

On Lessons in Making Bronze Mirrors Using
Augmented Reality Technology as Production
Teaching Material in Junior High School
Technology and Home Economics (Technology
Education)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-12-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 青木, 麟太郎, 室伏, 春樹, 紅林, 秀治 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00029261

中学校技術・家庭科（技術分野）における AR を活用した 銅鏡製作の授業

On Lessons in Making Bronze Mirrors Using Augmented Reality Technology
as Production Teaching Material in Junior High School Technology
and Home Economics (Technology Education)

青木 麟太郎¹, 室伏 春樹², 紅林 秀治²

Rintaro AOKI, Haruki MUROFUSHI and Shuji KUREBAYASHI

(令和 4 年 11 月 30 日受理)

ABSTRACT

We describe an educational curriculum that uses AR as production teaching material after casting a bronze mirror in a junior high school technology class. We checked if students' impressions are changed or not through AR after lessons. As a result, we found that our curriculum allows students to think that planning and creating carefully are important in metal working. Also, we found that students thought that applying AR for working process allowed them to check their design and ideas easily.

1. はじめに

日本では IoT やロボット, AI, ビックデータ等の先端技術を活用し, 新たな価値や商品, 仕事等を生み出す社会 Society5.0^[1]を目指している。そのため, 普通教育としての技術教育においても, 先端技術を活用し, 新たなものを創造する力を育成する必要があると考える。

紅林^[2]は普通教育としての技術教育において, 新たなものを創造する力を育成するため, 設計の過程を中心にすえ, ものづくりをシステムづくりと捉え直す技術教育を提案している。この提案では作品を製作した後, 製作した経験や知識を基に作品を構想し, 学習成果として製図を行う流れになる。しかし, この提案は最後に製図したにもかかわらず, 製作品を実際に作らないことに対し, 指導者が抵抗を感じる問題点があると思われる。また中学校学習指導要領技術・家庭編技術分野^[3]では改訂前後の授業時数に変化がなかった。そのため, 「A 材料と加工の技術」の学習内容において再度, 製図を基に製作させる時間を設けた場合, 他の学習内容の授業時数が少なくなるため, 指導者にとって再度の製作活動を行うハードルが高いと予想される。そこで, 先端技術を活用し, 製作時間より短い制作時間において, 学習成果を製図でない方法で具体化し, 具体化した物を現実世界で確認することができれば, この提案に抵抗を感じる教員が減るのではないかと考えた。

¹ 福山平成大学経営学部経営学科

² 技術教育系列

中学校学習指導要領技術・家庭編技術分野^[3]では先端技術の活用事例として、「A 材料と加工の技術」(2)で「課題の解決策を具体化する際には、3D CAD や 3D プリンタを活用して試作させることも考えられる」と明記されている。しかし、3D プリンタで実寸の模型を印刷する場合、印刷時間を要するため、すべての生徒が技術分野の授業内で 3D データを 3D プリントで印刷するのは難しい。そこで、3D データを印刷時間なく確認できる方法として AR に注目した。

技術教育に活用した AR 教材は、稲の生育過程^[4]や電気回路^[5]、プログラムの成否^[6]を視覚化し理解を促す目的で開発されている。「A 材料と加工の技術」での AR 活用では竹澤ら^[7]と小杉ら^{[8][9]}の研究がある。竹澤ら^[7]は中学生を対象に、3D CAD で制作させた 3D データを AR に変換させ、製作物のイメージを具体化させる授業を行っている。小杉ら^{[8][9]}は現職教員を対象に、3D CAD ソフトで制作させた 3D データを AR に変換する活動の指導も困難さが高くないとの調査結果を得て、紅林^[2]の提案した技術教育への AR 活用を提案している。しかし、両者の報告^{[7][9]}では「A 材料と加工の技術」において木材加工の授業での活用が検討されている。木材加工による作品製作は技術教育として、接合方法や材料・構造の強度などを学習しやすい利点がある。しかし、接合方法や木目などの材料による条件は、学習後の新たなものを創造する活動に制約をもたらすのではないかと考える。つまり、材料や手作業によらず、自由自在な形の作品(3D データ)を構想し AR で確かめる学習体験を通し、技術・技能がない人(生徒)でも、手作業によらない自由自在な作品を創造できることを印象づけ、技術による問題解決を選択肢にする敷居が下がるのではないかと考えた。そこで、中村ら^[10]が開発した「鑄造の知識や技術の学習だけでなく、ものづくりに必要な作業の大切さ、楽しさおよびうれしさを体験できる教材」^[11]の銅鏡製作を題材として選定した。これは手作業の大切さを体験できるからこそ、力がある手作業の不要な学習体験をした時、生徒の印象に残りやすいと考えたためである。本研究では、銅鏡製作した経験を踏まえ、構想した金属製品を AR に出力する授業の結果について述べる。

2. 研究の目的と位置づけ

本研究の目的は中学校技術・家庭科(技術分野)の授業において銅鏡製作を行った後、AR による作品の構想で終わる教育カリキュラムを行った時、生徒のものづくりへの印象がどう変化するかを明らかにすることである。そのために以下の内容を確認する必要があると考える。

- I. 銅鏡製作から AR 制作の流れによる生徒の学習観の変化
- II. 先端技術を用いたものづくりを活用したいと思うようになるか
- III. 先端技術を用いた作品の活用を考えることができるか

上記の I に関しては、AR 制作で終わる学習活動を通し、ものづくりの中で構想や設計を重要視した発想へ変化するのかを確かめるために検討する必要があると考えた。また検討にあたり、一連の学習活動すべてを体験した生徒は、途中の学習体験を欠席し、時間をかけて体験していない生徒と比べ、学習に費やした時間・知識の質などが異なり、作品の構想やものづくりへの意識に違いがあると思われる。そのため、全実践後、すべての授業を体験した生徒と、途中で 1 度でも欠席した生徒で分類し、実践の効果に関する共通点・相違点を明らかにしていく。上記の II に関しては、Society5.0 を踏まえると、先端技術を用いた問題解決が選択肢になり得るかを確かめるために、何を想定する必要があるかを考えた。上記の III に関しては、AR の制作・活

用を行う一連の学習活動を通し、AR の活用例を考えつることができるかを確認する必要があると考えた。また、この研究目的は「1.はじめに」の文脈で述べた「先端技術を活用し、新たなものを創造する力」の育成による効果を確認することに繋がると考える。

以上の考えに基づき、銅鏡製作から AR 制作までを行った実践での欠席の有無による違いを比較し、実践の効果を検証していく。

3. 使用した教材の概要

3. 1. 銅鏡製作

中村ら^[10]が開発した銅鏡製作を行った。この銅鏡製作の流れは4つの段階で構成されている。第1段階では銅鏡の裏面模様のデザインを考えさせる。この時、実践する中学校の浜松市が市制施行110周年を迎えるため、その記念品(お土産)としてオリジナル銅鏡のデザインを考えさせた。この時、浜松市に関する具体例として「みかん、うなぎ、花、音楽、徳川家康、浜名湖」を示したり、著作権・商標権などの問題として「スポーツ品・ブランドのマークや芸能・アニメ関係」をデザインに用いないよう伝えたりした。第2段階では第1段階で考えたデザインを貼りつけたボール紙をカッターで切り、切り出したボール紙を円形の木材に貼りつけ、模型(試作品)を作る。第3段階では第2段階で作った模型の形を鋳物砂に写し、鋳型を製作する。製作した鋳型に、銅とスズを3:1の割合で溶解・合金化した金属を流し込み、製品にする。第4段階では第3段階で製作した銅鏡の鏡となる表面をコンクリート、ベルトサンダー、耐水ペーパー、金属研磨剤の順に研磨を行う。この時、ベルトサンダーによる研磨は1クラスの生徒を回すだけの数を用意できず、研磨時に押す力が必要になるため、安全も考慮し指導者が代わりに行った。以上により、鏡面磨きした銅鏡を製作することができる。図1に、製作する模型と銅鏡における裏面模様の様子を示す。図2に、第4段階でのベルトサンダーによる研磨前と、金属研磨剤を使用した研磨後の様子を示す。



図1 模型と銅鏡における裏面模様の様子

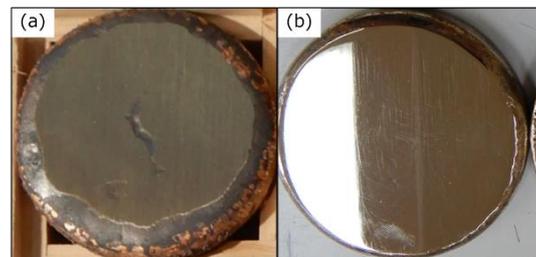


図2 第4段階での研磨前後の様子

(a)ベルトサンダー前 (b)金属研磨剤使用後

3. 2. AR 制作の流れ

小杉^[8]らが提案した AR 制作の流れを使用した。使用した AR はマーカ型ビジョンベースの WebAR コンテンツである。この AR 制作の流れは4つの段階で構成されている。第1段階では Tinkercad^[12]という 3D CAD ソフトを用い、生徒が表示させたい 3D データを制作しダウンロードする。第2段階では第1段階で制作した 3D データを用い、AR.js Maker Training^[13]というジェネレーターサイトで AR マーカに生成する。第3段階では第2段階までで生成したデータを、AR プログラムを含むフォルダに保存する。第4段階では第3段階でまとめたフォルダを Netlify Drop^[14]というウェブサーバーへアップロードする。以上により、AR マーカに反応し 24 時間限

定で表示される AR を制作することができる。図 3 に、第 1 段階での 3D データを制作する 3D CAD ソフトの表示画面を示す。図 4 に、図 3 の 3D データを基に制作した、第 4 段階での AR マーカに反応し表示される AR の様子を示す。

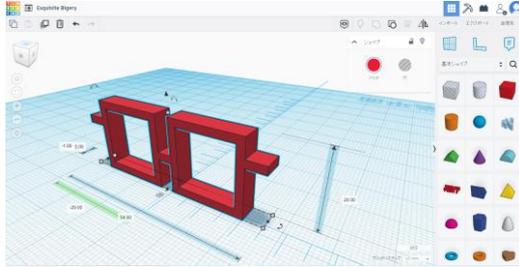


図 3 第 1 段階で 3D データの制作画面

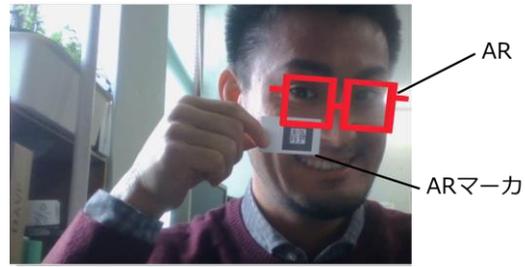


図 4 第 4 段階で AR を出力した様子

3. 3. 紅林が提案した技術教育との関連

紅林が提案した技術教育²⁾と、3.1, 3.2 節との関連性について述べていく。

図 5 に紅林秀治が提案したものづくりの流れを示す。図 5 では「小課題製作, 作品の構想, 製図 (成果)」の順に学習する。図 5 の「小課題製作」段階では、知識・技能の獲得を目的に、教員が定める課題を時間内で製作する。図 5 の「作品の構想」段階では、要素や要素の組み合わせ方法を基に、自分が作りたいものを具体的に構想する活動を体験させる目的で、製作目的から設定した目標を達成できるように、要素の選択と組み合わせ方法を試行錯誤する。図 5 の「製図 (成果)」段階では、作りたい作品の構想を成果として残す活動を体験させる目的で、構想を基に作りたい作品を製図に仕上げる。しかし、成果が「製図」で終わることは、ものづくり学習の最後に実際に作った時の様子を現実世界で確認できず、教員が抵抗を感じる課題があると考えた。そこで、図 5 の中にある「小課題製作, 作品の構想, 成果」といったものづくり学習の流れを「銅鏡製作, 3D データ制作, AR 制作」といったものづくり学習の流れで行うことを目的に、成果が「AR 制作」で終わる実践を計画した。その学習の流れを図 6 に示す。

図 6 の「小課題製作」段階では、金属加工に関する知識・技能の獲得を目的に、3.1 節にある第 1～3 段階の作業を通し、模型に関する試作品を作る過程で試行錯誤したり、铸造による銅鏡の模様を確認したりする。また、3.1 節にある第 4 段階の作業を通し、鏡面となるよう研磨の試行錯誤をしたり、状況によって耐水ペーパーや金属研磨剤を選択したりする。また、銅鏡の実用性を家で確かめることができるようにする目的で、銅鏡製作後に銅鏡を置く台の製作も行う。これは、中学校技術・家庭科 (技術分野) の授業において、接合方法や材料・構造の強度などを木材加工で扱うことができるよう配慮したためでもある。図 6 の「作品の構想」段階では、金属製品による課題解決や、その構想を具体化するために試行錯誤する活動 (シンセシス) を体験させる目的で、3.2 節にある第 1 段階の作業を通し、自分の作りたい作品の構想を 3D データとして具体化させる。図 6 の「成果」では、作りたい作品を AR として残す活動を体験させる目的で、3.2 節の第 1～4 段階の作業を通し、AR で現実世界に置いた様子を確認したり、置いた様子から 3D データを修正したりする。また、制作した AR を家で確かめる活動を通し、作りたい作品を現実世界で確認した時、ものづくりで何に配慮すべきかといった学習観の変化を期待し、取り入れる。

なお、今回の実践では、図 5 の大まかな流れに合わせ、既存の教材 3.1, 3.2 節の内容実施を優先し、要求分析やアナリシスを含めなかった。また AR 制作が成果となり、AR の修正を 3D

データの修正で試行錯誤する必要があるため、図 6 の成果での学習内容にシンセシスを含めた。

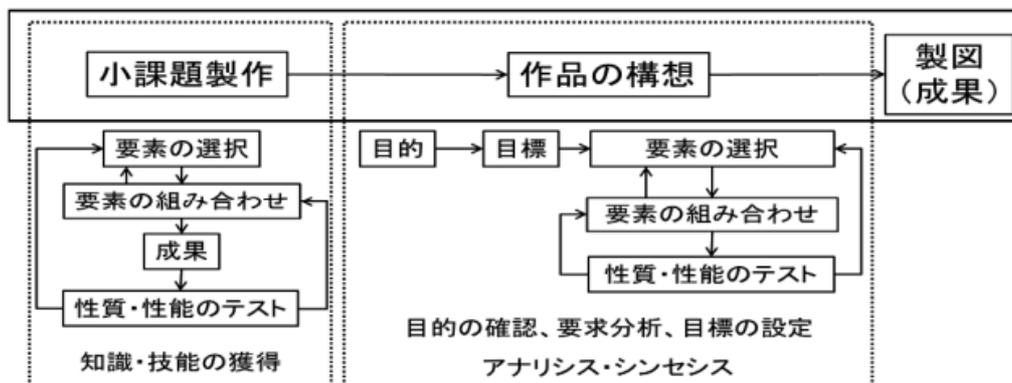


図 5 紅林が提案したものづくり学習の流れ²⁾

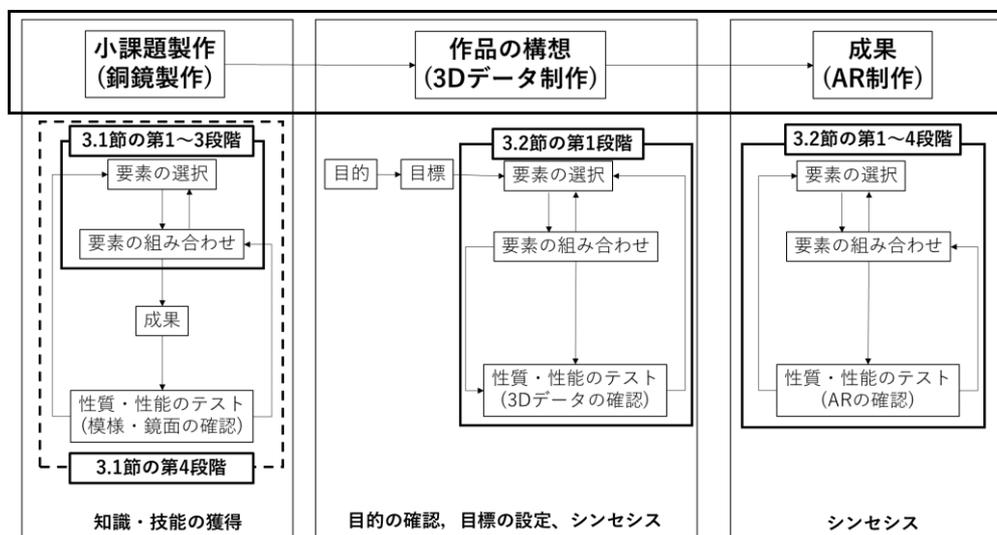


図 6 本実践におけるものづくり学習の流れ

4. 実践の概要

授業実践は中学校技術・家庭科（技術分野）の授業において、第 1 学年を対象に、学習内容「A 材料と加工の技術」を行った。銅鏡製作と AR 制作を含む実践は 2021 年 10 月から 2022 年 1 月までに、2 クラス 52 名を対象に、全 990 分(45 分×2 コマ×11 回)で行った。生徒は時間割の関係上、技術分野の授業を受ける開始時期が 10 月になる。また実践校は、浜松市にある中高一貫の私立学校である。表 1 に授業計画を示す。

表 1 の No.1 では、ガイダンスを行い、去年の銅鏡と模型に込められた工夫や各作業のアドバイスを確認させた。去年の銅鏡と模型は去年度、同じ中学校の中学 1 年生が同じ時期に製作した作品を利用した。表 1 の No.2 では、3.1 節の説明にある銅鏡製作の流れを行った。表 1 の No.3 では、日本での銅鏡や鏡面磨きの歴史、浜松市の古墳で銅鏡が出土し展示されていること^[5]を学習し、お互いの銅鏡を評価し合い、これまでの活動を振り返り、各作業のアドバイスをまとめさせた。表 1 の No.4 では銅鏡の実用性を家で確かめることができるようにする目的で、木工具・機械の使い方を練習した後に銅鏡を置く台を製作し、銅鏡を家で使った感想を発表させ、材料と加工の特徴とその技術に込められた問題解決の工夫を学習した。その後、これまで

の学習を踏まえ、鋳造などの金属加工でつくりたい金属製品の案を生徒に回答させた。

表1のNo.5, 6では、3.2節の説明にあるAR制作の流れを行った。表1のNo.5では3DCADソフトの操作練習を45分、金属製品の構想を紙にまとめ3Dデータを制作するのに90分を要した。金属製品の構想では「デザイン案」「作品名」「解決できる問題・活用場面」「作品のよさ」「アイデアスケッチ記入欄(作品の絵)」の項目で1つのデザインをまとめ、時間がある生徒には複数のデザイン案を作成させた。「デザイン案」を構想しやすくするため、表1のNo.4最後で回答させた作りたい金属製品の案をまとめ、案の中から選択肢として提示した。また、表1のNo.4, 5とのつながりを説明するため、3Dデータを基に金属製品を製作できる金属プリンタが実在することにも触れた。表1のNo.6では、3DデータをARに変換した後に3DCADソフト内で3Dデータの位置や向き、大きさを変え、ARを調整させた。表1のNo.7では、お互いのARを評価し合い、ARを家で確かめた感想を発表させ、模型作りとAR制作をものづくり使うメリット・デメリットについて意見交換させた。図7に、銅鏡を台に置いた様子を示す。図8に、生徒が鋳造する様子を示す。図9に、生徒が制作したARを家で実際に確認した写真を示す。また表1より、No.1~7までに1度欠席した生徒が9人、2度欠席した生徒が4人おり、11人が銅鏡製作過程で1, 2度欠席した。これらの生徒計13人は、欠席した授業内容を前回の復習として知ったり、教員が代わりに作品の作業(鋳造)をしておいたり、当日の作業を行うため短い時間で欠席した時の作業(鏡面磨き)をしたりした。

表1 授業計画

No	主な学習内容		時数 (分)	欠席 (人)	技術科 学習指導要領の 学習過程	紅林秀治提案 技術教育の学習過程
1	ガイダンス, 去年の模型・銅鏡・アドバイスの確認		45	3	生活や社会を支える技術	小課題製作
2	銅鏡の製作(3.1節)		360	11	技術による問題の解決	
3	社会とのつながり, 銅鏡の評価, アドバイス作成		135	4	社会の発展と技術	
4	銅鏡を置く台の製作, 感想の発表, 材料と加工の特徴, 製作したい金属製品の確認		135	2	技術による問題の解決 生活や社会を支える技術	
5	AR 制作	3D CAD ソフトの操作練習, 金属製品の構想, 3D データの制作	135	0	技術による問題の解決	作品の構想
6	(3.2節)	AR への変換・微調整	90	2	技術による問題の解決	成果
7	AR の評価, 感想の発表, 模型作りと AR 制作の比較		90	1	社会の発展と技術	

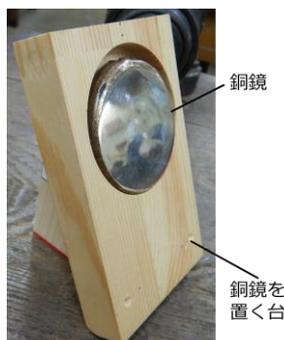


図7 銅鏡を台に置いた様子



図8 鋳造を行う様子



図9 制作した AR を家で実際に確認した様子：(a)急須 (b)葉 (c)スプーン

5. 実践結果

実験結果は学習活動での様子，学習前後のアンケートの回答結果を示す。また，実践途中で1度でも欠席した生徒は13人いたため，全授業を出席した生徒39人を皆勤群，1度でも欠席した生徒13人を非皆勤群に分類し，実践結果を確認した。

5. 1. 学習活動での様子

銅鏡製作後にどういった金属製品を作りたいと考えたか，その中でどの作品を選び，どういった特徴があると考えた傾向にあったか，金属製品の構想後に3D CADソフトを使った感想，ARを家で確認した感想について述べていく。

5. 1. 1. 提示した金属製品と構想した金属製品

表1のNo.4からNo.5にかけて，生徒が銅鏡製作に関する学習後に「製作したい金属製品」を考えた後(表1のNo.4)，生徒達が考えた「製作したい金属製品」のリストを提示した状態で金属製品を構想した(表1のNo.5)。そのため，金属製品の構想(表1のNo.5)において，提示された作品を確認し，どういった金属製品を構想したのか，構想した金属製品にどういった良さ(特徴)があると考えたかを確かめた。

表2に，提示した金属製品と構想した金属製品をまとめた。表2の「構想した金属製品」では生徒52人が考えた合計90個の構想案を①～⑱に分類した。表2より，構想した金属製品として「①メダル」から「⑬日本の伝統品」までの70個の構想案が，提示した金属製品に該当するとわかった。また，提示した金属製品以外では「⑭花びん」から「⑰その他」までの17個の構想案があり，不明な構想案が3個あるとわかった。そのため，金属製品を提示されると，金属製品を構想しやすかったと考えられる。なお「⑰その他」では「Tポッド，ブーツ，ランプ，クリスマスツリー，ヘッドホン，ペンライト，写真立て」が1個ずつ構想案として挙げられた。

また，最も多かった構想案が「④銅像」，次に多かった構想案が「⑨葉」であり，それぞれ2桁の生徒数になるとわかった。「④銅像」の構想案では動物や推しなどの銅像を構想していたため，現実世界にあるものを基に形にする活動が取り組みやすかったと考えられる。「⑨葉」の構想案では「解決できる問題・活用場面」として「本を読む」を挙げていたため，日常生活に役立つ活用場面がイメージしやすかったと考えられる。なお，皆勤群と非皆勤群における構想案数の平均(標準偏差)はそれぞれ，1.9案(0.7案)，1.6案(0.8案)となった。マンホイットニーのU検定で2群の間で違いがあるかを確かめた結果， $p>.10$ となり，有意な差は見られなかった。こ

れは、日常生活を対象とした「解決できる問題・活用場面」を構想させたため、実践途中の欠席が生徒の構想に影響なかったと考えられる。

群ごとに、表2の「構想した金属製品」の良さ（特徴）についての上位3つの回答案と人数を表3にまとめた。表3より、両群で最も多い回答案・回答者数だった特徴が「外観（光沢がある）」であるとわかった。これは、製作した銅鏡を実際に家で使い、鏡として役立つことを体験したため、金属の特徴として印象に残りやすかったと考えられる。また、表3にある「じょうぶさ（重くてじょうぶ）」「におい（におわない）」の特徴を回答した生徒の割合も各群で変わらないことも、銅鏡を実際に持ってみた体験が影響していると思われる。そのため、実践途中の欠席による銅鏡製作した経験の違いがなかったため、「構想した金属製品」の良さ（特徴）にも影響がなかったと考えられる。

表2 提示した金属製品と構想した金属製品

提示した金属製品	構想した金属製品(人数)
メダル・鏡台・全身鏡・ ペーパーナイフ・銅像・ アクセサリ・ストラップ・ スプーン・フォーク・銅鏡・ 飛行機の翼・葉・お皿・ イヤリング・刀剣・日本の伝統品	①メダル(5)・②鏡台(1)・③ペーパーナイフ(1)・④銅像(19)・ ⑤アクセサリ【ネックレス(3)・指輪(2)・時計(1)・ブレスレット(1)】・ ⑥ストラップ/キーホルダー(6)・⑦スプーン(5)・⑧銅鏡(1)・⑨葉(12)・ ⑩お皿(1)・⑪イヤリング(5)・⑫刀剣(1)・ ⑬日本の伝統品【かんざし(2)・扇子(1)・南部鉄器(1)・曲げわっぱ(1)】・ ⑭花びん(4)・⑮コースター(3)・⑯コップ(2)・⑰その他(8)・⑱不明(3)

表3 群ごとの構想した金属製品の良さ（特徴）についての回答結果

群	特徴 分類	特徴		
		じょうぶさ（重くてじょうぶ）	外観（光沢がある）	におい（におわない）
皆勤 群	N=72 案	16 案 (22%)	34 案 (47%)	14 案 (19%)
	N=39 人	15 人 (38%)	23 人 (59%)	11 人 (28%)
未皆 勤群	N=18 案	6 案 (33%)	11 案 (61%)	6 案 (33%)
	N=13 人	3 人 (23%)	8 人 (62%)	4 人 (31%)

5. 1. 2. 金属製品の構想後に3D CADソフトを使った感想

表1のNo.5において、学習内容「金属製品の構想」「3Dデータの制作」を通して、何を最も大事だと考えたかを確かめた。表1のNo.5の授業後に「今日の授業で最も大切だと思うことを書きましょう。」「『楽しかった』、『難しかった』だけの感想は禁止！」「10～30文字以内で書きましょう。」といった3つの条件下で、授業の意見を回答させた。生徒52人の回答結果のうち、上位3つに分類された回答を表4に示す。

表4より、欠席によらず、授業の意見として最も多かった記述は「作品の構想を基に作る」ことであるとわかった。そのため、金属製品の構想を紙にまとめ、3Dデータを制作する活動を通し、作品の構想を基に作ることの印象が残りやすいたと考えられる。また、「3Dソフトの操作・空間把握」や「作品の構想」の記述も多いとわかった。これは、「作品の構想を基に作る」と回答した生徒に比べ、一連の活動の中でも作品の構想や3Dソフトの操作に時間がかかったり、苦戦したりしたためと考えられる。

表 4 構想した金属製品を基に 3D データを制作した授業後の意見

【分類】「具体例」	皆勤群	非皆勤群
【作品の構想を基に作る】「自分のアイデアを元に、作品を作ることができてよかったです。」「自分の作りたいものを具体的に決め、紙に書き、パソコンで作る。」など	15 人 (38%)	5 人 (38%)
【3D ソフトの操作・空間把握】「表しにくい図形は、ある図形を使って表す。」「どの形をどこに置けばうまくいくか考えることが大切だと思った。」など	10 人 (26%)	3 人 (23%)
【作品の構想】「想像、イメージを固めること。けっこう難しかった。」「デザインを自分なりに工夫することを大切にしました。」など	4 人 (10%)	1 人 (8%)
母数	39 人	13 人

5. 1. 3. AR を家で確認した感想

AR を家で確認した感想について述べていく。表 1 の No.7 において、AR を家で確認した結果、12 人の生徒が 24 時間以内に AR を確認できず、感想をまとめることができなかった。また、6 人の生徒は撮影場所での AR 出力が難しかったと回答した。そのため、24 時間以内で AR が確認できる現状のアプローチを家で確認させる際、宿題を出す前段階の授業において、事前に授業から 24 時間以内でしか見れず、時間を空けるよう連絡する等、配慮が必要であったと考えられる。

次に、「実際に AR で作って家に置くことができ、すごいと思いました。」「全体を見れたので実際に持っているみたいだった。」「心配だったけどちょうどいい大きさにできた。」などといった肯定的な回答も確認できた。しかし、改善点として「少しじゃまになると思った。部屋と色合いがあっていなかった。」「ちょっとおき場所に困りました。自分の部屋がみんなないのでリビングにおくんですけど、そのせいでごちゃごちゃになってます。」など、使用場所にあわないといった回答も確認できた。また、「もう少し小さくしても良かったなと思った。」「むきをもう少し改善したい。」など、AR のサイズや向きの微調整についての改善点も挙がった。

5. 2. 学習前後のアンケートの回答結果

学習前後にアンケートを行い、以下の質問の回答結果について述べていく。

質問 1 銅鏡がどんなものかわかる

質問 2 銅鏡の作り方がどんなものかわかる

質問 3 作品をつくる時、特に大切だと思うことを 3 つ教えてください

質問 4 活用した AR 技術は自分のアイデアを確認しやすい

質問 5 活用した AR 技術はものづくりの過程で役立つ

質問 6 活用した AR 技術はものづくりのために使ってみたい

質問 7 ものづくりのためには模型づくりと AR 制作のどちらを活用したいか

質問 8 質問 7 の選択肢を選んだ理由を教えてください

質問 9 AR 技術が活用できそうな場面を具体的に教えてください

上記の質問 1～3 に関しては学習前後にアンケートを行った。上記の質問 4～9 は学習後にアンケートを行った。質問 1, 2, 4～6 は 5 段階（⑤とてもあてはまる ④あてはまる ③どちらでもない ②あまりあてはまらない ①あてはまらない）で回答させ、質問 3, 8, 9 は記述式で回答させ、質問 7 は 2 段階（①模型づくり ②AR 制作）で回答させた。

5. 2. 1. 銅鏡に関する回答結果

質問 1, 2 における回答結果の平均と標準偏差, および学習前後の違いをマンホイットニーの U 検定で確かめた。その結果を表 5 に示す。表 5 より皆勤群と非皆勤群はともに, 銅鏡自体とその作り方がわかると回答する生徒が増加したとわかる。また, 各群における質問 1, 2 それぞれの学習前後の回答結果には有意差が $p < .01$ となり, それぞれ有意な差が見られた。そのため, 模型製作から鏡面の水研ぎ研磨までの一連の製作過程を体験することで, 鑄造による金属製品の生産過程を理解するのに役立ったと考えられる。

また, 皆勤群と非皆勤群の間で, 学習前後の質問 1, 2 の回答結果にそれぞれで違いがあるかをマンホイットニーの U 検定で確かめた。その結果をそれぞれ表 6 に示す。表 6 より, 皆勤群と非皆勤群の間で, 学習前の質問 1, 2 における回答結果では有意差が $p > .10$, 学習後の質問 1, 2 における回答結果でも有意差が $p > .10$ であるとわかり, それぞれで有意な差は見られなかった。これは, 非皆勤群では表 1 の No.1~4 の間に 1, 2 度欠席した人数が 13 人中 11 人おり, 鑄造を欠席した生徒に対しても次の授業で前回の復習として鑄造の動画を視聴したため, 質問 1, 2 に対し肯定的な回答⑤, ④を選択していたと考えられる。

表 5 質問 1, 2 の回答結果

質問項目	皆勤群			非皆勤群		
	学習前	学習後	検定結果	学習前	学習後	検定結果
母数	39 人	39 人	39 人	10 人	13 人	13 人
質問 1 銅鏡がどんなものかわかる	3.1 (1.2)	4.7 (0.4)	$p < .01$	2.5 (1.3)	4.8 (0.4)	$p < .01$
質問 2 銅鏡の作り方がどんなものかわかる	1.7 (1.0)	4.5 (0.5)	$p < .01$	1.6 (0.9)	4.6 (0.5)	$p < .01$

表 6 皆勤群と非皆勤群の間での検定結果

質問項目	学習前	学習後
質問 1 銅鏡がどんなものかわかる	$p > .10$	$p > .10$
質問 2 銅鏡の作り方がどんなものかわかる	$p > .10$	$p > .10$

5. 2. 2. ものづくりへの意識に関する回答結果

学習前後のアンケートの中で, 記述式の質問項目「作品をつくる時, 特に大切だと思うことを 3 つ教えてください」に対する回答結果を分類わけした。分類わけした回答項目のうち, 学習前後で変化した回答項目の精度を高めるため, 皆勤群では母数 39 人の約 1 割である 4 人を目安に, 「学習前後のいずれかの回答者数が 4 人以上」かつ「学習前後の回答者数の増減数が 4 人以上」の回答項目を抽出した。非皆勤群では母数が学習前で 10 人, 学習後で 13 人のため 2 人を目安に, 「学習前後のいずれかの回答者数が 2 人以上」かつ「学習前後の回答者数の増減数が 2 人以上」の回答項目を抽出した。皆勤群・非皆勤群の回答項目に合わせ回答者数をまとめたものを表 7 に示す。

表 7 より, 皆勤群と非皆勤群ではともに, No.1 の「作品の構想」に関する回答者数が最も変化(増加)しているとわかった。そのため, 欠席によらず, 銅鏡製作後に AR 制作する流れを体験し, ものづくりにおける作品の構想についての印象が最も残りやすかったと考えられる。

表 7 の No.2~4 より, 「計画」「製作時間」「改善」の回答者数は皆勤群では増加しており, 非皆勤群では増加または変化がないとわかった。また, 表 7 の No.5~7 より, 「最後まで作る」

「楽しく作る」「集中」の回答者数が両群ともに減少するとわかった。そのため、製作するタイミング・時間に、意気込みや集中するといった主観的な意見が見られたが、製作時間を考慮して製作の計画を立て、作品の改善点がないか見返すといったものづくりを客観的に捉えるよう変化していると考えられる。

表 7 の No.8, 9 より、「丁寧に作る」の回答者数では皆勤群が非皆勤群に比べ増加傾向にあり、「協力・教わる」の回答者数では非皆勤群が皆勤群に比べ減少傾向にあるとわかった。これは、皆勤群では銅鏡製作時の各作業や 3D ソフトの操作において、1 つずつ時間を掛けて丁寧に取り組む機会があった一方、非皆勤群では欠席した作業分を取り返すため、周囲の人から教わったり協力したりして取り組む機会があり、群による印象の違いが表れたと考えられる。

表 7 質問 3 の回答結果

No	群 【分類】「具体例」	皆勤群		非皆勤群	
		学習前	学習後	学習前	学習後
1	【作品の構想】「作りたい作品の具体的なイメージを決める」「どこに置かかなど事前に考えてから作ること」など	7 人 (18%)	22 人 (56%)	3 人 (30%)	7 人 (54%)
2	【計画】「計画を持って実行すること」「どのようにするか計画を立てること」など	1 人 (3%)	5 人 (13%)	1 人 (10%)	1 人 (8%)
3	【製作時間】「時間をかけてつくる」「締切までにきちんと間に合うか」など	3 人 (8%)	8 人 (21%)	1 人 (10%)	2 人 (15%)
4	【改善】「作り終わった後に改善したい所を見つける」「試作をした後に改善すること」など	0 人	4 人 (10%)	0 人	1 人 (8%)
5	【最後まで作る】「最終的に作品として仕上げること」「最後までつくり通す」など	6 人 (15%)	2 人 (5%)	2 人 (20%)	0 人
6	【楽しく作る】「作品の作る楽しみを知る」「楽しんで作る」など	9 人 (23%)	6 人 (15%)	4 人 (40%)	1 人 (8%)
7	【集中】「集中して、しんげんに取り組む事」「集中すること」など	5 人 (13%)	0 人	1 人 (10%)	0 人
8	【丁寧に作る】「ていねいにやろうと思う気持ち」「ていねいに 1 つ 1 つの作業をすること」など	8 人 (21%)	15 人 (38%)	4 人 (40%)	3 人 (23%)
9	【協力・教わる】「友達と協力して行う」「人にアドバイスをもらう」など	7 人 (18%)	3 人 (8%)	1 人 (10%)	5 人 (38%)
	母数	39 人	39 人	10 人	13 人

5. 2. 3. 活用した AR に関する回答結果

学習後のアンケートの中で、活用した AR に関する選択式の質問 4~6 について、回答結果を表 8 に示す。表 8 より、分類によらず、活用した AR 技術に対し、自分のアイデアを確認しやすく、ものづくり過程に役立ち使ってみたくないと回答した生徒が 7 割ほどいるとわかった。そのため、活用した AR 技術は中学生でもものづくりに活用しやすかったと考えられる。また質問 4~6 の間でスピアマンの順位相関検定を行った結果を表 9 に示す。表 9 より、2 つの質問間には相関関係が成り立ち、皆勤群の中では質問 5 と質問 6 との相関係数、非皆勤群の中では質問 4 と質問 5 との相関係数が他の組み合わせに比べ大きいとわかる。そのため、活用した AR 技術をものづくりの過程に役立つ（役に立たない）と考える生徒の特徴として、皆勤群ではものづくりに使ってみたくない（使いたくない）、非皆勤群では自分のアイデアを確認しやすい（確認しにくい）とも考える傾向にあると言える。なお、皆勤群と非皆勤群との間で、質問 4~6 の回答結果に違いがあるかをマンホイットニーの U 検定で確かめた。その結果、皆勤群と非皆勤群との間で、質問 4~6 の回答結果で $p > .10$ となり、有意な差は見られなかった。実践途中の欠席

が AR に関する回答結果に影響を与えていないことから、生徒の AR に対する認識は銅鏡の製作実施の影響を強く受けていないと考えられる。

表 8 活用した AR に関する回答結果

質問項目	分類	母数	回答結果				
			⑤	④	③	②	①
質問 4 活用した AR 技術は自分のアイデアを確認しやすい	皆勤群	39人	7人 (18%)	23人 (59%)	7人 (18%)	2人 (5%)	0人
	非皆勤群	13人	3人 (23%)	7人 (54%)	1人 (8%)	1人 (8%)	1人 (8%)
質問 5 活用した AR 技術はものづくりの過程で役立つ	皆勤群	39人	8人 (21%)	26人 (67%)	4人 (10%)	1人 (3%)	0人
	非皆勤群	13人	3人 (23%)	6人 (46%)	4人 (31%)	0人	0人
質問 6 活用した AR 技術はものづくりのために使ってみたい	皆勤群	39人	10人 (26%)	17人 (44%)	8人 (21%)	4人 (10%)	0人
	非皆勤群	13人	4人 (31%)	5人 (38%)	2人 (15%)	1人 (8%)	1人 (8%)

⑤とてもあてはまる ④あてはまる ③どちらでもない ②あまりあてはまらない ①あてはまらない

表 9 質問 4～6 の相関関係

組み合わせ	質問 4 と質問 5		質問 4 と質問 6		質問 5 と質問 6	
	皆勤群	非皆勤群	皆勤群	非皆勤群	皆勤群	非皆勤群
母数	39人	13人	39人	13人	39人	13人
相関係数	0.32	0.76	0.37	0.67	0.55	0.54
検定結果	.01 < p < .05	p < .01	.01 < p < .05	p < .01	p < .01	.01 < p < .05

5. 2. 4. 模型づくりと AR 制作に関する回答結果

学習後のアンケートの中で、質問 7「ものづくりのためには模型づくりと AR 制作のどちらを活用したいか」では、「①模型づくり ②AR 制作」という 2 つの回答いずれかを選択させた。本質問に回答させるにあたり、生徒に①、②の両方を選択しないこと、ものづくりは金属製品だけでなく、自分のイメージしやすい材料を使ったものづくりで考えるよう指示した。その結果、皆勤群では「①模型づくり」を回答したのは 28 人(72%)、「②AR 制作」を回答したのは 11 人(28%)になり、非皆勤群では「①模型づくり」を回答したのは 6 人(46%)、「②AR 制作」を回答したのは 6 人(46%)、「①模型づくり」と「②AR 制作」両方を回答したのは 1 人(8%)になった。各選択肢を選んだ理由もその後の質問項目で回答させたが、「①模型づくり」を回答した生徒は「現実の方が実物を分かりやすい」や「PC 操作に慣れる問題があること」を理由にあげ、「②AR 制作」を回答した生徒は「すぐに修正できる」や「材料や片付けが不要で怪我をすることもないこと」を理由として挙げていた。

質問 7 の回答群の間で質問 4～6 の回答結果に違いがあるかを確かめるため、各群における回答結果の平均値と標準偏差、およびマンホイットニーの U 検定を行った結果を表 10 に示す。なお、非皆勤群の①、②を両方選んだ生徒は除いた。表 10 より、分類によらず、AR 制作を選んだ生徒は模型作りを選んだ生徒に比べ、質問 4～6 の回答結果における平均値が大きい傾向にあるとわかった。また、皆勤群における質問 6 の回答結果が質問 7 の回答群の間で有意傾向にあるとわかった。そのため、模型づくりをものづくりで活用したいと考える生徒が AR をも

のづくりのために使ってみたいが、模型づくりと比べると劣るという判断があったのかを確認するため、対象の生徒を増やし検定する必要があると考えられる。

皆勤群と非皆勤群それぞれの模型作り・AR 制作を選んだ分類の間で、質問 4～6 の回答結果に違いがあるかをマンホイットニーの U 検定で確かめた。その結果、皆勤群の模型作りと、非皆勤群の模型作りの間で、質問 5 の回答結果が $.01 < p < .05$ となり、他の組み合わせはすべて $p > .10$ となった。そのため、模型作りを選んだ皆勤群の生徒は、模型作りを選んだ非皆勤群の生徒に比べ、活用した AR 技術がものづくりの過程で役立つと回答したと言える。これは、模型作りを選んだ生徒は欠席の有無により、活用した AR 技術への実用性への理解度に違いがあったと考えられる。

表 10 質問 7 の回答群間における質問 4～6 の回答結果

質問項目	皆勤群 (N=39 人)			非皆勤群 (N=12 人)		
	模型づくり (N=28 人)	AR 制作 (N=11 人)	検定 結果	模型づくり (N=6 人)	AR 制作 (N=6 人)	検定 結果
質問 4 活用した AR 技術は自分のアイデアを確認しやすい	3.8 (0.8)	4.2 (0.6)	$p > .10$	3.5 (1.3)	4.0 (1.0)	$p > .10$
質問 5 活用した AR 技術はものづくりの過程で役立つ	4.1 (0.5)	4.0 (0.9)	$p > .10$	3.5 (0.8)	4.3 (0.5)	$p > .10$
質問 6 活用した AR 技術はものづくりのために使ってみたい	3.7 (0.9)	4.3 (0.7)	$.05 < p < .10$	3.5 (1.3)	4.0 (1.2)	$p > .10$

5. 2. 5. AR 技術の活用場面に関する回答結果

学習後のアンケートの中で、記述式の質問項目「AR 技術が活用できそうな場面を具体的に教えてください」に対する回答結果を分類わけした。分類わけした回答項目の精度を高めるため、皆勤群では母数 39 人の約 1 割である 4 人を目安に、「回答者数が 4 人以上」の回答項目を抽出した。非皆勤群では母数 13 人のため 2 人を目安に、「回答者数が 2 人以上」の回答項目を抽出した。皆勤群・非皆勤群の回答項目に合わせ回答者数をまとめたものを表 11 に示す。

表 11 より、両群ではともに No.1 の回答「ものをつくる時」に活用する場面を最も多く分類わけすることができることができた。また、表 12 の No.2～5 より、「建物」「家具」「情報共有」といった回答の割合は、両群の間に大きな違いがないとわかった。そのため、欠席の有無によらず、AR 制作・活用を通して、生徒はものづくりでの試作として AR を活用することに意義を感じ、建物や家具を置く際の目安にしたり、情報共有したりする活用場面を思いつきやすいと思われる。

表 11 の No.5 より、「未記入・分からない」と回答した生徒は皆勤群が 4 人、非皆勤群が 2 人いるとわかった。この時、各群の生徒が選択した質問 7 の回答は皆勤群で①模型づくり 2 人、②AR 制作 2 人、非皆勤群で①模型づくり 1 人、①・②両方を選んだ 1 人という内訳になった。そのため、AR 制作に抵抗のある生徒が回答したわけではないと思われる。表 11 の No.6 より、非皆勤群の生徒 2 人のみが時間短縮に AR を活用することを回答した。これは、欠席により授業に追いつくため急いで作業をしたことが関係しているのではないかと考えられる。

表 11 質問 8 の回答結果

No	【分類】「具体例」	皆勤群	非皆勤群
1	【ものをつくる時】「大きな物を作る前に確認できる」「パツとおもいついた物をすぐに作れる。とりあえず形にしてみる。」など	12人 (31%)	6人 (46%)
2	【建物】「遊園地のジェットコースターをつくる時。家を建てる時。」「すぐ作れない家などを出現させられる。」など	6人 (15%)	1人 (8%)
3	【家具】「家具を買いだいたいときに、置ける AR があれば、色も配置も決めやすいと思う。」「棚を作ったりするときにくみだてなどを考える」など	5人 (13%)	1人 (8%)
4	【情報共有】「たくさんの人に共有しあう場合に見せることができる。」「離れている人に見てもらいたい時に、AR で作った作品を送ることができる。」など	5人 (13%)	1人 (8%)
5	【未記入・分からない】「未記入」、「わかりません」	4人 (10%)	2人 (15%)
6	【時間】「じかんがあまりないとき。」「物作りで時間がないとき」	0人	2人(15%)
	母数	39人	13人

6. まとめ

本研究では銅鏡製作後に AR を活用した授業を行い、生徒がものづくりに対する印象にどういった変化を及ぼすかを確認した。この授業は紅林が提案したものづくり学習の流れに即して計画しており、小課題製作を銅鏡の製作、作品の構想を 3D データの制作、成果を AR の制作と位置づけるものとした。銅鏡製作後、作品の構想を紙にまとめ 3D データを制作する授業では「今回の授業で最も大切だと思うこと」に「作品の構想を基に作る」という生徒の記述が最も多いことがわかった。また、一連の学習活動前後に行った質問「作品をつくる時、大切だと思うこと」では「作品の構想」の記述が最も増加することがわかった。そのため、学習前後のものづくりの中で「作品の構想」を重要と捉える生徒がいたことを確認できた。

研究目的 I. 「銅鏡製作から AR 制作の流れによる生徒の学習観の変化」について、今回の調査では、銅鏡製作というものづくり体験が作品の構想に与える影響は強く見られなかった。授業実践の観点からすると、授業者が非皆勤群に対して実施した復習等の対応に問題がなかったといえる。これは銅鏡の製作工程が教材として確立しており、1, 2 度の欠席で作業が大幅に遅れることが無かったことが主な要因であると考えられる。そのため、製作工程が多い木材加工の教材においても同様の実験を行い、ものづくり体験が作品の構想に与える影響を調査していく必要がある。

研究目的 II. 「先端技術を用いたものづくりを活用したいと思うようになるか」について、今回の調査では、AR 技術をものづくりの過程に役立つ（役に立たない）と考える生徒は、皆勤群ではものづくりに使ってみよう（使いたくない）、非皆勤群では自分のアイデアを確認しやすい（確認しにくい）とも考える傾向にあることがわかった。また、模型づくりと AR 制作との比較では、AR 制作を選択した皆勤群の生徒は AR 技術をものづくりのために使ってみようと思える傾向にあることがわかった。ただし、模型づくりを選択する生徒の回答には、3D データによる確認の難しさや PC 操作の課題が挙げられたため、生徒の実態に応じて模型づくりと AR 制作を選択できる指導を検討することが必要である。また、今回の調査ではものづくりを行う対象や材料、費用といった要件を指示せず回答させたため、これらの要件を限定することで回答に変化が見られるか明らかにしていきたい。

研究目的 III. 「先端技術を用いた作品の活用を考えることができるか」について、今回の調査では、生徒が AR 技術をものづくりや建物・家具の配置、情報共有での場面に活用できそう

と挙げることができるとわかった。また、1, 2 度の欠席をした生徒からは時間短縮に AR 技術を活用できそうといった意見も挙げられた。これは、一連のものづくり活動を通し、皆勤群が非皆勤群に比べて丁寧に作る意識が高まる一方、非皆勤群が皆勤群に比べて教わる・協力する意識が高まった結果とも共通し、生徒が授業中に欠席した作業を急いで取り組んだことが原因ではないかと思われる。そのため、欠席した授業内容を事前に授業外で行った時、ものづくり全体への印象や思いつく AR 技術の活用場面に違いがあるかを確認していきたい。

参考文献

- [1]内閣府 : Society5.0, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/(最終アクセス日 : 2022 年 11 月 4 日)
- [2]紅林秀治 : 設計を中核とした技術教育の提案, 愛知教育大学大学院・静岡大学大学院教育学研究科 共同教科開発学専攻 教科開発学論集, 第 3 号, pp.151-158 (2015)
- [3]文部科学省 : 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説技術・家庭編, 開隆堂(2017)
- [4]原未希子・下戸健・梅野貴俊・平尾健二 : 中学校技術・家庭科技術分野における「生物育成」と「情報」を結びつけて学べるシミュレーション教材の開発, 日本産業技術教育学会誌, 第 57 巻, 第 2 号, pp.69-76 (2015)
- [5]馬文鵬・伊藤陽介 : 電気回路を対象とする拡張現実技術を用いた実験学習支援システムの有用性, 日本産業技術教育学会誌, 第 59 巻, 第 1 号, pp.9-18 (2017)
- [6]宮崎英一・有友誠・渡邊広規 : AR(拡張現実)を用いたプログラミング教材の試作, 香川大学教育学部研究報告, pp.21-27(2019)
- [7]竹澤則乃・山本利一・金澤彰裕 : 設計学習を支援する AR 技術の活用, 日本教育情報学会第 38 回年会, pp.198-201(2022)
- [8]小杉聡一・室伏春樹 : 製作の過程に AR を利用するプログラミング教育の検討, 日本産業技術教育学会第 37 回情報分科会 (大阪) 研究発表会講演要旨集, pp.69-70 (2022)
- [9] 小杉聡一・室伏春樹 : 材料と加工における AR を利用した製作題材の検討, 日本産業技術教育学会第 65 回全国大会 (広島), 講演要旨集, p.7 (2022)
- [10] 中村勇・畑俊明 : 鋳造による「銅鏡」製作における鏡面仕上げとその意義について—中学校の総合学習教材として—, 日本産業技術教育学会誌, 第 41 巻, 第 3 号, pp.145-151 (1999)
- [11] 江馬諭・木村泰樹 : ものづくり学習のための教材「銅鏡製作」について, 日本産業技術教育学会誌, 第 47 巻, 第 1 号, pp.31-37(2005)
- [12]AUTODESK Tinkercad : Tinkercad, <https://www.tinkercad.com/>(最終アクセス日 : 2022 年 11 月 4 日)
- [13] AR.js Maker Training : <https://jeromeetienne.github.io/AR.js/three.js/examples/marker-training/examples/generator.html>(最終アクセス日 : 2022 年 11 月 4 日)
- [14] Netlify Drop : <https://app.netlify.com/drop>(最終アクセス日 : 2022 年 11 月 4 日)
- [15]浜松市 : 館蔵資料紹介古墳時代, <https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/hamahaku/03kanzo/kofun.html>(最終アクセス日 : 2022 年 11 月 11 日)