

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

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*****

(令和2年8月17日受付；令和2年12月7日受理)

要 旨

本研究の目的は、STEM/STEAM教育推進の視点から、Society5.0の実現に必要な資質・能力であるデザイン思考と人間力により、サイエンスの論理思考と人間の術であるアーツとが調和した最適解の追求に必要な、試行錯誤をしながら粘り強くやり抜く力と、AIリテラシー育成のために、小学校段階における教材開発と試行授業の実践と評価であった。初等教育段階におけるAIリテラシーの構成概念として、「AI実装とIoT社会の仕組み理解」、「AI技術への興味」、「AI活用センス」を仮説化して研究遂行した。本研究結果は、以下の3点に集約できる。第1に、児童はAI実装のロボホンと触れることで、AIを身近に実感し、IoTやクラウドという用語を知ることができた。第2に、AI技術はビッグデータが必要であり、その学習データの質がスマート化に大きく影響を及ぼすことについて、自然対話生成や画像認識を体験することで実感できた児童がいた。第3は、児童一人一人がAIと共生していくことを実感し、ロボホンと触れたために、楽しさを実感する児童が多数いた。

KEY WORDS

STEM教育 (Science, Technology, Engineering and Mathematics Education), STEAM教育 (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics Education), 小学校 (elementary school), AIリテラシー (AI literacy), 教材開発 (development of subject matters)

1 はじめに

本研究の目的は、STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)/STEAM (STEM+Arts) 教育推進の視点から、Society5.0の実現に必要な資質・能力であるデザイン思考と人間力により、サイエンスの論理思考と、人間の術であるアーツとが調和した最適解の追求に必要な、ティンカリング(試行錯誤)しながら粘り強くやり抜く力と、AIリテラシー育成のために、小学校段階における教材開発と試行授業の実践から得られた結果についての検討である。デザイン思考とは、社会のニーズや豊かな生活への欲求に基づく問題解決のために、必要条件と制約条件の明確化と、共有可能な可視化した複数のアイデアを生成して、比較・検討、評価の際に使用する複数の価値規準(社会からの要求、安全性、環境負荷、経済性等の観点)を設定し、価値規準の重み付けを考慮しながら対処しうる選択可能なアイデア策を複数考案して、その中から最終的な一つのアイデアを最適解として選択するために必要かつ体系的な問題解決方略を支える思考様式をいう^①。人間力とは、SDGsの目的実現に向けて、民主主義社会を支える主権者の立場を自覚化し、自立した一人の人間として、力強く生きて行く力をいう^②。本研究目的を達成するために、二つの研究課題(リサーチクエスト)を設定する。第1は、AIリテラシーとはどのような資質・能力なのかである。第2は、AIリテラシー育成にSTEM/STEAM教育がなぜ必要で、どのような関係なのかの探究である。本稿では、コンピュータ、センサの表記で統一する。技術は、テクノロジーを意味し、テクニク(技法、技巧)、スキル(技能)と峻別する。

2 AIリテラシーとは

川原田ら(2020)^③は、2019年3月29日の「統合イノベーション戦略推進会議」の「人間中心のAI社会原則」からの、初等中等教育におけるAIリテラシー教育推進と、佐藤(2019)^④が提案した「AIリテラシー」について概説し

た。本邦初等中等教育段階のAIリテラシー概念に関する先行研究や実践論文は、大変少ない。

一方、米国では、トレッキーら(2019a)⁽⁵⁾、同(2019b)⁽⁶⁾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)⁽⁷⁾と各段階の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。

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⁽⁸⁾(山崎ら, 2021)⁽⁹⁾。ITEEA(2020)⁽⁸⁾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。

3 AIリテラシーとSTEM, STEAM教育との関係

STEM教育には、1957年のスプートニク直後から1980年代までの第一次STEM教育と、1990年代から今日までの第二次STEM教育に大別されるが、詳細は山崎(2020)⁽¹⁾を参照されたい。

日本発STEAM教育は、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」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)」の探究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⁽¹⁰⁾。アーツとは、技術やリベラルアーツと共に、美術、音楽芸術、身体芸術、ドラマ芸術、ランゲージアーツ、家政術等を含む。ティンカリングとは、「現象、道具、素材をいろいろ直接いじくりまわして遊ぶこと[Wilkinson and Petrich (著), 金井(訳)(2015:p.13)]⁽¹¹⁾である。人は、ティンカリングにより、デザインセンスを磨き、問題解決の力を高めることができる(p.10)⁽¹¹⁾。

STEM教育とSTEAM教育では、社会構成主義学習論、認知心理学や学習科学の最新成果の影響を強く受け、社会構成主義学習を支持する科学教育と数学教育研究者がSTEM教育とSTEAM教育を牽引している。米国科学教師学会(NSTA)元会長バスケスら(2013:p.38)⁽¹²⁾は、米国エンジニアリングアカデミー-NAE(2010)⁽¹³⁾からの提案を基に、各教科の標準にエンジニアリング教育を新たに盛り込む工夫、各教科の連携軸としてエンジニアリング、デザインプロセスを各教科の「重大な観念」⁽⁷⁾に包括させる提案及び、STEAM関連各学術分野における「プラクティス(見方・考え方を働かせた実践活動)」の関係性を示す表を提案している。バスケスら(2013:p.38)⁽¹²⁾は、科学、エンジニアリング、数学の各学術分野固有のモデリングを重視している。

科学、数学、エンジニアリング(コンピュータ科学やITを含む)における「モデリング」とは、特にシステム設計やシミュレーションなどの分野において、取り扱う対象から目的に照らして不要な側面を捨象し、その構造や構成要素、対象間の関係や相互作用などを模式的に表したモデル(模型)を作り、図表や数式、データ集合、データ構造、統一モデリング言語などを用いて定義することをいう。

「計算論的思考(Computational Thinking)」とは、Wing(2006)⁽¹⁴⁾が提唱した思考方略概念である。Wingの原著論文の内容は、抽象的かつ難解な論文であるために、専門外の人たちにとってはわかりにくいといった意見を、国内でよく聞く。Wingの原著論文に対する国内の文献では、松・難波(2018)⁽¹⁵⁾がわかりやすい。同著では、CTの鍵語を、「抽象化(モデル化)思考」、「ヒューリスティック推論」、「再帰的思考」、「創造性」の思考方略に焦点化して、わかりやすく説明している。「ヒューリスティック推論」は、発見的(手法)ともいわれ、必ず正しい答えを導けるわけではないが、ある程度の水準で正解に近い解を得ることができる方法である。「ヒューリスティック推論」では、答えの精度が保証されない代わりに、コンピュータが計算するために、解答に至るまでの時間が有限で少ないという特徴がある。「再帰的思考」は、帰納的思考であり、物事を分析する際できるだけ単純な構造を探し、それを繰り返すことで、事象を単純化して考えることができる。

国外では、プログラミングの知識とスキルに限定した教育ではなく、「コンピューティング」教育の目標達成のために、プログラミング教育を介して実施している国・地域等が多い^{(3),(10)}。

表1 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）と各段階の到達水準表
 [出典Touretzkyら(2019a), 同(2019b)]

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回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

4 前原小学校のロボホンを教材とした「AIリテラシー」教育

4.1 使用教材と授業実践対象

使用教材は、シャープ株式会社が開発したロボホン（RoBoHoN）を供試した。ロボホンは、2016年にシャープが開発・発売した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。ロボホンには、カメラ、マイクのセンサが内蔵され、かつ通信によってインターネットに接続できるIoTデバイスでもある。今回使用したロボホンは、三つのAIエンジン（①音声認識、②対話生成、③画像認識）を搭載している。各センサが計測した情報を、AIエンジンが解析することによって、ロボホンと自然対話を試みたり、ロボホンに物を見分けさせたりするAIプログラムを、児童たちが作成できることに最大の特徴がある。さらに、コンピュータとIP接続できるため、一台のロボホンと複数台のパソコンが繋がる。このことは、学校現場においては極めて重要で、授業場面でグループ活動を容易に組織でき、アクティブ・ラーニングによる授業変革をも期待できる。

試行授業実践対象は、2019年度東京都小金井市立前原小学校第5学年である。

4.2 指導計画

筆頭筆者とシャープのロボホン開発グループは、4.1で述べた三つのAIエンジンを活用した体験的で探究的な授業計画（表2）を立案した。

本授業実践における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、以下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(2019ab)^{(5),(6)}が示した表1の「重大な観念5：社会への影響」に相当する。

表2 RoBoHoNでAIを探究！！（AIリテラシー教育）指導計画（全8時間）

1時	Society5.0とロボホン（自分たちの生きる時代を認識する） 導 入：日本史の時代区分をSociety1.0～5.0で再構成してみよう 展 開：Society5.0の社会を考えよう 動画視聴（IoTと真ん中&AI共生社会の理解） ロボホンと友達になろう－IP接続とデフォルトプログラムの体験 まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）	5時	対話生成と様々なAI（対話生成処理の難しさを知る） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） 音声認識と対話生成の技術を知ろう 展 開：対話生成が難しい理由を考えよう AIの学習について考えよう（ビッグデータ） まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）
2時	ロブリック（プログラミング言語でプログラム体験をする） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） ロボホンがプログラミングできることを知ろう 展 開：ロボホンをロブリックでプログラミングしよう 各種ブロックを使ったプログラミングを紹介しよう まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）	6時	画像認識（AIプログラムを作成する） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） ロボホンの画像処理の技術に触れよう 展 開：画像認識プログラムを創ってみよう プログラムを実行して気づいたことを記録しよう まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）
3時	ロブリック（発展）（少し高度なプログラミングを体験する） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） 友達のプログラミングを参考にしよう 展 開：プログラムを実行するきっかけのイベントを考えよう 変数やリストを使って、プログラミングしよう まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）	7時	画像認識（その2）（AIエンジンと学習データについて考える） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） 画像認識の仕組みを知ろう 展 開：三つのAIが日常生活に及ぼす影響を考えよう IoT社会におけるAI技術の役割について考えよう まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）
4時	音声認識（音声認識のAI「A3RT」を体験する） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） チャットボットを使った音声認識を知ろう 展 開：「A3RT」を使ってみよう（対話を記録しよう） 音声認識の仕組みを理解しよう まとめ：学習活動を振り返ろう（schoolTakt：個人）	8時	Society5.0を生きる（まとめ）（AIとの共生社会を考える） 導 入：前時の振り返りを共有しよう（schoolTakt：一般共有） AIが日常化している動画を視聴しよう 展 開：AIの事例を紹介しよう AIのMAPを作ろう（すでに始まっているAI共生時代） まとめ：単元全体の学習を振り返って自分なりにAIについて考えよう

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(2019a)⁽⁵⁾、同(2019b)⁽⁶⁾が示した表1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(2019a)⁽⁵⁾、同(2019b)⁽⁶⁾が示した表1の重大な観念1～5の全てのカテゴリー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。

以上から、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探った。

4.3 実践の成果と課題

4.3.1 実践カリキュラム

AIリテラシー育成のための試行授業は、当初2020年2月10日(月)から3月2日(月)にかけて2単位時間連続(90分)の授業を4回に分けて筆頭者が授業実践する予定であった。しかし、実際の授業における子どもたちの取り組み状況や新型コロナウイルス感染拡大防止のための臨時休校によって、次のように計画を修正して実施した。

2月10日(月)：第1、2時[2単位時間-指導計画1、2時相当：授業者、松田(筆頭著者)]

2月14日(金)：第3時(1単位時間-第2時の補講的な位置付け：授業者、佐藤(担任教諭))

2月17日(月)：第4、5時(2単位時間-指導計画3、4、5時相当：授業者、松田)

(第4、5時の音声認識と対話生成は、ロボホンにおいて同時に処理されるため1コマの授業として扱った)

2月25日(月)：第6、7時(2単位時間-指導計画第6、7時相当：授業者、松田)

2月28日(金)：第8時[1単位時間-指導計画8時間相当：授業者、佐藤(担任教諭)]

新型コロナウイルス感染拡大防止のために政府より臨時休校が要請され、東京都小金井市でも3月より休校が決定された。これを受けて、当初3月2日(月)に実施予定であった授業の指導計画第8時相当を、筆頭者が次の内容を学校へ連絡して、急遽担任教諭が実施した。①学習支援システムschoolTaktのコメント機能で2月25日実施授業の振り返りを一覧させた。②振り返りをもとに相互に質問したり、「イイね」ボタンを押したりして相互啓発を促した。③次のリンクの動画を視聴させた「AIってなんだろう(https://youtu.be/IscY0VEx0_w)」。④schoolTaktのポートフォリオ機能を使って、自分自身のこれまでの振り返りを読み返させて、単元全体の振り返りをさせた。

4.3.2 振り返りシート

上記授業実践において、児童一人一人に対し、毎回(2コマ連続した授業の場合は1回)、schoolTaktを使って図1に示す振り返りシートに、自身の活動を振り返らせた。図1の左側のフォーマットにて、児童に学習活動を五つの観点から振り返らせた。

第1点は、紙面の周辺に文字をハイライトにして配置した五つの言葉による情緒的で全体的な振り返りである。「しあわせだった」「たのしかった」「ゆかいだった」「おもしろかった」「ワクワクした」の五つの言葉から、その時間の活動が児童にとって「喜び」、「信頼」、「期待」といったポジティブな感情を抱くものとなったかを把握しようとした。授業がどんなに精緻に設計されていたとしても、それが児童にとって悲しみや嫌悪、怒り等のネガティブなものであれば、それは決して自己効力感を育むものとはならず、学習動機も醸成はしない。単元を通してここに○印が付いた数を定量化することで、「AIリテラシー」の育成を狙いとする

本試行授業が児童にとっては、実践者側の押しつけであったのか、それとも彼等にとっても魅力あるものであったかを把握しようとした。

第2点は、紙面右上のエリアに黒文字で配置した、まさに今回の試行授業で取り上げる「AIに関わる知識」についての振り返りである。本試行授業を通して、児童が「AIに関わる知識」についてどの程度の関心をもったのかを把握しようとした。

図1 振り返りシート (左側)

図1 (続き) 振り返りシート (右側)

第3点は、紙面左上のエリアに、長方形枠内の文字で配置した、児童の思考力や表現力等についての振り返りである。AIリテラシーを育成する授業において、児童が課題解決に必要な認知的スキルをどの程度活用したのかを把握しようとした。

第4点は、紙面下方エリアに、端子形内枠内の文字で配置した、協働や「Grit (集中力)」等のコンピテンシーにかかわる活動状況の振り返りである。児童が本試行授業において、学びに向かう力を学習活動においてどのように表現していたかを把握しようとした。

第5点は、図1左側の振り返りフォーマットの一番の肝である「うまくいかなかった回数」の記入欄を中央に配置した。これは変化が常態化するSociety5.0の社会においては、デザイン思考による最適解を求め続けるイノベーターで技術ガバナンス力のある人材が求められていることを象徴する振り返りである。技術ガバナンス力とは、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、技術に関わる問題解決のために、主権者としてコンセンサス会議等に主体的かつ協働的に参画・協議し、自らの意見を表現し、技術を適切に評価、選択、管理・運用する能力である。これまで昭和・平成が作り上げたSociety3.0の工業社会に適合させるための画一的で一方向的な一斉授業形態と、現実社会や生活の文脈から断絶した、過度に効率的かつ無謬論に基づく唯一解を求めた脱個性的な学びとは、一線を画す学びであることを明確にしたのである。

これらの振り返りをあえて表組みにしなかったのは、このレイアウトによって活動時における児童の頭の状況を描き出そうとしたからである。実際の活動時、児童は上記五つの観点を意識することなく一人一人が全体として課題解決に取り組んでいる。その全体的な活動を五つの観点を提示して振り返らせることによって、それぞれの活動の特徴や価値を自覚させる取り組みにしようと考えた。

右側のフォーマットは、自由記述とした。児童は、左側のフォーマットによって活動を振り返るとともに、メタ認知を働かせ、自分自身の言葉で活動のモニタリングとフィードバックをする自己調整学習活動をさせようとした。そして、この記述を授業支援システムのschoolTaktの一覧機能で共有し、児童が相互にコメントし合ったり、「イイね」ボタンを押したりする相互啓発の学びの場を拓くことによって、友達の学習方略に刺激を受け、相互練り上げによって、さらに学習動機を醸成する自己調整の力をも育もうとしたのである。

以下、この二つのフォーマットによる児童の記述状況を分析することで、本AIリテラシー教育の実践の成果を探り出していく。

4. 3. 3 定量的な分析結果

図1の左側のフォーマットにおける児童たちの回答状況の一覧を、表3に示す。右側の数字は、「AIリテラシー」を育成する5回の授業の振り返りにおいて、在籍28名の児童たちが○印をつけた延回数である。ここから本授業の全体的な評価を考えることができる。

まず授業における情緒的な振り返りは、全5回の活動において28名中24名がここに○印を付け、最高で16個の○印を付けた児童がいた。平均をとっても児童一人当たり7つの○印を付けており、本試行授業が「時代の要請」としての大人側の押し付けではなく、児童にとっても価値ある活動となっていたことが伺える。

次に「AIにかかわる知識」に関する関心の程度であるが、単元を通して13名の児童がここに一つも○印を付けて

表3 児童たちの回答状況の一覧（延べ回数）

感情	回	AIに関わる知識	回	AIに関わる知識	回	思考力・表現力	回	学びに向かう力	回
しあわせだった	18	音声認識	0	クラウド	3	予想しながら～	29	友達に聞くことが～	23
たのしかった	58	文字認識	0	Society5.0	12	まとめたり～	8	やり方を考える～	35
ゆかいだった	25	学習データ	4	画像認識	5	表, 図, グラフ～	4	粘り強く取り組む～	35
おもしろかった	58	ビックデータ	1	アルゴリズム	0	考えを分かり～	10	集中して取り組む～	41
ワクワクした	38	インターネット	1	深層学習	0			友達と一緒に～	45
		センサ	5	機械学習	0				
		人工知能	17						

いない。音声認識や文字認識については授業で扱っているにも関わらず、ここに○印が付いていない。これは児童にとってこの観点の振り返りが他4つの観点に比べ、○印を付ける基準が難しかったことにあると考える。つまり他観点は、自身の活動を振り返り、行為や感情としてそれを自覚できるが、「AIリテラシーに関わる知識」については単に授業で触れた程度でここに○印を付けてはいけずと判断した結果と推察される。確かにここに挙げた知識を理解できた時に○印を付けるという基準であれば、本試行授業においてはほとんど○印は付けられない。しかし、「AIについての興味関心」を沸き立たせることを狙いとするならば、①児童が活動を通してここにある知識に関心を持った、②チャンスがあればもう少し詳しく調べてみたい、③自分たちの社会と関わりがあることに気付いた、という評価基準を、振り返りの実施時にもう少し丁寧に伝える必要がある。「人工知能」や「Society5.0」に○印を付けた児童は、まさに関心を持ったからこそ、ここに○印を付けたと推察される。

紙幅の制約で各授業時の児童回答状況は掲載できないが、活動時における思考力や表現力については、具体的な思考スキルや表現力スキルの使用にはいたらないものの、2/3程度の児童が、予想を立てその先を考えながら課題に取り組んでいた様子が把握できた。新しい学びにおいて一番求められるGrit（粘り強くやり抜く力）や協働については、ほぼ全ての項目において延にして3/4程度の児童がそれを体現できたとしたことは、本試行授業が新しい学びに向かう可能性を十分に内包するものであることの証左と考えることができる。

4.3.4 定性的な分析結果

次に、図1の右側の自由記述の5回分について考察する。

第1回目 児童とロボホンとの出会いが印象的なものとなって、彼等がデフォルトプログラムで遊び、ロブリックによる簡単なプログラミングではあったが、それを楽しく作成する様子が伺えた。代表的な振り返りの一例を、次に紹介する。「ロボホンを動かすのは、プログラムを組むだけだったのですぐにできた。しりとりなど、ロボホンはいろんなことができることが分かった。ロボホンとPCを繋ぐのに手間取ったから、次はすぐにつながられるようにしたい。初めてだったけど色々なことができた。次は変数などを使ってみたい。」

第2回目 この時間は、前時にロブリックを使ったプログラミング体験に十分な時間が取れなかったために、担任教員に依頼して補講的にその時間を確保し、実施した振り返りである。多くの記述には、ロブリックの操作と、プログラミングの基本要素である順次、繰り返しを活用しながらプログラミング体験できたことと、条件分岐や変数についても興味を抱く児童ができていたことを伺わせている。この時間の代表的な振り返りの一例を、以下に示す。「プログラムを考えることは、この間よりも得意になった。今度は、写真を撮ったり、いろんなプログラムを組み合わせたりしたい。変数を使ったプログラムを作ってみたい。」

第3回目 この時間は、いよいよ音声認識と対話生成のAIを活用した授業であった。コメントを読むと次のようなその仕組みについて初めて知ったことを素直に振り返る感想が見られたので、一例を示す。「クラウドという言葉は初めて聞いた。AIは一瞬でものすごく計算できるのですごいと思った。ロボホンのしゃべる仕組みは、こんなに大変なんだと初めて知った。質問の答えは学習して作られていると言って、とてもすごいと思った。次はリストを使ってプログラミングしてみたい。」

第4回目 この時間の感想を読むと、児童たちは、ロブリックを使って画像認識にAIプログラムをこれまでの経験を生かしながら作っていることがわかる。そして画像認識は、その精度を上げるためにどのような撮影をすれば良いかについても、背景を白や黒にすることで認識させたいものの特徴が、背景と混ざり合わないことを体験的に理解している。児童はここから、学習データの質がAIの精度に大きく影響することを学んだように感じる。さらに次のコメントにあるように、このAIの社会実装によって、どんな問題解決ができるのかに言及するような記述が見られ

た。「ロボットが人の顔や物の形を認識して名前が分かるなんてすごかったです。もしかしたらどっかで迷子になっても、このAIをいたるところにカメラを設置して、どこに親などがいるかすぐにわかる時代が来るかもしれないなと思いました。」

第5回目 突然の臨時休校の要請で、急遽担任教員へメッセージを送ってまとめの活動を行った。本試行授業は、「AIレディーな社会」の人材となる児童たちに、AIの仕組みを理解させ、そのことによって、より多くの人々が安心して快適な社会生活を送れるようなAIセンスを磨くことにあった。最後には、AI技術の可能性を伝える動画を見せ、児童たちにもそのような方向性を強く意識させることを考えた。しかし、一部の児童は、これまでのAI=怖いといった感情から抜け出せない記述も見られた。ここのまとめでは、今回のようにその可能性が開くものと、反対にその扱いによって様々な問題が起きる活用についての二つの側面からの動画を見せ、その上で感想を求めていくことが、より児童にこれからの社会の在り方について考えさせるきっかけを与えると推察する。

これらの振り返りを、次の時間に児童相互で一覽共有し、コメントをしたり、「いいね」ボタンを押したりして、友達のような気付きや学習方略に刺激を受け、一人一人の児童がさらに学習動機を醸成していけるような授業展開を試みた。このことによって児童一人一人が自己調整の力を醸成していったと推察する。

5 おわりに

本研究の目的は、STEM/STEAM教育推進の視点から、Society5.0の実現に必要な資質・能力であるデザイン思考と人間力により、サイエンスの論理思考とともに、人間の術であるアーツとが調和した最適解の追求に必要な、ティンカリング（試行錯誤）しながら粘り強くやり抜く力と、AIリテラシー育成のために、小学校段階における教材開発と試行実践から得られた結果についての検討であった。STEAM教育では、変化が常態化するSociety5.0の社会において、デザイン思考による最適解を求め続けるイノベティブで技術ガバナンス力のある人材が求められていることを象徴する学習過程が重視される。本授業は、2019年3月29日の政府の統合イノベーション戦略推進会議で決定された「人間中心のAI社会原則」を手掛かりに、初等教育においてはAIリテラシーの構成概念として、次の三つを仮説として考え、その育成について試行授業を実施して仮説の妥当性を検討した。①「AI実装とIoT社会の仕組み理解」、②「AI技術への興味」、③「AI活用センス」とした。授業実践の結果、児童たちの振り返りから、個人差は当然ありながらも、大きな方向性として次のような傾向を読み取ることができた。

①「AI実装とIoT社会の仕組み理解」では、まさにAIを実装したロボホンと触れることで全員の児童がAIを身近なものとして実感できた。またロボホンが実装するAIの仕組みを解説することで、IoTの概念やクラウドなどという用語も多くの子どもたちは初めて知ることができた。加えて各種センサが大きな役割を果たしていることも理解した。

②「AI技術への興味」では、本授業で機械学習や深層学習などと言った技術的な考え方を子どもたちに伝えるには至らなかったし、今後も初等教育においてはその技術面に深入りする必要はないように感じている。児童たちが発達成長する過程で、興味が湧いてくれば、それぞれが必要な内容を学んでいくことができるようになると良いと考える。ただAI技術については、大量のデータ（ビッグデータ）が必要であり、その学習データの質が結果（スマート化）に大きく影響を及ぼすことを、自然対話生成や画像認識を体験することで実感できた児童も出てきた。今後、AIのプリミティブな原理としてのパーセプトロンモデルの理解が、可能なのかを探っていきたいとも考えている。

③「AI活用センス」では、児童全ての振り返りを読み返せば、一人一人がAIと共生していくことを実感し、ロボホンと触れたために、そこに向かう楽しさを感じている児童もかなりいることが分かった。

これまでAIはどちらかといえば、プログラミング→命令→使役→強制労働→ターミネータ→反逆、という文脈で、怖いというイメージを持ちやすい中、ロボホンの学習は一緒に新しい、楽しい社会を創っていかうとする動機を育むのには最高の教材になったと考えている。ロボホンの学習がきっかけとなり、身の回りのAIについて意識が向き、その活用の仕方ですぐ世の中が良くなったり、悪くなったりすることも理解できるようになったと思われる感想も多く綴られていた。

結論として、冒頭掲げたAIリテラシーについては、①「AI実装とIoT社会の仕組み理解」と③「AI活用センス」について、初等段階において意味ある成果をあげたと考えている。②「AI技術への興味」の理解を促すための絶好の動機付けをもたらす本実践を、日本発STEM/STEAM教育として世界に発信していきたい。

引用文献

- (1)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)市川伸一(編)：『学力から人間力へ』, 教育出版 (2003)
- (3)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)
- (4)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> (2020.7.16最終閲覧)
- (5) Touretzky, 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)
- (6) Touretzky, 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 (2020.7.16最終閲覧)
- (7) Wiggins, Grant & McTighe, Jay: Understanding by Design Expand 2nd Edition, Pearson (2006), 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』, 日本標準 (2012)
- (8) ITEEA: Standards for Technological and Engineering Literacy -The Role of Technology and Engineering in STEM Education, Authors. (2020)
- (9) 山崎貞登・磯部征尊・大森康正・岡島佑介：STEM/STEAM教育からの国際技術・エンジニアリング教育者学会(ITEEA)の前幼稚園(PreK)から第12学年を対象とした技術・エンジニアングリテラシーのための内容標準の改定, 科学教育研究, 第45巻, 第2号 (2021) (印刷中)
- (10) 山崎貞登・松田 孝・二宮裕之・他5名：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)
- (11) Wilkinson, K. and Petrich, M. (著), 金井哲夫(訳)：『ティンカリングをはじめよう アート, サイエンス, テクノロジーの交差点で作って遊ぶ』, オライリー・ジャパン (2015)
- (12) Vasquez, A. J., Sneider, C. and Comer, M.: STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics, Heinemann (2013)
- (13) National Academy of Engineering (NAE) : Standards for K-12 Engineering Education?, the National Academy Press (2010)
- (14) Wing, M. J. : Computational thinking, Communications of the ACM, 49(3), pp.33-35 (2006)
- (15) 松 秀樹・難波宏司：プログラミング教育の意義に関する研究, 園田学園女子大学論文集, 第52号, pp.49-60 (2018)

The Development and Practice of Teaching Materials for Fostering AI Literacy in Elementary School from STEM/STEAM Education

Takashi MATSUDA^{*}, Miho KAGEI^{**}, Toshiyuki KAMEI^{**},
Kaiko KUWAMURA^{**}, Hisaki HITOMI^{**}, Masataka ISOBE^{****},
Yasumasa OOMORI^{*****}, Sadato YAMAZAKI^{*****}

ABSTRACT

The purpose of this research is to obtain the optimal solution from STEM/STEAM education, in which the logical thinking of science and the arts of human beings are harmonized by design thinking and human power, which are the qualities and abilities necessary to realize Society 5.0. This was an examination of the results obtained from the development of teaching materials and demonstration classes at the elementary school stage in order to persevere through the pursuit and to develop pupils' AI literacy. As a constructive concept of AI literacy in the primary education stage, this study is conducted research by hypothesizing "understanding the mechanism of AI implementation and IoT society," "interest in AI technology," and "sense of utilizing AI." The results of this research can be summarized in the following three points. First, the children were able to feel the AI and feel the terms IoT and cloud by touching the robot with the AI implementation. Second, AI technology requires big data, and some children were able to realize that the quality of the learning data has a great influence on the smartness by experiencing natural dialogue generation and image recognition. Thirdly, there were many children who felt that each child lived in harmony with AI, and because they were in contact with the RoBoHoN, they felt the fun.

^{*} MAZDA Incredible Lab Joint Company ^{**} Sharp Corporation ^{***} Utsunomiya University
^{****} Aichi University of Education ^{*****} Natural and Living Science