

研究課題	「オンライン技術室」で個別最適な学習環境の構築とその段階的な拡張の試み
副題	～都市型菜園、ファブラボ、ロボット制御などを活用して～
キーワード	中学校技術科、ICT活用、STEAM教育、栽培実習の遠隔観察
学校/団体名	私立学校法人芝学園 芝中学校・高等学校
所在地	〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番37号
ホームページ	学校ウェブサイト： https://www.shiba.ac.jp/ 本研究で開設したウェブサイト： https://gi.jutsu.sakura.ne.jp/

1. 研究の背景

①技術・家庭科（技術分野）の学習における課題

技術・家庭科（技術分野）（以降、技術科）では、「材料と加工の技術」「生物育成の技術」「エネルギー変換の技術」「情報の技術」の4分野を学習することとなっている^{*1}。限られた週1時間の授業において、学習した内容の定着を図ることは難しく、前時の既習事項を確認できずに授業（主に実習）が進んでしまうことが懸念される。作品を製作する実習の場合、授業を欠席したり進度に遅れがあったりする生徒は授業時間外に対応せざるを得ない状況があり、生徒・教員の負担につながっている。1人1台端末が常用されるようになった今、学習内容における知識・技能の理解を支援する役割として端末を活用されることが期待される。

②本校における技術科の抱える課題と背景

本校は、1クラス42～45名、学年で300名を超える男子校で、他の科目と同様に技術科の授業もクラス単位で実施している。そのため、授業中の個別支援・対応が難しく、実習の作業が授業中に終わらない生徒は放課後の時間に対応することが常態化しており、一人ひとりの個別最適な支援ができる仕組みの構築が急務である。

さらに、栽培実習については立地的な課題があり、学校の敷地に畑として利用できる露地がなく、周辺は高層ビルが多く十分な日照時間が確保しにくいから、これまで本格的な露地栽培を伴う実習が困難であった。今回の研究では、校内の普段生徒が立ち入れない空間を利用して、新たに圃場を整備した。しかし、授業時間以外の出入りができない敷地のため、授業時間外の観察・栽培管理を生徒が行うことが困難である。

温度や湿度センサを活用した定量データの記録をとまなう栽培実習の実践例^{*2}はこれまでも報告があがっているが、見た目を記録する実践はこれまでにないことから、定性評価の支援となる圃場の様子を画像で記録できるシステムの開発と、それを活用した授業実践は同様の背景を抱える学校や観察記録を伴う栽培実習を行う学校に新たな選択肢として提案できると考えられる。

2. 研究の目的

- ① 習熟度の異なる多様な生徒へ、ICTを活用して個別に最適化された学習環境を構築するため
- ② 敷地に制約のある都市部の学校で栽培実習をより充実させるため

③ 生徒が各自の端末で遠隔操作できるロボットを使った実習の可能性を探るため

①について、「オンライン技術室」のウェブサイト情報を用意し、生徒の様々な習熟度の差を支援できるか検証する。ウェブサイトがどの場面でどのように支援につながったかを調査するため、技術科の題材の中から、3Dプリンタ及びレーザー加工機等によるデジタルものづくりができるファブラボ(FabLab)的環境を活用した授業実践を行う。これは、「設計」「製作」「評価」のプロセスを従来の手加工を主としたものづくり活動よりも短期間で経過することができるため、本研究で測定したい効果の有無を判断しやすいと考えられる。「材料と加工の技術」と「情報の技術」の分野を横断し、3D-CADを用いた設計の実習を行う。

②について、ネットワークに接続した遠隔観察システムを構築し、栽培実習における観察を「オンライン技術室」上から行えるようにする。このシステムを活用した授業実践で、システムの有用性と課題、拡張性を検討する。

③について、IoT技術の発達により、自動運転や遠隔操作の技術が進んでいる。身近な課題解決のためにこうした技術を体験できる実践例を検討するため、ロボットアームの制御を行う教材開発と実践を検討する。

以上のうち、①②について、授業時間外に生徒が「オンライン技術室」のコンテンツをどのような場面でどのように活用したかを検証し、インターネットを使った授業支援の可能性を探る。

また、②について、栽培実習における遠隔観察システムを開発することで、中学校技術科に留まらず、植物を育てる授業実践全般で栽培記録の自動化や、生徒の観察活動のデジタル化が可能か検証する。

3. 研究の経過

時期	取り組み内容	評価のための記録
2025年3月	①「オンライン技術室」のウェブサイト開設準備を進める。授業で扱う内容のうち、公開できるものについては「オンライン技術室」に随時アップロードし、生徒向けのMicrosoft Teamsからリンクを共有する。	
2025年4月	②授業実践「3Dプリンタを使用するネームプレート製作」を行う。中1で行った後、中3でも実施する。	Microsoft Forms(以下Forms)で授業アンケートをとる
2025年5月	③中2の授業の中で、都市型菜園(幅1.5m×長さ4.0m×高さ0.8mの木枠4基のプランター)の圃場整備を行った。また、Raspberry piを用いた遠隔観察システムの開発を始めた。	
2025年6月	④ロボットアームの開発と、有識者の方による課外講座の依頼を手配した。また②の実践における改善点を反映	Formsで授業アンケートを取

	し、同様の授業実践を中3でも行った。	る。
2025年9月	⑤中2の授業実践「遠隔観察システムを活用した栽培実習」を開始する。	Formsで授業アンケートを取る。
2025年12月	⑥中3の授業「レーザー加工機を使用する低融点合金の鋳造用鋳型製作と鋳造実習」を開始する。	Formsで授業アンケートを取る。
2026年3月	開発したロボットアームを使って、有志の生徒に向けた講座を開講する。	

4. 代表的な実践

授業実践の前に、以下の条件で「オンライン技術室」のウェブサイトを構築した。

- ・学外のネットワークや個人所有の端末からでもアクセス可能であること、低速回線でも閲覧に支障がないように配慮した。
- ・画像とテキストベースで、動画は外部サイト（Stream等）で閲覧する設計とした。
- ・学校端末 i-Filter の除外設定をした。

① 中1「3Dプリンタを使用するネームプレート製作」

3Dプリンタを使用した製作では、技術科の実習における「製作」の時間を短縮し、「設計」と「評価」を含めた1題材の期間を短くすることができる。設計の場面ではPCの操作に習熟度の差がでることが明らかであるため、本研究における実践として適している。授業で使用する資料をウェブサイト化した上で、生徒が「オンライン技術室」のコンテンツをどの程度活用したか、Formsを用いて調査した。なお、この授業は内容を改良して中3でも行った



図1 作品例



図2 授業の様子

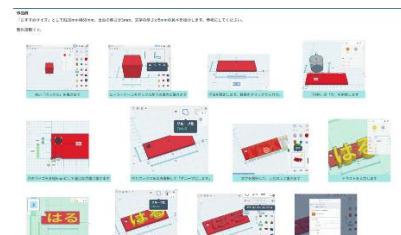


図3 公開したサイトのイメージ

② 中2「遠隔観察システムを活用した栽培実習」

生徒が自由に入出入りできない場所に圃場を整備した上で、カメラによる作物の遠隔観察システムを構築する。授業時間の枠外にシステムを活用して生徒・教員が作物の様子や土の状態等を観察・評価できるか、また栽培管理の補助として機能するか、授業実践を通じて検討した。遠隔観察システムは、入手性のよい Raspberry Pi と純正のカメラモジュールで構築した。使用したサ

ービス等については「5. 研究の成果」で後述する。



図4 整備した圃場の様子



図5 設置したカメラとマイコン



図6 圃場から見た外の景色

③サーボカメラ付きロボットアームの研究開発

本校では、授業外の課外講座として年3回の「芝漬けゼミ」の授業外講座を開講する。その枠組みを活用し、3月20日にロボットアームの制御を行う講座を予定している。このロボットアームは以下のコンセプトで開発されたものである。そのシステムを作られた安達人美氏による講座である。このロボットアームは以下のようなコンセプトで本研究グループと安達氏とで開発した。

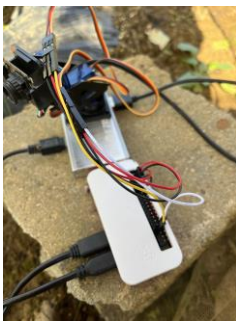


図7 ロボットアーム(上)と
raspberry pi(下)



図8 2軸のサーボモータとカメラ

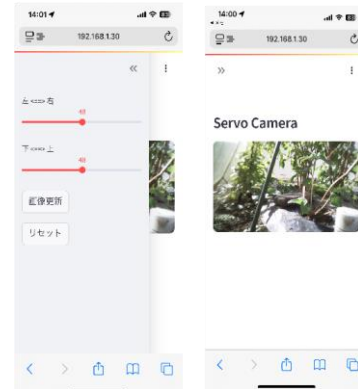


図9 Python プログラムで組まれた操作盤とサーボカメラで見た景色

<コンセプト1>サーボモータ2個を使った2軸(x軸、y軸)型のロボットアームで、まず、サーボモータのしくみから理解できる教材である。

<コンセプト2>教材として活用できるよう、できるだけ安価なサーボモータで構成されている。

<コンセプト3>このロボットアームの先にカメラを取り付け、画像撮影できるようにしており、将来的に「AIによる画像認識」にも対応するものである。カメラ画像は、本年度の実践では、ダイコンの栽培の際の遠隔監視には非常に役立ったもので、これからの「スマート農業」と言われる「栽培学習」には必要な要素となってくる。

<コンセプト4>このロボットアーム+カメラはRaspberry Piで制御されている。技術科による「計測・制御」の内容を取り込んでいる。

<コンセプト5>プログラムはPythonで記述でき、中学校での「情報・技術科」への移行、さらに、高等学校「情報I、情報II」へ連続性を考慮したものとする。

ロボットアームの開発、講座の開催により、教科「技術」から新しい「情報・技術科」への道標となる「機械学習」、「AIによる画像認識」、「スマート農業」、「制御学習」、「Pythonのプログラミング」、「情報」への発展が期待される。

5. 研究の成果

本研究を進めるにあたって、(1) 環境の整備が進んだと (2) 授業実践をしながらのカリキュラム開発・整備がされたと (3) 栽培学習における遠隔監視システムによる生徒及び教師の新しい学びの形成されたと (4) 次期 STEAM 教育用のシステムの開発がされたという成果があった。

(1) 環境の整備

①本研究の実践の土台となる、「オンライン技術室」ウェブサイト(図10)を公開した。このウェブサイトは、全生徒にむけて公開し、授業中と放課後の時間を問わず利用してよいこととした。



図10 ウェブサイトの様子
<https://gijutsu.sakura.ne.jp/>

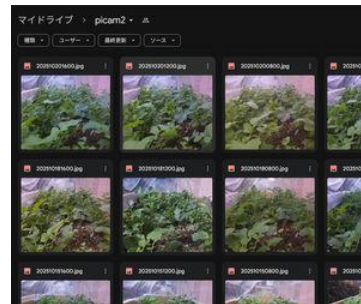


図11 遠隔観察システムの画像をアップロードするクラウド (Google drive)

② 栽培実習における遠隔観察システムについてハードウェアについては以下の構成で開発をした。

マイコン：Raspberry Pi zero 2 W
 カメラ：純正 Camera module V2
 ネットワーク：モバイル Wi-Fi ルーター
 電源：ポータブル電源 (806Wh) +ソーラーパネル(100W)

マイコンとカメラを接続したものを圃場のプランターに各2台ずつ、計8台設置した。消費電力は常時電源 ON で 10Wh 程度、雨天が続く時期は必要に応じて予備の 500Wh のバッテリーを校舎から持ち寄り、ポータブル電源の追加充電を行った。

ソフトウェアについては、撮影とサーバーアップロードを行うプログラムを用意し、OS の cron 機能で3時間おきに撮影する設定とした。サーバーへのアップロードは、cron のサービスを利用し、Google ドライブへ撮影した画像をアップロードすることで、生徒が閲覧できる状態に構築した。実践を進めていく中で、生徒から「温度や湿度を計測したい」という要望があり、温湿度センサ DHT-20 を用いた計測にも対応し、毎時計測した値を確認できるサイトを用意した。

(2) **授業実践をしながらのカリキュラム開発・整備**

「オンライン技術室」のウェブサイトを用いた授業実践により、習熟度に応じた多様な生徒への支援が図れるようになった。特に、3D プリンタを使用した作品製作の授業では、長期欠席の生徒も自宅からデータを提出することで、学習に参加することができた。

教師側も、(3) で示すようにアンケート結果からより良いカリキュラム開発・整備を進めながら、リアルタイムで生徒と教師と情報交換を図ることができた。

生徒が「オンライン技術室」のウェブサイトをどの場面で活用したか、ある1クラスを対象にアンケートをとったところ41名から回答がありその結果を表1に示す。

表1 3Dプリンタを使用するネームプレート製作(授業実践②)の事後アンケート

設問	1:かなり活用した 2:多少活用した 3:あまり活用しなかった 4:まったく活用しなかった			
	1	2	3	4
設問①授業中の実習時間	12 (29.3%)	19 (46.3%)	7 (17.1%)	3 (7.3%)
設問②授業時間外での作業(学校内)	2 (4.9%)	15 (36.6%)	19 (46.3%)	5 (12.2%)
設問③授業時間外での作業(自宅など学外)	3 (7.3%)	12 (29.3%)	22 (53.7%)	4 (9.8%)

(3) **栽培学習における遠隔監視システムによる生徒及び教師の新しい学びの形成**

表2にMicrosoft Formで収集した生徒の栽培記録(記述)例を示す。「芽が生えた(生徒A)」、「虫食い(生徒D)」といった観察結果が見られ、これらは授業時間外に送信されていることから、生徒は授業時間外に遠隔で観察を行っていたことがわかった。また、虫害等の状況の監視にも有効であることがわかった。虫害に関する記録が見られた時点で生徒の株に防虫ネットを張ることにしたら、「自分のものがどれかわからない(生徒B)」といった記述が見られたことから、生徒各自の株に名札をつけることとした。このように、生徒が授業時間以外においてシステムを活用した観察活動は、各自の栽培管理だけでなく、全体指導の改善にも有効であることが明らかとなった。

表2 生徒の栽培記録(記述)例

生徒	送信時刻	記述
A	14:53	芽が出ている
B	14:43	自分のものがどれかわからない
C	14:57	芽生えた 自分のやつに名札付ける 土がかわいてた
D	14:46	虫食いがひどい

E	21:52	育ち具合に差があった
---	-------	------------

栽培の中間時点で、システムの有効性と改善に関するアンケート調査を行った。有効性の調査は4件法、改善に関する調査は自由記述によって行った。表3にシステムの有効性に関する回答結果を示す。設問①「自分の株の生育状況の確認しやすさ」と設問②「クラス全体の生育状況の確認しやすさ」に関して肯定的な回答が大半を占め、本システムは個別の生育状況観察だけでなく、全体の生育状況の把握に有効性が認められた。これは、前述のような、ウェブフォームによる生育状況の把握が、全体指導の改善につながったと考えられる。設問③では、実習の「ふりかえりのしやすさ」についても肯定的な回答が大半を占め、成果物の記録がデータとして残ったことが、栽培のふりかえりに有用であったと考えられる。

表4にシステムの改善に関する記述例を示す。写真の見え方や情報量の不足に関する記述が見られた。これは、本システムが定点カメラによる画像を出力しているため、撮影角度や距離が一定であることや、映像ではないことで不足感が生じたものと考えられる。また、灌水等の栽培管理作業自体を自動化したほうが良いという記述や、光量監視に関する意見も見られた。これらについては今後の課題とする。

表3 システムの有効性に関する回答結果

設問	1:とても効果があった 2:効果があった 3:あまり効果がなかった 4:まったく効果がなかった			
	1	2	3	4
設問①クラス全体の生育状況の確認しやすさ	40 (34.5%)	58 (50.0%)	16 (13.8%)	2 (1.7%)
設問②自分の個体の生育状況の確認しやすさ	33 (28.4%)	51 (44.0%)	25 (21.6%)	7 (6.0%)
設問③ふりかえりのしやすさ	54 (46.6%)	47 (40.5%)	11 (9.5%)	4 (3.4%)

表4 システムの改善に関する記述例

生徒	記述
F	写真だけでなく、映像や、中継映像の機能をつける。
G	様々な角度から見れるようになると良い。
H	自動水やり機。
I	日光を浴びている場所がわかるシステム。

(4) STEAM 教育用のシステムの開発

本年度のサーボカメラ付きロボットアームの開発を進める中で、次年度の新しいカリキュラム

となる「スマート農業」及び「AI 画像認識」の基礎となる、「機械学習」、あたらしい遠隔監視「栽培学習」、Pythonプログラミングによる「制御学習」となる「情報・技術科」への新しいアプローチの準備も行われた。

6. 今後の課題・展望

ウェブサイトを軸とした授業実践と学習支援については、WEB ページと Microsoft Teams の併用による学習支援で ICT の利活用が進み、生徒の支援の充実が図れた。一方で、ウェブサイトは教師から生徒へ一方通行の情報共有であることから、生徒による後輩のためのコンテンツ製作をふりかえり活動に取り込む等、より学習者に近い目線での情報共有が課題である。

「スマート農業」で近年注目されているように、情報技術と栽培の分野は今後の成長課題であり、本実践研究でも「観察」の場面では一定の効果があったものの、カメラを動かすことや画像認識による栽培管理の支援、水やりの自動化といった生徒から発出された課題をテーマに、今後の授業実践を検討していきたい。

7. おわりに

本実践研究では、中学校技術・家庭科(技術分野)における授業を運営していく上での個別最適な学習支援、ICTの効果的な利活用、急速な発展を遂げる情報技術を生かした授業開発を目指す上で実際に授業実践を行いながら様々なデータと今後の検討事項を得ることができた。

本研究の機会を与えていただいた公益財団法人パナソニック教育財団と、対面・オンラインを通じてご指導いただいた金城学院大長谷川元洋先生、同チームの先生方に深く感謝の意を表す。

8. 参考文献

- ・※1 中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説技術・家庭編 (文部科学省、2017)
- ・※2 三浦利仁：スマート農業システムの開発と授業実践：データを活用し栽培の最適化・効率化を目指すトウモロコシの栽培実践, 中等教育研究紀要 / 広島大学附属福山中・高等学校 63 巻, pp. 91-96 (2023)