

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—

佐藤 頌太

千葉大学大学院教育学研究科修士課程

昨今、人工知能が大きく脚光を浴びている。多くの企業や研究者が人工知能を活用し様々な課題解決を行ったり、メディアが人工知能について取り上げたりしている。このようにあらゆる分野領域において人工知能が活用される中、筆者は、学校教育においても人工知能に関する知識・理解を養うことの重要性は高いと主張する。しかしながら、人工知能について学ぶ授業実践や先行研究は管見する限りあまり行われていない。そこで、本研究では、まず、人工知能について学校で学ぶべき知識・技能を AI リテラシーと定義し、その内容について考察する。次に、本研究では特に中学校に着目し、生徒が AI リテラシーを養うための方法を明らかにし、その方法を用いた授業実践の開発を行い、本研究の有効性と課題について明らかにする。¹

キーワード：AI リテラシー、人工知能、情報教育、キャリア教育、課題解決学習

1. 問題の所在

1.1. 人工知能とは

はじめに、本研究で扱う人工知能 (Artificial Intelligence, AI) とは何かについて整理する。本研究では、小高 (2015) に倣い、人工知能について「人間や生物の知的な振る舞いを模倣することで役に立つソフトウェアシステムを構築する技術」²と定義する。人工知能には、様々な活用例がある。人工知能は、人間が行ってきた定型的な作業を自動化、効率化するだけでなく、これまで人間が行っていた思考とは異なるコンピュータ特有の新たな角度からのアプローチによって情報を処理できるようになった。これにより、人間が行うことが困難であると思われていた課題に対しても、新たな解決策への手がかりを得られるようになるなど、より良い課題解決を行うことが可能となった。今後も、さらに幅広い分野・領域において人工知能が活用されていくだろう。本研究では、人工知能が様々な分野領域の課題解決に活用される昨今及び今後の時代を、「人工知能時代」と呼ぶこととする。

1.2. 機械学習とは

本研究では、人工知能について扱うが、特に機械学習

を中心的に扱う。機械学習について荒木 (2014)³は「アルゴリズムとして明示的に解法が与えられないタスクに対して、そのタスクを遂行するためのモデルを、学習データから構築すること」と定義している。機械学習の考え方については、「明示的にその手順は記述できないけれども、データ（この場合は入力とその答え）は大量に用意することができるので、そのデータを使って人間の知的活動（場合によってはそれを超えるもの）のモデルを作成しようというものです」⁴と説明している。機械学習では、大量のデータを用いることで機械がそのデータの特徴をつかんだり、分類したり、次の行動を予測したりできる。また、社会で人工知能として活用されている技術の多くは機械学習である。

1.3. 人工知能時代に子供たちに養うべき能力とは

ここからは、学校教育に着目し、人工知能時代に、子供たちはどのような能力を身につけるべきかについて考えていく。中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説総則編⁵の第 1 章より、学習指導要領においては、どれだけ人工知能が様々な問題解決を行えるようになったとしても、その目的を与えたり、そもそもの課題を発見したりすることは人間のみが行える重要な活動であり、こうした活動を、他者と協力したり、情報を見極めたりしながら行っていくことができる能力が重要と考えていることが読み取れる。つまり、課題対応能力やコミュニケーション能力などをはじめとする人間の強みとも言える能力、これまで行われてきたような基礎的・

Shota SATO : Development of a Teaching Lesson to Cultivate AI Literacy Through Practical Lessons That Junior High School Students Solve Problems Using Machine Learning-
Graduate School of Education, Chiba University

汎用的能力の育成を図っていくことが重要と考えていることが読み取れる。

では、子供たちが人工知能時代を生き抜くために、人工知能そのものに関する知識・技能を身につける必要はないのだろうか。学習指導要領では、人工知能そのものがどういった技術なのか学ぶことの必要性については触れられていない。他方、子供たちが人工知能という語に触れる機会としては、ニュースや映画などが挙げられるが、これらは人工知能について正しい理解を促すことができるとは考えにくい。例えば、1984年に公開された映画「ターミネーター」では、知能を持ったように描かれたロボットが人間を襲撃するシーンがある。ニュースなどで扱われる人工知能は優れた結果を残したもののみが扱われる傾向にある。学校教育で人工知能そのものについて学習する機会がなく、日常生活で人工知能について誤った理解をしてしまう可能性がある今の状況では、子供たちは、人工知能について、何でもできるすごいものというような、誤った理解をしてしまう可能性がある。ここまで述べてきたような状況を踏まえ、以下に人工知能に関する知識・技能を養うことの必要性があることの根拠を四点示す。

1.4. 人工知能について学ぶことの必要性

1.4.1. 人工知能時代を生き抜くという観点から

学習指導要領では、人工知能時代に向けて、子供たちに基礎的・汎用的能力などを養うことが重要と考えられていることを述べた。しかし、人工知能に関する知識・理解なしに人工知能時代を生き抜けるのだろうか。

子供たちが将来、人工知能に関する知識・理解が十分にならないまま、人工知能を活用し、ある課題解決を行うとする。このとき、仮に人工知能とはなんでもできるものだという誤解を持っていたとしたら、とりあえず指示すればなんでもやってくれるのではないかという考えを持ってしまうかもしれない。そうでなくとも、人工知能を活用するためにはどのようなデータが必要なのか、うまくいかなかったときの原因は何なのか、そもそも人工知能に任せてよいタスクなのか、などを考え、判断をする力がなければ人工知能を上手に活用し、その中で自らの能力をうまく発揮していくことはできない。子供たちが将来、多様な場面で活用される人工知能との共存を図る上では、人工知能は何でもできるものといった誤解を持っていたはず、少なくとも、人工知能に可能な作業とは何か、また人工知能を活用するためにはどのようなことが必要か、などについて知っておくことが必要なのではないだろうか。最低限上記で触れたような知識があれば、人工知能を開発する能力がなくとも、エンジニアと相談しながら人工知能を活用した課題解決に関わることができるだろう。そもそも人工知能を積極的に活

用していくことができるようになることも重要である。人工知能は、あらゆる分野・領域において、上手に活用することでより良い課題解決を行えるようになる重要な技術である。さらに、今後人工知能がますます多くの場面で活用されることを考慮すれば、人工知能を活用して課題解決を行う能力を持っていることは、人工知能時代を生き抜く上で、大きな利点である。以上より、人工知能時代を生き抜くという観点から、人工知能に関する知識・理解や技能、思考力などを養うことの必要性があるのではないか。

1.4.2. キャリア教育の観点から

人工知能について学ぶことは、子供たちが将来どのように生きていくかを考えるといったようなキャリア教育の側面においても有効性がある。なぜなら、先の見えない将来に対する不安を解消できる可能性があるためだ。例えば、人工知能は将来の職業に大きな影響を与えることがよく言われている。その代表例として、マイケル・オズボーンら（2013）⁶の研究がしばしば取り上げられる。マイケル・オズボーンら（2013）によれば、今後10年～20年程度で、半数近くの仕事が自動化される可能性が高いという。このような先の見えない将来に向けて、子供たちは自らのキャリアに対して不安を抱えるかもしれないし、人工知能に対して負の印象を受ける人もいるかもしれない。

しかしながら、人工知能は本来より良い課題解決を行うための有効なツールであり、より良い社会を形成していくための技術である。子供たちが人工知能について、「怖い」などのぼんやりとした負のイメージを持つ現状を打破し、将来に対してぼんやりとした不安を抱くことのないよう、人工知能に関する正しい理解を養うべきなのではないだろうか。子供たちが人工知能に対し、ぼんやりとした負のイメージを持っているだけでは、有効な課題解決の手段である人工知能を活用することの利点を理解し、受け入れることができないだろう。人工知能の仕組みや活用方法など、人工知能に関する正しい理解を子供たちに養うことで、子供たちが自らの未来を肯定的に見つめていくことができるのではないか。以上より、キャリア教育の側面からも、人工知能について正しく理解できるような学習を行う必要性があるのではないか。

1.4.3. 人工知能と社会の在り方に関する観点から

ここまで人工知能は社会にとって有意義な技術であるという考えのもと、議論を進めてきた。とはいえ、人工知能はあらゆる分野の課題解決において影響を与える技術であることを踏まえると、人工知能が犯罪など誤った方向に活用される可能性も考えられる。もしくは、トロロッコ問題⁷をはじめとするような倫理的・法律的な

議論を必要とする問題を引き起こす可能性もある。人工知能は、社会のより良い課題解決や新たなサービスを生み出すことに大きく役立つ一方で、その影響力の大きさから、我々人間や生活や社会の仕組みまでを変えうる技術でもある。もちろん良い方向のみに変化していけば良いが、同時に発生する問題が考えられる場合には、配慮を必要とすることがある。特にこれからの子供たちは、人工知能を活用した新たなサービスに、開発者としても利用者としても関わる機会は増大すると考えられることから、この問題に対処する必要性は高いと言える。

では、学校教育には何ができるのだろうか。上記の議論を踏まえれば、少なくとも自分たちの生活や社会の仕組みを大きく変えうる人工知能についての知識は子供たちに養っておくことが望ましいし、人工知能を上手に活用してより良い社会を作ることには貢献しようとする姿勢やその実現に向けて考えることができる力を育てることは重要と言えよう。そのため、学校教育においても、人工知能と社会の在り方について考えていくような力を養っていくべきなのではないだろうか。

1.4.4. 日本における人工知能を活用できる人材不足の観点から

最後に、現代日本において人工知能を活用する人材の不足が問題視されている点からも、学校教育で人工知能を活用できるような学習を実施することの有効性があると言える。確かに、高度なプログラミング能力を養うことは難しいが、人工知能に関する知識・理解を養い、また人工知能に対する関心を高めることができれば、日本における人工知能を活用できる人材不足の問題に対しても、本研究の有効性があるのではないかと。

1.5. 人工知能について学ぶことを実現するために明らかにすべき点

では、人工知能に関する知識・理解を養うための学習を実現するためには、今後どのようなことを明らかにしていけば良いのだろうか。

これまで学校教育で人工知能について学ぶことに関する先行研究は管見するところ行われていない。そのため、まずは、人工知能について学ぶ際に具体的にどのような能力を養うべきなのかについて明らかにする必要がある。しかし、人工知能について学ぶと一口に言っても人工知能には様々な技術が含まれており、また人工知能を活用する際にも様々なタスクが存在する。これについては学校教育で養うべき人工知能に関する知識・理解や人工知能に関する思考・判断力として、整理しておく必要がある。本研究では学校教育で養うべき人工知能に関する知識・理解や人工知能に関する思考・判断力を「AI リテラシー」と呼ぶこととする。

次に、人工知能について学ぶための方法も明らかにする必要があるだろう。読者の中には学校教育で人工知能について学ぶことについて、実際にそれは可能なのか、というような疑問を持つ人もいるだろう。そのため、人工知能について学ぶための方法について検討した上で、実際にそれが可能であるということを示す必要がある。

2. 研究の目的と方法

2.1. 研究の目的

本研究の目的は、学校教育で養うべき AI リテラシーとは何かについて明らかにし、AI リテラシーを養うための有効な方法について検討し、AI リテラシーを養うための授業実践を開発し、その有効性と課題を明らかにすることである。

2.2. 研究の方法

2.1.で述べた研究の目的については、以下のような方法で目的の達成を試みる。

- (1)児童・生徒が学校教育で身につけるべき人工知能に関する能力とは何かについて明らかにするために、先行研究・文献などを参考にしながら検討する。
- (2)人工知能について学ぶための有効な方法について明らかにするために、AI リテラシーを養うための方法を検討する。この際、生徒たちがこれまで学習した学習内容等を参考にする。
- (3)本研究の有効性と課題を明らかにするために、中学生に対して、AI リテラシーを養う授業実践を行う。その上で、授業前と各授業後に生徒へのアンケートを実施し、加えて授業内における生徒の様子を観察することで、生徒の変容を確認し、それに対する考察を行う。

3. 学校教育で養うべき AI リテラシーとは

AI リテラシーを養うと一口にいっても、様々な能力が想定される。本研究では、学校教育で養うべき AI リテラシーについて、子供たちが社会に出て人工知能を適切に活用するという視点に着目し、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た。学校教育に対応した実施可能かどうかに注意した上で、AI リテラシーとして、表 1 に示す①から⑩の 10 項目の要素を提案し、「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 つに分類した。以下が、その項目である。

表 1 AI リテラシーについてのまとめ

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

ところで、表 1 における、「人工知能を適切に活用するための思考力・判断力」は人工知能を活用する場面に限らず、一般的な問題解決の場面でも求められる汎用的な能力と言える。例えば、⑤及び⑦は複数の解決策を比較し、最も適切な解決策が何かを判断できること（解決策の比較検討）と言えるし、⑧は解決に必要な資源が何か判断できること（課題解決に必要な資源の特定）と言える。「人工知能を適切に活用するための思考力・判断力」における能力は、確かに、人工知能に関する知識・理解をもとに思考・判断されるものであるが、上の例のように捉えれば、人工知能の活用をする以外の場面でも汎用的に求められる思考・判断力であると言えるだろう。

以上のことから、AI リテラシーは、人工知能に関する知識・理解と汎用的な思考力・判断力からなる。人工知能を適切に活用するための能力には、汎用的な思考力が活かされることが条件となるのである。

4. 授業実践の開発

4.1. 授業実践の概要

本研究における授業実践として、2018 年 5 月 9 日、5 月 16 日、5 月 23 日、5 月 30 日に、千葉大学教育学部附属中学校の中学 3 年生の 7 名の生徒を対象に、授業実践を行った。本授業実践は、50 分×4 コマの計 200 分で、千葉大学教育学部附属中学校の選択数学の授業時間に実施した。

本授業実践は、千葉大学環境リモートセンシング研究

センターの市井和仁教授の協力を得ている。市井は工学・環境学・理工学の研究者として、機械学習による植生の二酸化炭素吸収に関する研究⁸を行っており、市井の持つ知見や研究内容を今回の授業に用いることができると考えたためだ。

なお、本授業実践における授業者については、1、2 時間目は筆者が授業者として授業をし、3、4 時間目は筆者が授業者として授業をし、市井が専門家として授業に参加した。

本授業実践は、地球温暖化と植物に関連させながら AI リテラシーを養う教材を採用している。授業では、1 時間目で人工知能に関する基礎知識を獲得させるための講義を行い、2 時間目で基礎的な人工知能を適切に活用するための思考力・判断力を養う講義を行ったのち、機械学習を用いた植生の二酸化炭素吸収量の推定を行うツールの製作を行い、その精度をもとに製作したツールの考察、改善までを行う内容とした。3、4 時間目では、実際に、植生による二酸化炭素吸収量の推定ツールの製作のために、生徒たちがどのようなデータを人工知能に学習させれば良いかを考えていく。実際のツール製作については、プログラムを記述することによる生徒たちの負担や計算時間がかかることを考慮し、生徒たちの設計案をもとに授業者と市井が実装した。

以下が、授業実践における単元計画である。なお、授業は大きく 1 時間目、2 時間目、3、4 時間目と 3 つのまとまりに分かれている。また、以下の表における①から⑩の番号は、表 1 の AI リテラシーの要素を示しており、その番号の要素を養うことを目的としていることを意味している。

表 2 授業実践における単元計画

1 時間目	小単元名「生徒のイメージと実際の AI 技術の比較」 ・事前アンケートを実施する。 ・生徒の人工知能に対するイメージと実存する技術との比較と、画像処理における機械学習の仕組みについて講義する。①③ ・人工知能は様々な技術の総称であることを伝える。② ・人工知能を活用した画像処理のツール（0 から 9 までの手書き文字をコンピュータが認識するツール）を授業者が作成し、その際に生じたプロセスを紹介する。④
2 時間目	小単元名「機械学習の仕組みを知り、体験する（画像処理の仕組みから）」 ・プードルとゴールデンレトリバーを画像処

	理によって自動分類するツールの仕組みを考える。この際、情報処理可能なデータか、データの収集は可能かについて注意する。⑧⑨
3、4 時間 目	小单元名「植生による二酸化炭素吸収量の推定を行う機械学習ツールの製作」 ・地球温暖化と植生の関係、人工衛星によるデータ取得の概要、生徒に与える課題について説明する。 ・ツールの要件定義を作成すべく、グループで議論し、設計書を作成する。⑥⑧⑨ - 3 時間目終了 - ・授業者が設計書を元にツールを製作する。 - 4 時間目開始 - ・設計書の問題点を提示し、改善を図る。⑥⑧⑨ ・完成したツールのフィードバックを行う。④⑩ ・まとめ。事後アンケートを実施する。⑤⑦

なお、1 時間目と 2 時間目と 3、4 時間目の後に事後アンケートを実施している。事後アンケートでは、「次のものは人工知能で実現できそうか選択肢に丸をつけてください。（はい・いいえ・わからない）」という設問を用意し、その理由とともに生徒たちに回答を求める。次のものに対応する技術は、例えば「見た目から食べ物の名前を当てること」や「Twitter からサッカーが好きな人をピックアップすること」などである。この設問により、AI リテラシーが養えたかを確認することとした。

4.2. 教材の開発

本授業実践では、実際に人工知能を活用した課題解決型の授業の開発を目指す。

筆者は、人工知能を活用した課題解決を中学生に行わせるための教材開発にあたり、生徒たちがこれまで通常授業で学習した内容に沿う教材とすること、生徒たちにとって身近で理解しやすい課題に対応する教材とすること、を意識した。これには、人工知能及び AI リテラシーというこれまで生徒たちにとって学んだことの無い技術について、より学びやすくするためのねらいがある。課題解決の学習では、課題についての理解が欠かせない。そのため、課題が抽象的であると課題の理解に多くの時間を割かなければならない。しかし、本授業実践は AI リテラシーを養うことを目標としており、授業内で行う課題解決の工程は AI リテラシーを養うための手法として取り入れるねらいがあるため、課題の定義とい

った作業ではなく、課題に対してどのように人工知能を活用するかという点に重点を置くこととした。

本授業実践では、地球温暖化と植物に関連させた教材を開発した。具体的には、授業では地球温暖化に大きく影響する植生による二酸化炭素吸収量を推定する機械学習ツールを製作する。以下は、3、4 時間目の授業で用いた生徒の活動目標を示した授業スライドである。

将来、世界中の植物がどれくらい二酸化炭素を吸収するのかを予測するツールを作ろう

機械学習を用いる！

理由1： データの量と質が向上している

理由2： 人間によって調べるのが大変

- ・地球が大きすぎる、行けないところもある
- ・植物の二酸化炭素に関する「変数」の多さ
- ・環境も多様

図1 授業スライド1

ツールの製作のために、植生による二酸化炭素吸収に関わる、もしくは関わりそうなデータを収集し、それらのデータを活用して機械学習を行う必要があるが、必要なデータについては衛星から取得されたデータを中心に用いる。これにより、例えば、植物のありかを捉えることで植物の量を示すデータ（植物の量は植生による二酸化炭素吸収量に影響すると考えられる）を収集したり、植物に注がれる光の量に関するデータ（光合成に関わる光の量は植生による二酸化炭素吸収量に影響すると考えられる）を収集したりできる。以下の二つの図は、授業で用いたスライドであるが、衛星から植物の量が取得できることを示した図である。

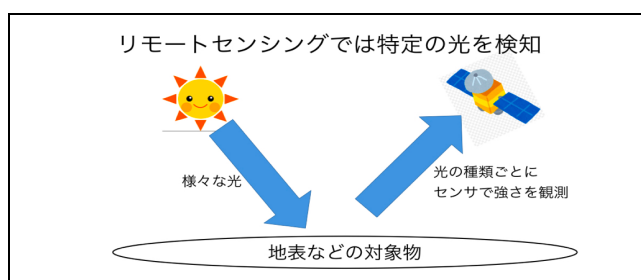


図2 授業スライド2

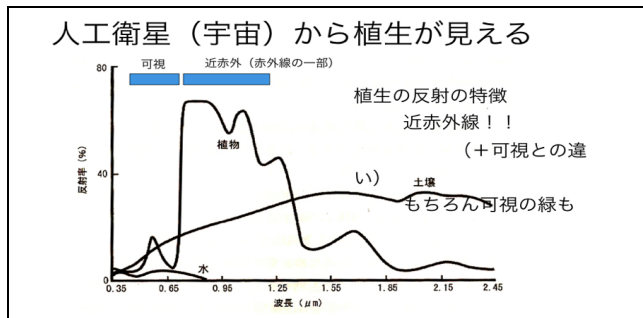


図3 授業スライド3

以下に地球温暖化と植物に関連した教材を開発した具体的な理由について述べる。地球温暖化は、生徒たちにとって一度は耳にしたことがあるはずである比較的身近な課題である。植物は地球温暖化の主要因である二酸化炭素を吸収する重要な役割を持った生物であり、地球温暖化の課題を解決するための一つの有効な要素である。植物の働きについては理科ですでに学習しており、生徒たちにとっては身近であり理解のしやすい内容であろう。その他、授業の中では地球温暖化を考える上で重要な気候区分についても扱うが、これについても社会科の中で気候区分を学習している。

さらに、植生による二酸化炭素吸収量を推定する機械学習ツールを作成するためのデータが衛星によって豊富に取得できることも教材としてふさわしい。機械学習ツールの設計を実際に行う授業であるため、この授業はデータが収集できなければ実現できないが、先に述べたように、市井の協力を得ながら、衛星により収集されるデータを中心としながら、これを満たすことができた。

なお、本節で述べた学習は、3、4 時間目で行う。

4.3. 授業の概要

以下に、各時間の授業の概要について述べる。

4.3.1. 1 時間目の授業計画

1 時間目のねらいと授業計画について述べる。事前アンケートより、生徒たちが人工知能に対して正しい知識を持っていないとわかった。そのため、人工知能に対する正しい理解を促す必要がある。また、3、4 時間目に実際に人工知能を活用したツール製作を行うため、この点においても人工知能に対する正しい理解を示しておく必要がある。そのため 1 時間目では、人工知能に関する知識・理解を重点的に養うべく、①②③④を養うことをねらいとする。

次に、授業内において、どのようにこれらの要素について扱うかを述べる。①③については、生徒たちの理解を促すための方法として、生徒の人工知能に対するイメージと実際に社会で活用されている人工知能技術との比較と、画像処理における機械学習の仕組みについて扱

うこととする。②については、授業者が口頭で伝えることとする。④については、具体的な人工知能を活用した画像処理のツールを授業者である筆者が作成し、その際に生じたプロセスを紹介することで理解を促す。これについて具体的に述べると、筆者は、0 から 9 までの手書き文字をコンピュータが認識するツールを製作した。その製作過程の中で筆者は、実際に、明確な理由はよくわからないものの、機械学習モデルや学習させるデータを変えることで、精度が変化するという経験をした。この過程を紹介し、同じデータでもアルゴリズムによって精度が変わることや、同じアルゴリズムであっても学習データによって精度が変わることについて知らせ、理解させることで、④について理解させることを目指す。

4.3.2. 2 時間目の授業計画

2 時間目のねらいと授業計画について述べる。2 時間目では、⑧⑨を養うことをねらいとしている。⑧について、人工知能および機械学習を行う際、扱うデータはコンピュータで処理できるようなデータ形式でなければならない。そこで、ブードルとゴールデンレトリーバーを画像処理によって自動分類するツールの仕組みを生徒たちが考える時間を設けることとした。具体的には、ブードルとゴールデンレトリーバーの画像を実際に生徒たちに提示し、その画像を見ながら、画像分類のために必要な変数を二つ考えさせ、その変数の値によって機械学習のための画像データ（学習データ）を分布させ、境界線を引くという作業をさせる。この際、例えば、どれくらい可愛いかといったような抽象的な表現など、定量的なデータとして扱えないものは、機械学習を行う際の学習データとして扱うことは難しい。授業では、こうした知識を与えた上で、実際に扱えそうなデータとは何かを考え、ブードルとゴールデンレトリーバーの画像の分類を行うためのグループワークを行う。これにより、⑧を養えるようにする。⑨について、授業では、グループワークの中で実際にデータが収集可能かを議論させる。これにより⑨を養えるようにする。以下の図⁹は、この活動を行なった際に生徒が作成したものである。

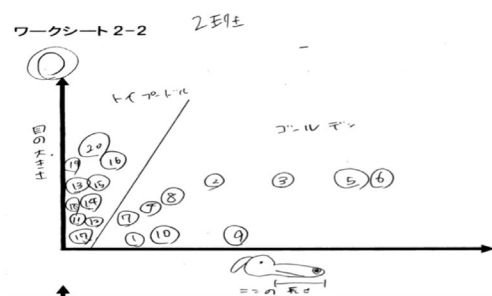


図4 生徒たちの作成物

また、授業の冒頭では 1 時間目で扱った①②③④の能力についての振り返りも行う。これらの能力は、⑧⑨を養うための前提知識として欠かせないためだ。

4.3.3. 3、4 時間目の授業計画

3、4 時間目のねらいと授業計画について述べる。3、4 時間目では、④⑤⑥⑦⑧⑨⑩の能力を養うことをねらいとしている。

⑥については、授業内で、地球全体の光合成量を衛星から取得されるデータと機械学習によって予測する時間を設定し、その中で必要なデータを考える際に、光合成とは何か、光合成量を予測するためにはどのような課題があるかについて生徒たちに考えさせる。授業者と生徒たちとで対話を行うことによって、機械学習を行う際に課題を細分化しなくてはならないことを意識づける。

⑧については、実際に地球全体の光合成量を機械学習によって予測する際、機械学習に用いる学習データを生徒たちがグループワークの中で議論しなければならない。こうした、実際に機械学習を行うためのグループワークを通して、⑧の能力を養うことを試みる。この際、特に③④の知識が身につけていれば、生徒たちはこの点について議論できると推測している。ただし、生徒たちが議論に詰まった際は、授業者が随時声かけをする。

⑨については、グループワークの中で扱いたい学習データを考えさせる際、扱いたいデータが実際に収集できるかどうかを議論させ、それが可能かどうかを授業者と市井にインタビューさせる。これにより、⑨の能力を養うことを試みる。インタビューをさせる理由は、実際にデータを収集できるかどうか明確な答えを生徒たちが考えて導くことは困難であることが予想され、授業者との掛け合いによって生徒たちに収集可能かどうかを伝えなければならないためだ。

⑩については、3 時間目で機械学習を行うためのデータを考えさせた後、実際に授業者の方でそれを元に機械学習ツールを製作し、ツールの評価のフィードバックを生徒たちに提示し、グループで再度議論させることで、⑩の能力を養うことを試みる。また、この際、グループワークで学習データとして良さそうだと感じたデータであっても、ツールの精度が良くないということも想定している。こうした経験を通して、④の知識についても身につけることができるのではないかと推測する。

尚、⑤と⑦については、まとめおよび事後アンケート項目で、機械学習で実現できそうなアイデアを問う設問を用意する。この回答の中で、⑤⑦の能力を活用する機会を与えることで⑤⑦の能力を養うことを試みる。

本時の授業は、具体的に以下のようなプロセスを進める。はじめに、地球温暖化と植生の関係についての講義を行う。次に、植生による二酸化炭素吸収量を求めるた

めの機械学習ツールを製作することが目的であると伝える。次に、生徒たちは 2 グループに分かれて、目的の達成のために各グループでどのようなデータを扱うべきかについて議論し、設計書を作成する。この際、生徒たちはデータの収集が可能かなどについての疑問があれば授業者や市井へのインタビューをすることができる。設計書ができるまでが 3 時間目の活動である。4 時間目では、3 時間目の終了後に、市井が生徒たちの設計書を参考に植生による二酸化炭素吸収量を推定する機械学習ツールを作成する。ただし、生徒たちが作成した設計書は完璧ではないと考えられるため、多少の修正等を加える必要がある部分もある。これらを踏まえ、4 時間目の冒頭に生徒たちに設計書へのフィードバックを行う。以下の図¹⁰はフィードバックの際に活用した授業スライドである。変数（要素）の列は生徒たちが機械学習に用いるとよいとして設計書に記述したデータであり、理由の列はそのデータを選択した理由の記述である。市井の選択の列には、市井が生徒の判断したデータを採用するか否か、あるいは他のデータで代替したことなどが記述されている。

光合成量を予測するのに良さそうな要素(班1)

変数(要素)	理由	市井の選択
光の量、日当たり	光は不可欠	OK! 日射量(衛星)を使いましょう
土壌の水分量	植物が光合成するのに不可欠	OK! 植生の水分状況(衛星)を見ましょう
植物の種類	種類によって 光合成量が異なる	OK! 植生分類図(衛星)を使いましょう
周りの温度	温度には影響されるだろう	OK! 地表面温度(衛星)を使いましょう
葉緑体の量	葉緑体の密度で変わりそう	OK! 直接はないが、代わりの指標(衛星)
植物の大きさ	大きさによって変わる	OK! 葉の量(衛星)を使いましょう
湿度	湿度で光合成が影響を受ける	OK! 気象観測データを使いましょう
周りの空気	有害な物質の影響	…時間切れでした(大気汚染物質)
周りの生き物	植物を食べたり、CO2を排出したり	…良さそうなデータが見つからず…
昼夜の長さ	光が光合成に影響する	…日射量で代替しました
地面の栄養分	植物に影響する	…良さそうなデータが見つからず
水はけのよさ	植物に影響する	…時間切れ(土壌のタイプ、粒度とか)

図 5 授業スライド 4

次に、このフィードバックで改善が必要な点について、それぞれのグループで再度議論を行い、設計書の修正をする。最後に、生徒たちの設計書をもとに市井が製作した植生による二酸化炭素の吸収量を推定する機械学習ツールの精度や評価を生徒たちにフィードバックする。そして、なぜこのような精度になったのかについて講義する。具体的には、以下のような内容を生徒たちに伝えた。その要約を以下に示す。

「各設計書において、それぞれの精度がなぜその程度なのかについては機械学習の性質上、根拠を示すことはできない。ただし、植物の量・大きさや光の量など明らかに関係しそうなデータを収集することはおそらく有効で、これは人間が考える

べき重要な事柄である。それでも精度を上げる方法をあらかじめわかることはできないため、どのようなデータを渡すか、あるいはどのような機械学習のアルゴリズムを活用するかについては、人間が試行錯誤しなければならない。」

以上のように、3、4 時間目では、提示した課題の解決のために、生徒たちが、実際に機械学習を作成するための要件定義（設計書）を作成すべく、特にどのようなデータを扱うかについて議論を行い、それを具体的にツールとして製作し、その評価について議論するというような授業実践を行う。

4.4. 授業実践の考察

本授業実践の生徒の様子の観察やアンケート調査により、全体的にみれば、AI リテラシーが身についたと言える結果となった。以下に、いくつか例を挙げよう。

例えば、2 時間目の事後アンケートで、「足の写真だけで骨折した人を見分けること」は人工知能によって実現できるかどうかを問う設問に対して、ある生徒が「【はい】骨折した人の足と普通の人の足のデータを大量に用意して形の違いを覚えさせる」と回答している。この回答からは、大量の情報が必要であるという理解ができていることが読み取れるが、加えて機械学習の精度を向上させるようなアイデアを述べているように読み取れる。つまり、精度の向上のために、骨折している足の特徴と骨折していない足の特徴をそれぞれ機械学習させるとどうだろうか、といったアイデアを考えることができるようになったと見て良いだろう。

また、例えば、3 時間目で植生による二酸化炭素吸収量の推定を行う機械学習ツールの設計に向けて、有意義と考えられるデータとは何かを生徒たちが議論する場面で、以下のような議論があった。

生徒 5「地面の栄養。」

生徒 1「あー地面の栄養。」

授業者「ちゃんとデータ取れそう全部？ 光の量はもうね。」

生徒 6「大丈夫。」

授業者「水の量はどうやってやるの？ 一応ね～」

生徒 6「土にかける最大のなんか飽和水蒸気量みたいなやつと土版を考えて、それで。」

授業者「センサーを置けばいいのか。」

生徒 6「水入れてどのくらいで出てくるか、水がでてきちゃうかみたいな。」

授業者「これ、衛星からできたりしそう？」

生徒 6「うーん。難しそうだ。」

授業者「あーなるほどね。全部の川とか周るのは

すごい大変じゃん。川っていうか、土か。てなると、地球デカすぎ、だからできない、みたいなさっきの話みたいに近づきそうな気もするけど。あーでも確かに大事だね。逆にさー土壤の水の量に関わってくるものってなんだと思う？」

生徒 6「植物が生きてくのに成長とか。」

授業者「あーそうそう。土壤の水の量で植物成長するんだけど、土壤の水の量ってどうやって決まるかな。雨だったらとれそう。じゃない。でも、土壤の水の量って一個一個センサーで測っていくのキツそうだね。行けそう？ 行けそうだったら行けそうでもいいよ。」

生徒 5「うーん。」

授業者「逆にここに関係するもう一個上のわかりやすいデータを持ってくる。今言ってくれたように。うーん。」

市井「土壤の水分、土壤の水、実は衛星でもわかるんですね。」

授業者「えーそうなんですか！ 失礼しました。」

市井「わかるんです。実は意外と。」

この議論は、植物が生えている地面の状況として、土壤の水分量に着目した場面のものである。生徒と授業者がそのデータは取得可能かという議論を行いつつ、専門家である市井からデータの取得が可能ということを告げられたため、土壤の水分量を表すデータを活用しようという流れになった議論の様子である。これは、光合成に関わる要素として植物の成長に焦点を当てながら、議論を行っていると思受けられる。これは、⑧の能力が生かされていると同時に、⑨の能力も発揮されている場面であると考えられる。3 時間目の議論から、⑧と⑨の能力が身についたとみられる場面があったことは大きな成果である。また、これについては 4 時間目のツールの改善を行う場面の議論においても、良い反応が見られた。

他にも、例えば、3、4 時間目の事後アンケート調査における「今後 AI が多くの場面で活躍する社会になるとして、あなたはどのように生きていきたいですか」という設問に対して、ある生徒が「AI と協力して良い生活にしていく」と回答していたことを例に、多くの生徒が将来について前向きな回答を行っていたことは成果である。授業前、事前アンケートの回答からは、生徒たちが人工知能に対してぼんやりとした負のイメージを持っていることが読み取れたが、AI リテラシーを養うことを目的とした本授業実践の後に、このような変化があったことは成果である。

5. 本研究の有効性と課題

5.1. 有効性と課題

授業実践の結果と考察より、AI リテラシーを養うために、授業全体として、AI リテラシーにおける①から⑩のすべての能力を養うための活動を取り入れることの有効性が見られた。一方で、①から⑩の能力を養うための授業内容を用意したものの、⑤⑥⑦⑩の能力に関しては、授業内で授業者がそれらに関する思考・判断を行ったのちにそれを生徒たちに伝えたのみであり、生徒たちが実際にその能力を発揮して思考・判断する場面を用意することはできなかった。同時に、この能力が身についたかというアンケート項目やそれを明らかにするための生徒たちの発言も今回の授業実践では得られなかったため、これらについては今後の課題として検討の余地があるだろう。AI リテラシーにおける人工知能に関する知識・理解を養う際については、生徒たちが授業前にあらかじめ持っていた人工知能に対するイメージを払拭する必要があることから、実際の人工知能技術と生徒たちのイメージを比較するような授業の展開を行ったことに有効性が見られた。

また、中学生であっても、適切な教材・授業開発を行うことで、本研究で定義したAI リテラシーを養うことができるようになったことは成果である。4章でアンケートや授業内の生徒の様子から考察を進めてきたように、全体的には良い反応が見られたと考える。1.5.で述べたように、人工知能について学ぶことは可能なのかということを明らかにする必要があった上で、こうした結果が得られたことは成果である。

さらに、AI リテラシーを養うことで、AI との将来について前向きに捉えることができる生徒がいたことは成果である。事前アンケートの段階、つまり生徒たちがAI リテラシーを適切に持っていると考えにくい段階においては、AI との将来についてぼんやりとした負のイメージを持つ生徒も見受けられた。それに対し、AI リテラシーを養うことで、AI との将来について前向きに捉えられるような回答が、事後アンケートから見られた。これは、授業前においては、事前アンケートから読み取れるように、人工知能を映画などで扱われる怖いものとしての存在として生徒たちが捉えていたのに対し、授業後では、問題解決に活用できるツールとして人工知能を捉えることができたことが要因ではないか。

加えて、教材の選定においても成果があったと考える。授業実践において、人工知能を活用した問題解決を行う際に題材として扱う問題として、生徒たちが議論しやすい問題を用意した。つまり、これまでの学校段階で扱った内容にすること、生徒たちの生活にも身近な問題にすること、を重視しながら問題および教材の選定を行なった。これにより、問題の理解に苦しむ生徒は見受けられ

ず、どのようなデータを扱えば良いかといったようなAI リテラシーに関する内容の議論に、生徒たちが注力できたのではないかと考える。仮に、生徒たちが扱っていない単元に関する問題やあまり身近ではない問題、つまりその問題自体の理解に苦しむ教材を用意していた場合、AI リテラシーに直接的に関与しない問題への理解に生徒たちが注力しなくてはならない状況が発生したとも考えられる。AI リテラシーを養うことを目的とした問題解決型の授業を行う際は、より生徒たちが理解しやすい問題および教材の選定を行うべきだろう。

AI リテラシーを養うための授業開発においては、改善の余地がある。今回は機械学習を用いた課題解決学習を目指したものの、課題の整理を終えた後、機械学習をどう実装すると良いかというタスクに重点を置いていた。つまり、3章の表1における、「人工知能に何を学習させるか」「人工知能を活用できるかどうか」について重点的に学習していた。そのため、「対象となる課題は何か」「人工知能を活用すべきかどうか」などについてはあまり重点を置くことができなかった。本研究では、⑤⑥⑦のように、今回重点を置かなかった部分で必要な能力もAI リテラシーとして定義していたため、これらについてどう扱っていくかは議論の余地がある。例えば、ある提示した問題に対して、実際に解決すべき根本的な問題は何なのか、想定される様々な解決策の中から最適な方法は何かなどについて生徒たちに検討させるという方法が考えられる。これには、今回の4時間の授業よりも多くの授業時間が求められる。また、授業内で、「解決策として機械学習を活用する」という流れに持っていく工夫も求められる。こうした授業方法の工夫は今後の課題である。

5.2. 今後の展望

今後の課題として以下の点が挙げられる。

1 点目は、AI リテラシーを構成する要素についてである。本研究では、学校教育で扱うべきAI リテラシーについて定義する際、筆者の知見を中心に検討したため、今後はより最適なAI リテラシーとは何かについて考えるため、専門家の意見を取り入れたり、より大人数の生徒たちに対して授業を行った結果を考察したりする必要があるだろう。

2 点目は、学校段階により着目したAI リテラシーの内容について検討する必要があることだ。本研究では、AI リテラシーの要素を決定する際、人工知能を活用する場面に着目した。その上で、人工知能を適切に活用するための能力として、人工知能に関する知識・理解と人工知能を適切に活用するための思考力・判断力の要素を決定した。ただし、例えば、人工知能を積極的に活用していくための姿勢や人工知能社会の中で自らの力を発

揮しようとする姿勢など、AI リテラシーとして含むべきかもしれない要素は他にも考えられる。加えて、本研究では、こうした能力をどの学校段階で養うべきか、またその学校段階においてはどのような教育方法が適しているのかなど、段階的な学習に必要な性や補完教科との関連、特に情報教育との兼ね合いなどについて十分に考慮できていない。以上らの問題については検討の余地がある。

3 点目は、より有効性の高い教育方法等を明らかにするために、さらなる授業実践を開発していく必要があるということだ。今回の教材は中学 3 年生を対象としており、生徒たちがこれまで学習してきた内容に沿って教材を開発した。しかし、例えば中学 1 年生を対象としている場合や、小学生を対象とした場合などには、また他の教材を準備する必要があると言える。また、授業時間を増やすなどの工夫を行なった上で、課題の定義などをより丁寧に生徒たちが考えられる時間を設けたりすることの教育効果については不明である。つまり、本研究の有効性が見られた方法以外により良い方法は無いのだろうかといった疑問を解消していくべく、さらなる授業実践の開発が求められる。

最後に、本研究における授業実践は中学 3 年生の生徒 7 名を対象にしたものであり、一般的な学級の人数に対して比較的少ない生徒数の中で授業実践を行なった。そのため、例えば 35 名程度の児童・生徒を対象とした授業を行うなどすることで、より詳細な研究成果を明らかにしたり、人数が多い中での授業の工夫等について検討したりする必要があると考える。

¹ 本論文は筆者の平成 30 年度千葉大学大学院教育学研究科修士論文を再構成したものである。

² 小高 (2015)、p.155

³ 荒木 (2014)、p.4

⁴ 荒木 (2014)、pp.3-4

⁵ 文部科学省 (2017)、p.1

⁶ Carl Benedict Frey and Michael A. Osborne (2013)

⁷ トロッコ問題について、小林 (2017) は以下のように説明している。「制御不能で暴走するトロッコは、このままでは前方にいる 5 人の作業員をひいてしまう。転轍機を操作してトロッコを別路線に引き入れれば、5 人の作業員は助かるが、別路線で作業する 1 人の作業員をひいてしまう。この場合、転轍機を操作するべきか？」という倫理学の思考実験である。

⁸ Kazuhito Ichii. et al. (2017) や市井・植山 (2015) などがそれにあたる。

⁹ この図は、生徒が授業内で作成したものであるが、教材について説明するために必要と考え、ここに示している。

¹⁰ この図は、生徒の活動後に作成したものであるが、教材について説明するために必要と考え、ここに示している。

引用文献

- 荒木雅弘 (2014)『フリーソフトではじめる機械学習入門』、森北出版株式会社
市井和仁・植山雅仁 (2015)「地上観測データと衛星観測データの統合による広域の陸域二酸化炭素収支の測定」国際緑

化推進センター、Japanese Journal of International Forest and Forestry, No.92 Jan 2015、pp.58-63
<https://www.jifpro.or.jp/cgi-bin/ntr/documents/NET9258.pdf> (2019 年 1 月 30 日最終確認)

小高知宏 (2015)『人工知能入門』、共立出版株式会社

小林正啓 (2017)「自動運転車の実現に向けた法制度上の課題」、国立研究開発法人科学技術復興機構、情報管理 2017 年 3 月号 60 巻 4 号、pp.240-250

文部科学省 (2017)「中学校学習指導要領 (平成 29 年度告示) 解説 総則編」

http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/05/07/1387018_1_3.pdf (2019 年 1 月 30 日最終確認)

Carl Benedict Frey and Michael A. Osborne (2013), Oxford University. The Future of Employment: How

Susceptible are jobs to computerization?
https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf (2019 年 1 月 30 日最終確認)

Kazuhito Ichii, Masahito Ueyama, Masayuki Kondo, Nobuko Saigusa, Joon Kim, Ma. Carmelita Alberto, Jonas Ardö, Jonas Ardö, Eugénie S. Euskirchen, Minseok Kang, Takashi Hirano, Joanna Joiner, Hideki Kobayashi, Luca Beletti Marchesini, Lutz Merbold, Akira Miyata, Taku M. Saitoh, Kentaro Takagi, Andrej Varlagin, M. Sydonia Bret-Harte, Kenzo Kitamura, Yoshiko Kosugi, Ayumi Kotani, Kireet Kumar, Sheng-Gong Li, Takashi Machimura, Yojiro Matsuura, Yasuko Mizoguchi, Takeshi Ohta, Sandipan Mukherjee, Yuji Yanagi, Yukio Yasuda, Yiping Zhang, Fenghua Zhao. (2017)

New data-driven estimation of terrestrial CO₂ fluxes in Asia using a standardized database of eddy covariance measurements, remote sensing data, and support vector regression.
Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 122, 767-795

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/2016JG003640> (2019 年 1 月 30 日最終確認)

謝辞

本研究の進行にあたり、お世話になった皆様に感謝申し上げます。