

## 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

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

### Development of an AI system to Support Production Training in Junior High School Technical Courses and Its Educational Effect

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 \*\*\*

我が国は、「ものづくり人材」の育成に力を注いでおり、初等・中等教育段階からのものづくり教育への期待が高まっている。しかし、近年の少子化に伴う教員数の削減で、中学校技術科の専任教員は不足傾向にある。このため、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が危惧される。そこで、筆者らは、中学生のものづくりの技能を豊かに育めるよう、技能習得を自動支援する AI システムを開発した。具体的には、タブレット端末等の内蔵カメラを利用し、生徒が手に取る工具類を画像認識 AI でリアルタイムに判別して、その使用法を解説する動画を提示する AI システムである。今回、授業実践での活用を通して、その教育効果を明らかにした。

Keywords : 技能習得支援 画像認識 AI ものづくり GIGA 端末 技術科教育

#### I はじめに

##### 1 研究の目的と問題の所在

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べき工具類の選択及び適切な使用方法を調べる活動を効果的に支援するシステムの開発である。本システムの特徴としては、人工知能（以下、AI）を活用して道具の外観から道具を特定し、使用方法等を提示する等の学習支援をする。試行的授業の結果、システム操作の困難もなく、個人の作業進度に応じた知識の提示ができる等の授業運営上の効果を確認したので報告する。

さて、我が国は、ものづくり基盤技術振興基本法（平成11年法律第2号）に基づいて、「ものづくり人材」を育成するための様々な施策を講じている。教育の分

野においても、ものづくりにおけるデジタルトランスフォーメーション（DX）等の成長分野を主軸とする次世代を担う人材育成が求められるようになった。そして、小学校においては、「理科」「図画工作」「家庭」、中学校では、「理科」「美術」「技術・家庭」、高等学校では、「芸術」「家庭」を中心に、各教科の特質を踏まえた特色あるものづくり教育の推進が求められている<sup>1)</sup>。このように、我が国は、初等・中等教育段階からの「ものづくり人材」の育成に期待をかけている。

ところが、近年の少子化による生徒数の減少に伴う教員数削減によって、授業時数配分の少ない技術科教員の新規採用者数が極端に少ない自治体が多くみられるようになった。このことは、大学の教員養成にも影響し、技術科教員養成課程を廃止したり、縮小したりした大学も見られるようになった。このため、技術

科専任教員の不足傾向が続いている。その結果、技術科においては、美術科や家庭科と同様に、専門の教員免許状をもたない教員が臨時免許状で授業を受け持つことが多くなってきている。こうした教員が、技術科の教科内容を十分に理解した上で、各種工具類の正しい使用法を身に付け、その要点を押さえてものづくりの技能を生徒に教えることは困難である。したがって、専任の技術科教員が配置されていない学校の中学生は、ものづくり技能を適切に学ぶことは難しいと考えられる。

筆者らは、このような問題意識から、中学生のものづくり技能を豊かに育むために、各種工具類の使い方を自力でも学べるような手立てを講じて「ものづくり人材」の育成に寄与したいと考えた。

## 2 ものづくり技能の自己学習の可能性と課題

中学校入学後の1年生に対する技術科のガイダンスの授業において、学習に使用する工具類に関するレディネス調査のために、実物の工具類を示しながら、それらの名称と用途を口頭で尋ねた。その結果、小学校の図画工作科等の学習で使用経験のある「のこぎり」や「電動糸のこ盤」「やすり」「きり」等の工具については、どの生徒もよく答えることができていた。しかし、それ以外のものづくりの経験が乏しいためか、金属加工に用いる「金切りばさみ」や「弓のこ」、電子工作に用いる「はんだごて」や「ニッパー」「ラジオペンチ」等の工具類については、どの生徒もおよその用途を想像して答えることはできていたが、名称を正しく答えられなかった。

少し以前までは、上記のように工具名を知らなければ、それを検索キーワードにしてインターネット上でその使い方等を調べることができなかった。ところが、近年は「Google レンズ」のように、スマートフォンやタブレット端末等の内蔵カメラで撮影すれば、その写真画像をAIが判別してインターネット上の情報を検索できるサービスが無料で公開されるようになった。こうしたサービスを使えば、その工具について何も知らない生徒でも、写真を撮影するだけで簡単に工具の名称等の情報を得ることができる。そして、それを手がかりにして、工具類の使い方や材料加工の方法等を解説する適切な情報を検索して閲覧することができれば、ものづくり技能の自己学習は可能であると思われる。

筆者らは、実際にこうした方法で工具類の使い方を調べることができるかを試してみた。例えば「ニッパー」については、その名称がすぐに表示されることが分かった(写真1)。しかし、同時にそれを販売するショッピングサイトやメーカーのリンク名等の情報も数多く表示された。このため、初学者にとっては、目的とする工具の使い方を学べる情報に辿り着くま

で、混乱したり、余計な手間がかかったりすることが予想される。そして、せっかく得られた情報の中には、中学生に対する説明として不十分であると思われるものや、やや誤った使い方を紹介する動画コンテンツ等もあることが分かった<sup>2)</sup>。

このように、現状では工具類の名称さえ知らない者でも、ものづくり技能の自己学習を進められる可能性は、一定程度はあると言える。しかし、中学生が効果的に学習を進められるようにするには、信頼性のあるコンテンツを、迷うことなく手早く検索して学べるようにすることが課題である。



写真1 「Google レンズ」で「ニッパー」を検索したスマートフォンの画面

## II 製作実習支援AIシステムの設計と開発

### 1 製作実習支援AIシステムの仕様

筆者らは、中学生が戸惑いなく自らの力でものづくりの学習に取り組めるようにするためには、ICTによる支援が有効であると考えた。そこで、「Tool Usage Guidance AI」(以下、「TUG」と称するAIシステムを開発した。具体的には、タブレット端末等の内蔵カメラから入力される工具類の映像を画像認識AIがリアルタイムに判別し、学習者にその解説動画の視聴を促す。「TUG」は、筆者らの勤務校とその周辺校に「GIGAスクール構想」によって導入されたWindowsのタブレット端末(以下、GIGA 端末)でも動作できることを前提にして設計した。「TUG」の主な仕様を表1に示す。

表1 「TUG」の主な仕様

- 1)AI がリアルタイムで工具類を判別し、その名称を画面表示して使用法等の解説動画の閲覧を促す機能をもつ。
- 2)端末へのインストール作業をせずに使用できる実行可能型ファイルである。
- 3)スマートグラスでも使用できる。
- 4)起動時に使用するカメラを選択できる。

1)については、学習者ができるだけ製作実習に集中できるように、GIGA 端末内蔵カメラのシャッターボタンを操作する手間を省くようにした。具体的には、AI が学習済みの工具類を認識すると、画面上にその使用法を解説する動画の視聴を促すメッセージをリアルタイムで表示し、画面をタップ（あるいは Enter キーを押下）するだけで動画視聴ができるようにした。2)については、アプリのインストール作業をしなくても使用できるよう、実行可能型のファイル形式（exe ファイル）として配付するようにした。GIGA 端末には、フルプルーフとして多くの使用制限が設定され、新規アプリのインストールができないことが多いことと、学習準備の手間を省くためである。3)については、カメラ画像のディスプレイへの表示／非表示を切り替えられるようにし、スマートグラスでも使用できるよう、拡張性をもたせた。めがね型のウェアラブルデバイスであるスマートグラスは、ハンズフリーで映像を見たり、カメラ撮影ができたりすることから、最近では、作業者に対する遠隔指示等、業務利用でも活用されている。4)については、GIGA 端末内蔵のインカメラ・アウトカメラ、あるいは他の外部カメラのいずれを使うかを選択できる機能をもたせた。使用する端末の機種の違いや、外部カメラの接続状況等の違いに対応できるようにするためである（写真2）。

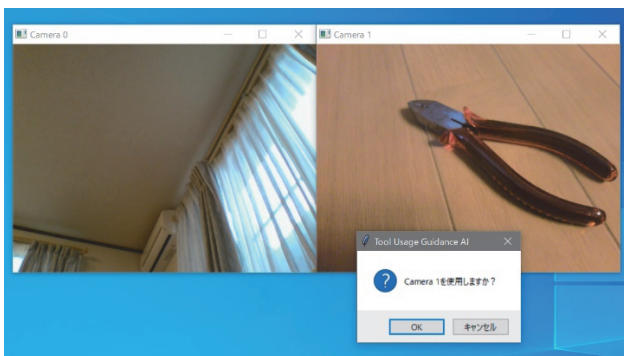


写真2 起動直後の使用カメラ選択画面

## 2 転移学習による工具類判別用の学習モデル

画像認識 AI を簡便に作成する方法としては、例えば Google 社が提供している画像解析サービスの「Vision AI」や「Video AI」等の API（Application Programming Interface）を自作のプログラムに呼び込ん

で利用する方法がある。前者は静止画像を、後者は動画画像を解析してオブジェクトを高い精度で判別する機能をもっている。ただし、これらは有料のサービスであるため、公立の中学校現場には導入しにくいと考えた。

無料で画像認識 AI を作成する方法としては、「VGG16」や「Mobile Net」という畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network）を自作のプログラムに読み込ませる方法がよく知られている。

「VGG16」と「Mobile Net」は、どちらもパソコンの「キーボード」や「マウス」から「グランドピアノ」「フラミンゴ」に至るまで、1000種類の画像分類が可能である<sup>3)</sup>。ただし、これらは、「ニッパー」や「ラジオペンチ」のような技術科で使用する工具類を学習していないため、正しく判別できない。

本研究においては、こうした学習済みモデルに対して、新たに判別させたいオブジェクトを再学習させる「転移学習」と呼ばれる方法で画像認識 AI を構築することにした<sup>4)</sup>。「TUG」に読み込ませる学習済みモデルは、動作速度の遅いGIGA 端末でも使用できるよう、「VGG16」よりファイルサイズの小さい「Mobile Net」を転移学習させて工具類を判別させるようにした。1つのオブジェクトを学習させるためには、少なくとも80程度の画像データが必要であり、これらはインターネット上からダウンロードして利用することにした。学習モデルの作成と「TUG」の開発には、無料で使用できるプログラミング言語「Python3.9」を用いた。

## 3 工具類の解説動画

中学生が工具の使用法を学ぶための解説動画は、筆者らが自らビデオ撮影して作成することにした。工具操作のポイントを分かりやすくするために、画面上に字幕とそれを読み上げるナレーションを付加する。動画の制作は、動画編集ソフト「DaVinci Resolve」で行い、ナレーションの音声データは、テキスト読み上げソフトウェア「VOICEVOX」を使用して作成することにした。「DaVinci Resolve」と「VOICEVOX」は、どちらも無料で使用できるソフトウェアである。

作成した解説動画は、「TUG」が判別した工具に基づいて Web ブラウザを自動起動させて、ストリーミング方式で閲覧できるようにした。ストリーミングとは、データをダウンロードしながら再生する技術であり、動画配信サイト「YouTube」をはじめとする多くの動画配信に採用されている方式である。動画データが端末に保存されないため、容量の小さな GIGA 端末のストレージを圧迫することがない。GIGA 端末には、「YouTube」へのアクセス制限が設定されていることも多いため、本研究では無料で使用できる「Microsoft Stream」をストリーミングサーバーとして使用することにした。



### Ⅲ 「TUG」の教育効果の検証

#### 1 学習題材の検討

「TUG」が中学生のものづくりの技能形成に与える効果を検証するために、取り扱う学習題材について検討した。技術科において作業実習を伴ってのものづくり技能を学ぶ場面は、木材や金属・プラスチック等の材料加工及びその組み立てに関する学習、電子部品の組み立てを主とする電子工作に関する学習、作物栽培に関する学習等多くある。

どの実習においても道具や工具の操作ミスによる怪我や火傷の危険性は排除できないが、本研究においては、学習題材として電子工作を取り上げて教育効果を検証することにした。その理由は、「TUG」を通常の教室での活用の他に、家庭での自習と遠隔授業とを組み合わせるハイブリッド授業での活用も想定した場合、騒音やほこりを立てず、コンパクトな教材で狭いスペースでも学びやすいと考えたからである。

#### 2 調査対象の生徒

「TUG」の授業運営上の効果を検証するために、A県内のX中学校の2年生1学級27名を調査対象とした。これまでの技術科の学習で、教育向けマイコンボード「Micro:bit」を利用した「LED」の遠隔点灯実験等を「ブレッドボード」上で行っており、「LED」の特性と電流制限抵抗を直列接続する点灯回路の基本構成を学んでいる。また、はんだ付け作業を伴う電子工作を経験したことのある生徒はおらず、そこで必要な基本的な工具名も知らない状況であるため、学習前後の変容が顕著に分かりやすいと思われる。

#### 3 学習内容と授業プラン

「TUG」を活用して電子部品のはんだ付けを学ばせる1時間の授業プランを作成した。具体的には、「ユニバーサル基板」上に電子部品をはんだ付けし、「ニッパー」で余分なリード線を切断するまでの工程を学ばせる。今回、生徒には「LED」と「抵抗器」の取り付けをさせることにした。授業プランを表2に示す。

表2 授業プラン（1時間）

主な学習活動	指導上の留意点
<b>【導入】</b> ・ サンプルのプリント基板を観察し、ブレッドボードとの違いを話し合う。  ・ 学習課題を設定する  <b>【学習課題の例】電子回路を組み立てる練習をしよう</b>	・ 部品がはんだ付けされているプリント基板を電子黒板で拡大写真を提示する。  ・ 生徒の言葉を引き出して学習課題を設定する。
<b>【展開】</b> ・ 使用する材料と工具を準備する。 ・ 「TUG」の説明を聞く。	・ 名称や使用法を敢えて伝えられないようにする。 ・ 画面タッチだけで操作で

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「Microsoft Teams」から「TUG」をダウンロードして起動する。</li> <li>・ 「TUG」を使いながら回路を組み立てる。</li> <li>・ グループ内で互いのはんだ付けを見比べる。</li> </ul>	きることを伝える。 ・ ダウンロードフォルダに移動して「TUG」を起動させるように伝える。 ・ ダウンロードが上手くいかない場合はUSBメモリを使用して支援する。 ・ 「はんだごて」による火傷に注意させる。 ・ はんだの形やリード線の状態を視点にして見比べさせる。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <b>評価</b>                          部品のはんだ付けとリード線の処理ができてきているか                     </div>
<b>【終末】</b> ・ 学習を振り返る。 ・ 次時の学習内容を確認する。	・ GIGA 端末に入力させる。 ・ キット教材を組み立てることを伝える。

簡単な電子工作に必要な主な技能としては、表3に示すようなものが挙げられる。これらのうち、上記授業プランで重要視される技能は、1)のはんだ付けと、2)の不要なリード線の切断である。3)~5)の「ドライバー（ねじ回し）」「ラジオペンチ」「はんだ吸い取り線」については、次回以降の学習で取り扱うことにした。6)の「回路計」については、他の単元で既に取り扱っていたため、「TUG」で学ぶ内容から割愛した。そこで、「TUG」では、「はんだごて」「ニッパー」「ドライバー」「ラジオペンチ」「はんだ吸い取り線」の5種類の工具類の使用法を学べるよう、それぞれの使用法の解説動画が提示できるようにしておいた（写真3、写真4）。また、「TUG」の配付は、生徒が普段使い慣れているリモートワークコラボレーションツール「Microsoft Teams」で行うことにした。

表3 簡単な電子工作に必要な主な技能

1) 「プリント基板」等への電子部品のはんだ付け 2) 「ニッパー」を用いた配線等の切断 3) 「ドライバー（ねじ回し）」を用いたネジの締結 4) 「ラジオペンチ」を用いたリード線等の折り曲げ 5) 「はんだ吸い取り線」等を用いたはんだの除去 6) 「回路計」を用いた導通等の試験
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



写真3 「はんだごて」を判別している「TUG」の様子

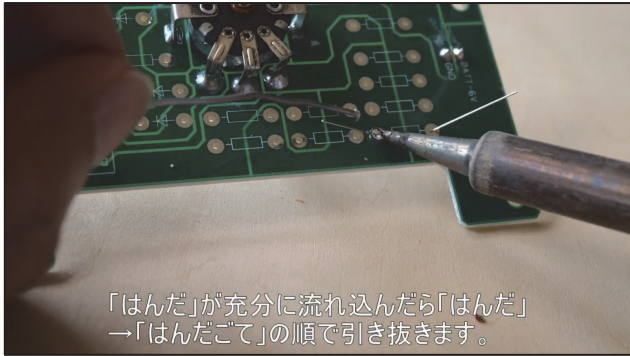


写真4 解説動画の例

#### 4 授業の実際

授業の導入部では、製作見本として、教員が「LED」と「抵抗器」をはんだ付けしたプリント基板を電子黒板で生徒に提示した。ほとんどの生徒が、プリント基板を初めて見たと言い、グループ内で「ブレッドボードみたいに部品は抜けないんじゃない?」「どうやってつけてるの?」と話し合っていた。そして、本時は、製作見本のように、プリント基板に電子部品の取り付け練習をすることを確認した後に、生徒には「はんだごて」「はんだごて台」「ニッパー」「はんだ」「ユニバーサル基板」「抵抗器」「LED」を与えた。その後、「Microsoft Teams」で「TUG」をダウンロードする方法と起動方法、操作方法について説明した。

授業の展開部では、火傷に注意することと、いつでも質問を受け付けることだけを伝え、「抵抗器」と「LED」のはんだ付け作業に取り掛かせた(写真5)。解説動画を視聴して、「はんだごて」の取り扱いには特に注意が必要であることを知り、どの生徒も真剣に動画を見ながら作業を進めていた。また、何度も解説動画の再生を繰り返して、工具の持ち方等を確認しながら慎重に作業を進める様子も見られ、工具の使用法について教員に質問する生徒はいなかった(写真6)。

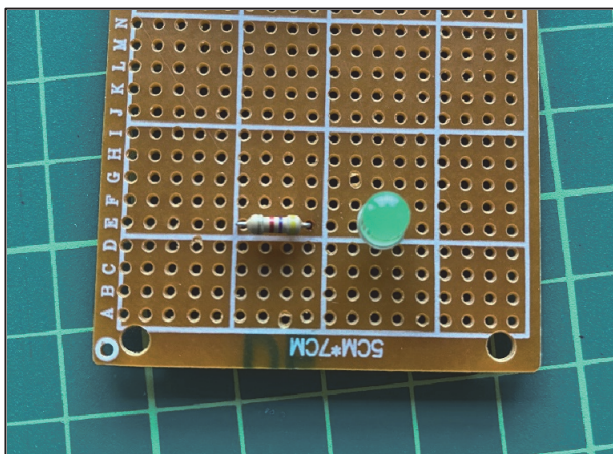


写真5 生徒が取り付けした抵抗器とLED



写真6 「TUG」で工具の持ち方を学ぶ生徒

学習を振り返る授業の終末部では、「TUG」に対する感想として、「カメラで写すだけで道具の名前と使い方が分かるのがすごい」「こんな便利なものがあるなんて驚いた」「動画が分かりやすい」等と述べていた。「TUG」の教育効果に関する感想としては、「動画のよううまくできなかった」「難しかった」と述べる生徒が何人かいる一方で、「道具の名前や使い方が分かって、上手に使えるようになってうれしかった」「知らなかった道具でも、動画を見てはんだ付けができるようになった」「最初は怖いと思ったけど、火傷もせずに安全にできた」「何度も動画を見て、はんだ付けを成功させた」等の感想を述べる生徒が多かった。

#### IV 結果

調査対象生徒の27名が行ったはんだ付け箇所について調べた。今回使用した「ユニバーサル基板」は、2.54mmピッチのドットタイプであり、はんだ付け箇所となるランドの間隔が狭い。このため、初心者には、部品の取り付けランドの周辺に誤って「はんだ」を付けてしまうことがある。そこで、「はんだごて」を扱う技能については、電子部品がしっかりとはんだ付けされているかどうかだけを評価することにした。「ニッパー」の取り扱い技能については、余分なリード線が適切に切断されているかどうかについて評価した(写真7)。

はんだ付けについては、全体の7割に当たる27名中19名が、正しく作業することができていた。他の8名は、はんだ付けに失敗していた。その内訳は、「はんだごて」の当て過ぎでランド周辺を焼損させた生徒が2名、「はんだ」を必要以上に盛りすぎた生徒が2名、「はんだ」が少なすぎた生徒が3名、基板の表裏を間違えてはんだ付けした生徒が1名であった。

「ニッパー」による余分なリード線の切断について



は、全員が満足のいく仕上げをすることができていた。実習中の観察においても、誤った握り方をしたり、力任せに引きちぎるような切断をしたりする生徒を見かけることはなかった。

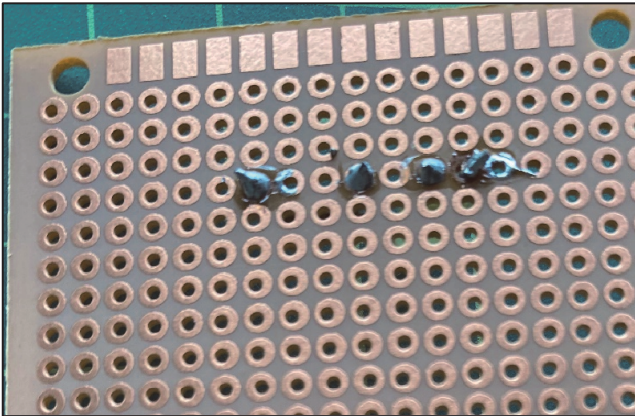


写真7 周囲のランドに半田が付いてしまった例  
(ニッパーによる処理もできている)

以上のように、中学生に「TUG」を使用させながら製作実習をする授業の結果、7割程度の生徒が、電子部品の取り付けに必要な「はんだごて」の取り扱い技能と、「ニッパー」の取り扱い技能を自ら身に付けたことが明らかになった。また、「TUG」の操作に戸惑う生徒もなく、個人の作業進度に応じた学習が可能であるとの効果を確認した。

## V おわりに

本研究は、画像認識AIが工具類を判別し、その使用方法等を解説する動画を提示する「TUG」と称するAIシステムを開発した。技術科の製作実習の授業で「TUG」を活用させながら電子部品のはんだ付け技能を習得させる試行的授業を実施したところ、生徒は、教員の工具操作に関する具体的な説明を必要とすることなく、自ら技能形成を図ることができた。このことから、「TUG」は、個人の作業進度に応じた知識の提示ができる等の授業運営上の効果があると認められた。

「TUG」は、オブジェクトを判別するための学習済みモデルと、その解説動画があれば、感覚運動系の技能育成をはじめとするさまざまな教育活動への活用が期待できる。今後は、学習モデル作成用のプログラムと「TUG」を一体化させ、誰でも「〇〇の技能習得支援システム」にカスタマイズして「TUG」を利用できるように改良したい。また、他教科を含めた授業実践での試行を重ねて研究成果を波及させていきたい。

## 参考文献

- 1) 令和3年度第208回国会(常会)提出ものづくり基盤技術の振興施策、第208回国会(常会)提出、p265(2021)
- 2) 例えば「YouTube」や「NHK for School」内の動画コンテンツ
- 3) 「VGG16」は、オックスフォード大学の「VGGチーム」が開発した。「MobileNet」は、Google社が開発した。
- 4) 我妻幸長：あたらしい人工知能技術の教科書、株式会社翔泳社、pp.428-448(2021)

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 22H04146 の助成を受けた。