

## 3Dキャラクターの動作模倣から技能習得を図るWEBアプリの設計

秋山 政樹\* 菅家 久貴\*\* 本多 満正\*\*\*

\*秋田県潟上市立天王中学校

\*\*秋田県八郎潟町立八郎潟中学校

\*\*\*愛知教育大学

### Design of a Web Application that Aims to Acquire Skills by Imitating the Movements of 3D Characters

AKIYAMA Masaki \* , KANKE Hisataka \*\* and HONDA Mitsumasa \*\*\*

\* *Katagami City Tenno Junior High School, Miyanoushiro 3, Katagami City, Akita, Japan*

\*\* *Hachirougata Junior High School, Yashafukuro Oshimada 107, Hachirougata Town, Akita, Japan*

\*\*\* *Department of Living Environment Studies, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan*

近年の少子化にともなって中学校技術科の専任教員は不足傾向にあり、中学生にもものづくりの教育が充分に行き届かなくなることが危惧される。こうした一方で、人工知能の教育利用への期待が高まり、AIを活用した教材が普及し始めている。筆者らは、このような状況下において、中学生のものづくり技能の学びを支援する製作実習支援AIアプリを開発してきた。

本研究では、これまでの製作実習支援AIアプリ開発の知見を基に、AIが判別した工具類の操作法を3Dキャラクターが熟練者の作業行動を忠実に再現し、学習者がそれを模倣しやすく解説するWEBアプリを設計した。作成したプロトタイプを試行したところ、動作および操作性上の問題がないことを確認した。

Keywords : ものづくり技能 AI 3Dキャラクター モーションキャプチャー

#### I はじめに

本研究の目的は、中学校技術・家庭科 技術分野（以下、技術科）において、中学生が製作実習時に使用する工具類の適切な使用方法について、熟練者の作業行動を観察してものづくりの技能を学べるWEBアプリケーションソフトウェア（以下、WEBアプリ）を設計することである。本アプリの特徴は、中学生が初めて手にする名称も知らない工具類について、人工知能（以下、AI）がその外観から工具を特定して解説を行うことである。そしてその解説は、操作方法や加工対象物の固定方法および作業姿勢等を学習者が模倣しやすくするために、全周360度、どの方向からも観察可能な3Dキャラクターが実際の動作を再現しながら行うことである。

今回、WEBアプリを構築するための手法や仕様等を検討し、作成したプロトタイプの動作および操作性上の問題がないことを確認したので報告する。

#### II 技術科教育とAI教材

近年、技術科においては専任教員不足の問題が深刻になっており、筆者らは、中学生にもものづくりの技能を育む十分な指導ができない学校が増えてくるのではないかと危惧している。一方で、AI技術の進展にともなってAIの教育利用への期待が高まり、初等中等教育段階においては、AIを活用した教材を取り入れようとする取組みが進んでいる。それは、教員の業務負担軽減を図ることで教員が生徒と関わる時間を確保できることや、子どもの学びをモニタリングして個別最適な学びへの支援ができるようになること等々、様々な効果があるからである<sup>1)</sup>。

実際に、教育現場には数学や英語、国語といった、いわゆる“5教科”向けのAI教材が急速に普及してきている。それらの多くは、主として教科内容の宣言的知識を習得させることを目的として、AIが与えたドリル形式や穴埋め問題形式の教材に対する学習者の解答の正否を自動判定し、学習の指針等をアドバイスす

るように設計されている。ところが、技術科においては、身体動作をとともう道具・工具類の操作法等、手続きの知識の習得を促すような AI 活用の教材は見当たらない。

そこで筆者らは、AI 技術を活用して、中学生がものづくりの技能を自力でも学べるようにしたいと考え、これまでに「Tool Usage Guidance AI」(以下、「TUG」)と称する製作実習支援 AI アプリを開発してきた(写真1)。「TUG」は、生徒が使用するタブレット端末の内蔵カメラで捉えた工具類を、AI がリアルタイムに判別し、その操作法等を解説する動画を提示してものづくりの学びを支援する。電子工作の授業向けに開発した「TUG」を活用する授業を試行したところ、およそ7割の生徒が、教員による説明や演示がなくても、はんだ付けの技能を自ら習得可能であるとの知見を得た<sup>2)</sup>。



写真1 「TUG」の様子

### Ⅲ 問題の所在

このように筆者らは、生徒が名称も知らず初めて手にする工具類の操作法を戸惑うことなく自力で学べるようにするために、「TUG」の改良を重ね、カスタマイズ性を高めて多様な製作学習場面に適用できるようにしてきた<sup>3)</sup>。

ところが、写真2に示すような一方向からのみ撮影した解説動画については、工具類の持ち方や作業時の姿勢を、個々の疑問に応じた方向から自由に観察したいと思っている生徒が6割程度いることが分かった。そこで、解説用のコンテンツには、多方向から作業行動を観察できるようにする等、提示方法を検討し直す必要があると考えた。

また、「TUG」は、Windows パソコン上で動作する仕様であり、GIGA 端末上にアプリをコピーして起動させていた。そのため、生徒が「TUG」をネットワークからダウンロードする操作に戸惑ったり、一斉操作

による回線への負荷が許容量を上回るためか、途中でハングアップしたりすることがあり、生徒の負担を回避する必要もあった。

上記から、「TUG」の仕様を全面的に見直して、AI システムを新たに構築し直すことが必要となった。



写真2 解説動画の例

## Ⅳ 技能習得支援WEBアプリの設計

### 1 設計の基本コンセプト

アプリ設計の基本コンセプトとして、以下の2点を設定した。

- (1) 工具類の操作や作業姿勢を学習者の望む自由な方向から観察できるようにする。
- (2) インターネット上で動作する WEB アプリとして配布できるようにする。

(1)に関しては、上下左右全方位360度の動画が撮影できる装置として、全天球カメラ(360度動カメラ)がある。しかし、これは閲覧者がカメラの置かれた場所にいるかのように“好きな方向”を見ることができただけであり、“好きな視点”から見ることはできない。すなわち、例えば被写体のすぐ横や背後に回り込むようにして見るようなことはできない。そこで、3DCG 技術を用いて自由な視点から見る事ができる3Dキャラクターを活用しようと考えた。

(2)については、WEB アプリとして配布することによって、アプリをダウンロードする学習者の手間を省くだけでなく、Windows 以外のさまざまな器機で使用できるメリットがある。今回、WEB サイトの公開に必要なデータの格納場所として、「GitHub」と呼ばれるプログラム等をオンラインで共有・管理できるサービスを利用することにした。

開発する WEB アプリの基本動作としては、①学習者がクラウドにアップロードした工具類の画像を AI が判別し、②判別結果に対応する工具の解説コンテンツの閲覧を促す。そして、③リクエストに応じて解説用のコンテンツを提示し、④学習者はマウス(あるいはタッチパッドやタッチスクリーン)操作によって視

点を変更して観察できるようにすることを目指す。これを分かりやすくした動作イメージを図1に示す。



図1 WEBアプリの動作イメージ

## 2 3Dキャラクターの制作

近年、モーションキャプチャーやボディトラッキングと呼ばれる技術が注目されている。これは、人間やモノの各部の位置情報をセンサーやカメラで捉えて動きをデジタル化する技術である。そして、この技術は、例えば立体的で複雑な表情や動きを表現できる3DCGを用いた3Dキャラクターと組み合わせることで、ゲームやメタバース、バーチャルYouTuber(VTuber)等のアバター(仮想空間上に登場するユーザーの分身)としても広く活用されている。

そこで、熟練者の作業行動を、モーションキャプチャー技術を用いて3Dキャラクターで再現すれば、学習者が全周360度、どの方向からも自由に観察できるようになり、ものづくり技能の学びが深まると考えた。このために、熟練者のアバターとして、図2に示す3Dキャラクターを制作した。制作には3Dキャラクター制作アプリ「VRoid Studio」を用いた。キャラクターを若い女性に設定した理由は、我が国がものづくり分野での女性の活躍促進を政策として掲げていることから<sup>4)</sup>、中学生に対して、ものづくりで活躍する女性のイメージをもたせやすくしたいと考えたことに加え、同年代のキャラクターに親しみをもって学ばせたい

と考えたからである。



図2 制作した3Dキャラクター

## 3 モーションキャプチャーの方式選定

モーションキャプチャーは、複数個のセンサーを身体の頭部、両肩、両腕等の主要箇所に取り付けてセンシングする慣性式と、カメラを用いて身体の主要箇所にマーカーを付けてセンシングする光学式の2つに分類される。昨今、こうした技術は身近なものとなり、慣性式の安価な機材は5万円以下で購入できるようになった<sup>5)</sup>。また、スマートフォンのカメラを用いて、マーカーを付けなくてもセンシングできるアプリも普及してきている<sup>6)</sup>。しかし、手指を含む全身のモーションキャプチャー(フルボディトラッキング)を行うには、こうした簡易的な方法では難しく、高額な専用機材が必要である。

本研究ではフルボディトラッキングを安価に実現させるために、全身の大まかなモーションキャプチャー用にMicrosoft社の「Azure Kinect DK」(写真3)と、手指の細やかなモーションキャプチャー用にUltraleap社の「Ultraleap 3Di」(写真4)とを使い分けることにした。これらはどちらも光学式であり、身体へのマーカーを必要としないものである。



写真3 Microsoft社の「Azure Kinect DK」





写真4 Ultraleap社の「Ultraleap 3Di」

#### 4 工具類の3Dモデル化

仮想空間には、さまざまな物体を配置することができる。こうした物体は3Dモデルや3Dオブジェクトと呼ばれている。例えば、3Dキャラクターが仮想空間で工具類を操作するように見せかけるためには、その3Dモデルが必要となる。近年は、3Dキャラクター用の衣装やアクセサリ、自動車や家具、食器や文房具等々様々な3Dモデルをインターネット上からダウンロードすることができる。ただし、すべてを無料で利用することはできないため、必要に応じて工具類の3Dモデルを作成することにした。

3Dモデルの作成方法としては、3Dモデリングソフトを使って、一から作成する方法と、実物の外形を3Dスキャナーで取り込んで作成する方法とがある。本研究では、工具類を3Dスキャナーで取り込んで3Dモデリングソフト「Blender」で加工・修正して取り扱うことにした。使用する3Dスキャナーは、3DMakerpro社の「Mole」を選定した。



写真5 3DMakerpro社の「Mole」

#### 5 仮想空間の制作

上記機材を使用して、今回開発するWEBアプリの中核となる3Dキャラクターを動かす仮想空間を作成

するために、Unity Technologies社の「Unity」を使用することにした。「Unity」は、ゲーム開発ツールとして知られているが、3D開発機能やアニメーション機能が充実しているため、医療分野や自動車産業分野でも活用されている。

「Unity」を選定した理由は、作成できる仮想空間に、現実世界と同じように光や風、重力等を容易に設定できるからである。例えば、3Dキャラクターが身体を動かした時の頭髪や衣服の揺れ、あるいは物体が落下する様子について、細かなプログラムを記述することなく表現することができる(図3)。こうした機能によって、学習者が3Dキャラクターを観察する視点を変えた時の工具類や材料に当たる光の様子や、加工作業で生じる切粉等も表現することができるため、現実世界と遜色のない臨場感をもって学ばせることができると考えた。

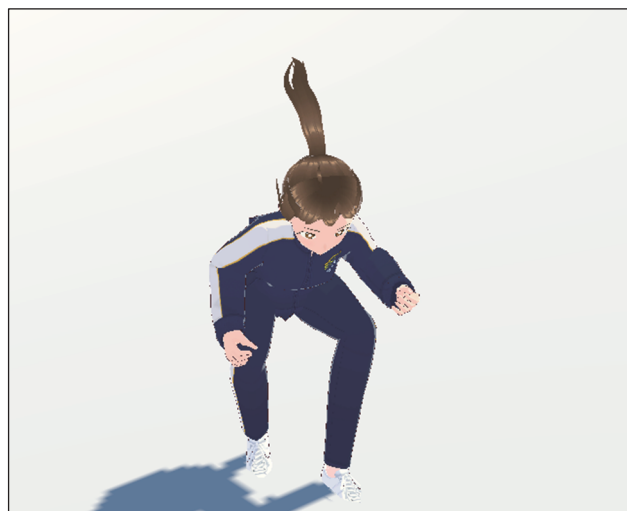


図3 仮想空間で重力と慣性力がリアルに働く様子(キャラクターがジャンプして着地した瞬間)

#### 6 WEBアプリの公開方法

Webアプリの画像認識AIは、プログラミング言語「Python」で開発した。「Python」でWebアプリを作成するための仕組み(フレームワーク)としては、「Flask」や「Django」がよく知られている。今回は、画像認識AIをWebアプリとして最も簡単に実装できる「Streamlit」を使用することにした。「Streamlit」は、Webアプリの画面構成やカメラ画像のクラウドへのアップロード等、本研究に必要な基本的な機能が簡単に利用できるようになっている。

一方で、WEBアプリの中核となる3Dキャラクターを動かす「Unity」で作成するプログラムもWebアプリとして機能させる必要がある。「Unity」は、開発プログラミング言語が「C#」であるが、作成したアプリはWindowsやAndroid等のさまざまな環境で動作するように変換する機能が整っている。今回、Webサイト



上に 3D グラフィックスを描画する技術である「WebGL」を使用することで Web アプリとして配布できるようにした。

### V WEBアプリのプロトタイプの動作テスト

今回作成した WEB アプリは、基本動作確認用のプロトタイプであるため、画像認識 AI の要となる学習済みモデルとして「Resnet50」と呼ばれるモデルをそのままの状態で使用した。そのため、ピアノやキーボード、マウス等の 1000 種類は判別できるが、技術科で用いる工具類を学習させていないため、判別できる工具類はハンマーやドライバー、電動ドリル等に限られる。

プロトタイプの実験テストは、設計の基本コンセプトに基づき、表 1 に示す 4 項目について、秋田県内の X 中学校で使用している GIGA 端末 (OS:Windows10、CPU:N4020、RAM:4GB) で行った。

表 1 動作テストの項目

- ①クラウドにアップロードした画像を AI が判別できるか。
- ②判別結果に対応するコンテンツの閲覧を促すメッセージを提示するか。
- ③ユーザーリクエストに応じた解説用の 3D コンテンツを提示するか。
- ④マウス (タッチパッド) 操作によって解説用の 3D コンテンツの視点を変更できるか。

①と②については、アップロードした「ハンマー」の写真画像に対して、判別精度を示しながらその解説をするコンテンツの閲覧を促すメッセージを表示することができた (図 4)。

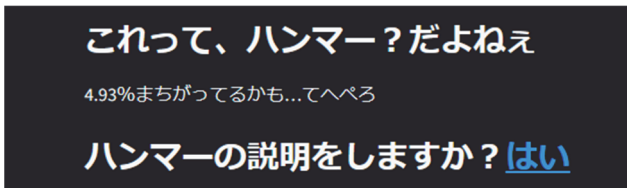
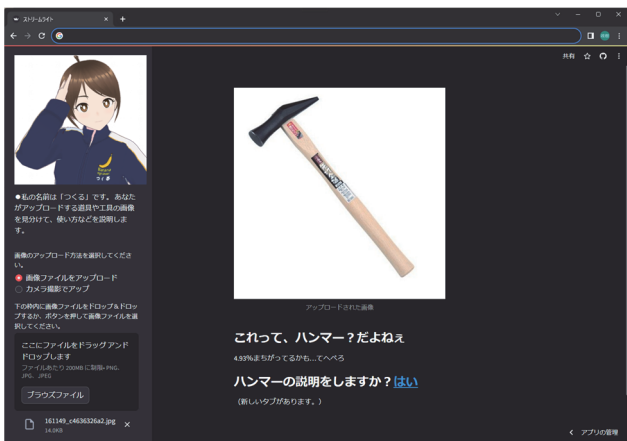


図 4 画像を判別し解説コンテンツの閲覧を促す画面

③については、図 5 に示すように解説用の 3D コンテンツを、タイムラグをほとんど感じさせずに WEB ブラウザー上に提示することができた。④については、マウス操作でフルスクリーンモードへ切り替えたり、ドラッグ操作で自由に滑らかに視点を変えたりすることができた (図 6)。

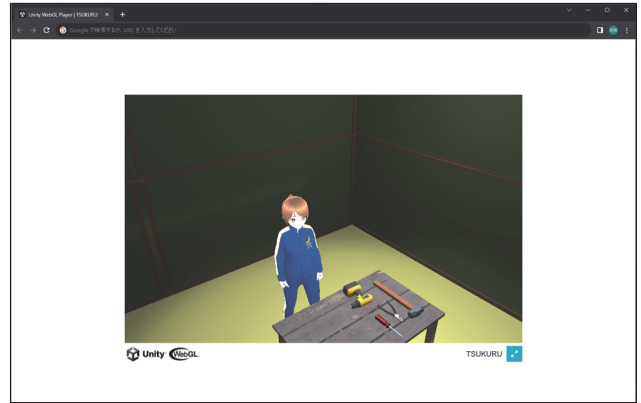


図 5 WEB アプリが提示する解説用の 3D コンテンツ (初期画面)



図 6 マウスのドラッグ操作で視点を変更した様子 (フルスクリーンモードの画面)

### VI まとめ

今回、筆者らがこれまでに開発してきた「TUG」と称する技能習得支援 AI アプリに係る知見を基に、モーションキャプチャー技術を用いて 3D キャラクターが熟練者の作業行動を再現して、工具類の操作法を学習者が模倣して学べる WEB アプリを設計した。画像認識 AI および 3D キャラクターを動かす仮想空間を WEB 上に展開する方法で作成したアプリのプロトタイプは、当初の設計どおり、①学習者がクラウドにアップロードした画像を AI が判別し、②判別結果に対応する工具の解説コンテンツの閲覧を促すことができること。および、③リクエストに応じて解説用のコンテンツを提示し、④ユーザーのマウス (タッチパッドあるいはタッチスクリーン) 操作によって視点を変

更して観察できること、の4つの条件を満たすことを確認することができた。

## Ⅶ おわりに

本研究は、中学校技術科専任教員の不足傾向によって、中学校におけるものづくり教育の停滞が危惧される一方で、AIの教育利用への期待が高まる中、中学生が自力でもものづくり技能の学びができるよう、画像認識 AI と 3D キャラクターとを組み合わせた技能習得支援の WEB アプリを設計した。作成した WEB アプリのプロトタイプの動作テストをしたところ、生徒用の GIGA 端末で意図したとおりの動作ができ、操作性上の問題もないことを確認することができた。

今後は、WEB アプリの実用化に向けて、AI に技術科で使用するさまざまな工具類を学ばせた上で、その解説用コンテンツを実装していきたい。そして、実際の製作学習場面における活用を通して、教育効果を検証しながら改良を重ねていきたい。

## 参考文献

- 1)令和2年度文部科学省委託「先端技術の効果的な活用に関する実証」学校における先端技術活用ガイドブック(第1版):株式会社内田洋行 教育総合研究所、2021
- 2)秋山政樹・菅家久貴・本多満正:中学校技術科の製作実習支援 AI システムの開発とその教育効果、愛知教育大学教職キャリアセンター紀要第8号、pp.95-100、2023
- 3)秋山政樹・本多満正:製作学習のつまづき防止への AI 活用による技能習得支援システムの開発、第41回日本産業技術教育学会東北支部大会講演論文集、pp.13-14、2023
- 4)2022年版ものづくり白書(ものづくり基盤技術振興基本法第8条に基づく年次報告):経済産業省、2022
- 5)例えば SONY 社の mocopi
- 6)例えば「TDTP」や「ミチコン Plus」

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 23H05140 の助成を受けたものです。