

一般情報教育における人工知能を訓練する演習の教育効果

鈴木大助¹

概要: クラウド AI サービスである IBM Watson を利用した演習を一般情報教育の一環として大学一年生を対象に行った。受講生自身が収集した画像データでカスタムモデルを訓練する演習と、訓練済みモデルを利用した Web アプリ開発演習からなる。4 回の授業の後、カスタムモデル訓練演習の課題提出率は 62.9%、Web アプリ開発演習は 59.4% となった。アンケートからは、8 割以上の受講生が新たな発見や驚きを感じていること、7 割以上がテーマに興味を持ったことが示された。また、自由記述回答からは、AI に対する印象が変わった様子、AI 活用において果たすべき人間の役割を認識している様子が見られた。

キーワード: 人工知能, AI, AI を訓練する, 一般情報教育

Learning from experience of training an artificial intelligence model

DAISUKE SUZUKI^{†1}

Abstract: Hands-on learning of IBM Watson, a cloud AI service, was conducted for first-year students as part of general information education. The learning consists of an exercise to train a custom model with the image data collected by the students themselves, and an exercise to develop a web application using the pre-trained model. After four lessons, the submission rate of assignment on the custom model training was 62.9%, and that on the web application development was 59.4%. The questionnaire survey shows that more than 80% of the students feel new discoveries and surprises, and that more than 70% are interested in the theme. The descriptive answers, moreover, indicate that students' impression of AI has changed and that they have recognized the role of humans in using AI.

Keywords: Artificial intelligence, AI, training an AI model, general information education

1. はじめに

人工知能 (AI) はさまざまな分野で活用が進められている[1]。一方で、AI 等の進出による雇用喪失リスクが議論され、AI 等による代替可能性が高い職種が公開された結果[2][3]、AI に対して漠然とした不安を抱えている学生がいるのが現状である。しかし、近年特に注目されている機械学習や深層学習といったデータ駆動型 AI を有効に機能させるためには、適切かつ相当量の訓練用データを用意する必要がある。AI を有効に活用するためになすべき仕事は多く、AI について学び、AI を活用できる人材となることが求められる。

本研究では、AI に対する興味や理解を促進する目的で、大学一年生を対象とした一般情報教育の一環として、AI を訓練する演習と訓練済み AI を利用した Web アプリ開発演習の授業を実践した。

2. 授業方法

2.1 授業スケジュール

演習の実践は、2019 年度後期、北陸大学経済経営学部 1 年生対象履修指定科目「情報学入門」で実施した。「情報学入門」は「社会・組織・個人の問題解決のために情報および情報技術を有効かつ安全に活用する能力を身

につけるべく、①情報技術とその原理について理解すること、②情報技術の進展による社会の変化と個人への影響について理解すること、③情報および情報を扱う技術について生涯にわたって学び考え続ける態度を身につけることを目的とする」授業である。

1 年生全員が履修することを求められる履修指定科目で、1 クラス 70 人程度で 4 クラスからなっており、筆者はそのうち 2 クラスを担当している。2019 年度授業では、1 クラスに 1 人学生アシスタントが配置された。なお、本学経済経営学部ではノート PC 必携を 2019 年度より開始しており、本授業も受講生各自が持参するノート PC を利用して実施した。

授業は全 15 回からなる。第 1 回から第 3 回のテーマはクラウドで、AWS を利用したサーバ構築演習を行った[4]。第 4 回から第 7 回のテーマは AI で、IBM Watson の画像認識機能を利用した演習を実施した。本稿ではこの演習について取り上げる。第 8 回から第 11 回のテーマは IoT で、センサ機器と Watson IoT Platform を利用した IoT システムを作成する。第 12 回から第 14 回のテーマはネットワークとセキュリティで、インターネットの経路調査やパケットキャプチャ演習を行う。第 15 回はまとめである。

次節では、第 4 回から 7 回に実施した IBM Watson の画像認識機能を利用した演習について説明する。

^{†1} 北陸大学
Hokuriku University

2.2 AI を訓練する演習

第4回と第5回の2回でAIを訓練するというテーマで演習を行う。演習では、IBM Watson とよばれるクラウドAIサービスの画像認識機能である Visual Recognition を利用する。

第4回授業では、AI概説講義とIBM Watsonの利用準備を行う。AI概説講義では、人工知能の定義、人工知能の利用例紹介、人工知能とロボット、人間の脳と人工知能、人工ニューラルネットワーク、学習と推論、汎用型AIと特化型AI、強いAIと弱いAIに関する20分程度の短い講義を行い、その後IBM Watsonについて紹介する。IBM Watsonは学習済みAIによる画像処理、音声処理、言語処理等を提供するクラウドAIサービスの一つで、様々な業種で幅広く活用されている[5]。

IBM Watsonを利用するため、IBM Cloud ライトアカウントの作成を受講生各自で実施した。IBM Cloud ライトアカウント[6]では、APIの呼び出し回数や作成できるインスタンスの数などに制限はあるものの、クレジットカード不要、期間無制限でIBM Watsonのサービスを始め、様々なサービスを利用できる。IBM Cloudにログインした時に表示されるダッシュボードを図1に示す。

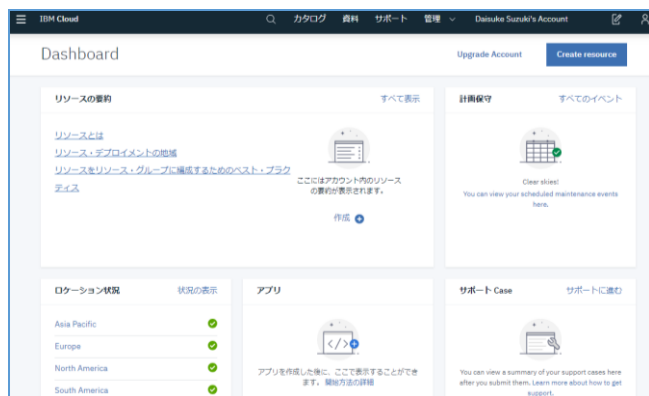


図1 IBM Cloud ダッシュボード

ヘッダメニュー中ほどの「カタログ」から画像認識機能である Visual Recognition[7]およびAI・機械学習の統合開発環境である IBM Watson Studio[8]の利用設定を行う。Visual Recognitionには、すぐに使える訓練済みモデルのほか、ユーザが用意した画像を用いて独自の分類モデルを作ることのできるカスタムモデルも用意されている。Watson Studioを利用すると、Visual Recognition カスタムモデルに自分で用意したデータを与えて独自の機械学習モデルを作成することができる。以上が第4回の内容である。

第5回授業では、Visual Recognition カスタムモデルを実際に訓練する演習を実施した。受講生自身が必要なデータを収集し、そのデータを使ってカスタムモデルを訓練することで、犬、猫、その他動物を識別できるようにすることを目指す。

演習の手順は、1. 訓練用データとして犬と猫の画像をGoogle等で検索・収集する、2. 収集したデータを用いてWatson StudioでVisual Recognitionカスタムモデルを訓練する、3. 訓練したカスタムモデルが新たな画像を識別できるかテストする、4. 犬や猫以外も識別できるようにデータを収集し再訓練してテストする、となる。

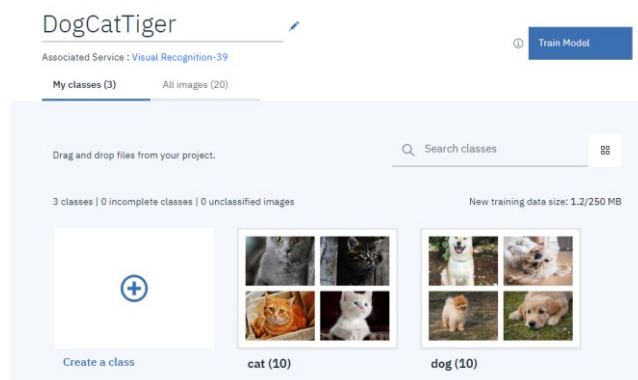


図2 Watson Studio で VR カスタムモデルの訓練

Watson StudioでVisual Recognition (VR) カスタムモデルを訓練する時の画面を図2に示す。あらかじめGoogle等の画像検索で猫の画像を10枚集めて、catという名前を付与したフォルダに入れて圧縮しcat.zipを準備する。同様にして犬の画像10枚を集めて圧縮したdog.zipを準備する。用意したモデルにdog.zipとcat.zipをドラッグアンドドロップでアップロードし、画面右上のTrain Modelをクリックすれば、与えた画像を用いてモデルが訓練される。

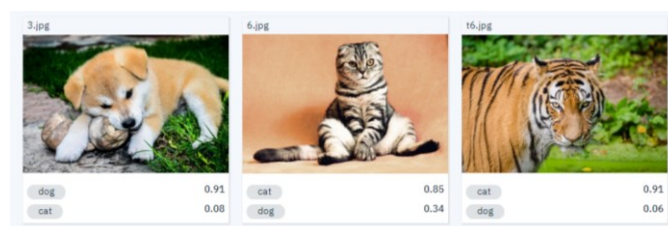


図3 訓練終了後のテスト結果例

訓練終了後のテスト結果の例を図3に示す。テストでは訓練に用いた画像以外の画像を与える。この例の場合では犬と猫の画像はそれぞれ犬と猫と識別できている。しかし、虎の画像は猫と判定されている。犬と猫でしか訓練を行っていないためである。そこで、今度は犬、猫、虎を識別できるようにモデルの再訓練を行うという課題に取り組む。以上が第5回の演習内容である。

第4回および第5回の各手順の詳細については本稿ではこれ以上述べないが、実際の授業では各手順の詳細を図解したスライドを本学の学習管理システム(LMS)で配布し、それを用いて授業の前半で演習手順を説明し、授業後半には受講生はスライドを見ながら各自のペースで実習を行っ

ている。

カスタムモデルの訓練とテストおよびデータ追加後の再訓練とテストが完了した受講生には、スクリーンショット提出課題として、それぞれの画像を正しく判別できていることを示すスクリーンショットの提出、内容説明課題として、1. 演習内容を各自の言葉で説明する課題、2. AI による画像認識が現実世界でどのように活用されているか調べて報告する課題を与えている。スクリーンショット提出課題は LMS レポート機能で、内容説明課題は LMS 小テスト機能で実施した。

2.3 訓練済みモデルを利用した Web アプリ開発演習

第 6 回および第 7 回は Node-RED と呼ばれる開発環境で Visual Recognition の訓練済みモデルを利用した Web アプリの開発を行う。Node-RED は、ブラウザベースのエディタを用いてハードウェアデバイスやオンラインサービスを接続してアプリやシステムを開発することができる開発環境であり、Web アプリや IoT システムの開発に用いられる[9]。

本演習で開発するのは、スマホで写真を撮影して送信すると、何が写っているか返信してくれる Web アプリである。本 Web アプリの動作を図 4 に示す。

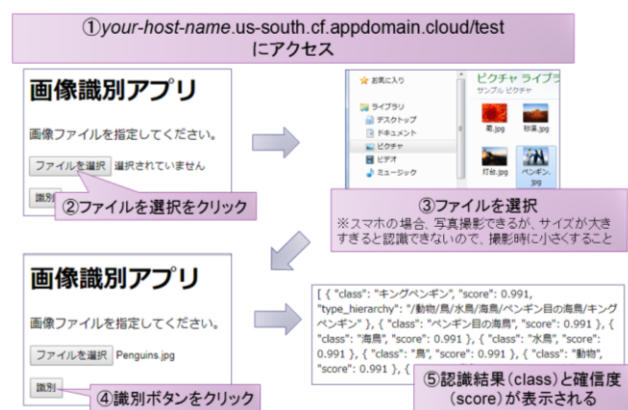


図 4 開発する Web アプリの動作

Web アプリの URL にブラウザでアクセスすると、ファイルを選択する画面が表示される。ファイル選択ボタンを押すと、PC の場合はファイルエクスプローラーが開きファイルを選択できるので、画像ファイルを選択する。スマートフォンの場合はカメラの起動も可能なため、その場で撮影した写真を選択することが可能である。その後、識別ボタンをクリックすると、認識結果が画面に表示される。ユーザから見える挙動はこれだけであるが、背後のデータの流れは図 5 のようになる。

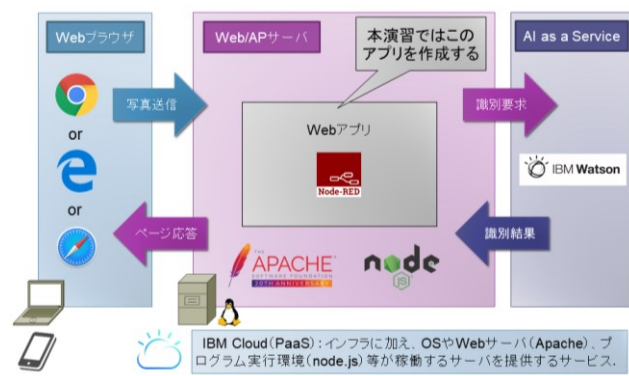


図 5 Web アプリのデータの流れ

ユーザが Web ブラウザで選択した画像データは Web サーバに送られる。画像データは必要な処理を施され、IBM Watson の Visual Recognition へと送られる。識別結果は JSON で返されるので、これを Web ページに表示して、ユーザが確認できるようにしている。この一連のデータの流れを Node-RED を用いて Web アプリとして作成する場合、データフローは図 6 のようになる。

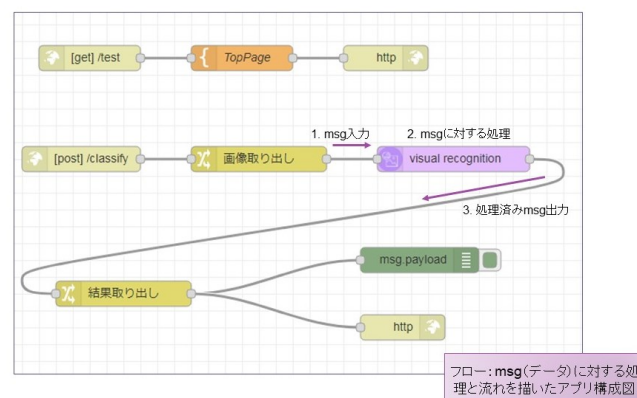


図 6 Node-RED におけるデータフロー

Node-RED では HTTP request や response の処理、データの処理、Visual Recognition のような Web サービスなど、それぞれがノードで表現されており、そのノードを接続してデータフローを作成することで Web アプリを作成できる。場合によっては各ノードにおいて詳細なコードを記述する必要があるが、アプリ全体のデータの流れをフローとして描くことでアプリの作成が可能となっている。

開発手順の詳細については本稿では述べないが、実際の授業では手順の詳細を図解したスライドを本学 LMS で配布し、それを用いて授業の前半で手順を説明し、授業後半には受講生はスライドを見ながら各自のペースで実習を行っている。

Web アプリの開発が完了した受講生には、スクリーンショット提出課題として、スマホで撮影した写真もしくは PC に用意した画像に写っている物体について Web アプリを

利用して訓練済み AI に識別させたことを示すスクリーンショットの提出、内容説明課題として、演習内容を各自の言葉で説明する課題を与えている。スクリーンショット提出課題は LMS レポート機能で、内容説明課題は LMS 小テスト機能で実施した。

なお、本演習の内容は IBM のハンズオンワークショップ [10] を参考にしている。ただし、経験の浅い大学一年生が受講生であること、Node-RED フローの作成やコードの入力自体を受講生自身ですべて行うことを考慮して、内容を簡易にしている。

また、本演習で開発するアプリでは、訓練済みモデルを利用しており、カスタムモデルを利用していない。これは、第 4 回・第 5 回のカスタムモデル訓練演習が終了していない受講生であっても第 6 回・第 7 回のアプリ開発に取り組めるようにするためである。

2.4 受講生像

2.1 でも述べたとおり、「情報学入門」は 1 年次後期に配当されており、経済経営学部 1 年生全員が受講を求められる履修指定科目である。第 1 回から第 3 回の授業でクラウドを用いたサーバ構築演習に取り組んでおり、多少なりともクラウドや HTTP 通信について慣れ親しんでいる。なお、1 年次前期の情報系科目として、必修科目の「情報リテラシー」と選択科目の「プログラミング入門」がある。

必修科目の「情報リテラシー」は、レポートや論文を書く際に必要となる知識や技能の修得を目的とする授業である。コンピュータ関連の知識や技能の育成は主たる目的ではないが、各自が持参するノート PC を活用して授業を実施しており、最低限のコンピュータリテラシーについては当該科目を通じて修得していると期待される。

選択科目の「プログラミング入門」はアシアル社の Monaca [11] というクラウド開発環境を利用したスマートフォンアプリ開発をテーマとした授業であり、約 80 名が受講した。HTML、CSS、JavaScript を用いたスマートフォンアプリの開発演習を行っているため、当該科目の受講生についてはある程度クラウド環境に対する抵抗感が無いこと、また、キーボードを使ってコンピュータに対する命令を入力することに慣れていると期待される。またそれ以外にも、一部の学生は課外活動でプログラミングに親しんでいる。

しかし、大半の学生は必修科目の「情報リテラシー」のみを受講完了したレベルである。また、本学経済経営学部の学生の多くは大学入学と同時にノート PC を購入しており、それまでの PC の使用頻度は高くないと想定される。

3. 結果

3.1 課題提出状況

筆者が担当する 2 クラス（本稿では各クラスを W, F で表す）の課題提出状況を以下に示す。スクリーンショットの提出締め切りは次回授業開始時刻までとし、以降は遅延提

出扱いとしている。説明課題については前期授業期間終了日の正午を締切としている。

W クラス登録受講生数 72 人のうち、第 5 回 カスタムモデルのスクリーンショット提出者数 46 人（期限内提出 30 人、期限後提出 16 人）、第 5 回説明課題提出者数 60 人、第 7 回 AI アプリのスクリーンショット提出者数 48 人（期限内提出 31 人、期限後提出 17 人）、第 7 回説明課題提出者数 56 人であった。

F クラス登録受講生数 71 人のうち、第 5 回 カスタムモデルのスクリーンショット提出者数 44 人（期限内提出 23 人、期限後提出 21 人）、第 5 回説明課題提出者数 55 人、第 7 回 AI アプリのスクリーンショット提出者数 37 人（期限内提出 34 人、期限後提出 3 人）、第 7 回説明課題提出者数 51 人であった。

総合すると、カスタムモデルの訓練について、期限内に提出した受講生は 37.1%、遅延提出まで含めると最終的には 62.9% となった。また、訓練済みモデルを利用した AI アプリの開発については、期限内に提出した受講生は 45.5%、遅延提出まで含めると最終的には 59.4% となった。

3.2 演習中の受講生の様子

訓練データの準備において、「犬や猫は色々な種類があるため、間違えないように違う種類の犬、猫の写真を AI に覚えさせた。」といったコメントが見られ、自分の AI を賢くするためにどのようなデータを与えればいいのか考えている様子が見られた。

テストにおいては、舌を出したかわいい表情の虎や、頭に花飾りを付けた犬でテストする受講生もおり、訓練によってカスタムモデルがどの程度汎化能力を備えたか、楽しみながら実験している様子が見られた。

再訓練について、犬や猫以外の動物も識別できるように再訓練することを求めたところ、ハリネズミやウサギ、狸で再訓練する受講生も見られた。

各自で考えながら楽しんで演習に取り組む光景が見られる一方で、演習がスムーズに進まない場面も見られた。

まず、IBM Cloud アカウント作成でネットワーク環境に起因するトラブルがあった。受講生が各自のノート PC を大学 Wi-Fi に接続して IBM Cloud アカウント作成を一斉に行ったときに、登録失敗することがあった。この事態に対して、アカウント登録だけはスマートフォンを用いて LTE 経由で行うなどの方法でその場を凌いだ。今後は演習前に自宅等であらかじめアカウントを作成するよう指示するなどの運用が必要である。

Visual Recognition では、データをまとめたフォルダ名が識別クラス名になる仕様である。処理の都合上、半角英数字のフォルダ名が望ましいが、中にはフォルダ名を日本語にする受講生がおり、識別結果が文字化けしている例も見られた。

演習に取り組んだ証拠としてスクリーンショットを提

出するように求めたが、PCでのスクリーンショットの方法がわからず、スマートフォンでPCの画面を撮影し、それを提出する者も見られた。また、ファイルを圧縮してzipファイルを作成する方法がわからない受講生が見られるなど、基本的なコンピュタリテラシーの問題が見られた。

授業期間中に Visual Recognition の仕様変更があり、それに伴い画面構成が変更された[12]。当初配布したスライドは仕様変更前のものであり、受講生が若干戸惑う場面が見られたため、後追いでスライドを修正・再配布する必要が生じた。

3.3 アンケート質問項目

ふりかえりのためのアンケートを、第7回授業終了後に各クラスでそれぞれ実施した。本稿ではWクラスで実施したアンケートから受講生の演習に対する反応を分析する。

アンケートは記述式2問と選択式4問からなる。記述式質問では、「人工知能(AI)について理解したことや人工知能(AI)に対するあなたの印象」「自由意見・感想」を求めた。

選択式質問では、「人工知能を訓練する演習」に関して、

1. 新たな発見や驚きがあった、
 2. 学習内容が理解できた、
 3. 学習内容について他者に説明できる、
 4. テーマに興味を持てた、
- の四項目のそれぞれに対して、「1. そう思わない」「2. あまりそう思わない」「3. どちらとも言えない」「4. ややそう思う」「5. そう思う」のいずれかを選択回答するように求めた。

3.4 選択式アンケート回答

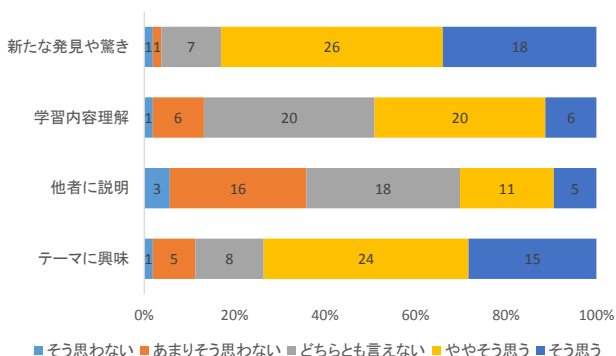


図 7 選択式アンケート回答集計結果

アンケートの回答者数は53人であった。選択式アンケート回答集計結果を図7に示す。他者説明の可否については否定的な回答の割合が肯定的な回答を上回るが、学習内容理解、発見や驚き、テーマに興味は肯定的な回答の割合が否定的な回答を上回っており、特に「テーマに興味」については7割以上、「発見や驚き」については8割以上が肯定的な回答を占める結果となった。

3.5 記述式アンケート回答

3.5.1 人工知能に対する理解や印象

回答からは、演習を通じてAIに対する印象が変わった

ことがうかがえる。いくつか回答を抜粋すると、「AIは最初からなにか出来るわけではなく、人間が知識をあたえていく必要があった」「AIは自分で考えて行動するものだと思っていたが、開発する人が情報を提供してからやっと機能する事がわかった。」「はじめは人工知能に人間の今まで行ってきた仕事が奪われるという懸念もあったが、もし人工知能が幅広い分野で活躍するようになればそれに伴い人工知能に学習させるための役割を担う人間も必要になり必ずしも人間の仕事が減るとは限らないと分かった。」などの回答が挙げられる。

元々、受講生の中にはAIが汎用的な能力を持ち、自発的に学習・行動する存在という印象を持っていた受講生も少なくないようである。しかし、訓練データ収集・カスタムモデルの訓練・モデルのテストの過程を経験したことで、データ駆動型AIにおけるデータの重要性や訓練の必要性、AIを機能させるための人間の仕事を意識するようになった様子がうかがえる。

また、「学習させる手間があるなど思ったよりAIはしてあげなければならないことが分かった。でもある程度学習させれば、なかなかの精度で当ててくれるのでそうなら便利だった。」「人間の代わりに情報を分析し、学習しながら更に高性能になっていくもので、将来社会では欠かせないものになっていると思う。」のように、AIを恐れるのではなく、AIの利便性を評価するコメントも見られた。

3.5.2 自由意見・感想

AIを訓練する演習は、興味喚起とAIの理解に役立ったようである。いくつかの回答を抜粋すると、「AIを訓練するのは楽しかったし、AIについて少しばかり興味がわいた。」「初めてAIを利用した授業をしたが、実際に作り利用することでさらに便利さなどを理解できた。」「実際にAIにデータを入れ訓練することによって、だんだんと賢くなっていくことを理解した。大量のデータを入れていくことで、さらに正確に賢くなっていく。」「人工知能を利用するのは、二回目でしたが訓練からさせるのは、初めてだったので人工知能が学習し、答えてくれたところを見て面白く感じました。」などの回答が得られた。

訓練済みAIを利用することに加えて、自分でデータを用意してカスタムモデルを訓練する演習が興味を喚起していることがうかがえる。

一方で「難しかった」「遅れをとりたくなかった。」「AIを使うようにできるまでの設定が個人的に苦労した。」「実習で資料通りにやっても出来ないときがあった。」「パソコンの操作は少し難しいところがあったが、授業が進んでいくにつれて、全体を通して何をしているのかがわかっていった」といった回答もあり、操作や作業の面で負担が多いと感じている様子も見られた。

4. 考察

課題提出状況で見たとおり、カスタムモデル訓練演習の課題提出率は 62.9%、Web アプリ開発演習の課題提出率は 59.4%となった。また、選択式アンケートの回答集計結果や自由意見・感想から、本演習は多数の受講生に新たな発見や驚きをもたらし、興味喚起に成功していることがわかる。また、人工知能に対する理解や印象についての記述回答からは、演習を通じて AI に対するイメージが具体的にあり、AI におけるデータの重要性や訓練の必要性、AI を機能させるための人間の仕事を意識するようになったことがわかる。概念学習にとどまらず、実際に社会で利用されている AI を訓練する体験学習を行った効果が現れていると見られる。

一方で、操作や作業の面で大きな負担を感じている受講生がいたことも自由意見・感想からわかる。作業面での負担があまりに大きい場合、受講生の課題に取り組む意欲が削がれる。データを用意してカスタムモデルを訓練する方法は Web UI より CUI を利用する方がシンプルで手数も少なくなり作業負担は減るが、CUI に慣れていないと何をやっているか理解しがたい状況になる。どのような方法が良いかは今後の検討課題である。

今回の演習を通じて、AI を機能させるための人間の役割について理解が進んだ様子であった。しかし、受講生は AI にデータを与えた以降の内部処理を見ているわけではないため、受講生にとって AI はブラックボックスのままである。学習用データを人間が与える必要があるが、データを与えると特徴を学ぶよくわからない存在という理解になっている可能性がある。AI 概説講義を通じてニューラルネットワークの構造や機能について聞いてはいるものの、自分が Web UI でデータを与えた対象が、開発者によって記述された、クラウド上のサーバで動いているプログラムであるという実感なり認識には至っていない可能性がある。

結局のところ、AI をよりよく理解するためには、内部処理の隠蔽されたクラウド AI サービスを使うのではなく、深層学習等のプログラムを自分の手で書くことが望ましい。果たしてそれを一般情報教育の一環として実施可能なのか、どうすれば可能か、については今後の課題である。

訓練用データ収集の過程で Google や Bing での画像検索を行っているが、あわせて著作権の学習機会を設けるべきであった。機械学習における他者の著作物利用は著作権法 30 条の 4 により認められるが、利用行為地が日本であることが必要である[13]。利用行為地が海外である場合は、当該国の法律が適用される。また、別の観点の話であるが、本演習を通じてインターネットで取得した画像を利用することに慣れてしまい、機械学習以外の場面、受講生がレポートやプレゼンテーション資料を作成する場面等で、著作権に配慮せずに他者の著作物を利用する誘因となる可能性

も否定できない。抑止のためにも、著作権の学習をあわせて実施することが必要である。

5. 関連研究

人工知能・機械学習を学生にどのように教育すべきかに関する先行研究は少ない。

Evangelista らは、高校生を対象とした人工知能入門として、機械学習のいくつかの側面に関する直感的理解を促進するためのアクティブラーニング活動を提案している[14]。

Curzon らは、小学校段階から人工知能・機械学習について教育するためのアンブラグドな学習活動のアイデアや教材を提案している[15]。

Fiebrink は、アーティストを対象とした機械学習の教育のための MOOC コースを立ち上げ、それを利用して、2 年間のプログラミング学習経験のある大学 4 年生を対象に反転学習型の教育を実践している[16]。

これに対し筆者は、プログラミング未経験の文系大学生 2 年生を対象に、人工知能とその活用に対する興味喚起を目的とした人工知能スマートフォンアプリ開発演習を提案実践した[17]。

本研究は、[17]で課題となっていた、人工知能を学習・訓練するフェーズを体験として演習に取り入れ、アプリ開発演習と併せて大学 1 年生を対象に教育実践を行い、その教育的効果を考察したものである。

6. おわりに

本研究では AI を訓練する演習と訓練済み AI を利用した Web アプリ開発演習を大学一年生対象に実践した。演習を通じて受講生は AI におけるデータの重要性や AI を訓練することの必要性、AI を機能させるための人間の仕事を意識するようになったことがアンケート回答からわかった。概念学習にとどまらず、実社会で利用されている AI を用いた体験学習が有効であると言える。ただし、AI の内部処理についての受講生の理解の程度は定かではなく、この理解を促進する学習の実現は今後の課題である。

参考文献

- [1] 独立行政法人情報処理推進機構 AI 白書編集委員会：AI 白書 2019, 角川アスキー総合研究所, (2019).
- [2] Frey, C. B., and Osborne, M. A.: The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?, Technological forecasting and social change, Vol.114, pp.254-280 (2013).
- [3] 野村総合研究所：ニュースリリース 2015/12/2, 入手先 <https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202_1.pdf> (参照 2020-02-20).
- [4] 鈴木 大助：一般情報教育における Amazon Web Services を利用したサーバ構築演習, 情報処理学会研究報告, Vol.2020-CE-153, No.22, pp.1-6 (2020).
- [5] IBM: Watson, available from <<https://www.ibm.com/watson/jp-ja/>> (accessed 2020-02-19).
- [6] IBM: IBM Cloud ライトアカウント, available from <<https://www.ibm.com/jp-ja/cloud/lite-account>> (accessed

2020-02-19).

- [7] IBM: Watson Visual Recognition, available from
<<https://www.ibm.com/watson/jp-ja/developercloud/visual-recognition.html>> (accessed 2020-02-19).
- [8] IBM: Watson Studio, available from
<<https://www.ibm.com/jp-ja/cloud/watson-studio>> (accessed 2020-02-19).
- [9] OpenJS Foundation: Node-RED, available from
<<https://nodered.org/>> (accessed 2020-02-19).
- [10] Aya Tokura: Watson Visual Recognition のカスタムモデルを使った Node-RED 画像認識の Web アプリ作成, available from
<<https://speakerdeck.com/ayatokura/watson-webapp>> (accessed 2020-02-19).
- [11] アシアル株式会社: Monaca, 入手先<<https://ja.monaca.io/>> (参照 2020-02-19).
- [12] IBM Watson Visual Recognition: 「Custom Object Detection (カスタム物体検出)」機能を提供開始 | IBM ソリューション ブログ, available from
<<https://www.ibm.com/blogs/solutions/jp-ja/ibm-watson-visual-recognition-custom-object-detection/>> (accessed 2020-02-19).
- [13] 柿沼太一: 著作権法改正が AI 開発に与える「衝撃」, available from
<<https://h-bank.nict.go.jp/seminars/download/20190306/taichikakimuma190306.pdf>> (参照 2020-02-19) .
- [14] Evangelista, I., Blesio, G., and Benatti, E.: Why Are We Not Teaching Machine Learning at High School? A Proposal, In 2018 World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC) IEEE, pp.1-6 (2018).
- [15] Teaching London Computing: Learning about Machine Learning, available from
<<https://teachinglondoncomputing.org/machine-learning/>> (accessed 2020-02-19).
- [16] Fiebrink, R.: Machine Learning Education for Artists, Musicians, and Other Creative Practitioners. ACM Transactions on Computing Education, DOI:10.1145/3294008 (2019).
- [17] 鈴木大助: 一般情報教育における人工知能を利用したスマートフォンアプリ開発演習, 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ, Vol. 5, No.3, pp.51-57 (2019).