

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 洋太朗*・市村 尚史**・大森 康正***・岡島 佑介***・
山崎 貞登***

(令和6年1月15日受付；令和6年4月15日受理)

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(平成30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・事後質問紙調査を比較し、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)

1 はじめに

1. 1 研究目的

本研究の目的は、中学校第3学年生徒を対象に、中学校学習指導要領(平成29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」⁽¹⁾において、AIリテラシー育成と、「高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 情報編科目情報Ⅰ」⁽²⁾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¹⁾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。

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)」⁽¹⁾についての指導が明記された。また、学習活動では、「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)」⁽¹⁾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

*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

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¹⁾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。

2 先行研究

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が、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」⁽³⁾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)⁽⁴⁾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)⁽⁵⁾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1のように設定している。

表1 佐藤(2019)⁽⁵⁾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 やってみ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)⁽⁶⁾、同(2019b)⁽⁷⁾、トレッキー・ガードナーマキュン(2022)⁽⁸⁾が、米国人工知能学会(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ア(重大な観念)²⁾と各段階の到達水準表を提案した(表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。

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⁽⁹⁾(山崎ら, 2021ab)^(10,11)。ITEEA(2020)⁽⁹⁾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)⁽¹²⁾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

表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
 [出典トレッキーら(2019a)⁽⁶⁾，同(2019b)⁽⁷⁾，トレッキー・ガードナーマキュン(2022)⁽⁸⁾]

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、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

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ー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)⁽¹³⁾は、松田ら(2021)⁽¹²⁾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)⁽¹⁴⁾は、佐藤ら(2019)⁽⁵⁾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)⁽¹⁵⁾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)⁽¹⁶⁾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)⁽¹⁷⁾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)⁽¹⁸⁾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(平成29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)」⁽¹⁾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)」⁽¹⁾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。

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

在間ら(2019)⁽¹⁹⁾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³⁾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)⁽⁵⁾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。

秋山ら(2020)⁽²⁰⁾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。

伊藤大河ら(2020)⁽²¹⁾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。

竹澤ら(2020)⁽²²⁾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)⁽²³⁾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・制御のプログラミングによる問題解決」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)⁽²⁴⁾は、ScratchでAIを使う教材⁽⁴⁾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を使って問題を解決できることや、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。

廣瀬ら(2021)⁽²⁵⁾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)⁽¹⁴⁾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学年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⁽⁵⁾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。

中村光希ら(2023)⁽²⁶⁾は、S社⁽⁶⁾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⁽⁷⁾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。

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」⁽²⁾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。伊藤伸一・原田(2020)⁽²⁷⁾と松田(2023)⁽²⁸⁾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)⁽²⁹⁾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)⁽³⁰⁾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るとともに、キー入力の量を抑えるといった工夫をしていた。

小倉(2022)⁽³¹⁾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。

3 研究対象と方法

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。

3. 2 供試教材

供試教材は、A社の自動走行ロボット¹⁾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り走行することで、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

3. 3 実践カリキュラム

実践カリキュラムを、表3に示す。

表3 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、解決することについて考えている。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】

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4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1に示す。

表4 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

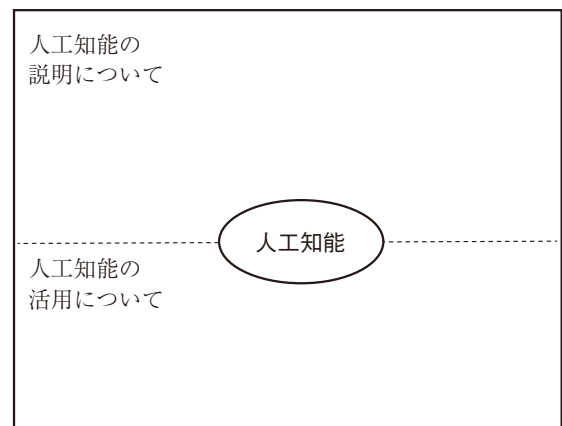


図1 マインドマップのワークシート

表4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)⁽²⁵⁾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)⁽²⁵⁾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。

4 結果と考察

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5に示す。本質問紙調査の分析は、清水(2016)⁽³²⁾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($p=.042$, $p<.05$, $d=.578$, 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, -.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, -.209])。A組とB組との得点差($p=.375$, $n.s.$, $d=.249$, 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($F=.178$, $df=2$, $p=.178$, $n.s.$, $\eta^2=.005$)。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

表5 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 ³⁾
	事前 <i>N</i> (人)	事後 <i>N</i> (人)	事前 <i>N</i> (人)	事後 <i>N</i> (人)	事前 <i>N</i> (人)	事後 <i>N</i> (人)	
	<i>M</i> ¹⁾ (<i>SD</i>) ²⁾	<i>M</i> ¹⁾ (<i>SD</i>) ²⁾	<i>M</i> ¹⁾ (<i>SD</i>) ²⁾	<i>M</i> ¹⁾ (<i>SD</i>) ²⁾	<i>M</i> ¹⁾ (<i>SD</i>) ²⁾	<i>M</i> ¹⁾ (<i>SD</i>) ²⁾	
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)	<i>n.s.</i> ** *
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)	<i>n.s.</i> ** *
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)	<i>n.s.</i> ** **
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)	<i>n.s.</i> <i>n.s.</i> *
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)	<i>n.s.</i> * <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>
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)	<i>n.s.</i> ** <i>n.s.</i>

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

*： $p<0.05$, **： $p<0.01$

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 \times 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 \times 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 \times 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 \times 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。

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として、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2に示す。

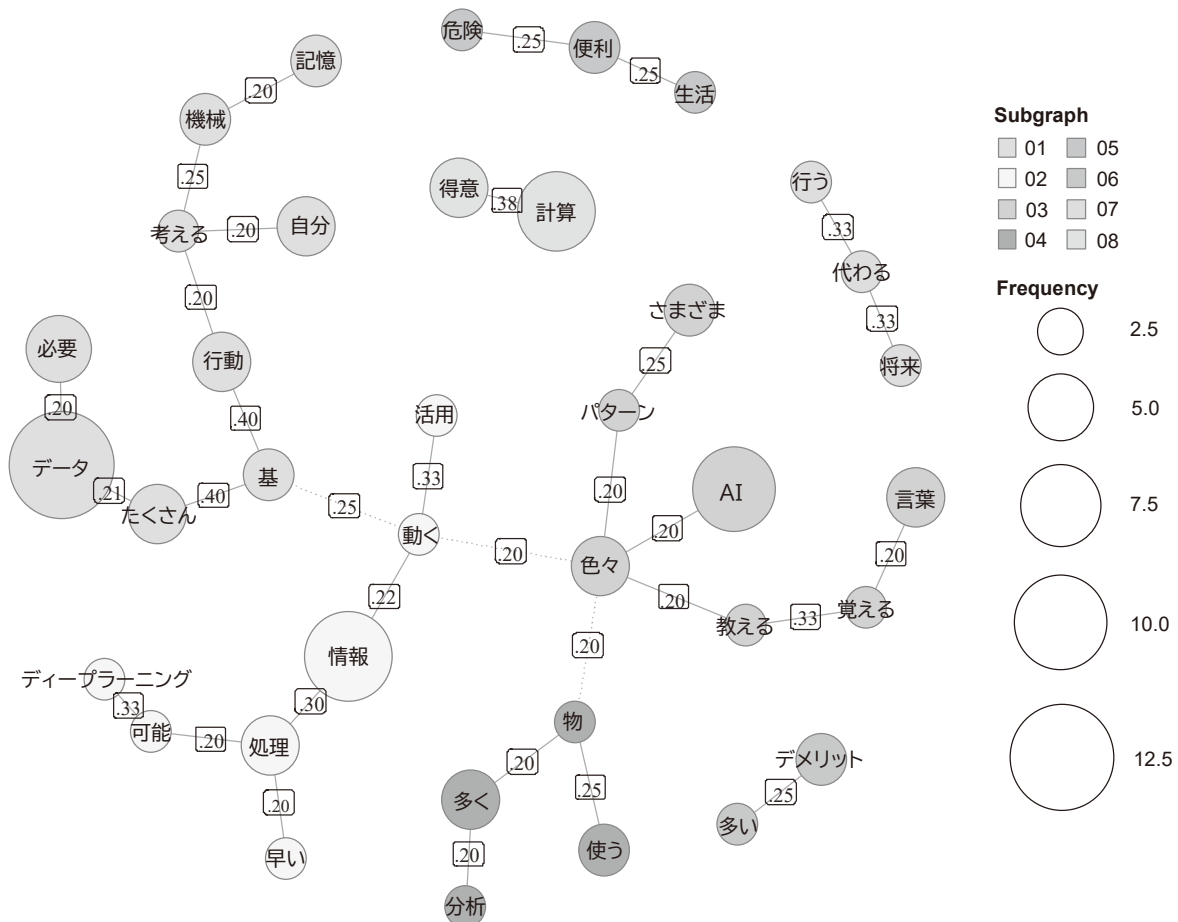


図2 AIの「説明」事前マインドマップ調査結果

AIの「説明」の事後マインドマップ調査を図3に示す。

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

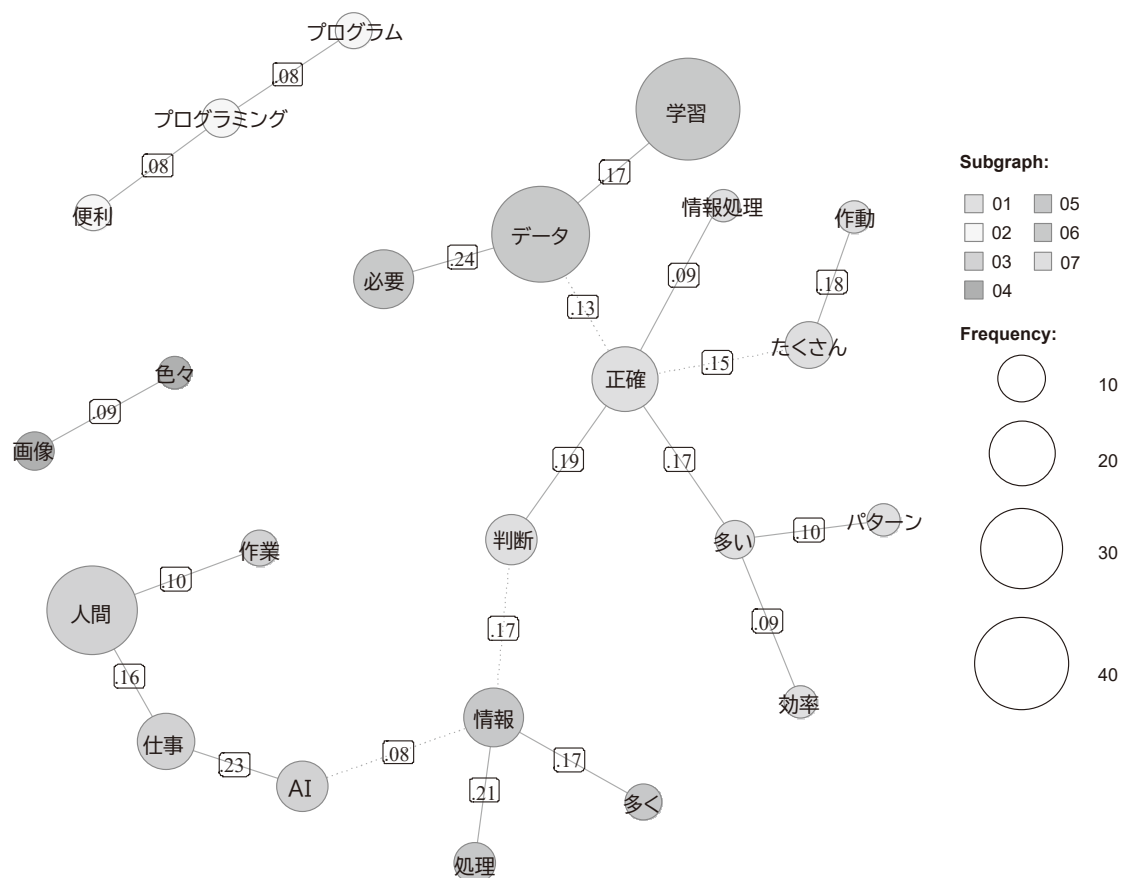


図3 AIの「説明」事後マインドマップ調査結果

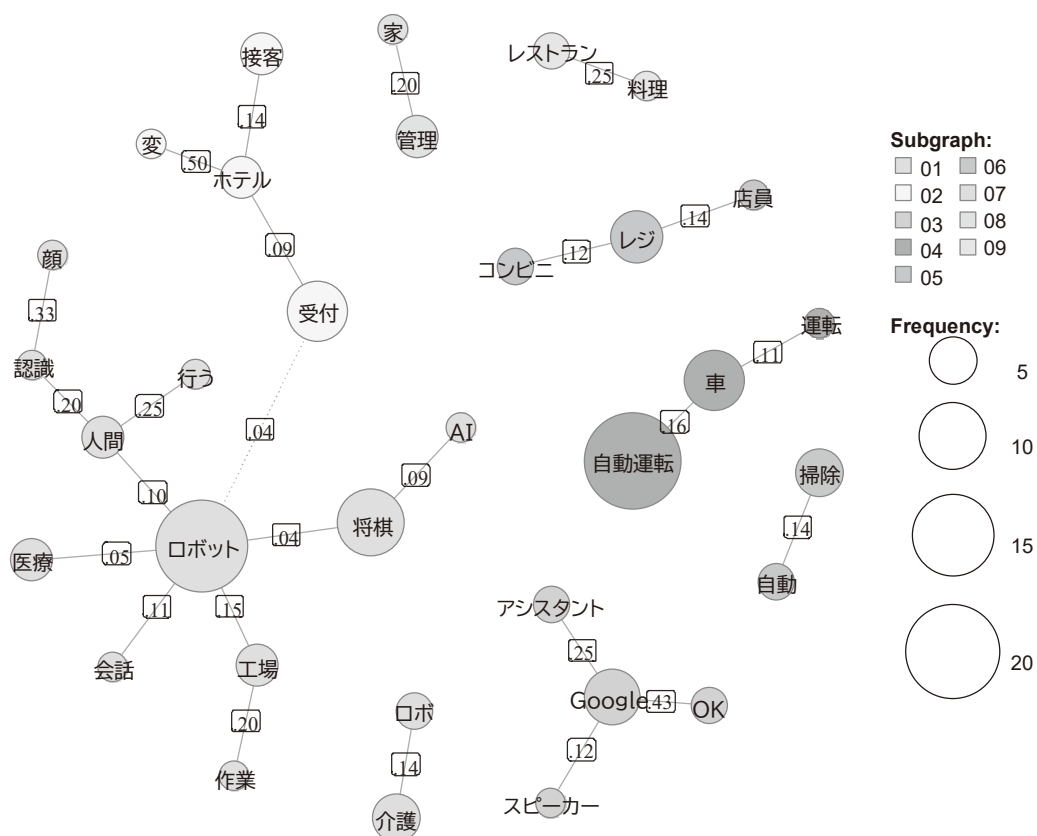


図4 AIの「活用」事前マインドマップ調査結果

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4、AIの「活用」の事後マインドマップ調査を図5に示す。

事前調査でのAIの「活用」のマインドマップでは、「ロボットー工場 (.15)」、「ロボットー会話 (.11)」、「ロボットー人間 (.10)」の語と語の共起が確認された。また、「ホテルー接客 (.14)」、「ホテルー受付 (.09)」や、「レストランー料理 (.25)」、「レジーコンビニ (.12)」、「レジー店員 (.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が確認された。さらに、「車ー自動運転 (.16)」、「車ー運転 (.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、「ロボットー人間 (.10)」、「ロボットー医療 (.06)」、「ロボットー掃除 (.04)」、「ロボットー収穫 (.04)」の共起が確認された。また、「画像ー認識 (.13)」、「画像ー検索 (.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、「空港ー認証 (.20)」や「農業ー不良品 (.13)」、「不良品ー検出 (.50)」、「スマートフォンーロック (.33)」、「不審ー検知 (.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「車ー自動運転 (.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

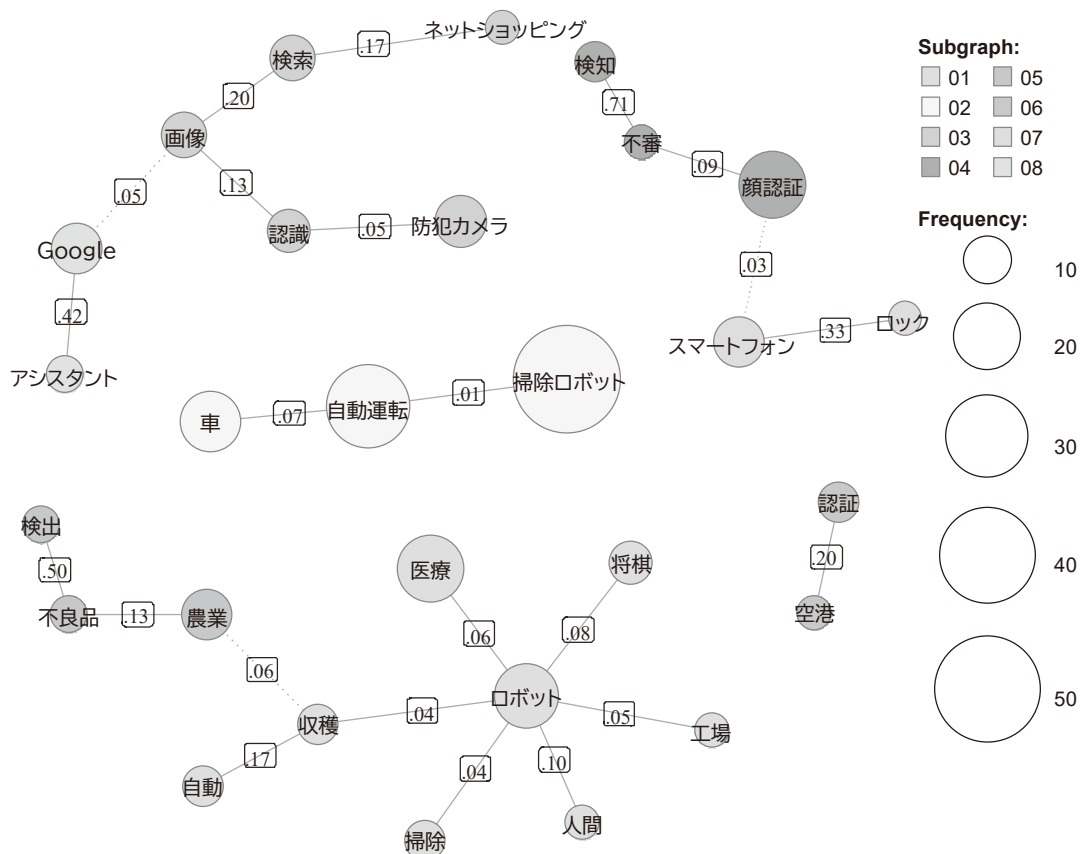


図5 AIの「活用」事後マインドマップ調査結果

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。

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(平成29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」⁽¹⁾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(平成30年告示)解説 情報編科目情報Ⅰ⁽²⁾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¹⁾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を活用すると現代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された。
- (3) A社の自動走行ロボット¹⁾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(平成29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)⁽³³⁾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)⁽³⁴⁾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⁽²⁹⁾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きが必要になるなど、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、あとがき等で示す慣例があるため、本稿も慣例に従った。
- 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:理解をもたらしカリキュラム設計-「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://champerre.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://khdoder.net/> (2024年1月8日最終閲覧)
- 8)Pythonフレームワーク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教科的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-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-,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年1月6日最終閲覧)
- (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 (2024年1月6日最終閲覧)

- (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・中村茉耶：「人工知能の自然言語処理を利用したチャットボットを題材とした中学校技術科『双方向性のあるコンテンツのプログラミング』の授業実践」，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-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-，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）

Designing an AI Literacy Curriculum Using Automatic-Driving Robot Teaching Materials in Technology Subjects at Lower Secondary School

Yotaro TACHIBANA* · Takashi ICHIMURA** · Yasumasa OOMORI*** ·
Yusuke OKAJIMA*** · Sadato YAMAZAKI***

ABSTRACT

This study aimed to create a technology curriculum for a total of 99 students in the third year of lower secondary school. TensorFlow was used to measure and control Company A's automatic-driving robot teaching materials in order to develop AI literacy, and the systematicity of the study on the subject of "Information I" as the section on common subjects of information in the national curriculum standards of upper secondary schools (2018 public notice). It was created a programming curriculum using deep learning and Python, a text-based programming language, and it was examined for learning assessment and curriculum evaluation using practical lesson study. Comparing the pre- and postquestionnaire surveys, we discovered that this practical curriculum design based on Company A's teaching materials has a learning effect on acquiring knowledge related to big data, learning processing, and inference, which are the foundations of AI technology. I could hear it. The number of elements was compared in the mind map survey and a text mining analysis was performed. It was found that experiencing AI development increased the learning effect by increasing interest in programming and AI and understanding the information processing methods required for AI development, such as big data, learning processing, and inference. Future issues include mutual conversion between visual- and text-based programming languages for other subjects in elementary and lower secondary school, learning items in technology subjects, and seamless language transfer to connect to information subjects in upper secondary school.

* Hokkaido Telecommunication Network Co., Inc. ** Johsei Municipal Upper Secondary School *** Natural and Living Science