情報の動きとして表現する」体験を積み重ねていく展開とした。

このような系統性をもちながら児童・生徒は、テキストプログラミングに慣れ、コンピュータサイエンスの入り口に立つことができるのだと考える。

次からは児童・生徒の発達段階毎の探求課題を簡単に紹介して、それぞれの学校種での実践の参考にしていただきたい。

### 3.6 カリキュラム案

#### 3.6.1 小学校低学年

探求課題は、「音で遊ぼう」「光で遊ぼう」である。

命令行によるプログラミングは直接コマンド、ここでは「BEEP」「PLAY」「LED1」「LED0」を画面に入力して、エンターキーを押せばプログラムが実行できる。

下のプログラムにあるように、「BEEP」と入力すれば、「BEEP10」と同じ周波数の音が鳴る。「BEEP」の後の最初の数字は音の高低（1が一番高い）、次の数字が音が鳴る長さ（60が約1秒）である。様々に

「BEEP」コマンドを使って音を鳴らすだけでも、低学年の子供たちはコンピュータからのフィジカル（聴覚的）なリアクションに反応する。

次に「PLAY」コマンドを使って、「” ”」で囲んだ中に音階の「C (ド) D (レ) E (ミ) F (ファ) G (ソ) A (ラ) B (シ)」を入力すれば、曲を奏でることを紹介する。もちろん八分音符や二分音符等の長さ、休符、オクターブやテンポも指定できるので、低学年だけでなく、中・高学年の音楽の時間にも活用できるプログラミング体験となる。

ちなみに、音階の後に1、例えば「C1」と表記すればドの全音符が鳴る。二分音符は2、四分音符は何も表記せずに、八分音符は8を表記する。

休符の符号は「R」で、長さは1、2、8～と表記する。なので全休符はR1と表記する。

半音上げたり、下げたりあげたりする場合は、音階の後ろに「#」「b」を表記する。Tに数字をつければ演奏のはやさを変えることができる。

```
OK
BEEP
BEEP10,60
BEEP100,30
OK
PLAY"CDEFGABC"
OK
PLAY"CDEFGAB 04C"
OK
PLAY"T240 CDEFGAB 04C"
OK
PLAY"T240 04 G F E R D8 E8 F8 D8
C8 E8 F8 G8 E8 D8 F8 F8 D8 E8 F
8 G8 E8 D8 F8 D8 G F E R D8 E8 F
D8 C R"
OK
```

「音で遊ぼう」の体験後は視覚に訴える「LED」コマンドを使って、児童にコンピュータとのコミュニケーションをとらせたい。

「LED1」と入力すれば外枠が下図のように赤く光り、「LED0」と入力すれば赤枠は消える。それを「: (コロン)」コマンドでつなぐと、いわゆるLチカプログラムとなるのだが、コンピュータの処理が速すぎて、チカチカしたようには見えない。そこで「WAIT (ウェイト)」コマンドを紹介し、Lチカを実現する。「WAIT60」が約1秒で、「:」コマンドを使ってプログラムすることを師範する。

この時プログラムがあまりにも長すぎると、Too long (プログラムが長すぎる) というエラーメッセージが表示される。ここに命令行へのプログラミングの必然が生まれる。

下図のプログラムで左に10、20、30と表示してあるのが行番号で、番号の小さい順にプログラムが実行される。

この時、何故1、2、3という順番の表示ではないのか、という疑問が出てくることを大いに期待したいし、極めて大事な疑問であると考え。何故ならばこ

のような素朴な疑問を素直に表出でき、その疑問を学習仲間と共有して、解決していくことが心理的に安全な学習環境を作り出していく。そして何よりも主体をもった学びの表れに他ならないからである。

何故行番号が10ずつ間を空けた表記となるのか。それは行番号10と20の間にプログラムを挿入する必要がある時、既に作成したプログラムの下に、15と行番号を指定してプログラムすることで、行番号の10、15、20の順にプログラムが実行されるからである。

プログラム行のプログラムは命令行のプログラムと異なって、「RUN」コマンドでプログラムが実行されることを伝える。コマンドの入力間違いなどは、コンピュータが「Syntax error」(意味がわからない)というメッセージを伝えることも知らせておく。

さらには「GOTO」コマンドを知らせ、プログラムがGOTOの後に表記された行番へ飛んで実行されることを伝えれば、「WAIT」コマンドと合わせて、Lチカプログラムが完成する。

```
OK
LED1
OK
LED0
OK
LED1:WAIT3:LED0:WAIT3:LED1:WAIT3
:LED0:WAIT3:LED1:WAIT3:LED0:WAIT
3
OK
10 LED1:WAIT3
20 LED0:WAIT3
30 GOTO10
RUN
Syntax error in 20
20 LED0:WAIT3
10 LED1:WAIT3
20 LED0:WAIT3
30 GOTO10
RUN
```

このように音と光の命令行のプログラミング体験をするだけでも、児童は以下のコンピュータとのコミュニケーションを図る知識と技能を身に付けることになり、これが今後のプログラミング体験の基礎となっていく。

#### 【知識 (コマンド)】

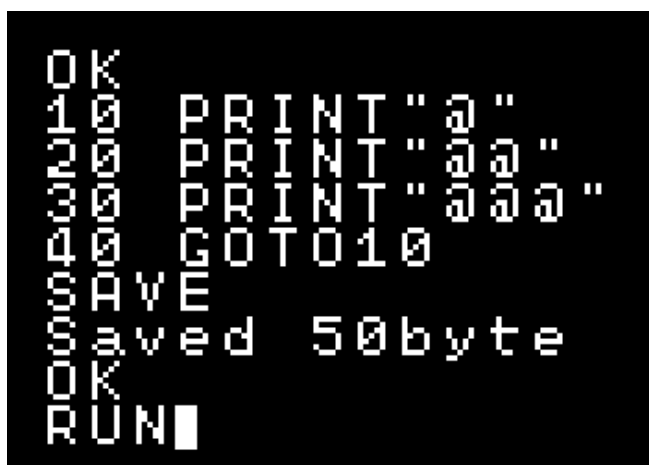
「BEEP 数、数」 「PLAY” ”」 「LED1」 「LED0」 「WAIT60」 「:」 「行番号」 「GOTO 数」 「Too long」 「Syntax error」

#### 【技能】

「エンターキー」 「RUN」 「esc キー」

1、2年生において、それぞれ何時間を確保するかは、児童と学校の実態にもよるが、5単位時間の確保できれば十分な体験ができる。

そしていよいよプログラムを「RUN」実行するとき、このプログラムのアニメーション表現を想像させるのである。このとき、プログラムは行番号順に、ものすごい速さで実行されることを確認することが極めて肝要である。



下記は、そんな児童の意欲的で個性的なプログラム例の一つである。

そして「RUN」実行すれば、友達の作成したプログラムを鑑賞できるようになる。まさにお互いの学びを共有し、その多様性を尊重し合う協働的・対話的な授業展開が可能となる。

## IchigoJam web



次の探求課題は「線香花火」である。



ここではまず、座標を指定する「LOCATE」コマンドを学ぶ。IchigoJamWEBの座標範囲は、X座標は0～31、Y座標は0～23となっている。座標を学ぶ肝は、原点がともに0から始まること、そしてその位置が左上となることである。算数で学ぶグラフの原点の初めの数字と位置が異なることをしっかりと押さえないといけない。

```

OK
10 CLS
20 LOCATE 15,11:PRINT "@"
30 X=RND(31):Y=RND(23)
40 LOCATE X,Y:PRINT "*"
50 LOCATE X,Y:PRINT "*"
60 GOTO 30

```

上記はアニメーション「線香花火」のプログラムである。そしてこのプログラムを作成して児童に体得して欲しい最も重要な概念が「変数」である。現状、小学校プログラミング教育の授業において、変数概念を体得することを意識して取り組まれている実践を、筆者は寡聞にして知らない。

行番号30に二つの変数が定義されている。

変数は、数字や文字を出し入れできる箱のようなものであることをイメージとして伝え、その箱に名前をつけて、様々な数や文字を代入できることをしっかりと伝えたい。（IchigoJamの変数名はA～Zで表記する）

行番号30のプログラムは、Xという名前のついた変数の箱に、RND(32)という数字を代入「=」するプログラムである。これに「:」コマンドで繋いで、Yという名前のついた変数の箱に、RND(23)という数字を代入「=」するプログラムである。

RND(数)コマンドは、0～示された数より一つ小さい数字までの任意の数字をコンピュータが決めるコマンドである。つまりRND(32)は0～31までの数字のいずれかであり、X=RND(32)は、コンピュータが任意に決定した数字をXという名前のついた変数の箱に「=」代入するというプログラムである。

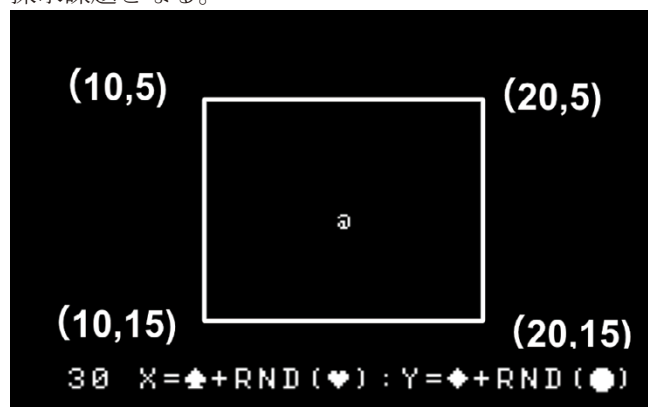
そして行番号40のプログラムで、RNDコマンドで指定された任意の値をそれぞれX座標、Y座標にとって記号「\*」を指定した位置に点灯する。続いて行番号50で直ぐにその「\*」の点灯を消して、プログラムは行番号30へと戻って点滅を繰り返す無限ループとなる。（escキーを押すことで無限ループは終了する）筆者はこのアニメーションを「線香花火」と見立て、タイトルをつけたのである。

このプログラミング体験で、児童は変数を体感的に理解できる、極めて重要なプログラム作成体験事例となっている。

さて行番号10の「CLS」コマンドであるが、これを理解するには、行番号10を削除してプログラム実行すれば一目瞭然である。プログラムしたコマンド等文字列がそのまま表示されている中に、線香花火のアニメーションが展開される。「CLS」コマンドがまさにクリアスクリーンであることを体感できる。

このプログラミング体験で児童は変数概念及び座標概念を獲得する。さらにはこのプログラムを実行すれば、中心に表示された「@」があるとき突然消えてしまう。その現象をなくすプログラムを考えることで、プログラミングの最も基本である順次実行を改めて重要なものとして理解できるのである。（参考までに「@」を消すことなくずっと表示させるには、行番号60のプログラム「GOTO30」を「GOTO20」に修正すれば良い）

「線香花火」のプログラムが作成できたら、その点滅範囲を狭めたプログラム作成を課題として提示したい。下図のような範囲での点滅プログラムの作成を考えさせるのである。まさに児童の算数的思考を鍛える探求課題となる。



図にあるように、行番号30のプログラムに♠、♥、◆、●にどのような数字を入れれば、「\*」の点滅範囲を限定できるのかを考えさせるのである。これは四則演算の「+」「-」の考え方で解決でき、その計算の仕方は1年生の算数で学んだ既習事項でもある。

### 3.6.3 小学校高学年

探求課題は、アニメーション「流れ星」とゲームプログラミング「川下り」である。

下図のアニメーション「流れ星」プログラム中の「LC」はLOCATEの省略形である。高学年になった児童にこのプログラムを示してどんなアニメーションが表示されるのかを、これまでの復習を兼ねて、一緒に考える学習活動を組織してみても面白い。

プログラム全体を見れば「\*」が表示される座標X



が変数となっていることがわかる。そして X 座標の変数 X は行番号 40 でそれまでの X の値に + 1 されたものが代入されていることが示されている。

この「X=X+1」のプログラムは、「=」が代入コマンドであり、変数概念を学んでいなければ算数的な理解では到底納得いかないものであり、ここにプログラミング初学者がつまづく大きなポイントとなっている。

児童は算数の学習で記号「=」は左右が等しいことを意味するものであることを徹底的に仕込まれてくる。だから最初にこのプログラムを見たとき、誤りだと判断する児童が数多く出てくることを指導者は理解しなければならない。かく言う筆者自身がこのプログラムをめぐって 1 週間、頭を悩ませたのだから。

だからこのプログラムは行番号 50 でプログラムが行番号 20 に戻るたびに X 座標が 1 ずつ増加して

「\*」が右へ一つずつ移動するプログラムとなって、画面上では X=31 に到達すれば、「\*」はそこにずっと表示されているように見えるものとなる。

行番号 10 の「CLV」コマンドは変数値を「0」にするプログラムであり、このコマンドによってプログラムを「RUN」実行するたびに、X=0 からプログラムが始まるのが確かめられる。

このアニメーション表現を筆者は「流れ星」と見立てたが、「?"\*」の代わりに「?CHR\$(241)」とプログラムすれば、絵文字である UFO が表示される。それを見て、タイトルを「UFO」と見立てる児童も出てくるだろう。

このときに IchigoJamBASIC では様々な絵文字を表示できることを伝えておけば、児童の興味が一層増してくる。(絵文字表記については、キャラクターコードを参照されたい)

```

OK
100 CLS:CLV
200 LCLX,12:"*":WAIT3
300 LCLX,12:"*":WAIT3
400 X=X+1
500 GOTO20
SAVE0
Saved 76byte
OK
RUN

```

さて X 座標が 31 になったら、「\*」を改めて左端から表示させたいのは、自然の流れである。

この時に「IF THEN ELSE」コマンドの出番となる。

```

LIST
100 CLS:CLV
200 LCLX,12:"*":WAIT3
300 LCLX,12:"*":WAIT3
400 X=X+1
500 IF X=31 THEN GOTO10 ELSE GOTO

```

行番号 50 を「IF THEN ELSE」コマンドを使って、上図のように修正する。

つまり、もし変数 X が 31 になったら、プログラムは初期値となる行番号 10 へ戻って、それ以外、つまりは x が 31 より小さい時は、プログラムは行番号 20 へ戻り X の値を + 1 ずつ増していくというプログラムとなっている。これによって「\*」は左端から右端への移動を繰り返すことになる。

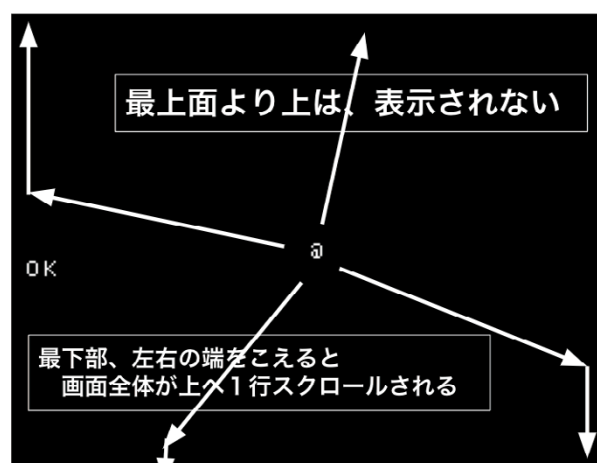
この「IF THEN ELSE」コマンドを使えば、「\*」をさまざまな場所から出現させることができ、流星群のようなアニメーション表現もできるようになる。

そして Y 座標も変数とすれば「\*」を斜め上、下にも移動できることを、児童に様々試行錯誤させてみると良い。

この時、IchigoJam の画面特性について、しっかり理解させることを忘れてはならない。

特に「PRINT」コマンドは原則改行を含むコマンドであり、Y=23 の位置で「PRINT」コマンドが実行されれば、必ず改行されて画面が一つ上にスクロールすることを確実に伝えたい。この特性が、次に扱うゲーム「川下り」の本質となっているからである。

## IchigoJamの画面仕様



このプログラムをもとにすれば、「\*」を反対方向に表示させることも可能である。それには「-」（マイナスの）加減についての理解（現行学習指導要領では中 1 の数学）が必要となるが、興味関心のある児童は面白いアニメーション表現をなんとか実現しようと

することで、上級学年に位置付けられている数学的概念を理解してしまうことも事実である。

方向は英語で DIRECTION であるので変数名を D とすれば、次のプログラムで「\*」は左右に行ったり来たりすることになる。

```
10 CLS:CLV
15 D=1
20 LOC X,12:?"*":WAIT3
30 LOC X,12:?"*":WAIT3
40 X=X+D
50 IF X=31 OR X=0 THEN D=-D
60 GOTO20
```

低学年から上記までのアニメーションプログラムの作成、体験を通して、児童はテキスト

(IchigoJamBASIC) の基本の知識 (コマンド) 及びプログラミングに必要な技能をほぼ習得することができる。(別表カリキュラム案一覧参照)

それ等の学習経験を生かして、小学校最終学年では IchigoJam プログラムの中でも最も有名なゲームプログラミング (考案者はこの言語の開発者である福野泰介氏) を体験させたい。

ゲームプログラミングは、アニメーションプログラムに比べ、そこにゲーム要素が加わることからプログラムは複雑となる。

アニメーションと比べれば、ゲームであるからインタラクションが必要となるし、ゲームの終わり (クリアとオーバー) を考えればルールの設定が必須であり、結果をもって勝敗や順位を明確にする得点や時間の管理も必要となる。

さらにはそのゲームの難易度設定がゲーム作成の肝となる。まさにゲームクリエイターの領域をも児童に考えさせるまさに探求活動にふさわしいプログラミング体験となる。

以下が「川下り」ゲームのプログラムの一例である。(「川下り」ゲームには、多くの人々によって様々なバージョンが公表されているが、以下のプログラムは最もシンプルなものの一つである)

```
5 CLS
10 X=15
20 LOCATE X,5:PRINT"O"
30 LOCATE RND(32),23:PRINT"*"
40 WAIT10
50 X=X-BTN(28)+BTN(29)
60 IF SCR(X,5)=0 THEN GOTO 20 ELSE
END
```

このプログラムにある初出のコマンドをまずは確認したい。

初出のコマンドは、行番号 50 の「BTN」コマンドと行番号 60 の「SCR」コマンドである。

「BTN」(ボタン) コマンドは、キーに数字が割り

当てられており、その数字キーが押されれば「1」、そうでなければ「0」を返すコマンドである。

BTN (28) は←、BTN (29) は→が割り当てられており、つまり X 座標に PRINT (表示) されている "o" は左右の矢印キーが押されるたびに、初期値である X=15 から一つずつ左右に移動することになる。このコマンドによってインタラクティブ性が担保されることになる。

このゲームの終わりは、行番号 60 でプログラムされている。初出の「SCR (数、数)」コマンドは、その位置 (数、数) にある文字コード (数) を返すので、X 座標に何もなければ「0」となり、プログラムは常に行番号 20 に戻ってゲームは継続される。しかしそこに何かが表示されていれば (このプログラムの場合は「\*」)、たまたま X 座標に「\*」があればプログラムはその文字コード「42」を返すので、X=0 とはならず、プログラムは「ELSE」コマンドを実効して「END」(終了) となるのである。

この「END」(終了) はゲームオーバーであって、ゲームクリアを児童に考えさせれば、児童のクリエーターとしての素養を磨くことができる。何をもってゲームクリアとするのか、その発想 (アイディア) を沸き立たせることができるか否かは、まさに創造性の賜物であって、新しい社会がその形成者に求める重要な資質・能力の一つである。

「『川下り』ゲームのゲームクリアを考えよう!」と促せば、「時間」でクリアを考える児童が出てくる。ゲーム開始から何秒か、「\*」に当たらずゲームを一定時間ゲームを遂行できれば、クリアとするのだ。そのために「TICK」コマンドを教える。「TICK」コマンドで時間を表示し、「IF THEN ELSE」コマンドを使ってゲームクリアも実現するプログラムが以下となる。

```
5 CLS:CLT
10 X=15
20 LOC X,5:?"O"
30 LOC RND(32),23:?"*"
40 LOC 20,0:?"TICK()"
50 WAIT10
60 X=X-BTN(28)+BTN(29)
70 IF X>31 OR X=0 ELSE GOTO56
80 IF X<0 OR X=31 ELSE GOTO57
90 IF TICK()>600 GOTO70 ELSE GOT
100 IF SCR(X,5)=0 GOTO20 ELSE GOT
110 LC10,20:?"GAME CLEAR":END
120 LC1,21:?"サングラス!! GAME OVE
130 BEEP:END
```

「川下り」ゲームのプログラムを実行すれば、画面が常に上にスクロールされていることで、まさに川を降っているような感覚に囚われる。それは行番号 30 で Y 座標 23 に常に「\*」が表示されるようになってからだ。プログラムが繰り返されるたびに画面が

上にスクロールされることは、IchigoJamBASIC の画面特性で確認した通りである。

### 3.7 おわりに

これまで提案してきた IchigoJamBASIC によるテキストプログラミングを实践すれば、さらに中学校においては発展的なゲームプログラミングの作成を通して、より高度な知識（コマンド）を習得しながら、コンピュータサイエンスの根幹である「思い描いた動きを情報の動きとして表現」する体験を重ね、コンピュータとのコミュニケーションをより一層深めることができる。

下図は「スラローム」と題したゲームのプログラムである。これは「川下り」ゲームを改造して作成するが、ここには初出のコマンドはない。スラロームにおける旗門（H\_\_H）を間隔をあけて表示するためのプログラムを考案するための試行錯誤が貴重な学びとなる。

```

5 CLS:CLV
10 X=15:I=0:S=0
15 LCG,0:?:S
20 X=X-5:?:CHR$(15):WAIT10
30 X=BTN(28)+BTN(29)
40 IF SCR(X,0)=95 S=S+1
50 I=I+1
60 IF I<10 LC 0,23:?" ":GOTO 15
70 LC AND(132),23:?"H__H"
80 I=0:GOTO15

```

下図は「高跳び」と題したゲームのプログラムである。

```

10 CLS:CLV
20 FOR G=0 TO 30
30 LCG,21:?:CHR$(1)
40 NEXT G
50 W=14 TO 20
60 LCG,21,W:?:CHR$(138)
70 NEXT W
80 K=INKEY()
90 IF K<>83 GOTO80
100 X=0:Y=20:V=0
110 IF Y=20 V=3*(INKEY()=74)
120 Y=Y-V:V=V-1
130 LCX,Y:?:CHR$(251):WAIT5:LCX,Y
140 X=X+1
150 IF SCR(X,Y)>0 ?"GAME OVER":END
160 IF X=31 ?"GAME CLEA":END
170 GOTO110

```

初出コマンドは「FOR TO ～ NEXT」と「INKEY ( )」であるが、ジャンプを表現するために、上に跳ぶ力と重力を変数として定義するところに、このプログラムの肝がある。

コンピュータサイエンスの根幹である「思い描いた動きを情報の動きとして表現」する様々なプログラミング体験は、Society5.0 の形成者となる生徒には欠くことのできない体験であることを重ねて訴えたい。

是非、中学校においても技術・家庭科の「D 情報と技術」におけるプログラミングとともに、「総合的な

学習の時間」にプログラミングの時間を確保して、生徒の体験活動を保障して欲しい。

高等学校に入学すれば、「情報 1」が必修となって生徒はテキスト言語でプログラミングを体験するが、現状、中学校までビジュアル言語をメインにプログラミング体験してきた生徒に、いきなりの Python や JavaScript を短時間で理解させることは難しい。

大学入学共通テストで出題されることとなった、DNCL（共通テスト手順記述標準）言語の理解を深めるために、それを IchigoJamBASIC に置き換えながら、改めてコンピュータとのコミュニケーションの取り方を体験的に理解する活動を組織することを提案したい。

大学入試センターが公表している「情報」の試作問題（令和 4 年度）やサンプル問題（令和 3 年度）を IchigoJamBASIC を使って、解いていく体験は、生徒にとっても極めて有効な学びとなり、彼等のキャリア形成を直接的に支援する活動となる。

参考までに令和 4 年などに公表された「情報」の第 3 問の（2）の DNCL 言語の正答とそれを IchigoJamBASIC に置き換えたプログラムを対比してみる。テキスト言語の理解がまだ十分でない生徒にとって、IchigoJamBASIC での置き換えは、テキストプログラミングを通して、コンピュータとのコミュニケーションの楽しさや面白さを実感させる絶好の機会となる。

**空欄補充後の問2のプログラム**

- (1) Kouka = [1,5,10,50,100]
- (2) kingaku = 46
- (3) maisu = 0, nokori = kingaku
- (4) i を 4から0まで1ずつ減らしながら繰り返す:
- (5) maisu = maisu + nokori/Kouka[i]
- (6) nokori = nokori%Kouka[i]
- (7) 表示する(maisu)

(令和4年11月9日公表 試作問題「情報1」第3問 問2より作成)

```

10 LET[0],1,5,10,50,100
20 K=46
30 M=0:N=K
40 FOR I=4 TO 0 STEP -1
50 M=M+N/[I]
60 N=N%[I]:NEXT
70 PRINT M

```

小学校プログラミング教育の必修化をめぐっては、侃侃諤諤の議論が交わされてきた。その影響が大きく現状、小学校段階ではコーディングを学ぶのではなく「プログラミング的思考」を育むことを第一に、児童が体験的にコンピュータに親しむ時間であるとして一

定の共通理解が図られている。それゆえ扱う言語も初学者である小学生が扱いやすいと思われているビジュアルブロックを取り扱うことに大方が納得している現状にある。

しかしながらこれまで考察してきたように、小学校段階からのテキストプログラミングによる授業実践の推進こそが、児童・生徒が新しい社会の形成者となる資質・能力を育み、彼らのキャリア形成を支援することにつながると考える。本稿ではその具体的授業実践を促すカリキュラム案を提言した。

本論が、児童・生徒が Society5.0 の社会の真の形成者となるための第一歩、入り口となるプログラミング教育の具体的実践を創造する一助となることを願っている。

別表3-1 カリキュラム案

学校種	小学校			中学校	高等学校
	低学年	中学年	高学年		
探究課題	音で遊ぼう 光で遊ぼう	アニメーションづくり 「滝」 「線香花火」	アニメーションづくり 「流れ星」 ゲームづくり 「川下り」	ゲームづくり 「スラローム」 「高跳び」	大学入学共通テスト 試作問題 (R4) サンプル問題 (R3)
知識 (コマンド)	命令行によるプログラ ミング BEEP/PLAY “ LED1/LED0	プログラム行によるプ ログラミング PRINT”/GOTO/ WAIT60 LOCATE○,○/ ; (コロン)/変数定義 (=)/RND (○)	CLV CHR\$ (○) IF THEN ELSE BTN CSR ( )	TICK ( ) CLT INKEY FOR 変数TO数 NEXT	配列LET 添字 基数変換 論理演算
技能	↓: (エンターキー)	RUN実行 CLS: 画面消去 プログラムの挿入 SAVE: 保存 LOAD: 呼び出し LIST: 表示 NEW	ALT+A~Z ALT+Shift+A~ Syntax error 行コピー 行削除 CTRL+SHIFT		



## 第4章 小学生を対象にしたプログラミング教育とAIリテラシー育成のための授業実践

### Programming Education and AI Literacy Development Aimed at Elementary School Students

川原田 康文

KAWARADA, Yasufumi

桜美林中学校・高等学校

J. F. Oberlin Junior and Senior High School

**【要約】** 小学校では、2020年度より学習指導要領の全面実施とともに本格的にプログラミング学習が始まった。相模女子大学小学部では、2017年度より、全学年でプログラミングの授業を開始した。2020年度より専科教諭による授業実施とし、年間24時間の授業を実施している。レゴのロボット教材を中心に系統的なカリキュラムを構築している。ロボット教材を使用したプログラミングの学習の楽しさは、ロボットの制御をプログラムとセンサで行う論理的な思考力であり、目の前で動くロボットのコントロールが自在にできるところ、日頃の生活や社会との関係性も学習できるところにある。本論では、系統的なカリキュラムで実践した状況と、学習した児童たちがAIを含めた科学技術をどのように認識しているか報告する。

**【キーワード】** 小学校プログラミング教育，系統性のあるカリキュラム，STEAM教育，AIリテラシー，LEGOロボット教材

#### 4.1. はじめに

社会や身の回りで使用されている機器は日々進化を遂げている。その多くが、インターネットとつながったデバイスであり、私たちは、自在に使っており、とても豊かな生活を送ることができている。

2020年より、小学校で、2021年度よりプログラミング教育が盛り込まれた学習指導要領が実施されたが、新型コロナウイルスの蔓延により、あまりプログラミング教育の実践は進んでいない。

2021年11月に報告されたプログラミング教育実態調査報告書（特定非営利活動法人 みんなのコード、2021）によると、2021年7月での調査では、半数の子供たちがすでにプログラミングを経験していた（小学校49.4%、中学校47.4%、高校45.9%）。なお、小学生に関しては高学年での実施が中心で、低学年での実施率は2割に留まっていた。小学校におけるプログラミング教育の実施形態としては、パソコンのみで学んだ子供が多く、ロボット教材経験した子供は16%となっていた。小学校教員向けのアンケート調査では、授業の準備時間が「十分に確保できている」17.7%であり、できない理由としては、校務で多忙で

あることなどからプログラミング教育への対応は後手に回っているようであると述べていた。指導経験のない場合、実施が少なくなってしまうことは避けられないことであると考える。

#### 4.2. プログラミング教育とAIリテラシー

東京大学の数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアムは、数理・データサイエンス・AIのモデルカリキュラムを作成した。その中で、インターネットの社会への広範囲な浸透、情報通信・計測技術の飛躍的発展によって、従来とは質・量ともに全く異なるビッグデータが産み出されるようになった。ビッグデータや人工知能(AI)技術の活用領域は予測、意思決定、異常検出、自動化、最適化など多岐に亘って急速に拡大しており、自動運転、画像認識、医療診断、防犯、コンピュータゲームなど、従来の社会システムの在り方を大きく変えつつある例は枚挙に暇がない。近年は、ビッグデータやAIの利活用に関し、米国や中国の巨大企業等を中心とした競争が激化しており、国内外の経済成長の要因も従来の労働力・資本・技術革

新から、データから価値を生み出す産業領域へと大きくシフトしている。政府の「AI戦略 2019」(令和元年6月統合イノベーション戦略推進会議決定)では、「我が国が、人口比ベースで、世界で最も AI 時代に対応した人材の育成を行い、世界から人材を呼び込む国となること。さらに、それを持続的に実現されるための仕組みが構築されること」が第一の戦略目標とされた。同戦略を受け、文理を問わず、全ての大学・高専生(約50万人卒/年)を対象とした「数理・データサイエンス・AI(リテラシーレベル)モデルカリキュラム～データ思考の涵養～」を2020年4月に策定・公表した。この度策定したモデルカリキュラム(応用基礎レベル)は、リテラシーレベルの教育を補完的・発展的に学修することにより、「文理を問わず、一定規模の大学・高専生(約25万人卒/年)が、自らの専門分野への数理・データサイエンス・AIの応用基礎力を習得」(AI戦略2019)することを目標としている。

大学においては、企業が求める、人材像や要望等も取り入れ、検討し、実施が始まりつつある。数理・データサイエンス・AIの知識を様々な専門分野へ応用・活用し(データ×AI×専門分野)、現実の課題解決、価値創造を担う人材を幅広く育成していくことが必要である。としている。

武藤・岡田(2021)は、「AIとうまくつきあう方法」の中で、AIリテラシー教育は、「AIが得意なものと苦手なことを教養として知ること」、人間が「科学的にデータを扱うための教養としての知識をつけること」の両方がかけ合わさって実現すると述べている。

2022年4月より、高校で新しい学習指導要領のもと、学習が実施されている。情報科(情報1)は、他の教科等の学びとあわせて、Society 5.0に向けて大きく変化する社会で生徒たちが生きていくための資質・能力を育むものである必要がある。情報科では、情報に関する科学的な見方・考え方を重視。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ための知識および技能を身に付け、実際に活用する力を養うとともに、情報社会に主体的に参画する態度を養うことを目指している。

板垣ら(2021)は、AIを活用したプログラミングを取り入れた授業が中学生のAIに対する意識に与える効果において、AIを活用したプログラミングを取り入れた授業を実施し、生徒のAIに対する意識の変容を調査し、AIの進歩に対する不安の軽減やAIを活用して身近な問題を解決できる自信の高まりなどが確認した。

そして、近年、対話型AIの進化が著しく、教育の面での活用の推進と規制の両面の立場から議論が始まっているが、AIの活用はますます増えることから、

低学年よりリテラシーの育成が重要であると考ええる。

小学校のプログラミング教育は、小学校のプログラミング教育の主な目的は、児童にデジタルリテラシーを身につけさせることである。小学校プログラミング教育の手引(第三版)のはじめにの冒頭に、「今日、コンピュータは人々の生活の様々な場面で活用されています。家電や自動車をはじめ身近なものの多くにもコンピュータが内蔵され、人々の生活を便利で豊かなものにしています。誰にとっても、職業生活をはじめ、学校での学習や生涯学習、家庭生活や余暇生活など、あらゆる活動において、コンピュータなどの情報機器やサービスとそれによってもたらされる情報とを適切に選択・活用して問題を解決していくことが不可欠な社会が到来しつつあります。」とあるように、変化の激しい現代社会に対応できる人材を育成するための学習であると考ええる。

これまでの実践研究から、小学校段階におけるロボット教材を使ったプログラミングの学習では、プログラムのしくみや方法について理解するとともに、身の回りにあるセンサ・それを使った製品についても興味を持ち、どのように使われているのか、そしてセンサが計測したデータをどのようにプログラミングで制御しているのかについて知り、考えることがとても容易にできるのである。学習を通して、幅広い視点で思考させることができる。

#### 4.3. ロボット教材を使ったプログラミング STEAM 教育

ロボット教材を用いた学習においては、STEAM 学習の展開が容易であり、複数の教科の学習を取り入れ、高等学校の「情報Ⅱ」の学習で扱われている内容であったり、物理的思考の基礎となる学習であったりする学習が実施できると考える。

山崎ら(2020)は、Society5.0を支えるSTEM/STEAM教育推進に向けた小学校教育課程の教科等構成の在り方と学習指導形態において、STEAM教育とは、各教科等の相互の関係性やSDGsに必要な通教科的・汎用能力、「ティンカリング」といった五感を駆使する「デザイン思考」などの発想・創造・論理的思考能力を働かせながら、身近な生活と実社会で生じている問題を課題化して解決することで学びの必然性を実感し、「人間力」を基盤とし、「学(サイエンス)」の探究と「術(アーツ)」の探求との融合を図る最適解を追求し、学校内外の学場の空間軸と生涯にわたる学とキャリア発達の時間軸を基盤としながら、学び続ける教育をいうとしている。

また、AIの学びについて、アメリカのカーネギーメロン大学のトゥレットキーらが作成したAI教育ガイドラインによれば、5つの重要な項目が次のように挙げ

られる。

- 1) 知覚
- 2) 推論と表現
- 3) 学習
- 4) 自然なインタラクション
- 5) 社会的影響

ロボット教材を使用したプログラミング教育の特徴は、ロボットの動き（アクチュエータ）をセンサの値とプログラミングで制御することが容易であり、変化が目の前ですぐに見て捉えることができる。STEM教育として展開しやすく、現在文部科学省が推進している個別最適化の学習、STEAM学習、子どもたちの未来につながる学習のいずれにも対応できる。ロボット教材を使ったプログラミング教育を通して、A I リテラシーの育成ができるものと考えている。

#### 4.4. 相模女子大学小学部におけるロボット教材を使った学習について

相模女子大学小学部は、2020年の完全実施に先駆けて、2017年度より、全学年でプログラミングの学習を実施している。2021年より、年間24時間全学年で実施しており、入学から卒業時までの6年間で計120時間の授業を実施することになる。

学習内容としては、ものづくりを重視したプロジェクト型のプログラミング学習である。

授業で使用したロボットキットであるが、以下の通りである。

レゴのキットは、レゴエデュケーション シンプルマシンセット、レゴエデュケーション WeDo 2.0 基本セット 45300、レゴ®エデュケーション SPIKE™ プライム、ソフトバンクロボティクス(株)のヒト型ロボット Pepper である。

レゴブロックは、児童たちが幼少期より慣れ親しんでいるブロックセットであり、2000分の1ミリの精度で作られている。パーツの形に制限があり様々な形のパーツを使うことで創造性ある形に組み立て上げることができる。また、作品に再現性があり、何度でも壊して作り変えられる。そしてモータやセンサ、スマートハブを使って、プログラムで動かすことができる。

ヒト型ロボットの一種である Pepper は、世界初の感情を持ったパーソナルロボットとされている。人間の表情と声から感情を推定する感情認識機能を搭載し、人間の言葉に対して様々なしぐさや返答する姿を示すことができることを特徴としている。

#### 4.5. 系統性のある学習カリキュラム

小学校6年間の系統的なカリキュラムを通して、論理的思考力、表現力、協働力、デザイン思考力など、

先の見通せない社会の変化で役に立つスキルの育成を目指すことを目的としている。系統的な学習内容で、思考が広がり、深まるようなカリキュラムを構成している。改めて、特徴をまとめると次のようになる。全体図を図4.1、6年間のカリキュラム表を別表4.1に示す。

カリキュラムの特徴をまとめると次のようになる。

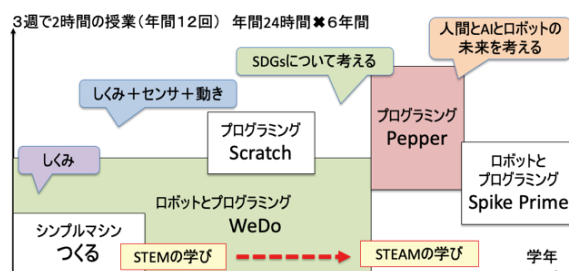


図4.1 6年間のカリキュラム全体図

##### 1) 言語化とストーリーテリングの伝達:

作成したプログラムを言葉にすることで、学習したことを改めて理解させることができる。特にレゴのプログラムは、ビジュアル言語であり、ブロック型のコマンドをつなげることで作成することができる。直感で作成できることが多く、理解できていなくても目的の課題を達成させることができるからである。

##### 2) 直感的に思考することができるロボット教材とプログラミングツールとICTツールの活用:

レゴを使ったロボットキットは、児童たちに親しみのあるキットであり、改造も容易にできる。また直感的に作成することができるプログラミング言語は、わかりやすく楽しく学習を進めることができる。また、共有するICTツールを使用することで主体的、対話的、深い学びを展開させることができる。

##### 3) プロジェクトベースの学習:

プロジェクト型の学習と社会や身の回りの課題解決について学ぶことで、児童たちは未来の社会を創造していくことができる。

##### 4) ものづくりや動力伝達も学ぶ学習:

ものづくりの学習や動力伝達に関する機構などを行うことで、身の回りの機器や機械がどのように動いているのか興味を持ったり理解したりすることができる。

##### 5) 倫理と社会との関連についての学習:

科学技術の発達と自分たちの生活や未来について考え、倫理的な思考と正しい活用のあり方について学ことでデジタルシチズンシップについて考えることができる。デジタル技術の倫理や社会への影響について話し合うことで、デジタル技術がプライバシーや職業にどのような影響を与えるか、正しい使い方とは何かな



どについて考えることができる。

#### 6) 専科教諭の指導とサポート:

専科教諭による一貫した指導により学習効果を高める。また、教師は、教えるのではなく、学習時にサポート役として関与することが重要である。自立した学習・主体的な学びの確立に役立てることができる。

#### 7) 遊びを通じた学習:

レゴのロボット教材を中心に使用することで、児童たちは遊び感覚で学習をすることができる。楽しみながら学ぶことで、より主体的な学びとなる。各課題の関連性や発展課題の設定も容易にできる。

#### 8) 現実世界との結びつけ:

授業の学びを生活や社会での活用と関連させることで、学びが将来にわたって役立つことが理解できる。

### 4.6. 授業実践より

#### 4.6.1 児童による学習への自己評価

レゴの学習が終了した時に、第5学年の児童に対して学習への自己評価を実施した(表4.1)。この調査結果からも児童は、楽しく協力しながら、設定された時間内で取り組みレポートの作成等の活動も行っていることがわかる。

表 4.1 児童による学習の自己評価の各比率 (%) (n= 69)

	とてもよくできた	よくできた	あまりできなかった
ペアで協力できた	65	32	3
片付けがしっかりできた	54	43	3
課題のプログラムが理解できた	98	14	0
時間内に課題ができた	64	30	6
発展プログラムが理解できた	61	39	0

#### 4.6.2 児童の ICT ツールを使ったレポート

児童が授業で ICT ツールを使用して提出したレポート例を図 4.2、図 4.3 に示す。

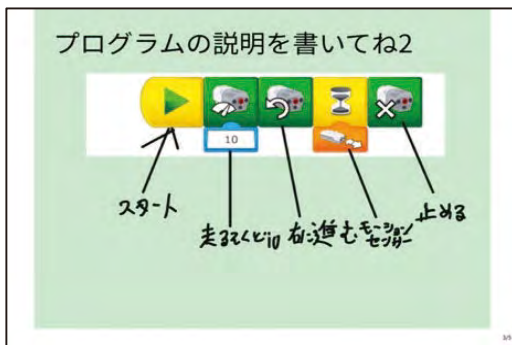


図 4.2 1 年生のレポート例 (一部)

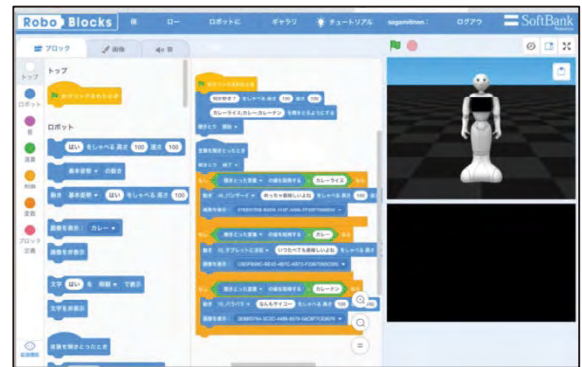


図 4.3 6 年生のレポート例 (一部)

一人一台のタブレットを自在に使って、課題に取り組み、レポートとしてまとめている。

#### 4.6.3 アンケート結果より

2022 年度の学習の終了時に、5・6 年生の児童(合計 144 名)に対してアンケートを実施した。結果を図 4.4 に示す。

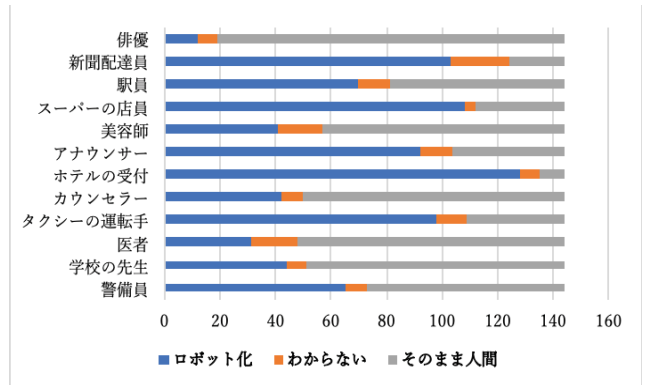


図 4.4 将来ロボットかされる職業とされない職業

技術の進化と生活を見て、それぞれの職業の未来を予測していることがわかる。

そして、AI に対するイメージは、次のようになった(図 4.5)。

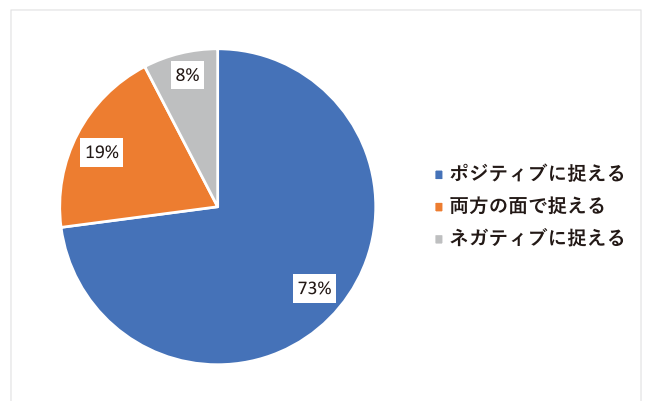


図 4.5 AI に対するイメージ

73%の児童が AI をポジティブに受け止めていることがわかった。技術の活用をして生活をより良くしていきたいという感想が多かった。これまでのプログラミングの学習を通して、得られた知識技能をもとに、将来を見通していると考えられる。

#### 4.7 考察

2017 年から 6 年間、全学年でプログラミング教育を改善しながら実施してきた。結論としては、学習内容を系統的に組み立てることで効果はとて高くなり、その学習理解も高くなる。また、AI への理解度も高くなり、将来に向けた視野を広げることができるようになった。

2020 年度より専科教諭による授業の実施をすることができた。これにより、専門的な知識がなくても、できるということがわかった。

しかし、プログラミング教育を中心として他教科との関連性を持たせることは可能であるが、教科としての位置付けがないため、今後の更なる改訂が求められる。山崎ら (2018) が指摘するように、制度的な裏付けが必要である。

#### 付記・謝辞

本稿は、下記の日本科学教育学会第 47 回年会講演要旨を大幅に加筆し、再構成した。

川原田康文：小学校段階の STREAM 教育の導入と脱カリキュラム・オーバーロード，日本科学教育学会年会論文集 47，pp.173-174，2023 年 9 月 18 日，愛媛大学

本研究の一部は、JSPS 科研費 21H00860 の助成を受けている。本研究を行うにあたり、山崎貞登氏（上越教育大学大学院）より多大なる協力とご支援をいただいたので謝意を表する。

#### 文献

川原田康文 他 (2020)：「STEAM 教育とエンジニアリング・デザイン教育を重視した小・中学校を一貫したプログラミング学習」上越教育大学研究紀要 40, 1, 307-317

特定非営利活動法人 みんなのコード (2021)：「プログラミング教育実態調査報告書」

東京大学 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム 「数理・データサイエンス・AI (リテラシーレベル) モデルカリキュラム」

山崎貞登ら (2020)：Society5.0 を支える STEAM/STREAM 教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等の構成の在り方と学習指導形態，上越教育大学研究紀要，第 39 巻，第 2 号，pp.525-538.

武藤ゆみ子 岡田浩之 (2021)：AI とうまくつきあう方法 ―教養としての AI リテラシー 玉川大学出版部

板垣翔大 他 (2021)：AI を活用したプログラミングを取り入れた授業が 中学生の AI に対する意識に与える効果，コンピュータ&エデュケーション 51 巻 p. 58-63



別表 4.1 6年間のプログラミング学習のカリキュラム

プログラミング学習の目標					
1・2 年	歯車などを使った動きの学習を通して、動力の伝わり方、センサのはたらき、プログラムの作り方の基本を学ぶ。				
3・4 年	モデルのロボットを使った実験などから得られたデータを使って、推測する科学的思考を育成する。社会で使われている技術にも興味を持つ。				
5・6 年	これまでの学習をもとに、社会の課題を解決させるロボットのモデルを作成し、思考力・表現力を育成する。人間とロボットのコミュニケーション、共生などについても考えられる。				
	学習項目	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	キット
1 学年	歯車・車軸	LEGO に触れながら、部品の名称や特徴を知り、慣れ親しむことができる。歯車の仕組みと力の伝え方を理解できる。	歯車や車軸のはたらきを理解し、その仕組みに興味をもつことができる。	組み立てがうまくいかなかった時に、何がいけなかったのか見直す力を身に付けることができる。	シンプルマシン
	WeDo を使ったプログラミング①	WeDo のそれぞれのコマンドの意味を言葉で説明することができる。	気づいたことや考えたことを相手に伝えることができる。	WeDo に触れながら、部品の名称や特徴を知り、慣れ親しむことができる。	WeDo2.0
2 学年	WeDo を使ったプログラミング②	WeDo では、自分の作ったプログラムを言葉で説明することができる。	センサのはたらきについて操作を通して考えることができる。	WeDo に触れながら、部品の名称や特徴を知り、進んで作品制作に取り組むことができる。	WeDo2.0
	てこや車輪・車軸	てこや車輪・車軸の仕組みを理解し、言葉で説明することができる。	気づいたことや考えたことを相手に伝えることができる。	LEGO に触れながら、部品の名称や特徴を知り、慣れ親しむことができる。	シンプルマシン
	WeDo を使ったプログラミング③	完成したのを見て、動く仕組みやプログラムの意味について考えることができる。	作ったものをどのようにして遊ぶとよいかプログラムやルールを考えることができる。	LEGO で作ったおもちゃを使って楽しく遊ぶことができる。	WeDo2.0
3 学年	Scratch を使ったプログラミング①	作図の手順をフローチャートに表し、プログラムを作ることができる。	完成形の動きを見て、どんなプログラムが必要かを考えることができる。	Scratch を使ってできることに興味をもち、楽しみながら作品制作に取り組むことができる。	Scratch
	WeDo を使ったプログラミング④	ロボットやプログラムの制作を通して環境や社会、自然について理解することができる。	実験からわかったことをグラフなどのツールを用いて表すことができる。	社会で使われている技術に興味をもち、進んで実験に取り組むことができる。	WeDo2.0
4 学年	WeDo を使ったプログラミング⑤	ロボットやプログラムの制作を通して環境や社会、自然について理解することができる。	実験からわかったことをロイロノートにまとめ、発表することができる。	社会で使われている技術に興味をもち、進んで実験に取り組むことができる。	WeDo2.0
	Scratch を使ったプログラミング②	作図の手順をフローチャートに表し、プログラムを作ることができる。	完成形の動きを見て、どんなプログラムが必要かを考えることができる。	Scratch を使ってできることに興味をもち、楽しみながら作品制作に取り組むことができる。	Scratch
5 学年	WeDo を使ったプログラミング⑥	既習のセンサやプログラムから SDGs の解決策を考え、見つけることができる。	自分の考えた SDGs の解決策がロボットを通して実行できるかどうかプログラムを作成しながら考えることができる。	世界中で起きている問題について関心をもって調べることができる	WeDo2.0
	WeDo を使ったプログラミング⑦	動画等をみながらロボットを組み立てることができる。	課題に合わせてロボットの形やプログラムを改良し、考えることができる。	写真や動画を見て動く仕組みやパーツの特徴を考えながら取り組むことができる。	WeDo2.0
	Scratch を使ったプログラミング③	作図の手順をフローチャートに表し、プログラムを作ることができる。	完成形の動きを見て、どんなプログラムが必要かを考えることができる。	Scratch を使ってできることに興味をもち、楽しみながら作品制作に取り組むことができる。	Scratch
6 学年	Pepper を使ったプログラミング	豊かなコミュニケーションをとるためのプログラムを作ることができる。	将来の活躍が予想されるロボットと自分たちの関わりについて考えることができる。	ロボットとのコミュニケーションに興味をもち、話し合うことができる。	Pepper
	SPIKE プライムを使ったプログラミング	センサの働きを理解し、組み立て・プログラムの作成をすることができる。	作ったロボットの課題点を見つけ、作る→動かす→話し合う→作るを繰り返しながら改良の仕方考えることができる。	実生活で体験する疑問や社会課題に興味をもち、ロボットを使って考えることができる。	SPIKE プライム

## 第5章 STEM/STEAM 教育からの AI リテラシー育成のための

### プログラミング学習のデザインと評価

中 村 亮 健\*・山 崎 貞 登\*\*・磯 部 征 尊\*\*\*

#### 要 旨

Society5.0 時代を迎える社会では、AI と適切に関わり、利活用できることや、予期せぬ状況にも対応できる力を身に付けることが不可欠となる。そのため、諸外国では、初等中等段階から AI リテラシー教育が行われているが、日本では AI リテラシー教育が確立されていない。そこで、本研究では、小学生を対象に STEM/STEAM 教育からの AI リテラシーの育成に着目したプログラミング学習を行い、その評価を行った。また、AI リテラシー教育の効果を検証するために、非認知能力に着目した授業実践も行った。プログラミング学習に関する授業実践は、A 小学校の 5 学年に 10 時間、次年度、進級した 6 学年に 15 時間、また、B 小学校の 2 学年を対象に、2 時間行った。授業実践では、体験的に AI を学習できるよう、小型人型ロボット及びプログラミングソフトを活用した。

本研究の結果、A 小学校では、AI リテラシーを育成することで、今後必要とされる非認知能力を身に付ける必要性を実感させられることが確認された。B 小学校では、低学年においても、高学年と同様に、児童の「AI に対する興味」「AI を学習する大切さ」「AI を学習する意欲」の高まりが確認された。小学校段階においても、児童の発達段階に即した教材を活用することで、AI リテラシーを育成させる可能性が高いことが示唆された。AI リテラシーの育成に一定の成果を得た本研究は、AI リテラシーの育成に有効であると考えられる。

#### KEY WORDS

AI literacy AI リテラシー, STEM/STEAM education STEM/STEAM 教育, programming education for elementary school students 小学校プログラミング, curriculum design カリキュラムのデザイン

#### 5.1 はじめに

昨今、ChatGPT 等の生成 AI の登場により、社会の AI への関心の高まりと共に、AI 時代に対応した人材の育成が今後より重要だと考えられる。AI は、社会に多大なる便益をもたらす一方で、その社会への影響力はとても大きい。そのために、適切な開発と社会実装が必要である<sup>(1)</sup>。そのために、今後、AI がどのようなデータを学習し、どのように回答を作成しているのか等についての AI の透明性を高めることや、AI を賢く使いこなすことのできるスキル・リテラシーを身に付けることの重要性が指摘されている<sup>(2)</sup>。

米国では、トレッキーら<sup>(3), (4)</sup>が、幼稚園から 12 学年を対象とした AI リテラシーのビッグアイディア（重大な概念）と各段階の到達水準表を提案した。しかし、幼稚園から高校までの教育カリキュラムに AI 教育を導入する方法に関する提案をした研究は、ほとんど見られない<sup>(5)</sup>。今後、各国が自国の実態に合わせた AI 教育のカリキュラムをデザインする必要がある、そのための実践を蓄積していく必要がある。

また、AI 技術の今後の発展により、シンギュラリティ到来の真偽の両方の議論がされている。その中で、AI と人間が共存し、協業していけるよう社会を形成することが望ましいと考える。そのためには、AI の特徴を把握すると共に、人間の役割を捉え、非認知能力を伸ばすことが大切である<sup>(6)</sup>。実際、平成 29 年告示の学習指導要領<sup>(7)</sup>で示された生きる力の 3 要素の中でも、非認知能力である「学びに向かう力、人間性等」を育成することが求められている。加えて、小塩<sup>(8)</sup>は、非認知能力に関して、その高さが、将来の学歴や収入等に大きく影響すること、幼少期における介入は効果的であること及び、非認知能力は教育可能であることを述べている。数値化が困難で、育成に時間を要する非認知能力を育成する上では、幼少期から系統的に育成することや、児童自身が今後の社会変化から、その重要性を認識し、主体的に自分自身の感情や行動を変容させる必要があると考える（中村ら、投稿中）<sup>(9)</sup>。松田ら<sup>(10)</sup>は、STEM/STEAM 教育の視点から初等教育における AI リテラシーの構成概念として、「AI 実装と IoT 社会の仕組みの理解」、「AI 技術への興味」、「AI 活用センス」の三つを仮説化して、小学校 5 学年を対象に、全 8 時間の試行授業を行った。使用教材は、小型人型ロボット（以下、小型ロボット）及びプログラミングソフト（5.3 章を参照）であった。主たる成果は、児童が AI を身近なものとして実感できたことと、AI への興味が高まったこと、

\* 名古屋市立守山小学校 \*\* 上越教育大学 \*\*\* 愛知教育大学

AI との共生を実感できたことを挙げた。

本稿では、これらの先行研究を基に、二つの実践報告をする。一つ目は、A 小学校において、AI リテラシーを身に付けた児童（中村ら、2023）<sup>(11), (12)</sup>を対象に実施した非認知能力に着目した実践。二つ目は、B 小学校において松田ら<sup>(10)</sup>の初等中等段階における AI リテラシーの構成概念を基に、AI リテラシー育成をねらいとして実施したプログラミング学習の実践について報告する。本研究では、中山<sup>(6)</sup>を参考に、学力テストや成果物等で測定・点数化できる力を「認知能力」、点数化できない力を「非認知能力」と定義して研究を遂行した。

5.2 小学校5，6学年を対象とした AI リテラシー教育実践による非認知能力の効果（中村ら、投稿中）<sup>(9)</sup>

本研究では、一層必要とされる AI リテラシーと、非認知能力に着目し、AI リテラシーを身に付けた小学校6 学年の児童（中村ら、2023）<sup>(11), (12)</sup>を対象に授業実践を行った。本研究の結果、児童の AI に対する興味や、AI を学習する必要感の向上が確認された。また、AI リテラシーを身に付けることで、非認知能力を身に付ける重要性を実感させられることが確認された。

5.2.1 実践の概要

5.2.1.1 学習のねらい

各教科での学習を通して身に付けた様々な力を発展させ、今後、人間に必要な AI にはない力と、その理由を考えさせること及び、その力を身につける方法を考えることができることとした。人間に必要な力とは、AI が多く普及する時代において、特に必要とされる AI リテラシーと非認知能力である。

5.2.1.2 学習の展開

本実践の流れを表 5.1 に示す。実践は 90 分で構想した。

表 5.1 実践の流れ（90 分）	
過程	学習活動
導入 (10 分)	①AI が活用されている海外の動画を視聴して、日本との違いを考える。
展開 (52 分)	②人間と AI の得意なことを振り返る。 ③各教科で、どのような力を身に付けてきたのかを整理する。 ④国語及び算数、図工等の学習活動や運動会等の行事を通して、どのような力を高めているかを考える。 ⑤考えた力を非認知能力と認知能力に分類しながら、X チャートに整理する（写真 5.1）。 ⑥X チャートに分類した力の内、AI が得意な力と人間が得意な力に分類して、整理する（写真 5.2）。
まとめ (28 分)	⑦Society5.0 の世の中では、どのような力が必要か、また、そのように考える理由は何かをワークシートに記入する。 ⑧お互いの考えを共有して、今後必要な力を整理する。 ⑨今後必要な力を、どうすれば伸ばせるのかを考えて、ワークシートに記入する。

導入では、現在、多くの会社で働く人は、AI や IoT 等の先端技術を活用することで、会社内や社会の様々な課題を解決しようとしていることを捉えさせた。次に、国内における AI の活用方法を学習してきた児童に対して、AI 機能を搭載したカメラにより、店外に持ち出した商品を認識して、自動精算ができる米国のあるスーパーの様子が分かる動画を視聴させ、日本との違いを考えさせた。その後、「このシステムを開発した人の思い」や、「このようなシステムを開発するためには、どのような力が必要であるか」を児童に考えさせた。児童からは、「このシステムで、働く人が減らせるから、これから人口が減っても大丈夫だね（児童 A）」、「これからはもっと AI を勉強しないとね（児童 B）」、「すごいシステムを開発するためには、仲間と協力することも大切だね（児童 C）」等の言葉が聞かれた。

展開では、まず、「人間の得意なこと」と「AI の得意なこと」は何だったかを振り返らせた。次に、国語及び算数、図工等の学習活動や運動会等の行事で、どのような力を身に付けることが出来るかをクラス全体で考えさせた。その際、児童には、学校ではテスト等で点数化できる力だけでなく、点数化できない力もたくさん身に付けていることに気付かせた。また、点数化しにくく、測りにくい力を「非認知能力」、点数化して測定できる力を「認知能力」と定義し、具体的な力の名称を、全体で考えさせ、それぞれの能力に分類させた。

その次に、ここまでの学習を生かして、3，4 人ずつの 9 グループに分け、国語及び算数、図工等の学習活動や運動会等の行事で、どのような力を身に付けることが出来るかを考えさせた。その際、クラウド上で編集できる授業支援アプリを活用し、X チャートの手法を用いて共同編集させた（写真 5.1）。児童には、認知能力を緑色のカード、非認知能力を黄色のカードで整理させた。その後、共同編集でま

とめた力を、「AI が得意な力」と「人間が得意な力」に整理させ、人間に必要な力に気付かせられるようにした（写真 5.2）。児童は、人間が得意な力には非認知能力が多く、AI が得意な力には認知能力が多いことに気付くと共に、非認知能力を身に付ける必要性を感じていた。

まとめでは、導入で視聴させた動画を振り返らせた後、ワークシートに「Society5.0 を生きていく上で、あなたに特に必要な力は何か、また、そのように考える理由は何か」を記述させた。その後、児童が考えたことを全体で共有し、将来必要な力を全体で考えた。授業の最後には、ここまでの学習を踏まえて、「どうしたらその力を伸ばせるとするか」をワークシートに記述させた。

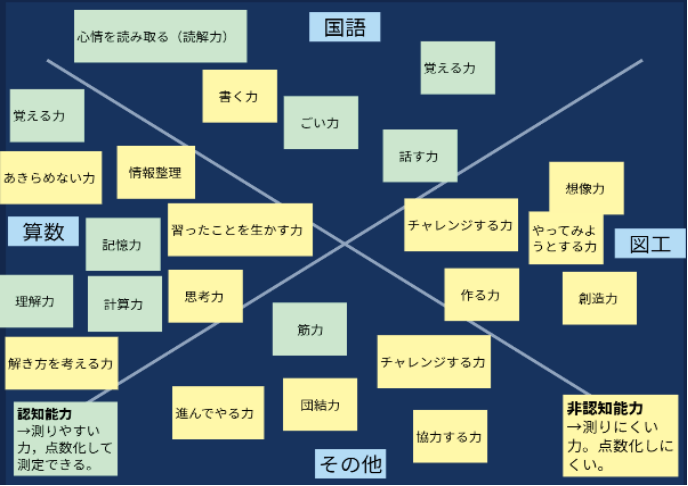


写真 5.1 グループ B の X チャートの結果

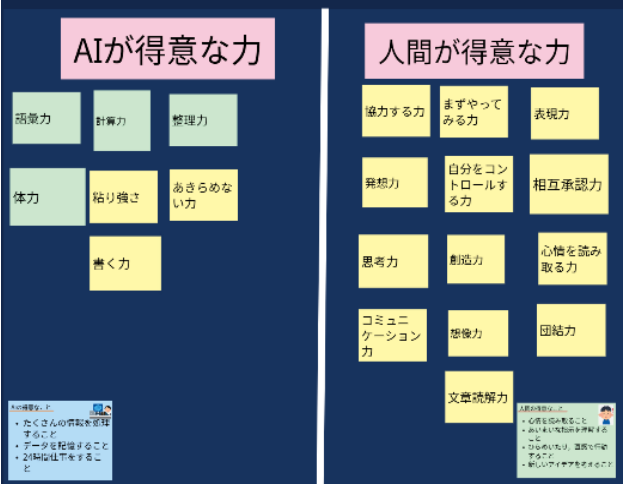


写真 5.2 グループ B が整理した AI と人間が得意な力

## 5.2.2 結果と考察

### 5.2.2.1 ワークシートへの記述結果

「Society5.0 を生きていく上で、あなたに特に必要な力は何だと思いますか」という質問に対する児童の回答結果を表 5.2 に示す。回答結果の内、類似している回答の場合には、その言葉の定義を照合し、どちらかの回答結果として数えた。言葉の定義は全て、明鏡国語辞典第三版<sup>(13)</sup>から引用した。以下に、回答の集計方法を示す。

- ①団結力の定義は、「皆で一致協力すること」であり、協力する力と団結力は、相互に類似していると捉え、団結力と数えた。
- ②発想力の定義は、「新しい考えを得ること」であり、新しいアイデアを考える力と相互に類似していると捉え、発想力と数えた。

回答結果の検討は、筆者らで行い、表 5.2 には、回答数が 4 人以上の力のみ示した。

表 5.2 児童の回答結果 (N=30)

設問	回答結果	人	%
Society5.0 を生きていく上で、あなたに特に必要な力は何だと思いますか	想像力	15	50.00
	団結力（協力する力を含む）	13	43.33
	創造力	7	23.33
	コミュニケーション力	6	20.00
	思考力・判断力・表現力	5	16.67
	相手の心情を理解する力	5	16.67
	チャレンジする力	5	16.67
	発想力（新しいアイデアを考える力を含む）	4	13.33

※その他の力としては、「あきらめない力（3人）」、「教える力（3人）」「AI を使う力（3人）」「学んだことを生かす力（3人）」等であった。

表 5.2 の結果からは、回答の多くが非認知能力であった。表 5.2 で「想像力」及び「創造力」、「発想力」と回答した児童が多かったのは、AI リテラシー教育（中村ら、2023）<sup>(11)</sup>、<sup>(12)</sup>を通して、アルゴリズムを考える活動や、新しい考えを思いついたり、予想しながら考えたりする学習活動を行ったことが一つの要因であると推察される。また、「団結力」と回答した児童が多かったのは、AI リテラシー教育（同氏ら、2023）<sup>(11)</sup>、<sup>(12)</sup>を通して、新しいものを創造する際は、多様な他者と協力したり、学び合ったりすることが大切であることを実感した

ことが一つの要因であると推察される。加えて、一人で考えることは難しいAIの活用方法の提案も、友達と協力することで、成し遂げることができたことも要因の一つであると言える。さらに、児童の回答からは、生きる力の3要素である「思考力・判断力・表現力等」や、非認知能力である「学びに向かう力・人間性等」に関わる回答も多かった。今回の実践は、これからの時代を生きる子供たちにとって、今後必要な力を自ら意識することができる絶好の機会になったと推察される。

実践後の児童の考えと、意識の変容を明らかにするため、児童X、Y、Zの3名を抽出した。3名の児童が、なぜその力が必要であると思ったのか、その理由の記述結果を検討すると、「AIにはその力がないから」「人間特有の良さだから」等と、AIと人間の特徴を踏まえた記述や、Society5.0の社会で活躍するために、それぞれの立場で自分に足りない点や、より必要であると考えてる点を踏まえた記述が多く見受けられた(表5.3)。

表 5.3 児童の回答例 (Society5.0 を生きる上で必要な力と、そう考える理由)

回答者	必要な力	必要だと思う理由
児童 X	想像力, AI を活用する力	AI が使えても、何に使うかが想像できないと、AI を使える意味がないから。
児童 Y	まずやってみる力	1回やってみて、失敗して改良することによってどんどん良いものが作られていくから。考えているだけでは進まないから。
児童 Z	説明力	自分の意見を分かりやすく使えるため。

「どうしたらその力を伸ばせると思いますか」という質問に対する児童X、Y、Zの回答結果を表5.4に示す。回答結果を検討すると、これから粘り強く頑張ったり、自らの学習方法を調整したりして、これからの学習に取り組む態度を見直そうとする記述が多く見受けられた。この結果から、これからの社会変化やAIについて学習することが、児童の「学びに向かう力・人間性等」を変容させる可能性があることが示唆された。

表 5.4 児童の回答例 (考えた力をどうしたら伸ばせると思うか)

回答者	必要な力	どうしたらその力を伸ばせると思うか
児童 X	想像力, AI を活用する力	想像力は、絵を描いたり、妄想、想像、物語を作るとかをしたりして、想像力をきたえる。AIを活用する力は、AIが使われている場所に行ったりして、AIを体験したりして、AIを学ぶ。
児童 Y	まずやってみる力	新しいことにたくさんチャレンジしていく。苦手なことにも一生懸命がんばる。
児童 Z	説明力	考えるだけでなく、みんなの前で発表して、聞いた人が分かりやすいと思えるようにする。

### 5.2.2.2 本実践の効果の検証

授業実践後には、児童の意識を調査するために質問紙調査を実施した。質問は、5件法による調査を6問、自由記述による調査を2問の合計8問実施した(表5.5)。分析対象者は30人である。5件法による調査は、回答結果について、5(あてはまる)、4(少しあてはまる)3(どちらでもない)、2(少しあてはまらない)、1(あてはまらない)とした。

表 5.5 事後調査の質問内容

Q01. 海外では、どのようにAIが活用されているか興味がある。
Q02. 今日の授業を通して、AIに対する興味が増した。
Q03. 今日の授業を通して、AIをさらに勉強しようと思う意欲が高まった(その理由を自由回答)。
Q04. AIがやった方が良く、人間がやった方が良く分かる。
Q05. AIについて勉強することは大切だと思う(その理由を自由記述)。
Q06. Society5.0の社会における働く人の減少や、地球温暖化の問題を解決するために、AI等の技術を積極的に活用したいと思う。



授業を通して、児童にどのような変化があったかを調査した Q01～Q03 の回答結果については、4～5の回答を肯定、1～3の回答を否定とし、肯定と否定の母比率を2：3とした直接確率計算を実施した（表 5.6）。また、Q03 に対する回答理由を表 5.7、Q05 に対する回答理由を表 5.8 に整理した。加えて、各回答の関連性を検討するために、ピアソンの積率相関係数を計算した。

表 5.6 児童の意識を調査した結果（5 件法調査）

質問	Mean	SD	肯定 (%)	否定 (%)	P 値 検定結果
Q01. 海外では、どのように AI が活用されているか興味がある。	3.83	0.91	24 (80.00)	6 (20.00)	0.00 **
Q02. 今日の授業を通して、AI に対する興味が増した。	3.90	0.88	22 (73.33)	8 (26.67)	0.00 **
Q03. 今日の授業を通して、AI をさらに勉強しようと思う意欲が高まった。	3.60	0.97	20 (66.67)	10 (33.33)	0.00 **

回答の 1, 2, 3 は否定, 回答の 4, 5 は肯定を示す. \*\* :  $p < .01$  N=30

表 5.6 より、Q01～Q03 までの意識調査の結果について、全ての項目において 1 %水準で肯定が有意に多いことが確認された。中村 (2023)<sup>(12)</sup>の事後アンケートでも、「AI 技術への興味」に関する質問に対する回答は、全ての項目において、1 %水準で肯定が有意に多い結果であった。「AI 技術への興味」を向上させた要因として、中村 (2023)<sup>(12)</sup>は、ロボット教材を使用したことと、動画教材を活用したことを挙げている。海外における AI の活用事例が分かる動画教材を視聴した本研究でも、「AI 技術への興味」が向上し、先行研究と同様の結果が得られた。また、Q01 と Q02 で共に有意な結果が得られたことから、児童がさらに AI に対する興味を向上させたのは、我が国では未だ実現していない、スーパーにおける自動精算によって、生活が便利になっている実際の様子を学習したことが一因である可能性が示唆された。AI への興味や、AI をさらに勉強しようとする意欲を向上させるためには、自分達の五感を働かせて理解を促す動画教材を活用して学習させることは、有効な手立てであると推察される。さらに、先行実践において児童は、小型ロボットを活用して、AI をプログラミングと関連させて学習したり、AI の活用方法を企業に提案したりした。それにより、「AI が身の回りのどこで、どのように活用されているか」、「AI にさらに何ができるか」に対して興味があった児童にとって、本実践で本邦より先進的な海外における AI の活用方法を学習したことは、児童の AI に対する興味をさらに向上させるという点で、有効であったと推察される。

表 5.7 Q03 の回答の理由（自由記述）

設問	カテゴリ	人	%
「AI をさらに勉強しようと思う意欲が高まった」の質問でその回答をした理由は何ですか？	AI についてさらに知りたいと思ったから、興味が増したから	13	43.33
	AI を活用できるようになりたいから	4	13.33
	AI を勉強することは大切だから	3	10.00
	AI に興味がないから	3	10.00
	AI を勉強しようという意識がないから	3	10.00
	その他	4	13.33

N=30

表 5.7 より、AI をさらに勉強しようと思う意欲が高まった主な回答の理由としては、「AI についてさらに知りたいから」「AI への興味が増したから」と回答した児童が多かった。回答の理由の詳述からは、本邦における先端技術の普及及び活用の遅れを実感したことがこの結果の一つの要因であると推察される。また、Q2 と Q3 の回答の関連性を見るために、ピアソンの積率相関係数を計算したところ、AI に対する興味が増したことから、AI を勉強しようと思う意欲が高まったことの間には、有意な正の相関が見られた ( $r=0.60$ ,  $F=15.39$ ,  $df1=1$ ,  $df2=28$ ,  $p<.01$ )。このような結果になったのは、児童が本実践を通して、AI に対する興味を向上させたことが要因で、AI をさらに勉強しようと思う意欲が高まったからであると推察する。従って、AI リテラシー教育を実施する際は、動画教材や小型ロボット教材等、五感を働かせて理解を促す教材を活用して、児童の興味を向上させることが、児童の主体的に AI を学習していこうとする態度を育成するきっかけになる可能性があると言える。また、AI リテラシー教育を通して、AI への興味を向上させることで、AI への学習意欲を向上させる可能性が示唆された。

表 5.8 Q05 の回答の理由（自由記述）（N=30）

設問	カテゴリ	人	%
「AI について勉強することは大切であると思う」の質問でその回答をした理由は何ですか？	Society5.0 の実現には、大切な役割を担うから	9	30.00
	分からないと困るから	6	20.00
	将来に役立つから	4	13.33
	勉強することで、たくさんのことを知れるから	4	13.33
	AI が活用できると良いと思うから	2	6.67
	AI と共生できるようにするため	2	6.67
	その他	3	10.00

表 5.8 より、多くの児童が、AI を勉強することが大切であると思う理由に関して、今の社会と Society5.0 の社会における変化を見据えた理由を挙げていた。このような結果になったのは、児童が、Society5.0 における AI と人間の役割の共通点や相違点を理解している根拠の一つであると推察する。また、授業後の児童の意識を調査した Q04～Q06 において、アンケート項目の関連性を検討するために、ピアソンの積率相関係数を計算した。その結果、「AI がやった方が良いことと、人間がやった方が良いことが分かる」と、「AI について勉強することは大切だと思う」の間には、有意な正の相関が見られた ( $r=0.52$ ,  $F=10.23$ ,  $df_1=1$ ,  $df_2=28$ ,  $p<.01$ )。相関の強さは中程度以上であった。「AI がやった方が良いことと、人間がやった方が良いことが分かる」と、「Society5.0 の社会における働く人の減少や、地球温暖化の問題を解決するために、AI 等の技術を積極的に活用したいと思う」の間にも、有意な正の相関が見られた ( $r=0.36$ ,  $F=4.21$ ,  $df_1=1$ ,  $df_2=28$ ,  $p<.05$ )。相関の強さは、弱程度以上であった。

これらの結果から、AI リテラシー教育によって、AI と人間の特徴を理解し、AI との共生を意識した児童は、Society5.0 での社会変化を見据えた上で、AI を学習することは重要であると認識していることが分かった。特に、社会課題に対して、AI 等の技術を積極的に活用しようとする意欲も高いことが明らかになった。従って、AI リテラシー教育を実施する際は、現在までの社会変化と、技術発展の歴史から、今後の社会変化を捉えさせることが、児童の AI を学習する必要性を生み出す可能性があると言える。その際、AI と人間の特徴が理解できるようにするため、非認知能力に着目した授業を展開することは有効であると考ええる。

### 5.3 小学校2学年を対象とした AI リテラシー教育実践（中村ら、2023）<sup>(14)</sup>

#### 5.3.1 使用教材

小型ロボットは、スマートフォンとロボットが一体となったモバイル型ロボット電話である。小型ロボットには、カメラ、マイクのセンサが内蔵されており、三つの AI エンジン（音声認識、対話生成、画像認識）を搭載している。そのため、携帯電話のように通話やメッセージの送受信ができるだけでなく、人間とコミュニケーションを図ることができる。小型ロボットに搭載された AI は、プログラミングにも活用することができるため、音声認識や画像認識機能を生かした AI プログラムを作成して、体験的に AI を学習することができる。本実践では、13 台の小型ロボットを活用して授業実践を行った。

プログラミングソフトは、様々なブロックをつなげて、組み合わせるだけでプログラムを作成できるアプリケーションである。しゃべるブロックや動くブロックに加えて、AI のブロックがあり、音声認識や対話生成、画像認識を活用したプログラムが容易に作成可能である。

動画教材は、S 社が小・中学生を対象にした AI ロボットプログラミングオンライン授業に向けて開発したものである。本研究では、動画教材を全ての授業で使用するのではなく、Society5.0 の未来社会や、AI の仕組み等、理解するのが難しいと考えられる場面に絞って活用した。

#### 5.3.2 実践内容

##### 5.3.2.1 第1次実践

第1次実践では、まず、児童に「みんなが大人になるころ、世の中はどうなっているかな」と問い掛け、これから訪れる未来を予測させた。すると、児童からは、「車が空を飛ぶ」、「全部自動になる」等の回答があった。その後、出てきた回答から、AI が使われているものを取り上げ、将来の世の中の変化の多くには AI 技術が関わってくること気付かせた。

次に、AI 技術には「音声認識」「画像認識」があることを伝え、各用語の意味を理解させた。その際、児童が既に知っていることを取り上げたり、動画教材を活用したりして、それぞれの技術がどこでどのように活用されているかを黒板に整理した。その後、児童にはより進

んだ AI の活用方法を理解させるために、「アメリカのスーパーはどのような感じが知っていますか」と問い掛け、アメリカのスーパーの様子が分かる動画<sup>(15)</sup>を視聴させた。その動画では、自分の欲しい物をカバンに入れ、店から出るだけで、自動で決済が終了するスーパーの様子が理解できる。動画を視聴した児童からは、「レジで並ばないから便利」、「犯罪が減るね」等の発言が見られた。次に、児童には、一般社団法人日本経済団体連合会（経団連）が作成した Society5.0 時代の社会の様子が分かる動画<sup>(16)</sup>を視聴させた。動画を視聴後、動画を見た感想を学級全体で共有しつつ、Society5.0 時代の社会では、どこでどのように AI が活躍すると考えられているかを整理した。

授業の終末では、小型ロボット教材に実際に音声指示をして、音声認識を体験させた。小型ロボットには、事前にプログラムがされている。小型ロボットは、プログラムされている言葉の音声指示を受けると、歌を歌ったり、ダンスを踊ったりすることができる。児童は、自分の話した言葉を認識して、その通りに動く小型ロボット教材に親しみ、何度も様々な音声指示を行っていた。

### 5.3.2.2 第2次実践

第2次実践では、第1次実践で、AI は音声認識と画像認識ができることと、それぞれがどのような技術であったかを振り返らせた。その後、小型ロボットを活用して、第1次実践で音声認識を体験したことに加えて、画像認識を体験させた。画像認識を体験させる際、児童には、小型ロボットがどのように画像を認識しているかに気付かせるために、画像認識する小型ロボットの様子を見せて、その仕組みを考えさせた。その際、AI を活用するためには、「人間がプログラムする必要があること」と、「人間が AI に学習させる必要があること」を捉えさせた。その後、鉛筆と消しゴムを見分けるプログラム（写真 5.3）を児童に共有し、実際に鉛筆と消しゴムを学習させて、識別させた。児童は、最初は正確に識別できない小型ロボットに対して、どうすれば正確に識別できるようになるかを、試行錯誤を繰り返しながら考えた。その際、児童の気づきを基に、AI に正確に学習させるためには、学習の量と質の両方が大切であることを理解させた。特に、プログラミングに詳しい児童は、発展としてプログラムを改変して、学習回数を変更したり、識別させるものを変更したりする様子も見られた。

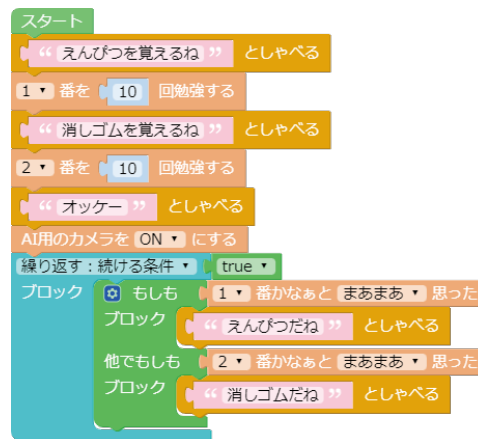


写真 5.3 画像認識のプログラム

### 5.3.3 結果と考察

#### 5.3.3.1 第1次実践の意識調査

第1次実践の前後で実施した4件法調査の回答結果について、4（あてはまる）、3（少しあてはまる）、2（少しあてはまらない）、1（あてはまらない）としてクラス間と事前・事後の2要因分散分析を実施した（表 5.9）。

表 5.9 2 要因分散分析（第 1 次実践）

	1 組		2 組		3 組		4 組		主効果 (F 値)		交互作用
	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	クラス	調査時期	
AI に対する興味	2.68	3.71	2.77	3.85	2.54	3.81	2.76	3.66	0.26	83.42	0.73
	1.14	0.53	1.05	0.36	1.18	0.46	0.90	0.61	ns.	**	ns.
AI を勉強する意欲	2.73	3.77	3.30	3.85	3.00	3.81	2.90	3.35	2.05	139.34	0.00
	0.93	0.65	0.77	0.45	0.92	0.48	0.92	0.90	ns.	**	**
AI を勉強する大切さ	3.58	3.92	3.44	3.74	3.27	3.77	3.10	3.72	1.35	66.32	0.13
	0.68	0.27	0.84	0.52	0.81	0.65	0.92	0.53	ns.	**	ns.

※上段：平均値 下段：標準偏差 N=104 \*\* : p&lt;.01

分析の結果、全ての質問について、事前・事後の主効果が有意となった。また、「AI を勉強する意欲」の質問については、クラス間と事前・事後の交互作用も有意となった。下位検定の結果、1 組と 4 組において、事前・事後の単純主効果が有意となった。

これらの結果から、第 1 次実践で実施した Society5.0 における社会変化と、音声認識技術を中心とした AI 技術の学習は、児童の「AI に対する興味」を向上させると共に「AI を勉強する大切さ」を実感させ、有効であったと判断した。また、「AI を勉強する意欲」に関しては、クラス間の差は見られたものの、第 1 次実践を通して、一定の効果が得られた。2 組及び 3 組では、実践を行う前から、元々「AI を勉強する意欲」が高かったため、単純主効果で有意な差が得られなかった可能性が考えられる。

### 5.3.3.2 第 2 次実践の意識調査

第 2 次実践の前後で実施した 4 件法調査について、クラス間と事前・事後の 2 要因分散分析を実施した（表 5.10）。

表 5.10 2 要因分散分析（第 2 次実践）

	1 組		2 組		3 組		4 組		主効果 (F 値)		交互作用
	事前	事後	事前	事後	事前	事後	事前	事後	クラス	調査時期	
AI に対する興味	3.36	3.46	3.32	3.60	3.36	3.64	2.82	3.41	1.75	25.52	0.05
	0.67	0.87	0.97	0.64	0.85	0.55	0.72	0.68	ns.	**	*
AI を勉強する意欲	3.18	3.36	3.48	3.56	3.43	3.43	2.78	3.30	1.96	22.64	0.00
	1.02	0.89	0.64	0.64	0.73	0.79	0.83	0.71	ns.	**	**
AI を勉強する大切さ	3.52	3.37	3.76	3.72	3.36	3.57	3.37	3.52	1.13	1.13	0.01
	0.69	0.92	0.43	0.61	0.89	0.56	0.78	0.63	ns.	ns.	**
AI を勉強する簡単さ	1.93	2.37	2.72	2.56	2.19	2.19	1.93	2.26	1.47	12.86	0.00
	1.03	1.24	1.08	1.08	1.02	0.98	0.94	1.07	ns.	**	**
プログラミングの興味	3.33	3.30	3.60	3.60	3.44	3.59	2.96	3.26	2.05	8.00	0.01
	0.87	0.87	0.75	0.70	0.68	0.57	1.00	0.84	ns.	**	**

※上段：平均値 下段：標準偏差 N=104 \*\* : p&lt;.01 \* : p&lt;.05

その結果、「AI に対する興味」の質問について、事前・事後の主効果が有意となった。その他の全ての質問については、クラス間と事前・事後の交互作用も有意となった。下位検定の結果、「AI を勉強する意欲」の質問については、第1次実践での結果と同様、1組及び4組における事前・事後の単純主効果が有意となった。2組及び3組で有意差が認められなかったのは、第1次実践を終え、第2次実践を行う前まで「AI を勉強する意欲」が継続的に高かったことが要因であると考えられる。その主たる根拠の一つには、2組及び3組では、1組及び4組より事後調査の平均値が高く、「AI を勉強する意欲」が高かった点を指摘したい。次に、「AI を勉強する大切さ」の質問では、3組で事前・事後の単純主効果が有意となったが、その他のクラスでは5%水準以下の有意差は見られなかった。さらに、「AI を勉強する簡単さ」の質問では、1組及び2組、4組で、「プログラミングの興味」についての質問では、3組及び4組で事前・事後の単純主効果が有意となった。

これらの結果から、「AI に対する興味」に関して、第2次実践で、音声認識に加えてプログラミングと関連させながら画像認識の学習を行ったことが、AI とプログラミングに対する興味を向上させる一因である可能性が示唆された。また、AI をプログラミングと関連させて学習したことで、児童はAI が認識を行う仕組みを知ることができる。つまり、AI を勉強することに対して、「難しい」という意識を低減させる可能性があることが示唆された。一方、「AI を勉強する大切さ」の意識に関しては、第1次実践のような変化は見られず、今後、どのような学習活動がきっかけで、児童の意識に変化が起こるのかを明らかにすることが課題である。

#### 5.4 おわりに

本稿では、A 小学校において、AI リテラシーを身に付けた児童（中村ら、2023）<sup>(11)</sup>、<sup>(12)</sup>を対象に実施した非認知能力に着目した実践と、B 小学校において、松田ら<sup>(10)</sup>の初等中等段階におけるAI リテラシーの構成概念を基に、AI リテラシー育成をねらいとして実施したプログラミング学習の実践の報告を行った。

A 小学校での実践の結果、AI リテラシー教育によって、AI と人間の特徴を理解した児童は、非認知能力を身に付ける重要性を実感していた。この結果から、AI リテラシー教育と非認知能力に着目した教育には一定の関連性があり、相互に関連させながら授業を展開することは有効であると推察した。次に、AI と人間の特徴を理解した児童は、Society5.0 での社会変化を見据え、AI を学習する重要性を実感している傾向があり、社会課題に対して、AI 等の技術を積極的に活用しようとする意欲が高い傾向が見られた。この結果から、AI リテラシー教育を実施する際には、今までの社会変化と、技術発展の歴史から、今後の社会変化を捉えさせることが重要であることが分かった。また、AI リテラシー教育によるAI への興味の向上が、児童のAI を学習しようとする意欲を高めるきっかけになる可能性があることも分かった。

B 小学校での研究の結果、児童は、AI やプログラミングに対する興味を向上させた。また、AI を学習する意欲を向上させ、AI を学習する大切さも実感していた。これらの結果は、音声認識と画像認識を実際に体験しながら学習したことが一つの要因であると推察する。また、AI の学習をその仕組みの基となるプログラミングと関連させながら学習を行うことは有効であると考えられる。小学校低学年においては、まず、AI に対する興味を向上させることが、今後のAI リテラシーの学習につながる大切な視点であると推察する。

今後の課題としては、AI リテラシーと非認知能力に着目した追試実践を重ね、AI リテラシー教育の効果を検証することにより、AI リテラシー教育を行う上での必要な要件を検討する必要がある。また、初等中等教育段階を一貫したAI リテラシー育成を目的としたカリキュラムをデザインするために、引き続き、AI リテラシーの育成を目的とした実践を蓄積していくことが大切である。

#### 引用及び参考文献

- (1) 統合イノベーション戦略推進会議決定（2019）：人間中心のAI 社会原則，<https://www8.cao.go.jp/cstp/aigensoku.pdf>（最終確認日：2023 年 12 月 19 日）
- (2) AI 戦略会議（2023）：AI に関する暫定的な論点整理，[https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/ronten\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/ronten_honbun.pdf)（最終確認日：2023 年 12 月 19 日）
- (3) David Touretzky, Christina Gardner-McCune, Fred Martin, Deborah Seehorn（2019）：Envisioning AI for K-12:What Should Every Child Know about AI?, The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-19), 9795-9799
- (4) David Touretzky, Christina Gardner-McCune, Fred Martin, Deborah Seehorn（2019）：K-12 Guidelines for Artificial Intelligence: What Students Should Know, A14K12.org, [https://upload01.uocslive.com/ISTE/ISTE2019/PROGRAM\\_SESSION\\_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentati](https://upload01.uocslive.com/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentati)



on\_final.pdf (最終確認日：2023 年 12 月 19 日)

- (5) Seung Lee・Bradford Mott・Anne Ottenbriet-Leftwich・他 5 名：Designing a Collaborative Game-Based Learning Environment for AI-Infused Inquiry Learning in Elementary School Classrooms, ITICSE'20:Proceedings of the 2020 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, pp.566, <https://doi.org/10.1145/3341525.3393981> (最終確認日：2023 年 12 月 19 日)
- (6) 中山芳一 (2018)：「学力テストで測れない非認知能力が子どもを伸ばす」, 東京書籍
- (7) 文部科学省 (2017)：平成 29 年告示小学校学習指導要領解説 総則編, 東洋館出版社
- (8) 小塩真司 (2021)：「非認知能力 概念・測定と教育の可能性」, 北大路書房
- (9) 中村亮健・山崎貞登・磯部征尊 (投稿中)：小学校段階の AI リテラシー教育実践による非認知能力の効果, AI 時代の教育学会
- (10) 松田孝・景井美帆・亀井俊之・他 5 名 (2021)：STEM/STEAM 教育からの小学校段階における AI リテラシー育成のための教材開発と実践, 上越教育大学研究紀要, 第 40 巻, 第 2 号, pp. 101-108
- (11) 中村亮健・石田典之・山崎貞登・磯部征尊 (2023)：STEM/STEAM 教育からの AI リテラシー育成のための小学校高学年プログラミング学習のカリキュラムデザイン, 日本産業技術教育学会実践事例集「テクノロジーとエンジニアリングの教室」, 第 2 巻, pp. 1・9
- (12) 中村亮健 (2023)：AI リテラシーの育成を目指す教材開発と評価, 愛知教育大学教育学研究科 (教職大学院) 実践研究報告論集, 2 巻, pp.568-577
- (13) 北原保雄 (2020)：「明鏡国語辞典」第三版, 大修館書店 (最終確認日：2023 年 12 月 19 日)
- (14) 中村亮健・河村敏文・山崎貞登・磯部征尊 (2023)：AI リテラシー育成に関するプログラミング学習のデザインと評価, 日本産業技術教育学会第 66 回全国大会 (鹿児島) 講演要旨集, p.81
- (15) Amazon (2016)：「Introduce Amazon Go and the world's most advanced shopping technology」, <https://youtube.com/watch?v=NrmMk1Myrxc&si=EnSIkaIECMiOmarE> (最終確認日：2023 年 12 月 19 日)
- (16) 一般社団法人 日本経済団体連合会 (経団連) (2020)：「20XX in Society5.0～デジタルで創る, 私たちの未来～ (ロング ver.)」, <https://youtube.com/watch?v=xQnnAih8KIo&si=EnSIkaIECMiOmarE> (最終確認日：2023 年 12 月 19 日)

# Design and Evaluation of Programming Learning for AI Literacy Development from STEM/STEAM Education

Ryoken NAKAMURA\* · Sadato YAMAZAKI\*\* · Masataka ISOBE\*\*\*

## ABSTRACT

In this study, we conducted a programming study focusing on the development of AI literacy from STEM/STEAM education for elementary school pupils and evaluated the results. In addition, to verify the effectiveness of AI literacy education, we also conducted a practice focusing on non-cognitive skills. The class practice was conducted for 10 hours in the fifth grade of elementary school A, and 15 hours in the sixth grade of elementary school A after the pupils advanced to the next grade. After that, two hours of practice were conducted for the second graders of B Elementary School. In the class, a small humanoid robot and programming software were used to enable pupils to learn AI. The results of this study confirmed that developing AI literacy in Elementary School A can help pupils realize the need to acquire the non-cognitive skills that will be needed in the future. In the B elementary school, it was confirmed that pupils' "interest in AI," "importance of learning AI," and "desire to learn AI" increased in the lower grades as well as in the upper grades of the elementary school. The results suggest that there is a high potential for developing AI literacy at the elementary school level as well, by utilizing teaching materials that match the developmental stages of pupils. We guess that this study is effective in fostering AI literacy.

---

\* Moriyama Elementary School    \*\* Joetsu University of Education    \*\*\* Aichi University of Education

## 第6章 技術科での自動走行ロボット教材による AI リテラシー育成 カリキュラムのデザイン

立花 洋太郎\* 市村 尚史\*\* 大森 康正\*\*\* 岡島 佑介\*\*\*  
山崎 貞登\*\*\*

### 要 旨

本研究は、中学校技術科第3学年計99人を対象に、「D情報の技術」の「(3) 計測・制御のプログラミング」と「(4) 社会の発展と情報の技術」において、AIリテラシー育成のためと、「高等学校学習指導要領(2018年告示)解説 情報編科目情報Ⅰ」との履修の系統性を考慮して、A社自動走行ロボット教材の計測・制御のために、TensorFlowを用いた深層学習とテキスト型プログラム言語であるPythonを用いたプログラミングする題材カリキュラムを構想し、実践を通して、学習評価とカリキュラム評価を検討した。事前・事後質問紙調査の比較し、A社の教材を用いた本実践のカリキュラムデザインは、AI技術の基礎となるビッグデータ、学習処理、推論に関連する知識の習得に、学習効果があることが示唆された。マインドマップ調査では、要素数の比較、テキストマイニング分析を行った。AI開発を体験することで、プログラミング及びAIに対する興味・関心を高めることや、ビッグデータ、学習処理、推論といったAI開発に必要な情報処理の方法についての理解において学習効果が高まったことが示唆された。一方、小学校及び、中学校の他教科等や技術科の他学習項目で実施するビジュアル型とテキスト型プログラミング言語の相互変換や、高校情報科へ接続するシームレスな言語移行が今後の課題である。

### KEY WORDS

技術科(Technology subject), AIリテラシー(AI literacy), Python(Python), プログラミング(Programming), カリキュラム・デザイン(Curriculum design)

### 6.1 はじめに

#### 6.1.1 研究目的

本研究の目的は、国立大学法人J教育大学附属中学校(以下、附属中学校)第3学年生徒を対象に、中学校学習指導要領(2017年告示)技術・家庭科技術分野(以下、技術科)「D情報の技術」の「(3) 計測・制御のプログラミング」と「(4) 社会の発展と情報の技術」<sup>(1)</sup>において、AIリテラシー育成と、「高等学校学習指導要領(2018年告示)解説 情報編科目情報Ⅰ」<sup>(2)</sup>との履修の系統性を考慮して、A社自動走行ロボット教材の計測・制御のために、TensorFlowを用いた深層学習とテキスト型プログラム言語であるPythonを用いたプログラミング<sup>1)</sup>する題材カリキュラムを構想し、実践を通して、学習評価とカリキュラム評価を検討することである。

#### 6.1.2 問題の所在

技術科の内容「D情報の技術」の指導項目「(4) これからの社会の発展と情報の技術の在り方を考える活動」「イ技術を評価し、適切な選択と管理・運用の在り方や、新たな発想に基づく改良と応用について考えること」では、「情報の技術の発展が、情報処理及び情報伝達の高速化や人工知能の発達を支え、サービスの向上や新しい文化の創造などに寄与していること(文部科学省, 2018: p.59)」<sup>(1)</sup>についての指導が明記された。また、学習活動で

---

\*北海道総合通信網株式会社 \*\*上越市立城西中学校(前上越教育大学附属中学校) \*\*\*自然・生活教育学系

は、「生活や社会における人工知能の活用について、人間の労働環境や安全性、経済性の視点から、その利用方法を検討するなど、研究開発が進められている新しい情報の技術の優れた点や問題点を整理し、よりよい生活や持続可能な社会の構築という観点から、未来に向けた新たな改良、応用について話し合わせ、利用者と開発者の両方の立場から技術の将来展望について意思決定させて発表させたり、提言をまとめさせたりする活動（文部科学省、2018：p.59）」<sup>(1)</sup>が示された。

一方で、先行研究では、AI リテラシーと学習指導要領との関係、人工知能を扱った教材とカリキュラムのデザイン及び、各教科で育まれる資質・能力に着目した教材や研究が少ないのが現状である。そのため、本研究では、A社のロボット教材<sup>1)</sup>を用いたカリキュラムのデザインと授業実践を行い、中学校技術科で育まれる資質・能力の育成への有効性を研究した。

## 6.2 先行研究

### 6.2.1 AI リテラシーの定義

2024年1月現在、AI 技術に関する書籍は入門書から専門書まで数多く存在している。一方で、AI リテラシーについて述べている文献は少ない。さらに、AI がこれからの社会を支えていくうえで重要になると考えられるAI リテラシーについて、明確に定義した文献はほとんどない。2018年に内閣府特命担当大臣が公表した「AI について」<sup>(3)</sup>の中では、「一般：全員が AI リテラシー（小・中・高および高等教育で AI 時代に身に着けるべき基礎的素養）を学習」と記載されているのが、数少ない公的な資料の記述となっている。そこで、本項では先行研究において、AI リテラシーがどのように定義されているのかを整理する。

川原田ら(2020)<sup>(4)</sup>は、「統合イノベーション戦略推進会議（2019）」の「第4章 人間中心のAI 社会原則」から、AI リテラシーの原則として、正しい知識理解の必要性が明記されたことから、初等中等教育におけるAI リテラシー教育推進について概説した。佐藤(2019)<sup>(5)</sup>は、人工知能を適切に活用する際に求められるAI リテラシーについて検討している。佐藤は、「人工知能に関する知識・理解」、「人工知能を適切に活用するための思考力・判断力」の大きく2つに分類し、計10項目を表6.1のように設定している。

表 6.1 佐藤(2019)<sup>(5)</sup>の AI リテラシーの「知識・理解」と「思考力・判断力」

人工知能に関する知識・理解	① 人工知能はなんでもできるものではないことを知ること
	② 人工知能は様々な技術の総称であることを知ること
	③ 人工知能を活用するためには学習データが必要であることを知ること。また、学習データは必要量以上あり、それらが全体として質の高いデータセットである必要があることを知ること
	④ やって見たものの失敗する可能性もあることを知ること
人工知能を適切に活用するための思考力・判断力	⑤ 人工知能を活用すべき状況なのかを判断すること
	⑥ 課題を細分化して考えること
	⑦ 人工知能のどの技術を活用すべきかを考えること
	⑧ どのような学習データを活用すれば良いかを考えること
	⑨ 学習データを収集できるかを判断すること
	⑩ 学習結果が正しいかどうかを判断すること

一方、米国では、トレッキーら(2019a)<sup>(6)</sup>、同(2019b)<sup>(7)</sup>、同(2022)<sup>(8)</sup>が、米人工知能学会(AAAI)、米国コンピュータ科学教師学会(CSTA)、米国科学財団(NSF)基金による ITEST (Innovative Technology Experiences for Students and Teachers, 児童と教員のためのイノベティブな技術経験プログラム)、カーネギーメロン大学の協働研究により、幼稚園から12学年を対象としたAI リテラシーのビッグアイディア(重大な観念)<sup>2)</sup>と各段階の到達水準表を提案した(表6.2)。ITESTは、NSFが推進しているSTEMとIT人材確保のための初等教育プログラムである。

表 6.2 幼稚園から 12 学年を対象とした AI リテラシーのビッグアイディア（重大な観念）と各段階の

到達水準表[出典 Touretzky ら(2019a)<sup>(6)</sup>, 同(2019b)<sup>(7)</sup>, Touretzky & Gardner (2022)<sup>(8)</sup>]

重大な観念	幼稚園～2 学年	3～5 学年	6～8 学年	9～12 学年
#1: コンピュータは、センサを用いて世界を知覚する	音声ベースのエージェントとの対話方法やマシンビジョンを体験する	AI プリミティブを含む児童向けのプログラミング・フレームワークで書かれた簡単な知覚ベースのアプリケーションを修正することができる	3～5 学年の経験を踏まえた、より複雑な知覚ベースのアプリケーションを作成する	機械知覚システムの限界を識別し、実証する、そして、知覚分類器を訓練するために機械学習ツール（ビッグアイディア#3）を使用できる
#2: 知的エージェント（註 1）は、世界のモデル／表現を維持し、推論のためにそれを使用する	Calypso for Cozmo が描いた世界地図のようなインテリジェントエージェントが作成した表現を調べ、紙と鉛筆による簡単な表現を作成できる	簡単なコンピュータプログラムで表現を扱うことができる。例えば、スクラッチのキャンバスとスプライトによる世界の表現など、決定木などの構築を通して簡単な推論アルゴリズムを調査する	例えば、グーグルの知識グラフのような表現を調べ、簡単なグラフ検索アルゴリズムのシミュレーションをすることができる	基本的なデータ構造（リスト型と辞書型）を使用して、簡単な推論アルゴリズムのプログラミングができる
#3: コンピュータはデータから学習する	コンピュータに自分の顔や簡単な振る舞いを認識させることで、機械学習を経験する	例えば、カメラ画像内の特定の対象物に応答するスクラッチのプログラミングや、対象物認識アプリケーションを修正できる	訓練された機械学習システムが、新しい入力をも一般化するかを測定できるようにし、トレーニングデータのバイアスがパフォーマンスに与える影響を理解する	ニューラルネットワークの仕組みを可視化している TensorFlow Playground のようなインタラクティブなツールを用いて、ネットワークを訓練できるようにする。上級者は、scikit-learn のような Python の機械学習ライブラリにより、コーディング(設計書によるプログラミング)ができる
#4: エージェントを人間と快適に対話させることは、AI 開発者にとって実質的な課題である	インテリジェント・アシスタントが理解している要求の種類を説明でき、顔の表情認識をする web アプリで実演する	対話型インターフェイスであるチャットボットと人間の違いを区別し、自然言語の例を分析して、コンピュータがユーザーの置かれた状況や前後の文脈などを理解することの難しさや、その理由を判断できる	構文解析器のデモを用いて構文解析を実演し、構文解析器が誤って前置詞句の付け方などを誤って処理するなどの構文解析の課題を理解する。意味情報を考慮した構文解析器によって、構文的曖昧性の問題を解決できるかを体験する	単純な言語を解析するためのコンテキストフリー（文脈自由文法）を構築し、言語処理ツールを使ってチャットボットを構築する。感情分析ツールを用いてテキストから感情的な音声を抽出する
#5: AI の活用は、便益とリスクの両面で、社会に影響を与える	AI が日常生活にどのように貢献しているか、将来的にどのように貢献するかを見極める。ロボットサーヴァントのような未来社会に向けた便益	AI 自動運転により、タクシードライバーなどを失業させる可能性などに対する批判的思考により、AI アプリケーションの影響について理解する	第一次産業革命と、AI による第四次産業革命との間の類似点と、社会への影響を理解する	新しい AI 技術の評価と、生徒自身による倫理的、社会的影響の問題を詳述する

註 1: 知的エージェントとは、その外の環境とインタラクションを取りながら、推論を行い、何らかのタスクを実行するもの

2020 年 7 月、国際技術・エンジニアリング教育者学会(ITEEA)は、前幼稚園(PreK)から第 12 学年を対象とした技術・エンジニアリングリテラシーのための内容標準(STEL)を改定した<sup>(9)</sup> (山崎ら, 2021ab)<sup>(10,11)</sup>。ITEEA(2020)<sup>(9)</sup>の STEL では、「技術・エンジニアリングの中核となる学際領域」、「技術・エンジニアリングのプラクティシズ(教科の見方・考え方を働かせた実践活動)」、「技術エンジニアリングの文脈(コンテクスト)」の計三つの構成主体



から成り立つ。八つあるコンテクストの一つとして、「コンピューテーション、自動化、AI、ロボティクス」が新設された。

松田ら(2021)<sup>(12)</sup>は、S社の小型人型ロボットを教材として、東京都小金井市立前原小学校第5学年児童を対象とした授業実践研究を報告した。松田らの実践におけるAIリテラシーの構成概念の仮説化では、「人間中心のAI社会原則」の第3章『何のためにAIを用いるのか』という目的設定は、人間が行う必要がある」を参考にした。同箇所において、「人」においては、次の三つの能力と役割が期待されるとしている。第1は、「AIの長所と短所の理解」である。トレッキーらが示した表2の「重大な観念5：社会への影響」に相当する。第2は、「多様な人々が多様な夢やアイデアをAIの支援によって実現する能力の獲得」である。トレッキーらが示した表2の「重大な観念5：社会への影響」の便益に相当する。第3は、「AIの基礎教養から実装及び設計等の応用力を身につけた人材育成」である。トレッキーらが示した表2の重大な観念1~5の全てのカテゴリにおける初歩的な設計と実装に必要な発想力とデザイン思考を中心としたリテラシーとコンピテンシーに相当する。コンピテンシーとは、これまでの経験を振り返りながら自分自身を成長させていくといった行動特性であり、リテラシーは、知識や情報を収集、統合・解釈、熟考・評価しながら活用していく、万人に求められる共通素養である。松田らは、児童たちの発達段階等を考慮すれば、初等教育で育成すべきAIリテラシーの構成概念の第1は、「AI実装とIoT社会の仕組み理解」、第2は「AI技術への興味」、第3は「AI活用センス」の三つの大きなカテゴリを提案できると考えた。授業は、全8時間で構成し、①Society5.0の社会認識、②ロボホンのデフォルトプログラム体験、③ロブリックによるプログラミング体験、④三つのAIエンジンの活用、⑤AI共生社会を考える、という内容を児童たちの興味関心を喚起させながら、連続性をもった展開を試みた(表2)。毎回、授業支援システムを活用して児童たちに振り返りを行わせ、その記述内容と変容からロボホン活用によるAIリテラシー育成の可能性を検討した。

中村亮健(2022)<sup>(13)</sup>は、松田ら(2021)<sup>(12)</sup>の先行研究を基に、AIリテラシーの構成概念を「AI実践とIoT社会への仕組みの理解」、「AI技術への興味」、「AI活用センス」と定義している。

向田(2022)<sup>(14)</sup>は、佐藤ら(2019)<sup>(5)</sup>の先行研究を基に、AIリテラシーを「技術の長所と短所を踏まえたAIとの向き合い方」と定義した。

劉(2022)<sup>(15)</sup>は、AIリテラシーを構成する基本フレームの考察において、AIを正しい方向に開発・利用・管理するための基礎知識と技能をAIリテラシーと定義した。

浅岡ら(2020)<sup>(16)</sup>は、AIリテラシーの定義を、「AIリテラシーとはAIに関する正しい情報や知識を入手し情報・知識自体を適正かつ有用に使いこなす能力」と定めた。

高谷(2021)<sup>(17)</sup>は、高等教育機関のカリキュラム計画から計量テキスト分析を行い、AIリテラシーの定義を試みた。その結果、『AIの基礎理論を「知ること」、「利用すること」に加え、情報学を専門とする学生にとっては「活用すること」がAIリテラシーとして挙げられる。つまり、高等教育におけるAIリテラシーの定義とは、「AIに関する基礎理論を知り、AIを利用し、活用できる能力」である』と定義している。

中村光希(2024)<sup>(18)</sup>は、AIリテラシーの定義を「AI技術への興味関心」を持ち、「AIに関する情報や知識」から、「AIを活用し、適切に評価する資質・能力」とした。

本研究は、中学校学習指導要領(2017年告示)技術科の内容「D情報の技術」の指導項目「(4) これからの社会の発展と情報の技術の在り方を考える活動」「イ 技術を評価し、適切な選択と管理・運用の在り方や、新たな発想に基づく改良と応用について考えること」に基づく研究であることから、「情報の技術の発展が、情報処理及び情報伝達の高速化や人工知能の発達を支え、サービスの向上や新しい文化の創造などに寄与していること(文部科学省、2018:p.59)」<sup>(1)</sup>を学習指導項目とした。さらに、「生活や社会における人工知能の活用について、人間の労働環境や安全性、経済性の視点から、その利用方法を検討するなど、研究開発が進められている新しい情報の技術の優れた点や問題点を整理し、よりよい生活や持続可能な社会の構築という観点から、未来に向けた新たな改良、応用について話し合わせ、利用者と開発者の両方の立場から技術の将来展望について意思決定させて発表させたり、提言をまとめさせたりする活動(文部科学省、2018:p.59)」に必要な「知識・技能」、「思考・判断・表

現力」,「主体的に学習に取り組む態度」を評価観点とした。

#### 6.2.2 中学校技術科における AI リテラシー育成の授業実践の先行研究

在間(2019)<sup>(19)</sup>は, 中学校第 2 学年 1 クラス 40 人を対象に, 技術科の計 8 時間で, AI の自然言語処理を利用したチャットボット<sup>3)</sup>を用いて AI の仕組みについて学習指導過程を構想し, 授業実践を通して効果を報告した。

佐藤(2019)<sup>(6)</sup>は, 中学校技術科において, 機械学習を用いた植生の二酸化炭素吸収量を推定するツールを題材に, AI リテラシーを育成する授業計画を行い実践した。佐藤は学校教育で学ぶべき AI リテラシーを, 「人工知能に関する知識・理解」, 「人工知能を適切に活用するための思考力・判断力」の 2 つに分類し, 実践の結果を報告した。

秋山(2020)<sup>(20)</sup>らは, 中学校技術科第 3 学年の合計 42 人を対象として, 自動会話システムを教材として 6 時間の授業実践を報告した。対象となる生徒は, 中学校第 2 学年で IoT について学んだことがあり, 双方向プログラミングに一定の知識とスキルを持っていた。学習効果の検証は, ワークシートの内容と授業実践後の質問紙調査の回答を分析して行われた。授業実践前では, 生徒たちは自動会話のできる AI システムを身近に操作していたが, AI に対しては漠然とした知識しか持っていなかった。授業実践後の調査では, 生徒たちは AI の具体的な仕掛けについて説明できるようになったことを報告した。

伊藤ら(2020)<sup>(21)</sup>は, 中学校技術科において, 機械学習を用いた物体認識アプリケーションと, 画像認識によりジェスチャーで操作するゲームを教材に, AI を体験的に学習できる指導計画を考案し, 実践を行った。その結果, 生活や社会における AI の活用について, 学習効果を認めることができた。しかし, AI の活用について, 経済性の視点に関する学習効果が見られなかったことを課題としている。

竹澤(2020)ら<sup>(22)</sup>は, 公立 A 中学校 3 年生 137 人, 公立 B 中学校 40 人の計 177 人を対象に, 技術科の 1 時間を配当して, ①AI が掲載された製品と AI 非掲載の製品の違い, AI とロボットの違い, ③AI が掲載された製品の紹介, ④身近な AI がもたらす影響, ⑤AI の機械学習の動画配信アプリケーション機能, ⑥AI の機能領域, ⑦AI の活用による問題解決, ⑧AI の活用方法の意見交換, ⑨AI 技術の発展による未来の職業, ⑩AI 技術の発展による未来の職業, ⑪AI 活用のメリット・デメリットについて, 授業前後にアンケート調査を行った。同時に, ワークシートの記述内容を分析した。

竹澤ら(2022)<sup>(23)</sup>は, 技術分野の「D 情報の技術」の「(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」において, 画像認識のプログラミング学習を通じて, ML2Scratch を活用した指導過程を提案した。授業実践を通して, 生徒は機械学習の一つである画像認識の仕組みを理解するとともに, AI やプログラミングに対する興味や関心が高まったことを報告した。「D 情報の技術」の「(3)計測・制御」に繋がる指導過程の再構築を今後の課題としている。

板垣ら(2021)<sup>(24)</sup>は, Scratch で AI を使う教材<sup>4)</sup>を使用し, 国立大学法人附属中学校の技術科の教員が授業者となり, 内容「D 情報の技術」の「(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」3 授業時間を, 第 3 学年 4 学級で実施した。生徒は, 第 1 学年時に, 約 15 授業時間のビジュアル言語によるプログラミング体験があったが, AI を使ったプログラミングの既有経験を有する生徒はいなかった。授業評価は, 授業の事前と事後の生徒質問紙調査で行い, AI の進歩に対する不安な意識の変容を調査した。調査の結果, AI を使って問題を会戦できることや, AI 技術がさらに進歩することに対して前向きな様子が伺えたことを報告した。

広瀬ら(2021)<sup>(25)</sup>は, 岐阜県内の私立中学校第 2 学年 74 人の生徒を対象に, 技術科の「D 情報の技術」の「(4)社会の発展と情報の技術(全 4 時間)」において, 第 1 段階として, 既存の AI ソフトウェアを利用し, 人工知能の「認識(推論)」の機能をいくつか紹介し, 実際に AI に触れて機能を体験させた。第 2 段階として, AI の仕組みを理解するため, 生徒が実際に自分自身で書いた手書き数字を認識する AI システムを開発させて, 出力結果を確認させた。第 3 段階では, 実際の社会で使われている AI とデータの役割を紹介し, 今後どのような場面で AI が活

用できるかを考えさせた。題材導入の前後で、「知識・技能」、「思考・判断・表現」、「主体的に学習に取り組む態度」の5件法による生徒質問紙調査、「AIの活用」と「AIの説明」のマインドマップ調査、及びAI活用場面の自由記述に関する質問項目「どこで、AIが活用できるか」の自由記述式質問紙調査を実施した。限定的な結果であるが、三つの調査結果から、本研究で提案した教材は、学習評価の3観点の涵養への有効性が示唆されたことを報告した。

向田(2022)<sup>(14)</sup>は、技術科「D情報の技術」のうち、計6時間の題材を筆者自身が授業者となり、H県内の大学附属中学校第3学園3クラス別(生徒計127人)に実施した。生徒は、「D情報の技術」は履修済みであったが、AIに関する内容は、取り扱っていなかった「(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」では、Scratchを全生徒が学習していた。授業は、PjBL(プロジェクト学習)の枠組みで実施し、機械学習サービス<sup>5)</sup>を教材として使用した。学習目標は、「①社会におけるAIの発展」、「②文字認識のプログラムを作成・実行する」、「③画像認識のプログラムを作成・実行する」、「④地域のデータや声を聞き取り、課題を設定する」、「⑤AIを活用した課題解決のアイデアを共有し、具体的な解決策を検討する」、「⑥問題の解決策をプレゼンテーション資料にまとめ、発表する」であった。AIリテラシーに関する学習効果について検証するため、学習目標⑤に対する到達状況を把握する評価規準による学習評価、「授業後の質問紙調査」、「社会で実用化されているAI技術のリスクに関する問いの回答」の3項目で評価した。実践の結果、学習者からは、機械学習による自動化の限界やAIによって自動化されることによる市民の意識へのリスクについての記述や、長所、短所に関する記述、安心して使えるように改善していく必要があるといった、AIとの向き合い方に関する記述が見られたことを報告した。

中村ら(2023)<sup>(26)</sup>は、S社<sup>6)</sup>の小型人型ロボットとブロック型プログラミングツール及び、オンライン教育教材を活用し、中学校技術科において、生徒のAIリテラシーに関する題材学習の事前と事後に、質問紙調査とマインドマップ調査を実施し、AIリテラシーの変容について、質問紙回答とマインドマップの記述を分析し検討した。研究対象は、2022年度N県J市立J中学校第3学年計5クラス計134人、授業者は同校技術教諭(男性、教職経験18年)、授業実践は2022年6月から12月に実施した。1時間目(事前)と5時間目(事後)に実施した5段階尺度からなる質問紙回答状況及び、「AIの説明について」と「AIの活用について」のマインドマップによる生徒の記述を、二要因分散分析と、KH Coder<sup>7)</sup>を用いてテキストマイニング分析を行った。AIリテラシー育成の効果を検証するために、事前・事後の計15の各設問項目に対する回答について、授業実践前後とクラス間の2要因(対応のあるデータ2水準×対応のないデータ5水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった。事前・事後の主効果において有意であった設問は、11項目見られた。クラス間での主効果は、有意であった設問が2項目見られた。事前・事後における、「AIの説明について」と「AIの活用について」のマインドマップの記述結果を分析した。事前調査では、AIは情報を収集し、高速な計算や情報処理ができること、コンピュータが自分でデータの特徴を発見して学習していること、それらの情報から画像認識や対話生成、音声認識を行っていることを挙げていた。事後調査では、AI技術に対する理解が深まり、1つのクラスターに所属する語はなかったが、クラスターに所属する語の数が増えたことを報告した。

以上、紹介した一連の先行研究には、次の二つの共通点があった。1点目は、全ての論文が2019年から2023年に集中して刊行された論文であった。2点目は、全ての論文が、テキスト型ではなく、ビジュアル型プログラミングを用いている点である。

### 6.2.3 中学校技術科におけるテキスト型プログラミングの先行研究

「高等学校学習指導要領(平成30年告示)学習指導要領解説 情報編」<sup>(2)</sup>に基づき、2022年度から高校共通教科情報の情報1の文部科学省検定済教科書が、学年移行で使用されている。指導項目「(3)コンピュータとプログラミング」では、PythonやJavaなどのテキスト型プログラミングを事例として紹介した教科書が大半である。また、小学校では2020年度からプログラミング学習が必修化になり、数多く報告された実践の大半が、Scratchな

どのビジュアル型プログラミングである。伊藤・原田(2020)<sup>(27)</sup>と松田(2023)<sup>(28)</sup>をはじめ、多くの研究者や実践者が指摘するように、中学校技術科のビジュアル型プログラミングからテキスト型プログラミングは、喫緊の課題である。

松澤ら(2014)<sup>(29)</sup>が指摘するように、ブロック型を含むビジュアル型言語によって学習者にプログラム構成要素の概念形成がなされていれば、その後に学習する言語への転移も容易であるが、ブロック型言語によるプログラミング体験が、それ以後の学習者のプログラミング能力の発展に寄与したとされる明示的なデータを示した先行研究は、管見の限りない。

安本ら(2021)<sup>(30)</sup>は、テキスト型言語である Python を用いて、公立中学校の第 2 学年生徒を対象に、技術科「D 情報の技術」の「(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(計 2 時間)」と、「(3)計測・制御のためのプログラミングによる問題解決(計 2 時間)」の授業実践研究を報告した。生徒の発達段階や限られた授業時数を考慮し、内容を精選して、テキストプログラミングをパターンとして捉えようとすると、キー入力量を抑えるといった工夫をしていた。

小倉(2022)<sup>(31)</sup>は、中学校技術科内容「D 情報の技術」の「(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(計 2 時間)」の指導力育成に向けて、プログラミングスキルの専門性を高めるために、テキスト型プログラミング言語である Python をし、Web アプリケーションを容易に構築できる Python フレームを活用した。このことにより、効率的にプログラミングスキルを向上させることができたことを報告した。

以上、中学校技術科では、Python などのテキスト型プログラミング言語を使った実践は数少ない。

## 6.3 研究対象と方法

### 6.3.1 研究対象

研究対象は、2021 年度国立大学法人 J 教育大学附属中学校（以下、附属中学校）第 3 学年 3 クラス計 99 人であった。授業は、2021 年 12 月 3 日から同 21 日まで実施した。授業者は、同校技術科教諭（技術科教職経験 19 年）であった。

### 6.3.2 供試教材

供試教材は、A 社の自動走行ロボット<sup>リ</sup>であった。A 社（2020）Web ページによると、対象者は「大学や専門学校、高専で学生が実践的な内容に取り組む機会を求めている人」、「AI エンジニア人材としての技術習得を体験的に学びたい人」である。

A 社のロボット教材は、大きく分けて以下の①から③の手順により以下の①から⑧の手順を実施することにより、機械学習画像認識によるロボットの自動運転が可能になる。

- ① データ収集：決められたコースをルールベース制御による走行することで、コースの画像データを収集
- ② 学習：収集した画像データに対して TensorFlow を用いて深層学習を行い、学習モデルを生成
- ③ 推論：学習モデルを用いた推論による自動走行

### 6.3.3 実践カリキュラム

実践カリキュラムを、表 6.2 に示す。表 6.2 の実践カリキュラムの学習指導展開とワークシートを章末の付表 6.1 に、学習資料を章末の付表 6.2 に示す。



表 6.2 実践カリキュラム

時数	学習活動	評価規準と指導要録で記録に残す評価観点
1	○情報の技術の見方・考え方を働かせて、生活や社会で実用化されている AI 技術の整理 ○QuickDraw を用いた学習	・情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして、解決しようと考えている。D(3)【思考・判断・表現】
2～3	○A 社ライントレースカーの製作 ○機械学習サービスによる AI 画像認識体験	・計測・制御の仕組みを理解している。 ・安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身に付けている。D(3)【知識・技能】
4～5	○A 社教材を用いた AI による自動走行ロボットの開発体験 ○AI の学習において、どのようなデータが求められるか、データの量と質に着目して整理	・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるように改善・修正しようとしている。D(3)【主体的に学習に取り組む態度】 ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念を理解している。D(4)【知識・技能】
6	○AI による画像認識の技術を社会的側面、環境的側面、経済的側面から評価 ○AI による画像認識技術の特徴を踏まえて、AI による生活や社会の課題解決の場面と方法の整理・構想 ○振り返り	・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいた改良、応用したりすることについて、考えている。D(4)【思考・判断・表現】 ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造しようとしている。D(4)【主体的に学習に取り組む態度】

### 6.3.4 AI リテラシーに関する事前・事後の質問紙調査とマインドマップ調査

本研究では実践後に、量的調査として題材の導入時に行う事前調査と、題材の最後に行う事後質問紙調査、質的調査として、事前・事後のマインドマップ調査を実施し、2つの側面から、AI リテラシーの変容を調査した。質問紙調査の質問項目を表 6.3 に示す。マインドマップ調査で使用したワークシートを、図 6.1 に示す。

表 6.3 事前・事後質問紙調査項目

1. プログラミングに興味・関心があるか
2. AI に興味・関心があるか
3. AI について学習するのは楽しい
4. AI を怖いと感じる
5. AI は、自分の役に立つと思う
6. AI の利用で、どのような社会になると予想されているか、知っている
7. AI の「認識(推論)」の機能について、知っている
8. AI の「認識」と「学習処理」の関係について、知っている
9. AI を活用するためには学習データが必要であることを知っている
10. AI を活用するには、多くのデータが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている
11. AI による「機械学習」について、知っている
12. AI には「利便性(メリット)」と「リスク」があることを、知っている

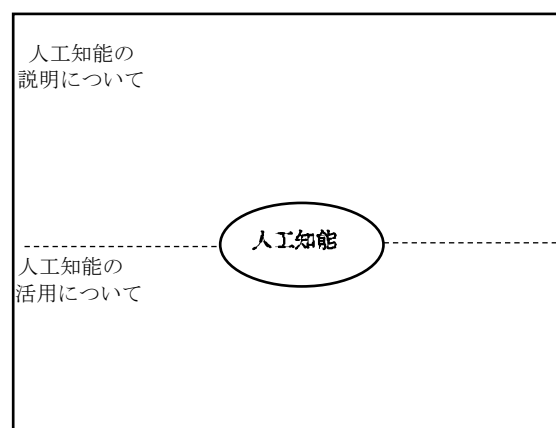


図 6.1 マインドマップのワークシート

表 6.3 の質問紙調査は、全 12 項目で、1 時間目の学習活動の前と、6 時間目の学習活動の後に、Google フォームを用いて、5 件法（5：とてもあてはまる、4：ややあてはまる、3：どちらともいえない、2：ややあてはまらない、1：とてもあてはまらない）での調査を実施した。質問紙調査は、廣瀬・福岡(2021)<sup>(25)</sup>の質問紙調査を参考に、著者らで協議し、作成した。本質問紙調査では、プログラミング学習、AI に関する興味・関心など個々の意欲に関する側面と、機械学習における認識と学習処理の関係、推論といった AI に関連する概念や用語の理解の 2 つの側面から調査を実施した。

マインドマップ調査は、廣瀬・福岡(2021)<sup>(25)</sup>を用いた。マインドマップに関しては、「人工知能の活用について」（生活や社会のどのような場面で活用されているか）、「人工知能の説明」（人工知能について知っていること、仕組み）の 2 つについて、事前・事後の 2 回調査を実施した。分類は、生徒自身で行った。筆者は、第一円のみ抽出し分析を行い、それぞれの語句の要素数と要素の内容の変容を調査した。マインドマップ調査シート（図 6.1）は、



1 時間目のワークシートと 6 時間目のワークシートに掲載した。授業者は、実践前と実践後に記入するように指示した。

## 6.4 結果と考察

### 6.4.1 AI リテラシーに関する事前・質問紙調査

各クラスの事前・事後質問紙調査の結果を、表 6.4 に示す。本質問紙調査の分析は、清水(2016)<sup>(32)</sup>の「統計分析ソフト HAD」(2022 02/20)の二要因分散分析(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)を使用した。

「設問 1. プログラミングに興味・関心があるか」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.029$ ,  $df=2$ ,  $p=.971$ , n.s.,  $\eta^2=.001$ )。授業実践前後の主効果( $F=19.219$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.213$ )と、クラス間での主効果( $F=4.361$ ,  $p=.016<.05$ ,  $\eta^2=.109$ , 95%CI[.003, .240])は、有意であった。修正 Shaffer 法による多重比較の結果、C 組は、B 組よりも得点が高かった( $p=.005<.01$ ,  $d=.827$ , 95%CI[1.399, .255])。A 組と C 組との得点差は、有意でなかった( $p=.371$ , n.s.,  $d=-.249$ , 95%CI[.798, .301])。A 組は、B 組よりも得点が高かった( $p=.042<.05$ ,  $d=.578$ , 95%CI[.019, 1.138])。

「設問 2. AI に興味・関心があるか」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.607$ ,  $df=2$ ,  $p=.208$ , n.s.,  $\eta^2=.043$ )。授業実践前後の主効果( $F=35.120$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.331$ )と、クラス間での主効果( $F=3.598$ ,  $p=.032<.05$ ,  $\eta^2=.092$ , 95%CI[.000, .218])は、有意であった。修正 Shaffer 法による多重比較の結果、A 組は、B 組よりも得点が高かった( $p=.011<.05$ ,  $d=.726$ , 95%CI[.160, 1.292])。A 組と C 組との得点差は、有意でなかった( $p=.535$ , n.s.,  $d=.172$ , 95%CI[.376, .721])。また、B 組と C 組との得点差は、有意でなかった( $p=.058$ , n.s.,  $d=-.554$ , 95%CI[1.112, .005])。

「設問 3. AI について学習するのは楽しい」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.768$ ,  $df=2$ ,  $p=.178$ , n.s.,  $\eta^2=.047$ )。授業実践前後の主効果( $F=14.194$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.167$ )と、クラス間での主効果( $F=4.963$ ,  $p=.010<.01$ ,  $\eta^2=.123$ , 95%CI[.008, .256])は、有意であった。修正 Shaffer 法による多重比較の結果、A 組は、B 組よりも得点が高かった( $p=.006<.01$ ,  $d=-.800$ , 95%CI[.229, 1.370])。C 組は B 組よりも得点が高かった( $p=.011<.05$ ,  $d=-.753$ , 95%CI[1.321, 1.185])。また、A 組と C 組との得点差は、有意でなかった( $p=.867$ , n.s.,  $d=.046$ , 95%CI[.501, .594])。

「設問 4. AI を怖いと感じる」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.349$ ,  $df=2$ ,  $p=.707$ , n.s.,  $\eta^2=.010$ )。授業実践前後の主効果( $F=1.462$ ,  $p=.231$ , n.s.,  $\eta^2=.020$ )は、有意でなかった。クラス間での主効果( $F=3.863$ ,  $p=.026<.05$ ,  $\eta^2=.098$ , 95%CI[.000, .226])は、有意であった。修正 Shaffer 法による多重比較の結果、C 組は、B 組よりも得点が高かった( $p=.008<.01$ ,  $d=-.778$ , 95%CI[1.347, 1.209])。A 組と B 組との得点差( $p=.375$ , ns,  $d=.249$ , 95%CI[.300, .799])と、A 組と C 組との得点差( $p=.060$ , n.s.,  $d=-.529$ , 95%CI[1.086, .029])に有意差はなかった。

「設問 5. AI は、自分の役に立つと思う」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.178$ ,  $df=$

表 6.4 各クラスの事前・事後質問紙調査の結果

設問	A 組		B 組		C 組		有意差 <sup>3)</sup>
	事前	事後	事前	事後	事前	事後	
	N(人)	N(人)	N(人)	N(人)	N(人)	N(人)	
	<sup>1)</sup> M (SD) <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> M (SD) <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> M (SD) <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> M (SD) <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> M (SD) <sup>2)</sup>	<sup>1)</sup> M (SD) <sup>2)</sup>	
1. プログラミングに興味・関心があるか	27 3.926 (.917)	27 4.370 (.629)	23 3.478 (1.039)	23 3.957 (.976)	24 4.125 (.900)	24 4.542 (.588)	n. s. ** *
2. AI に興味・関心があるか	27 4.259 (.656)	27 4.889 (.320)	23 3.870 (.968)	23 4.478 (.593)	24 4.333 (.761)	24 4.625 (.495)	n. s. ** *
3. AI について学習するのは楽しい	27 3.963 (.898)	27 4.556 (.577)	23 3.478 (.898)	23 4.000 (.853)	24 4.167 (.869)	24 4.292 (.624)	n. s. ** **
4. AI を怖いと感じる	27 2.926 (1.357)	27 3.222 (1.188)	23 2.739 (1.251)	23 2.870 (1.325)	24 3.625 (1.013)	24 3.667 (1.007)	n. s. n. s. *
5. AI は、自分の役に立つと思う	27 4.444 (.641)	27 4.778 (.506)	23 4.217 (.902)	23 4.435 (.788)	24 4.333 (.637)	24 4.542 (.658)	n. s. * n. s.
6. AI の利用で、どのような社会になると予想されているか、知っている	27 3.333 (.961)	27 4.148 (.718)	23 3.391 (.891)	23 4.261 (.449)	24 3.542 (.833)	24 4.292 (.751)	n. s. ** n. s.
7. AI の「認識（推論）」の機能について、知っている	27 2.444 (1.219)	27 4.519 (.580)	23 2.304 (1.146)	23 4.652 (.487)	24 2.375 (1.209)	24 4.292 (.908)	n. s. ** n. s.
8. AI の「認識」と「学習処理」の関係について、知っている	27 2.370 (.967)	27 4.630 (.565)	23 1.783 (.850)	23 4.652 (.487)	24 2.292 (1.268)	24 4.458 (.884)	n. s. ** n. s.
9. AI を活用するためには学習データが必要であることを知っている	27 4.148 (.949)	27 4.963 (.192)	23 3.783 (1.278)	23 4.87 (.344)	24 3.875 (1.076)	24 4.917 (.282)	n. s. ** n. s.
10. AI を活用するには、多くの学習データが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている	27 4.111 (1.013)	27 4.852 (.362)	23 3.957 (1.147)	23 4.913 (.288)	24 3.917 (1.139)	24 4.875 (.338)	n. s. ** n. s.
11. AI による「機械学習」について、知っている	27 2.333 (1.301)	27 4.556 (.577)	23 2.217 (1.166)	23 4.522 (.790)	24 2.708 (1.301)	24 4.458 (.721)	n. s. ** n. s.
12. AI には「利便性(メリット)」と「リスク」があることを、知っている	27 4.111 (1.086)	27 4.815 (.483)	23 4.174 (.717)	23 4.696 (.559)	24 3.792 (1.062)	24 4.583 (.654)	n. s. ** n. s.

1)M:平均 2) SD : 標準偏差 3) 上段: 交互作用の有無 中段: 事前事後 下段: クラス間

2,  $p=.178$ , n.s.,  $\eta^2=.005$ )。授業実践前後の主効果( $F=6.714$ ,  $p=.012<.05$ ,  $\eta^2=.086$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=1.704$ ,  $p=.189$ , n.s.,  $\eta^2=.046$ , 95%CI[.000, .151])は、有意でなかった。

「設問 6. AI の利用で、どのような社会になると予想されているか、知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因 (対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準) 分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった ( $F=.092$ ,  $df=2$ ,  $p=.912$ , n.s.,  $\eta^2=.003$ )。授業実践前後の主効果( $F=52.832$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.427$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.502$ ,  $p=.608$ , n.s.,  $\eta^2=.014$ , 95%CI[.000, .086])は、有意でなかった。

『設問 7. AI の「認識（推論）」の機能について、知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった（ $F=.741$ ,  $df=2$ ,  $p=.480$ , n.s.,  $\eta^2=.020$ ）。授業実践前後の主効果（ $F=218.396$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.755$ ）は、有意であった。また、クラス間での主効果（ $F=.307$ ,  $p=.736$ , n.s.,  $\eta^2=.009$ , 95%CI[.000, .069]）は、有意でなかった。

『設問 8. AI の「認識」と「学習処理」の関係について、知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった（ $F=2.625$ ,  $df=2$ ,  $p=.079$ , n.s.,  $\eta^2=.069$ ）。授業実践前後の主効果（ $F=332.111$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.824$ ）は、有意であった。また、クラス間での主効果（ $F=1.135$ ,  $p=.327$ , n.s.,  $\eta^2=.031$ , 95%CI[.000, .125]）は、有意でなかった。

「設問 9. AI を活用するためには学習データが必要であることを知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった（ $F=.444$ ,  $df=2$ ,  $p=.643$ , n.s.,  $\eta^2=.012$ ）。授業実践前後の主効果（ $F=57.963$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.449$ ）は、有意であった。また、クラス間での主効果（ $F=1.039$ ,  $p=.359$ , n.s.,  $\eta^2=.028$ , 95%CI[.000, .120]）は、有意でなかった。

「設問 10. AI を活用するには、多くの学習データが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった（ $F=.283$ ,  $df=2$ ,  $p=.755$ , n.s.,  $\eta^2=.008$ ）。授業実践前後の主効果（ $F=40.534$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.363$ ）は、有意であった。また、クラス間での主効果（ $F=.156$ ,  $p=.856$ , n.s.,  $\eta^2=.004$ , 95%CI[.000, .049]）は、有意でなかった。

『設問 11. AI による「機械学習」について、知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった（ $F=1.231$ ,  $df=2$ ,  $p=.298$ , n.s.,  $\eta^2=.034$ ）。授業実践前後の主効果（ $F=184.564$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.722$ ）は、有意であった。また、クラス間での主効果（ $F=.464$ ,  $p=.631$ , n.s.,  $\eta^2=.013$ , 95%CI[.000, .083]）は、有意でなかった。

『設問 12. AI には「利便性（メリット）」と「リスク」があることを、知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった（ $F=.515$ ,  $df=2$ ,  $p=.600$ , n.s.,  $\eta^2=.014$ ）。授業実践前後の主効果（ $F=38.553$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.352$ ）は、有意であった。また、クラス間での主効果（ $F=1.333$ ,  $p=.270$ , n.s.,  $\eta^2=.036$ , 95%CI[.000, .135]）は、有意でなかった。

事前事後質問紙調査の結果を整理すると、交互作用は、12 項目全てで授業実践前後の有意差はなかった。授業実践前後で、1%水準の有意差であった項目は、12 項目中 10 項目、5%水準の有意差であった項目は、12 項目中 1 項目、有意差なしは、12 項目中 1 項目であった。クラス間での有意な相関が見られた項目は、12 項目中 4 項目であった。

事前事後質問紙調査の結果から、以下の 3 つを考察する。

1 つ目は、知識及び技能の習得である。質問紙調査設問 7、設問 8、設問 9、設問 10、設問 11 は、主に人工知能における「認識」と「学習処理」、「ビッグデータの必要性」、「データの質」の理解を問う項目である。これらの項目で、授業実践前後の主効果が有意であったことから、A 社教材を用いてカリキュラムのデザインを行う場合でも、人工知能の知識・技能の習得に対して、学習効果が高まることが推察される。

2 つ目は、学びに向かう力・人間性の育成である。設問 1、設問 2、設問 3 では、クラス間の主効果は有意であった。クラス間での主効果に有意差が生じた理由として、本実践を行った 3 クラス間で、D 情報の技術の題材に対する興味の差があることが、授業者からの聞き取りから判明した。一方で、設問 1、設問 2、設問 3 のプロ

グラミングへの興味、AI 学習への興味を問う項目では、授業実践前後の主効果が有意であったことから、本カリキュラムは、人工知能やプログラミングに対する興味の度合いに依存せず、学習効果が期待されと考えられる。

3つ目は、「技術ガバナンス学習」を含むカリキュラムデザインである。設問 12「AI の利便性（メリット）とリスクへの理解」では、授業実践前後の主効果が有意であった。一方で設問 4「AI を怖いと感じる」では、授業実践後の主効果に有意差はなかった。生徒にとって、AI のリスクを理解しても、恐怖心が高まるわけではないことが示唆された。本カリキュラムでは、科学的事実に基づいた技術ガバナンス学習の時間が学習活動に対して、僅かであったことが影響していると推察する。

#### 6.4.2 AI リテラシーの事前・事後マインドマップ調査

『AI の「説明」』、『AI の「活用」』のマインドマップ中の文章において、比較的強く結びつく語と語の関係を調べるため、KHcoder を用いて、共起ネットワークの作成を行なった。円の大きさは、出現回数、ネットワーク内でつながりの強い語と語同士は、同じ色で示した。線の間にある数値は、Jaccard 係数を示しており、0 から 1 の範囲で表される。1 に近いほど、強い共起であることを示す。共起ネットワークの作成条件は、描画する共起関係は、上位 30、最小スパニングツリーのみを表示した。また、テキストデータの前処理として、筆者ら 2 名が表記の統一、誤記の修正を行なった。誤記の修正と表記の統一は、抽出語リスト作成の条件と同一である。AI の「説明」の事前マインドマップ調査を図 6.2 に示す。

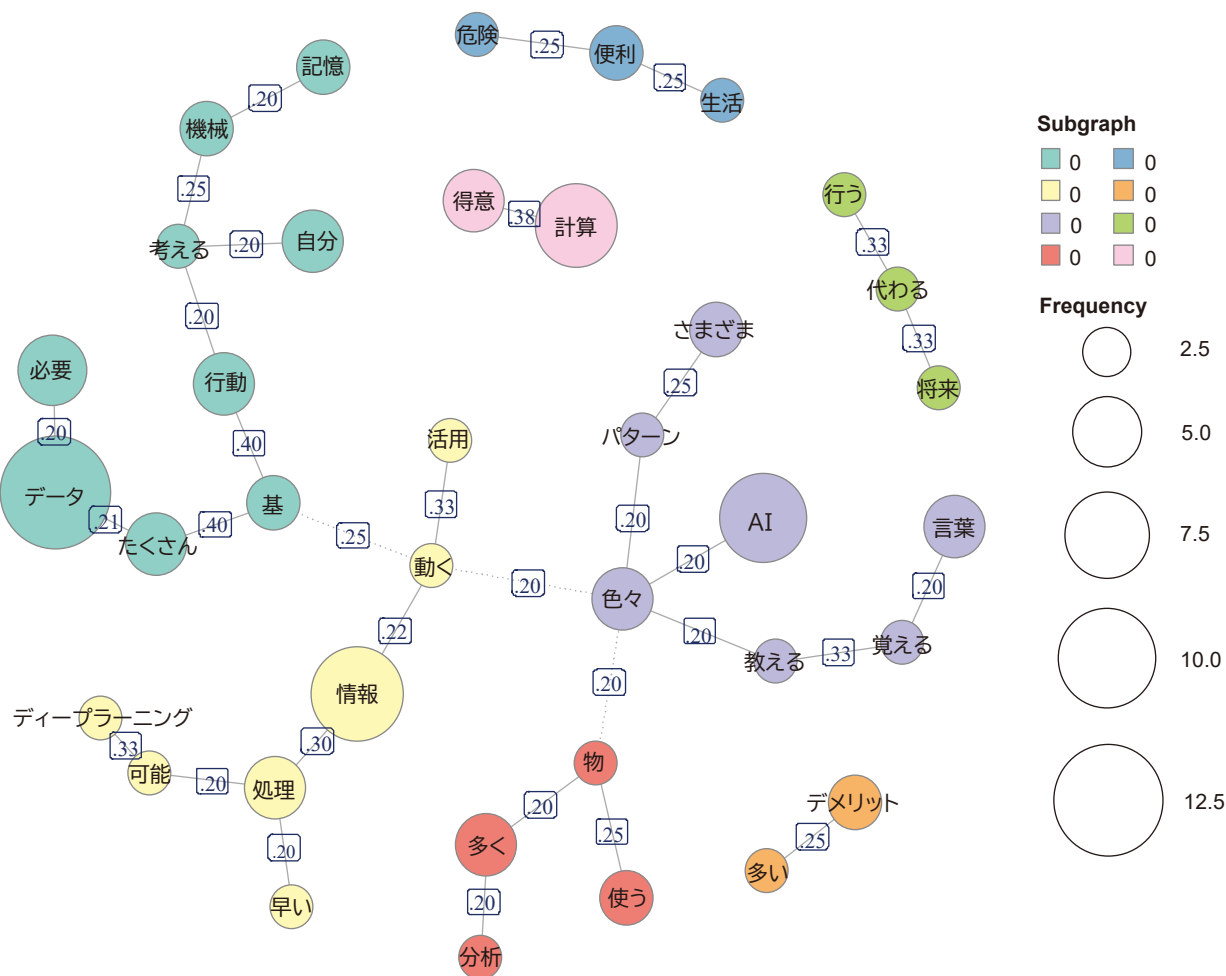


図 6.2 AI の「説明」事前マインドマップ調査結果

AI の「説明」の事後マインドマップ調査を図 6.3 に示す。

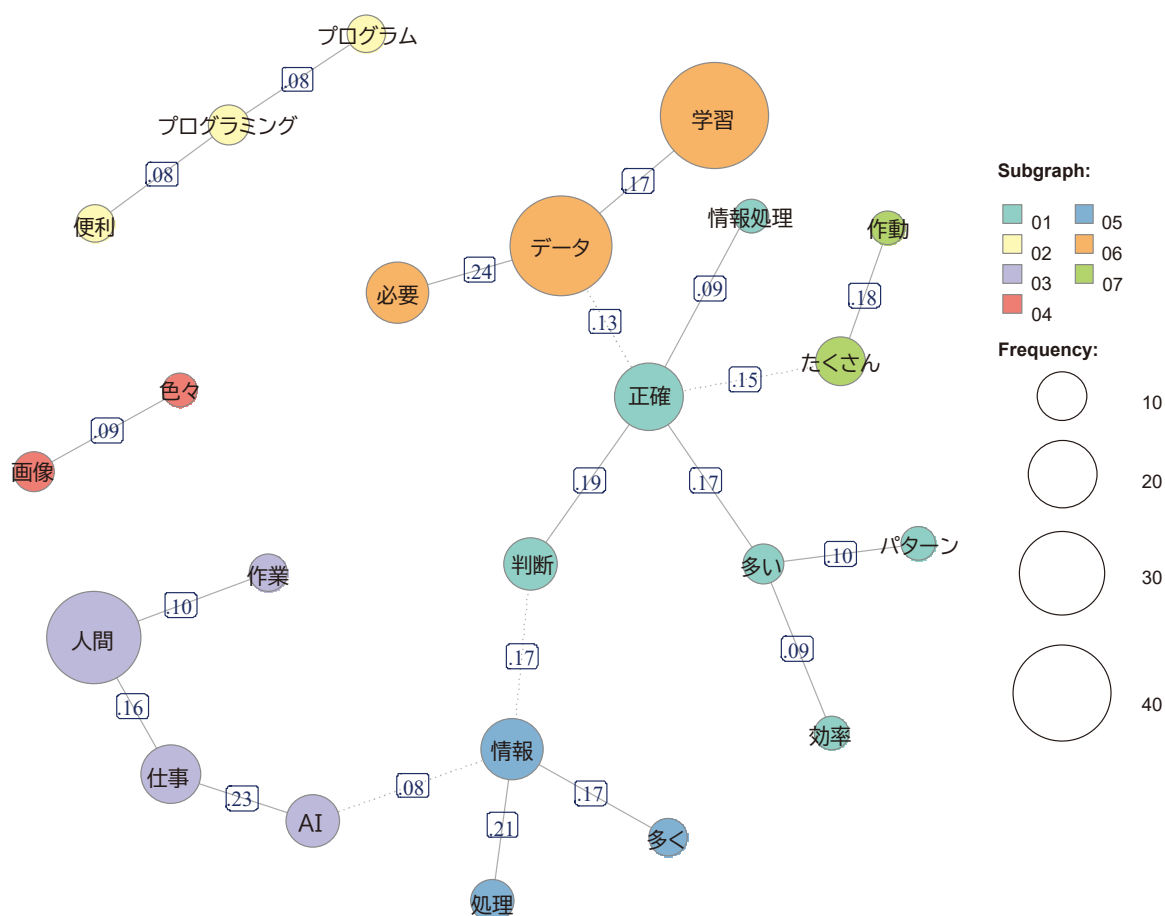


図 6.3 AI の「説明」事後マインドマップ調査結果

事前調査の AI の「説明」のマインドマップからは、主に、以下に示す語と語の間での共起が確認された。1 点目は、「行動—基 (.40)」と「たくさん—基 (.40)」の強い共起であった。生徒の記述の具体例として、「たくさん」のデータを基にして行動する」が挙げられた。2 点目は、「データ—たくさん (.21)」, 「データ—必要 (.20)」の共起であった。生徒の記述の具体例は、「データが必要」や、「データがたくさん必要」等が挙げられた。3 点目は、「情報—処理 (.30)」での共起であった。生徒の記述の具体例は、「情報の保存や処理が早い」「ディープラーニングにより、情報の複雑処理が可能」等が挙げられた。4 点目は、「計算—得意 (.38)」の語と語で共起であった。生徒の記述の具体例として、「計算が早い」等が挙げられた。これら 4 点の共起より、事前調査の段階で生徒にとって、AI 技術は「高速で情報処理のできる技術」、「AI にはたくさんのデータが必要であること」、「自ら考えて行動する」といった印象であることが示された。一方で、「生活—便利 (.25)」 「生活—危険 (.25)」 「将来-代わる-行う (.33)」や「デメリット-多い (.25)」の共起も確認された。生徒の記述例として、「生活を便利にする一方で、危険もある」や「デメリットが多い」「将来 AI が人間の仕事や役割に代わる存在になる」が挙げられた。このことから、AI に対してデメリットや危険といった否定的な印象を持つ生徒も一定数存在していることが考えられる。

事後調査での AI の「説明」のマインドマップでは、「データ—必要 (.24)」, 「データ—学習 (.17)」, 「データ—正確 (.13)」の共起が確認された。生徒の記述例として、「(AI には,) 学習に基づくデータが必要 (カッコ内は筆者が加筆)」, 「正確なデータをたくさん読み込むことで、正しい判断ができる」等の文章が挙げられた。また、「仕事—AI (.23)」, 「仕事—人間 (.16)」の間で共起が確認された。具体例として、「AI が人間の仕事を奪うかもしれない」等の生徒の記述があった。さらに、「画像—色々 (.09)」が結びついていた。具体的には、「色々な場面で画



像認識が使われている」等の生徒の記述があった。以上から、事後調査では、AI とデータ の関係を理解したり、AI の動作に必要なデータについて量だけでなく、種類や質の面から具体的に説明することが可能になることが示唆された。また、本実践のテーマである画像認識を例に AI 技術について説明できる生徒がいることから、AI による画像認識技術の仕組みの理解で一定の学習効果があったと推察する。また、「AI によって人間の仕事が奪われる」といった否定的な側面から AI を想起する生徒が存在する一方で、AI のリスクやデメリットについて言及する生徒が減少した。

AI の「活用」の事前マインドマップ調査を図 6.4、AI の「活用」の事後マインドマップ調査を図 6.5 に示す。

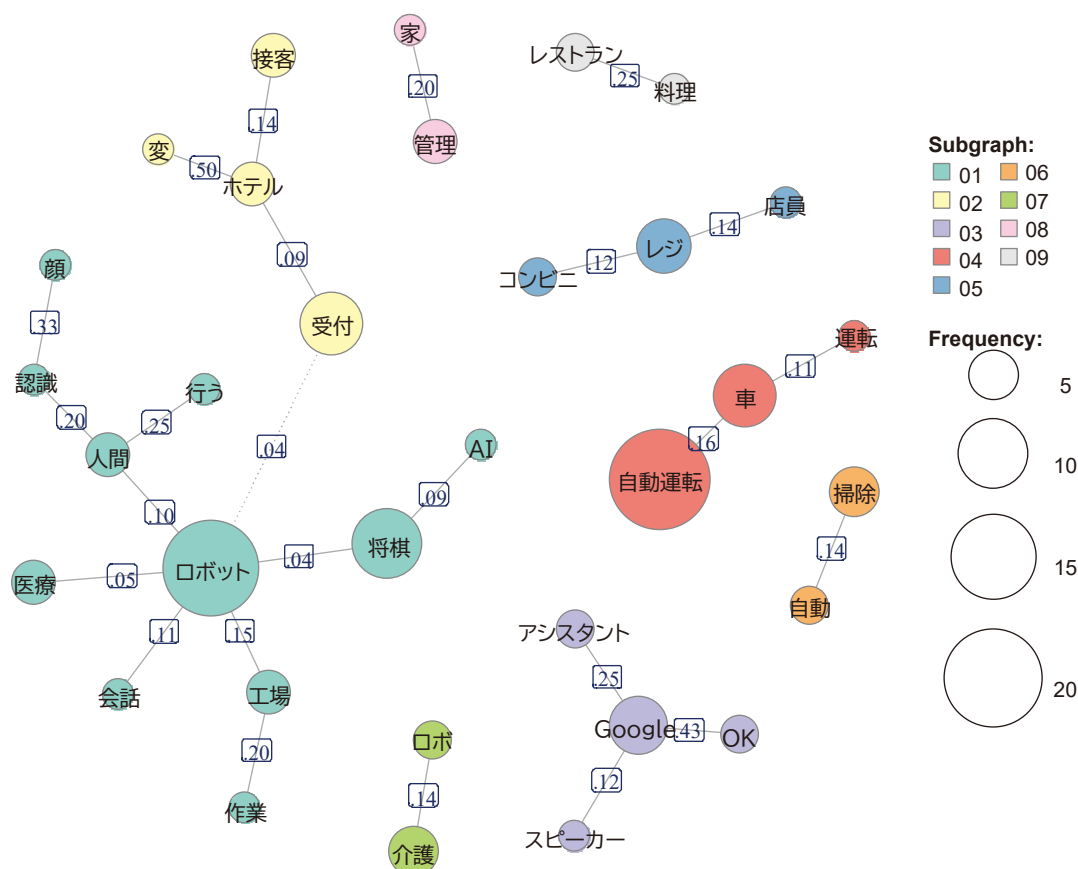


図 6.4 AI の「活用」事前マインドマップ調査結果

事前調査での AI の「活用」のマインドマップでは、「ロボット—工場 (.15)」、「ロボット—会話 (.11)」、「ロボット—人間 (.10)」の語と語の共起が確認された。また、「ホテル—接客 (.14)」、「ホテル—受付 (.09)」や、「レストラン—料理 (.25)」、「レジ—コンビニ (.12)」、「レジ—店員 (.14)」の共起が示され、人が行っている業務や作業を代わりに行う場面を想起する記述を確認された。さらに、「車—自動運転 (.16)」、「車—運転 (.11)」が結びついており、実践の前から、AI の活用場面として、自動運転を挙げる生徒が存在していたことが生徒の記述から読み取れた。

事後調査での AI の「活用」では、「ロボット—人間 (.10)」、「ロボット—医療 (.06)」、「ロボット—掃除 (.04)」、「ロボット—収穫 (.04)」の共起が確認された。また、「画像—認識 (.13)」、「画像—検索 (.20)」の共起が確認されており、本実践での内容である画像認識を AI の活用場面として想起する生徒が増加した。さらに、「空港—認証 (.20)」や「農業—不良品 (.13)」、「不良品—検出 (.50)」、「スマートフォン—ロック (.33)」、「不審—検知 (.71)」が強い共起であった。事後調査では、AI の活用場面として、画像認識を中心とした技術を取り上げる生徒が増加

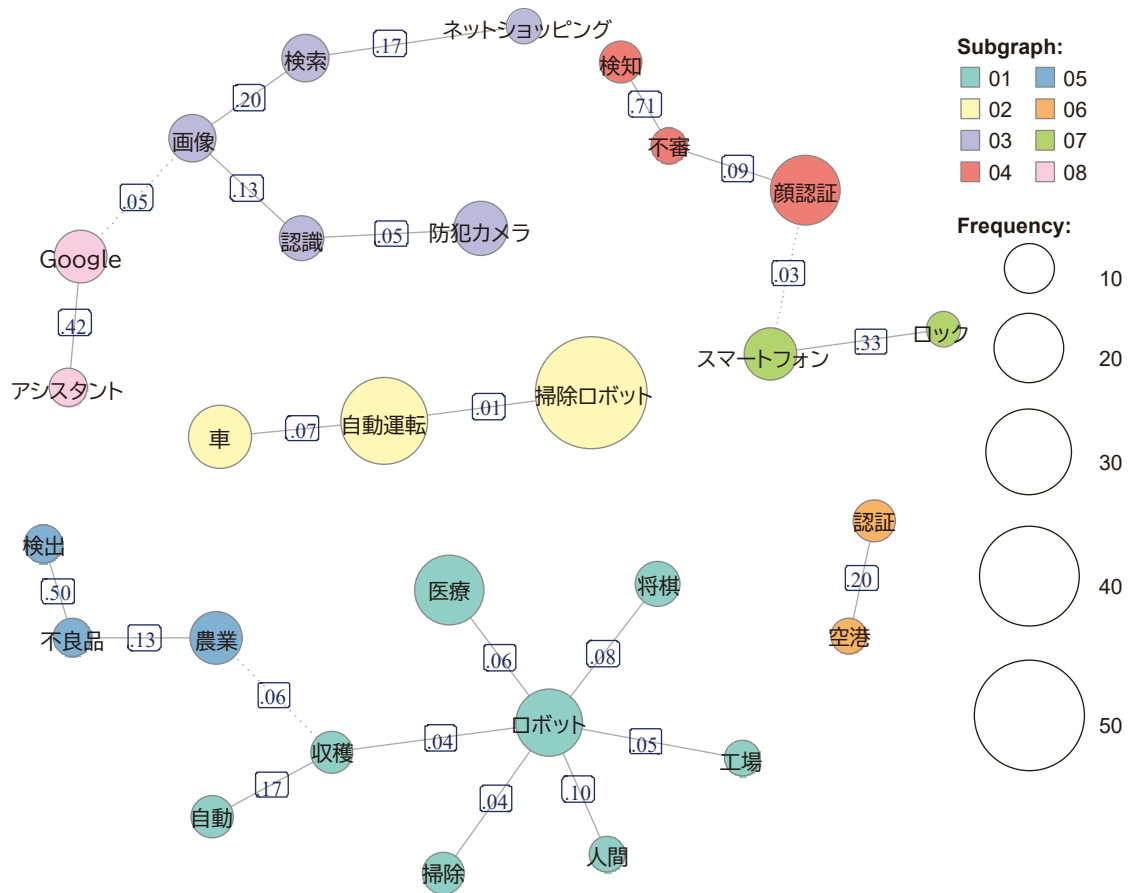


図 6.5 AI の「活用」事後マインドマップ調査結果

した。具体的には、画像検索や空港のゲート認証、スマートフォンの顔認証、農作物の不良品検知など実用化が進んでいる分野について言及する生徒が増加した。本実践で取り上げた自動運転と関連する「車—自動運転（.07）」は実践前と比較して、Jaccard 係数が減少した。この理由として、6 時間目の画像認識を活用した社会課題を解決するモデル構想の学習活動が影響していると考えられる。また、AI による画像認識の活用場面を調べた活動が影響していると考えられる。本学習活動では、自動運転に限定せず、AI による画像認識技術を用いて、生活や社会の中の課題を解決する方法についてグループで検討したため、様々な AI の活用場面を想起する生徒が増えたものと推察する。以上から、本カリキュラムを通じて、生活や社会における AI の活用場面を積極的に見出し、AI の新たな可能性について価値を創造しようとしていることが示唆された。

一方で、AI が使われている技術と使われていない技術の区別が課題であるといえる。例えば、店舗のレジシステムでも AI による画像認識を活用して、商品を識別しているものもあれば、商品タグについている RFID と呼ばれる IC チップを読み取ることで、商品を識別している技術がある。このような違いまで授業内の活動では時間の都合上、学習活動が展開できなかった。今後、カリキュラムデザインを行う際には、AI 技術が利用されているものとそうでないものを適切に判断し評価をする学習活動についても取り上げることが求められる。これにより AI リテラシーの育成に寄与できるものと推察する。

## 6.5 おわりに

本研究の目的は、附属中学校第 3 学年生徒を対象に、中学校学習指導要領(2017 年告示)技術・家庭科技術分野

(以下、技術科)「D 情報の技術」の「(3) 計測・制御のプログラミング」と「(4) 社会の発展と情報の技術」<sup>(1)</sup>において、AI リテラシー育成のためと、高等学校学習指導要領(2018 年告示)解説 情報編科目情報 I <sup>(2)</sup>との履修の系統性を考慮して、A 社自動走行ロボット教材の計測・制御のために、TensorFlow を用いた深層学習とテキスト型プログラム言語である Python を用いたプログラミング<sup>3)</sup>する題材カリキュラムを構想し、実践を通して、学習評価とカリキュラム評価を検討することであった。本研究の結論は、次の 3 点に集約できる。

- (1) 事前・事後質問紙調査の比較は、プログラミング、AI に対する興味・関心、学習意欲において、事前よりも事後、有意に高いことが明らかとなった。また、ビッグデータ、学習処理、学習の理解を問う設問(設問 7,8,9,10)において、事後に有意に高いことから、A 社の教材を用いた本実践のカリキュラムデザインは、附属中学校のみの限定的な研究であったが、AI 技術の基礎となるビッグデータ、学習処理、推論に関連する知識の習得に、学習効果があること示唆された。また、AI のリスクとメリットを問う設問(設問 12)では、事後、メリットとリスクの理解度が有意に高くなった。本カリキュラムを通じて、AI は便利なだけでなく、デメリットやリスクも保有している事実の理解に対して、学習効果があることが示唆された。一方で、「AI を怖いと感じる(設問 4)」では、事前と事後に統計的な有意差はなかった。これは、現在の AI の活用場面の整理(実践カリキュラム 1 時間目)や、AI を活用した課題解決モデルの構想(実践カリキュラム 6 時間目)など、将来どのような場面で AI を活用すると現在社会の課題が解決できるかといった AI の利点に着目した技術イノベーション学習が中心となったためであると考えられる。これにより、AI 技術を適切に評価、選択、管理・運用することを含む技術ガバナンス学習の学習活動の割合が減少し、AI を「怖い」ものとして捉えることまで及ばなかったことが推察される。
- (2) マインドマップ調査では、テキストマイニング分析を実施した。分析結果より、AI 駆動におけるデータの必要性に対する変容が読み取れた。授業実践前は、「たくさんのデータが必要」といったデータの量に焦点を当てる記述が多く見受けられた。一方、授業実践後は、「学習に基づいたデータが必要」といったデータの質について言及する記述が散見された。本実践を通じて、データの量だけでなく、データの質の側面からも、生徒が考察していたと推察する。AI の「活用」では、事前調査と比較し、事後調査では、画像認識を使った AI 技術を例に挙げる生徒が増加した。さらに、空港での顔認証や不審物検知、農業での不良品選別など具体的な場面を挙げる生徒が増えた。本実践を通じて、生徒は、AI 技術を身近な生活や社会の場面で利用されていることを実感し、自動運転以外にも、AI が活用されている場面を主体的に見出していたことが示唆された。
- (3) A 社の自動走行ロボット<sup>3)</sup>は、高専や大学などの専門教育での活用を想定した教材であるが、中学生向けの操作マニュアルを作成と、付録の教材テキストの学習内容の厳選により、生徒の興味と実態に合わせて構想カリキュラムのデザインが可能となった。さらに、授業者と著者らが綿密な教材研究、授業準備、授業カンファレンスとリフレクションを実施した結果、生徒は AI 開発を体験することで、プログラミング及び AI に対する興味・関心を高めることや、ビッグデータ、学習処理、推論といった AI 開発に必要な情報処理の方法についての理解において学習効果が高まったことが示唆された。

一方で、本研究で残された課題を 3 点指摘したい。

第 1 は、対象生徒が小学生の時は、小学校学習指導要領(2017 年告示)によるプログラミング学習の必修化以前であったために、プログラミング学習を通してアルゴリズムを理解する経験が不足していた点である。岡本・安藤(2020)<sup>(33)</sup>は、高校情報科におけるプログラミングの授業設計の指針を得ることを目的にし、ビジュアル型とテキスト型のプログラミング言語の学習順序が与える教育効果について検討した。ビジュアル型とテキスト型の学習順序によって、テキスト型学習への情意面に有意な差は見られなかった。一方、事前・事後テストでは、ビジュアル型先行群が全ての設問において肯定的な回答が見られた。この結果から、テキスト型と同等な学習内容のビジュアル型を事前に行うことが効果的であると報告した。松澤・酒井(2013)<sup>(34)</sup>は、ビジュアル型言語とテキスト記述型言語の併用によるプログラミングの効果を報告した。松澤ら<sup>(29)</sup>の先行研究を考慮し、Scratch などのビジュアル型と Python のテキスト型の相互変換によるシームレスな言語移行を指向したプログラミング学習環境のデザインが、今後の課題である。

第2は、A社の教材を利用するためのネットワーク環境構築に、時間を要した点である。A社の教材の利用にあたっては、校内ネットワークの環境設定を確認する必要がある。A社のロボット教材を同一教室で複数台使用する際や、学校のような中規模・大規模ネットワーク内での利用には、ネットワークに関する専門的な知識が求められる。公立学校の場合、ネットワークエンジニア等の専門職のスタッフとの調整、セキュリティ上の観点から手続が必要になるなど、事前の準備に時間を要することが想定される。技術科の授業時間、指導計画内のみでは、アルゴリズムやPythonで記述されたプログラムの理解などの時間が確保できない懸念が生じる。

第3は、A社ロボット教材では、専用のテキストが用意されており、テキストのタスクに従えば、自動走行の実現は可能であったが、テキストの内容の理解には、プログラミングやAIに関する一定の知識や技能が必要である点である。さらに、A社のロボットを活用して、生徒が主体的に問題を発見し、技術の見方・考え方を働かせながら、課題を解決する学習活動を展開するには、授業時数が不足する点である。小学校のプログラミング学習とともに、技術科「D 情報の技術」の指導項目「(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による問題解決」、「(3)計測・制御のためのプログラミングによる問題解決」とともに、中学校他教科等とのプログラミング学習とのカリキュラム・マネジメントに関する実践研究を、今後進めていきたい。

## 注

- 1)株式会社アフレル：「ロボットではじめる深層学習 TensorFlow×自動走行×教育版レゴ® マインドストーム® EV3」<https://ai.afrel.co.jp/tensor/>（2024年1月3日最終閲覧）。従来の技術科教育研究では、研究の中立性・公平性を示すために、教材会社名や商品名を本文で表記せずに仮名等で表記し、あとがき等で実名を示す慣例があるため、本稿は慣例に従った。
- 2)重大な観念とは、カリキュラム、指導、評価の焦点として役立つような、核となる概念、原理、理論及びプロセス。重大な観念は重要で永続的である。重大な観念は、特定の単元の範囲を超えて転移可能である。重大な観念は、理解を構築する材料である。それらは、それらがなければバラバラであったような知識の点をつなぐことを可能にする意味のあるパターンとして考えられうる。そのような観念は、個別的な事実やスキルを超えて、より大きな概念、原理やプロセスに焦点を合わせるものである。これらは、教科における、または教科を超えた新しい状況に応用可能である【出典 ウィギンズ G./マクタイ J.著、西岡加名恵訳：理解をもたらすカリキュラム設計―「逆向き設計」の理論と方法、P.396 (2012)】
- 3) IBM の Watson Assistant。過去のやり取りを含め、様々な情報から学習し、顧客が期待する回答を導き出す。<https://www.ibm.com/jp-ja/products/watsonx-assistant> (2024年1月8日最終閲覧)
- 4)TECHPARKの「AI ブロック」。AI ブロックは、誰もが手軽に AI を体験できることを目指して開発された製品。Google の技術サポートを受け、TensorFlow を活用している。<https://www.techpark.jp/aiblock> (2024年1月8日最終閲覧)
- 5)ML2Scratch は、Scratch の拡張機能の一つで、グーグルが提供しているオープンソースをもとに機械学習用として開発され、無償で利用できるサービスである。<https://champierre.github.io/ml2scratch/> (2024年1月8日最終閲覧)
- 6)シャープ株式会社「ロボホン (RoBoHoN) ®」及び、ブロック型プログラミングツール「ロブリック®」を教材として利用した。<https://www.robohon.com/> (2024年1月8日最終閲覧)
- 7)<https://khcoder.net/> (2024年1月8日最終閲覧)
- 8)Python フレーム Streamlit
- 9)Teachable Machine

## 引用文献

- (1)文部科学省：中学校学習指導要領(平成 29 年告示)学習指導要領解説 技術・家庭編，開隆堂出版（2018）
- (2)文部科学省：高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)学習指導要領解説 情報編，開隆堂出版（2019）
- (3)内閣府特命担当大臣(科学技術政策)平井卓也：AI について(2018 年 12 月 20 日)  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui041/siryo2.pdf> (2024 年 1 月 1 日最終閲覧)
- (4)川原田康文・松田 孝・磯部征尊・上野朝大・大森康正・山崎貞登：Society5.0 に必要な資質・能力を育成する  
小学校段階における STEAM/STREAM 教科の教育課程の参照基準，上越教育大学研究紀要，第 39 巻，第 2 号，  
pp.539-553 (2020)
- (5)佐藤頌太：AI リテラシーを養う授業実践の開発ー中学生が機械学習を用いた課題解決を行う授業実践を通じてー，藤川大祐（編著）：「人工知能社会における教育に関する実践的研究」，pp.11-20，人文公共学府研究プロジェクト報告書 第 346 集，千葉大学大学院人文公共学府（2019）<https://ace-npo.org/fujikawa-lab/other.html>  
(2024.1.6 最終閲覧)
- (6)Touretzky, S. D, Gardner-McCune, C., Martin, F. and Seehorn, D.: Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI?, The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-19), 9795-9799 (2019a)
- (7)Touretzky, S. D, Gardner-McCune, C., Martin, F. and Seehorn, D.: K-12 Guidelines for Artificial Intelligence: What Students Should Know (2019b) A14K12.org [https://ae-uploads.uoregon.edu/ISTE/ISTE2019/PROGRAM\\_SESSION\\_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentation\\_final.pdf](https://ae-uploads.uoregon.edu/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentation_final.pdf)  
(2024.1.6 最終閲覧)
- (8)Touretzky, S. D. and Gardner-McCune, C.: ARTIFICIAL INTELLIGENCE THINKING IN K-12, pp.153-180, Kong, S. and Abelson, H. (Eds.): COMPUTATIONAL THINKING EDUCATION IN K-12 -ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY AND PHYSICAL COMPUTING, The MIT Press (2022)
- (9)ITEEA: Standards for Technological and Engineering Literacy -The Role of Technology and Engineering in STEM Education, ITEEA (2020)
- (10)山崎貞登・岡島佑介・大森康正・磯部征尊：国際技術・エンジニアリング教育者学会(ITEEA)の Prek から第 12 学年のための 2020 改定リテラシー標準(STEL)のベンチマーク，上越教育大学研究紀要，第 40 巻，第 2 号，  
pp.641-651 (2021a)
- (11)山崎貞登・磯部征尊・大森康正・岡島佑介：国際技術・エンジニアリング教育者学会の前幼稚園から第 12 学年を対象とした技術・エンジニアリングリテラシーのための内容標準改定における STEM 教育連携強化の影響，科学教育研究，第 45 巻，第 2 号，pp.128-141 (2021b)
- (12)松田孝・景井美帆・亀井俊之・桑村海光・人見久城・磯部征尊・大森康正・山崎貞登：STEM/STEAM 教育からの小学校段階における AI リテラシー育成のための教材開発と実践，上越教育大学研究紀要，第 40 巻，第 2 号，pp.631-640 (2021)
- (13)中村亮健・村松浩幸・磯部征尊：「小学生を対象にした音声認識を活用したプログラミング型英語学習教材の開発」，愛知教育大学研究報告. 芸術・保健体育・家政・技術科学・創作編，71 巻，pp.87-93 (2022)
- (14)向田識弘：「AI リテラシー教育における AI との向き合い方を考える授業の検討」，AI 時代の教育学会，AI 時代の教育論文誌，第 5 巻，pp.9-15 (2022)
- (15)劉継生：「AI リテラシーの基本フレームについての考察」，創価大学通信教育部論集，第 23 号，pp.60-81 (2022)
- (16)浅岡伴夫・松田雄馬・中松正樹：「AI リテラシーの教科書」，東京電機大学出版局（2020）
- (17)高谷将宏：「計量テキスト分析を用いた AI リテラシーの定義化」，尚絅学院大学紀要，第 82 号，pp.11-23 (2021)
- (18)中村光希：技術科教育における人型ロボット教材による AI リテラシー育成，2023 年度上越教育大学学校教育研究科修士論文（2024）(未刊行)



- (19)在間拓幹・山本利一・中村茉莉：「人工知能の自然言語処理を利用したチャットボットを題材とした中学校技術科『双方向性のあるコンテンツのプログラミング』の授業実践」, 教育情報研究, 第 35 巻, 第 3 号, pp.45-53 (2019)
- (20)秋山政樹・花田守・菅家久貴・本多満正：「AI への理解を促す中学校技術科の双方向プログラミング授業の開発～分散型自動会話システムのプログラム作成を通して～」, 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, 第 42 号, pp.55-64 (2020)
- (21)伊藤大河・山本利一・在間拓幹：「中学校技術科における機械学習アプリケーションを活用した人工知能に関する授業実践」, 日本産業技術教育学会誌, 第 62 巻, 第 4 号, pp.377-385 (2020)
- (22)竹澤則乃・山本利一・在間拓幹・川井勝登：「人工知能の基本的な仕組みを学習する授業実践とその評価」, 埼玉大学紀要 教育学部, 第 69 巻, 第 2 号, pp.521-533 (2020)
- (23)竹澤則乃・山本利一・小浦一：「人工知能を用いた画像認識技術をプログラミングを通して学習する指導過程の提案と評価」, 教育情報研究, 第 38 巻, 第 1 号, pp.37-49 (2022)
- (24)板垣翔大・浅水智也・佐藤和紀・中川哲・三井一希・泰山裕・安藤明伸・堀田龍也：「AI を活用したプログラミングを取り入れた授業が中学生の AI に対する意識に与える効果」, コンピュータ&エデュケーション VOL.51, pp.58-63 (2021)
- (25)廣瀬泰弘・福岡大輔：「中学技術における人工知能の活用に関する教材研究」, 岐阜大学教育学部研究報告, 教育研究実践・教師教育研究, 第 23 号, pp.99-104 (2021)
- (26)中村光希・水野頌之助・山崎貞登：中学校技術科における人型ロボットを教材とした AI リテラシーの育成, (一社)日本産業技術教育学会第 66 回全国大会(鹿児島)講演要旨集, p.3 (2023)
- (27)伊藤伸一・原田信一：中学校プログラミング教育におけるビジュアル型プログラミングからテキスト型プログラミングへの移行について, 京都教育大学紀要, 第 137 巻, pp.99-108 (2020)
- (28)松田孝：「小学校『総合的な学習の時間』を中核としたプログラミング教育の実践と脱カリキュラム・オーバーロード」～群馬県先進プログラミング教育実践校(小学校)の事例から～, 日本科学教育学会年会論文集 47, pp.169-172 (2023)
- (29)松澤芳昭・保井元・杉浦学・酒井三四郎：ビジュアル・Java 相互変換によるシームレスな言語移行を指向したプログラミング学習環境の提案と評価, 情報処理学会論文誌, 第 55 巻, 第 1 号, pp.57-71 (2014)
- (30)安本太一・大久保直樹・岡部直樹・磯部征尊：Python による計測・制御とネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング授業実践と評価, 日本教育工学会研究報告集, 第 1 巻, pp.81-88 (2021)
- (31)小倉光明：ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングの指導力育成に向けた実践ー Python フレームワーク Streamlit を用いた Web アプリケーションの制作ー, 信州大学教育学部附属次世代学び研究開発センター紀要「教育実践研究」, 第 21 巻, pp.71-88 (2022)
- (32)清水裕士：フリーの統計分析ソフト HAD：機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案, メディア・情報・コミュニケーション研究, 第 1 巻, pp.56-73 (2016) <https://norimune.net/had> (2024 年 1 月 9 日最終閲覧)
- (33)岡本恭介・安藤明伸：ビジュアル型とテキスト型プログラミングにおける学習順序が教育的効果に与える影響, 日本教育工学会論文誌, 第 44 巻(Suppl.), pp.97-100 (2020)
- (34)松澤芳昭・酒井三四郎：ビジュアル型言語とテキスト記述型言語の併用によるプログラミング入門教育の試みと成果, 情報処理学会研究報告, 2013-CE-119 巻, 第 2 号, pp.1-11 (2013)

## 付表 6.1 2021 年度実践構想カリキュラム学習指導案集（1～6 時間）

### 題材名

「AI 技術を体験し評価しよう～AI リテラシーの育成～」

### 内容のまとめり

内容「D 情報の技術」

(3) 計測・制御のプログラミングによる問題の解決

(4) 社会の発展と情報の技術

### 題材の目標

情報の技術の見方・考え方を働かせた AI による画像認識を活用したロボットのプログラミング学習を通して、生活や社会で利用されている情報の技術についての基礎的な理解を図り、それらに係る技能を身に付け、情報の技術、AI 技術と生活や社会、環境との関わりについて理解を深めるとともに、生活や社会の中から情報の技術や AI 技術に関わる問題を見いだして課題を設定し解決する力、よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に情報の技術や AI 技術を工夫し創造しようとする実践的な態度を身に付ける。

### 評価規準

内容	知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
(3)	・計測・制御システムの仕組みを理解している ・安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身に付けている	・AI 技術を事例として、情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして、解決しようと考えている	・自分なりの新しい考え方や捉え方によって、解決策を構想しようとしている ・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるように改善・修正しようとしている
(4)	・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術や AI 技術の概念を理解している	・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術や AI 技術を評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいた改良、応用したりすることについて、考えている	・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造しようとしている

第1時

(1) 本時の目標（本時の評価規準）学習目標

・AI 技術を事例として、情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして、解決しようと考えている

D(3)【思考・判断・表現】＜評価方法：ワークシート，行動観察＞

時間 (分)	□学習活動	■授業者の働きかけ・生徒の反応， ◆指導上の注意，◎評価規準
導入 10 分	□本時及び本題材の学習課題を確認する	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;">           AI 技術を事例として、情報の技術の見方・考え方を働かせて、 社会の問題を見いだして、解決しよう         </div>	
	<p>□これまでの技術分野の学習活動を振り返り，教科書，ワークシートの「技術の見方・考え方」を参考に「情報の技術の見方・考え方」について想起する。</p> <p>【AI の概念理解】 「概念」とは，物事の本質を探究し理解する際に必要な共通で重要な事項をいう。</p> <p>□生活や社会，環境との関わりを踏まえて，「AI（人工知能）」の活用場面と AI に関する説明（知っていること）をそれぞれマインドマップで整理する。（ワークシート学習活動：1）</p> <p>□生活や社会で実用化されている AI 技術を情報の見方・考え方を働かせて整理する。（ワークシート学習活動：2）</p>	<p>◆人工知能の説明について 人工知能とは何か，人工知能の役割や機能について人工知能について知っていることを指す</p> <p>◆人工知能の活用について 人工知能は私たちの生活や社会の中でどのように活用されているかを指す</p> <p>◆ICT 機器を活用し，事例などを調べた上で，自分なりに社会課題や AI を用いた課題の解決策を考えるように支援する。</p>
展開 30 分	<p>□落書きをして AI の機械学習におけるデータ収集研究に協力する。</p> <p>・ Quick Draw(google) <a href="https://quickdraw.withgoogle.com/">https://quickdraw.withgoogle.com/</a></p> <p>①与えられたお題（にんじん）などの簡単な絵をウェブ上で描いて機械学習のデータ収集に協力する。</p> <p>②なぜ落書きを描くことが研究に「協力」なのか，自分なりの予想を立てる。（ワークシート学習活動：3）</p>	<p>◎評価規準 D(3)【思考・判断・表現】 ＜評価方法：ワークシート行動観察＞ AI 技術を事例として，情報の技術の見方・考え方を働かせて，問題を見いだして，解決しようと考えている</p> <p>◎B 基準 AI 技術を事例として，情報の技術の見方・考え方を働かせて，自分で問題を見いだして，課題の設定と解決方法について説明できる。（情報へのアクセス・取り出し）</p> <p>◎A 基準 B 規準に加え，持続可能な社会を支える（SDGs 推進の）立場から，自分の意見を持ち，意見の根拠を明確に述べるができる。（取り出した情報の解釈・統合・推論）（熟考・評価）</p> <p>◎C：支援の手立て 学習資料等を再度読ませる，要点を机間指導で知らせ，なぜそこが大切なのかを理解させ，学習ノート等の記入の支援をする。</p>

振り返り 5分	<input type="checkbox"/> 発表 <input type="checkbox"/> 本時の振り返り <input type="checkbox"/> 次時の学習課題と評価規準を確認する。	<b>【生徒の反応】</b> ・さまざまなデータがあった方が AI の精度の向上につながるから ・データの量が多いほど、AI が判断しやすいから
------------	--	--

## 第2・3時

### (1) 本時の目標（本時の評価規準）学習目標

- ・計測・制御システムの仕組みを理解している
- ・安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身に付けている

### D(3) 【知識・技能】＜評価方法：ワークシート，行動観察＞

時間 (分)	学習活動	■授業者の働きかけ・生徒の反応，◆指導上の注意，◎ 評価規準
導入 5分	<input type="checkbox"/> 前時の振り返り	
準備 10分	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> 自動走行ロボットを使って AI を育てて，AI 開発に必要不可欠な  計測・制御システムの仕組みと安全・適切なプログラミングを理解しよう </div>	
展開 I 35分	<input type="checkbox"/> 本時に使用する教材について説明する。 <input type="checkbox"/> 今まで使用してきたレゴマインドストームとの動作の仕組みの違いを理解する。 <input type="checkbox"/> カラーセンサを用いるライントレースロボットの動作の仕組みについて確認する。 <input type="checkbox"/> TensorFlow×教育版レゴ®マインドストームの動作確認を行う。  <input type="checkbox"/> 今まで使用してきたレゴマインドストームとの動作の仕組みの違いについて実際の動作を確認しながら理解する。	■以前使っていたレゴマインドストームの計測方法と本時に使用するレゴマインドストームを使われているセンサの観点で比較し，動作の仕組みについて違いを理解するように促す。  ◆Afrel 社テキスト p52-p53 を参考に動作を確認する。  ◆動作を確認した上でどのセンサーを使って，何を計測し，何を制御しているか，考えるよう支援する。  ◎評価規準 D(3) 【知識・技能】 ＜評価方法：ワークシート・行動観察＞ 計測・制御システムの仕組みを理解している  ◎B 基準 センサとは何かを説明し，計測に用いられるセンサの違いについて理解している。  ◎A 基準 B 規準に加え，処理の手順について説明し，計測・制御システムについて理解している。（  ◎C：支援の手立て 学習資料等を再度読ませる，要点を机間指導で知らせ、なぜそこが大切なのかを理解させ、学習ノート等の記入の支援をする。  ■ワークシート参考
	<b>【AI 開発体験】</b> ①データ収集→学習→推論の大まかな流れを簡単な例を基に理解する。	

<p>展開Ⅱ 45 分</p>	<p>②TensorFlow×教育版レゴ®マインドストームを用いてデータ収集→訓練（学習）→推論のうち「データ収集」について開発体験をする。</p> <p>③TensorFlow×教育版レゴ®マインドストームを用いて教師あり学習のプロセスであるデータ収集→訓練（学習）→推論のうち「訓練（学習）」について開発体験をする。</p> <p>④訓練結果をワークシートに記録する。</p> <p>⑤TensorFlow×教育版レゴ®マインドストームを用いて教師あり学習のプロセスであるデータ収集→訓練（学習）→推論のうち「推論」について開発体験をする。</p> <p>□学習前（データ収集時）と学習後（推論による自動走行）の動作の違いについて理解する。</p> <p>□学習プロセスで精度を高めるためにデータ収集時に必要なデータの枚数や質について考え、仮説を立てる。</p> <p>□考えた仮説をもとに再度データを収集し、訓練を通じて精度の向上が図られたか検証する。 （【AI 開発体験】①データ収集→②学習→③推論）</p> <p>□AI の学習においてどのようなデータが求めら</p>	<p>◆Afrel 社テキスト P55-p64 を参考にデータ収集を行う。</p> <p>◆コースを 3 週程度走らせる。</p> <p>◆Afrel 社テキスト p65-p76 を参考に訓練を行う。</p> <p>◆3 週程度では誤差が大きい。 （正確性が高くないことが予想される。）</p> <p>◆Afrel 社テキスト p77-p81 を参考に訓練を行う。</p> <p>◆度々コースを離れることが予測される。</p> <p>◆より精度を高めるために必要なデータセットとはどのようなものか、考えるように支援する。</p> <p>◎評価規準 D(3)【知識・技能】 ＜評価方法：ワークシート行動観察＞ 安全・適切なプログラムの制作，動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身に付けている</p> <p>◎B 基準 開発体験をもとに，安全で適切な動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身につけている。</p> <p>◎A 基準 B 基準に加え，データの枚数やばらつきを考慮しながら，安全で適切な動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身につけている。</p> <p>◎C：支援の手立て 学習資料等を再度読ませる，要点を机間指導で知らせ、なぜそこが大切なのかを理解させ、学習ノート等の記入の支援をする。</p>
---------------------	--	--



振返り 10 分	<p>れるかデータの枚数とデータの質をもとに説明する。</p> <p>□意見発表</p> <p>□本時の振り返り</p> <p>□次時の学習課題と評価規準を確認する。</p>	
-------------	---	--

#### 第 4・5 時

##### (1) 本時の目標（本時の評価規準）学習目標

- ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術や AI 技術の概念を理解している

##### D(4)【知識・技能】

時間 (分)	□学習活動	■授業者の働きかけ・生徒の反応，◆指導上の注意，◎評価規準
導入 10 分	□本時及び本題材の学習課題を確認する	
展開 60 分	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>AI 技術が生活や社会に果たす役割や影響を理解して AI による画像認識を用いて生活や社会の課題を解決しよう</p> </div> <p>□これまでの AI の学習を振り返り，画像処理におけるデータ収集，学習（推論モデルの作成），推論について整理する。</p> <p>□AI による画像認識が使われている場面についてインターネットを用いて調査する。</p> <p>【AI 画像認識を活用した生活や社会における問題の解決】</p> <p>①グループで身近な生活や社会の中にどのような問題があるかアイデアを出す。</p> <p>②グループで交流したアイデアをもとに個人で問題に対する課題を一つ設定する。</p> <p>③取り組む問題から，具体的に課題を解決する方法について個人でまとめる。</p> <p>④全体で設定した課題とその解決策を共有する。</p> <p>⑤共有した意見を参考にさらに個人で AI 技術を用いてできそうなことを考える。</p>	<p>◆ICT 機器を活用し，事例などを調べた上で，自分なりに社会課題や AI を用いた課題の解決策を考えるように支援する。</p> <p>◎評価規準 D(4)【知識・技能】 ＜評価方法：ワークシート行動観察＞ 生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術や AI 技術の概念を理解している</p> <p>◎B 基準 AI 技術を事例として，よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて，情報の技術を工夫し創造しようとしている。</p> <p>◎A 基準 B 規準に加え，AI 共生社会の構築や持続可能な社会を支える立場から，自分の意見を持ち，意見の根拠を明確に述べることができる。</p> <p>◎C：支援の手立て 学習資料等を再度読ませる，要点を机間指導で知らせ，なぜそこが大切なのかを理解させ，学習ノート等の記入の支援をする。</p>

振り返り 10 分	<input type="checkbox"/> A 社ロボット, S 社ロボット, Teachable Machine を用いて社会課題解決モデルを作成する。  振り返り	
--------------	---	--

## 第 6 時

### (1) 本時の目標（本時の評価規準）学習目標

- ・AI との共生社会や持続可能な社会の構築に向けて, AI 活用における情報の技術を評価し, 適切に選択, 管理・運用したり, 新たな発想に基づいた改良, 応用したりすることについて, 考えている。D(4)【思考・判断・表現】＜評価方法：ワークシート, 行動観察＞
- ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて, 情報の技術を工夫し創造しようとしている  
D(4)【主体的に学習に取り組む態度】＜評価方法：ワークシート, 行動観察＞

時間 (分)	□学習活動	■授業者の働きかけ・生徒の反応, ◆指導上の注意, ◎評価規準
導入 5 分	<input type="checkbox"/> 本時及び本題材の学習課題を確認する  <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;">           今までの学習を振り返り AI 技術を評価し,            持続可能な社会の構築に向けて, AI 技術を工夫しよう         </div>	
展開 I 20 分	<input type="checkbox"/> 前時の活動で作成した社会課題解決モデルの発表会	<p>◎評価規準 D(4)【主体的に学習に取り組む態度】 ＜評価方法：ワークシート行動観察＞ よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて, 情報の技術を工夫し創造しようとしている</p> <p>◎B 基準 AI 技術を事例として, よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて, 情報の技術を工夫し創造しようとしている。</p> <p>◎A 基準 B 規準に加え, AI 共生社会の構築や持続可能な社会を支える立場から, 自分の意見を持ち, 意見の根拠を明確に述べるができる。</p> <p>◎C：支援の手立て 学習資料等を再度読ませる, 要点を机間指導で知らせ、なぜそこが大切なのかを理解させ、学習ノート等の記入の支援をする。</p>
展開 II 15 分	<input type="checkbox"/> AI による画像認識の技術を社会的側面, 環境的側面, 経済的側面から評価する。	<p>◎評価規準 D(4)【思考・判断・表現】 ＜評価方法：ワークシート行動観察＞ AI との共生社会や持続可能な社会の構築に向けて, AI 活用における情報の技術を評価し, 適切に選択, 管理・運用したり, 新たな発想に基づいた改良, 応用したりすることについて, 考えている</p> <p>◎B 基準 AI 技術を事例として情報の技術を評価し, 適切に選択, 管理・運用したり, 新たな発想に基づいた改良, 応用したりすることについて, 考えている</p> <p>◎A 基準</p>

<p>振り返り 10 分</p>	<p>□AI に関する知識や概念の理解について授業前と授業後の差異を調査するため、マインドマップを用いて整理する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 個人で記入する【3 分】</li> <li>・ 共有する【2 分】</li> </ul> <p>振り返り</p>	<p>B 規準に加え，AI 共生社会の構築や持続可能な社会を支える立場から，自分の意見を持ち，意見の根拠を明確に述べることができる。（熟考・評価）</p> <p>◎C：支援の手立て 学習資料等を再度読ませる，要点を机間指導で知らせ、なぜそこが大切なのかを理解させ、学習ノート等の記入の支援をする。</p> <p>◆ICT 機器を活用し，事例などを調べた上で，自分なりに社会課題や AI を用いた課題の解決策を考えるように支援する。</p> <p>◆人工知能の説明について 人工知能とは何か，人工知能の役割や機能について人工知能について知っていることを指す</p> <p>◆人工知能の活用について 人工知能は私たちの生活や社会の中でどのように活用されているかを指す</p> <p>【生徒の反応（キーワード）】 （説明） ・ 怖い ・ 便利 ・ 新しい ・ 音声認識 （活用） ・ Siri ・ Google 翻訳 ・ AI チャットボット ・ ペッパーくん ・ 画像認識 ・ 自動運転</p>
----------------------	---	---

技術年組No氏名

D 情報の技術《AIと共に生きる社会に向けて求められるリテラシーを考えよう》(1時間目)

学習テーマ  
日常生活で使われているAI技術をもとに、情報の技術の見方・考え方を働かせて、社会の問題を見いだして、解決する手立てを考えよう

I.AI（人工知能）とは何かマインドマップを使って、思い浮かぶイメージを整理しよう。

人工知能の活用について

人工知能について

人工知能 AI

2.情報の技術の見方・考え方を働かせ、生活や社会で実用化されているAI技術を整理しよう。

AI技術	側面 (技術の見方・考え方)	メリット◎ デメリット△	説明
自動運転	社会的側面 (社会からの要求 安全性)	◎	
		△	
	環境的側面 (環境負荷)	◎	
		△	
	経済的側面 (経済性)	◎	
		△	
	社会的側面 (社会からの要求 安全性)	◎	
		△	
	環境的側面 (環境負荷)	◎	
		△	
	経済的側面 (経済性)	◎	
		△	

3.QUICK Drawで落書きすることがなぜ機械学習（人工知能の技術一つ）の研究に「協力」することになるか、AI（人工知能）の学習過程をもとに「データ」という言葉を使って考えよう。

4.ふりかえり

D 情報の技術《AIと共に生きる社会に向けて求められるリテラシーを考えよう》(4-5 時間目)

学習テーマ

人工知能を活用して社会の課題を解決するモデルを構築しよう

パフォーマンス課題

(仮) あなたは株式会社上越アグリテクノロジーが立ち上げた AI エンジニアです。

以前あなたはある農家から「上越地域の農業や畜産業、水産業はさまざまな課題を抱えている」と聞きました。取引先の農家から AI を使って上越地域の農業や畜産業、漁業が抱える課題を解決できないかと相談されました。そこで上越地域が抱える課題を調査し、AI 技術を使って課題解決モデルを構築、農家に AI を使った課題解決方法をわかりやすく説明・提案し、実際に使える

1. 現在の日本の農業や畜産業が抱える問題についてどのようなものがあるか調査しよう

2. 調査した農業や畜産業の問題の中から課題を設定しよう

3. Teachable Machine を用いて課題解決のモデルを作成してみよう

【モデルの概要】何をどうするか

【解決に必要な要素】データのどの部分に着目するか？

【画像処理を用いてどのように課題を解決するか】

4.3 の課題解決のモデルを評価しよう

【モデルを作成し、うまくいった点】

【今はこのままだけど、こんな可能性があると考えた点】



技術年組No.氏名

D 情報の技術《AIと共に生きる社会に向けて求められるリテラシーを考えよう》(6 時間目)

学習テーマ
AI 技術の評価して AI 活用センスを身につけよう

1.これまでの学習を振り返り, AI による画像認識の技術の評価しよう

視点	メリットとリスクの説明	
AI の安全性や社会に与える影響	メリット	
	リスク	
環境への影響	メリット	
	リスク	
経済への影響	メリット	
	リスク	
倫理観	メリット	
	リスク	

2.これからの時代に求められる AI リテラシーについて自分の言葉でまとめよう

3.マインドマップを使ってあらためて AI 技術について整理しよう

活用場面

人工知能

知っていること

まだ

## 自動走行AIを育てよう

～AI開発に欠かせない「モノ」とは！？～



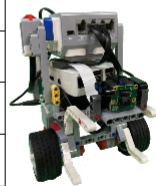
自動走行レゴマインドストームEV3 用【テキスト】

### 使用する教材について

LEGO Mindstorms EV3

【 やってみよう 】

今まで使ってきたマインドストームと異なる部分や  
気づいたことをメモしよう

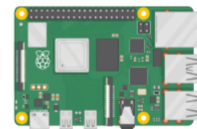
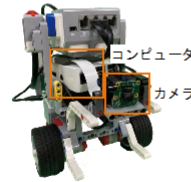
## 今日の流れ

### 使用する教材について

LEGO Mindstorms EV3

【 特徴や今までとの違い 】

- ・ シングルボードコンピュータを積んでいる
- ・ カメラが搭載



カメラで画像認識ができる！

### どうやって動いているの？

今までのマインドストームのライトレースカー



### どうやって動いているの？

実際に動作確認してみよう (EV3の準備編)

- ・ Raspberry Piの電源を入れる
- モバイルバッテリーのコードとRaspberry Piのコードを接続



### どうやって動いているの？

実際に動作確認してみよう (EV3の準備編)

1. EV3の中央ボタンを押して起動



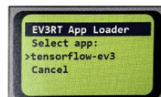
2. 中央ボタンを押して  
「Load App」画面へ



3. 「SD card」を選択して  
中央ボタンで決定



4. 「tensorflow-ev3」を選択  
中央ボタンで決定

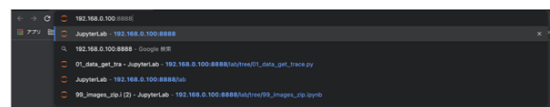


### どうやって動いているの？

実際に動作確認してみよう (EV3とパソコンの接続)

Google Chromeの検索欄に「1xx.xx.xx:8888」と  
自分のIPアドレスを入力しよう (グループのパソコン1台のみ)

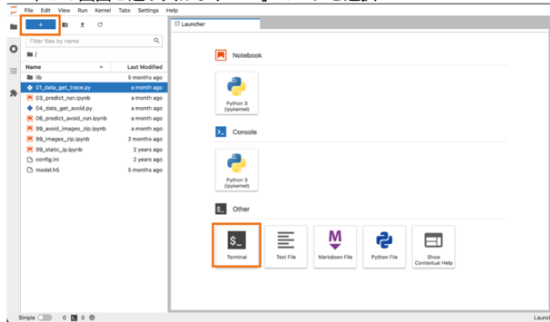
例：IPアドレスが「192.168.0.100」の場合



## どうやって動いているの？

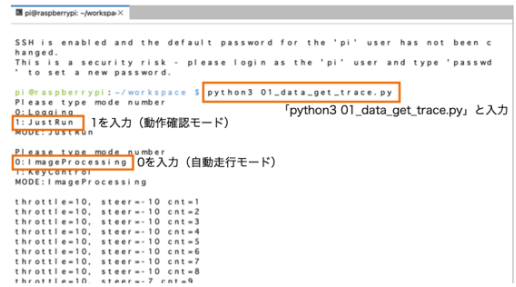
実際に動作確認してみよう (EV3とパソコンの接続)

↓この画面と違う人はまず「+」マークを選択



## どうやって動いているの？

実際に動作確認してみよう (EV3とパソコンの接続)



## どうやって動いているの？

実際に動作確認してみよう



- ◆停止するときはタッチセンサーを押そう
- ◆うまく走らない時はカメラの角度を調整しよう

コース上にEV3を置いてコース上を  
反時計回りで1週走らせよう！  
多少はみ出てもOK

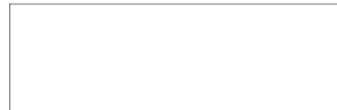
## どうやって動いているの？

今回使うマインドストームはカメラで何を計測していて  
モータをどのように制御しているかを考えよう

カメラからはこんなふうに見えてます



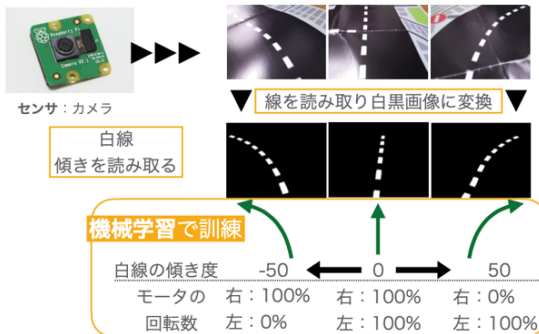
自分の考え



ライントレースカーの  
制御の仕組みと比較し  
て考えよう

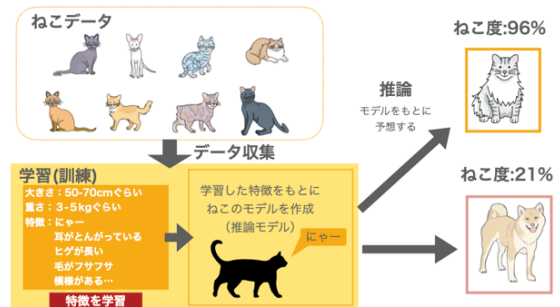
## どうやって動いているの？

カメラは白線をどうやって認識している？



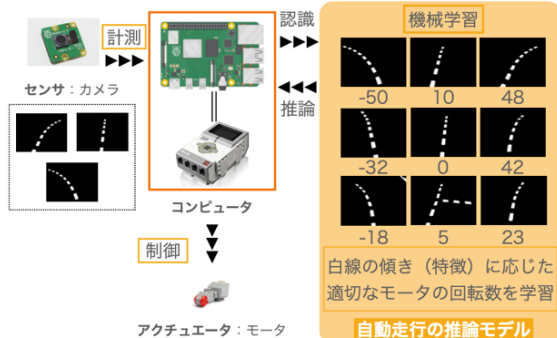
## 機械学習とは？

AI (人工知能) のデータ分析の精度を向上する技術  
機械学習の例 (ねこ認識AI)



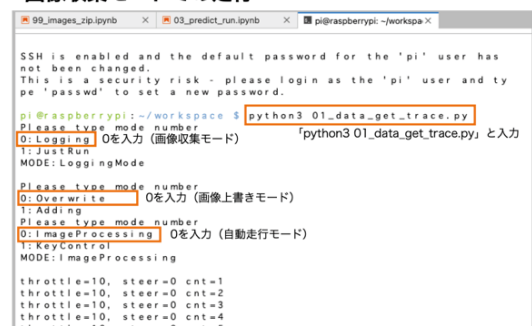
## 機械学習とは？

今回使うマインドストームはカメラで何を認識しているのか考えよう



## AIを育てよう【データ収集編】

画像収集モードでの走行



## データ収集！



◆停止するときは  
タッチセンサーを押そう  
◆うまく走らない時は  
カメラの角度を調整し  
よう

コース上にEV3を置いてコース上を  
反時計回りで**2週**走らせよう！  
コースから外れたら、もう一度コースに載せよう

## どうやって動いているの？

## 実際に動作確認してみよう（EV3とパソコンの接続）

EV3をタッチセンサで停止させた後  
パソコン画面の一番大きいcntの値を記録しよう

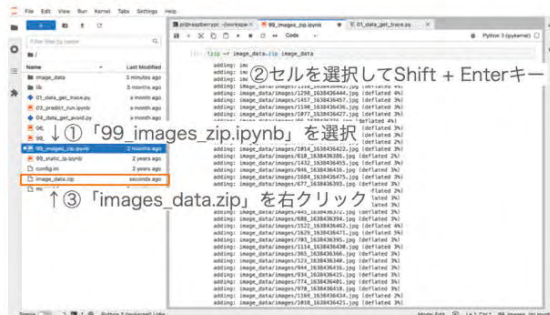
```
throttle=10, steer=-2 cnt=994
throttle=10, steer=-2 cnt=995
throttle=10, steer=-2 cnt=996
throttle=10, steer=10 cnt=997
throttle=10, steer=6 cnt=998
throttle=10, steer=18 cnt=999
pi@raspberrypi: ~/workspace $
```

cnt

※cntの値「収集した画像の枚数」

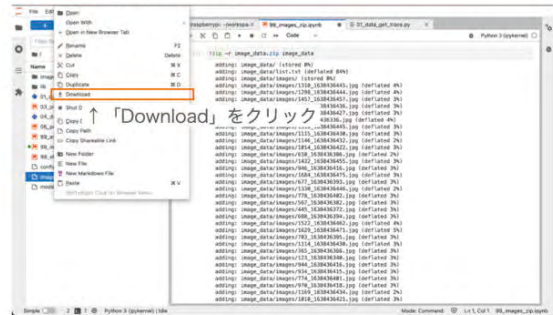
## AIを育てよう【データ収集編】

## データをダウンロード



## AIを育てよう【データ収集編】

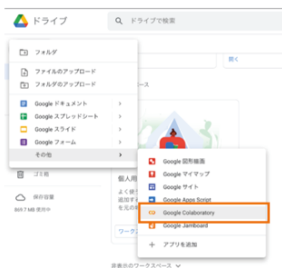
## データをダウンロード



## AIを育てよう【訓練編】

## 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

### ①Google DriveからColaboratoryにアクセスする



## AIを育てよう【訓練編】

## 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

②「ファイル」タブから「ノートブックをアップロード」をクリック



デスクトップから「02\_train.ipynb」を選択し、アップロード

## AIを育てよう【訓練編】

## 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

③【データ収集編】で取得した画像ファイルデータをアップロード



## AIを育てよう【訓練編】

## 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

③【データ収集編】で取得した画像ファイルデータをアップロード





## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

④colaboratoryの設定確認

・ Kerasの設定

上から順に三角ボタンを押してください。プログラムを動かすための準備です。

①セルを選択し、クリック

```
Name: h5py
Version: 2.10.0
Summary: Read and write HDF5 files from Python
Home-page: https://www.h5py.org
Author: Andrew Collette
Author-email: andrew.collette@gmail.com
License: BSD
Location: /usr/local/lib/python3.7/dist-packages
Requires: numpy, six
Required-by: tensorflow, keras, Keras-Applications, keras-vis
```

カーソルをクリックし「y」を入力

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

④colaboratoryの設定確認

①セルを選択し、クリック

Collecting h5py==2.10.0  
Downloading h5py-2.10.0-cp37-cp37m-manylinux1\_x86\_64.whl (2.9 MB)  
Requirement already satisfied: numpy>=1.7 in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from h5py==2.10.0) (1.19.5)  
Requirement already satisfied: six in /usr/local/lib/python3.7/dist-packages (from h5py==2.10.0) (1.15.0)  
Installing collected packages: h5py  
Successfully installed h5py-2.10.0

②セルを選択し、クリック

←Version: 2.10.0となっていれば設定完了

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行

・ 以下メインプログラム部分

1. インポート
2. 訓練用ニューラルネットワーク定義
3. 訓練結果表示用関数の定義
4. メイン関数の定義
5. プログラムの実行の5つのセルに分かれています。

訓練を開始するには1~4のセルを実行後に5のセルを実行してください。

プログラムを修正した場合は、そのセルを再実行しなおした後に、「プログラムの実行」セルを実行してください。

①セルを選択し、クリック

```
#tensorflow_version 1.14
#インポート
import os
import glob
from sklearn.model_selection import train_test_split
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
```

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行

セルを選択し、クリック

```
#訓練用ニューラルネットワーク定義
def cnn(input_shape):
    drop = 0.5
    #input
    img_input = Input(shape=(input_shape))
    x1 = Conv2D(24, (5,5), strides=(2,2), activation='relu', name='conv2d_1')(img_input)
    x2 = Conv2D(12, (5,5), strides=(2,2), activation='relu', name='conv2d_2')(x1)
    x3 = Conv2D(64, (5,5), strides=(2,2), activation='relu', name='conv2d_3')(x2)
    x4 = Conv2D(64, (3,3), strides=(2,2), activation='relu', name='conv2d_4')(x3)
    x5 = Conv2D(64, (3,3), strides=(1,1), activation='relu', name='conv2d_5')(x4)
    x = Flatten(name='flattened')(x5)
    x = Dense(100, activation='relu', name='fc_1')(x)
    x = Dropout(drop)(x)
    x = Dense(50, activation='relu', name='fc_2')(x)
    x = Dropout(drop)(x)
    angle_out = Dense(1, activation='sigmoid', name='angle_out')(x)
    angle_out = Lambda(lambda xx: *100)(angle_out)
    angle_out = Lambda(lambda xx: 50)(angle_out)
    model = Model(inputs=[img_input], outputs=[angle_out])
    return model
```

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行

セルを選択し、クリック

```
#訓練結果表示用関数の定義
def plot_history(history):
    plt.plot(history.history['loss'], label='loss for training')
    plt.plot(history.history['val_loss'], label='loss for validation')
    plt.title('model loss')
    plt.grid()
    plt.xlabel('epoch')
    plt.ylabel('loss')
    plt.legend(loc='best')
    plt.savefig('./result.png')
    plt.show()
    plt.close()
```

セルを選択し、クリック

```
#メイン関数の定義
def main():
    input_dir = './image_data'
    img_list = pd.read_csv(input_dir + '/list.txt', header=None, delim_whitespace=True)
    image_path = input_dir + '/images/' + img_list[0]
    #訓練用の画像サイズ
    image_width = 160
    image_height = 120
    v = 1
```

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行

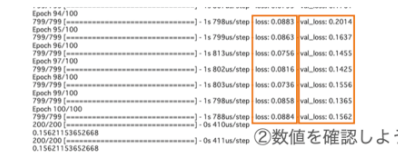
セルを選択し、クリック

```
WARNING:tensorflow:From /tensorflow-1.15.2/python3.7/tensorflow_core/python/ops/resource_variable_ops.py:14: instructions for updating:
If using Keras pass "constraint arguments to layers.
WARNING:tensorflow:From /tensorflow-1.15.2/python3.7/tensorflow_core/python/ops/math_grad.py:14: instructions for updating:
Use of tf.nn.nn in 2.0, which has the same broadcast rule as np.where
WARNING:tensorflow:From /tensorflow-1.15.2/python3.7/keras/backend/tensorflow_backend.py:422: Th
Train on 5940 samples, validate on 1486 samples
Epoch 1/100
5940/5940 [-----] - 8s 1ms/step - loss: 0.4446 - val_loss: 0.3372
Epoch 2/100
5940/5940 [-----] - 4s 754us/step - loss: 0.3715 - val_loss: 0.3047
Epoch 3/100
5940/5940 [-----] - 4s 748us/step - loss: 0.3491 - val_loss: 0.3101
Epoch 4/100
5940/5940 [-----] - 4s 748us/step - loss: 0.3278 - val_loss: 0.3372
Epoch 5/100
5940/5940 [-----] - 4s 755us/step - loss: 0.3061 - val_loss: 0.2674
Epoch 6/100
5940/5940 [-----] - 4s 753us/step - loss: 0.2766 - val_loss: 0.2683
Epoch 7/100
5940/5940 [-----] - 4s 756us/step - loss: 0.2583 - val_loss: 0.2447
Epoch 8/100
2176/5940 [-----] - ETA: 2s - loss: 0.2366
5分ほど待とう
```

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤結果の表示



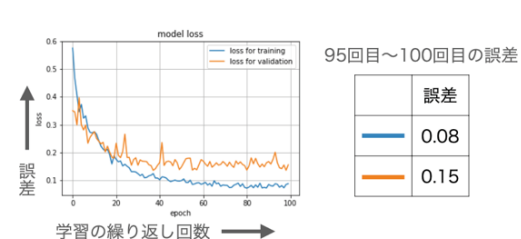
②数値を確認しよう  
loss: グラフの青い線  
val\_loss: グラフのオレンジの線

①グラフを確認しよう

## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

④結果の確認





## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤推論モデルのダウンロード



## AIを育てよう【訓練編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

結果の記録【1回目】

結果を参考にepoch95~100の

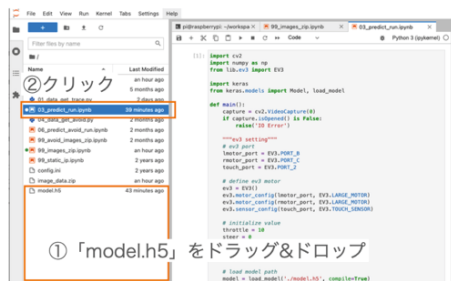
loss ( )とval\_loss ( )  
iPadでグラフの写真を撮って貼り付けよう

のおおよその平均値を表に記入しよう

誤差	
コースをはみ出た回数	

## AIを育てよう【推論編】

推論モデルをEV3に転送し  
プログラムを実行しよう



## AIを育てよう【推論編】

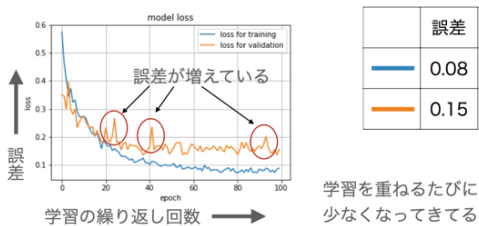
推論モデルをEV3に転送し  
プログラムを実行しよう

EV3をコースの直線部分に置いてから



## AIを育てよう【強化編】

より精度の高い(誤差の少ない)「推論モデル」を  
作るにはどうしたら良いか考えよう



学習を重ねるたびに誤差は  
少なくなってきたけど...

## AIを育てよう【強化編】

より精度の高い(誤差の少ない)「推論モデル」を  
作るにはどうしたら良いか考えよう

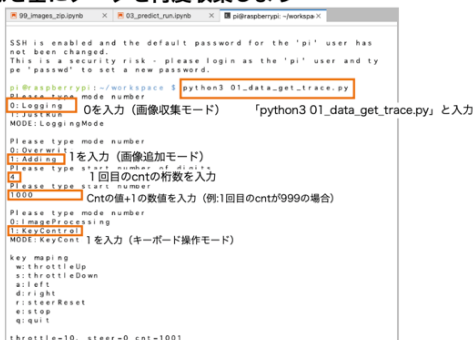
なぜ、データを取集したのに誤差が増えたのか  
収集したデータの特徴を基に考えよう

「データ」の量や質に着目してより精度を高めるにはどうしたら  
良いか自分なりの考えをまとめて予想しよう

Quick Drawを使った時のことを  
思い出してみよう!

## AIを育てよう【強化編】

予想を基にデータを再度収集しよう



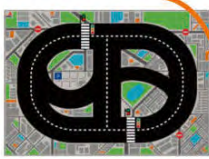
## AIを育てよう【データ収集編】

画像収集モードでの走行(キーボードでの操縦)



## AIを育てよう【強化編】

### データ収集！



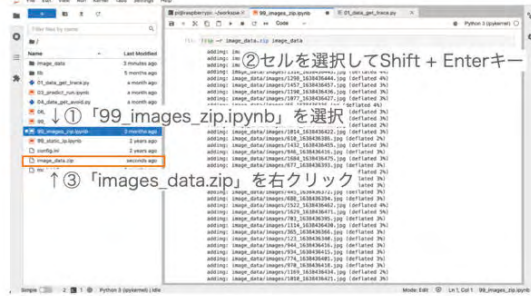
コース上にEV3を置いてコース上を時計回り1週から2週走らせよう！  
コースから外れたら、もう一度コースに載せよう

◆停止するときは  
タッチセンサーを押そう

キー	動作
W	速度:+5
S	速度:-5
A	左:+5
D	右:+5
R	右:0 左:0
E	速度:0
Q	終了

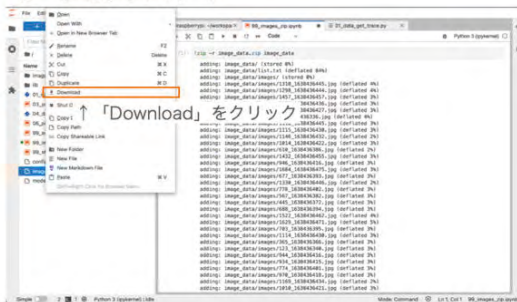
## AIを育てよう【強化編】

### データをダウンロード



## AIを育てよう【強化編】

### データをダウンロード



## AIを育てよう【強化編】

### 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

③ [データ収集編] で取得した画像ファイルデータをアップロード



## AIを育てよう【強化編】

### 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

④colaboratoryの設定確認

- Kerasの設定

上か順に三角ボタンを押してください。プログラムを動かすための準備です。



## AIを育てよう【強化編】

### 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

④colaboratoryの設定確認



## AIを育てよう【強化編】

### 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行

- 以下メインプログラム部分

1. インポート
2. 訓練用ニューラルネットワーク定義
3. 訓練結果表示関数の定義
4. メイン関数の定義
5. プログラムの実行の5つのセルに分かれています。

訓練を開始するには1~4のセルを実行後に5のセルを実行してください。

プログラムを修正した場合は、そのセルを再実行しおした後に、「プログラムの実行」セルを実行してください。



## AIを育てよう【強化編】

### 訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行



## AIを育てよう【強化編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行



## AIを育てよう【強化編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

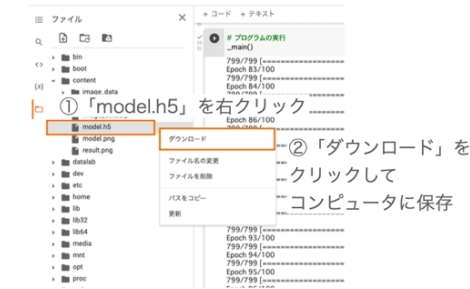
⑤結果の表示



## AIを育てよう【強化編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤推論モデルのダウンロード



## AIを育てよう【強化編】

推論モデルをEV3に転送し  
プログラムを実行しよう

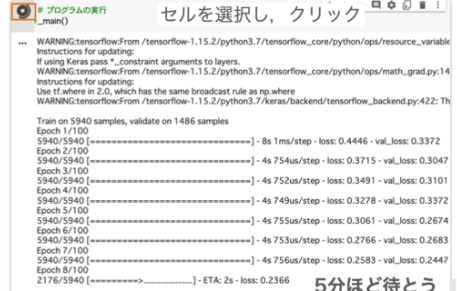
EV3をコースの直線部分に置いてから



## AIを育てよう【強化編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

⑤人工知能プログラムの実行



## AIを育てよう【強化編】

訓練データをGoogle Colaboratoryにアップロードし  
推論モデルを構築しよう

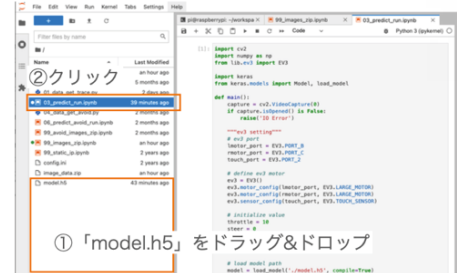
結果の記録【2回目】

結果を参考にepoch95~100の  
loss ( ) と val\_loss ( )  
のおおよその平均値を表に記入しよう

iPadでグラフの写真を撮って貼り付けよう	
1回目	2回目
コースをはみ出た回数	
1回目	2回目

## AIを育てよう【強化編】

推論モデルをEV3に転送し  
プログラムを実行しよう



## AIを育てよう【強化編】

生活や社会でAIによる画像認識技術が活用されたら  
より生活が便利になる場面について考えよう

AIによる画像認識が活用できそうな場面

生活や社会の課題 (AIを活用することで生活が便利になる理由)

画像認識を用いた課題解決の方法 (認識する画像の特徴や着目点)

## まとめ

画像認識の技術を体験してわかったことや  
考えたことを振り返ろう

## 第7章 技術科教育における小型人型ロボット教材による AI リテラシー育成

中 村 光 希\* 水 野 頌之助\*\* 山 崎 貞 登\*\*\*

### 要 旨

本研究では、S社の小型人型ロボットとブロック型プログラミングツール及び、オンライン教育教材を活用し、中学校技術科において、生徒のAIリテラシーに関する題材学習の事前と事後に、質問紙調査とマインドマップ調査を実施し、AIリテラシーの変容について、質問紙回答とマインドマップの記述を分析し検討した。研究対象は、2022年度N県J市立J中学校第3学年計5クラス計134人、授業者は同校技術教諭（男性、教職経験18年）、授業実践は2022年6月から12月に実施した。1時間目(事前)と5時間目(事後)に実施した5段階尺度からなる質問紙回答状況及び、「AIの説明について」と「AIの活用について」のマインドマップによる生徒の記述を、二要因分散分析と、KH Coderを用いてテキストマイニング分析を行った。AIリテラシー育成の効果を検証するために、事前・事後の計15の各設問項目に対する回答について、授業実践前後とクラス間の2要因(対応のあるデータ2水準×対応のないデータ5水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった。事前・事後の主効果において有意であった設問は、11項目見られた。クラス間での主効果は、有意であった設問が2項目見られた。事前・事後における、「AIの説明について」と「AIの活用について」のマインドマップの記述結果を分析した。事前調査では、AIは情報を収集し、高速な計算や情報処理ができること、コンピュータが自分でデータの特徴を発見して学習していること、それらの情報から画像認識や対話生成、音声認識を行っていることを挙げていた。事後調査では、AI技術に対する理解が深まり、1つのクラスターに所属する語はなかったが、クラスターに所属する語の数が増えたことを報告した。

### KEY WORDS

技術科(Technology subject), AIリテラシー(AI literacy), プログラミング(Programming), カリキュラム・デザイン(Curriculum design), 小型人型ロボット(Small humanoid robot)

#### 7.1 はじめに

##### 7.1.1 研究目的

本研究の目的は、公立中学校第3学年生徒を対象に、「中学校学習指導要領(2017年告示)解説 技術・家庭編」<sup>(1)</sup>技術分野(以下、技術科)「D情報の技術」の「(3)計測・制御のプログラミング」を学習項目として、S社の小型人型ロボット<sup>1)</sup>を教材として、中学校技術・家庭科技術分野(以下、「技術科」)「D情報の技術」を中心としたAIリテラシーを育成するためのカリキュラムのデザインと、授業実践に基づき、デザインしたカリキュラムによる学習効果を検証することである。

##### 7.1.2 問題の所在

今日、技術の進歩、グローバル化等によって複雑化し予測困難な社会が訪れ、少子高齢化による労働力の低下が危惧されている。Society5.0を迎える我が国において、AI技術の活用が求められている<sup>(2)</sup>。さらに、日本経済団体連合会は、Society5.0時代に向けて、「自分の頭で考え、自ら課題を見つけ、解決策を設計し、AIなどを活用してそれ

---

\*上越教育大学修士課程院生 \*\*上越市立城北中学校 \*\*\*上越教育大学自然・生活教育学系



を現実のものとする人材」を求めている<sup>(3)</sup>。また、内閣府(2019)が策定した「AI 戦略 2019」によると、教育現場において、AI を作り、生かす新たな社会の実現の為に、小・中学校における情報教育の改革を提言している<sup>(4)</sup>。そのため、AI の利便性や、反対に技術の悪用と限界についても学ぶ必要があると考える。

一方で、米国を例に比較してみると、日本の教育現場における、児童・生徒を対象とした AI リテラシー教育の研究や具体的な実践例は、かなり不足している。そのため本研究では、小型の人型ロボットとブロック型プログラミングツール及び、オンライン教育教材を活用し、中学校技術科において、AI リテラシー育成を図るカリキュラムのデザインと、実践により学習効果を検証することとした。

## 7.2 研究対象と方法

### 7.2.1 研究対象

本研究対象は、2022 年度 N 県 J 市立 J 中学校第 3 学年計 5 クラスの計 134 人であった。授業は、同校技術教諭（男性、教職経験 18 年）に依頼し、2022 年 6 月から 12 月に授業を行った。

### 7.2.2 供試教材

本授業実践で使用した教材は、松田ら(2020)<sup>(5)</sup>、日比野ら(2022)<sup>(6)</sup>、中村亮健(2023)<sup>(7)</sup>と同様に、S 社（2021）の人型ロボット(図 7-1)、S 社（2021）プログラミングソフト(図 7-2)及びオンライン教育用動画教材を活用した(図 7-3)。



図 7-1 小型人型ロボット

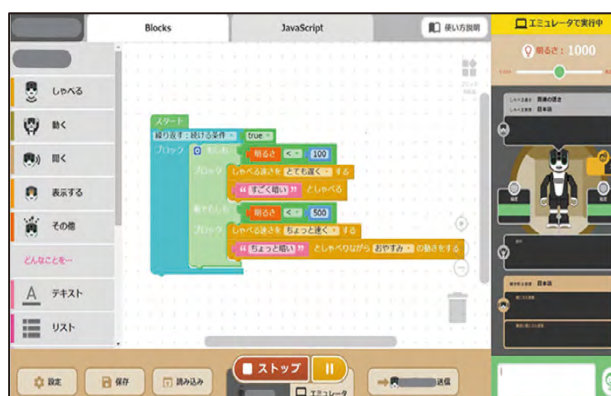


図 7-2 プログラミングソフト



図 7-3 オンライン教育用動画教材

S 社の人型ロボットは、スマートフォンとロボットが一体となったモバイル型ロボット電話である。人型ロボットには、カメラとマイクのセンサが内蔵され、三つの AI エンジン(音声認識・対話生成・画像認識)を搭載してい

る。インターネットに接続することで、人型ロボットと複数のパソコンやタブレット等の情報端末がつながる。これにより、対話生成を楽しんだり、人型ロボットの音声認識や画像認識機能を生かした AI プログラムを作成したりすることができ、体験的に AI とプログラミングについて学ぶことができる。また、文部科学省による GIGA スクール構想によって、各教室への Wi-Fi 環境整備と、一人一台タブレットが配布されたため、全ての中学校現場での活用が可能である。

プログラミングソフトは、しゃべるブロック、動くブロック等、様々なブロックを組み合わせるプログラムを作成するブロック型プログラミングアプリケーションである。

動画教材は、S 社が小・中学生を対象にした AI ロボットプログラミングオンライン授業に向けて開発したものである。なお、動画教材の URL は、YouTube 動画であるが市販商品であるために、購入することにより URL へのアクセスが可能であり、公開されていない。

本研究では、動画教材を全て見せて授業を展開するのではなく、予め教材研究をした上で、動画場面を絞って提示することで、生徒の AI リテラシー育成を高めることを意図した。

### 7.3 実践カリキュラム

実践カリキュラムを、表 7-1 に示す。

表 7-1 実践カリキュラムの題材指導計画（計 5 時間）

時数	学習活動	評価規準と学習指導要領に残す観点
1	Society5.0 と AI を知り、ロボホンと触れ合おう。	・情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして課題を設定し解決することについて考えている D(3)【思考・判断・表現】
2	プログラミング的思考を学ぼう！活用しよう！	・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念について理解し、技能を身に付けている D(4)【知識・技能】
3	プログラミング的思考を学ぼう！活用しよう！	・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいて改良、応用したりすることについて、考えている D(4)【思考・判断・表現】
4	画像認識プログラムを作成し、AI を体験しよう！	・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている D(4)【思考・判断・表現】
5	プログラミング的思考を学ぼう！活用しよう！	・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている D(3)【主体的に学習に取り組む態度】

実践カリキュラムの第 1 時～第 5 時の展開を、表 7-2 に示す。

表 7-2 第 1 時～第 5 時の実践カリキュラム

1 本時の学習目標と評価規準（全 5 時間 本時 1 時間目） 本時の学習目標： Society5.0 と AI を知り、ロボホンと触れ合おう。 本時の評価規準 ・情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして課題を設定し解決することについて考えている。 D(3)【思考・判断・表現】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）		
2 本時の展開		
時間 (分)	□学習活動	■教師の働きかけ・生徒の反応、指導上の留意点 ◎評価規準
導入 前 20 (20)	□事前質問紙調査を回答する  □人工知能(以下、AI)の「活用」と、「説明」の マインドマップを作成する。  □本題材の目標と概要を確認する。	□本題材の目標と概要を指示する。
導入 5 (25)	題材の学習目標：小型人型ロボットでプログラミング	

	<input type="checkbox"/> 本時の目標を知る	<input checked="" type="checkbox"/> 本時の目標を確認させる。
本時の学習目標と評価規準 本時の学習目標： Society5.0 と AI を知り、ロボホンと触れ合おう。 本時の評価規準 ・情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして課題を設定し解決することについて考えている。 D(3)【思考・判断・表現】(評価方法：取説のワークシート、行動観察)		
展開 15 (40)	<input type="checkbox"/> 動画教材を活用し、社会の変化と技術、Society5.0 の時代を支える「IoT」「ビッグデータ」「AI」などのキーワードについて知り、学習の見通しを持つ。 <input type="checkbox"/> 「情報の技術の見方・考え方」とは何かを知る。情報の技術の最適化する過程として、AI が誕生した経緯について理解する。 <input type="checkbox"/> 本時の目標（評価規準）を確認する <input type="checkbox"/> 基本操作の後に動画教材 1 時間目の練習問題に取り組む	※評価規準 ・情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして課題を設定し解決することについて考えている。 D(3)【思考・判断・表現】(評価方法：学習シート、行動観察) ※評価規準 ・情報の技術の見方・考え方を働かせて、問題を見いだして課題を設定し解決することについて考えている。 D(3)【思考・判断・表現】(評価方法：学習シート、行動観察) B 基準 概ね満足できる知識・技能であると判断できる。 A 基準 十分満足できる知識・技能であると判断できる。
振り返り 10(50)	<input type="checkbox"/> 本時学習の振り返りを、ワークシートに記入する。 <input type="checkbox"/> 次時の目標（評価規準）と、学習活動について確認をする。 ※次時の学習目標 本時の学習目標： プログラミング的思考を学ぼう！活用しよう！ ※次時の評価規準 ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念について理解し、技能を身に付けている。D(4)【知識・技能】 ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいて改良、応用したりすることについて、考えている D(4)【思考・判断・表現】	<input checked="" type="checkbox"/> 次時の学習目標と学習活動の流れを生徒に説明する。

## 第 2 時間目の実践カリキュラム

本時の学習（全 5 時間 本時 2 時間）

(1) 本時の学習目標： 「順次」、「条件分岐」、「反復」の情報処理の手順を用いて、ロボホンと対話するプログラムを制作しよう。

本時の評価規準

・安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身に付けている。D(3)【知識・技能】(評価方法：取説のワークシート、行動観察)

### (2) 本時の展開

時 間 分	<input type="checkbox"/> 学習内容・活動 ○生徒の反応	<input type="checkbox"/> 主な教師の働きかけ、指導上の留意点、◎評価規準
導入 (10)	<input type="checkbox"/> 前時の学習を想起し、本時の活動と目標（評価規準）を確認する。 <input type="checkbox"/> 本時の目標（評価規準）を確認する	<input checked="" type="checkbox"/> 前時の学習を想起させ、本時の活動と目標（評価規準）を確認させる。 <input checked="" type="checkbox"/> 本時の目標を確認させる。
本時の学習目標： 「順次」、「条件分岐」、「反復」の情報処理の手順を用いて、ロボホンと対話するプログラムを制作しよう。 本時の評価規準 ・安全・適切なプログラムの制作、動作の確認及びデバッグ等ができる技能を身に付けている。D(3)【知識・技能】(評価方法：取説のワークシート、行動観察)		
展開 (35 分)	<input type="checkbox"/> 1 人 1 台タブレットを使用し、4 人のタブレットを 1 台のロボホンに接続する。 <input type="checkbox"/> 動画教材を確認しプログラミングを中心に行う。 <input type="checkbox"/> 順次処理を理解する。 <input type="checkbox"/> 分岐処理を理解する。 <input type="checkbox"/> 反復処理を理解する。	※評価規準 ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念について理解し、技能を身に付けている。D(4)【知識・技能】(評価方法：取説のワークシート、行動観察)

振 り 返 り	<p>□本時学習の振り返りを、ワークシートに記入する。</p> <p>□次時の目標（評価規準）と、学習活動について確認をする。</p> <p>※次時の学習目標 画像認識プログラムを作成し、AI を体験しよう！を行う</p> <p>※次時の評価規準 ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている D(4)【思考・判断・表現】</p>	<p>・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいて改良、応用したりすることについて、考えている D(4)【思考・判断・表現】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）</p> <p>※評価規準 ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念について理解し、技能を身に付けている。D(4)【知識・技能】（評価方法：取説のワークシート、行動観察） ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいて改良、応用したりすることについて、考えている D(4)【思考・判断・表現】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）</p> <p>B基準 概ね満足できる知識・技能であると判断できる。</p> <p>A基準 十分満足できる知識・技能であると判断できる。</p> <p>■次時の学習目標と学習活動の流れを生徒に説明する。</p>
---------	---	--

本時の学習（全 5 時間 本時 3～4 時間）

(1) 本時の学習目標： 画像認識プログラムを作成し、AI を体験しよう！

本時の評価規準

- ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念について理解し、技能を身に付けている。D(4)【知識・技能】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）
- ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいて改良、応用したりすることについて、考えている D(4)【思考・判断・表現】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）
- ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている D(4)【主体的に学習に取り組む態度】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）

(2) 本時の展開

時 間 分	□学習内容・活動 ○生徒の反応	■主な教師の働きかけ、指導上の留意点 ○評価規準
導入 10(10)	□前時の学習を想起し、本時の学習活動と学習目標（評価規準）を確認する。	<p>■前時の学習を想起させ、本時の活動と目標（評価規準）を確認させる。</p> <p>■本時の目標を確認させる。</p>

本時の学習目標： 画像認識プログラムを作成し、AI を体験しよう！

本時の評価規準

- ・生活や社会に果たす役割や影響に基づいた情報の技術の概念について理解し、技能を身に付けている。D(4)【知識・技能】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）
- ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術の評価し、適切に選択、管理・運用したり、新たな発想に基づいて改良、応用したりすることについて、考えている D(4)【思考・判断・表現】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）
- ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている D(4)【主体的に学習に取り組む態度】（評価方法：取説のワークシート、行動観察）

展開 (33 分)	<p>□動画教材を活用し、今の AI の能力や働きについて理解する。</p> <p>□動画教材とロボホン・ロボリックを相互に活用して画像認識プログラムを作成する。</p> <p>□グループでオリジナルの画像認識プログラムを作成する。</p>	<p>■例として消しゴムを認識する。</p> <p>※評価規準 ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている D(4)【思考・判断・表現】（評価方法：学習シート、行動観察）</p> <p>※評価規準 ・よりよい生活や持続可能な社会の構築に向けて、情報の技術を工夫し創造していこうとしている D(4)【思考・判断・表現】（評価方法：学習シート、行動観察）</p> <p>B基準 概ね満足できる知識・技能であると判断できる。</p> <p>A基準 十分満足できる知識・技能であると判断できる。</p>
振 り 返 り (7 分)	<p>□本時学習の振り返りを、ワークシートに記入する。</p> <p>□次時の目標（評価規準）と、学習活動について確認をする。</p> <p>※次時の学習目標 AI との関わり方について考えよう。</p> <p>※次時の評価規準 ・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている。D(3)【主体的に学習に取り組む態度】</p>	

本時の学習（全 5 時間 本時 5 時間）

(1) 本時の学習目標： AI との関わり方について考えよう。

本時の評価規準

- ・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている。D(3)【主体的に学習に取り組む態度】

(2) 本時の展開

時 間 (分)	□学習内容・活動○生徒の反応	■主な教師の働きかけ、指導上の留意点 ◎評価規準
導入 (10)	□前時の学習を想起し、本時の目標（評価規準）を確認する。	■前時の学習を想起させ、本時の活動と目標（評価規準）を確認させる。
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>本時の学習目標： AI との関わり方について考えよう。</b></p> <p><b>本時の評価規準</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている。D(3)【主体的に学習に取り組む態度】</li> </ul> </div>		
展開 30(40)	<p>□動画教材を活用して、AI は万能なのか、怖いものなのか考え、Society5.0 の時代に大切なことを考える。</p> <p>□動画教材を活用して、音声認識と画像認識、ディープラーニングについて学習する。</p> <p>□動画教材を活用して、AI 時代と Society5.0 に大切なことは何か学習する。</p> <p>□AI の活用と説明の事後マインドマップを作成し事前と比較する。</p>	<p>※評価規準</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている。D(3)【主体的に学習に取り組む態度】（評価方法：学習シート、行動観察）</li> </ul> <p>※評価規準</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自らの問題解決とその過程を振り返り、よりよいものとなるよう改善・修正しようとしている。D(3)【主体的に学習に取り組む態度】（評価方法：学習シート、行動観察）</li> </ul> <p>B 基準 概ね満足できる知識・技能であると判断できる。</p> <p>A 基準 十分満足できる知識・技能であると判断できる。</p>
振り返り 10(50)	<p>□事後質問紙調査を行う。</p> <p>□本時学習の振り返りを、ワークシートに記入する。</p>	

#### 7.4 AI リテラシーに関する事前・事後の質問紙調査とマインドマップ調査

本研究では実践後に、量的調査として題材の導入時に行う事前調査と、題材の最後に行う事後質問紙調査、質的調査として、事前・事後のマインドマップ調査を実施し、2 つの側面から、AI リテラシーの変容を調査した。質問紙調査の質問項目を表 7-3 に示す。マインドマップ調査で使用したワークシートを、図 7-4 に示す。

表 7-3 事前・事後質問紙調査項目

1. プログラミングに興味・関心があるか
2. AI に興味・関心があるか
3. AI について学習するのは楽しい
4. AI を怖いと感じる
5. AI は、自分の役に立つと思う
6. AI の利用で、今後どのような社会になると予想されているか知っている
7. AI の「音声機能」の機能について、知っている
8. AI の「対話生成」の機能について、知っている
9. AI の「画像認識」の機能について、知っている
10. AI の「認識」と「学習処理」の関係について知っている。
11. AI を活用するには、学習データが必要であることを知っている
12. AI を活用するには、多くの学習データが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている
13. AI による「深層学習(ディープラーニング)」について知っている
14. AI には「利便性(メリット)」と「リスク」があることを、知っている
15. AI 時代に大切なことはなにを知っている

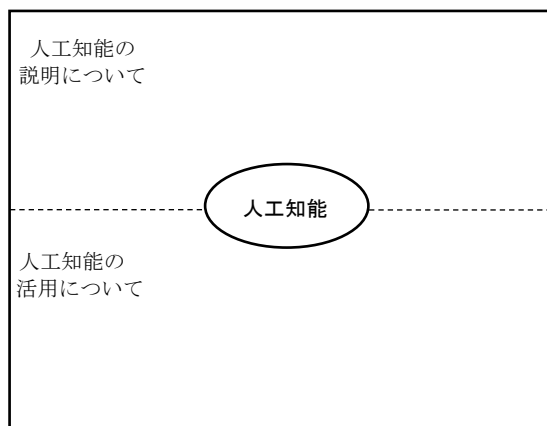


図 7-4 マインドマップのワークシート

表 7-3 の質問紙調査は、全 15 項目で、1 時間目の学習活動の前と、5 時間目の学習活動の後に、Google フォームを用いて、5 件法（5：とてもあてはまる、4：ややあてはまる、3：どちらともいえない、2：ややあてはまらない、1：とてもあてはまらない）での調査を実施した。質問紙調査は、廣瀬・福岡(2021)<sup>(8)</sup>の質問紙調査を参考に、



著者らで協議し、作成した。本質問紙調査では、プログラミング学習、AI に関する興味・関心など個々の意欲に関する側面と、認識と学習処理の関係、推論といった AI に関連する概念や用語の理解の 2 つの側面から調査を実施した。

マインドマップ調査は、廣瀬・福岡(2021)<sup>(8)</sup>を用いた。マインドマップに関しては、「人工知能の活用について」(生活や社会のどのような場面で活用されているか)、「人工知能の説明」(人工知能について知っていること、仕組み)の 2 つについて、事前・事後の 2 回調査を実施した。分類は、生徒自身で行った。筆者は、第一円のみ抽出し分析を行い、それぞれの語句の要素数と要素の内容の変容を調査した。マインドマップ調査シート(図 7・4)は、1 時間目のワークシートと 5 時間目のワークシートに掲載した。授業者は、実践前と実践後に記入するように指示した。

## 7.5 結果と考察

### 7.5.1 AI リテラシーに関する事前・事後の質問紙調査

各クラスの事前・事後質問紙調査の結果を、表 4 に示す。本質問紙調査の分析は、清水(2016)<sup>(9)</sup>の「統計分析ソフト HAD」(2022 02/20)の二要因分散分析(対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準)を使用した。

表 7-4 各クラスの事前・事後質問紙調査の結果

質問項目	A 組	B 組	C 組	D 組	E 組	主効果の有無
	N(人) M <sup>1)</sup> (SD) <sup>2)</sup>	N(人) M <sup>1)</sup> (SD) <sup>2)</sup>	N(人) M <sup>1)</sup> (SD) <sup>2)</sup>	N(人) M <sup>1)</sup> (SD) <sup>2)</sup>	N(人) M <sup>1)</sup> (SD) <sup>2)</sup>	
1.事前	12 3.083 (1.443)	18 3.833 (1.150)	17 3.824 (0.809)	13 3.154 (1.144)	23 3.913 (0.848)	F=.610, df=4, p=.657, n.s., $\eta^2=.030$ F=.142, p=.707, n.s., $\eta^2=.002$ F=2.816, p=.031<.05, $\eta^2=.126$ , 95%CI[.000, .232]
1.事後	12 3.083 (1.443)	18 4.111 (1.079)	17 3.765 (0.970)	13 3.231 (1.092)	23 3.870 (0.920)	
2.事前	12 3.250 (0.965)	18 3.833 (1.249)	17 3.882 (0.600)	13 4.000 (1.080)	23 3.957 (0.825)	F=1.178, df=4, p=.327, n.s., $\eta^2=.057$ F=3.188, p=.078, n.s., $\eta^2=.039$ F=1.375, p=.250, n.s., $\eta^2=.066$ , 95%CI[.000, .150]
2.事後	12 3.583 (1.311)	18 4.222 (0.943)	17 4.059 (0.659)	13 4.077 (0.494)	23 3.826 (0.650)	
3.事前	12 3.750 (0.754)	18 4.056 (1.056)	17 3.882 (0.697)	13 3.923 (0.862)	23 4.261 (0.689)	F=1.605, df=4, p=.181, n.s., $\eta^2=.076$ F=.195, p=.660, n.s., $\eta^2=.002$ F=2.690, p=.037<.05, $\eta^2=.121$ , 95%CI[.000, .226]
3.事後	12 3.471 (1.165)	18 4.389 (0.850)	17 3.824 (0.883)	13 3.692 (1.032)	23 4.348 (0.573)	
4.事前	12 2.667 (1.435)	18 2.778 (1.555)	17 2.706 (1.490)	13 3.231 (1.301)	23 3.261 (1.214)	F=.928, df=4, p=.452, n.s., $\eta^2=.045$ F=4.437, p=.038<.05, $\eta^2=.054$ F=.399, p=.089, n.s., $\eta^2=.020$ , 95%CI[.000, .061]
4.事後	12 3.250 (1.138)	18 3.111 (1.451)	17 3.059 (1.560)	13 3.462 (1.198)	23 3.130 (1.100)	
5.事前	12 4.417 (0.793)	18 4.222 (0.808)	17 4.353 (0.702)	13 4.385 (0.650)	23 4.348 (0.714)	F=.185, df=4, p=.945, n.s., $\eta^2=.009$ F=7.509, p=.008<.01, $\eta^2=.088$ F=.418, p=.795, n.s., $\eta^2=.021$ , 95%CI[.000, .063]
5.事後	12 4.667 (0.651)	18 4.389 (0.850)	17 4.471 (0.717)	13 4.692 (0.480)	23 4.609 (0.583)	

設問 1. プログラミングに興味・関心があるか  
 設問 2. AI に興味・関心があるか  
 設問 3. AI について学習するのは楽しい  
 設問 4. AI は、怖いと感じる  
 設問 5. AI は、自分の役に立つと思う

表 7-4 (続き) 各クラスの事前・事後質問紙調査の結果

6.事前	12 3.167 (1.467)	18 3.278 (1.047)	17 3.588 (1.176)	13 3.769 (0.725)	23 3.391 (1.076)	F=.805, df=4, p=.526, n.s., $\eta^2=.040$ F=1.123, p=.293, n.s., $\eta^2=.014$ F=.452, p=.771, n.s., $\eta^2=.023$ , 95%CI[.000, .068]
6.事後	12 3.583 (0.669)	18 3.389 (1.092)	17 3.765 (0.903)	13 3.462 (1.266)	23 3.652 (0.775)	
7.事前	12 3.667 (1.371)	18 4.000 (0.970)	17 4.294 (0.686)	13 3.769 (1.536)	23 4.000 (1.206)	F=.825, df=4, p=.513, n.s., $\eta^2=.041$ . F=18.812, p=.000<.01, $\eta^2=.194$ F=.551, p=.699, n.s., $\eta^2=.027$ , 95%CI[.000, .080]
7.事後	12 4.667 (0.492)	18 4.333 (0.767)	17 4.588 (0.507)	13 4.462 (0.776)	23 4.609 (0.583)	
8.事前	12 2.750 (1.485)	18 3.556 (1.199)	17 3.529 (1.068)	13 2.769 (1.423)	23 3.087 (1.411)	F=1.656, df=4, p=.169, n.s., $\eta^2=.078$ . F=45.905, p=.000<.01, $\eta^2=.370$ F=.620, p=.650, n.s., $\eta^2=.031$ , 95%CI[.000, .087]
8.事後	12 4.167 (1.337)	18 4.000 (1.138)	17 4.353 (0.702)	13 4.385 (0.768)	23 4.217 (0.850)	
9.事前	12 2.833 (1.267)	18 3.667 (1.188)	17 3.822 (0.928)	13 3.692 (1.494)	23 3.913 (1.164)	F=1.984, df=4, p=.105, n.s., $\eta^2=.092$ F=38.700, p=.000<.01, $\eta^2=.332$ F=1.016, p=.404, n.s., $\eta^2=.050$ , 95%CI[.000, .123]
9.事後	12 4.667 (0.492)	18 4.389 (1.037)	17 4.471 (0.624)	13 4.462 (0.776)	23 4.609 (0.583)	
10.事前	12 2.500 (1.243)	18 3.000 (1.188)	17 3.353 (1.057)	13 3.077 (1.320)	23 3.087 (1.240)	F=.400, df=4, p=.808, n.s., $\eta^2=.020$ F=19.362, p=.000<.01, $\eta^2=.199$ F=1.414, p=.237, n.s., $\eta^2=.068$ , 95%CI[.000, .153]
10.事後	12 3.167 (1.528)	18 4.056 (1.056)	17 3.824 (1.131)	13 3.692 (1.032)	23 3.826 (0.984)	
11.事前	12 3.583 (1.379)	18 4.000 (0.840)	17 4.176 (0.809)	13 4.308 (0.480)	23 3.913 (1.203)	F=1.214, df=4, p=.301, n.s., $\eta^2=.060$ F=34.718, p=.000<.01, $\eta^2=.308$ F=.769, p=.548, n.s., $\eta^2=.038$ , 95%CI[.000, .102]
11.事後	12 4.667 (0.651)	18 4.833 (0.383)	17 4.765 (0.437)	13 4.538 (0.660)	23 4.565 (0.728)	
12.事前	12 3.333 (1.497)	18 4.056 (0.938)	17 4.000 (1.000)	13 3.769 (1.013)	23 3.478 (1.123)	F=.749, df=4, p=.561, n.s., $\eta^2=.037$ F=20.306, p=.000<.01, $\eta^2=.207$ F=.867, p=.488, n.s., $\eta^2=.043$ , 95%CI[.000, .111]
12.事後	12 4.167 (1.337)	18 4.389 (0.778)	17 4.353 (1.169)	13 4.538 (0.776)	23 4.304 (0.974)	
13.事前	12 1.417 (0.793)	18 2.222 (1.437)	17 1.824 (1.185)	13 2.000 (1.225)	23 2.565 (1.237)	F=1.470, df=4, p=.219, n.s., $\eta^2=.070$ F=87.142, p=.000<.01, $\eta^2=.528$ F=1.225, p=.307, n.s., $\eta^2=.059$ , 95%CI[.000, .140]
13.事後	12 3.500 (1.567)	18 4.000 (1.283)	17 4.176 (1.015)	13 3.846 (1.281)	23 3.652 (1.301)	
14.事前	12 3.917 (1.379)	18 4.000 (0.907)	17 3.765 (1.562)	13 4.231 (0.832)	23 3.957 (1.022)	F=.326, df=4, p=.860, n.s., $\eta^2=.016$ F=28.440, p=.000<.01, $\eta^2=.267$ F=.508, p=.730, n.s., $\eta^2=.025$ , 95%CI[.000, .075]
14.事後	12 4.500 (0.522)	18 4.667 (0.686)	17 4.294 (1.213)	13 4.615 (0.506)	23 4.696 (0.559)	
15.事前	12 2.917 (1.379)	18 3.278 (1.320)	17 3.412 (0.939)	13 4.000 (0.913)	23 3.391 (1.118)	F=.515, df=4, p=.725, n.s., $\eta^2=.026$ F=17.582, p=.000<.01, $\eta^2=.184$ F=1.694, p=.160, n.s., $\eta^2=.080$ , 95%CI[.000, .171]
15.事後	12 4.000 (0.739)	18 3.833 (1.098)	17 4.059 (0.827)	13 4.308 (0.947)	23 4.087 (0.733)	
設問 6. AI の利用で、今後どのような社会になると予想されているか知っている 設問 7. AI の「音声認識」の機能について知っている 設問 8. AI の「対話生成」の機能について知っている 設問 9. AI の「画像認識」の機能について知っているか 設問 10. AI の「認識」と「学習処理」の関係について知っている 設問 11. AI を活用するには、学習データが必要であることを知っている 設問 12. AI を活用するには、多くの学習データが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている 設問 13. AI による「深層学習（ディープラーニング）」について知っている 設問 14. AI の活用には、「利便性（メリット）」と「リスク」があることを知っている 設問 15. AI 時代に大切なことは何かを知っている						

「設問 1. プログラミングに興味・関心があるか」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.610$ ,  $df=4$ ,  $p=.657$ , n.s.,  $\eta^2=.030$ )。授業実践前後の主効果( $F=.142$ ,  $p=.707$ , n.s.,  $\eta^2=.002$ )は、有意でなかった。また、クラス間での主効果( $F=2.816$ ,  $p=.031<.05$ ,  $\eta^2=.126$ , 95%CI[.000, .232])は、有意であった。

「設問 2. AI に興味・関心があるか」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.178$ ,  $df=4$ ,  $p=.327$ , n.s.,  $\eta^2=.057$ )。授業実践前後の主効果( $F=3.188$ ,  $p=.078$ , n.s.,  $\eta^2=.039$ )は、有意でなかった。また、クラス間での主効果( $F=1.375$ ,  $p=.250$ , n.s.,  $\eta^2=.066$ , 95%CI[.000, .150])は、有意でなかった。

「設問 3. AI について学習するのは楽しい」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.605$ ,  $df=4$ ,  $p=.181$ , n.s.,  $\eta^2=.076$ )。授業実践前後の主効果( $F=.195$ ,  $p=.660$ , n.s.,  $\eta^2=.002$ )は、有意でなかった。また、クラス間での主効果( $F=2.690$ ,  $p=.037<.05$ ,  $\eta^2=.121$ , 95%CI[.000, .226])は、有意であった。

「設問 4. AI は、怖いと感じる」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.928$ ,  $df=4$ ,  $p=.452$ , n.s.,  $\eta^2=.045$ )。授業実践前後の主効果( $F=4.437$ ,  $p=.038<.05$ ,  $\eta^2=.054$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.399$ ,  $p=.089$ , n.s.,  $\eta^2=.020$ , 95%CI[.000, .061])は、有意でなかった。

「設問 5. AI は、自分の役に立つと思う」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.185$ ,  $df=4$ ,  $p=.945$ , n.s.,  $\eta^2=.009$ )。授業実践前後の主効果( $F=7.509$ ,  $p=.008<.01$ ,  $\eta^2=.088$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.418$ ,  $p=.795$ , n.s.,  $\eta^2=.021$ , 95%CI[.000, .063])は、有意でなかった。

「設問 6. AI の利用で、どのような社会になると予想されているか、知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.805$ ,  $df=4$ ,  $p=.526$ , n.s.,  $\eta^2=.040$ )。授業実践前後の主効果( $F=1.123$ ,  $p=.293$ , n.s.,  $\eta^2=.014$ )は、有意でなかった。また、クラス間での主効果( $F=.452$ ,  $p=.771$ , n.s.,  $\eta^2=.023$ , 95%CI[.000, .068])は、有意でなかった。

『設問 7. AI の「音声認識」の機能について知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.825$ ,  $df=4$ ,  $p=.513$ , n.s.,  $\eta^2=.041$ .)。授業実践前後の主効果( $F=18.812$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.194$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.551$ ,  $p=.699$ , n.s.,  $\eta^2=.027$ , 95%CI[.000, .080])は、有意でなかった。

『設問 8. AI の「対話生成」の機能について知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.656$ ,  $df=4$ ,  $p=.169$ , n.s.,  $\eta^2=.078$ .)。授業実践前後の主効果( $F=45.905$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.370$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.620$ ,  $p=.650$ , n.s.,  $\eta^2=.031$ , 95%CI[.000, .087])は、有意でなかった。

『設問 9. AI の「画像認識」の機能について知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.984$ ,  $df=4$ ,  $p=.105$ , n.s.,  $\eta^2=.092$ )。授業実践前後の主効果( $F=38.700$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.332$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=1.016$ ,  $p=.404$ , n.s.,  $\eta^2=.050$ , 95%CI[.000, .123])は、有意でなかった。

『設問 10. AI の「認識」と「画像処理」の関係について知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.400$ ,  $df=4$ ,  $p=.808$ , n.s.,  $\eta^2=.020$ )。授業実践前後の主効果( $F=19.362$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.199$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=1.414$ ,  $p=.237$ , n.s.,  $\eta^2=.068$ , 95%CI[.000, .153])は、有意でなかった。

「設問 11. AI を活用するためには学習データが必要であることを知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.214$ ,  $df=4$ ,  $p=.301$ , n.s.,  $\eta^2=.060$ )。授業実践前後の主効果( $F=34.718$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.308$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.769$ ,  $p=.548$ , n.s.,  $\eta^2=.038$ , 95%CI[.000, .102])は、有意でなかった。

「設問 12. AI を活用するには、多くの学習データが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.749$ ,  $df=4$ ,  $p=.561$ , n.s.,  $\eta^2=.037$ )。授業実践前後の主効果( $F=20.306$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.207$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.867$ ,  $p=.488$ , n.s.,  $\eta^2=.043$ , 95%CI[.000, .111])は、有意でなかった。

『設問 13. AI による「深層学習（ディープラーニング）」について知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=1.470$ ,  $df=4$ ,  $p=.219$ , n.s.,  $\eta^2=.070$ )。授業実践前後の主効果( $F=87.142$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.528$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=1.225$ ,  $p=.307$ , n.s.,  $\eta^2=.059$ , 95%CI[.000, .140])は、有意でなかった。

『設問 14. AI の活用には、「利便性（メリット）」と「リスク」があることを知っている』に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.326$ ,  $df=4$ ,  $p=.860$ , n.s.,  $\eta^2=.016$ )。授業実践前後の主効果( $F=28.440$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.267$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=.508$ ,  $p=.730$ , n.s.,  $\eta^2=.025$ , 95%CI[.000, .075])は、有意でなかった。

「設問 15. AI 時代に大切なことは何かを知っている」に対して、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 3 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった( $F=.515$ ,  $df=4$ ,  $p=.725$ , n.s.,  $\eta^2=.026$ )。授業実践前後の主効果( $F=17.582$ ,  $p=.000<.01$ ,  $\eta^2=.184$ )は、有意であった。また、クラス間での主効果( $F=1.694$ ,  $p=.160$ , n.s.,  $\eta^2=.080$ , 95%CI[.000, .171])は、有意でなかった。

事前・事後の計 15 の各設問項目に対する回答について、授業実践前後とクラス間の 2 要因（対応のあるデータ 2 水準×対応のないデータ 5 水準）分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった。事前・事後の主効果は、有意であった設問が 11 項目見られた。クラス間での主効果は、有意であった設問は、「設問 1. プログラミングに興味・関心があるか」と「設問 3. AI について学習するのは楽しい」の 2 項目見られた。

事前事後質問紙調査の結果から、以下の 3 点について考察する。

第 1 点は、知識及び技能の習得である。『設問 7. AI の「音声認識」の機能について知っている』、『設問 8. AI の「対話生成」の機能について知っている』、『設問 9. AI の「画像認識」の機能について知っている』、『設問 10. AI の「認識」と「画像処理」の関係について知っている』、『設問 11. AI を活用するためには学習データが必要であることを知っている』、『設問 12. AI を活用するには、多くの学習データが必要で、訓練により、多量のデータを解析し、質の高いデータに高める必要があることを知っている』、『設問 13. AI による「深層学習（ディープラーニング）」について知っている』は、主に AI における「認識」と「学習処理」、「ビッグデータの必要性」、「データの質」の理解を問う項目であった。これらの項目で、授業実践前後の主効果が有意であったことから、本教材を用いてカリキュラムのデザインを行う場合でも、AI に関する知識・技能の習得のための学習効果は高いと推察される。

第 2 点は、学びに向かう力・人間性の育成である。「設問 1. プログラミングに興味・関心があるか」、「設問 3. AI について学習するのは楽しい」は、クラス間での主効果に有意差があった。クラス間での主効果に有意差が生じた理由として、本データからは推察することは難しい。一方で、設問 1、設問 3 のプログラミングへの興味、AI 学習への興味を問う項目では、事前の質問紙調査の結果において平均点が高かったことから、事後調査結果との



有意さが生じなかった。したがって、生徒のプログラミングと AI 学習への興味は事後においても高かったといえる。

第3点は、「技術ガバナンス学習」を含むカリキュラムデザインである。『設問 14. AI の活用には、「利便性（メリット）」と「リスク」があることを知っている』、「設問 15. AI 時代に大切なことは何かを知っている」では、授業実践前後の主効果が有意であった。また、「設問 4. AI は、怖いと感じる」、「設問 5. AI は、自分の役に立つと思う」でも、授業実践後の主効果が有意であった。生徒にとって、AI のメリットとリスクを理解することで、恐怖心が薄まりこれからの AI 時代に備える準備ができていることが示唆された。

### 7.5.2 AI リテラシーの事前・事後マインドマップ調査

次に、『AI の「説明」』、『AI の「活用」』のマインドマップ中の文章において、文章から意味のある情報や特徴を見つけ出すためにテキストマイニングを用いて分析を行った。図はテキストデータを要約した多次元尺度構成法で、語と語の類似性や抽出語の出現頻度をマップ上の円の大きさや相対的な位置関係によって表す。また、線の間にある数値は、Jaccard 係数を示しており、0 から 1 の範囲で表される。1 に近いほど、強い共起であることを示す。加えて、テキストデータの前処理として、筆者ら 2 人が表記の統一、誤記の修正を行なった。誤記の修正と表記の統一は、抽出語リスト作成の条件と同一である。AI の「説明」の事前マインドマップ調査を図 7-5、AI の「説明」の事後マインドマップ調査を図 7-6、AI の「活用」の事前マインドマップ調査を図 7-7、AI の「活用」の事後マインドマップ調査を図 7-8 に示す。

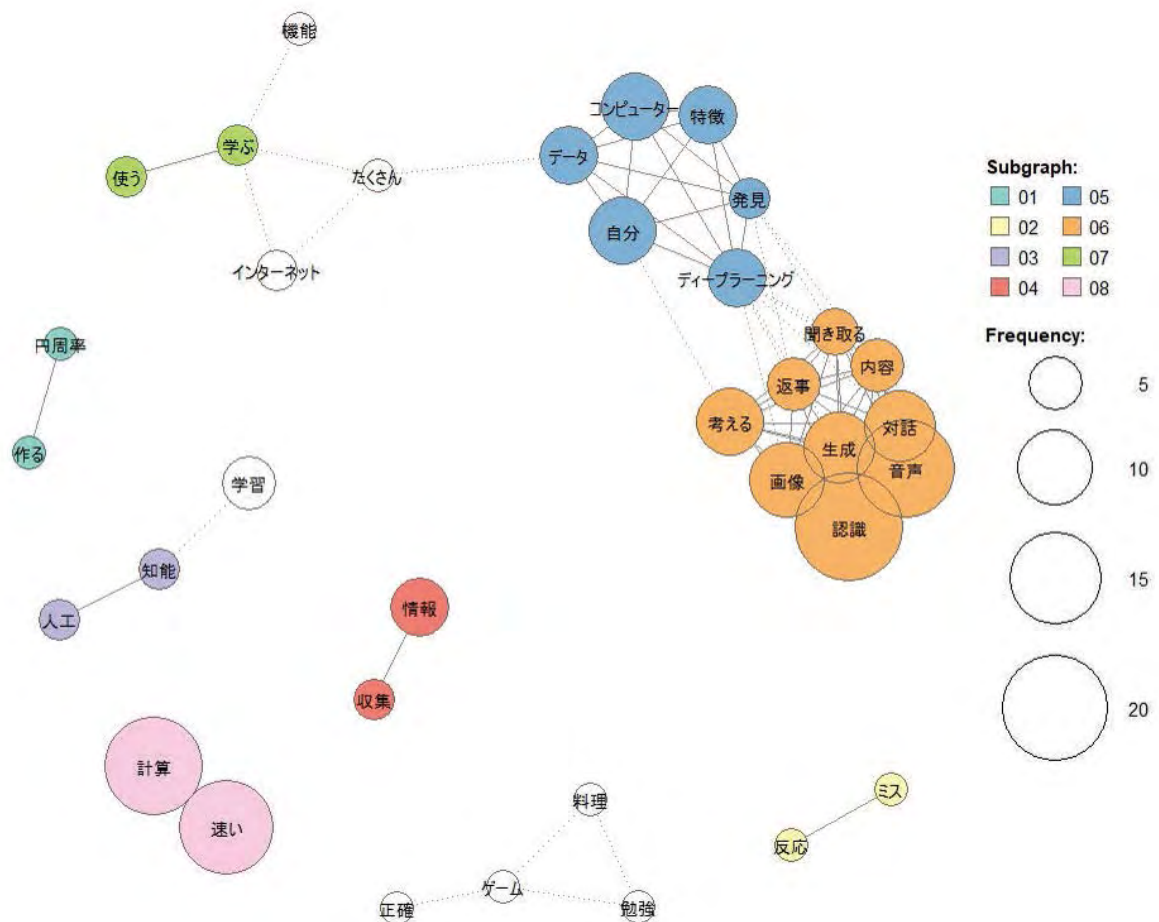


図 7-5 AI の「説明」事前マインドマップ調査結果



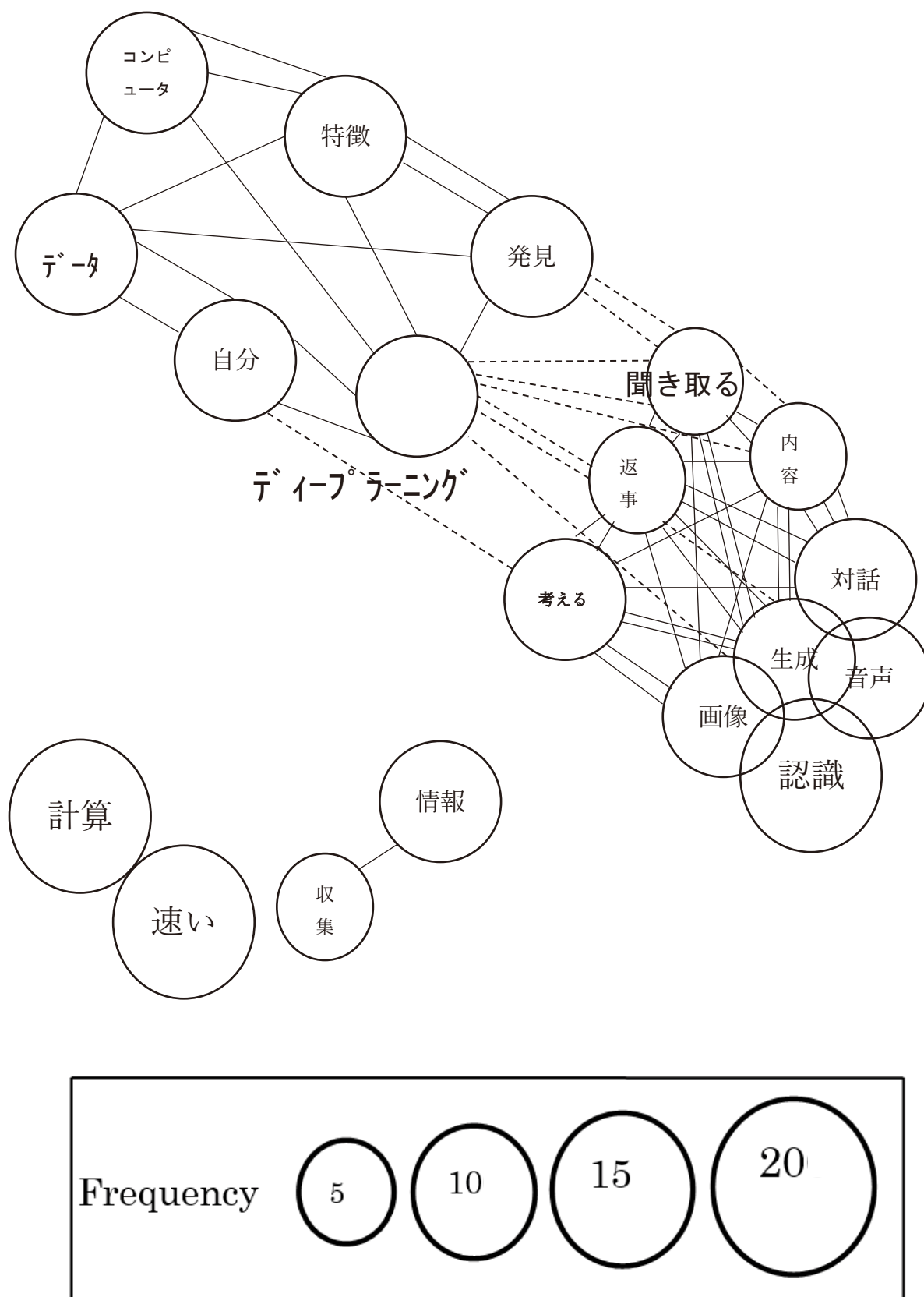


図 7-6 AI の「説明」事前マインドマップ調査結果 サブグラフ

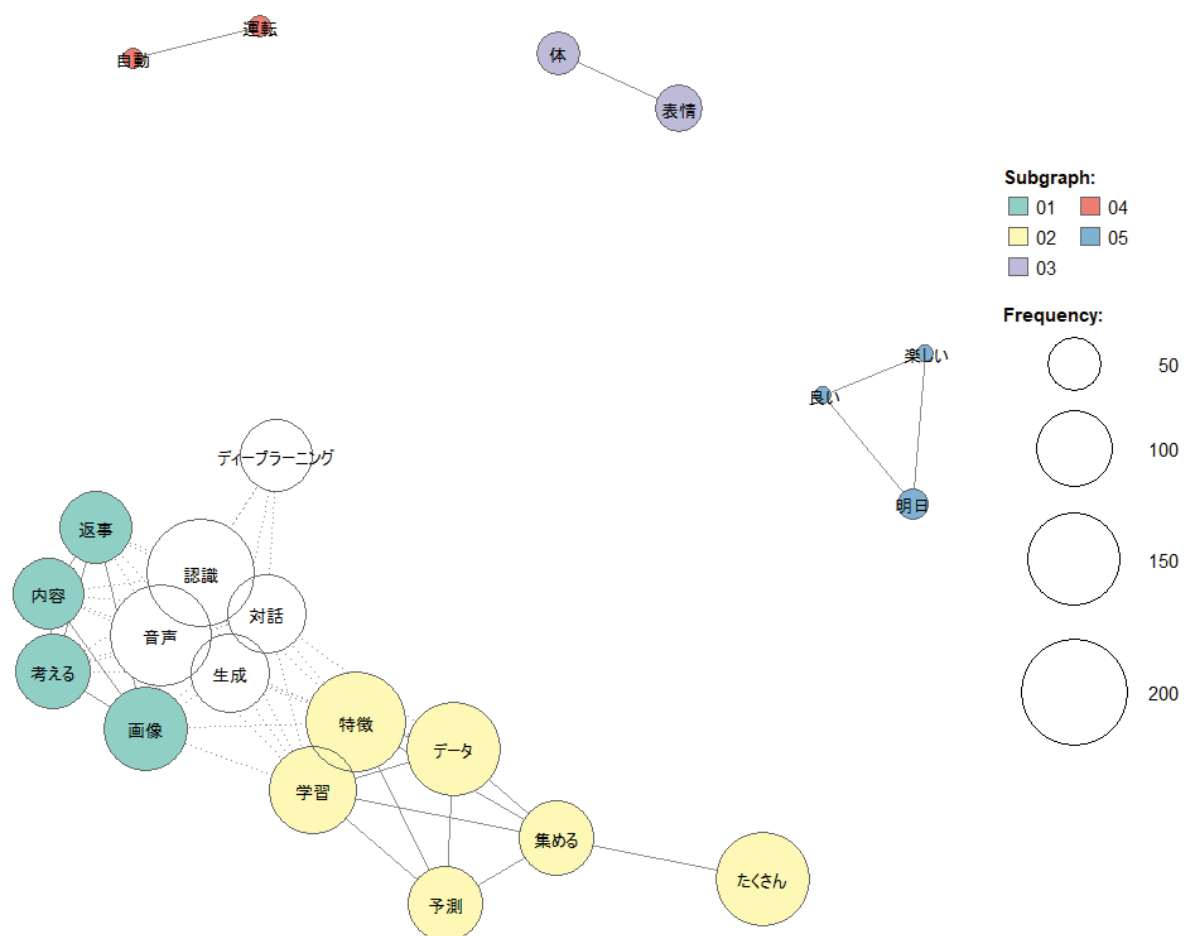


図 7-7 AI の「説明」事後マインドマップ調査結果

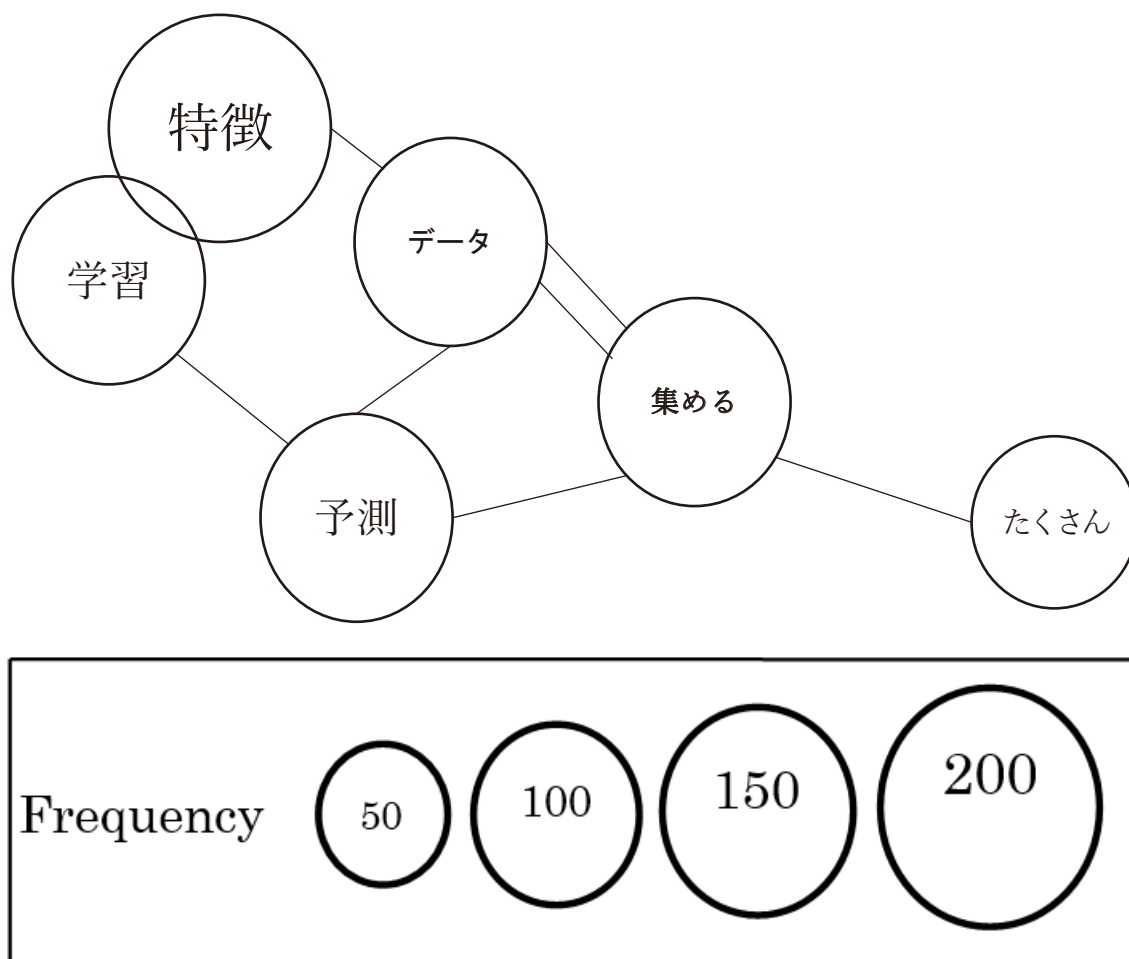


図 7-8 AI の「説明」事後マインドマップ調査結果 サブグラフ

事前調査の AI の「説明」では、主に以下に示す語と語の間での共起を確認した。一つ目は、「対話—生成 (1.0)」 「画像—認識 (.83)」 「音声—認識 (.85)」 の強い関連であった。二つ目は、「データー—コンピュータ (.62)」, 「コンピュータ—特徴 (.62)」 の関連であった。具体的には、「コンピュータが自分でデータの特徴を発見する」等の文章で出現していた。三つ目は、「情報—収集 (.50)」 の関連であった。四つ目は「計算—速い (.74)」 の語と語の強い結びつきであった。具体的には、「計算が速い」等の文章で出現していた。これら四つの結びつきから、AI は情報を収集し、高速な計算や情報処理ができること、コンピュータが自分でデータの特徴を発見して学習していること、それらの情報から画像認識や対話生成、音声認識を行っていることをあげていた。

事後調査での AI の「説明」では、主に以下に示す語と語の間での共起を確認した。一つ目は、「対話—生成 (1.0)」 「画像—認識 (.96)」 「音声—認識 (.99)」 の強い関連であった。二つ目は、「返事—内容 (.95)」, 「返事—考える (.97)」, 「考える—内容 (.97)」 の関連であった。三つ目は、「データー—予測 (.94)」, 「データー—集める (.90)」, 「データー—特徴 (.90)」, 「特徴—学習 (.88)」 の関連であった。四つ目は、「体—表情 (.87)」 の関連であった。これら 4 つの結びつきから、事後調査の段階では、AI は画像認識機能や音声認識機能、対話生成機能を持つことや、体や表情などの情報を集めて、学習や予測をすることができると、より AI の機能について具体的に説明していた。また、事前に見られた「計算—速い」や「円周率—作る」の関連がなくなっていたことから、AI の正しい機能について理解が深まったと推察できる。理由として、人型ロボット教材を開発した企業が作成したテキストに、画像認識機能や音声認識機能は、データの特徴を収集し、学習した内容から答えを予測するという仕組みが記述されているからと推察される。

## 7.6 おわりに

本研究の目的は、公立中学校第3学年生徒を対象に、「中学校学習指導要領(2017年告示)解説 技術・家庭編」技術科「D情報の技術」の「(3)計測・制御のプログラミング」を学習項目として、S社の小型人型ロボット<sup>1)</sup>を教材として、中学校技術・家庭科技術分野（以下、「技術科」）「D情報の技術」を中心としたAIリテラシーを育成するためのカリキュラムのデザインと、授業実践に基づき、デザインしたカリキュラムによる学習効果を検証することであった。1時間目(事前)と5時間目(事後)に実施した5段階尺度からなる質問紙回答状況及び、「AIの説明について」と「AIの活用について」のマインドマップによる生徒の記述を、二要因分散分析と、KH Coderを用いてテキストマイニング分析を行った。結論を、以下の2点に集約する。

- (1) AIリテラシー育成の効果を検証するために、事前・事後の計15の各設問項目に対する回答について、授業実践前後とクラス間の2要因(対応のあるデータ2水準×対応のないデータ5水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった。事前・事後の主効果において有意であった設問は、11項目見られた。クラス間での主効果は、有意であった設問が2項目見られた。
- (2) 事前・事後における、「AIの説明について」と「AIの活用について」のマインドマップの記述結果を分析した。事前調査では、AIは情報を収集し、高速な計算や情報処理ができること、コンピュータが自分でデータの特徴を発見して学習していること、それらの情報から画像認識や対話生成、音声認識を行っていることを挙げていた。事後調査では、AI技術に対する理解が深まり、1つのクラスターに所属する語はなかったが、クラスターに所属する語の数が増えた。

### 注

- 1)シャープ株式会社「ロボホン (RoBoHoN) ®」及び、ブロック型プログラミングツール「ロブリック®」を教材として利用した。<https://www.robohon.com/> (2024年1月8日最終閲覧)

## 引用文献

- (1)文部科学省：中学校学習指導要領(平成29年告示)学習指導要領解説 技術・家庭編，開隆堂出版 (2018)
- (2)内閣府：『総合科学技術・イノベーション会議（第41回）「AIについて」』（2018）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui041/siryo2.pdf> (2024年1月1日最終閲覧)
- (3)[https://www.keidanren.or.jp/policy/2018/095\\_honbun.pdf](https://www.keidanren.or.jp/policy/2018/095_honbun.pdf) (2024年1月1日最終閲覧)
- (4)内閣府：『内閣府統合イノベーション推進会議「AI戦略2019」』（2019）  
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/tizai/brand/attach/pdf/ai-15.pdf> (2024年1月1日最終閲覧)
- (5)松田孝・景井美帆・亀井俊之・桑村海光・人見久城・磯部征尊・大森康正・山崎貞登：STEM/STEAM教育からの小学校段階におけるAIリテラシー育成のための教材開発と評価，上越教育大学研究紀要，第40巻，第2号，pp.631-640 (2021)
- (6)日比野浩規・景井美帆・松永豊・山崎貞登・磯部征尊：AIリテラシー育成に着目したプログラミング教材開発と評価，一般社団法人日本産業技術教育学会実践事例集「テクノロジーとエンジニアリングの教室」，第1巻，pp.1-8 (2021)
- (7)中村亮健：AIリテラシーの育成を目指す教材開発と評価，愛知教育大学教育学研究科(教職大学院)実践研究報告論集，第2巻，pp.568-577 (2023)
- (8)廣瀬泰弘・福岡大輔：「中学技術における人工知能の活用に関する教材研究」，岐阜大学教育学部研究報告，教育研究実践・教師教育研究，第23号，pp.99-104 (2021)
- (9)清水裕士：フリーの統計分析ソフト HAD：機能の紹介と統計学習・教育，研究実践における利用方法の提案，メディア・情報・コミュニケーション研究，第1巻，pp.56-73 (2016) <https://norimune.net/had> (2024年1月9日最終閲覧)

## 第 8 章 STEAM 教育連携の視点からの小学校第 5, 6 学年国語教科書における技術の文脈

山 崎 恭 平\* 山 崎 貞 登\*\*

### 要 旨

本研究の目的は、日本発 STEAM 教育<sup>1)</sup>の推進とともに、STEAM 教育の A の言語能力の育成と、個別の事実的知識・技能の習得のみに終始せず、生活や社会における様々な場面で活用できる概念と思考プロセスの理解を深めるために、小学校学習指導要領(2017 年告示)解説 国語編に基づき 4 社の教科書会社で編集された小学校第 5, 6 学年国語の文部科学省検定済み教科書の題材で、現代及び未来社会を支えるテクノロジー（技術）の文脈の存在と強弱の程度について調査し、検討することであった。文脈とは、用語や文章の意味を決定する状況・背景・前後関係をいう。調査の結果、4 社中 3 社の教科書の題材において、AI の活用は、便益とリスクの両面で社会に影響を与えることについて取り扱っていた。また、4 社の教科書ともに、材料と加工、生物育成、エネルギー変換、プログラミングを含む情報通信技術において、社会的・経済的・公共的価値を改善、新たに創造する技術イノベーションの重要性と、技術のベネフィットとリスクを適切に評価、選択し、国民が協働で管理・運用していく技術ガバナンスに関する題材が見られた。一方、技術の概念とプロセスとは何か、技術の本質の探究方法についての解説がなく、本邦では小学校の技術教育課程基準がないため、技術概念に関する内容標準の必要性を提案した。

### KEY WORDS

STEAM 教育(STEAM education), 技術の文脈(Technological contexts), 国語(Japanese language), 小学校(Elementary school), AI(Artificial Intelligence), 技術イノベーション(Technological innovation), 技術ガバナンス(Technological governance)

### 8.1 はじめに

#### 8.1.1 研究目的と問題の所在

本研究の目的は、日本発 STEAM 教育<sup>1)</sup>の推進とともに、STEAM 教育の A の言語能力の育成と、個別の事実的知識・技能の習得のみに終始せず、生活や社会における様々な場面で活用できる概念の理解や思考プロセスを深めるために、「小学校学習指導要領(2017 年告示)解説 国語編」<sup>(1)</sup>に基づき、計四つの教科書会社で編集された小学校第 5, 6 学年国語の文部科学省検定済み教科書(以下、教科書)の題材で、現代及び未来社会を支えるテクノロジー（以下、技術<sup>2)</sup>）のコンテキスト(以下、文脈)の存在と強弱の程度について調査し、検討することである。文脈とは、用語や文章の意味を決定する状況・背景・前後関係をいう。

2017 年 7 月末までに小学生 1,347 人、中学生 7,073 人、高校生 1 万 4,083 人、高専 198 人、大学生 1,316 人、社会人 600 人が受検した「読解認知特性診断テスト」は、基礎的読解力を測るテスト（リーディングスキルテスト、RST）<sup>3)</sup>で、事実について書かれている短文を正しく理解する能力を測定するためのテストである。同テストは、基本的には CBT（Computer Base Test, コンピュータ上で行うテスト）であり、国立情報学研究所らの研究グループが開発した。調査結果によると、中学生の約 15%は、意味理解の最初のステップである文構造の把握が

---

\*軽井沢風越学園 \*\*自然・生活教育学系



できないまま卒業していることが明らかになった<sup>(2)</sup>。

さらに、2012 年と 2015 年の PISA 調査及び、全国学力・学習状況調査等の結果を踏まえ、2016 年 12 月 21 日の中央教育審議会答申<sup>(3)</sup>及び、小学校学習指導要領(2017 年告示)解説 国語編<sup>(4)</sup>では、国語科の改訂の趣旨及び要点として、国語教育の改善・充実・読解力を支える語彙力の強化(例：学習指導要領における語彙指導の位置付けの明確化、読書活動の充実など)・文章の構造と内容の把握、文章を基にした考えの形成など、文章を読むプロセスに着目した学習の充実(例：文章の構成や展開について記述を基に捉える学習、文章を読んで理解したことを基に自分の考えを深める学習の充実など)・情報活用に関する指導の充実(例：比較や分類など情報の整理に関する指導の充実、実用的な文章を用いた学習活動の充実など)・コンピュータを活用した指導への対応(コンピュータ上の文章の読解や情報活用に関する指導の充実)が掲げられた。

文部科学省(2011)<sup>(4)</sup>は、「言語活動の充実に関する指導事例集～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～」において、児童の発達の段階に応じた指導の充実として、中学年における科学用語や概念を用いた表現の重要性を示した。2017 年告示の小・中学校学習指導要領<sup>(5,6)</sup>、2018 年告示高等学校学習指導要領<sup>(7)</sup>では、各教科等において、個別の事実に知識や技能の習得のみに終始せずに、生活や社会における様々な場面で活用できる概念の理解と、一連の問題発見から課題解決に必要な思考方略や思考プロセスが重視されている。

### 8.1.2 テクノロジー、テクニク、スキルの概念規定

世界最大の技術・エンジニアリング教育学研究組織である国際技術・エンジニアリング教育者学会(International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA)が 2020 年に刊行した「前幼稚園から第 12 学年のための技術・エンジニアリング教育の内容標準(Standards for Technological and Engineering Literacy, STEL)」<sup>(8)</sup>では、テクノロジー(以下、技術)を、「(1)ニーズと欲求を満たすために、人間が設計した成果物、システム、プロセスを通じた自然環境の改変、(2)この改変からもたらされる道具、機械、システムへの広範な影響への言及(p.162)」と解説している。

筆者らは、技術の概念を、以下の三つで規定したい。

- (1) 人間のニーズや欲求の目的のために、最適な設計(デザイン)に基づく人為的成果物、システム、特許等の産業財産
- (2) (1)に伴う一連の創造活動の形態と機能の知識・思考体系。技能は、人間の属性であり、精確性と確実性を伴う遂行能力
- (3) (1)(2)へのプロセスや成果物・システム・産業財産の社会実装に伴って、人間、社会、環境にもたらす相互影響。通常は、ベネフィットとリスクを伴う

『The Oxford English Dictionary(2nd Edition)』を参照すると、テクノロジーとは、「実用的あるいは工業的な科学研究によって生み出された知識体系」<sup>(9)</sup>のことを指す。テクニクとは、「実行やパフォーマンスにおいて緩やかに、巧妙または効率的に目的を達成するための方法」<sup>(9)</sup>のことを指す。また、スキルとは「知識や何かの理解であり、精確さと確実性をもって何かを成し遂げる能力。学習によって得られる能力」<sup>(10)</sup>のことを指す。

## 8.2 先行研究

### 8.2.1 小学校国語教科書における技術文脈に関する先行研究

山崎ら(2016)<sup>(11)</sup>では、STEM/STEAM 教育で育む中核の学習能力を、各教科等を貫く「イノベーション」型学習能力と捉え、2008 年告示小学校学習指導要領<sup>(12)</sup>に準拠する文部科学省検定済み小学校国語・社会・理科教科書に掲載された題材を分析した。分析の際に、テクノロジーとエンジニアリングに関する「重大な概念」の選定には、日本産業技術教育学会(2012)「21 世紀の技術教育(改訂)」<sup>(13)</sup>を参考にした。調査の結果、小学校第 4 学年と第 6 学年で、技術、テクニク、スキル、ロボット、IT プログラミング概念ともに、「発明・知的財産とイノベーション」「社会安全と技術ガバナンス」「創造の動機」といったと技術的課題解決と関連付けが可能な教材が見られた。

一方で、エンジニアリングやエンジニアの単語がないことや、技術の意味の解説がなく児童がテクノロジー、テクニック、スキルの関係性を理解できる表記の工夫が必要と指摘している。

野澤ら(1989)<sup>(14)</sup>は、学校教育法第35条「中学校は小学校における教育の基礎の上に心身の発達に応じて中等普通教育を施すことを目的としている」とあることから、小学校教員養成課程の教育課程に技術科の教科目を設定するために、小学校の教科書における技術科の教育内容を分析した。国語では関連単元(題材)数は少ないものの、強く関連を示すものが見られた。栽培領域との関連が最も強く、次いで機械、木材加工領域との関連が見られた。例えば、栽培時期、栽培方法、失敗の原因など、栽培と関連した学習が可能であることを提案している。機械に関連しては、機械や歯車の発達及びその利用についての学習をしていた。木材加工に関連しては、樹種の特徴や利用方法について学習していた。

国語教育と科学教育、技術教育と関連して、平賀ら(2005)<sup>(15)</sup>は、国語と理科の教科書から科学的知識を抽出し、教科間で扱う時期と内容を比較した。平成10年告示小学校学習指導要領<sup>(16)</sup>では、国語の教材化の観点の1つに「科学的、理論的な見方や考え方をする態度を育て、視野を広げるのに役立つこと」が示された。これを受けて、6年生の教材として「百年前の未来予想」という教材で「科学技術の進歩と問題」について取り上げられた。科学技術の移り変わりと、エネルギー資源の変遷についての科学的知識が取り扱われていたと報告した。ここでは、科学技術が社会に及ぼす影響について取り扱っていることから、技術イノベーションと技術ガバナンスと関連する学習内容と考えられる。

幾多(2022)<sup>(17)</sup>は、戦後期の小学校国語教科書で長期にわたって継続採録された教材で、特に動植物の生態など、理科的な話題を扱う科学的説明文を取り上げ、その学習内容の変遷について考察を行った。分析対象は、昭和49年度版『小学新国語 三年上』(光村図書)から、現行教科書まで40年以上にわたって小学校3年生の教材として採録されている「ありの行列」を選定した。例えば、昭和61年版で「ありは、ものがよく見えない」という情報が加筆されたが、これは理論的認識の変革において効果的であるという考えがある。「事実に対する素朴な疑問」から、「想定と事実との矛盾に対する疑問」という、より複雑な課題解決の思考が示されるような改訂であったと指摘した。また、平成4年版では、「実験」が加筆されるとともに、学習の手引きでは「じっけん」「かんさつ」「仕組み」「研究」「しゅるい」を調べることが書かれていた。このように曖昧さがなくなるように叙述を改変されて、表現は洗練されていった。加えて学習課題についても、科学的・理論的思考力や論理的文章を読む力を育てることを中心的な学習であったが、「科学者の行動や考え方」に着眼している課題への変化も見られた。これは「科学者の課題解決過程を追った事実物語」と捉える教材理解がされてきていると指摘した。

平田ら(2020)<sup>(18)</sup>は、文部科学省(2020)「小学校プログラミング教育(第三版)」<sup>(19)</sup>示されたB、C分類のプログラミング教育を、小学校教員養成課程での位置づけや指導について考察することを目的とし、各教科の特質を生かし、教育課程全体を見渡しながら適切なプログラミング教育の位置付けについて検討した。国語科が担うものは、特に「プログラミング的思考」の育成であるとした。光村図書の第2学年上巻教科書の題材「ともさんはどこかな」では、教科書の見開きいっばいに似たような洋服を着たたくさんの人物が描かれており、その中から指定された人物を選択して説明する内容であった。「どのような情報を」「どのように」「どの順序で」説明するのか考えることが設定されていた。平田らは、自身らの大学教職課程の国語科学習指導と関連させて、実際にプログラミング学習との関係を教科横断的な視点で分析させる「カリキュラム・マネジメント」の指導までは至っていないという課題を掲げていた。プログラミング学習では、最終的にはコンピュータに触れることまでが求められているが、国語科ではプログラミング学習についての授業の例示がなされていないと指摘した。他教科・領域でプログラミング学習を行う際、児童は「母国語で思考していく」のであるから、国語科では「言葉による見方・考え方」を働かせて、従来大切にされてきた他教科に生きる言語の教育を一層充実させていく必要があり、学生はその必要性に気付くことができるよう指導改善を行っていく必要性を指摘していた。

## 8.2.2 小学校国語において児童の科学と技術の基礎知識・技能を高める授業に関する先行研究

三井(2017)<sup>(20)</sup>は、既存の教科である小学校国語科の「書く」活動にプログラミングを導入した場合の学習効果を検討している。国語科のお話づくりの単元において、従来手法と、プログラミングを使って絵を描き、文を書いた作品とを個人内で比較している。結果、低学力の児童や絵を描くことが苦手な児童の作品作りを支援できることが分かった。加えて動きや音声を使った表現ができたり、進んでお話を書こうとしたりする効果があることが分かった。

富山・佐野(2021)<sup>(21)</sup>は、多様な学習環境と合理的配慮の提供を実現するためのツールとしての ICT 活用を目指した実践を行った。特に、国語では、デジタル教科書を導入し、iPad 等の ICT 機器やアプリを活用した UD の観点に立った授業づくりの基盤づくりから行った。興味・関心が高まるとともに、授業に参加しやすくなったことを報告した。一方で課題としては、入力や操作に個人差があることや、ローマ字入力が 3 年生での学習のために、1,2 年生では入力内容や量が制限されているため、運用上の工夫が必要と指摘した。

高橋ら(2021)<sup>(22)</sup>は、2010 年代初頭のフューチャースクールなど、普通教室における 1 人 1 台 PC 活用黎明期の実践について、その特徴を明らかにした。調査対象の文献において ICT が活用された授業場面を抽出した結果、児童が活用する場面が 131 件、教員が活用する場面が 74 件だった。国語での利用は、すべての教科の中で最も多い社会科に次いで 2 番目であった。「情報の収集」、「整理・分析」、「まとめ」、「発表」、「習得・反復」の学習活動で活用されていた。PC によって、まったく別の活動が生み出されていたというよりは、従来と同様の意図であり、その質や利便性を向上させていたなどの特徴が見られた。このことから ICT 活用スキルは国語教育の文脈でよりよく学ぶために用いられ、その活動を通して経験的な学習を行っているといえる。

石橋ら(2010)<sup>(23)</sup>は、2008 年告示の小学校学習指導要領<sup>(8)</sup>での「児童の実態等を考慮し、指導の効果を高めるために、合科的・関連的な指導を進めること」ということを受けて、理解の推進、表現力の向上、内容の深化を目指した理科と国語の合科授業を提案した。石橋らは、小学校第 3 学年理科の「こん虫をさがそう」(東京書籍)の単元における説明する文章の少なさと、小学校第 3 学年国語の「自然のかくし絵」(東京書籍)における保護色の学習における理科的な観察や調査の活動不足を、課題として指摘した。国語科と理科の当該単元(題材)の学習事項についての理解を向上させるために、双方の学習を相互補完した学習指導案を提案した。

阪東ら(2021)<sup>(24)</sup>は、2017 年告示の小学校学習指導要領に準拠した、国語科 4 社、社会科 3 社、理科 6 社、図画工作科 2 社、家庭科 2 社の教科書を対象として、2017 年告示中学校学習指導要領技術・家庭編の技術分野<sup>(25)</sup>に関連する情報教育との関連について調査を行った。小学校教科書と、ITEEA(2020)の STEL<sup>(8)</sup>との関係を探り、世界を見るために必要な技術の見方・考え方を培うことを主眼とした。調査の結果、国語科は、「D 情報の技術」の指導項目「(4)社会の発展と情報の技術」<sup>(25)</sup>との関連が認められたことを報告した。国語科の教科書では、情報社会(AI、テクノロジー、プログラミング)をテーマにして資料が掲載されていたと指摘した。阪東らは、研究のまとめとして次の 3 点を掲げた。第 1 点は、現実の社会的問題を解決するために、小学校からの体系的な技術の見方・考え方を育成することの重要性であった。第 2 点は、小学校では技術教育を中心として学ぶ教科は設置されていないが、小学校プログラミング教育を学びのインターフェースとして各教科で実施できる可能性であった。第 3 点は、STEL の八つのコア領域スタンダードに基づき、単元設計を考慮することで、各教科の枠組みと技術教育における小学校プログラミング教育との関連が明確になることであった。

## 8.3 研究対象と方法

### 8.3.1 研究対象

研究対象は、小学校学習指導要領(2017 年告示)に基づき作成された 4 社全ての第 5 学年国語教科書<sup>(26~31)</sup>(教科書会社名のアルファベット正順で列記)と、第 6 学年国語教科書<sup>(32~37)</sup>であった。

### 8.3.2 研究方法

技術文脈の分類の枠組みは、日本産業技術教育学会(2021)<sup>(13)</sup>の「21世紀の技術教育(改訂)」と、日本産業技術教育学会(2021)<sup>(38)</sup>「次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み 21世紀の技術教育(改訂版)」で提案されたスコープ(領域、範囲)を用いた。すなわち、「材料と加工」、「生物育成」、「エネルギー変換」、「情報」、「システム」<sup>3)</sup>の各技術、「技術イノベーション」<sup>4)</sup>、「技術ガバナンス」<sup>5)</sup>のスコープである。ただし、「生物育成の技術」は、山崎・山崎(2022)<sup>(39)</sup>の提案による、栽培植物、動物、水産生物、人を対象とした「生物技術」のスコープを用いた。

## 8.4 結果と考察

### 8.4.1 小学校第5学年

小学校第5学年の結果を、表 8.1 に示す。

表 8.1 小学校第5学年国語教科書 注 【材】：材料と加工の技術、【生】：生物技術、【エ】：エネルギー変換の技術、【情】：情報の技術、【食】：食品加工技術、【イ】：技術イノベーション、【ガ】：技術ガバナンス

学校図書上・下巻	教育出版上・下巻	光村図書	東京書籍
(1)上巻 pp.46-57 東京スカイツリーのひみつ 瀧井宏臣【材】【イ】 ①p.49 設計者 ②p.51 設計 ③p.52 いくつもの製鉄会社が技術を集めて共同で開発 ④p.54 建設 ⑤p.54 日本がほこる技術力 (2)上巻 pp.106-117 わたしたちとメディア 池上彰【情】 ①p.106, p.112, p.113, p.114, p.115 インターネット ②p.108 制作者側の意図 ③p.112 スマートフォン(スマホ)やタブレット式パソコン、ゲーム機、音楽プレイヤーなどの機器を使ったメディア ④p.113 ソーシャルメディア、SNS(ソーシャルネットワーキングサービス)、ブログ、ネット上、SNSのネットワーク ⑤p.115 メディアリテラシー (3)上巻 p.118 インターネット・コミュニケーション	(1)上巻 pp.32-37 新聞を読もう【情】 p.32 マスメディア (2)上巻 pp.38-39 「情報ノート」を作ろう【情】 ①p.38 インターネット ②p.38 新しい技術について (3)上巻 pp.58-61 「町じまん」をすいせんしよう【生】 pp.58-61 大蔵大根 (4)上巻 pp.112-117 「AIとの暮らし」【情】【イ】【ガ】 p.112, p.114, p.115, p.116, p.117 AI (5)下巻 pp.6-19 世界遺産 白神山地からの提言―意見文を書こう ①pp.6-7 「高大なブナの森には、水が豊かにたくわえられています。ブナの森では、毎年秋に落ちたたくさんの葉が字面に厚く積もります。落ち葉が積もった土の中では、たくさんの小さな生物がさかんに動き回りながら、落ち葉をかみくたします。この結果、土の中に小さなすき間が多く作られ、そこに水がたまります。このようなことが、長い年月をかけて続けられ、水は、産地全体	(1)pp.98-102 新聞を読もう【技術の文脈無】 (2)pp.137-145 固有種が教えてくれること グラフや表を用いて書こう ①p.138 特定の国やちいさなしかいない動植物のことを「固有種」といいます、 p.139-145 固有種【生】 (3)pp.194-195 ニュースを伝えるマスメディア【情】 ①p.194 テレビ ②p.195 ラジオ ③p.195 インタ	(1)pp.34-39 動物たちが教えてくれる海のくらし 佐藤克文 文 ①p.35 動物にデータロガーという小型の記録計を取り付けて、私たちが観察できない海中の行動を、動物たちに直接もらうのだ。動物が自分の行動データを取ってくるこのやり方には、「バイオリギング」という名前が付いている、「バイオリギング」とは、「生物が(バイオ)記録する(ロギング)」という意味である【生】、【情】 ②p.39 「これからは動物に取り付ける記録計は年々改良されて、どんどん小さくなっていくはずだ。より小型の動物まで調査の対象が広がり、予想もしなかった動物たちのくらしぶりが見えてくると、知りたいことはさらに増えていくだろう【生】、【情】 (2)pp.79-88 新聞記事を読み比べよう p.80 新聞、テレビ、インターネットなど、情報を伝えるための手段のことをメディアといいます。メディアは、常に、受けてに送り手からのメッセージを伝えようとしています。そのため、メディアから情報を受け取る時には、そこにどのような送り手のメッセージがあるのかを考えることが大切です【情】 (3)pp.144-157 和の文化を受けつぐー和菓子をさぐる 中山圭子 文【食】 ①p.145 ポルトガルやスペインから、カステラやコンペイトー、ボーロなどの菓子が伝わりました。これらの食べ物の製法などが、日本の菓子に応用されていったのです ②p.146 さとうの特性を生かした菓子作りの技術が進み ③pp.148-149 和菓子作りの技術には、まんじゅうなどを「包む」、どら焼きなどの「焼く」、ようかんなどの「流す」など、さまざまなものがありますが、これらの技術は職人から職人たちへ受けつがれてきたものです。職人たちは技術をみがくだけでなく、季節ごとの自然の変化を感じ取ったり、ほかの日本文化に親しんだりすることで、和菓子作りに必要な完成を養います ④p.149 さらに、あずきや寒天、くず粉などの上質な材料も和菓子作りには欠かせませんが、それらの多くは、昔ながらの手作業



<p>【情】</p> <p>①p.118 インターネット</p> <p>②p.118, p.119 ウェブページ</p> <p>③p.118, p.119 メール</p> <p>④p.118, p.119 けい示板</p> <p>⑤p.119 ソーシャルネットワークサービス</p> <p>(4)上巻 pp.136-137 インターネットを活用して情報をさがそう【情】</p> <p>①pp.136-137 インターネット, ウェブページ</p> <p>②p.136 検さくサイト</p> <p>③p.137 著作権</p> <p>(5)下巻 pp.9-15 新聞の情報を読み取ろう【情】</p> <p>①p.10 新聞やテレビ, インターネットなどさまざまな情報を伝えるメディア</p> <p>②インターネット, メディア</p>	<p>にたくわえられてきたのです。この豊かな水によって、ブナの森にはたくさんの種類の植物が生え、それをえさとするさまざまな動物も生活しています。それらの動物をえさとする肉食性の動物もいます。ブナの森では、たくさんの生物が関係し合いながら生きています【生】</p> <p>【材】</p> <p>②p.7 「利用価値の高いスギやヒバに受け変えられ」【材】</p> <p>③p.7 ブナ材の加工技術が改良されて…白神山地のブナも、木材資源として注目【材】</p> <p>④p.8 白神山地を水源とする川の下流では、その水が飲料水や農業用水、そして発電にも使われています。また、河口近くの海では、山地から運ばれた栄養分が魚のえさとなる微生物などを増やすため、豊かな漁場をつくり出しています【生】、【エ】</p>	<p>ーネット</p>	<p>によって作られています</p> <p>⑤p.150 一方、和菓子を作る職人がいても、それを食べる人がいなければ、和菓子はいずれなくなってしまうのではないのでしょうか</p> <p>(4)pp.214-224 テクノロジーの進歩について考えよう【情】【シ】【イ】【ガ】</p> <p>①p.214 テクノロジーとわたしたちの関わりについて、考えたことを文章にまとめよう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●テクノロジーの進歩について、知っていることや思ったことを話し合う</li> <li>●テクノロジーとわたしたちのかかわりについて、自分の考えをまとめる</li> </ul> <p>②p.215 「弱いロボット」だからできること、テクノロジーが進歩する中で、大切なことは何なのだろうか</p> <p>③pp.216-219 「弱いロボット」だからできること 岡田美智男 文</p> <p>ロボット</p> <p>④p.217, p.220, p.221 テクノロジー</p> <p>⑤p.217 わたしたちとテクノロジーの関係を考える</p> <p>⑥p.217 インターネットから必要な情報をいつでも得られるスマートフォンやパソコンは、もはやわたしたちの生活の一部となりました</p> <p>⑦p.217 自動車の自動運転機能</p> <p>⑧p.217 テクノロジーが進歩し、次々に新しい製品が開発される背景には、「便利で高い性能を持つものほどよいものだ」という考えがあります</p> <p>⑨p.219 センサーによってごみが投げ入れられたことを感知</p> <p>⑩p.221 テクノロジーとわたしたち人間が共存していくための未来の在り方</p> <p>⑪p.222 テクノロジーが見せる未来、人工知能の進歩、夢の自動運転技術、自動運転は待望のシステム</p> <p>(5)宮沢賢治 西本鶏介 文</p> <p>①p.266 賢治はこの家にこしてくると、さっそくあれた土地を切りひらいて畑を作り、なす、かぼちゃ、きゅうり、トマトなどのなえを植えた【生】</p> <p>②p.267-268 農民たちの勉強会で、多くのしゅうかくをあげるための科学的知識を学び【生】</p> <p>③p.268 賢治は、集まってきた農家の青年たちに、これからの農村の在り方を力強く語り、農業に必要な科学知識や土の改良法などをくわしく教えた【生】</p> <p>④p.269 土を改良するのに役立つ石灰</p>
--	---	-------------	---

表 8.1 の学校図書の教科書上巻(1)の題材名「東京スカイツリーのひみつ」では、①と②がスコープ「材料と加工の技術」の設計、③と⑤がスコープ「技術イノベーション」、④が「材料と加工の技術」の建設技術に関する強い文脈があった。(2)上巻の題材名「わたしたちとメディア」、(3)上巻の題材名「インターネット・コミュニケーション」、(4)上巻の題材名「インターネットを活用して情報をさがそう」、及び下巻の題材名(5)「新聞の情報を読み取ろう」では、「情報の技術」に関する中程度の文脈が見られた。

表 8.1 の教育出版の教科書上巻(1)の題材名「新聞をよもう」と(2)上巻『『情報ノート』を作ろう』では、「情報の技術」に関する中程度の文脈があった。(3)上巻『『町じまん』をすいせんしょう』では、地域品種「大蔵ダイコン」が紹介されていて、スコープ「生物技術」の文脈が見られた。



表 8.1 の教育出版の教科書上巻(1)の題材名「AI とのくらし」では、「AI について二つの立場から意見を述べ合う『ミニディベート』をして、自分の考えを広げましょう(p.112)」の本文表記が見られた。p.113 では、「ミニディベートとは、一つのテーマについて、三人で組みになり、役割を決めて行う話し合い」であること、役割として、「・利点の立場からの意見を述べる役」、「・問題点の立場からの意見を述べる役」、「・聞いて考える役」の説明がされていた。学習の流れは、「1.テーマを決めて、調べる。」「2.話し合いの準備をする」で、集めた資料をもとに、利点と問題点の両方の立場から、意見や予想される質問・反論と、それに対する答えを「ミニディベートカード」に書かせていた。同教科書では、AI とは何かの説明文はなかった。続いて、「3.『ミニディベート』を行う」、「4.感想を交流する」の学習の流れであった。

本邦では、小学校段階における AI 教育の目標、内容の取扱いについての教育課程の基準(curriculum standards)や内容標準(contents standards)はない。一方、米国では、トレッキーら(2019a)<sup>(40)</sup>、同(2019b)<sup>(41)</sup>、トレッキー・ガードナー(2022)<sup>(42)</sup>が、米人工知能学会(AAAIL)、米国コンピュータ科学教師学会(CSTA)、米国科学財団(NSF)基金による ITEST (Innovative Technology Experiences for Students and Teachers、児童と教員のためのイノベティブな技術経験プログラム)、カーネギーメロン大学の協働研究により、幼稚園から 12 学年を対象とした AI リテラシーのビッグアイディア(重大な観念)と各発達段階の学習到達水準表を提案した(表 1)。ITEST は、NSF が推進している STEM と IT 人材確保のための初等教育プログラムである。トレッキーらの表は、松田ら(2021)<sup>(43)</sup>が邦訳したので、表 8.2 に示す。

表 8.2 幼稚園から 12 学年を対象とした AI リテラシーのビッグアイディア(重大な観念)と各段階の到達水準表  
[出典 Touretzky ら(2019a)<sup>(40)</sup>、同(2019b)<sup>(41)</sup>、同(2022)<sup>(42)</sup>]

重大な観念	幼稚園～2 学年	3～5 学年	6～8 学年	9～12 学年
#1: コンピュータは、センサを用いて世界を知覚する	音声ベースのエージェントとの対話方法やマシンプレクションを体験する	AI プリミティブを含む児童向けのプログラミング・フレームワークで書かれた簡単な知覚ベースのアプリケーションを修正することができる	3～5 学年の経験を踏まえた、より複雑な知覚ベースのアプリケーションを作成する	機械知覚システムの限界を識別し、実証する、そして、知覚分類器を訓練するために機械学習ツール(ビッグアイディア#3)を使用できる
#2: 知的エージェント(註 1)は、世界のモデル/表現を維持し、推論のためにそれを使用する	Calypso for Cozmo が描いた世界地図のようなインテリジェントエージェントが作成した表現を調べ、紙と鉛筆による簡単な表現を作成できる	簡単なコンピュータプログラムで表現を扱うことができる。例えば、スクラッチのキャンバスとスプライトによる世界の表現など、決定木などの構築を通して簡単な推論アルゴリズムを調査する	例えば、グーグルの知識グラフのような表現を調べ、簡単なグラフ検索アルゴリズムのシミュレーションをすることができる	基本的なデータ構造(リスト型と辞書型)を使用して、簡単な推論アルゴリズムのプログラミングができる
#3: コンピュータはデータから学習する	コンピュータに自分の顔や簡単な振る舞いを認識させることで、機械学習を経験する	例えば、カメラ画像内の特定の対象物に応答するスクラッチのプログラミングや、対象物認識アプリケーションを修正できる	訓練された機械学習システムが、新しい入力力を一般化するかを測定できるようにし、トレーニングデータのバイアスがパフォーマンスに与える影響を理解する	ニューラルネットワークの仕組みを可視化している TensorFlow Playground のようなインタラクティブなツールを用いて、ネットワークを訓練できるようにする。上級者は、scikit-learn のような Python の機械学習ライブラリにより、コーディング(設計書によるプログラミング)ができる
#4: エージェントを人間と快適に	インテリジェント・アシスタントが理解している要	対話型インターフェイスであるチャットボットと人間の違い	構文解析器のデモを用いて構文解析を実演し、構文解析器が誤	単純な言語を解析するためのコンテキストフリー(文脈自由文

対話させることは、AI 開発者にとって実質的な課題である	求の種類を説明でき、顔の表情認識をする web アプリで実演する	を区別し、自然言語の例を分析して、コンピュータがユーザーの置かれた状況や前後の文脈などを理解することの難しさや、その理由を判断できる	って前置詞句の付け方などを誤って処理するなどの構文解析の課題を理解する。意味情報を考慮した構文解析器によって、構文的曖昧性の問題を解決できるかを体験する	法)を構築し、言語処理ツールを使ってチャットボットを構築する 感情分析ツールを用いてテキストから感情的な音声を抽出する
#5:AI の活用は、便益とリスクの両面で、社会に影響を与える	AI が日常生活にどのように貢献しているか、将来的にどのように貢献するかを見極める。ロボットサーバーのような未来社会に向けた便益	AI 自動運転により、タクシードライバーなどを失業させる可能性などに対する批判的思考により、AI アプリケーションの影響について理解する	第一次産業革命と、AI による第四次産業革命との間の類似点と、社会への影響を理解する	新しい AI 技術の評価と、生徒自身による倫理的、社会的影響の問題を詳述する

註 1:知的エージェントとは、その外の環境とインタラクションを取りながら、推論を行い、何らかのタスクを実行するもの

表 8.2 のビッグアイディア 5 は、「AI の活用は、便益とリスクの両面で、社会に影響を与える」である。STEAM 教育連携の視点から、本題材は、「国語の第 5, 6 学年の言語活動例(p.137, p.144, p.151)」<sup>①</sup>で示された言語能力、トレッキーらの AI リテラシーの能力、日本産業技術教育学会の「技術イノベーション」と「技術ガバナンス」能力の相乗的育成が期待できる、極めて優れた教材であると筆者らは考えている。ただし、児童は、AI の基礎概念を、どこでどのように学習し、理解するのかといった課題が残されている。

表 8.1 の(5)教育出版下巻「世界遺産 白神山地からの提言一意見文をかこう」では、スコープ「材料と加工の技術」と「生物技術」の文脈が見られた。森林生態系の生産者－消費者－分解者の生物による物質循環、水源涵養機能、及び持続可能な生物資源の果たす役割と機能について解説されていた。また、(3)⑥では、スコープ「生物育成の技術」とともに、スコープ「エネルギー変換の技術」の文脈が認められ、水資源を活用した水力発電に関する記述が見られた。

表 8.1 の光村図書教科書の(1)題材名「新聞を読もう」では、技術の文脈はなかった。(2)「固有種が教えてくれること グラフや表を用いて書こう」では、スコープ「生物技術」の「固有種」に関する文脈があった。(3)「ニュースを伝えるメディア」では、「情報の技術」に関する文脈が見られた。

表 8.1 の東京書籍教科書の(1)題材名「動物たちが教えてくれる海の暮らし」では、スコープ「生物技術」と「情報の技術」に関する文脈が認められた。(2)「新聞記事を読み比べよう」では、「情報の技術」に関する文脈が見られた。(3)「和の文化を受けつぐ－和菓子をさぐる」では、「食品加工技術」の文脈とともに、和菓子職人のテクニック（職人技）に関する文脈が認められた。(4)「テクノロジーの進歩について考えよう」では、「情報の技術」、「技術イノベーション」、「技術ガバナンス」に関する文脈が見られた。(5)「宮沢賢治」では、「生物技術」に関する文脈が認められた。

#### 8.4.2 小学校第 6 学年

学校図書の小学校第 6 学年国語教科書の結果を、表 8.3 に示す。

表 8.3 小学校第 6 学年国語教科書【学校図書上・下】 注 【エ】: エネルギー変換の技術, 【情】: 情報の技術, 【シ】: システム技術

(1)上巻 pp.42-51 AI で言葉と向き合う 坂本真樹

①pp.42-43 これまで人がしていたことを機械が自動的にできるようになったのは、コンピューター<sup>②</sup>の高度なプログラムである、AI（人工知能）が開発されたことによります。それは、ある情報を、あらかじめコンピューターにデータとして入力し、そのデータをもとに、類似する事例を認識したり、論理的に判断したりするためのプログラムとして作られています。

では、「感覚」という人の知能の働きについても、AI が実現することは可能なのでしょうか。感覚に着目して、人の知能と人工知能の関係をさぐりながら、その過程を見ていきましょう。

みなさんは、人前で話したり、歌やダンスなどを発表したりするとき、「緊張してむねがどきどきした。」と

言ったことがあるでしょう。このときの「どきどき」のような、音や物事の様子を表した言葉のことを「オノマトペ」といいます。【情】

- ②pp.45-49 このように、人は、声に出すことで聞こえる音と意味との関係を細かに感じながら、音、見た目、手ざわり、においや味などの感覚を、オノマトペを使って推測したり、表現したりしているのです。そしてそれは、人が身体を通して外の世界とつながっているからできることです。しかし、AI には身体がありません。AI は、人のような感覚を経験することができませんし、それらを知識として獲得することもできません。ですから、人が身体を通して得る感覚を、AI が知識として獲得するためには、それらを何らかの形でコンピューター<sup>6)</sup>に入力する必要があるのです。

では、人間の身体を通じた感覚を、どのように知識として人工知能に取り込み、それをオノマトペのような言葉として使えるようにしていくのでしょうか。

私はまず、人の感覚を表すオノマトペを、数値化するシステムを作ることにしました。…(中略)…

このような、言葉を音にした印象を、感覚的に理解する人間の特性を生かし、文字を一つ一つデータ化することにしました。そして、それぞれのオノマトペについて、「明るい⇔暗い」、「温かい⇔冷たい」、「厚い⇔薄い」などの印象を、四十三項目挙げて評価することで、オノマトペを数値化することに成功しました。左下の図を見てください。左下の図を見てください。私はこのシステムで、最近、気に入っている新しいオノマトペ「もふもふ」の性質を調べてみました。すると、図のように、「もふもふ」という言葉は、やわらかい、温かい、親しみやすいなどの印象を表すことがこの結果から分かりました。つまり、「もふもふ」の言葉を生活の中で使ったり聞いたりする人はそういった印象をもっている、と推定することができる AI が誕生したことになります。

さらに、私は、このデータを利用して、新しいオノマトペを作るシステムの開発に取り組みました。…(中略)…

AI を生かしたこのシステムを使うことによって、人々の感性に訴えることのできるオノマトペを、確かめたり作ったりすることが可能になりました。今後の実用化に向けて、この AI を使ったシステムは、さまざまなことに役立っていくのではないかと考えています。例えば、新商品の名前や広告コピーなどが、人の感覚に合うように表現できているかどうかを確かめることができます。また、小説や歌詞、マンガなどに使うため、の新たな表現を生み出すこともできるでしょう。

AI を利用したオノマトペ生成システムから、私たちはふだん無意識に使っている言葉について、どのようなときに、どう使っているかを自覚することができます。それによって、適した言葉の使い方を見いだしたり、日本語の良さやおもしろさを再発見したりすることもあるでしょう。

私たち人間は、言葉と向き合うことで、新しいイメージを広げ、自身の感性をみがくことができます。この人間独自のものである感性を、人工知能が作った言葉から受け取ってみるのも、おもしろいと思いませんか。今後も人間しかできないものといわれてきたさまざまなことに、AI の最新技術を取り入れることで、人間と AI が共存する新しい世界が開かれていくことでしょう。【情】、【シ】

## (2)上巻 pp.42-49 AI で言葉と向き合う

- ①pp.52-53…(前略)…最近では、情報通信技術の向上や、コンピューター自身が学びを進めていく「機械学習」とよばれる方法を使うことで、AI 研究の進化が速まっています。

AI が身近な生活でも使われることを知っていますか。例えば、電車の乗りかえ案内、自動車のじゅうたいを回避する道路案内、自分から充電しに行くおそうじロボット、インターネット・ショッピングで商品を推せんしてくれる機能などがあります。さらに、スマートフォンの音声対話システム、危険を察知して自動で止まるなどの機能がついた自動運転車、ニュースの原稿を自動生成する機能などもあります。

このように、コンピューターが進化していることから、AI が万能で、いつか人間の能力をこえる時代がくるのではないかと考える人もいますでしょう。しかし、そうとも言い切れません。現状の AI は、あらかじめ気前からレ他範囲の中での予測や判断しかできず、さまざまな状況に合わせてじゅうなんに対応することを得意していません。

人間は、過去の歴史や経験にもとづいた知識や判断力、そして周りに働きかけて協力関係をつくるといった行動力などにより、新たな課題に向かい、これからの未来を切りひらいていくことができます。未来を創造したり革新したりするには、新しい価値を生み出したり、従来からあるわく組みを変えていったりすることが必要です。そういったことができるのは人間だけで、AI は今のところできていません。

近い未来の、私たちの暮らしを想像してみましょう。AI とどのような関わりをもっていると思いますか。AI と人間が協力して行えることや、人間にしかできないことについて考えてみましょう。

◎私たちは、AI とこれからどのような付き合い方をすれば、豊かな生活が送れるのでしょうか。話し合みましょう。【情】、【イ】、【ガ】

## (3)下巻 pp.10-23 「本物の森」で未来を守る 宮脇昭

- ①pp.10-11 日本は、国土の約六十七パーセントが森林であると言われています。…(中略)…

ところが、この本来あるべき姿の森は、数千年以上前に人々が農耕生活を始めると、田畑を作ったり集落を作ったりするためにはじゃまになり、切りひらかれてしまいました。また、生活の中で火を使うようになって炭やたきぎが必要になって、切られてしまったりもしました。そのために、もともとあった木々がだんだんと

なくなってしまったのです。【材】、【生】

②pp.13-16 現代は、発達した科学技術による防災対策などが各地でなされていますが、そういったものだけでは大規模な自然災害に対応できないこともあります。先の東日本大震災においても、人工の建造物の多くが破壊され、大勢の人々が被災するという大変不幸な出来事が起きました。あのような大規模な自然災害に、技術は太刀打ちできなかったのです。その一方で、調査の結果、土地本来の小樹林が生き残っているという事実も判明しました。ですから、科学技術だけにたよらない、自然のもつ強さを生かした防災対策ということに改めて注目すべきだと思います。

東日本大震災後、私が提唱しているプロジェクトがあります。それは、「森の防潮堤」というもので、最終的には東北の太平洋沿岸三百から四百キロメートルに連なる「森の長城」を創る、というものです。

…（中略）…

今、最も大事なことは、この地で生まれ育ち、学び、働いている全ての人のいのちと心を守る、本物の森の形成、ふるさとの木による、ふるさとの森作りです。そしてその森は、「森の防潮堤」とも「森の長城」ともなっていて、この先何千年も私たちの生活や文化を守り続けます。

私は、木を植えるということは、いのちを植えること、明日を植えることだと考えています。そして心に希望のなえを植えることだと考えています。人のいのちを守るため、未来を守るため、もう一度日本に昔からあった「本物の森」を再生していかなければならないのです。【材】、【生】、【イ】、【ガ】

表 8.3 の (1)上巻 pp.42-51「AI で言葉と向き合う」の著者は、AI 研究者の坂本真樹である。P.50 の学習のてびきでは、「・事例や筆者の主張をもとに、要旨をとらえ、見方を広げたり考えを深めたりしましょう。」「・事例どうしのつながり確かめ、筆者の論の進め方をたらいましょ。が示されていた。表 3(1)P.51 の「考えを深める・視野を広げる」では、「AI で言葉と向き合う」において、筆者(坂本)の AI の進化に対する前向きな主張を読み、続く、表 8.3 の(2)上巻 pp.52-53「AI(人工知能)と私たちの未来」で、考えを深めたり視野を広げたりしていく学習の流れであった。前述の(1)と(2)で、表 8.2 の計五つのビッグアイデアに関する AI リテラシーを育成することが可能である。STEAM 教育連携の視点から、本題材は、「国語の第 5, 6 学年の言語活動例(p.137, p.144, p.151)」<sup>(1)</sup>で示された言語能力、トレッキーらの AI リテラシーの能力、日本産業技術教育学会<sup>(12,37)</sup>が提案した「技術イノベーション」と「技術ガバナンス」能力の相乗的育成が期待できる、優れた教材であると筆者らは考えている。

表 8.3 の(3)下巻 pp.10-23「『本物の森』で未来を守る 宮脇昭」では、防災対策としての「森の防潮堤(森の長城)」を提案した題材で、日本産業技術教育学会<sup>(12,37)</sup>が提案した「材料と加工の技術」、「生物技術」、「技術イノベーション」、「技術ガバナンス」能力を育成することが可能な優れた教材であると筆者らは考えている。

教育出版の小学校第 6 学年国語教科書の調査結果を、表 8.4 に示す。

表 8.4 小学校第 6 学年国語教科書【教育出版上・下】 注 【エ】: エネルギー変換の技術, 【イ】: 技術イノベーション

(1)上巻 pp.50-63 雪は新しいエネルギー 媚山政良 文

①p.52 雪は、石油などの化石燃料と同じように、エネルギーを生み出すのです。しかも、雪は毎年、空から降ってきます。雪の冷熱エネルギーは、太陽光や風力、水力と同じ再生可能エネルギーなのです。

実は、日本では、この雪の冷熱エネルギーを昔から利用していました。みなさんは、「氷室」という言葉を聞いたことがありますか。「氷室」は、電気や冷蔵庫のない時代に雪のエネルギーを利用して、雪それ自体、あるいは、野菜などの生鮮食品を夏まで低温で保存するための施設として考えられました。

…（中略）…

北海道にある新千歳空港のターミナルビルでは、冬に駐機場から除雪された約七万四千トンもの雪を保存し、広さ約二十七万平方メートルの冷房に利用しています。年間千三百トンの二酸化炭素の排出を減らし、夏の冷房のために必要なエネルギーの約二割をまかなっています。

このように、雪を新たなエネルギーとして利用する方法は、私たちの暮らしの中でさまざまな分野に広がり、今後も規模の拡大と広い領域での利用が期待されています。

雪の冷熱エネルギーは、雪国(豪雪地帯)の暮らしを変える可能性もあります。

人口 200 万人に近い札幌市は、世界でも有数の豪雪都市です。…（中略）…

除雪作業によって郊外の堆積場に集められた雪は千五百万トン、二千万立方メートルもの大きな雪山になります。今は、雪を集めたあとは雪山がとけるまでそのままにしていますが、もし、この大量の雪を捨てずに、夏に冷熱エネルギーとして利用することができれば、冷房費用が削減されるだけでなく二酸化炭素量の削減にもつながります。【エ】【イ】【ガ】

(2)下巻 pp.78-101 伊能忠敬 国松俊英 文

①p.97 「伊能図」と呼ばれるこの地図は、現代の技術で作った地図と重ね合わせても、おとらぬできばえのものだった。【イ】



表 8.4 の(1)上巻 pp.50-63「雪は新しいエネルギー 媚山政良」は、STEAM 教育連携の視点から、言語能力とともに、日本産業技術教育学会<sup>(13,38)</sup>が提案した「エネルギー変換の技術」、「技術イノベーション」能力との相乗的育成が可能な教材であると筆者らは考えている。さらに、表 8.4 の(2)「下巻 pp.78-101 伊能忠敬 国松俊英 文」では、測量に関わる技術のイノベーション能力との相乗的育成が可能な教材であると筆者らは考えている。

光村図書の小学校第 6 学年国語教科書の調査結果を、表 8.5 に示す。

表 8.5 小学校第 6 学年国語教科書【光村図書】 注 【生】生物技術，【エ】：エネルギー変換の技術，【情】：情報の技術，【イ】：技術イノベーション，【ガ】：技術ガバナンス

- (1)pp.68-69「集めるときに使う 情報と情報をつなげて伝えるとき」  
 男子児童(岩崎さん)の吹き出し ブラジルと日本の農業について、たくさん調べたよ。全部書いて報告しよう。  
 女子児童の吹き出し たくさん書いてあるけど、何が言いたいことなのか分かりにくいな。  
 調べた情報をただ並べるだけでは、何を伝えたいのか、よく分からないことがあります。分かりやすく伝えるために、情報と情報を、次のような関係で整理しましょう。
- |                         |  |                   |                |                   |
|-------------------------|--|-------------------|----------------|-------------------|
| (ア)A とその具体例の関係          | 例えば～<br>～には、～がある。  | (ア)<br>A<br>↓ ↓ ↓ | (イ)<br>A<br>II | (ウ)<br>A<br>↓ ↓ ↓ |
| (イ)A とその説明(定義)の関係       | ～とは、～のことだ。   |                   |                |                   |
| (ウ)複数のものと、その共通点(A)という関係 | このように～<br>ここから考えられるのは、など<br>岩崎さんは、報告書を書き直すことにし、①の文章を書きました。 | □ □ □             | △              | □ □ □             |
- ①ブラジルは、農業がさかんな国で、アグロフォレストリーという農法が積極的に行われている。この農法では、いろいろな樹木や作物を育てている  
 これに関連して、岩崎さんが集めた情報には、次の 1) と 2) があります。
- 1) アグロフォレストリーとは  
 生育期間が異なる樹木や作物を、同じ土地で同時に育てる農法。多様な植物が共存することで、土地への負荷が低くなり、長期間利用できる。また、そこにすむ生物も多様になる。
  - 2) アグロフォレストリーで育てているもの  
 ・こしょう(収穫まで 1, 2 年。数年間収穫できる。  
 ・果物(収穫まで数年。その後長く収穫できる。)  
 ・樹木(十年以上育て、伐採して材木とする。)
- ▼①の文章に、1) 2) の情報を加え、文を書き足しましょう。情報と情報を、どんな言葉を使って。どのようにつなげると分かりやすいか考えましょう。
- ▼岩崎さんは、日本の農業について調べたことを②のようにまとめ、二段落目に書きました。①と②の段落の共通点を見つけ、まとめの段落を二文程度で書きましょう。
- ②日本でも、環境を大切にしたい、里山での伝統的な農業が注目されている。植林や間伐などによって適切に手入れされた里山の周辺では、人間の作った田や畑と、多様な微生物が共生している。【材】、【生】、【イ】、【ガ】
- (2)pp.70-71「具体的な事実や考えをもとに、提案する文章を書こう」  
 私たちにできること  
 学校では、電気や水、食料などは、家庭よりもずっと多く使われています。資源や環境を大切にするために、学校で、みなさんができることはありませんか。具体的に考えて、提案する文章を書きましょう。
- ①身の回りにある問題について考えよう。  
 学校の様子を見たり、環境問題に関する本を読んだりして、自分たちが取り組めそうなテーマを探しましょう。  
 グループで話し合って、どんなテーマについて調べて、提案するかを決めましょう。
  - テーマの例 ・エネルギー ・水 ・ごみ ・食料 など
  - ②提案のための資料を集めよう。  
 提案するテーマが決まったら、本やインターネットで調べたり、インタビューをしたりして、問題点を明らかにし、解決策を考えましょう。それぞれの考えをもち寄って、グループで次のことを話し合しましょう。  
 ・提案するテーマについての、現状と問題点  
 ・提案の具体的な内容(解決方法、提案の効果など)
  - ③提案する文章の構成を考えよう。  
 何かを提案するときは、次のような組み立てで書くと、提案の意図や内容が分かりやすく伝わります。提案が複数ある場合は、提案ごとにまとまりを分けましょう。  
 (ア) 提案のきっかけ ・きっかけとなった問題 ・現状や問題点 など  
 (イ) 提案 ・具体的な内容 ・提案が表現したときの効果  
 (ウ) まとめ
  - ④提案する文章を書こう。  
 次のようなことに気をつけて書きましょう。



- ・提案の意図や内容、その効果が読み手に分かりやすいよう、具体的に書く。
  - ・内容のまとまりごとに段落を分けたり見出しをつけたりする、箇条書きにするなど、読み手が提案の内容をとらえやすい示し方を考える。
- 下書きを書いたら、グループで話し合って、内容や書き方を検討しましょう。

提案

ア)情報コーナーの設置

イ)ポスターをはる

節電をして、環境にやさしい学校へ 6年3組 岩崎、岡田、関口、矢島

1. 提案のきっかけ

略

2. 提案

節電情報コーナーの設置

… (前略) …

具体的には、次のような内容をけいじすることを考えている。

- ・電気の使用と、環境へのえいきょう
  - ・学校の、月ごとの電力使用量 (グラフで示す)
  - ・学校や家庭でできる節電の取り組み【エ】
- … (後略) …

### (3)pp.115-123 「イーハトーヴの夢 畑山博」

①pp.115-116 (筆者付記 宮沢) 賢治が中学に入学した年も、自然災害のために農作物がとれず、農民たちは大変な苦しみ を味わった。その次の年も、また洪水。

「なんとかして農作物の被害を少なくし、人々が安心して田畑を耕せるようにできないものか。」

賢治は必死で考えた・

「そのために一生をささげたい。それにはまず、最新の農業技術を学ぶことだ。」

そう思った賢治は、盛岡高等農林学校に入学する。【生】 (…後略…)

②pp.119 「北守將軍と三人兄弟の医者」という物語もある。

おかの上に仲良く並んで、三つの病院が建っている。

人間の病気を治す病院。

動物の病気を治す病院。

植物の病気を治す病院。

三つの病院は、同じ大きさで、どれも同じようにたいせつだということが書かれている。【生】

③p.120 けれども、時代は、賢治の理想とはちがう方向に進んでいった。さまざまな機械の自動化が始まり、鉄道や通信が発達した。なんでも、早く、合理的にできることがよいと思われるような世の中になった。【イ】

【ガ】

④p.121 農業に対する考え方にも、変化が起こっていた。

「一度に大勢の生徒を相手に理想を語ってもだめだ。理想と現実の農業はちがう。実際に自分も農民になって、自分で耕しながら人と話さなければ」そう思った賢治は。三十さいのとき農学校をやめ、「羅須地人協会」という協会を作る。農家の若者たちを集め、自分も耕しながら勉強する。それが賢治の目的だった。

協会に集まった農村の青年は三十人ほど。そこで賢治は、農業技術を教え、土とあせの中から新しい芸術を生みださなければならぬことを語った。農民の劇団を作ったり、みんなで歌やおどりを楽しんだりした。

【生】、【イ】

⑤p.122… (前略) …でも次の年、病気が少しよくなると、起き出して村々を歩き回った。「あなたのこの田んぼは、こういう特徴があるから、今年は、こういう肥料をこのくらいやりなさい。」と、一人一人に教えてあげるボランティアだ。同時に、賢治は、石灰肥料会社の共同経営者になって、セールスに歩き回る。石灰肥料は土地改良に役立つものだったので、それを広めることが農民のためになると考えたのだ。… (後略)

【生】、【イ】

### (4)pp.199-200 「プログラミングで未来を創る 石戸奈々子」

みなさんが大人になるころには、今ある多くの職業はなくなっているかもしれません。コンピュータにとって代わられてしまう仕事があるからです。二〇四五年には、AI (人工知能) が人間の能力を超えるという説もあります。

… (中略) …

これからは、あらゆる場面でコンピュータが使われるようになります。電車や信号機など社会全体に関わるものだけでなく、台所やふろなど家の中のものも、コンピュータで動くようになるのです。時には、それらがインターネットにつながり、AI によって自ら学習し、判断していくようになるでしょう。そして、それらは全て、コンピュータを動かす命令である「プログラム」によって動いているものです。」

そのような社会で豊かな人生を送るには、「コンピュータとはどのようなものか。」「どんなプログラムによって、コンピュータがどう動くのか。」といった知識が重要になります。それは、決して一部の人が知っていればよいものではありません。例えば、一見、コンピュータとは関係がうすそうな農家でも、ビニールハウス内の温度や湿度を一定に保つプログラムを活用することで、より効率よく、安定した作物の生産が可能になりました。作曲をするときにも、スポーツの作戦を立てるときにも、その目的に合わせて、さまざまなプログラムが使われています。

しかし、プログラムもツールにすぎません。大事なことはそれを作る「プログラミング」によって何を表現し、何を創り出すかです。未来を創るのは自分自身なのです。

自動車は、タクシーやバスで人を運ぶ仕事を生みました。インターネットやスマートフォンは、人々が交流するための SNS を作ったり、インターネットで買い物を楽しむようにしたりしました。新しい技術の登場で、

これまで存在しなかった仕事を生み続けています。AI やロボットを使う新しい職業も生まれていくでしょう。みなさんは、どんな未来や人生をえがきますか。自ら想像して、創造していきましょう。

(5)pp.240-246「今、あなたに考えてほしいこと 中村桂子 文 大野八生 絵」

p.242 人間は、二本の足で歩くようになったので、手を自由に使うことがき、脳が大きくなりました。また、のどが、言葉を話せる構造になりました。そうして、考えたり、話し合ったりするなど、他の生き物とはずいぶんちがうことができるようになったのです。

そして、二本の足で歩くようになった人間は、自由な手と考える力を使って技術を開発し、自分の力ではできないことができるようになりました。自分でものを動かす力はアリに負けるけれど、手おし車を使って大きな荷物を運べるようになりました。今ではトラックも使えます。人間として思い切り生きるということには、技術を使うということも入っています。ですから、次々に開発される新しい技術を、私たちは取り入れて生活しています。それにより、便利さは増しました。

でも、便利になればよいとだけ思って技術を使っていると、資源を使いすぎたり、はいき物で環境をよごしたりして、自然をこわしてしまうことがあります。

自然がこわれると、さまざまな生き物たちが生きにくくなります。みんなが共に生きている世界なのですから、他の生き物が生きにくければ人間も生きにくくなるにちがいありません。自分のできることを思い切りやって一生けんめい生きることが大事ですが、人間の場合、技術については、自然をこわさないようにということを考えて使わなければなりません。…(中略)…

この思いやる気持ちから生まれたのが、想像力です。…(中略)…

このような想像力で、人間だけでなく全ての生き物が上手に生きるにはどうしたらよいだろうと考えることができます。これから生まれてくる人や、生き物たちのことも考えられるはずです。こうして想像力を働かせて、これからのことを考えていくと、みなが生きて暮らせる社会を考え出すこともできるでしょう。

そして、そのような未来にするには、技術をどのように使ったらよいだろうということまで思いを広げることができると思うのです。未来のことまで考えて生き方を探していくのが、今、求められている生き方なのではないでしょうか。そのような生き方で暮らしたら、未来はどうなるのか。そのときの技術はどのようなもので、どう使われているのか。難しいけれど、とても大事なことですし、すばらしいことを思いついたら、未来は今よりずっと楽しくなるにちがいありません。それが、今、あなたに考えてほしいことです。みんなでいっしょに考えていきましょう。【情】、【イ】、【ガ】

表 8.5 の(1)pp.68-69「集めるときに使おう 情報と情報をつなげて伝えるとき」では、ブラジルのアグロフォレストリー農法と環境保全との関わりについての題材であった。アグロフォレストリーとは、森林農法のことをいう。アグリカルチャー(農業)とフォレストリー(森林)を掛け合わせた言葉である。同一の土地に、樹木と農作物を一緒に植え、生態系の生産者・消費者・分解者の相互不可分な関係と物質循環を生かして、農業・林業・畜産業を同時に行う。従来の農業のように、森林を切り開いて畑を作る必要がなく、農業・肥料は原則として用いないのが特徴である。そのため、STEAM 教育連携の視点から、言語能力とともに、日本産業技術教育学会<sup>(13,38)</sup>と山崎・山崎<sup>(39)</sup>が提案した「材料と加工の技術」、「生物技術」、「技術イノベーション」能力との相乗的育成が可能な教材であると筆者らは考えている。

表 8.5 の(2)pp.70-71「具体的な事実や考えをもとに、提案する文章を書こう」は、STEAM 教育連携の視点から、言語能力とともに、日本産業技術教育学会<sup>(13,38)</sup>が提案した「エネルギー変換の技術」能力との相乗的育成が可能な教材であると筆者らは考えている。

表 8.5 の(3)pp.115-123「イーハトーヴの夢 畑山博」は、STEAM 教育連携の視点から、言語能力とともに、日本産業技術教育学会<sup>(12,37)</sup>と山崎・山崎<sup>(39)</sup>が提案した「生物技術」、「技術イノベーション」、「技術ガバナンス」能力との相乗的育成が可能な教材であると筆者らは考えている。

表 8.5 の(4)pp.199-200「プログラミングで未来を創る 石戸奈々子」の題材においても、トレッキーらの提案したビッグアイディア 5「AI の活用は、便益とリスクの両面で、社会に影響を与える」ことについて扱われていた。また、コンピュータは、プログラムによって動いていること、プログラムはツールにすぎないこと、大事なことは「プログラミング」によって何を表現し、何を創り出すかについて問いかけた題材であった。STEAM 教育連携の視点から、言語能力育成とともに、日本産業技術教育学会<sup>(38)</sup>が提案した「技術の概念」、「技術の役割」、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」、「技術的課題解決のプロセス」、「技術イノベーションのプロセス」、「技術ガバナンスのプロセス」を学習することが可能な優れた教材と筆者らは考える。

表 8.5 の(5)pp.240-246「今、あなたに考えてほしいこと 中村桂子 文 大野八生 絵」は、人間が二足歩行に進化したことで、脳の前頭前野と言葉が話せる器官が発達したことで、道具の発明とともに、道具をツールとした

人間の創造行為により誕生した技術がより高度化し、道具の進化と道具をツールとして、人間が技術を生み出すための脳や思考と創造行動を支える言語能力とが、共進化の過程を歩むことを題材としていた。STEAM 教育連携の視点から、表 8.5 の(5)は、言語能力育成とともに、日本産業技術教育学会<sup>(38)</sup>が提案した「技術の概念」、「技術の役割」、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」、「技術的課題解決のプロセス」、「技術イノベーションのプロセス」、「技術ガバナンスのプロセス」を学習することが可能な優れた教材と筆者らは考える。

東京書籍の小学校第 6 学年国語教科書の調査結果を、表 8.6 に示す。

表 8.6 小学校第 6 学年国語教科書【東京書籍】 注 【材】：材料と加工の技術，【生】：生物技術，【エ】：エネルギー変換の技術，【情】：情報の技術，【イ】：技術イノベーション，【ガ】：技術ガバナンス，【テ】：テクニク・職人技

- 
- (1)pp.36-45 イースター島にはなぜ森林がないのか 鷲谷いづみ 文 【材】
- p.40 イースター島では、豊かな森林の恩恵を受けて、高度な技術をほこる巨石文化が栄えた。西暦 1500 年ごろには、人口は七千人に達していたと推定されている。
- しかし、その繁栄は決して長くは続かなかった。太い木が、切りつくされてしまったからである。
- … (中略) …
- p.41 1722 年に、初めてヨーロッパ人がこの島をおとずれたとき、島の繁栄も、豊かな森林も、すでに過去のものとなっていた。木は切りつくされて森林はなく、その結果、むき出しとなった地表の土が雨や風に流され、畑はやせ細っていたのである。
- … (中略) …
- p.42 高度な技術や文明が、豊かな自然のめぐみに支えられて発達したのだとしたら、このイースター島の歴史から、わたしたちが教えられる次のようなことである。すなわち、ひとたび自然の利用方法を誤り、健全な生態系を傷つけてしまえば、同時に文化も心もあれ果ててしまい、人々は悲惨できびしい運命をたどる、ということである。【材】，【生】，【イ】，【ガ】
- 
- (2)pp.212-224 プロフェッショナルたち 板金職人、国村次郎の仕事 【材】，【イ】，【ガ】，【テ】
- p.216 板金職人、国村次郎は、工場長として十一人の職人たちを束ねる。この工場であつかつているのは新幹線の先頭車両に関連する部品。車体の外張りをはじめ、窓わくや計器盤などの加工を手掛けている
- 国村は、半世紀近く、この町で新幹線の顔を作り続けてきた。得意とするのは「打ち出し板金」。金属板をハンマーなどで打ち出すことでわずかに反り上がらせながらなめらかな曲面を作り出す技術だ。これまでに国内外合わせて二十二車種、三百車両をこえる新幹線を手がけ、日本の列車のほか、中国、シンガポール、さらには中東、ヨーロッパなど、世界の列車創りにたずさわってきた。
- 一見、単純に見える打ち出しの作業、しかし、そこには並外れた職人わざがかくされている。国村がたくみな手さばきでハンマーをふれば、金属は、みるみるうちになめらかな曲面へと仕上がっていく。作業にかかる時間はほかの職人の半分以下、おどろくべきスピードで、美しく、正確な局面が生み出されるのだ。
- … (中略) …
- p.218 大きな仕事がいよいよこたえてきた。リニアモーターカー実験車両の外張りの仕事だ。この仕事とはとうもろく難しいものだった。問題は厚さ 0.8mm の超ジュラルミンという素材。ふだんあつかつている素材とは全く違っていた。超ジュラルミンは反発が強く、ハンマーでたたいても思うような曲線が作れなかった。… (中略) …
- 試行錯誤を続ける中で、ためしに板の中心を軽く、周辺を強くたたいてみた。すると、これまでできなかった曲線ができ始め、イメージどおりではないものの、ほぼ近いものになってきた。これをヒントに、ジュラルミンの打ち出し法を編み出し、三日がかりで仕上げることができた。完成したリニアモーターカーは時速五百七十七キロを記録。当時の世界記録をぬりかえた。
- 60 歳をこえた今も、現場に立ち続ける国村次郎。日本の職人魂がここにある。
- 国村次郎が考えるプロフェッショナルとは
- 自分でつかんだ技術は、にげない。わざをみがきあげてこそ職人です。他人と比べてどうこうではなく、向き合うのは自分の技量に対してです。職人の道は長く険しいですが、わざは、みがけば必ず応えてくれます。わざは裏切らない、そう思っています。
- 

表 8.6 の(1)pp.36-45「イースター島にはなぜ森林がないのか 鷲谷いづみ 文」は、日本産業技術教育学会<sup>(13,38)</sup>と山崎・山崎<sup>(39)</sup>が提案したスコープ「材料と加工の技術」、「生物技術」、「技術イノベーション」、「技術ガバナンス」に密接に関連していた題材であった。個別的事実的知識として捉えるのではなく、概念的知識と概念的思考の理解につなげたい。表 8.6 の(1)は、STEAM 教育連携の視点から、表 8.5 の(5)は、言語能力育成とともに、日本産業技術教育学会<sup>(38)</sup>の「技術の概念」、「技術の役割」、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」、「技術的課題解決のプロセス」、「技術イノベーションのプロセス」、「技術ガバナンスのプロセス」学習することが可能な優れた教材と筆者らは考える。

表 8.6 の(2)「pp.212-224 プロフェッショナルたち 板金職人、国村次郎の仕事」は、2015 年発行の東京書籍小学校第 6 学年国語教科書<sup>(44)</sup>にも掲載されていて、山崎ら(2016)<sup>(41)</sup>が詳細に考察した。国村の述べた「技術」は、テクノロジーの文脈よりも、むしろテクニク(職人技)の文脈で用いられている。児童が、テクノロジー、テクニク、スキルの関係性を理解できる解説が必要であると考えている。

以上の表 8.1 から表 8.6 までの結果と考察を踏まえ、総合考察として、4 点述べたい。

第 1 は、国語の題材で取り上げられた技術の本質の文脈を理解するための技術内容基準(コンテンツスタンダード)が必要な点である。STEM/STEAM 教育が盛んなアメリカ、カナダ、連合王国 4 地域、オーストラリア、ニュージーランドなどでは、日本と異なり、初等中等教育段階で、テクノロジー(ものづくり系の技術と、情報通信系の技術の両方を含意)が独立教科として確立している上、各教科の内容基準(アメリカ)、あるいは各教科の教育課程基準(カリキュラムスタンダード)の学習事項や重大な概念どうしを連携させて、STEM/STEAM 教育を実施している。一方、我が国では、初等教育にはテクノロジーの教科がなく、本邦発の STEAM 教育の推進を遅延させている要因の一つとなっている。さらに、高校段階における普通教育としての教科は情報しかなく、高校普通教育におけるものづくり系技術教科が存在しない。本邦は、普通教育としての技術教育が小・中・高校で一貫していない、世界的に極めて異例な教育課程である。

本研究の調査結果から、4 社全ての教科書から技術の文脈が見られたが、本邦には初等教育において技術の教育課程基準が存在しないために、技術概念の捉え方は、各教科書会社により、多様であった。日本発 STEAM 教育を推進するには、小学校から高校までを一貫した「材料加工・生物育成・エネルギー変換のものづくり技術系」と「AI リテラシーを含む情報通信技術系」の教育課程基準と、小学校における技術教科の導入が喫緊に必要不可欠である。本邦では、日本産業技術教育学会(2021)<sup>(38)</sup>と山崎(2020)<sup>(45)</sup>などが、小学校から高校までを一貫した技術教育課程基準を提案している。

第 2 は、当該の国語教科書題材においては、扱う技術概念の説明がほとんどなかった点である。本稿 2 章の先行研究史で石橋ら(2010)<sup>(23)</sup>は、小学校国語科第 3 学年「自然のかくし絵」(東京書籍)と、同理科第 3 学年「こん虫をさがそう」(東京書籍)の合科授業を実施したが、双方の学習を補完した学習指導案作成が必要なることを指摘した。小学校には技術教科がないために、国語科当該題材で、扱う「技術概念」に対する解説文章の挿入や、検索方法のガイドなどが必要である。

第 3 は、本邦では、特に生成 AI の活用に関わって、AI 活用と未来のベネフィットとリスクと、プログラミング教育を含むコンピューティング教育を対象とした、小学校から高校までを一貫した教育課程基準、学校種や発達段階ごとの学習到達目標(ベンチマーク)の作成が急がれる点である。2017 年告示の小学校学習指導要領でプログラミング教育が必修化されたが、教科としての教育内容が定まっていないために、各学校間の実施状況、各校長間・各教員間にかかなりの温度差が見られる状況である。特に既存教科でプログラミング活動を通して、既存教科内容を理解させる場合、プログラミングに必要な基礎知識・技能の習得のために、少ない既存教科の時数を圧迫したり、プログラミング教育が不得手な教員の負担感が増したりするという声もよく聞かれる。AI リテラシーやコンピューティング教育を扱う教科の設置と教科担任の喫緊の導入が望ましいと考えている。

第 4 は、日本発の STEAM 教育が脱カリキュラム・オーバーロードに有効であることに関する実践研究を推進する必要がある点である。例えば、カナダ・ブリティッシュ・コロンビア州では、脱カリキュラム・オーバーロード対策として、ビッグアイデアによる各教科間の重大な概念間の連携化を推進している<sup>(45)</sup>。

## 8.5 おわりに

本研究の目的は、日本発 STEAM 教育<sup>1)</sup>の推進とともに、STEAM 教育の A の言語能力の育成と、個別の事実的知識・技能の習得のみに終始せずに、生活や社会における様々な場面で活用できる概念と思考プロセスの理解を深めるために、小学校学習指導要領(2017 年告示)解説 国語編に基づき、4 社の教科書会社で編集された小学



校第 5, 6 学年国語の文部科学省検定済み教科書の題材で、現代及び未来社会を支えるテクノロジー（技術）の文脈の存在と強弱の程度について調査し、検討することであった。文脈とは、用語や文章の意味を決定する状況・背景・前後関係をいう。本研究の結論は、以下の 3 点に集約できる。

- (1) 4 社中 3 社の教科書の題材において、AI の活用をテーマとした言語活動が取り上げられていた。特に、アメリカのトレッキーらのビッグアイディア 5 の「AI の活用は、便益とリスクの両面で社会に影響を与えること」について取り扱っていた。STEAM 教育連携の視点から、国語科固有の学習能力とともに、各教科等の学習の基盤となる資質・能力である言語能力と、万人に不可欠な技術リテラシーを相乗的に育成する優れた教材と判断した。
- (2) 4 社の教科書ともに、材料と加工、生物育成、エネルギー変換、プログラミングを含む情報通信技術において、社会的・経済的・公共的価値を改善、新たに創造する「技術イノベーション」の重要性と、技術のベネフィットとリスクを適切に評価、選択し、国民が協働で管理・運用していく「技術ガバナンス」をテーマにした言語活動の題材が見られた。STEAM 教育連携の視点から、国語科固有の学習能力とともに、各教科等の学習の基盤となる資質・能力である言語能力と、万人に不可欠な技術リテラシーを相乗的に育成する優れた教材と判断した。
- (3) 一方、技術の概念とプロセスとは何か、技術の本質の探究方法についての解説がなく、本邦では小学校の技術教育課程基準や技術内容標準がない。技術概念に関する内容標準の必要性和、小学校における技術教科の設置と、教科専任による指導を提案したい。

残された課題として、本研究では教科書の調査研究に留まり、国語科の当該題材の実践における授業者と児童の学習指導過程と学習到達状況についての分析研究がされていないので、今後の研究課題としたい。

## 謝 辞

本研究における教科書引用については、一般社団法人教学図書協会による、『論文が主であり教科書についての説明等が従であるとした場合は、著作権法第 32 条 1 項が適用されるので、たとえ教科書本文の一部を利用されても、「正当な範囲内で行われるものであれば」引用して利用することができる。』という判断に基づき、掲載した。筆者らの照会に丁寧にご回答いただいた一般社団法人教学図書協会に、深厚なる感謝の意を表する。

## 注

- 1) 日本発 STEAM 教育とは、各教科等の相互の関係性や SDGs に必要な通教科的・汎用的能力、「ティンカリング(試行錯誤)」といった五感を駆使する「デザイン(設計)プロセス(思考)」などの発想・創造、論理的思考能力を働かせながら、身近な生活と実社会で生じている問題を課題化して解決することで学びの必然性を実感し、「人間力」を基盤とし、「学(サイエンス)」のあるものの探究と、「術(アーツ)」のあるべきものの探求との融合を図る最適解を追求し、学校内外の学びの場の空間軸と、生涯にわたる学びとキャリア発達の時間軸を基軸としながら、学び続ける教育をいう。日本発 STEAM 教育の詳細は、次の文献①②を参考にされたい。①山崎貞登・磯部征尊・大森康正・岡島佑介：国際技術・エンジニアリング教育者学会の前幼稚園から第 12 学年を対象とした技術・エンジニアリングリテラシーのための内容標準改定における STEM 教育連携強化の影響，科学教育研究，第 45 巻，第 2 号，pp.128-141 (2021)，②山崎貞登：STEM, STEAM, エンジニアリング教育概念の比較教育からの論点整理，日本産業技術教育学会誌，第 62 巻，第 3 号，pp.197-207 (2020)
- 2) 日本語の「技術」の言葉の意味と変遷については、飯田賢一：一語の辞典 技術，三省堂 (1995) と、山本貴光：「百学連環」を読む，三省堂 (2016) が詳しい。
- 3) システム技術の概念規定は、「多要素の組み合わせで一体化して役割を果たす技術」とする。
- 4) 技術イノベーションの概念規定は、人間のニーズや欲求の充足を目的として、「工学（エンジニアリング）や農学といった技術に関わる学術の進展、及びその成果として生み出された人為的成果物・システムによって、社会



的・経済的・公共的価値を改善，新たに創造すること」とする。

- 5)技術ガバナンスの概念規定は、「技術イノベーションによる新たな価値の創造を適切に舵取りしていく力であり，技術がもたらす利便性，リスク，損失について理解し，立場の違いや利害関係を有する人たちがお互いに協働して，技術に関わる問題解決のための討議に主体的に参画し，技術倫理を重視しながら，根拠を明確にした自分の意見の表明，意見交換や論議と，技術を適切に評価，選択，管理・運用するために協働すること」とする。
- 6)本稿では，「コンピュータ」と「コンピューター」の二つの表記が見られるが，全て引用文献の原文表記に従ったためである。

## 引用文献

- (1)文部科学省：小学校学習指導要領(平成 29 年告示)学習指導要領解説 国語編，東洋館出版社 (2017)
- (2)文部科学省：幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）（中教審第 197 号） 補足資料（2/8）  
[https://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/shingi/toushin/\\_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902\\_4\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_4_2.pdf) (2024 年 1 月 1 日最終閲覧)
- (3)文部科学省：幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）（中教審第 197 号）  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm) (2024 年 1 月 1 日最終閲覧)
- (4)文部科学省：言語活動の充実に関する指導事例集～思考力，判断力，表現力等の育成に向けて～【小学校版】，教育出版 (2011)
- (5)文部科学省：小学校学習指導要領(平成 29 年告示)，東洋館出版社 (2018)
- (6)文部科学省：中学校学習指導要領(平成 29 年告示)，東山書房 (2018)
- (7)文部科学省：高等学校学習指導要領(平成 30 年告示)，東山書房 (2019)
- (8)ITEEA : Standards for Technological and Engineering Literacy -The Role of Technology and Engineering in STEM Education, ITEEA (2020)
- (9)Simpson, J, A. and Weiner, E.S.C. : THE OXFORD ENGLISH DICTIONARY SECOND EDITION VOLUME XVII, Su-Thrivingly, CLARENDON PRESS, OXFORD (1989)
- (10)Simpson, J, A. and Weiner, E.S.C. : THE OXFORD ENGLISH DICTIONARY SECOND EDITION VOLUME XV, Ser-Soosy, CLARENDON PRESS, OXFORD (1989)
- (11)山崎貞登・大森康正・磯部征尊：イノベーション型学習能力を育む STEM/STEAM 教育からの小学校国語・社会・理科教科書の教材解釈，上越教育大学研究紀要，第 36 巻，第 1 号，pp.203-215 (2016)
- (12)文部科学省：小学校学習指導要領，東京書籍 (2008)
- (13)日本産業技術教育学会：21 世紀の技術教育(改訂)，日本産業技術教育学会誌，第 54 巻，第 4 号(別冊)，pp.1-8 (2012)
- (14)野澤勝廣・谷口浩然・藤木卓・杉山滋・松原伸一：小学校教科書の内容と技術教育の関連性に関する調査研究，長崎大学教育学部教科教育学研究報告，第 13 巻，pp.107-121 (1989)
- (15)平賀伸夫・三ツ川章・斉藤仁志：国語と理科の教科書比較から学校・博物館連携のあり方を考える，日本科学教育学会研究会研究報告，第 20 巻，第 4 号，pp.1-4 (2005)
- (16)文部科学省：小学校学習指導要領，大蔵省印刷局 (1998)
- (17)幾田伸司：小学校国語教科書における科学的説明文教材の歴史的考察，鳴門教育大学研究紀要，第 37 巻，pp.119-129 (2022)
- (18)平田繁・岡田充弘・木原美樹子・西村敬子・田村孝洋・白石恵里・野上俊一：小学校プログラミング教育の現状と教員養成における課題－B・C 分類(国語，社会，生活，音楽，家庭，体育，図画工作，外国語)－，中村学

- 園大学・中村学園大学短期大学部研究紀要, 第 52 巻, pp.193-203 (2020)
- (19)文部科学省：小学校プログラミング教育の手引(第三版) (2020) [https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt\\_jogai02-100003171\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf) (2023 年 1 月 4 日最終閲覧)
- (20)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, 第 34 巻, 第 1 号, pp.60-65 (2017)
- (21)富山敦史・佐野智子：橘小学校との連携による教育現場に根ざした現代的・実践的な教員養成に係る研究報告 (国語科 1) —国語科における ICT 活用による授業観の変容に着目して—, 教育研究実践報告誌, 第 5 巻, 第 1 号, pp.50-59 (2021)
- (22)高橋純・高山浩之・山西潤一：黎明期における小学校での児童 1 人 1 台 PC 活用の特徴—2010 年代初頭における事例から—, 教育情報研究, 第 36 巻, 第 3 号, pp.3-14 (2021)
- (23)石橋文秀・大澤茂雄・高木典子：小学校における異教科との合科的・関連的指導用カリキュラム開発—理科と国語の合科授業の 1 提案—, 大阪青山大学紀要, Vol.3, pp.9-19 (2010)
- (24)阪東哲也・藤原伸彦・曽根直人・長野仁志・山田哲也・伊藤陽介：技術と社会の関係性理解に着目した小学校プログラミング教育の検討：小学校検定教科書と STEL を参考に, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, 第 18 巻, pp.41-50 (2021)
- (25)文部科学省：中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 技術・家庭編, 開隆堂出版 (2018)
- (26)鶴田清司・大岡信・新井満 ほかに四十一名：みんなと学ぶ 小学校国語五年上, 学校図書 (2022)
- (27)鶴田清司・大岡信・新井満 ほかに四十一名：みんなと学ぶ 小学校国語五年下, 学校図書 (2022)
- (28)田近洵一・北原保雄 ほかに 43 名：ひろがる言葉 小学国語 五上, 教育出版 (2022)
- (29)田近洵一・北原保雄 ほかに 43 名：ひろがる言葉 小学国語 五下, 教育出版 (2022)
- (30)甲斐睦朗 ほかに 42 名(別記)：国語五 創造, 光村図書 (2022)
- (31)秋田喜代美 他 106 名(別記)：新しい国語五, 東京書籍 (2022)
- (32)鶴田清司・大岡信・新井満 ほかに四十一名：みんなと学ぶ 小学校国語六年上, 学校図書 (2022)
- (33)鶴田清司・大岡信・新井満 ほかに四十一名：みんなと学ぶ 小学校国語六年下, 学校図書 (2022)
- (34)田近洵一・北原保雄 ほかに 43 名：ひろがる言葉 小学国語 六上, 教育出版 (2022)
- (35)田近洵一・北原保雄 ほかに 43 名：ひろがる言葉 小学国語 六下, 教育出版 (2022)
- (36)甲斐睦朗 ほかに 42 名(別記)：国語六 創造, 光村図書 (2022)
- (37)秋田喜代美 他 106 名(別記)：新しい国語六, 東京書籍 (2022)
- (38)一般社団法人日本産業技術教育学会：次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み 21 世紀の技術教育 (改訂版), 日本産業技術教育学会誌, 第 63 巻, 第 4 号別刷, pp.1-23 (2021) [https://www.jste.jp/main/data/New\\_Fw2021.pdf](https://www.jste.jp/main/data/New_Fw2021.pdf) (2022 年 8 月 19 日最終閲覧)
- (39)山崎恭平・山崎貞登：STEAM 教育と連携した「生物育成の技術」から「生物技術」に再編する教育課程基準の構成原理, 上越教育大学研究紀要, 第 41 巻, 第 2 号, pp.473-482 (2022)
- (40)Touretzky, S. D, Gardner-McCune, C., Martin, F. and Seehorn, D. : Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI?, The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-19), 9795-9799 (2019a)
- (41)Touretzky, S. D, Gardner-McCune, C., Martin, F. and Seehorn, D. : K-12 Guidelines for Artificial Intelligence: What Students Should Know (2019b) A14K12.org [https://ae-uploads.uoregon.edu/ISTE/ISTE2019/PROGRAM\\_SESSION\\_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentation\\_final.pdf](https://ae-uploads.uoregon.edu/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentation_final.pdf) (2024.1.5 最終閲覧)
- (42)Touretzky, S. D. and Gardner-McCune, C. : ARTIFICIAL INTELLIGENCE THINKING IN K-12, pp.153-180, Kong, S. and Abelson, H. (Eds.): COMPUTATIONAL THINKING EDUCATION IN K-12 -ARTIFICIAL

INTELLIGENCE LITERACY AND PHYSICAL COMPUTING, The MIT press (2022)

- (43)松田孝・景井美帆・亀井俊之・桑村海光・人見久城・磯部征尊・大森康正・山崎貞登：STEM/STEAM 教育からの小学校段階における AI リテラシー育成のための教材開発と実践，上越教育大学研究紀要，第 40 巻，第 2 号，pp.631-640 (2021)
- (44)小森茂ほか 37 名：新編 新しい国語六，東京書籍 (2015)
- (45)山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準 2017(平成 29)年度～2019 年度科学研究費補助金(基盤研究(C))第 3 年次(最終年次)研究成果報告書 (2020)  
<http://hdl.handle.net/10513/00008106> (2024 年 1 月 6 日最終確認)
- (46)Ministry of Education and Child Care, Province of British Columbia, Canada : BC's Course Curriculum  
<https://curriculum.gov.bc.ca/>(2024 年 1 月 8 日最終確認)

The Context of Technology in 5th and 6th Grade  
Elementary School Japanese Language Textbooks  
from the Perspective of STEAM Education Collaboration

Kyohei YAMAZAKI\*, Sadato YAMAZAKI\*\*

**ABSTRACT**

The purpose of this study was to explore the advancement of STEAM education originated in Japan, focusing on the development of linguistic abilities within the ‘A’ of STEAM, and to go beyond mere acquisition of factual knowledge and skills. This study aimed to deepen the understanding of concepts and thought processes that can be applied in various aspects of life and society. This research investigated the presence and intensity of technology context in textbooks for 5th and 6th grade Japanese for elementary school students, edited by four textbook companies, based on the explanation of the elementary school national curriculum standard (2017) – Japanese Language edition, as approved by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. Context refers to the situation, background, and relational sequence that determine the meaning of terms and sentences. The results showed that in three out of four companies’ textbooks, the use of AI was discussed in terms of both benefits and risks to society. Additionally, in all four textbooks, subjects related to “the importance of technological innovation to improve and create new social, economic and public values” and “technological governance in which the benefits and risks of technology are appropriately evaluated, selected, and managed and operated collaboratively by the public” were found in materials and processing, nurturing living things, energy conversion, and information and communication technology (including programming). However, there was a lack of explanation about what technological concepts and processes are and how to explore the essence of technology. This study was also proposed to introduce technological contents including technological concepts standards as well as technology curriculum standards for elementary schools in Japan..

---

\*Karuizawa Kazakoshi School    \*\*Natural and Living Science

## 第9章 3D プリンタ導入に向けた製図ソフトウェアの評価と教材開発

上越教育大学 東原貴志

### 9.1 はじめに

本章の研究課題は、中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科とする）「A 材料と加工の技術」において、3D プリンタを活用するための製作題材と使用する 3DCAD ソフトウェアの評価と課題の検討である。中学校教材整備指針（令和元年一部改訂）によると、3D プリンタ 8 人あたり 1 程度、製図用ソフトウェア 1 人あたり 1 程度を整備の目安としている<sup>①</sup>。技術科で 3D プリンタを用いる学習場面として、製作に必要な図面を 3DCAD ソフトウェアで制作しモデルを出力する、あるいは製作したいものを 3DCAD ソフトウェアで制作し、出力して使用することが考えられる。

技術科で木工製作に必要な模型づくりと 3DCAD ソフトウェアによる設計・製図について、藤岡・藤田(2021)は、製作した製作題材について 3DCAD を用いて改善(再設計)する学習を取り入れた新たな PDCA サイクルを意識したものづくりの指導計画改良案を作成しており、教師の指導スキルなどを問題点として指摘している<sup>②</sup>。中学校における授業実践として、後藤・森下(2020)らが合板 DL・モジュール木工に対応した 3DCAD ソフトウェアを用いた事例を紹介している<sup>③</sup>。

そこで本研究では、教員養成系大学において技術科の開講科目を受講する学生に対して、本立てやペン立てなど、技術科で扱う比較的短時間で完成できる題材の製作を目的として、3DCAD ソフトウェアを操作させた。ソフトウェアの評価、技術科に必要な指導時数、自由記述の結果から、製図ソフトウェア導入の可能性と課題について検討した。

さらに、3DCAD を用いた教材開発の事例として、Tinkercad を用いたスタッキングトイの穴あきブロックの設計について検討したので報告する。

### 9.2 研究方法

#### 9.2.1 3DCAD ソフトウェア評価の対象者および実施内容

J 大学の 2021 年度学部開設科目「中等技術科指導法（教材論）」の受講生 15 名（学部学生 6 名、大学院生 9 名）を対象とし、講義および評価を 2022 年 1 月～2 月に実施した。受講生のうち 11 名は山崎教材システム社の創 byShade3D<sup>④</sup> と Autodesk 社の Tinkercad<sup>⑤</sup> の操作経験がある。

2 種類の製図ソフトウェアの使用目的と操作方法を説明し、製図課題を与えた。必要な PC 環境や導入費用、操作の容易さ、再設計など製品の改善に資するか、技術科の授業で使用したいかの観点でそれぞれ 5 段階評価を行わせ、技術科で指導する上で必要な授業時数を回答させた。

#### 9.2.2 ソフトウェアの選定

木工製作のための 3DCAD ソフトウェアとして、後藤・森下(2020)が紹介している日本マイクロシステム社の caDIY3D-X<sup>⑥</sup>を選定した（表 9.1）。部品製作のための 3DCAD ソフトウェアとして、イスペット社が教育機関向けに販売している ZW3D\_JH を選定した（表 9.2）。このソ



ソフトウェアは CHAM-Japan 社が開発したものをベースとしており<sup>(7)</sup>，産業界で活用されている<sup>(8)</sup>。

表 9.1 木工製作のための 3DCAD ソフトウェアの動作環境と特徴

	caDIY3D-X	創 byShade3D
価格	10,780 円(無期限) 770 円(期間限定ライセンス 30 日) 1,320 円(同 60 日) 1,650 円(同 90 日)	5,100 円
動作環境	Windows7 以上(10 推奨)	Windows10, 8.1
特徴	木材が選択可能，木取り図自動作成	部品図の作成が可能

表 9.2 部品製作のための 3DCAD ソフトウェアの動作環境と特徴

	ZW3D_JH	Tinkercad
価格	1,990 円/3 年間(教育機関での使用)	フリー(教育目的)
動作環境	Windows10, 7, Server2016, Server2019 (USB 上で動作し，インストール不要)	ブラウザアクセス (教師がクラスを作成し生徒を招待)
特徴	立体の面の押し出しなどの操作が可能	基本シェイプを組み合わせて立体作成

## 9.2.3 ソフトウェア操作の到達目標

### 9.2.3.1 caDIY3D-X の到達目標

caDIY3D-X について，生活に役立つ製品(本棚など)の設計を行うことをソフトウェア操作の到達目標とした。具体的な設計の手順は下記の通りである。

- ① 材料の追加(図 9.1)
- ② 材料のサイズ変更(図 9.2)
- ③ 材料の移動と組み立て(図 9.3)
- ④ 完成(STL データの出力)(図 9.4)

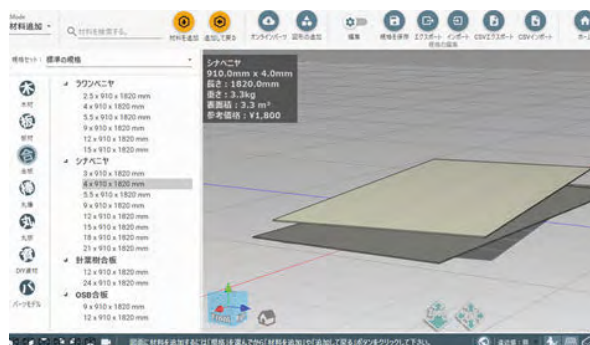


図 9.1 材料の追加

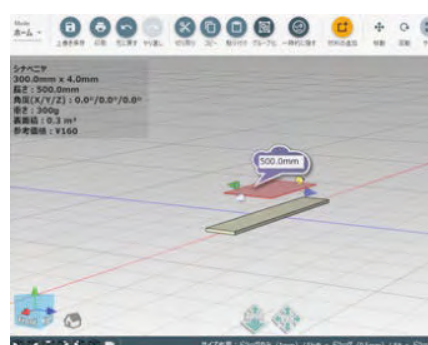


図 9.2 材料のサイズ変更

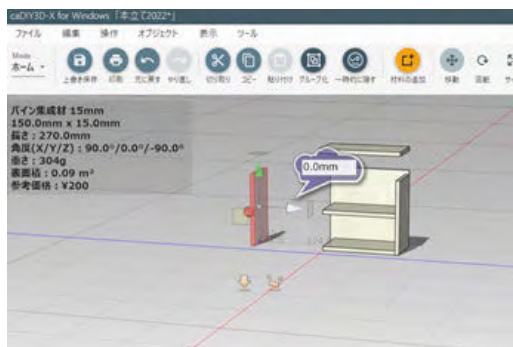


図 9.3 材料の移動と組み立て

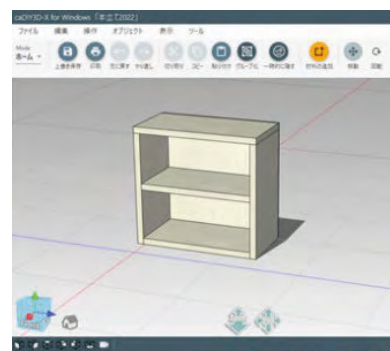


図 9.4 完成した様子

### 9.2.3.2 ZW3D\_JH の到達目標

ZW3D\_JH について、生活に役立つ製品（ペン立てなど）の設計を行うことをソフトウェア操作の到達目標とした。具体的な設計の手順は下記の通りである。

- ① 直方体の追加（図 9.5）
- ② 平面の作図（図 9.6）
- ③ 押し出しシェイプ（図 9.7）
- ④ 完成（STL データの出力）（図 9.8）

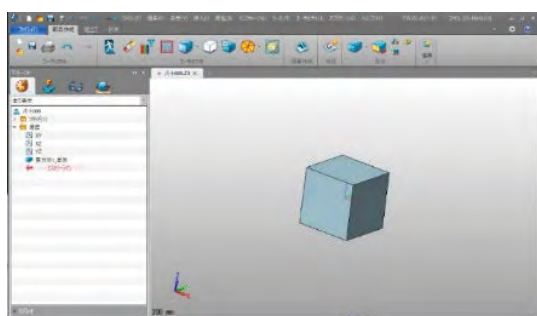


図 9.5 直方体の追加

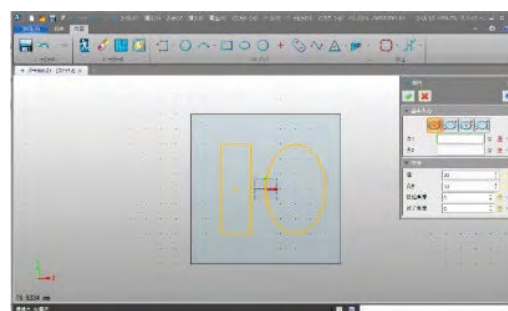


図 9.6 平面の作図

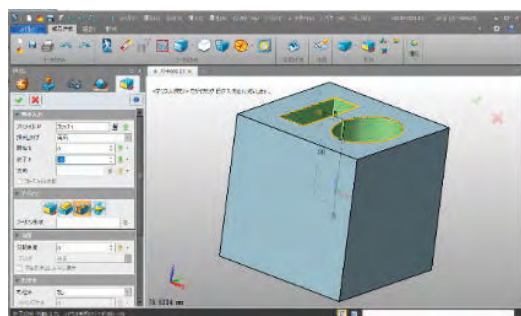


図 9.7 押し出しシェイプ

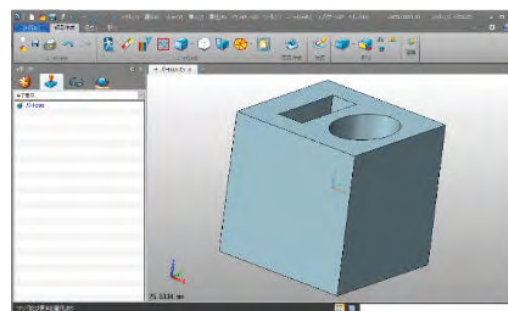


図 9.8 完成した様子

### 9.2.4 スタッキングトイの穴あきブロックの設計

#### 9.2.4.1 スタッキングトイの設計の授業実践の対象者

J大学の2023年度学部開設科目「体験学習D」の受講者7名、および「中等技術科指導法（教材論）」の受講生6名（学部学生5名、大学院生1名）を対象とし、講義および評価を2023年に実施した。

#### 9.2.4.2 スタッキングトイとは

スタッキングトイとは、土台に立てられた棒に穴あきブロックを重ねて遊ぶ知育玩具の一種である。有名なものとして「ハノイの塔」がある（図9）。Stackingには「積み重ねる」という意味がある。空間認識能力や手指の巧緻性、バランス感覚などが鍛えられると考えられる。特別支援教育においては、自立活動の一環として児童生徒の発達段階に応じた活用がされている。

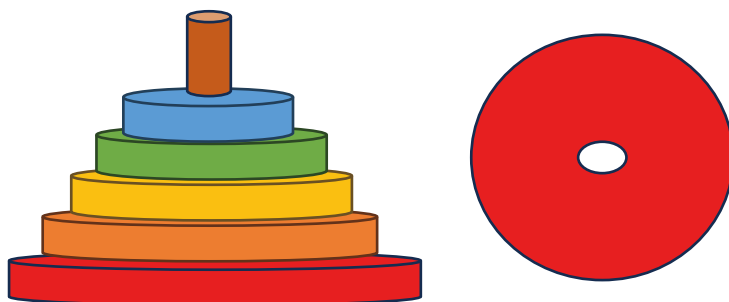


図9 一般的なスタッキングトイ

#### 9.2.4.3 スタッキングトイの設計条件

使用するソフトウェアおよびハードウェアの環境は以下のとおりである。

3DCAD：Autodesk社のTinkercadを使用した。

3Dプリンタ：XYZPRINTING社のダヴィンチ Jr.ProX+を使用した。

フィラメント：XYZPRINTING社のPLAフィラメントを使用した。

スライスソフト：Ultimaker社のCuraを使用した。

PC：学生及び、教員は個人のPCを使用した。

Tinkercadは、ブラウザ上で動作するCADのため、アプリケーションの追加などが難しい教育用端末でも動作可能であり、Googleアカウントがあれば無料で利用できることを選択した。

XYZPRINTING社のダヴィンチ Jr.ProX+は、技術科教材カタログに載っており、学校現場での使用事例もあるため選択した。XYZPRINTING社のPLAフィラメントは、前述した3Dプリンタの対応品であること、ABS素材などに比べ熱収縮率が低く、設計通りに作りやすい点、融点が低い点、作業効率に優れる点から選択した。Ultimaker社のCuraは、無料でダウンロードできるスライスソフトであり、オフライン下でも動作し、操作がしやすい点から選択した。

スタッキングトイの円盤（立体物）の製作条件は以下のとおりである。

- 1)直径14mmの穴をあけること
- 2)穴の中心からたてよこの幅はそれぞれ40mm未満の立体とすること
- 3)高さは合計で150mmとすること(例:15mm×10個)。1種類でも、複数の種類を組み合わせることも可。

も良い。

4)積層式の 3D プリンタで出力できる立体の形にすること。(例)逆ピラミッド型は不可

5)色はレッド、タンジェリン、イエロー、グリーン、ブルー、ホワイト、クリアから選択できる

さらに、学生が設計したスタッキングトイについて、N 県 T 特別支援教育学校の教諭 3 名が評価した。

## 9.3 授業実践の結果

### 9.3.1 ソフトウェアの評価

ソフトウェアの評価結果を表 9.3 に、指導時数を表 9.4 に示す。5 項目中 4 項目で caDIY3D-X の評価が高かった。指導時数についてはいずれも 5～6 時数必要であるとの回答が得られた。

caDIY3D-X について、創 byShade3D<sup>(4)</sup> の操作経験有（11 名）と無（4 名）による評価の平均値について分散分析を行ったところ、有意差は認められなかった ( $F_{(1,13)}=0.00$ )。同様に、ZW3D\_JH について、Tinkercad<sup>(5)</sup> の操作経験有（11 名）と無（4 名）による評価の平均値についての 1 要因分散分析の結果、有意差は認められなかった ( $F_{(1,13)}=0.03$ )。

表 9.3 ソフトウェアの評価(5 段階評価, n=15)

評価項目	caDIY3D-X	ZW3D_JH
必要な PC 環境	4.0	3.8
導入費用	3.2	3.8
操作の容易さ	3.9	2.7
再設計など製品の改善に資するか	3.9	3.3
技術科の授業で使用したいか	3.9	3.1
評価の平均値	3.8	3.3

表 9.4 必要な指導時数（1 時数=50 分授業とする）

授業内容	caDIY3D-X	ZW3D_JH
操作方法の説明と習熟	1.5	1.8
構想と作図	2.2	2.1
図面の再設計	1.7	1.9
合計時数	5.4	5.8

caDIY3D-X に関しては、直感的に操作できる点を評価する意見や、木取図・材料取り図・部品の価格表示を評価できる意見が多数見られた。受講生の自由記述は以下の通りである。

「マニュアルを熟読しなくても、直感的に操作できる点が非常によい。導入コストはやや高くなるが、中学生が扱うソフトとしては非常に優れていると感じた。実際の仕事現場で使うような作図ソフトに比べ、実践的な機能は少ないように感じたが、初学者が入門用として使うには適している。また、追加できる材料は、板材や合板など事前学習する木質材料と関連させることが可能なた

め、技術科の授業で導入しやすい点も高評価である。」「部品の参考価格が表示されるため、「〇〇円以内で作成できる作品を作りなさい。」などの学習課題が設定しやすいと思った。」

一方で、細かな操作方法については慣れるまでに時間がかかるという意見もみられた。

「慣れるには時間がかかると思います。例えば、左右どちらかのクリックを長押しした時、ショートカットメニューが表示され間違えた選択を行ってしまう可能性があるので、マウスの操作練習を行う必要があると思います。また、図を回転した時に、誤った角度から再度動かすと 0 度からスタートになり角度がわからなくなってしまった、自動で角度が調整設定できると効率が良くなると思います。」

ZW3D\_JH に関しては、ユーザーインターフェース (UI) を評価する意見がみられたが、操作方法が難しいという意見が多数見られた。そのため、授業で導入する際には教師が独自にマニュアルを作成する必要があるとの意見がみられた。受講生の自由記述は以下の通りである。

「UI が見やすく、入力する箇所や変更すべき点が分かりやすかったので、再編集・再設計がしやすかった。それぞれのアイコンや入力フォームのデザインがはっきりしており、分かりやすかった。」「平面での作図と立体的な組み立てを切り替えながら行えるという点ではデザインや、へこみを作るときにとってもやりやすいと感じました。」「ZW3D\_JH を使ってみて操作方法に慣れれば操作はあまり難しくなく作図することができた。しかし、慣れるまではどこをクリックすれば自分の行いたい操作ができるのかわかりにくく難しさを感じたことがあった。作図したものをさまざまな角度から見るのでわかりやすいと思う。中学生に対して授業を行うときは使い方についてしっかり説明し簡単なものから作図したりすることによってうまく ZW3D\_JH を使って作図できるようになると思った。」

一方で、授業者が到達目標として掲げた立体面の押し出しシェイプについては、そもそも中学生が学ぶ必要が無く、3D プリンタの仕組みやそれに対しての興味を持つことが重要であり、基本形を組み合わせで作図が可能な Thinkercad の機能で十分ではないかという意見がみられた。

### 9.3.2 ソフトウェアの使用に関する課題

ソフトウェアの使用に関する課題として、受講生は導入費用と PC 環境の 2 点を挙げていた。

導入費用について、「(caDIY3D-X は) 導入費用がかなり高額だと考えた。一度の単元のみで期間限定ライセンス 30 日であればそれほど高額ではないと感じるが、授業後に生徒が活用することが難しくなるため、授業のみ利用というかたちで終わってしまうと考えられる。」のように、有償ソフトウェアの利用は学びの成果を発展させることが難しいという課題を挙げていた。

PC 環境について、「(新潟) 県内の小中学校の多くは、次第に Windows OS 機が無くなってきているので、1 人 1 端末環境で多く選ばれている iPad、クロームブックに対応すると学校現場での使用も現実的になると思う。」のように、1 人 1 端末環境に加えて、製図ソフトウェアが利用できる PC 環境の維持を課題として挙げていた。

### 9.3.3 スタッキングトイの穴あきブロックの設計



スタッキングトイの穴あきブロックを設計した学生が工夫した点として挙げたのは、以下のとおりである。

「子供が遊んで楽しいように、色々な形を作った。高さも様々ながら、150 ミリになるようにした」「様々な形を作成することで、実際に授業内で使用するとき学習効果が出やすくなるように工夫した。また、大きさも変えて作製したため、他の人の作品と混ぜて使用する場合にもうまく組み合わせることができると考え作成した」「幼児教育や、特別支援教育で扱いやすいような持ちやすい形にした。また、大きさを3種類にしたことで、大きさ別で分けたり、大きさ順に並べたりすることができるようにした。色はあえて一色にして、大きさ以外の要素を入れることで、困惑しないよう、難易度を調節した」「色々な形を取り入れて見た事、形や色、大きさについても、いろいろなもの、複雑なものに触れてみてほしいという考えから、全て無作為なような感じにして、構成を工夫した」「4種類の色・形で作り色でそろえる、かたちでそろえる、すべてバラバラなどできるようにしました。形を4種類にしたのは、それぞれの形でつかむ感覚が違うのでトレーニングにつながると考えた」

以上のように、使用者のことを考慮した設計や、他社が設計したスタッキングトイと混ぜ合わせて使用することを想定するなど、スタッキングトイの遊び方を念頭に置いた設計ができていた。

学生が設計したスタッキングトイ（図9.10）について、N県立T特別支援学校に勤務する教諭3名が評価した内容は以下のとおりである。

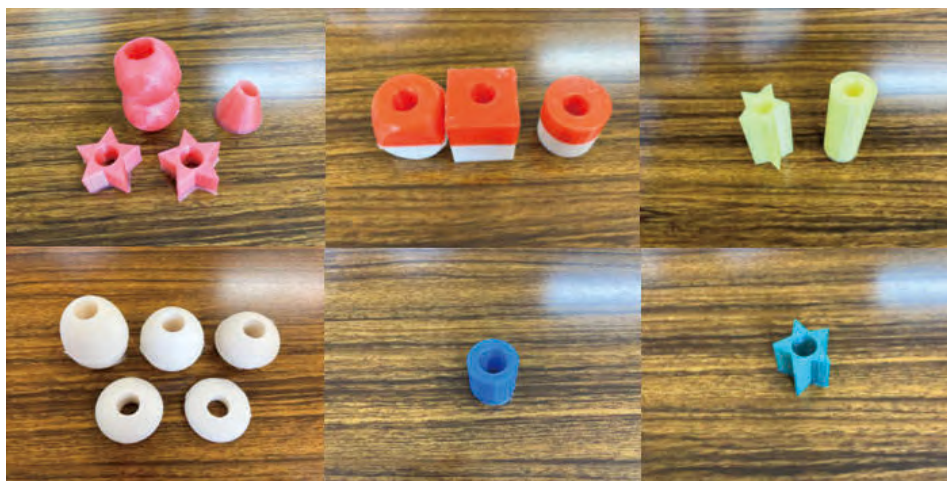


図9.10 設計したスタッキングトイ

- ・白色の円盤の高さが変わるデザインは、つかみやすさに違いがあり指先の訓練にとっても良い。
- ・緑色の星型と、青色とクリア色の円柱は、組み合わせることにより形の違いを認識できるので良い。（両者を混ぜておき、星と丸に分けて並べなさい、という指導ができる）
- ・大きさや長さの違い
- ・形状の違い（星とか丸など）
- ・つかみやすさの違い

・生活の中でどのような観点（認知、手先の動き、指の力、など）の成長を促すのか、ねらいが大切である。

・色や形で組み合わせるようにしてもおもしろい。例えば、同じ色で合わせよう（赤、緑、黄色、など）や、同じ形で合わせよう（三角形、四角形、五角形、六角形、多角形になるほど見分けが難しい）など。

・ドーナツ形だんだん経を小さくして、完成すると円錐になるのもおもしろい。子供は微妙な経の大きさを比較しながら選ぶことになる。

・3D プリンタで作ったブロックで型はめをしてもよいのでは。

・口に入れても大丈夫な大きさがいい。

・「モンテッソーリおもちゃ」で検索すると参考になる教材がたくさん出てくる。

・バリを取ってほしい。

以上の結果より、改善点の指摘はみられるが、設計したスタッキングトイを特別支援教育の現場で活用できる可能性をみいだすことができた。

## 9.4 おわりに

3D プリンタ導入に向けた製図ソフトウェア 2 種類について、受講生の評価、必要とされる授業時数、自由記述より、技術科で導入可能であると考えられた。一方で、導入費用や PC 環境についての課題が明らかとなった。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、ご協力いただいた J 大学の学生の皆様ならびに N 県立 T 特別支援教育学校の教員の皆様に御礼申し上げます。

## 引用文献

※インターネットアクセス日は、2022 年 1 月 19 日である。

1) 文部科学省：中学校教材整備指針（令和元年一部改訂）(2019)：

[https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/08/06/1316723\\_4\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2019/08/06/1316723_4_2.pdf)

2) 藤岡貴志・藤田眞一：新学習指導要領に則した「材料と加工の技術」の指導計画，日本産業技術教育学会第 64 回全国大会講演要旨集 p.72(2021)

3) 後藤康太郎・森下博之：合板 DL・モジュール木工における設計の基礎，山下晃功監修『木工革命』，海青社(2020)

4) 山崎教材システム 2021 技術カタログ：[https://www.yamazaki-kk.com/fliper/2021DigitalCatalog/yamazaki\\_gijyutsu2021/HTML5/pc.html#/page/304](https://www.yamazaki-kk.com/fliper/2021DigitalCatalog/yamazaki_gijyutsu2021/HTML5/pc.html#/page/304)

5) Autodesk 社 Tinkercad：<https://www.tinkercad.com>

6) 日本マイクロシステム社：<https://cadiy3d.com/wp>

- 7) コンセントレーション・ヒート・アンド・モーメンタム・リミテッド 東京支店(CHAM-Japan 社) : <https://zwcad.co.jp/>
- 8) 株式会社実践マシンウェア : <http://www.zissen-mw.jp/>

## 第10章 脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価規準の焦点化とカリキュラム・デザインの改善

Improvement of Careful Selection on Learning Assessment Criteria by Viewpoint of Industry at Technical Upper Secondary School and Their Curriculum Designs to Avoid Curriculum Overload

佐伯智成<sup>\*1</sup>・山崎貞登<sup>\*2</sup>  
Tomonari SAEKI <sup>\*1</sup>, Sadato YAMAZAKI <sup>\*2</sup>

### 要 旨

カリキュラム・オーバーロードの解決策を検討するために、佐伯らの先行研究の評価規準作成時に重視する視点や工業科の課題解決型学習過程モデルを踏まえ、観点別学習状況の評価の観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準・判別基準を作成し、焦点化することで、学習内容を圧縮できることを提案した。またT県内の3校の工業高校電気系学科生徒140人を対象にカリキュラム・デザインを改善した実践授業を行い、工業科の課題解決型学習過程モデルの効果について、単元実施前後の質問紙調査結果をt検定により検討した結果、全項目において有意水準1%で、実施後の平均値が上がっていた。次に、単元実施前後の判別基準に対する生徒の自己評価と教員評価の一致度を検討し、自己評価を通して生徒の自己調整学習能力や非認知的能力を伸ばし、形成的評価を充実させる学習支援につながることを提案した。さらに、判別基準の複数教員間の評価の一致度を調査して評価者間信頼性を検討した。

### [キーワード]

工業科、観点別学習状況の評価、信頼性、自己調整学習、主体的に学習に取り組む態度

## 10.1 はじめに

本研究の目的は、「高等学校専門教科工業(以下、工業科)の課題解決型学習過程モデル」に基づく、観点別学習状況の評価の観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準の焦点化と、カリキュラム・デザインの改善を通じて、カリキュラム・オーバーロードの解決策を検討することである。

工業科は工業技術の進展に対応するなどして解決策を考えられる生徒を育てることが求められており、2018年告示高等学校学習指導要領(以下、指導要領)の工業科の目標の解説にも定められている。そのため、新たな教科固有の個別の知識や技術が年々増加し、カリキュラムの圧迫が問題となっている。脱カリキュラム・オーバーロードの方策として、奈須(2021)は、個別的に内容を精査し、削減することでカリキュラム・オーバーロードを解消しようという方略は、内容の背後に様々な利害関係者がいるためにおよそ奏功しないと指摘する。さらに、2014年3月31日の「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方に関する検討会」の論点整理から、表10.1の学力の三層構造を示している。そして、教科等の「見方・考え方」を構成する方法や中核概念を、学習内容や学習活動と効果的に組み合わせた「明示的な指導」は、脱カリキュラム・オーバーロードに有効であると述べている。

表 10.1 学力の三層構造

ア) 教科等を横断する汎用的なスキル(コンピテンシー)等に関わるもの
① 汎用的なスキル等としては、例えば問題解決、論理的思考、コミュニケーション、意欲など
② メタ認知(自己調整や内省・批判的思考等を可能とするもの)
イ) 教科等の本質に関わるもの(教科等ならではの見方・考え方など)
ウ) 教科等に固有の知識や個別スキルに関するもの

本研究では、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準に着目して、次の三つの研究課題を設定し、脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる解決策を検討する。

研究課題の一つ目は、工業科電気系における「転移可能な概念的知識」と「学習方略を含む工業に関わる問題の発見から課題解決に必要な一連の方略(以下、一連の方略)」の理解及び、「明示的な指導」の充実によるカリキュラム・デザインの改善である。

<sup>\*1</sup> 兵庫教育大学連合学校教育学研究科・<sup>\*2</sup> 上越教育大学

本研究における「明示的な指導」は、奈須(2021)の定義を援用し、教科等の「見方・考え方」を構成する方法や中核概念を、学習内容や学習活動と効果的に組み合わせた指導と規定する。

「転移可能な概念的知識」、「一連の方略」は、ウィギンズ・マクタイのカリキュラム・デザイン理論(2005)を援用し、西岡(2008)の「知の構造」を参考に筆者が工業科の教科内容に当てはまるよう図 10.1 のように再整理した。

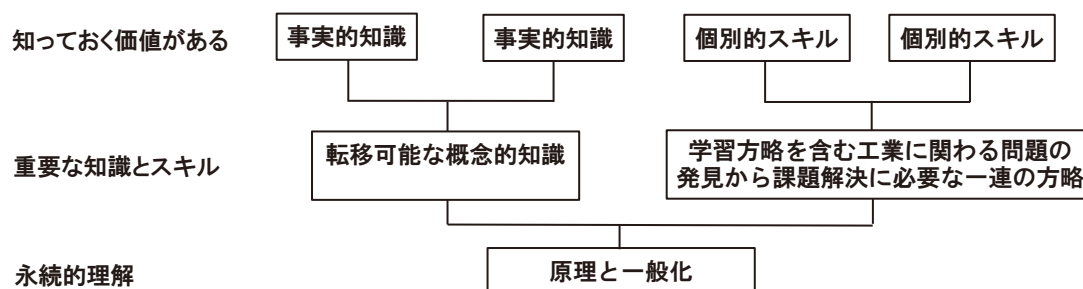


図 10.1 「知の構造」を用いた教科内容の構造化  
(西岡加名恵：逆向き設計で確かな学力を保障する、明治図書(2008)p. 15 を参考に筆者作成)

工業科電気系では表 10.1 のア) とイ) を含む、カリキュラム・デザイン(学習評価・教材や教育方法)の研究が不足しており、教科等の本質に関わる概念や、教科を横断する汎用的なスキルの理解が深まらないことで、教科の学びが構造化・統合化されず、教科固有の事实的知識・個別的スキルが圧縮されていないことがカリキュラム・オーバーロードの原因の一つであると考えられる。

この解決のために、ア) の汎用的なスキルやメタ認知などの、STEAM 教育で育成が期待されるコンピテンシーを重視し、STEAM 教育の各教科の見方・考え方を「工業科」に取り入れていく事。また、イ) の教科等の本質に関わる、「工業科の見方・考え方や、育成する「転移可能な概念的知識」と「一連の方略」を明らかにし、それらを含めてカリキュラム・デザインを行うことが、脱カリキュラム・オーバーロードに繋がると考えられる。

研究課題の二つ目は、「観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準項目数の厳選及び、生徒の自己評価と授業者の見取りと支援を重視した形成的評価の充実による「指導の評価化」による評価疲れの回避」である。

「指導の評価化」とは、日常的な学習場面における指導・支援、見取りをすべて「記録に残す評価」として記録(証拠集め)して、評定の算出のために集計することである。石井・鈴木(2021)では「指導の評価化」により、本来の「形成的な評価」機能が失われて、日常的な学びを息苦しくさせるとしている。

高等学校では、令和 4 年度入学生より指導要領に基づく学習評価で、「観点別学習状況の評価」を生徒指導要録に必ず記載することになった。しかし、「観点別学習状況の評価」の先行実践研究は極めて少なく、特に工業科では、佐伯ら(2022a, 2022b, 2022c, 2023a)の研究を除いて管見の限りない。そのため、学習指導要領の内容のまとめりと共に 3 観点の評価規準をそれぞれ作成すると、評価項目数が増大し、評価に迫られる授業に陥る。評価規準が焦点化されることで、学習内容も同様に焦点化し圧縮されること。また、生徒による自己評価を促すことで形成的評価が充実し、生徒の自己調整学習能力や非認知的能力の伸長と共に、教員の評価活動の負担が軽減し、脱カリキュラム・オーバーロードに繋がると考えられる。

研究課題の三つ目は、パフォーマンス課題の導入による学習文脈づくりと、それら进行评估するための、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準・判別基準の妥当性・信頼性の向上である。

生徒が「転移可能な概念的知識」や、更に高次の「永続的理解」まで達したかを評価するためには、リアルな文脈で、知識やスキルを応用・総合しつつ使いこなすことを求める、パフォーマンス課題を用いることが必要不可欠である。

工業科におけるパフォーマンス課題の取り組みとして、河合(2020)による、工業科目「電力技術」の実践報告があるが、工業科では、パフォーマンス課題の取り組みの先行研究の蓄積が不足している。

工業科において評価規準の妥当性と信頼性が定まっていない一因として、観点「主体的に学習に取り組む態度」に関する先行実践研究の蓄積や、「パフォーマンス課題」に関する先行実践研究の蓄積がないことと共に、観点別学習状況の評価について、国が基準を示しておらず、各学校や各教員が評価規準と判別基準を作成するために、評価にばらつきが生じ、評価規準・判別基準の妥当性・信頼性が高まらないことが考えられる。評価規準・判別基準の妥当性・信頼性が高くないことは、その評価規準・判別基準を使用して行う授業、評価の負担を増すことに繋がる。

評価規準の妥当性・信頼性に関する先行研究は、石田ら(2021)が、高等学校物理基礎でのパフォーマンス課題を取り入れた授業実践と、ルーブリックの作成方法、評価・採点プロセスを検討し、複数評価者間の一致度による信頼性を報告している。佐伯ら(2022a)は、工業科電気系科目において、工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業実践を行い、観点「主体的に学習に取り組む態度」の生徒自己評価と教員評価との一致度について検討している。

評価規準・判別基準の妥当性・信頼性を高め、評価規準の基準(スタンダード)性を保証することで、学習評価の負担が軽減し、脱カリキュラム・オーバーロードに繋がると考えられる。

## 10.2 研究のデザイン



### 10.2.1 工業科電気系の見方・考え方の提案

STEAM 教育の各教科と工業科の学術分野の関係については、山崎（2020）を援用し、工業科は「エンジニアリング」の考え方を基盤として、技術、科学、数学、アーツの教科領域を、エンジニアリングとデザイン思考で架橋し融合させた教科であると考えた。そのため工業科の見方・考え方は、教科固有の見方・考え方と共に、関連教科の見方・考え方を理解していることが重要である。この考えを現在の工業科の見方・考え方である「ものづくりを、工業生産、生産工程の情報化、持続可能な社会の構築などに着目して捉え、新たな時代を切り拓く安全で安心な付加価値の高い創造的な製品や構造物などと関連付けること」に取り入れ、表 10.2 の工業科電気系の見方・考え方としてまとめた。

表 10.2 工業科電気系の見方・考え方

「ものづくりを、人類の利益と社会の発展の視点で捉え、地域や社会の健全で持続的な発展を担い、倫理性が求められる職業人の視点から、新たな時代を切り拓く安全で安心な付加価値の高い創造的な製品・構造物などの人為的成果物・システムを生み出すために、自然科学・情報科学、数学、ものづくりと情報技術、社会科学、各種芸術の見方・考え方を活用して、問題発見と課題の案出、設計、試作と改良、社会実装と保守・管理などの一連のプロセスに必要な技術を最適化するために必要な知識と思考方略」
---

作成に当たっては、高等学校学習指導要領の工業、理科、数学、情報、社会の各節、中学校学習指導要領の理科、数学、技術、社会の各節を STEAM 関連教科として参考にした。工業科電気系の見方・考え方を中心に STEAM 各教科の見方・考え方を相乗的に働かせることで、各教科の連携が推進され、教科内容の圧縮に、重要な役割を果たすと考える。

### 10.2.2 「転移可能な概念的知識」と、「一連の方略」の整理

脱カリキュラム・オーバーロードのためには、工業科電気系の「転移可能な概念的知識」・「一連の方略」を明確化し、工業科電気系の見方・考え方を働かせて一連の方略を行い、学習活動を進めていく事が有効である。そのため、工業科電気系の科目である「電気回路」において、ウィギンズ・マクタイのカリキュラム・デザイン理論を参考に、目標となる、獲得すべき事実的知識、個別的スキル、転移可能な概念的知識について学習指導要領の当該の指導項目を主に、使用する教科書より補足して整理を行った。科目「電気回路」単元「電力と熱」章「電流の発熱作用」における整理の具体例を表 10.3 に示す。

表 10.3 科目「電気回路」単元「電力と熱」章「電流の発熱作用」における事実的知識、個別的スキル、転移可能な概念的知識、一連の方略の具体例

事実的知識	: 熱量の単位[J], ジュール熱, 熱容量
個別的スキル	: 熱の計算方法, 水の温度上昇の計算方法
転移可能な概念的知識	: ジュールの法則, 比熱
一連の方略	: 工業科の課題解決型学習過程モデル

本研究では、一連の方略については課題に応じて、幅広く設定できると考えており、例えば中学校技術・家庭科技術分野の最適化を見出す判断である「トレード・オフ」や、理科における「仮説を立てる」も一連の方略の一部と考えられる。また、工業科においては、課題解決のプロセスのように、より複雑な一連の方略を課題に応じて使用することが想定される。そのため、今回は佐伯ら（2023）の工業科の課題解決型学習過程モデル(図 10.2)を一連の方略として使用する。

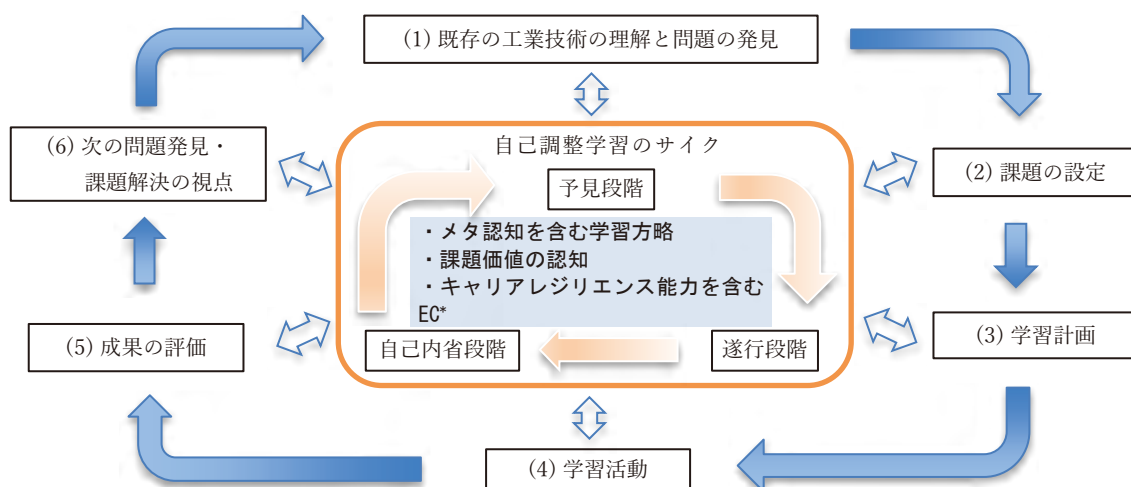


図 10.2 工業科の課題解決型学習過程モデル \* EC : エフォートフル・コントロール

### 10.2.3 工業科の課題解決型学習過程モデルに沿った評価規準の焦点化

観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準は、内容のまとまりごとではなく、一連の単元における工業科の課題解決型学習過程モデルに沿って作成を行うことで焦点化を行う。

国立教育政策研究所教育課程研究センター(2021)では、観点「主体的に学習に取り組む態度」については、「粘り強い取り組みを行おうとする側面」と「自らの学習を調整しようとする側面」の2側面からの評価を求めている。また、2側面は、実際の教科等の学びの中では、別々ではなく相互に関わり合いながら立ち現れ、明確に切り分けることができないと指摘している。この観点の評価規準を学習指導要領の内容のまとまりごとに作成すると、評価項目数が多くなり評価の負担は増加する。さらに、この観点の評価規準の適時性と発達段階との整合性が不明瞭になり、心身の発達段階に応じた評価基準の系統性・一貫性が分かりにくくなる。そのため、どの発達段階においても、同様の判別基準の評価を繰り返す恐れがある。

鈴木(2013)によると、「主体的に学習に取り組む態度」は、長期間かけて発達していくものとしている。そのため、短い時間に多くの回数で見取るのではなく、長期的な発達の変容が見取れる評価規準の枠組みが必要としている。このことから、観点「主体的に学習に取り組む態度」については、教科内容の文脈と共に、一連の単元における課題解決型学習過程の中で、長期にわたり繰り返し見取っていくことが重要であると考えられる。

この考えに基づき佐伯ら(2022b, 2022c, 2023a)は、工業科の観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準を作成するために、先行研究の構成概念である「メタ認知」、「学習方略」、「課題価値の認知」などと、専門科目の学力との関係について因子分析を用いて明らかにし、構成概念妥当性のある評価規準作成時に重視する視点(表 10.4)と工業科の課題解決型学習過程モデル(図 10.2)を提案している。

本研究では、構成概念妥当性を担保するため、表 10.4 の評価規準作成時に重視する視点を踏まえ、図 10.2 の工業科の課題解決型学習過程モデルに沿って、観点「主体的に学習に取り組む態度」の「粘り強い取り組みを行おうとする側面」と「自らの学習を調整しようとする側面」から、各々2項目の評価規準・判別基準を作成する。

表 10.4 「主体的に学習に取り組む態度」の2側面の重視する視点と根拠因子名

評価の側面	重視する視点	根拠因子名
エゴ・レジリエンス	粘り強く学ぼうとする態度	エゴ・レジリエンス志向
エゴ・レジリエンス	自他の理解とコミュニケーション能力	キャリアレジリエンスの人間関係能力
エゴ・レジリエンス	将来設計と学習のつながり	キャリアレジリエンスの将来設計能力
自己調整	客観的な自己評価	メタ認知
自己調整	よりよく学ぼうとする態度	課題価値の認知、学習方略
自己調整	自身をコントロールするために必要な能力	行動抑制・行動始発・注意の制御

### 10.2.4 授業実践

研究対象者は、T県内の3校の工業高校電気系学科1・2年生、140人の生徒であった。工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業展開として、パフォーマンス課題を中心に転移可能な概念的知識・一連の方略を獲得・活用し、教科の学びを統合化することで、教科固有の事実的知識・個別的スキルの圧縮を行い、作成した評価規準を用いて、以下の通り授業を行った。

①学習記録シートを利用して学習準備(既存の工業技術の理解と問題の発見、課題の設定、学習計画)を整える

(図 10.2 の(1)既存の工業技術の理解と問題の発見、(2)課題の設定、(3)学習計画)

②知識・技術を習得するための「授業」を行う

③「思考・判断・表現」を育成するため、協働活動を含むパフォーマンス課題を行う

④「演習」での学びあいを通して、習得した「知識・技術」を活用する(②～④が図 10.2 の(4)学習活動)

⑤「テスト直し」及び学習記録シートを利用して学習を振り返る(図 10.2 の(5)成果の評価、(6)次の問題発見・課題解決の視点を考える)

パフォーマンス課題は、科目によって課題内容は異なるが、課題の構成は以下の通りである。

1. 勉強した〇〇について調べたり、相談したりして「どこで使われているのか」書きなさい。

2. 調べたり、相談したりして、「使われている理由」をできるだけ書き出さない。

3. グループで意見交換をして、「使われている理由」をさらに充実させなさい。

4. 同級生に分かりやすく伝えるよう「使われている理由」を文章で説明し、最後に「以上の理由から、他にも〇〇にするために△△で使うことも考えられる」というオリジナルの考えを入れなさい。

以上をA4のワークシートにまとめさせた。

## 10.3 結果と考察

### 10.3.1 焦点化した評価規準・判別基準の作成

焦点化した評価規準・判別基準を表 10.5 に示す。工業科の課題解決型学習過程モデルに沿って、工業科電気系学科の「主体的に学習に取り組む態度」の観点において育成すべき資質・能力を提案し、焦点化を行うことができた。同様に観点「思考・判断・表現」についても焦点化を行うことで、より脱カリキュラム・オーバーロードが進むと考えられる。

表 10.5 焦点化した観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準・判別基準

---

#### 評価規準：粘り強く学ぼうとする態度

課題に対して自らの能力を発揮できるよう自ら学び、主体的かつ協働的に取り組もうとしている

#### 判別基準：「十分満足できる」と判断できる状況(A)

自分の力より少しレベルの高い課題を計画し、取組中につまずきを克服するために、以下の三つのいずれか一つ以上を働かせ、課題を解決しようとしている

- ①立ち直り力(うまくいかなくても、またやれる。つらいことがあっても、自分なりに乗り越えていける)
- ②柔軟性(困ったときに、いろいろなやり方を試してみる。課題に応じて、自分らしさ、その人らしさを認め、寛大に課題に取り組める)
- ③好奇心(結果だけでなく、なぜそうなったかを考える。問題を見つけたら、やり方や順序を考えたり、別のやり方を考えたりする)

#### 判別基準：「おおむね満足できる」と判断できる状況(B)

現状の力でも解決できる程度の学習計画を立て、取組中につまずくような状況はないが、単元の学習に対して主体的・協働的に学ぼうとしている

---

#### 評価規準：自他の理解とコミュニケーション能力

協働作業などを通してコミュニケーションを図るなど、グループやクラスの一員として自ら学び、主体的かつ協働的に取り組もうとしている

#### 判別基準：「十分満足できる」と判断できる状況(A)

得意な部分を教えあうなど積極的に働きかけたり、相手の気持ちをよく考えて意見を聞き発言するなど、グループやクラスの考えや活動が発展するように行動しようとしている

#### 判別基準：「おおむね満足できる」と判断できる状況(B)

自分の考えを述べたり、わからない部分を質問したりするなど、自分の役割を果たすことでグループやクラスに参加しようとしている。

---

#### 評価規準：客観的な自己評価

自らの学習状況をモニタリングし、自己有用感を持つため自ら学び、主体的かつ協働的に取り組もうとしている

#### 判別基準：「十分満足できる」と判断できる状況(A)

具体的な学習計画を立て学習に取り組み、学習記録から新たな気づきを得て、次の問題解決につながる反省点や改善点を示すなど、話し合う過程を含む他者との相互評価を経て自分の学習をモニタリングしている。周囲の状況・考えから違う視点に気づいて、より一般的な視点を獲得し、自分の前の視点を見直すなどの調整(コントロール)をすることで、より客観的で適切な自己評価に近づくよう取り組もうとしている

#### 判別基準：「おおむね満足できる」と判断できる状況(B)

見通しを持って学習に取り組み、学習記録をもとに反省点や改善点を示すなど、話し合う過程を含む他者との相互評価を経て自分の学習をモニタリングし、より客観的で適切な自己評価に近づくよう取り組もうとしている

---

#### 評価規準：自身をコントロールするために必要な能力

気乗りしない時でも、課題に取り組むための工夫を自ら学び、主体的かつ協働的に取り組もうとしている

#### 判別基準：「十分満足できる」と判断できる状況(A)

以下の①、②の両方をしようとしている。

- ①様々な内的要因(例えば体調不良や心の葛藤など)、外的要因(例えば学習環境や他者との関係など)があっても、授業や課題に集中して取り組もうとしている。
- ②提出物を期限までに提出しようとしている。(①を踏まえた上で、判断するように口頭で説明)

#### 判別基準：「おおむね満足できる」と判断できる状況(B)

以下の①、②のどちらかをしようとしている。

- ①様々な内的要因(例えば体調不良や心の葛藤など)、外的要因(例えば学習環境や他者との関係など)があっても、授業や課題に集中して取り組もうとしている。
- ②提出物を期限までに提出しようとしている。(①を踏まえた上で、判断するように口頭で説明)

---

### 10.3.2 工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業の効果

研究課題 1 の「カリキュラム・デザインの改善」を検討するために、主体的に学習に取り組む態度の身に付いている力として表 10.6 の項目について、身に付いていると思うかを単元実施前後に 5 段階で質問した。欠損値のある回答を除いた 130 人を分析の対象として、単元実施前後の変化を検討するために、対応のある  $t$  検定を行った。 $t$  検定の結果を表 10.6 に示す。全項目で、有意水準 1% で授業後の平均値が向上した。

表 10.6 観点「主体的に学習に取り組む態度」の単元実施前後に実施した生徒自己評価(5段階尺度)の結果(n=130人)

	単元実施前後の 平均値の差	標準偏差	効果量		
			p 値	Cohen d	95%CI
粘り強さ	(1)課題に対して自らの能力を発揮できるよう自ら学び、主体的かつ協働的に、粘り強く学ぼうとする力	0.52	0.90	**	0.57 .76, .39
	(2)グループやクラスの一員として参加したり、考えを発展させることができるよう、自ら学び、主体的かつ協働的に課題に取り組む力	0.42	1.08	**	0.38 .56, .20
	(3)自分の将来(地域の産業・社会の持続的発展を含む)と学習内容を関連させることができるよう、自ら学び、主体的かつ協働的に取り組む力	0.39	0.95	**	0.41 .59, .23
自己調整	(4)気乗りしない時でも、授業や課題に集中したり、提出期限に間に合うように課題に取り組むことができるよう、自ら学び、主体的かつ協働的に取り組む力	0.48	0.93	**	0.51 .69, .33
	(5)学習活動中に、自分の学習状況を把握し、進め方についてコントロールできるよう、自ら学び、主体的かつ協働的に取り組む力	0.41	0.86	**	0.47 .66, .29
	(6)課題の価値を考えたり、課題に合わせて学習の仕方を工夫できるよう、自ら学び、主体的かつ協働的に取り組む力	0.32	0.91	**	0.36 .53, .18

\*\*  $p < .01$ 

効果量の指標であるコーエンの  $d$  は、項目(1)、(4)が 0.5 以上で、効果量の目安は中程度であった。また、項目(2)、(3)、(5)、(6)、コーエンの  $d$  は 0.2 以上で、効果量の目安は小程度であった。このことにより、カリキュラム・デザインの改善を進め、工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業を行うことで、観点「主体的に学習に取り組む態度」の学力に関する力を向上させ、脱カリキュラム・オーバーロードにつながる、教科等の本質に関わる概念や、教科を横断する汎用的なスキルの理解を深めるための、教科の学びの構造化・統合化が行われる可能性が示唆されたと考えられる。

### 10.3.3 形成的評価の充実

研究課題 2 の「生徒の自己評価と授業者の見取りと支援を重視した形成的評価の充実」を検討するために、対象生徒 140 人に対して、欠損値のある回答を除いた 128 人の生徒自己評価と、教員評価との一致度に関する佐伯ら(2022a)の結果を表 10.7 に再掲する。

表 10.7 観点「主体的に学習に取り組む態度」の生徒自己評価(n=128人)と教員評価の一致度(%)

評価規準	粘り強く学ぼうとする態度	自他の理解と コミュニケーション	客観的な自己評価	自身をコントロール するために必要な能力
教員の評価が 2 段階低い	9 (7.0)	1 (0.8)	3 (2.3)	6 (4.7)
教員の評価が 1 段階低い	31 (24.2)	28 (21.9)	29 (22.7)	40 (31.3)
評価が同じ	66 (51.6)	66 (51.6)	64 (50)	76 (59.4)
教員の評価が 1 段階高い	22 (17.2)	33 (25.8)	32 (25)	6 (4.7)
教員の評価が 2 段階高い	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

「評価が同じ」の比率は、50～59.4%であった。現状の生徒の自己評価能力がそれほど高くないことから、形成的な評価がそれほど充実していないことが推察される。自己評価を通して生徒の自己調整学習能力や非認知的能力を伸ばし、授業者の見取りと支援を重視した形成的評価の充実による「指導の評価化による評価疲れ」の回避は、脱カリキュラム・オーバーロードへとつながる可能性が示唆されたと考えられる。

生徒の自己評価能力がそれほど高くない原因として、「教員の評価が 2 段階低い」生徒が少数ながらいることから、一部の生徒は「形成的な評価を理解しておらず、自己評価に向き合っていない」ことが考えられる。自分の学習のために適切に自分の学習を評価する意図を生徒に丁寧に説明し、その上で自己評価を繰り返し、評価する力を向上させて行くといった、支援を継続的に行う必要が伺える。

「教員の評価が 2 段階高い」生徒は 0 人であったが、1 段階高い生徒は 4.7～25.8%確認された。自己有用感の低い生徒や、完璧主義な生徒が自己評価を低く見積もることなどが考えられる。こちらも自己評価を繰り返していくことで、生徒の自己評価能力の客観性を高め、「客観的な自己評価」を支えるメタ認知力が向上し、適切な自己評価ができるように改善していくのではないかと考えられる。

以上のことから、生徒の自己評価能力の客観性と自己有用感を高めるために、対象生徒を継続的に支援する必要が伺える。

### 10.3.4 評価規準の信頼性

研究課題 3 の観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準の信頼性を検討するために 評価規準の評価者間信頼性について、対象生徒 140 人に対して、欠損値のある回答を除いた 136 人のレポートや学習記録シートなど生徒の成果物から評価できる項目について、授業担当者(教員①)と授業を担当していない教員 2 人(教員②, ③)のそれぞれの評価者



間信頼性を「コーエンの 2 次の重み付き  $\kappa$  係数」で検証した。評価規準の A・B・C は、それぞれ 3・2・1 に置き換えて、順序尺度と考え、 $\kappa$  係数を算出した。教員 3 人による  $\kappa$  係数と評点差を、表 10.8 に示す。

表 10.8 教員 3 人による二次の重み付き  $\kappa$  係数と評点差 (n =136 人)

	教員番号	$\kappa$ 係数	0 差	1 差	2 差	評定の平均値
粘り強く学ぼうとする態度	① - ②	0.62	84	51	1	1.99
	② - ③	0.62	92	43	1	1.94
	① - ③	0.72	100	36	0	1.99
客観的な自己評価	① - ②	0.60	84	48	4	2.11
	② - ③	0.65	89	47	0	2.11
	① - ③	0.71	97	39	0	2.08

$\kappa$  係数による一致度の目安は研究分野で異なるため、本研究では、中切 (2019)らを参考に、 $\kappa$  係数 0.21～0.40 は「まずまずの一致」、0.41～0.60 は「中程度の一致」、0.61～0.80 は「かなりの一致」、0.81～1.0 は完全一致を使用した。

表 10.8 の最小の  $\kappa$  係数が 0.60 であり、全ての項目において「中程度の一致」、「かなりの一致」であったことから、信頼性が確認された。

以上のことから、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準の信頼性を確認することができた。評価規準の基準(スタンダード)性を保証することで評価に迷うことが少なくなり、教師間の評価のばらつきが減少し、評価活動の負担の軽減へつながることが推察される。今後も、評価規準の信頼性を高めていく必要がうかがえる。

## 10.4 おわりに

本研究では脱カリキュラム・オーバーロードに向けてカリキュラム・デザインの改善の検討を行い、以下の 3 点の脱カリキュラム・オーバーロード策を示す事が出来た。

1 点目は、工業科電気系における「転移可能な概念的知識」と「一連の方略」の理解及び、「明示的な指導」の充実によるカリキュラム・デザインの改善を進め、STEAM 教育と連携した「工業科電気系の見方・考え方」を働かせた工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業を行うことである。これにより、教科等の本質に関わる概念や、教科を横断する汎用的なスキルの理解を深めるための、教科の学びの構造化・統合化が行われる可能性が示唆された。

2 点目は、自己調整学習力を育む工業科の課題解決型学習過程モデルを導入し、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準項目数を厳選し、生徒の自己評価と授業者の見取りと支援を重視した形成的評価の充実を行う事である。これにより「指導の評価化」による評価疲れの回避が図られる可能性が示唆された。

3 点目は、パフォーマンス課題の導入による学習文脈づくりと、それら进行评估するための、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準の信頼性を向上させることである。これにより、評価規準の基準(スタンダード)性が保証することで評価に迷うことが少なくなり、教師間の評価のばらつきが減少し、評価活動の負担の軽減へつながる可能性が示唆された。

本研究では電気回路など、教室での座学を中心とする教科について検討を行ったが、工業科の学習「課題研究」などの探究型プロジェクトにおいても、カリキュラム・デザインの改善による脱カリキュラム・オーバーロード策が有効に働くのか検討が必要であり、今後の課題としたい。

本論文は、次の日本科学教育学会第 46 回年会(愛知大会)と、同第 47 回年会(愛媛大会)の講演要旨原稿を基に、一部加除修正し、再構成した。

佐伯智成・山崎貞登：工業高校電気系学科における観点別学習評価の開発と課題点，日本科学教育学会第 46 回年会（愛知大会）日本科学教育学会年会論文集 46，pp.209-210，2022 年 9 月 18 日，愛知教育大学（オンライン）

佐伯智成・山崎貞登：脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価規準の焦点化と妥当性・信頼性の改善，日本科学教育学会年会論文集 47，pp.165-168，2023 年 9 月 18 日，愛媛大学

## 引用及び参考文献

石井英真・鈴木秀幸 (2021)：ヤマ場をおさえる学習評価 中学校，図書文化社

石田智敬・藤江和也・宮川貴彦 (2021)：物理基礎におけるパフォーマンス評価への取り組みー高等学校における観点別評価の導入に向けてー，日本科学教育学会研究会研究報告 35，8，35-40.

河合英光 (2020)：思考力・表現力を育てる授業をつくるー工業科目「電力技術」の単元「発電」ー，144-149，西岡加

名恵(編著)：高等学校 教科と探究の新しい学習評価ー観点別評価とパフォーマンス評価実践事例集(所収)，学事出版

国立教育政策研究所教育課程研究センター：「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料【高等学校専門教科工業】(2021) [https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/r030820\\_hig\\_kougyou.pdf](https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/hyouka/r030820_hig_kougyou.pdf)（最終アクセス日：2024 年 1 月 10 日）

佐伯智成・島竹克大・岡島佑介・大森康正・山崎貞登 (2022a)：工業科電気系科目における「主体的に学習に取り組



- む態度」を働かせた課題解決型学習過程を活用した実践授業と評価, 日本産業技術教育学会技術教育分科会講演論文集, 28, 25-26.
- 佐伯智成・山崎貞登(2022b) : 工業高校電気系学科における観点別学習評価の開発と課題点, 日本科学教育学会年会論文集, 46, 211-212.
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登(2022c) : 工業高校電気系学科生徒の自己評価に基づく観点別評価の学力到達度と自己調整学習力との関連分析, 日本産業技術教育学会誌, 64, 2, 93-102.
- 佐伯智成・岡島佑介・大森康正・山崎貞登(2023a) : 工業高校電気系学科生徒の自己評価に基づく観点別評価の学力とエフォートフル・コントロールとの関連分析, 日本産業技術教育学会誌, 65, 1, 11-21.
- 佐伯智成・山崎貞登(2023b) : 脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価基準の焦点化と妥当性・信頼性の改善, 日本科学教育学会年会論文集, 47, 165-168.
- 鈴木秀幸(2013) : スタンダード準拠評価 「思考力・判断力」の発想に基づく評価基準, 図書文化社
- 中切正人・橋本康弘・宮下伊吉・大久保貢(2019) : AO・推薦入試を見据えた文系パフォーマンス評価ーパフォーマンス課題「未来の時間割」の実践とコミュニケーション力の評価の分析ー, 大学入試ジャーナル, 29, 87-92.
- 奈須正裕(2021) 「少ない時数で豊かに学ぶ」授業のつくり方 脱「カリキュラム・オーバーロード」への処方箋, ぎょうせい
- 西岡加名恵(2008) : 逆向き設計で確かな学力を保障する, 明治図書
- 山崎貞登(2020) : STEM, STEAM, エンジニアリング教育概念の比較教育からの論点整理, 日本産業技術教育学会誌, 62, 3, 197-207.
- Wiggins, G. and McTighe, J. (2005) : Understanding by Design, 日本標準

## 第 11 章 総括

上越教育大学 山崎貞登

### 11.1 はじめに

本科研の目的は、脱カリキュラム・オーバーロード対策に注目し、米国と英国の STEAM 教育の最新動向の現地調査と、J 教育大学附属中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）等における AI ロボットを教材としたカリキュラム、「FAB (Digital FABrication) (デジタルデータをもとに創造物を制作する技術)」の適正な活用能力を育成するために、3D プリンタを活用した試作により、課題の解決策を具体化する STEAM 教育のカリキュラム・マネジメント、評価手法の要件の解明と、効果の検証である。

### 11.2 STEM/STEAM 教育と脱カリキュラム・オーバーロード対策に焦点化したイングランド・エクセター市への訪問調査

研究分担者の磯部・山崎は、第 1 章において、主として英国のイングランド地域のカリキュラム・オーバーロード (CO) を、「1. カリキュラムの拡張」、「2. 内容のオーバーロード」、「3. (学習者、教員、保護者等による) 認識されたオーバーロード」、「4. カリキュラムの不均衡」の四次元に類型化して考察した。

最初に訪問した Exster Maths School (EM 高校) は、各学年 4 クラス、Yr12(16～17 歳) : 65 人、Yr13(17～18 歳) : 61 人が在籍する高校であった。EM 高校では、数学、物理、コンピュータ・サイエンス(CS)を扱い、数学は必修教科、物理と CS は選択教科であった。1 週間当たりの時数は、数学 9 時間、物理または及び CS 4.5 時間であった。CS 担当者は、数学科の教員であった。多くの教員は、学際的な(interdisciplinary)アプローチを取り入れていた。CS は、Isaac Computer Science (<https://isaacomputerscience.org/?examBoard=all&stage=all>) のサイトを活用して、STEM 学習を取り入れていた。EM 高校では、2 年間の時間割表の工夫や、副校長先生のヒアリングより、CO の四次元の内、「1. カリキュラムの拡張」と、「2. 内容のオーバーロード」の解消に努めていることが分かった。一方、考察の範囲を超えないが、「3. 認識されたオーバーロード」については、生徒が過重な負担を抱えている点は否めない。また、同校は、他校に比べて、履修教科を限定し、焦点化したカリキュラムを進めることができる一方、理数系の教科しか学ばない「カリキュラムの不均衡」が少なからず生じている可能性があるとして報告した。

2 番目に訪問した Blackpool 小学校では、Ofsted(Office for Standards in Education, 教育水準監査局)の学校監査の影響が強く、各学校のカリキュラムをデザインする上で大きな課題になっていることをヒアリングで指摘していた。Ofsted は、英国にあるすべての教育機関を対象に、園児・児童・生徒・学生の学習、教員に関すること、態度、資質・能力、学習環境と学校設備について、通常 3 年に 1 回監査する機関である。Ofsted の対応により、SATs(Standard Attainment Tasks, SATs, 標準達成課題)の結果が向上したこともある。また、SATs の結果が低い場合には、Ofsted より低評価を受ける可能性がある。SATs とは、7 歳、11 歳、14 歳時に、英語、数学、科学で実施される標準達成課題テストで、各児童生徒はナショナル・カリキュラムに示される到達レベルに基づいて評価を受ける。Ofsted の結果次第では、「2. 内容のオーバーロード」と「3. 認識されたオーバーロード (教師によって認識される過重な負担感)」を引き起こしている可能性があることが分かった。見方を変えれば、学校によっては、CO が起きていたとしても、Ofsted の評価結果が良ければ問題なし、と考えることも出来る。また、小学校は、SATs の対象教科である数学・英語を毎日午前中に重点的に行っている点からは、「4. カリキュラムの不均衡」も該当していると推察したことが報告された。

3 番目に訪問したエクスター大学教育学部科学教育担当のウォン上級講師へのヒアリングでは、外部試験局が実施する GCSE 試験（通常 16 歳受験の中等教育一般資格試験）と A レベル試験（通常 18 歳次受験の中等教育 A レベル資格試験）では、政府の「知識豊富なカリキュラム」を推進するために、CO の内、「1. カリキュラムの拡張」及び「2. 内容のオーバーロード」、「3. 認識されたオーバーロード（教師及び子供によって認識される過重な負担感）」が主要教科である英語や科学で生じていることが分かった。

4 番目に訪問した North Newton(NN)小学校では、Ofsted の評価結果が良かったので、現在もカリキュラムのデザインを工夫している。校長を中心に、CO、特に、「2. 内容のオーバーロード」と「3. 認識されたオーバーロード（教師及び子供によって認識される過重な負担感）」を引き起こさないようにするため、プロジェクトをベースとした授業展開していることが分かった。NN 小学校も、SATs の対象教科である数学・英語、フォニックス（発音と文字の関係性を学ぶ音声学習法）を毎日午前中に重点的に行っている。この点からは、「カリキュラムの不均衡」が該当していると言えることが報告された。

現地調査当時のイングランドの NC は、2014 年告示版に基づき、各学校の教育課程は編成、実施されていた。2014 年版 NC は、当時のゴーフ教育大臣の主導で作成された経緯がある<sup>1)</sup>。英語、数学、科学の中核教科の学問における核となる知識(core of knowledge)を重視し、NC は全ての児童生徒が身に着けるべき本質的な知識(essential knowledge)限定して定めることが方針として打ち出されていた<sup>2)</sup>。2014 年版 NC 以前では、労働党政権により、スキル育成が重視されていたが、2010 年の保守党政権への交代により、教科の概念が重視されるようになった<sup>3)</sup>。2014 年版作成に向けての改訂作業専門家委員会座長のオーツ(Oates)は、汎用的なスキルや能力は重要であるが、そのまま単独で教えることはできず、内容を伴う文脈で汎用的なスキルや能力を教えなければいけないと提言していた<sup>1,2)</sup>。さらに、さらに、「転移可能な知識やスキル」は重要であるが、「汎用的なスキルや能力」と同様に、内容を伴う文脈で教える必要があることが強調されていた<sup>1,2,3)</sup>。

以上を踏まえると、3 番目にインタビューしたエクスター大学教育学部上級講師のウォンの回答内容は、2014 年版 NC の科学で扱わなければいけない知識量が多いことを述べていたが、日英の脱 CO の具体的解決策の方策が見通せるようになると筆者は考えている。各教科等で扱う個別の事実に知識・スキルの厳選とともに、各教科固有の転移可能な知識・スキルの内容と児童生徒の現実の生活や社会に根差した本物の状況の双方の文脈を伴い、汎用的な学習方略やメタ認知を含む認知的方略及び、教科固有の一連の課題解決プロセスに必要な資質・能力の育成とが一体化した教育課程基準と単元(題材)づくりが、日英の喫緊の教育課題といえる。この教育課題の解決に向けて、STEAM 教育の果たす役割は極めて大きいと筆者は考えている。

筆者らは、日英比較教育の観点から、教科「Design and Technology(DT)」の複数の試験局が作成した GCSE 試験シラバスを相互比較し、STEM/STEAM 教育の TE と口語言語を含む他学術分野との関連性の検討とともに、教科の中核概念である内容知と方法知の構成要因を検討した<sup>4)</sup>。その結果、「デザインと技術科」の内容が STEM/STEAM 教育の影響を受け、科学や数学を中心とした関連内容の出題と、口語言語活動を伴うデザインに関する出題傾向が重視されていた。共通していた概念的知識と概念的方略は、「技術の構成要素」、「技術の事物概念」、「技術の社会科学的と自然科学的性質」、「技術システム(システムの内容知・方法知)」、「(人間の)技術活動の機能概念」、「技術と社会システムのデザイン」、「システムの構成要素のデザイン」、「社会科学と自然科学からのデザイン」の計 8 構成要因であることを明らかにした。STEAM 教育による脱 CO 策の検討のために、DT 教科だけでなく、教科「コンピューティング」をはじめ、他 STEAM 教科間の NC や外部試験局シラバスでの連携の具体を明らかにしていくことが今後の課題である。

## 11.3 新しいアプローチの教育を導入することに対する理科教育の立場からの考察 ～ コンピューティング教育, STEM 教育, カリキュラム・オーバーロードを考える～

### 11.3.1 小学校段階の AI リテラシーを含む「コンピューティング教育」の教科化について

第2章の執筆者は研究分担者の人見である。人見は、「コンピューティング教育」の定義を、英国ロイヤル・アカデミー・オブ・エンジニアリング(2012)<sup>5)</sup>の、学校教育における ICT(Information and Communication Technology)、産業界の IT(information Technology)、コンピュータサイエンス(CS)、デジタルリテラシーを含む広教科領域の定義に基づいて、第2章を展開した。

小学校生活科の特質を表すキーワードの一つは主観的な認識過程である「気付き」であり、主観的な学習を重視する生活科と、客観的な学習方法に依拠するコンピューティング教育間の親和性は低いと考えている。一方、小学校「総合的な学習の時間」の探究の過程における思考力、判断力、表現力等の深まりの例として、①課題の設定、②情報の収集、③整理・分析、④まとめ・表現などが示され、これらの流れはコンピューティング教育の問題解決過程に他ならないと指摘している。このことから、「総合的な学習の時間」においてコンピューティング教育を導入することは、学習内容、学習方法の両面から親和性が高く、展開と成果が大いに期待できると考えていると述べている。さらに、AI リテラシーを構成する要素には、小学校における各教科の学習内容や方法に通じるところがあり、発達段階や当該教科の内容とのすり合わせを行えば、AI リテラシー育成のための学習を導入する可能性は十分に認められると指摘している。特に、AI に関する知識、理解に分類される「AI は何でもできるものではないことを知ること」「AI は様々な技術の総称であることを知ること」などは、実社会や実生活における技術（テクノロジー）の役割や限界を理解する上できわめて重要な考え方であると述べている。

### 11.3.2 STEAM 教育の展開の場としての我が国の理科におけるものづくり活動

人見は、従来の理科におけるものづくり活動はいわば検証型であったが、これからの理科におけるものづくりでは、検証型に加えて、探究型ものづくりの展開も期待されると指摘している。探究型ものづくりとは、問題解決のために科学的原理を適用させることを大事にしながら、プロセスを大切にしようなものづくり活動である。従来の理科では、ものづくりは教科理科の目標である自然認識形成を目指し、自然界における現象の原理・法則(反証されない限り、唯一解)の解明のために、仮説検証のための観察・実験ツール製作であり、児童生徒全員が同じツールを製作し、同一の動作の実現を求めた。一方、STEM 教育を特徴づけるエンジニアリング・デザインでは、課題の解決のために問題を見だし、細分化し、最適解を探すなどのプロセスが重視されている。エンジニアリング・デザインは、問題解決を指向した、問題解決のための学習である。このことは、実社会の文脈での学習と親和性が高い。つまり、実社会における問題解決をテーマとした学習を構想しようとするとき、学習方法に関してエンジニアリング・デザインは大きな示唆を与えるものと考えられると述べている。

### 11.3.3 アメリカ、ボストン科学館で開発された STEM 教育プログラムの特徴

人見は、アメリカ、ボストン科学館で開発された STEM 教育プログラムである Engineering is Elementary(EiE)の特徴として、次のように述べている。EiE は、エンジニアリング・デザインの過程を学習の基盤に置き、その過程そのものの理解を目指すように設計されていると述べている。そして、それに適する事例やトピックを学習内容として選定している。科学、数学等にかかわる知識は、テーマにかかわる問題解決の中で随時学習するようになっている。基礎、基本の理解から応用へ向かう日本のカリキュラムとは異なる考え方が見てとれると指摘している。さらに、STEM 教育の統合の度合いと特に育成される資質・能力とともに、「統合」の優位性と問題・課題点について言及し

ている。

#### 11.3.4 STEM 教育はカリキュラム・オーバーロード (CO) の克服に有効か

人見は、奈須(2021, p.53) <sup>6)</sup>の次の指摘に注目している。

「欧米ではテーマ・アプローチなどと呼ばれ、やはりオーセンティックな学習を原理としているが、身近で切実な問題解決に挑む中で教科の学びを存分に活用する経験を通して、子どもたちは教科を学ぶ意義を深く実感するとともに、自分たちの地域生活を広い意味での科学の視点で吟味することの重要性をも感得する。」

その上で、人見は、以下の次のような考察を述べている。

「ここに述べられた、身近な問題解決から教科の学びへ至るというアプローチは、カリキュラム・オーバーロードを議論する上で非常に重要と考えられる。本稿で紹介したプログラム事例には、そのような考え方の一端が垣間見られる。学習内容として何を残し何を削るかという議論を、数学や理科といった各教科で個々におこなうことを避ける意味で、STEM 教育のあり方を検討することは、有効なアプローチになるであろうと考えられる。

山崎は、本章 11.2 で次のように述べた。

各教科等で扱う個別の事実に知識・スキルの厳選とともに、各教科固有の転移可能な知識・スキルの内容と児童生徒の現実の生活や社会に根差した本物の状況の双方の文脈を伴い、汎用的な学習方略やメタ認知を含む認知的方略及び、教科固有の一連の課題解決プロセスに必要な資質・能力の育成とが一体化した教育課程基準と単元(題材)づくりが、日英の喫緊の教育課題といえる。

アメリカ BSCS 名誉代表で、PISA2006 科学的リテラシー国際専門委員会議長を歴任した科学教育研究者のバイビーは、STEM リテラシーの重要性について、以下のように述べている。

教育者は、生徒の STEM リテラシーにどのように貢献して、生徒が情報を持った市民になることが可能か? この質問に答えるには、STEM 分野のプログラムを設計し、指導を実施する方法について、従来の認識を変える必要があると考えられる。別の見方は、個人の健康、資源の使用、環境の質などの文脈から始まる。文脈は、学生にとって意味のあるものでなければならず、質問に答えたり、関連する問題を解決したりするために知識とスキルを適切に活用する必要がある。

OECD の PISA 調査に関する私の研究は、STEM リテラシーの形成に影響を与えた。私たちは、教育の STEM 要素を、文脈重視またはビジョン II の観点から考える必要がある。この見解はすでに存在しており、たとえば、こうした見方は、問題基盤型活動、ロボットコンテスト、数学課題コンテストなどで存在する(Bybee, 2018:pp.81-82)<sup>7)</sup>。

また、バイビー(2018)の STEM リテラシーの定義を、表 11-1 に示す。

表 11-1 STEM リテラシーの定義 (Bybee, 2018:p. 82)<sup>7)</sup>

STEM リテラシーとは、以下の個人の知識、態度、スキルを指す。

- ・生活状況における疑問や問題を特定し、自然界と設計された世界を説明し、STEM 関連の問題について証拠に基づいた結論を導く
- ・人間の知識、探究、設計(デザイン)の形態としての STEM 分野の特徴の理解
- ・STEM 分野が私たちの物質的、知的、文化的環境をどのように形成するかについての認識
- ・建設的で賢明で思慮深い市民として、科学、技術、工学、数学の考えを取り入れて、STEM 関連の問題に取り組む意欲

バイビーは、生涯学習としての STEM リテラシー育成の重要性について、次のように述べている。



結論として、STEM リテラシーを備えた国民の育成に関心がある人々にとって、プログラムにはビジョン II を明確に、一貫して、継続的に組み込む必要がある。生徒は、意味のある文脈の中で適切な社会科学的問題や問題に直面する経験を積まなければならない。科学、テクノロジー、エンジニアリング、数学が現代生活の中心となっているため、社会に完全に参加するには、科学者、エンジニア、数学者としてのキャリアを目指す人を含むすべての成人が STEM リテラシーを備えていることが求められている(Bybee, 2018:p.82)<sup>7)</sup>。

また、バイビーは、「STEM 教育の 21 世紀型スキル」として、「①適応性」、「②複雑なコミュニケーション/社会的スキル」、「③非日常的な問題解決」、「④自己管理/自己発達」、「⑤システム思考」を提案している(Bybee, 2018:p.83)<sup>7)</sup>。

以上から、アメリカの STEM 教育においても、山崎が 11.1 で指摘した、「各教科等で扱う個別の事実に知識・スキルの厳選とともに、各教科固有の転移可能な知識・スキルの内容と児童生徒の現実の生活や社会に根差した本物の状況の双方の文脈を伴い、汎用的な学習方略やメタ認知を含む認知的方略及び、教科固有の一連の課題解決プロセスに必要な資質・能力の育成とが一体化した教育課程基準と単元(題材)づくり」が、日英とともに、アメリカにおいても喫緊な教育課題といえる。

## 11.4 我が国の初等中等教育におけるコンピューティング教育の実践と課題

我が国のコンピューティング教育の喫緊の課題の一つは、「コンピューテーショナルシンキング(計算論的思考)」を理解した上で、ビジュアル言語型プログラミングの相互変換によるシームレスな言語移行を志向した教育課程基準、学習環境、学習指導過程に関する喫緊の提案の必要性である。計算論的思考概念では、「抽象化」、「分解」、「情報処理のアルゴリズム」、「最適化の評価」、「一般化」といった概念の構成要素を理解することが重要である。松澤ら<sup>8)</sup>が指摘するように、ブロック型言語によって学習者に計算論的思考の概念形成がなされていれば、その後に学習する言語への転移が容易になりやすい。しかしながら、ブロック型言語によるプログラミング体験が、それ以後の学習者のプログラミング能力の発展に寄与したとされる明示的なデータは管見の限りないようである。

第 3 章において松田は、2017 年告示小学校学習指導要領でプログラミング教育が必修化されたが、多くの小学校では教科書に例示された単元においてわずか数時間程度のプログラミング体験を実施している現状にあると指摘している。そして、そこで取り扱う言語がほぼほぼビジュアルブロック言語であることに、児童・生徒のキャリア発達や Society5.0 の社会の形成者としての資質・能力の育成に大きな問題を孕んでいると考えている。そこで、松田は、プログラミング言語はコンピュータとのコミュニケーション言語であって、児童・生徒がより直接的にコンピュータの「0」と「1」で表現される世界観に慣れるためには小学校段階からテキスト言語に取り組むことが有効であると考えている。第 3 章では、松田のこれまでの小学校現場での実践経験をもとに、テキスト言語 (IchigoJamBASIC) の知識と技能を習得するための系統性を持ち、PjBL(Project Based Learning)的な要素を含んだプログラミング授業の指導計画(展開)と、小学校現場におけるプログラミング教育の新たな授業実践の創造への寄与を提案した。

第 4 章において川原田は、相模女子大学小学部のコンピューティング教育実践を報告した。同校では、2017 年度より、全学年でプログラミングの授業を開始した。2020 年度より専科教諭による授業実施とし、年間 24 時間の授業を実施している。レゴのロボット教材を中心に系統的なカリキュラムを構築している。ロボット教材を使用したプログラミングの学習の楽しさは、ロボットの制御をプログラムとセンサで行う論理的な思考力であり、目の前で動くロボットのコントロールが自在にできるところ、日頃の生活や社会との関係性も学習できるところにあると指摘している。また、第 4 章では、系統的なカリキュラムで実践した状況と、学習した児童たちが AI を含めた科学技術をどのように認識しているか報告している。プログラミング教育を中心として他教科との関連性を持たせることは可能であるが、教科としての位置付けがないため、今後の更なる改訂が求められると述べている。さらに、山崎ら(2018)<sup>9)</sup>が指摘する

ように、制度的な裏付けが必要であると指摘している。小学校段階におけるコンピューティング教育の目標・内容を教育課程の基準として定めないと、学校間の格差の解消は是正できず、中・高等学校との円滑な接続も困難である。

第5章において、中村亮健らは、小学生を対象に STEM/STEAM 教育からの AI リテラシーの育成に着目したプログラミング学習を行い、その評価を行った。また、AI リテラシー教育の効果を検証するために、非認知能力に着目した授業実践も行った。プログラミング学習に関する授業実践は、A 小学校の5学年に10時間、次年度、進級した6学年に15時間、また、B 小学校の2学年を対象に、2時間行った。授業実践では、体験的に AI を学習できるよう、小型人型ロボット及びプログラミングソフトを活用した。本研究の結果、A 小学校では、AI リテラシーを育成することで、今後必要とされる非認知能力を身に付ける必要性を実感させられることが確認された。B 小学校では、低学年においても、高学年と同様に、児童の「AI に対する興味」「AI を学習する大切さ」「AI を学習する意欲」の高まりが確認された。小学校段階においても、児童の発達段階に即した教材を活用することで、AI リテラシーを育成させる可能性が高いことが示唆された。AI リテラシーの育成に一定の成果を得た本研究は、AI リテラシーの育成に有効であると考察している。

第6章において、立花らは、中学校技術科第3学年計99人を対象に、「D 情報の技術」の「(3) 計測・制御のプログラミング」と「(4) 社会の発展と情報の技術」において、AI リテラシー育成のためと、「高等学校学習指導要領(2018年告示)解説 情報編科目情報Ⅰ」との履修の系統性を考慮して、A 社自動走行ロボット教材の計測・制御のために、TensorFlow を用いた深層学習とテキスト型プログラム言語である Python を用いたプログラミングする題材カリキュラムを構想し、実践を通して、学習評価とカリキュラム評価を検討した。事前・事後質問紙調査の比較し、A 社の教材を用いた本実践のカリキュラムデザインは、AI 技術の基礎となるビッグデータ、学習処理、推論に関連する知識の習得に、学習効果があることが示唆されたことを報告した。マインドマップ調査では、要素数の比較、テキストマイニング分析を行った。AI 開発を体験することで、プログラミング及び AI に対する興味・関心を高めることや、ビッグデータ、学習処理、推論といった AI 開発に必要な情報処理の方法についての理解において学習効果が高まったことが示唆されたことを述べた。一方、小学校におけるブロック型言語によるプログラミング体験が、テキスト型プログラム言語である Python を用いたプログラミング学習に転移した明確な知見が今回は得られなかった。小学校及び、中学校の他教科等や技術科の他学習項目で実施するビジュアル型とテキスト型プログラミング言語の相互変換や、高校情報科へ接続するシームレスな言語移行が今後の課題といえる。

第7章において、中村光希らは、S 社の小型人型ロボットとブロック型プログラミングツール及び、オンライン教育教材を活用し、中学校技術科において、生徒の AI リテラシーに関する題材学習の事前と事後に、質問紙調査とマインドマップ調査を実施し、AI リテラシーの変容について、質問紙回答とマインドマップの記述を分析し検討したことを報告した。研究対象は、2022 年度 N 県 J 市立 J 中学校第3学年計5クラス計134人、授業者は同校技術教諭（男性、教職経験18年）、授業実践は2022年6月から12月に実施した。1時間目(事前)と5時間目(事後)に実施した5段階尺度からなる質問紙回答状況及び、「AI の説明について」と「AI の活用について」のマインドマップによる生徒の記述を、二要因分散分析と、KH Coder を用いてテキストマイニング分析を行った。AI リテラシー育成の効果を検証するために、事前・事後の計15の各設問項目に対する回答について、授業実践前後とクラス間の2要因(対応のあるデータ2水準×対応のないデータ5水準)分散分析を行った結果、要因間の交互作用は、有意でなかった。事前・事後の主効果において有意であった設問は、11項目見られた。クラス間での主効果は、有意であった設問が2項目見られた。事前・事後における、「AI の説明について」と「AI の活用について」のマインドマップの記述結果を分析した。事前調査では、AI は情報を収集し、高速な計算や情報処理ができること、コンピュータが自分でデータの特徴を発見して学習していること、それらの情報から画像認識や対話生成、音声認識を行っていることを挙げていた。事後調査では、AI 技術に対する理解が深まり、1つのクラスターに所属する語はなかったが、クラスターに所属する

語の数が増えたことを報告した。

以上、第3章から第7章の実践研究の成果と今後の課題として明らかになったことは、主として以下の3点に集約される。

第1は、小学校学習指導要領(2017年告示)の実施から小学校プログラミング学習が必修化されたが、プログラミング教育の目標と内容が教育課程基準の領域・範囲(スコープ)と、学年間の学習の系統性(シーケンス)が定められていないために、小学校間におけるプログラミング体験のばらつきが著しい点である。特に、教育委員会、各学校長等の管理職のプログラミング学習に対する考え方が、実施状況に大きく影響していることが示唆される。さらに、中学生の小学校時代におけるプログラミング既習体験の量と質が、小学校教員のプログラミング学習に対する考え方や、得手不得手に影響していることが窺える。文部科学省(2020)小学校プログラミング教育の手引(第三版)<sup>9)</sup>のA分類(学習指導要領に例示されている単元等で実施するもの)では、算数第5学年「A-①プログラミングを通して、正多角形の意味を基に正多角形をかく場面」と、「A-②身の回りには電気の性質や働きを利用した道具があること等をプログラミングを通して学習する場面」が示されているが、プログラミング活動を通して、各教科等の学びをより確実なものとするのが目標になっている。また、文部科学省(2020)小学校プログラミング教育の手引(第三版)<sup>9)</sup>では、「A-③『情報化の進展と生活や社会の変化』を探究課題として学習する場面(総合的な学習の時間)」,「A-④『『まちの魅力と情報技術』を探究課題として学習する場面(総合的な学習の時間)」,「A-⑤『情報技術を生かした生産や人の手によるものづくり』を探究課題として学習する場面(総合的な学習の時間)」が示されている。「小学校学習指導要領(2017年告示)解説 総合的な学習の時間」では、「総合的な学習の時間」の目標(以下、第1の目標)が示されている一方、各学校において定める目標及び内容において、各学校においては、内容は「各学校においては、第1の目標を踏まえ、各学校の総合的な学習の時間の内容を定める(文部科学省, 2018:p.21)」<sup>10)</sup>とされているため、プログラミング学習自体のスコープとシーケンスの基準(内容基準)は存在しない。そこで、第3章～第7章の実践研究では、筆者らの2017年度～2019年度科学研究費補助金(基盤研究C)「プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準」の研究成果<sup>11～13)</sup>と、トレッキラ<sup>14,15)</sup>、トレッキー・ガードナー<sup>16)</sup>の先行研究から得られた内容基準(内容標準)を参考にして、カリキュラムをデザインした。

第2は、「総合的な学習(探究)の時間」の「探究過程」と、「技術・エンジニアリングデザインプロセス」の類似性と差異性を認識した上でのカリキュラムのデザインの重要性である。山崎ら(2022)<sup>17)</sup>は、「総合的な学習(探究)の時間」の「探究過程」と、「技術・エンジニアリングデザインプロセス」の類似性と差異性を表に示した(表11-2)。

表11-2に示したように、「総合的な学習の時間」と「技術・エンジニアリングデザインプロセス」の学習過程とは、類似点があるが、各々と特徴とともに相違点があることに留意したい。「総合的な学習の時間」の探究過程は、「オープンエンド」を探究する点が特徴的である。一方、「技術・エンジニアリングデザインプロセス」は、目的達成のために、各種制約条件下で、社会からの要求、安全性、環境負荷、経済性等の観点から技術を最適化することであり、唯一解やオープンエンドではなく、複数のアイデア解から最適解を選択するための意思決定と根拠が求められる点が特徴である。プログラミング学習で求められる学習過程は、オープンエンドや唯一解ではなく、各種制約条件下で、各アイデアのメリット、デメリットを比較考量(トレードオフ)しながら、最適解を求めていく学習過程である点に特徴がある。

第3は、第6章の立花らの実践において、小学校におけるブロック型言語によるプログラミング体験が、テキスト型プログラム言語であるPythonを用いたプログラミング学習に転移した明確な知見が今回は得られなかった点である。小学校及び、中学校の他教科等や技術科の他学習項目で実施するビジュアル型とテキスト型プログラミング言語の相互変換や、高校情報科へ接続するシームレスな言語移行が今後の課題といえる。伊藤・原田<sup>18)</sup>は、中学校技術科のプログラミング教育におけるビジュアル型プログラミングからテキスト型プログラミングへ移行について考察して

表 11-2 「総合的な探究の時間」と「技術・エンジニアリングデザインプロセス」の学習過程【出典 山崎ら<sup>17)</sup>の表 4】

総合的な探究の時間	技術・エンジニアリングデザインプロセス
① 課題の設定 体験活動などを通して、課題を設定し課題意識をもつ	① 状況の分析と解決すべき問題の摘要の記述 実社会の状況を分析し、問題の本質は何かの理解と、社会実装により解決すべき問題の摘要の作成
② 情報の収集 必要な情報を取り出したり収集したりする	③ 課題解決の過程 調査、ヒアリング、フィールドワークなどの人文社会科学的、審美芸術・身体表現芸術・スポーツなどを含む芸術的なニーズ探求手法と、仮説－変数制御－測定－検証などの実験科学的なシーズ探究手法の双方を併用しながら、社会実装による課題解決のための構想・計画
④ 整理・分析 収集した情報を、整理したり分析したりして思考する	③社会実装する人為的成果物やシステムなどの必要条件、制約条件の明確化と、複数の解決策のアイディア生成 目的、求められる機能・構造、価格等の制約条件の明確化。社会からの要求、安全性、人権・倫理、環境負荷と持続可能性、経済性等の観点から評価規準を設定し、ベネフィットとリスクのチェックリスト作成
⑤ まとめ・表現 気づきや発見、自分の考えなどをまとめ、判断し、表現する	⑥ 協働と対話型論証による複数の解決策アイディアの比較考量と最適解の提案 役割演技などにより、開発機関・企業・生産者－行政機関－市民－流通業者等の利害関係が有する文脈下で、協働による対話型論証により、複数のアイディアを比較考量し、社会実装に最適と考える人為的成果物・システム案の提案。例えばプロトタイプ製作・制作、シミュレーション等の試行と評価・改善等の繰り返しにより、最終案の決定。一連のプロジェクト報告書(ポートフォリオ)の作成と発表会の実施

いる。松澤・酒井<sup>19)</sup>は、ビジュアル型言語とテキスト型言語の併用開発環境「BlockEditor」について、Java 言語習得を目的とした文科系大学生向けプログラミング入門教育全編での使用実験を行った。本実験では、15 週の全ての課題解答過程において、学習者がビジュアル言語とテキスト言語を任意に選択できる環境が与えられた。その結果、プログラミングの学習が進行するについて、BlockEditor から Java へ徐々に移行すること、及びそのタイミングには個人差があることが定量的に示されたことを報告した。他方、岡本・安藤(2020)<sup>20)</sup>は、高校情報科におけるプログラミングの授業設計の指針を得ることを目的とし、ビジュアル型とテキスト型の学習順序が与える教育的効果について検証を行った。同研究範囲では、ビジュアル型とテキスト型の学習順序によって、テキスト型学習への情意面に有意な差は見られなかった。一方、事前・事後テストでは、ビジュアル型先行群が全ての設問において肯定的な回答が見られた。この結果からテキスト型と同等な学習内容のビジュアル型を事前に行うことが効果的な点と、知的技能(ルールや原理の適用、問題解決のように、シンボルを使いこなす能力)を中心とした課題の重要性が示唆されたことを報告した。

今後、小学校早期の段階から、プログラミングで遊び、触れる楽しみや親しみを持つ段階から移行し、小学校中・高学年ではビジュアル型言語とテキスト記述型言語の併用あるいは、アルゴリズムや知識技能を意識しながら、問題の発見と課題解決型学習を取り入れた、中・高等学校段階のプログラミング学習との系統性を図るカリキュラムのデザイン研究が必要である。



## 11.5 STEAM 教育連携の視点からの小学校第 5, 6 学年国語教科書における技術の文脈

STEAM 教育を実践する際に、現実の社会や生活に存在する「オーセンティック(本物)の実践」に根差したコンテンツ(文脈)下で学習することが肝要である。私たちが生きる現代社会を支えているのは技術である。技術とともに、自然科学や社会科学、各種芸術などを活用したエンジニアリングにより、技術の最適化が図られている。第 8 章において、山崎・山崎は、日本発 STEAM 教育の推進とともに、STEAM 教育の A の言語能力の育成と、個別的事実的知識・技能の習得のみに終始せずに、生活や社会における様々な場面で活用できる概念と思考プロセスの理解を深めるために、小学校学習指導要領(2017 年告示)解説 国語編に基づき 4 社の教科書会社で編集された小学校第 5, 6 学年国語の文部科学省検定済み教科書の題材で、現代及び未来社会を支えるテクノロジー(技術)の文脈の存在と強弱の程度について調査し、検討した結果を報告した。調査の結果、4 社中 3 社の教科書の題材において、AI の活用は、便益とリスクの両面で社会に影響を与えることについて取り扱っていた。また、4 社の教科書ともに、材料と加工、生物育成、エネルギー変換、プログラミングを含む情報通信技術において、社会的・経済的・公共的価値を改善、新たに創造する技術イノベーションの重要性と、技術のベネフィットとリスクを適切に評価、選択し、国民が協働で管理・運用していく技術ガバナンスに関する題材が見られた。一方、技術の概念とプロセスとは何か、技術の本質の探究方法についての解説がなく、本邦では小学校の技術教育課程基準がないため、技術概念に関する内容標準の必要性を提案した。

山崎ら<sup>21)</sup>は、本邦発の幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー教育における技術概念の内容知と方法知に関する基準(以下、基準)の試案作成と検討した。作成した基準は、「技術の概念」、「技術の役割」、「技術イノベーションと知的財産の創造・活用」、「技術ガバナンスと社会安全」を中核概念として構成し、それぞれについて幼稚園～小学 2 年、小学 3～6 年、中学校、高校の段階別に到達目標を示した。作成した基準と国際技術・エンジニアリング教育者学会(ITEEA)の Standards for Technological and Engineering Literacy (STEL)との類似点と差異点を検討した。その結果、両者には類似点が多数見られ、特に、基準及び STEL 共に、STEM 教育と STEAM 教育との両方の連携を重視していた。基準の「技術の概念」では、我が国固有の「技術の見方・考え方」を働かせた「ものづくり」概念を重視している点に、特徴が見出された。日本産業技術教育学会<sup>22)</sup>が提案した「次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み」における「技術の概念」の「内容知・方法知体系表」は、山崎らの WG が作成し、学会会員とのブラッシュアップを繰り返して提案した表である。

## 11.6 3D プリンタ導入に向けた製図ソフトウェアの評価と教材開発

第 9 章において、東原は、中学校技術科「A 材料と加工の技術」において、3D プリンタを活用するための製作題材と使用する 3DCAD ソフトウェアの評価と課題を検討した。中学校教材整備指針(令和元年一部改訂)によると、3D プリンタ 8 人あたり 1 程度、製図用ソフトウェア 1 人あたり 1 程度を整備の目安としている。技術科で 3D プリンタを用いる学習場面として、製作に必要な図面を 3DCAD ソフトウェアで制作しモデルを出力する、あるいは製作したものを 3DCAD ソフトウェアで制作し、出力して使用することが考えられる。第 9 章の研究では、教員養成系大学において技術科の開講科目を受講する学生に対して、本立てやペン立てなど、技術科で扱う比較的短時間で完成できる題材の製作を目的として、3DCAD ソフトウェアを操作させた。ソフトウェアの評価、技術科に必要な指導時数、自由記述の結果から、製図ソフトウェア導入の可能性と課題について検討した。さらに、3DCAD を用いた教材開発の事例として、Tinkercad を用いたスタッキングトイの穴あきブロックの設計について検討したことを報告した。本



研究の結果から、3D プリンタ導入に向けた製図ソフトウェア 2 種類について、受講生の評価、必要とされる授業時数、自由記述より、技術科で導入可能であると考えられた。一方で、導入費用や PC 環境についての課題が明らかとなった。

## 11.7 脱カリキュラム・オーバーロードに繋がる高校工業の観点別学習状況の評価規準の焦点化とカリキュラム・デザインの改善

本章 11.1～11.5 においては、AI リテラシーや計算論的思考(コンピューティショナル・シンキング)などを育むコンピューティング教育やデジタル・ファブリケーション教育、STEAM 教育が、STEAM 関連教科の概念的知識や概念的思考方略の連携化とともに、連携した概念、単元(題材・主題)を共有することで、脱カリキュラム・オーバーロード(CO)に繋がる可能性を模索してきた。

奈須(2021:p.49)<sup>23)</sup>は、「(1)明示的な指導」、「(2)オーセンティックな学習」、「(3)個別最適な学び」の三つが脱 CO に有効であるという提案をしている。筆者らは、奈須が指摘した(1)から(3)に加え、「主体的に学習に取り組む態度」の育成を図る実践研究を、本科研で実施してきた。

第 10 章において、佐伯・山崎は、以下の三つの研究課題を設定して、実践研究を展開した。

研究課題の一つ目は、高等学校工業科電気系における「転移可能な概念的知識」と「学習方略を含む工業に関わる問題の発見から課題解決に必要な一連の方略(以下、一連の方略)」の理解及び、「明示的な指導」の充実によるカリキュラム・デザインの改善である。論理的思考、問題解決、汎用的なスキルやメタ認知などの、STEAM 教育で育成が期待されるコンピテンシーを重視し、STEAM 教育の各教科の見方・考え方を「工業科」に取り入れていく事。また、イ)の教科等の本質に関わる、「工業科の見方・考え方や、育成する「転移可能な概念的知識」と「一連の方略」を明らかにし、それらを含めてカリキュラム・デザインを行うことが、脱カリキュラム・オーバーロードに繋がると考えられる。

研究課題の二つ目は、「観点『主体的に学習に取り組む態度』の評価規準項目数の厳選及び、生徒の自己評価と授業者の見取りと支援を重視した形成的評価の充実による『指導の評価化』による評価疲れの回避」である。

研究課題の三つ目は、パフォーマンス課題の導入による学習文脈づくりと、それら进行评估するための、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準・判別基準の妥当性・信頼性の向上である。

実践研究の結果、研究課題の一つ目は、工業科電気系における「転移可能な概念的知識」と「一連の方略」の理解及び、「明示的な指導」の充実によるカリキュラム・デザインの改善を進め、STEAM 教育と連携した「工業科電気系の見方・考え方」を働かせた工業科の課題解決型学習過程モデルに基づく授業を実践できた。これにより、教科等の本質に関わる概念や、教科を横断する汎用的なスキルの理解を深めるための、教科の学びの構造化・統合化が行われる可能性が示唆された。

研究課題の二つ目は、自己調整学習力を育む工業科の課題解決型学習過程モデルを導入し、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準項目数を厳選し、生徒の自己評価と授業者の見取りと支援を重視した形成的評価が充実したことが窺えた。これにより「指導の評価化」による評価疲れの回避が図られる可能性が示唆された。

研究課題の三つ目は、パフォーマンス課題の導入による学習文脈づくりと、それら进行评估するための、観点「主体的に学習に取り組む態度」の評価規準の信頼性が向上したことが窺えた。これにより、評価規準の基準(スタンダード)性が保証することで評価に迷うことが少なくなり、教師間の評価のばらつきが減少し、評価活動の負担の軽減へつながる可能性が示唆された。

## 11.8 おわりに

本科研の目的は、脱カリキュラム・オーバーロード対策に注目し、英国と米国の STEAM 教育の最新動向の現地調査と、J 教育大学附属中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）等における AI ロボットを教材としたカリキュラム、「FAB (Digital FABrication) (デジタルデータをもとに創造物を制作する技術)」の適正な活用能力を育成するために、3D プリンタを活用した試作により、課題の解決策を具体化する STEAM 教育のカリキュラム・マネジメント、評価手法の要件の解明と、効果の検証であった。

英国現地調査では、イングランド・エクスター市内の初等中等学校の教員インタビューとともに、エクスター大学教育学部科学教育担当上級講師とのインタビューを行い、知見を得ることができた。米国では、ボストン科学博物館のエンジニアリング・イン・エレメンタリーの STEM 教育プログラムの現地調査を行い、幾多の知見を得ることができた。

研究2年次は、初年次の教材研究と構想カリキュラムのデザインを基に、授業実践研究を行った。学習評価は、パフォーマンス評価とともに、「主体的な学習に取り組む態度」のメタ認知と自己調整に関わる認知スキルを重視した評価方法の工夫を中心に、実践研究を実施する。授業カンファレンスなどを通して、実践を反省的に振り返り、研究3年次に向けた改善を行い、幾多の知見を得ることができた。

研究3年次（最終年次）は、2年次の実践を反省的に振り返り、2年次の実践カリキュラムを改善した構想カリキュラムにより、授業を実践し、反省的授業実践の手法により、カリキュラムの改善を実施した。さらに、学習評価データや授業者の内省等を基に、デザインしたカリキュラムの評価を行う。得られた根拠データを基に、日本科学教育学会年会で課題研究を開催し、研究成果の公開を行った。

### 文献(URL は、2024 年1月 27 日最終閲覧)

- 1) 勝野頼彦(研究代表者): 教育課程の編成に関する基礎的研究報告書 7 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理(所収), 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2014)  
[https://www.nier.go.jp/05\\_kenkyu\\_seika/pdf\\_seika/h25/2\\_1\\_allb.pdf](https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_1_allb.pdf)
- 2) Department for Education (DfE). (2011). The framework for the national curriculum: A report by the expert panel for the national curriculum review. London: Department for Education.  
<https://www.gov.uk/government/publications/framework-for-the-national-curriculum-a-report-by-the-expert-panel-for-the-national-curriculum-review>
- 3) 新井浅浩・藤井泰(分担執筆): イギリスの教育課程, pp.15-26, 勝野頼彦(研究代表者): 教育課程の編成に関する基礎的研究報告書 6 諸外国の教育課程と資質・能力 ―重視する資質・能力に焦点を当てて―(所収), 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2013)
- 4) 磯部征尊・谷田親彦・大谷忠・山崎貞登: イギリス「デザインと技術科」の GCSE 試験シラバスにおける STEM/STEAM 教育の影響と中核概念の構成要因, 日本産業技術教育学会誌, 第 64 巻, 第 4 号, pp.285-297 (2022)
- 5) The Royal Academy of Engineering: Shut down or reset? The way forward for Computing in U.K. school. The Royal Society (2012) <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>
- 6) 奈須正裕: 第 3 章 資質・能力を基盤とした教育からみた、カリキュラム・オーバーロード克服の可能性, pp.33-55, 奈須正裕: 『「少ない時数で豊かに学ぶ」授業のつくり方 脱「カリキュラム・オーバーロード」への処方箋』(所収), ぎょうせい (2020)

- 7) Bybee, W. R. : STEM EDUCATION NOW More Than Ever, NSTA Press, U.S.A. (2018)
- 8) 松澤芳昭・保井元・杉浦学・酒井三四郎：ビジュアル-JAVA 相互変換によるシームレスな言語移行を指向したプログラミング学習環境の提案と評価，情報処理学会論文誌，第 55 巻，第 1 号，pp.57-71 (2014)
- 8) 山崎貞登・松田孝・二宮裕之・久保田善彦・磯部征尊・川原田康文・大森康正・上野朝大：Society5.0 を支える STEAM/STREAM 教育の推進に向けた小学校教育課程の教科等の構成の在り方と学習指導形態，上越教育大学研究紀要，第 39 巻，第 2 号，pp.525-538 (2020)
- 9) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引(第三版) (2029) [https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt\\_jogai02-100003171\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf)
- 10) 文部科学省：小学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説 総合的な学習の時間編，東洋館出版社 (2018)
- 11) 山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準(課題番号 17K01023) 2017(平成 29)年度～2019(令和元年度)科学研究費補助金(基盤研究 C)第 1 年次研究成果報告書 (2018) <http://hdl.handle.net/10513/00007428>
- 12) 山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準(課題番号 17K01023) 2017(平成 29)年度～2019(令和元年度)科学研究費補助金(基盤研究 C)第 2 年次研究成果報告書 (2019) <http://hdl.handle.net/10513/00007929>
- 13) 山崎貞登(研究代表者)：プログラミング的思考力を育成する技術・情報教育課程基準(課題番号 17K01023) 2017(平成 29)年度～2019(令和元年度)科学研究費補助金(基盤研究 C)第 3 年次(最終年次)研究成果報告書 (2020) <http://hdl.handle.net/10513/00008106>
- 14) Touretzky, S. D, Gardner-McCune, C., Martin, F. and Seehorn, D.: Envisioning AI for K-12: What Should Every Child Know about AI?, The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-19), 9795-9799 (2019a)
- 15) Touretzky, S. D, Gardner-McCune, C., Martin, F. and Seehorn, D.: K-12 Guidelines for Artificial Intelligence: What Students Should Know (2019b) A14K12.org [https://ae-uploads.uoregon.edu/ISTE/ISTE2019/PROGRAM\\_SESSION\\_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentation\\_final.pdf](https://ae-uploads.uoregon.edu/ISTE/ISTE2019/PROGRAM_SESSION_MODEL/HANDOUTS/112142285/ISTE2019Presentation_final.pdf)
- 16) Touretzky, S. D. and Gardner-McCune, C.: ARTIFICIAL INTELLIGENCE THINKING IN K-12, pp.153-180, Kong, S. and Abelson, H. (Eds.): COMPUTATIONAL THINKING EDUCATION IN K-12 -ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY AND PHYSICAL COMPUTING, The MIT Press (2022)
- 17) 山崎貞登・山崎恭平・水野頌之助・磯部征尊：STEAM 教育からの技術・エンジニアリング学習と，小学校体育科保健領域，中学校保健体育科保健領域における感染症予防学習との連携，上越教育大学研究紀要，第 42 巻，pp.199-208 (2022)
- 18) 伊藤伸一・原田信一：中学校技術科のプログラミング教育におけるビジュアル型プログラミングからテキスト型プログラミングへの移行について，京都教育大学紀要，第 137 巻，pp.99-108 (2020)
- 19) 松澤芳昭・酒井三四郎：ビジュアル型言語とテキスト記述型言語の併用によるプログラミング入門教育の試みと成果，情報処理学会研究報告，2013-CE-119 巻，第 2 号，pp.1-11 (2013)
- 20) 岡本恭助・安藤明伸：ビジュアル型とテキスト型プログラミングにおける学習順序が教育的効果に与える影響，日本教育工学会論文誌，第 44 巻(Suppl.)，pp.97-100 (2020)
- 21) 山崎貞登・市原靖士・中原久志・渡津光司・森山潤：幼稚園から高校までを一貫した技術リテラシー教育における技術概念の内容知と方法知の基準，上越教育大学研究紀要，第 41 巻，第 1 号，pp.225-234 (2021)
- 22) 一般社団法人日本産業技術教育学会：次世代の学びを創造する新しい技術教育の枠組み 「21 世紀の技術教育」

(改訂版 2021), 日本産業技術教育学会誌第 63 巻, 第 4 号別冊, pp.1-23 (2021)

[https://www.jste.jp/main/data/New\\_Fw2021.pdf](https://www.jste.jp/main/data/New_Fw2021.pdf)

- 23) 奈須正裕 : 第 3 章 資質・能力を基盤とした教育からみた, カリキュラム・オーバーロード克服の可能性, pp.33-55, 奈須正裕編著 : 「少ない時数で豊かに学ぶ」授業のつくり方 脱「カリキュラム・オーバーロード」への処方箋(所収), ぎょうせい (2021)

---

(課題番号 21H00860)  
2021(令和3)年度～2023(令和5)年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(一般))  
第3年次(最終年次)研究成果報告書

AIとデジタル・ファブリケーションリテラシー育成の  
初等中等モデルカリキュラム開発  
2024(令和6)年2月

発行者 上越教育大学大学院学校教育研究科  
山崎 貞 登

印刷 永田印刷

---



