

教員養成学部における情報ツール活用能力の育成を 目的とした機械学習を取り入れた生物学実験 ～植物の分類を通じた AI アルゴリズムと生物実験の理解に与える影響～

柴田 勝・中田 充・五島 淑子

Biological Experiments Combined with Machine Learning to Develop the Ability to
Utilize Information Tools in the Faculty of Education
～ Impact of Integrating AI Algorithms to Biological Experiments ～

SHIBATA Masaru, NAKATA Mitsuru, GOTO Yoshiko

(Received September 27, 2019)

1. はじめに

近年の技術革新に対応するために、データに基づいた課題解決能力や課題設定能力（課題の顕在化）を備えた人材が求められており、すべての学校教育にわたって基礎教育への期待が高まっている（省内タスクフォース 2018, 国立大学協会 2018, 第11次提言 2019）。このため、政府の教育再生実行会議で提出された第11次提言（2019年度）では、IoTによる知識や情報の共有化により新たな価値を生み出すSociety5.0の実現に向けて、教員の在り方も変わるべきだされている（第11次提言 2019）。現在、Society5.0に適応できる人材の育成やAIを用いた社会実装可能な学習ツールの開発が積極的に行われている。人材育成で求められている基礎的な力（「基礎的読解力」, 「情報活用能力」, 「基礎的学力」, 「価値想像力」など）を養うには児童・生徒・学生の教育だけでなく、社会人のリカレント教育など、より幅広い年齢層を見据えた教育を考える必要がある（野村総合研究所 2016, 国立大学協会 2018, 文科省内タスクフォース 2018, 教育再生実行会議 2019）。このため、中央教育審議会・教員養成部会の「教員養成のフラッグシップ大学検討ワーキンググループ」において、ICTを活用したアクティブラーニング（主体的・対話的で深い学び）、遠隔教育、STEAM（科学・技術・工学・芸術・数学）教育や個別に最適化された指導法（個別の生徒の学習目標に最適化したadaptive learning; AL）、文理横断の教育法などの開発が求められている（文科省省内タスクフォース 2018, 教育再生実行会議 2019, 教員養成部会 2019）。しかし、学校現場では教職員の人的リソースなどの問題から、詳細な学習ログ

に基づいた個別最適化された学習プランに沿った教育を行うことができていない。一方で、生徒児童は個別に最適化された学び（習熟度など）や子供たちが主体的に学び続けることができる「時間や場所の制約がない環境」が提供されることで高い学習効果を示すことが報告されている（C.C. Kulik et al. 1990, R.G. Fryer et al. 2014,）。このため、AIツールの利用により時間や場所の制約にとらわれない「学びの最適化」が試みられている（奈良教育委員会 2017）。AIツールの利用は教員へのメリットも大きく、オンライン学習プラットフォーム等の利用により、生徒児童個人の学習ログの管理と共に労働時間の短縮ができ、生徒児童に接する時間の確保が容易になるなど、より質の高い教育を目指すことができる（埼玉県戸田市教育委員会 2018, 奈良教育委員会 2017）。このように、児童・生徒・教員を含めた教育現場の変革が進む一方で、教員を志望する学生への情報リテラシーを含むデータサイエンス（以降、DS）教育が進んでいない。しかし、教員養成学部の学生は、教育現場へのAI導入により生徒指導や教務の一部の代替により教育環境が大きく変化する近未来を見据えている（工藤ら 2018）。今後、教育の変革に対して教員に求められる役割や資質・能力も大きく変化すると考えられている（文科省省内タスクフォース 2018, 教育再生実行会議 2019, 国立大学協会 2018）。学生には、従来の教育実践などを通じた学習と共に、子供たちの基礎学力や読解力・情報活用能力を高める教え方ができる地力、教育的課題の解決にAIツールを柔軟に受け入れて利用できる力なども同時に望まれている。これらのことから、教員養成学部においても、既存の教科に加え

て一部の分野にアルゴリズムなどの素養が必要とされている。しかし、小中学校の義務教育に求められるものは、先端の知識を追いかけるのではなく、学びの基盤を固めることと明記されている（文科省内タスクフォース 2018, 小学校学生指導要領 2017, 中学校学生指導要領 2017）。このため、系統立てたカリキュラムでのアルゴリズムやデータの取り扱いなどを含めた情報教育は、一部の学科・専攻に限られており、多くの学生は数理解析やプログラミングに対して苦手意識が強い（工藤浩二ら 2018）。これらのことから、教員養成学部における情報ツールの活用能力の育成を目的として、指導法などのカリキュラムに影響を与えることなく、DSに対する理解を深める学びやそれらに対する課題を明らかにするための授業実践を行った。

本研究では、2年生前期の生物学実験で行って

る植物採取・植物同定・標本や図鑑の作成に加えて、EdTechを含むDS概要の講義やAI実習として機械学習による植物分類を行うことで、DSへの認識や学生実験に与える影響について調べた。その結果、従来の学生実験（生物学分野の植物の観察・分類）で行う観察や生物分類に、機械学習の実習（AIによる植物分類）やその原理（アルゴリズムを含む）の解説などにより、アルゴリズムの理解が向上すると共に、植物分類に必要な形態的な特徴をより深く観察するようになった。さらに、社会実装され始めているEdTechの概要を理解することで、教育とAIの関係やDSの基礎的な用語の認識率が高くなった。このように、学生実験の大幅な変更を行うことなく、実験内容に沿ったAI関連の講義・演習のみを加えることで、従来の理科学的な考え方およびAIリテラシーについて理解できることが分かった。

生物学実験（AIについてアンケート調査）質問用紙

1. アルゴリズム・プログラミングについて		
① あなたは、今まで学校以外でプログラミングやAI（人工知能）を勉強してきましたか？	a. はい（5年以上） d. 判断できない	b. 少し該当する（2年以上） c. 該当せず（1年未満）
② あなたは、論理演算やプログラミングに苦手意識を持っていますか？	1. 全く苦手意識はない 4. どちらかという苦手意識がある	2. どちらかという苦手意識はない 3. どちらともいえない 5. とても苦手意識がある
③ あなたは、もし論理演算やプログラミングの講義（基礎、応用）があれば受けたいですか？	1. とても受講したい（基礎+応用分野） 4. どちらかという受講したくない	2. 受講したい（基礎分野のみ） 5. 受講したくない 3. どちらともいえない
④ あなたが知っている（聞いたことがある）プログラミング言語に○をつけてください（複数回答可）	a. C++ d. Go g. Java script j. R	b. C# e. Kotlin h. Ruby c. Java f. Python i. PHP
2. 一般的なAI関連について		
⑤ あなたは、AI（人工知能）の関連用語をどの程度知っていますか？ 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。	1. ビックデータ 4. シングュラリティ	2. ディープラーニング 5. Pepper 3. アルファGo
⑥ AIと機械学習、ディープラーニングの違いを説明できますか？	1. できる 4. 聞いたことがある程度	2. なんとなくできる 5. できない 3. 知っているが、説明できない
⑦ 機械学習の関連用語をどの程度知っていますか？ 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。 （複数回答可）	a. 活性化関数 d. 誤差逆伝播法（バックプロパゲーション） g. 特徴量	b. パーセプトロン e. 教師あり学習 f. 損失関数 c. ニューラルネットワーク
⑧ ディープラーニングの関連用語についてどの程度知っていますか？ 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。 （複数回答可）	a. 自己符号化器（オートエンコーダー） d. TensorFlow	b. CNN (convolutional Neutral Network) e. Chainer c. MNIST
⑨ あなたは、AIのアルゴリズムの概要を理解していますか？	1. 理解している 4. ほとんど理解できていない	2. なんとなく理解している 5. 理解できていない 3. なんとなく理解しているが、うまく説明はできない
3. AIが教育へ与えるイメージについて		
⑩ あなたはAIに対してどのようなイメージを持っていますか？ 該当する選択肢に○をつけてください。	1. ネガティブ 4. ややポジティブ	2. ややネガティブ 5. ポジティブ 3. どちらともいえない
⑪ AIが導入されることで教員の負担が軽減されると考えますか？	a. はい d. 判断できない	b. いいえ c. 変わらない
4. Education Technology (EdTech)の基本用語について		
⑫ 教育関係のAI関連用語について、どの程度知っていますか？ 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。 （複数回答可）	a. EdTech d. 学習プラットフォーム	b. Adaptive learning (AI) c. 顔認証
⑬ adaptive learningというのを説明できますか？	1. できる 4. あまりできない	2. なんとなくできる 5. できない 3. 知っているが、説明できない
⑭ あなたは国内外でAIの使用により教員の業務が一部代替されている内容を知っていますか？該当する選択肢に○をつけてください。 （複数回答可）	a. 出席の自動カウント、試験監督 d. FAQチャットボット	b. 授業中の表情や活動の計測 e. VRによる体験型学習 c. 失読症などの学習困難者の早期対応
5. 機械学習の理解と生物学実験の理解に与える影響について		
⑮ あなたは、機械学習のアルゴリズムの概要を理解できましたか？ 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。	1. よく理解できた (75~100%) 4. 理解できなかった (0~25%)	2. まあまあ理解できた (50~75%) 3. よくわからなかった (25~50%)
⑯ あなたは、生物の分類を行う上で、機械学習の特徴量（観察視点）などの考え方は役に立ちましたか？ 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。	1. 大いに役に立った 4. 役に立たなかった	2. 役に立った 3. どちらでもない

図 1. アンケートに用いた質問紙（アルゴリズム・プログラミング・AI・EdTech・機械学習の基本）

回答項目として講義前①~⑭、講義後⑤~⑯を指定した。調査人数：16名（2年生15名、3年生1名）で男性15名、女性1名。

2. 方法

2. 1. 実験デザイン

生物学実験に機械学習による植物分類やその理論概要の講義・演習を加えることで、AIアルゴリズムと従来の生物(植物)分類の理解に与える影響について調べた。山口大学教育学部理科教育選修の2年生15名(男子14名, 女子1名), 3年生1名(男子1名)の計16名を対象に、講義前にアンケート調査(質問1~14)し、次いで、従来の野外(キャンパス裏山)での植物採取・観察を行った。その後、実験室に戻り、分類(非線形分離)、機械学習、アルゴリズム、ディープラーニング(深層学習)、EdTechについて講義を行った。この時、AI演習として機械学習やディープラーニングのフレームワークであるChainerによる学習と植物分類を同時に行った(Preferred Networks 2019)。その後、事後アンケート調査(質問5~16)し、10日後の採取植物の標本で作製した図鑑の提出時に従来の植物同定の方法などの聞き取り調査をした。

2. 2. 生物実験

大学2年前期の生物学実験(野外実習)では、環境と植物の関係(生物と環境とのかかわり)、地元の植物(植生)を学ぶために、採取した植物の標本に加えて、同定に用いた複数の特徴、日本名、学名、生育地域などを記した印刷物を添えて山口大学吉田キャンパス内の樹木図鑑(30~35種)を作成している。本調査のために作

成した図鑑の提出時に学生と面談を行い、樹種名の確認、サンプル採取場所、樹皮の特徴、植物検索の仕方の聞き取りおよび植物の特徴を示した図鑑から、どのような特徴により分類し、植物の同定を行ったのかを調べた。

2. 3. アンケート内容

質問紙(図1)の項目①~⑭を講義前に、⑮~⑰を講義後に回答するように指定した。質問内容として、①~④「アルゴリズム・プログラミング」、⑤~⑨「一般的なAI関連事項」、⑩~⑪「AIが教育に与えるイメージ」、⑫~⑭に「EdTechの基本用語」、⑮~⑰に「機械学習の効果」を設定した(我妻2018, 斎藤2016, Preferred Network 2019)。

2. 4. AIに関する講義内容

講義・演習(40分)の資料として、スライド(21枚)およびJupyter notebookを用いた。代表的なスライド12枚を図2に示す。スライド01~05では従来の植物分類と特徴量による分類の比較を行い、スライド06~08では論理ゲートによる線形・非線形分類について解説した。スライド09~13では脳の情報処理とニューロン・パーセプトロン・ニューラルネットワーク、スライド14~16では重み・バイアスの最適化・順伝播・逆伝播を説明した。スライド17~18ではオートエンコーダー・CNN・スタイル学習、スライド19~21ではEdTechなどを示した。

図2. 機械学習・ディープラーニング・EdTechの概説に用いた資料

2. 5. 機械学習による分類（最適化アルゴリズム）

樹木の分類を行うために、山口大学吉田キャンパスに生育している6樹種（ホルトノキ *Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*, シャリンバイ *Rhaphiolepis indica* var. *umbellata*, キンモクセイ *Osmanthus fragrans* var. *aurantiacus*, モッコク *Ternstroemia gymnanthera*, クロガネモチ *Ilex rotunda*, ヤマモモ *Morella rubra*) の葉を採取し、葉身、葉幅、葉柄長の測定を行った（図3）。機械学習を行うために、言語をPython、フレームワークにChainer、ライブラリーにpandas, numpy, matplotlib, json, mathを用いてニューラルネットワークを構築した。入力層を3（BNあり）、中間層を2層（各8ノード）、出力層を6とした。活性化関数にReLU、最適化にAdam（デフォルト値）、CEE、バッチサイズ10、エポック100とした。6値分類とし、樹木名・葉身・葉幅・葉柄長のデータセット120を訓練データとして学習させた。

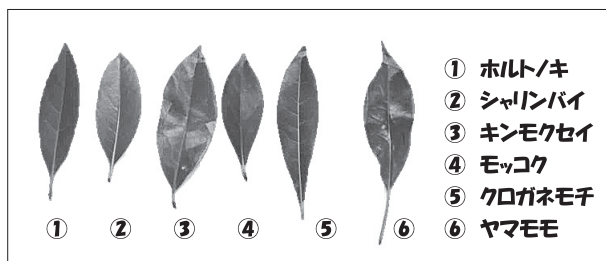


図3. 機械学習に用いた樹木葉

山口大学吉田キャンパスにて採取した樹木葉を学習に用いた。

3. 結果と考察

指導法などのカリキュラムに影響を与えることなく、DSに対する理解を深める学びや課題を明らかにするために、生物学実験にDSの講義・実習を加えることで、従来の実験への影響やDSへの理解度、学習の問題点などについて調べた。山口大学教育学部教員養成課程理科選修の調査対象学生のうち75%（12人）が授業以外でプログラミングを行った経験がなかった（質問1，図4）。大学講義として1年前期に「データ科学と社会Ⅰ，Ⅱ」（各1単位、計2単位）においてITリテラシー教育などを受講するが、2年次以降において卒業までにプログラミング等の情報関係の講義はない（山口大学シラバス2019）。

3. 1. アルゴリズム、プログラミングの基礎的事項

プログラミングへの意識調査として、苦手意識（質問2）について調べた。その結果、81%（13名）がプログラミングへの苦手意識を持ち合わせていた（図5）。しかし、苦手意識はあるが、論理演算やプログラミングの講義を受けたいという意欲が見られた（質問2，図4）。「苦手意識が特に強い学生」とは異なり、「どちらか」と苦手意識がある」（質問2）を回答した学生は、

プログラミングの基礎分野の受講を希望していた（質問3，図6）。

Q_1. あなたは、今まで学校以外でプログラミングやAI（人工知能）を勉強してきましたか？

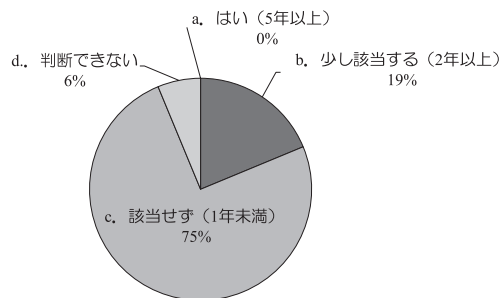


図4. 質問1の結果（プログラミング・AIの履修状況）（n=16）

Q_2. あなたは、論理演算やプログラミングに苦手意識を持っていますか？

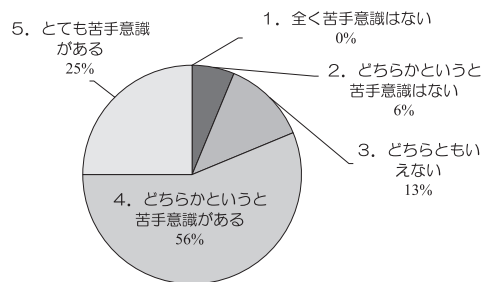


図5. 質問2の結果（苦手意識）（n=16）

Q_3. あなたは、もし論理演算やプログラミングの講義（基礎，応用）があれば受けたいですか？

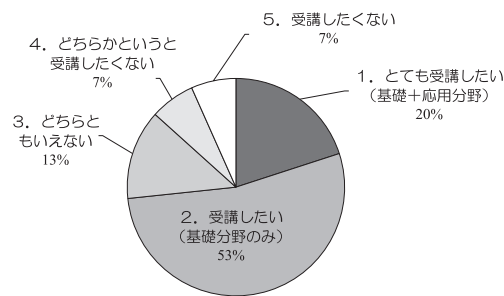


図6. 質問3の結果（論理演算やプログラミングの勉強への意識）（n=16）

Q_4. あなたが知っている（聞いたことがある）プログラミング言語に○をつけてください（複数回答可）

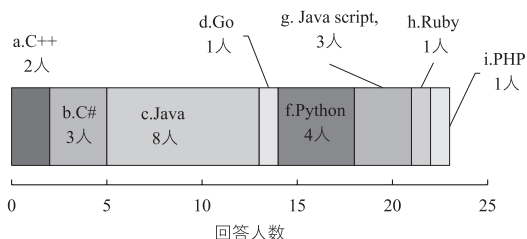


図7. 質問4の結果（プログラミング言語）

しかし、応用分野については苦手意識に関係なく、ほとんどの学生は関心を示さなかった (data not shown)。学生が認知しているプログラミング言語は、Java (8名, 50%) が最も多く、Python (4名, 25%)、C言語 (3名, 19%)、JavaScript (3名, 19%) の順であった (質問4, 図7)。スクリプト言語やコンパイル言語の違いによる差はなく、内容等と関係なく、言語への関心の低さが目立った。

3. 2. 一般的なAI関連用語の認識

AIの関連用語の認識 (質問5) について調べたところ、ビックデータ (56%)、ディープラーニング (38%)、Pepper (38%) の認識率が比較的高く、アルファGoやシンギュラリティは25%以下と低かった (図8)。同様な傾向が、工藤らの調査においても報告されている (2018)。講義後ではビックデータ、ディープラーニングの認識率がそれぞれ63%、75%と大幅に上昇した。1940年代から始まるAIと機械学習 (1980年代~)、ディープラーニング (2010年代~) は比較的馴染み深いIT用語であるが、これらの区別 (質問6) がつく学生はいなかった。AIを聞いたことはあるが、ディープラーニングを知らない学生が63% (10名) となり、そのうち56% (9名) がまったく区別ができていなかった (質問5, 図8)。また、プログラミング経験が2年以上の学生においても、それらの区別はできず、義務教育で学ぶ情報リテラシー以降のDSの基礎的な知識や体系の学習に問題が見られた。

今後、AIの社会実装が急速に進み、AIによる教育サポートツールがより身近なものとなることから、AI原理の理解を深めるよりも、それらのツールを利活用できる能力がさらに重要となる。このため、教育についてもDSの全体像などを理解できる内容・方法について十分に検討する必要がある (教育再生実行会議 2019)。本調査でDS概要の理解を向上させる方法について検討したと

Q_5. あなたは、AI (人工知能) の関連用語をどの程度知っていますか? 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。

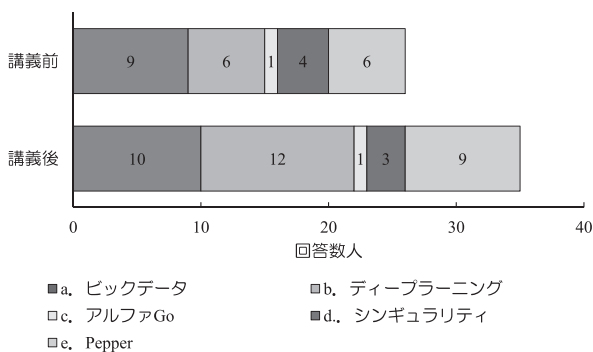


図8. 質問5の結果 (講義前後におけるAI関連用語)

ころ、従来の実験と講義を併用した説明 (質問6) により、94% (15名) がその区別ができるようになった (図9, 外円)。

従来の講義に初歩の情報技術の講義や具体的な授業実践を採り入れることは、現在の機械学習やディープラーニングの位置づけやそれらを認識するのに有効であることが分かった。しかし、調査対象の大学生は、AIに関するキーワードやアルゴリズムにほとんど関心を示していない (質問2~9)。このため、機械学習の理解に必要な「ニューラルネットワーク」や「特徴量」「教師あり学習」などの単語さえ知られていなかった (質問7, 図10)。

Q_6. AIと機械学習、ディープラーニングの違いを説明できますか?

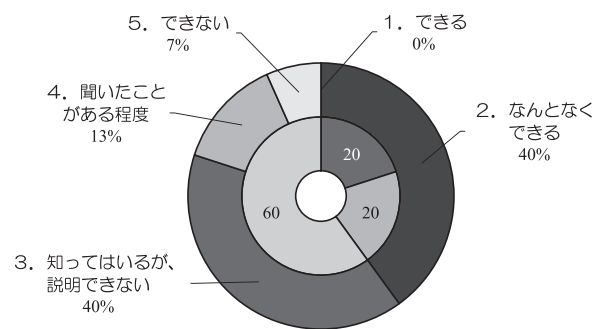


図9. 質問6の結果 (AI, 機械学習, ディープラーニング) 内円は講義前, 外円は講義後のデータを示している。n = 16

Q_7. 機械学習の関連用語をどの程度知っていますか? 下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。(複数回答可)

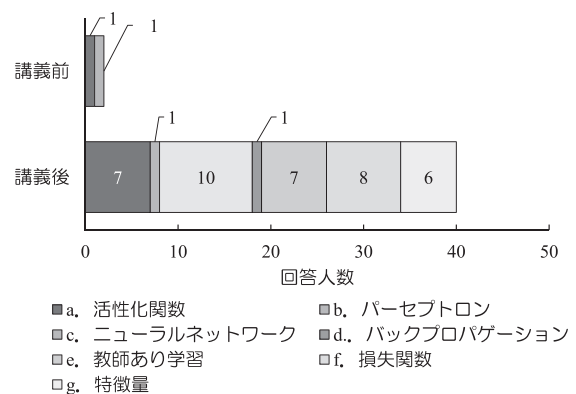


図10. 質問7の結果 (機械学習のキーワード認識)

しかし、簡単な講義と小中学校の教科書の内容とを組み合わせた学習を経ることで、選択肢「パーセプトロン」「バックプロパゲーション」を除く5つのキーワードに対して半数以上の学生がその内容を簡単に説明できるまでになった (図10)。「バックプロパゲーション」の低認識率の原因は、損失関数の最小化の説明を数学的 (偏微分など) に行ったことにより、学生に混乱が起きたためだと考えられる。今回の調査対象の理科選修

は、教員養成学部では理系的な選修でありながら、数学的に理解することが難しかった。今後、大きく変化するディープラーニングのフレームワークなどに対応するには、基盤となる数学・統計学の素養を身につけることで、新しいものを吸収できる土台を構築していかなければならない（文科省内タスクフォース 2018）。しかし、教員養成学部の学生は児童生徒への指導など幅広い分野を学ぶ必要があることから、十分なIT関連講義を受けることができていない。

Q_8. ディープラーニングの関連用語についてどの程度知っていますか？下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。（複数回答可）

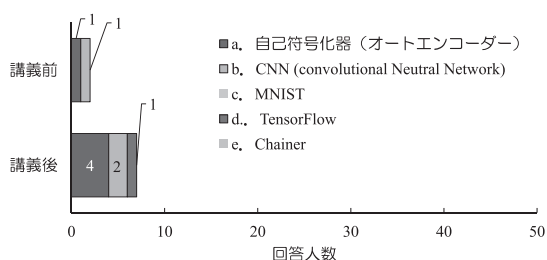


図11. 質問8の結果（ディープラーニング関連用語）

次に、ディープラーニングの関連用語について調査した（質問8）。38%（6名）のみの学生がディープラーニングを認識していた。しかし、機械学習のフレームワーク（Tensor-Flow, Chainer）（質問8）やCNN、MNISTなどについて認識している学生はほとんどいなかった（図11）。単純な機械学習のアルゴリズム等の理解度（質問7）は、講義により改善（回答数が2から42に増加）（図10）されたのに対して、より複雑なディープラーニング関連用語（質問8）の理解度は、講義により大きく改善されることはなかった（回答数が2から7に微増）（図11）。質問9「あなたは、AIのアルゴリズムの概要を理解していますか？」の項目に対して、講義前では「理解できていない」が88%（14名）と最も高かったが、講義後では「なんとなく理解しているが、うまく説明はできない」が56%（9名）となりポジティブな回答が非常に高くなっていった（図12）。さらに、19%（3名）が「理解できない」から「ほとんど理解できない」へと僅かに改善が見られ、学生16名のすべてにおいて内容理解の向上が見られた（図12）。今回の講義は分かりやすさを重視した概要説明のみであることから、十分な理解までには至っていない。今後、より論理的に理解できるような体系作りが必要であるが、数学的な解釈を入れることで理解度が低下することから、より基礎的な数学、統計の事前学習または講義中での基礎数学の説明が必要だと考えられる。

AIアルゴリズムについて、講義前は「なんとなく理解している」「理解している」を合わせて13%（2名）

程度であったが、受講により79%（13名）へと変化した。講義では単純な分別の繰り返しによる植物検索法（1つ目の特徴で分別した後に、2つ目の特徴で分別を繰り返す方法）として検索図鑑による植物分類を説明し、次いで、この検索法は分類アルゴリズムの二分探索木であり、他のアルゴリズムを紹介しながら二分探索木の利点・問題点について説明を行った。しかし、樹木葉には形がよく似たものが多く、分類を行うには経験による判断が重要となる。実際に図3に示される6樹種の葉について簡単な分類を行ったところ、同じ樹木であっても葉の形態や鋸歯の有無の判別が人により違っているなど、判断の曖昧さがあり、樹木の同定ができない学生がいた。このため、分類には訓練や慣れが必要であり、それらが実際に脳の神経細胞のネットワークにより成り立っていることを説明した。従来の学生実験に追加した講義は分かりやすさを重視した概要説明のために、十分な理解までには至っていない。

Q_9. あなたは、AIのアルゴリズムの概要を理解していますか？

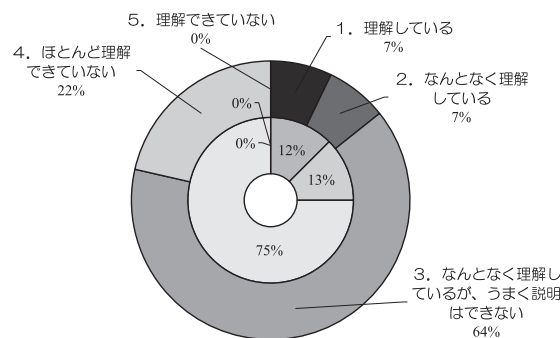


図12. 質問9の結果（アルゴリズムの理解）
内円が講義前、外円が講義後のデータを示す。n = 16

今後、より論理的に理解できる体系作りが必要であるが、数学的な解釈を入れることで理解度が低下することから、より基礎的な数学、統計の事前学習または講義中での基礎数学の説明が必要だと考えられる。次に、機械学習により分類（分離）する場合、各要素（ノードから出力される信号強度）で重要度が異なることや、様々な特徴の背後の共通性（主成分）を用いて分離できること、人間で判別しにくいプロットでもAIによる分別（分離）できる可能性があることについて、論理ゲートを用いて説明した。真理値表とグラフを用いて、単純なシステムの組み合わせから非線形で複雑な分離ができること、そして、単純なパーセプトロンを組み合わせたニューラルネットワークを構築することで複雑な分離ができることを示した（図2）。特に、AIとして各要素（ノード）の重みやバイアスを最適化することが機械学習にとって重要であることを解説した（図2）。機械学習の実習を行うために、6種の樹木葉の分類をChainerでニューラ

ルネットワークをあらかじめ構築し、学習済みニューラルネットワークにより、テストデータを用いて樹種の検定を行ったところ、学生は樹種の判定精度、判定速度などについて強い興味を示し、学習済みニューラルネットワークを用いることで、場所や時間に関係なく、植物分類ができることを理解した。実際、「植物分類以外の分類にも利用できるのでしょうか?」、「AIは、もっと難しいものだと思っていたが、私でも使うことはできますか?」などの積極的な質問や意見が出た。今回は、数学的な表現やpythonコードを理解することなく、既存のフレームワークを利用することで機械学習ができること、学習させるデータセットにより様々な分類にも応用できることなど、一定の全体像の理解が得られるようになった。アルゴリズムや数学的なバックグラウンドを理解しながら応用範囲を広げられる人材が必要である一方で、今後、AIがより身近なものになることで(京セラ 2017)、数学的なバックグラウンドを十分に理解することなく、機械学習やディープラーニング(深層学習)に依存した教材やシステムを教育に生かす人材が必要となる。このため、AIなどのアルゴリズムを概観し、教育的な課題を解決するために応用できる能力を養うことは有意義であると考えられる。

3. 3. AIが教育へ与えるイメージについて

学生が持つAIのイメージ(質問10)は、69%(11名)がポジティブであり、13%(2名)がネガティブ、どちらとも言えないが19%(3名)であった(図13)。面白いことにプログラミングに苦手意識をもつ学生であっても、AIに関するイメージは比較的良好であった。工藤らのAIに対するイメージ調査(2018)では、「(やや)ポジティブ」、「どちらとも言えない」がそれぞれ40%であり、「どちらとも言えない」の比率が極端に大きかった(工藤ら 2018)。この違いの原因の一つとして、調査対象が理系の理科教育選修と文理を区別していない教員養成学部の学生であった違いが表れたと考えられる。今回の調査で苦手意識が特に強い学生の半数が、AIへのイメージがポジティブ・ネガティブのどちらでもなくイメージを持つことすらできなかった。しかし、AIが得意とする分野や苦手な分野を示すことで、具体的・論理的にAIを捉えることでポジティブな評価が得られやすく(93%, 15名)、ポジティブな印象を持ちやすくなっていた(図13)。

質問11においてAI導入による教員の負担軽減について質問したところ、81%(13名)が軽減されると回答した(図14)。しかし、その後の面談では、代替できる教員業務や負担軽減の具体的なイメージを持っていなかった。

Q_10. あなたは AI に対してどのようなイメージを持っていますか? 該当する選択肢に○をつけてください。

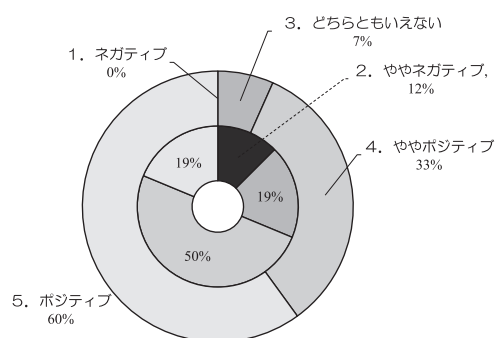


図13. 質問10の結果(AIのイメージ) 内円が講義前, 外円が講義後のデータを示す。n=16

Q_11. AI が導入されることで教員の負担が軽減されると考えますか?

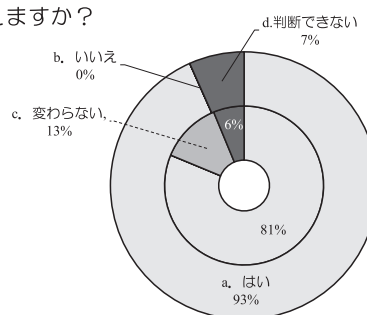


図14. 質問11の結果(AIによる教員負担の軽減のイメージ) 内円が講義前, 外円が講義後のデータを示す。n=16

3. 4. Education Technology (EdTech) の基本用語について

教育分野へのIT導入は、進路指導や学習に役立ってきた(Multisilta 2014)。次世代の支援ツールとしてAIによる効率的な学習環境整備や授業・教務支援の技術であるeducation technology (EdTech) が注目されている。ICT環境の普及やAIアルゴリズムの開発、情報端末の高速化など、現在の延長線上にない教育手法が、技術革新からアプローチされ、「スマートスクール・プラットフォーム実証事業」などにより発信されている(総務省 2018, 奈良市教育委員会 2018, 戸田市教育委員会 2018)。AIによる教員への負担の軽減(質問11)については、81%(13名)の学生が有効であると考えているが、より具体的な適応例(質問12)については「顔認証」程度であった(図15)。しかし、より具体例を示すことで、91%(15名)が校務負担の軽減に有効であると回答した。興味深いことに「学習プラットフォーム」の認識率が38%(6名)で他の項目に比べて高くなっていた(図15)。これは、大学での講義や学校での体験ではなく、大学入学前に塾などの映像授業に慣れてきた学生に対する回答であった。しかし、adaptive learning (AL) についてはほとんど認識されておらず、

講義後においてもその認識率は低いままであった（図16）。今後、多人数の生徒児童の学習ログ等を用いることで、少数の教員により個人の能力・進度に合わせたALにより、個人に最適化された課題設定などが提唱されている（文科省内タスクフォース 2018, 奈良市教育委員会 2018）。実際、個別の学習ログを利用した様々なプラットフォームが作られ、生徒児童の理解度の向上が図られている（奈良市教育委員会 2017, 埼玉県戸田市教育委員会 2018, Khan Academy 2018）。公立学校のIT授業は、ホワイトボードや大判紙の代替としてのICT利用の報告が多く、教員の中には必ずしもICTの必要性を感じていなかった。しかし、ICTインフラが整うことで、山間部や離島間の小規模学校間での相互授業やAIを利用することで学習の流れの可視化などが可能となり、技術革新により、今までになかった教育の変化が起きている（柴田ら2017, 鷹岡 2016）。

Q_1 2. 教育関係の AI 関連用語について、どの程度知っていますか？下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。（複数回答可）

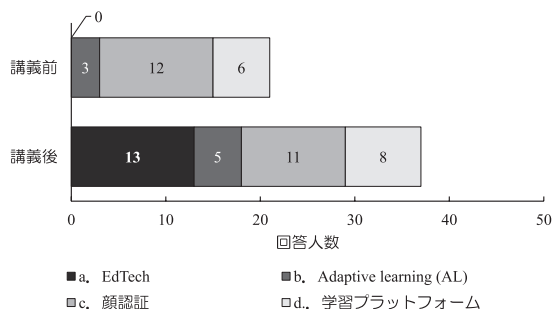


図15. 質問12の結果 (AIによる教員負担の軽減)

Q_1 3. adaptive learning というのを説明できますか？

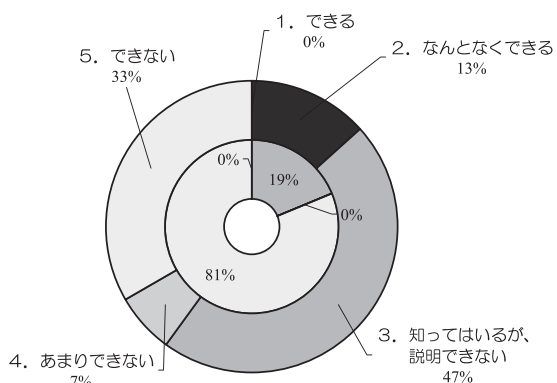


図16. 質問13の結果 (adaptive learningについて) 内円が講義前, 外円が講義後のデータを示す。n = 16

一方、国内外では様々なEdTechが開発され、EdTechによる生徒児童への学習効率の向上や教員の労働負担の軽減などに寄与している。このため、AIを利用したEdTechについて調査（質問14）を行った。その結果、学生は従来のカード読み込み型の出席自動カウントなどをイメージしており、AIによる顔認識法などの次世代の画像解析技術による教室内での個人のトレーシ

ングなどのログに基づいた出席確認などの認識には至っていなかった（図17）。FAQチャットボットなどは、公教育以外の場面で社会実装されており、特に企業などでウェブ上での質問やオペレータの補助ツールとして用いられている（子育てオープンデータ協議会 2019, 総務省 2019）。多くの場合、学校では対人コミュニケーションが大切にされていることから、ボットによる質問回答はほとんど行われていない。しかし、全てのインターフェースが教員である必要はなく、コンピュータによる応答で解決できるところを積極的に代替させることで、より重点的に人的リソースを子供たちに向けることができると考えられている。

Q_1 4. あなたは国内外で AI の使用により教員の業務が一部代替されている内容を知っていますか？該当する選択肢に○をつけてください。（複数回答可）

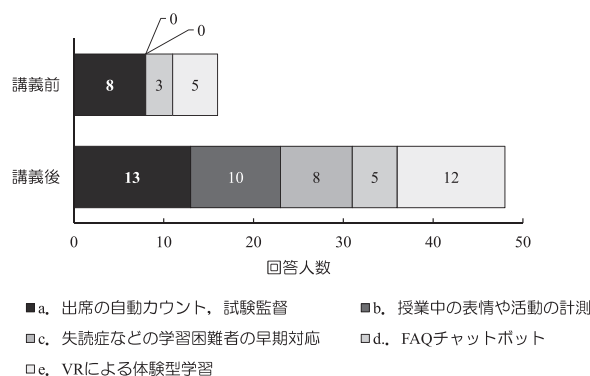


図17. 質問14の結果 (AIによる教員業務の代替)

3. 5. 生物学実験の理解に与える影響

質問15の機械学習のアルゴリズムの概要理解について、「よく理解できた（理解度75～100%）」「まあまあ理解できた（理解度50～75%）」を合わせて67%（10名）の学生が回答した（図18）。33%（5名）が「よくわからなかった（理解度25～50%）」であった（図17）。（質問2）「苦手意識」と（質問15）「機械学習のアルゴリズムの理解」には、相関関係が得られなかった。

Q_15. あなたは、機械学習のアルゴリズムの概要を理解できましたか？下記の単語について、該当する箇所に○をつけてください。

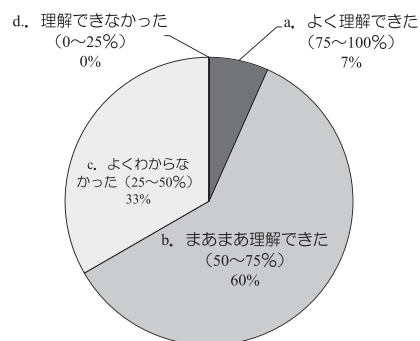


図18. 質問15の結果 (機械学習アルゴリズムの理解) (n = 16)

質問15でアルゴリズムをある程度理解できた学生67% (10名)のうち、8名が生物分類において機械学習の特微量の考え方などが「大いに役に立った」「役に立った」となり、2名が「どちらでもない」であった。(図18)「よくわからなかった」を回答した学生(5名)のうち、「役に立った」が3名となり、(質問15)のようにアルゴリズムの理解度に依存した回答は得られなかった。

植物分類を行う上でアルゴリズムの考え方が利用できたかについて調査したところ、73%の学生が役に立ったと回答した(図19)。これらの結果は、従来の植物分類は人間の判断しやすい特徴である単葉・複葉、鋸歯の有無、単鋸歯・重鋸歯などを逐次的に分類してきたが、AIによる生物分類(植物分類)は特微量による重み付けの分類であることが理解できていたことを示している。アルゴリズムは理解できないが、機械学習による分類を経ることで、従来の植物分類に必要な観察するポイントが明確となり、同定作業がスムーズに行っていた。これらのことから、機械学習による分類を経ることで、従来の植物分類に対する「観察する力」を養うことができると考えられる。

Q_16. 上記質問で、具体的に植物分類などについて理解の助けになった個所などについて記述してください。

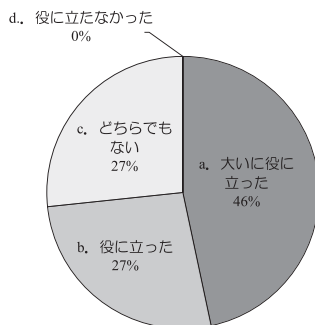


図19. 質問16の結果(植物分類への影響) (n=16)

4. まとめ

教員養成学部の学生を対象に、生徒児童の基礎学力や探求心をはぐむ教育を大切にしながらも、情報ツールの活用能力の育成を目的とした授業実践を行った。そして、カリキュラムを大幅に変更することなくデータサイエンス(DS)の概要を理解させるために、大学2生前期の生物学実験にDSを加えた講義・実験を行い、従来の講義への影響やDSへの理解度、学習の問題点などについて調べた。プログラミングの意識調査では、多くの学生(81%)に苦手意識はあるが、論理演算やプログラミング関係への意欲も同時に持ち合わせていることを示していた。しかし、生活を行う上で、AIなどの情報技術に接する機会が多くあるにもかかわらず、一般的なIT関連用語の認識率は低く、情報リテラシー以降に学ぶ

DSの基礎的な知識や体系の学習に問題が見られた。このため、DSに対する概要理解や利活用への課題を明確にするために、既存の生物学実験にAI(機械学習)実習を含むDSの講義を組入れることによるDSへの認識の変化や学生実験に与える影響について調べた。その結果、生物学実験において簡単な情報の講義とAI実習を組み合わせることにより、アルゴリズムの理解と共に従来の実験内容の理解が大きく向上した。しかし、数学的な要素(偏微分など)を加えた説明を行った項目では、その理解度が低下し、教員養成学部では体系的な理科選修でありながらも数学的に理解することは難しかった。技術革新により大きく変化するフレームワークなどに対応するには、基盤となる数学・統計学の素養を身につけることで、新しいものを吸収できる土台を構築していかなければならない。しかし、アルゴリズムについて見ると、講義により「単純な機械学習」の理解度が改善されたのに対して、「より複雑なディープラーニング」についての理解度が大きく改善することはなかった。より論理的に理解できるような体系を作りが必要であるが、数学的な解釈を入れることで理解度が低下することから、より基礎的な数学、統計の事前学習または講義中での基礎数学の説明が必要だと考えられる。

近い将来、AIの民主化によりAIアルゴリズムや数学的なバックグラウンドを十分に理解せずとも、AIを活用した教材やシステムを教育に生かすことができる人材が必要となる。このため、数学的な表現を用いずに一定の全体像の理解が得られるかを調べたところ、従来の講義に初歩の情報技術の講義や具体的な授業実践を組み入れることで、現在の機械学習やディープラーニング(深層学習)の位置づけやそれらの認識率や正確性の向上が認められた。今後、AIのフレームワークがより利用しやすい形となることにより身近に社会実装されるサポートツールを教育分野に応用できる教員を養成する内容を検討する必要がある。AIが教育に与えるイメージは、プログラミングに苦手意識をもつ学生でも、比較的良好であった。AI導入による教員の負担軽減について、ほとんどの学生が肯定的に考えてはいたが、具体的なサポートシステムや負担軽減のイメージを示すことはできなかった。現在、ICT環境整備やAIアルゴリズムの開発、情報端末の高速化などをベースとして、次世代の教育支援ツールであるEdTechが、現在の延長線上にない教育手法としてローンチされ始めている。技術革新からアプローチされている教育ツールは、教員になる学生にとって身近なツールとなり、考えていかなければならない。しかし、adaptive learningは講義後においても31%とその認識率は低く、今後、より具体例を出しながらEdTechについて理解できる環境を整える必要がある。

従来の生物学実験で行う観察や分類に機械学習の実用（AIによる植物分類）、その原理（アルゴリズムを含む）などの講義を組み入れることで、アルゴリズムの理解の向上に加えて、植物分類に必要な形態的な特徴をより深く観察するようになった。機械学習アルゴリズムは理解できないが、実際の植物分類において、樹種の違いがどのような特徴に依存しているのかを深く認識するための観察が重要であることが捉えられていた。これらのことから、機械学習による分類を経ることにより、従来の植物分類に対する観察するポイントが明確となり、同定作業がスムーズに行えていた。学生の苦手意識と機械学習のアルゴリズムの理解には相関関係は得られなかったが、アルゴリズムをある程度理解できた学生の80%が生物分類において機械学習の特徴量の考え方などに役に立つと回答していた。

このように学生実験の大幅な変更を行うことなく、実験内容に沿ったAI関連の講義・演習を加えるのみで、従来の理科的な考え方に加えて、さらに重要となるDSの基礎を効率的に学ぶことができることが明確となった。AIサポートツールの応用範囲は広く、今後、家庭科や社会科などの文系科目においても、その重要性が増すと考えられる。

5. 参考文献

- 我妻幸長, はじめてのディープラーニング Python で学ぶニューラルネットワークとバックプロパゲーション, SB クリエイティブ, 2018.
- 斎藤康毅, ゼロから作るDeep Learning - Python で学ぶディープラーニングの理論と実装, 2016.
- 教育再生実行会議(第十一次提言), 技術の進展に応じた教育の革新, 新時代に対応した高等学校改革について, 2019. 5.
- 京セラコミュニケーションシステム株式会社, 2017, <https://www.labell.io/ja/>
- 工藤浩二ら, 教員養成系学生における人工知能に関する意識調査, 東京学芸大学紀要 総合教育課学系 I, 69, 251-256, 2018.
- 国立大学協会, 教員の養成及び研修に果たす 国立大学の使命とその将来設計の方向性, 2018. 3.
- 子育てオープンデータ協議会, 子育てチャットボットの利活用促進に向けた検討 中間報告書, 2019. 6.
- 埼玉県戸田市教育委員会, 平成29年度「教員の養成・採用・研修の 一体的改革推進事業」成果報告書 ～プログラミング教育に係る教員の資質・能力の向上～, 文部科学省, 2018.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/sankou/_icsFiles/afldfile/2018/10/05/1408497_02.pdf
- 柴田勝, 中田充, 阿濱茂樹, 五島淑子, 遠隔システムを活用した協調学習の実践～植生の違いを学ぶ授業実践を通じて～, 山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要, 44号, 225-223, 2017. 9.
- 総務省, スマートスクール・プラットフォーム実証事業 評価委員会(第5回), 2018.10.
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/02ryutsu05_04000150.html
- 総務省, 地方自治体における AI・ロボティクスの活用事例2018 年度 研究成果報告書, 2019. 3.
- 鷹岡亮, ICTを活用した授業・学習実践の現状と今後の方向性, 教育システム情報学会誌, vol.33, 6-21, 2016.
- 奈良市教育委員会 学校教育部 教育支援課, 良市独自の学力向上システム「学びなら」、2017,
<http://www.city.nara.lg.jp/www/contents/1506584371547/files/manabinara.pdf>
- 株式会社野村総合研究所, ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究 報告書, 2016. 3
- 文部科学省, Society 5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会 新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース, Society 5.0 に向けた人材育成～ 社会が変わる 学びが変わる ～, 2018. 6.
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf
- 文部科学省, 教員養成部会 教員養成のフラッグシップ 大学検討ワーキンググループ(第3回) 議事録, 2019.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/082/siryo/1420738.html
- 文部科学省, 小学校学生指導要領, 平成29年度告示
- 文部科学省, 中学校学習指導要領, 平成29年度告示
- 山口大学 シラバス, 2019, <https://www.kyoyumu.jimu.yamaguchi-u.ac.jp/Portal/Public/Syllabus/>
- Khan Academy, 2018, <https://www.khanacademy.org/>
- Jari Multisilta, Mobile panoramic video applications for learning, Education and Information Technologies, vol.19, 655-666, 2014.
- Roland G. Fryer, Jr, Injecting charter school best practices into traditional public schools: evidence from field experiments, Harvard University, 2014.
http://scholar.harvard.edu/files/fryer/files/2014_injecting_charter_school_best_practices_into_traditional_public_schools.pdf
- Chen-Lin C. Kulik, James A. Kulik, Robert L. Bangert-Drowns,
- Chainer, Preferred Network, 2019, <https://preferred.jp/en/projects/chainer/>