

中学校技術・家庭科（技術分野）における レーザーカッターを使ったものづくり授業の提案

宮 下 晃 一

（キーワード：技術，デジタル，ものづくり，レーザーカッター）

1. はじめに

中学校技術・家庭科（技術分野）（以下、技術科と略記）は、昭和33年告示の学習指導要領において、それまでの職業・家庭科から技術・家庭科に再編されて始まった。平成29年告示の学習指導要領において、その内容は「A. 材料と加工の技術」、「B. 生物育成の技術」、「C. エネルギー変換の技術」、「D. 情報の技術」の4つの内容から構成されている。「A. 材料と加工の技術」に関わる授業としては、技術科始まって以来半世紀以上、手書きの設計図に構想を描き表し、のこぎりとかんなを使って木材を加工するものづくりが広く教えられている。しかしながらこの半世紀の間、我が国は高度経済成長期から安定成長期、バブル経済期、バブル経済崩壊後と変化し、かつては世界をけん引した日本のものづくりであるが昨今ではその勢いを失いつつある。我が国のものづくり力を復活するためには、ものづくり教育の刷新が不可欠であると思われる。

一方、現代の生徒たちはデジタルネイティブ世代であり、次のような特性を持つ。

- ・生まれた時からインターネットが普及していた。
- ・初めて持ったデジタルデバイスがスマートフォンである。
- ・ネットリテラシーが高い。
- ・SNSで情報収集する。

このような現代の生徒たちにとって「手書き製図、手工具で製作」の経験は乏しく、わざわざ不慣れな道具と方法で初めてのものづくりを学ぶことはかなり難易度の高いことであろう。むしろ日々使い慣れているスマートフォンやタブレットPCを使って初めてのものづくりを学ぶことによって、より簡単に、より深く興味を持って、より高いレベルの学びが得られると思われる。

そこで本論文では、コンピュータを使って設計製図を行い、コンピュータ制御の自動加工機を使って製作を行うデジタルものづくりを技術科に導入することを提案する。さらに鳴門教育大学情報基盤センターにある設備を使って徳島県J中学校の生徒を対象としたデジタルものづくりの研究授業を行ったので報告する。

2. 先行研究の分析から分かるデジタルものづくり授業の課題

ところで近年、3Dプリンタやレーザーカッターなどデジタルものづくり機器の普及に伴って、技術教育におけるデジタルものづくりに関する研究が多くなされてきた。まず大学における教員養成の教育・研究に3D-CADを使った先行事例を挙げる。宮下らは中学校技術科向け教材として機構学習キットの開発を行い、その中でキットを構成する歯車やリンク、スライダーなどの機構部品を3D-CADで設計するとともに、部品のCADデータを共有することを提案した¹⁾。内藤らは、大学での研究としてラジコンカーにセンサを用いることによってライントレスロボットを開発し、本体の製図を3D-CADで行った²⁾。今井らは、3Dプリンタの造形縮尺と造形時間の関係を明らかにするための実験を行い、その造形形状の作成に3D-CADを使用した³⁾。山崎らは、機構の設計・製作を通してデジタルものづくりについて学習する教員養成学習プログラムを開発し大学院生を対象に実践を行った結果、教員養成におけるデジタルものづくりについての学習に活用できる可能性を示唆する中で、3D-CADを使ってカムをモデリングするとともに部品のアッセンブリ、機構の動きのシミュレーションを行った⁴⁾。森岡らは、技術科の教員養成の必修科目である製図の授業に3D-CADを導入して飾り棚の組み立て図を作成する授業実践を行った⁵⁾。次に中学校の授業実践に3D-CADを使った先行事例を挙げる。藤田らは、技術科において3D-CADを用いてペン立てを設計する学習指導とその効果を検証し、授業の進行に伴って立体イメージ表象

行為と形状モデル作成行為が形成されることを確認した⁶⁾。井川らは、技術科において簡易 CAD を用いてジンギスカン鍋の形状を考案する設計学習に著作権学習を組み込んだ授業実践を行い、知的財産意識が向上することを確認した⁷⁾。室伏らは、技術科と家庭科とを連携させるカリキュラムとして、立体パズルの部品、ボール、迷路など幼児のための玩具を 3D-CAD で設計し 3D プリンタで出力する授業を提案し、評価実践を行った⁸⁾。山崎らは、技術科において板材を用いた製作品を設計・製作する授業実践を行い、3D-CAD を用いた設計・再設計過程の学習効果を検証した⁹⁾。秋山らは、技術科を対象として、パートトレイを 3D-CAD で設計し 3D プリンタで製作することを通してものづくりのプロセスを体験的に学習できる教材を開発した¹⁰⁾。岳野らは、技術科における「材料と加工の技術」の再設計場面に 3D-CAD を導入することによって、ものづくりや 3D プリンタ、3D-CAD に対する生徒の興味が向上することを確認した¹¹⁾。杉本らは、技術科において 3D-CAD を用いた立体モデルの制作と 3D プリンタで造形する学習指導計画を立案し、授業実践を行った¹²⁾。小学校の授業実践に 3D-CAD を使った先行事例として、山本らは 3D-CAD と 3D プリンタで独楽の設計・製作を行う授業を実践した¹³⁾。

表 1 は上記の先行研究におけるデジタルものづくりの目的、作図ソフトやデジタル加工機の種類、操作者を分類したものである。表 1 においてグレー塗りつぶしで示した小中学校での授業実践 7 件のうち 3 件において 3D プリンタが使われているが、学習者が 3D プリンタを操作した例は 1 件しかない。3D プリンタは誰でも、どんな形状でも、出力できることが特徴であり、一見、初心者がものづくりを行う授業に適しているように思われがちである。しかしながら 3D プリンタは出力に相当な長時間を要する欠点があり、例えば 1 辺 5 cm 程度の立方体に近い形状を出力した事例では一人の生徒作品の出力に約 7 時間を要している¹²⁾。この欠点を補って学習者に 3D プリンタを使わせるために 4 台の 3D プリンタを使った授業実践では、3D プリンタの故障が頻発し、多数の 3D プリンタを管理するための教員負担が大きくなった⁸⁾。

そこで本研究では技術科の授業実践に、3D プリンタではなくレーザーカッターを使用することを目指している。レーザーカッターは平面材料にレーザー光を集光して照射して材料を切断する装置である。切断に要する時間は数秒から数分であり、3D プリンタに比べてはるかに短い特長がある。さらに平面材料の切断と彫刻しかできないので、立体作品を製作するためには組み立てや曲げに関する知識を要することがものづくりの資質・能力育成につながると考えられる。

表 1 先行文献の分析（グレー塗りつぶしは小中学校での授業実践を示す）

文献番号	デジタルものづくりの目的	作図ソフトの種類	(想定する) 作図ソフトの操作者	デジタル加工機の種類	(想定する) デジタル加工機の操作者
1)	教材開発	Creo Elements/Direct Modeling Express 4.0	教員	NC工作機	教員
2)	教材開発	Autodesk Fusion 360	研究者	レーザーカッター	研究者
3)	3Dプリンターの精度検証	Autodesk Fusion 360	研究者	FDM方式3Dプリンタ	研究者
4)	教員養成課程での授業実践	Autodesk Inventor 2015	学習者（大学生）	NC工作機・3Dプリンタ	学習者（大学生）
5)	教員養成課程での授業実践	Inventor Professional	学習者（大学生）	なし	なし
6)	中学校での授業実践	Pro/DESKTOP	学習者（中学生）	なし	なし
7)	中学校での授業実践	立体グリグリ	学習者（中学生）	なし	なし
8)	中学校での授業実践	Autodesk 123D Design	学習者（中学生）	FDM方式3Dプリンタ	学習者（中学生）
9)	中学校での授業実践	Autodesk 123D Design	学習者（中学生）	なし	なし
10)	幅広い年齢層向け講習での実践	Autodesk Inventor Professional 2015	学習者	FDM方式3Dプリンタ	学習者
11)	中学校での授業実践	作ってみよう！	学習者（中学生）	なし	なし
12)	中学校での授業実践	Autodesk Fusion 360	学習者（中学生）	FDM方式3Dプリンタ	授業者
13)	小学校での授業実践	作ってみよう！	学習者（小学生）	FDM方式3Dプリンタ	授業者

3. 本研究の目的と提案

本研究の目的は、デジタルネイティブ世代である現代の生徒たちの特性を生かして、技術科におけるものづくり授業を、デジタルものづくりを中心に展開する方法を開発することである。

従来の「手書き製図、手工具で製作」の授業では、材料加工に関する身体的技能の習得こそがものづくりの基礎・基本であるという考え方を背景として、材料加工に重点を置いて授業が展開されてきた。一方、本研究が提案する授業では材料は自動加工されるために、ものづくりの基礎・基本は何なのかを改めて明確にする必要がある。そこで本研究が提案するデジタルものづくり授業では、CADを使った設計の中で基礎・基本を教える。複雑な形状を簡単に加工できるデジタルものづくりであるからこそ、部品形状が正確に特定形状（直線や平行、直角、特定の角度、円など）である必要性を理解し、製作品に求める機能を実現するための設計を行えることが、本研究が目指すものづくりの基礎・基本となる。図1は本研究における基礎・基本の教え方の一例であり、厚さ2mmの板材を使って一辺40mmの立方体を製作する場合を示す。①40×40mm正方形の部品6枚を使っても立方体を組み立てられない。つまり材料の厚さを考える必要がある。②材料の厚さを考慮すると、40×38mmを4枚、36×36mmを2枚で立方体を作れそうである。③しかし正確な位置や角度に部品同士を組み立てる（接着する）ことが難しい。④そこで正確に組み立てられる部品形状を考えて設計することが大切である。

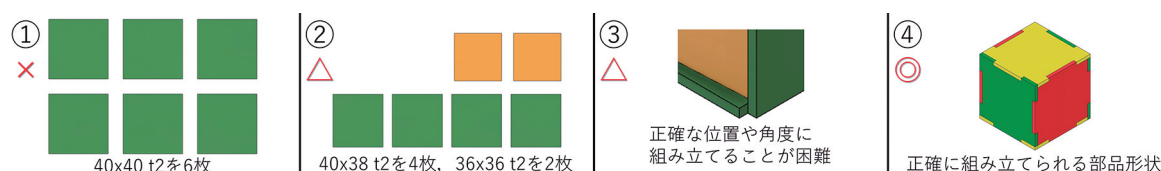


図1 ものづくりの基礎・基本について、教え方の一例

4. 研究授業

(1) 研究授業の概要

2021年8月に徳島県J中学校における夏期講習として、デジタルものづくりに関する研究授業を実施した。受講生は10名（男5名・女5名、1年生8名・2年生1名・3年生1名）、授業者は本論文の著者、授業時間は4時間（10：00～12：00、13：00～15：00）、実施場所は鳴門教育大学情報基盤センターである。この授業では、生徒がフリーのドローソフトであるInkscapeを使って加工データを作成し、そのデータを授業者がレーザーカッター用に変換して自動加工を行う。加工する材料は木質ボードMDFであり、レーザーカッターを使って切断および彫刻を行う。

表2に研究授業の指導計画を示す。授業ではまず、①レーザーカッターを使ったものづくりの概要を説明する（20分）。②次にドローソフトInkscapeの基本操作を学ぶ（40分）。③直径59mmの円内に作図し、そのデータに基づいてバスケットならびにMDF材をレーザーカッターで加工する（45分）。④50×100mmの長方形3枚に作図し、そのデータに基づいてMDF材で製作するペン立ての3面にレーザーカッターで加工する（100分）。

(2) 配布資料の工夫

Inkscapeには多くの機能があるが、生徒がレーザーカッターのデータを作成する上で必要となる機能に絞って学習させた。その内容は画面の説明、画面スクロールとズーム、長方形と円の描き方、オブジェクトへのスナップ、多角形・星形・うずまき等の描き方、図形や輪郭線の色選択、輪郭線の幅と線種の選択、文字の書き方、曲線の描き方、曲線に文字を沿わす方法である。

一般的にソフトの使い方についてすべての生徒に一斉に教えようとする、できない生徒の質問に授業者が追われてしまい、授業進行がとても遅くなる。そこで本研究授業では、ソフトの基本操作について極めて丁寧に記述し図示した資料を配布し、生徒は配布資料を見ながら基本的に自習する方法で学習を進めた。もし操作方法が分からないときは生徒同士で解決し、それでも分からないときに授業者に質問することにした。スマートホンの操作に慣れている最近の生徒は、多少分からない機能であってもどんどん弄りながら、自分なりに短時間で操作方法を習得するように感じている。配布資料における説明の一例を図2に示す。

表 2 研究授業の指導計画

時間	環境・資料	学習活動	指導上の留意点
10:00 -10:05		事前アンケート記入	
10:05 -10:25	パワーポイント資料 配布資料	1. レーザーカッターを使ったものづくりの概要を知る。	新型コロナ感染予防のため、座席間隔を十分にとる。
10:25 -11:05	生徒毎のパソコン Inkscape (ソフト)	2. Inkscapeの基本操作を理解する。	生徒は配布資料に基づいて各自で学習する。分からないときは生徒同士で解決し、それでも分からないときに授業者に質問する。
11:15 -12:00	生徒毎のパソコン Inkscape (ソフト) レーザーカッター	3. Inkscapeで第1課題のデータを作成する。 4. レーザーカッターで第1課題を製作する。	生徒はInkscapeの機能を自由に使いこなして、データ作成する。
13:00 -13:50 14:00 -14:50	生徒毎のパソコン Inkscape (ソフト) レーザーカッター	5. Inkscapeで第2課題のデータを作成する。 6. レーザーカッターで第2課題を製作する。	生徒はInkscapeの機能を自由に使いこなして、データ作成する。
14:50 -15:00		事後アンケート記入 片付け	

円を描いてみよう②・・・起点を中心とする円

1. 「ファイル」「新規」で新しいウィンドウを開く。古いウィンドウは不要なので右上「x」で消す。「保存せず」に閉じる」
2. 円／弧ツールを選ぶ。
3. A4用紙の左上角で[shift]を押しながらマウス左ボタンを押し、そのまま右下へドラッグし、ボタンを離す。起点を中心とする楕円が描ける。
4. 「編集」、「元に戻す」で、一旦最初に戻る。または[ctrl+z]。
5. A4用紙の左上角で[shift]を押しながらマウス左ボタンを押し、[ctrl]を押しながら右下へドラッグし、ボタンを離す。起点を中心とする円が描ける。

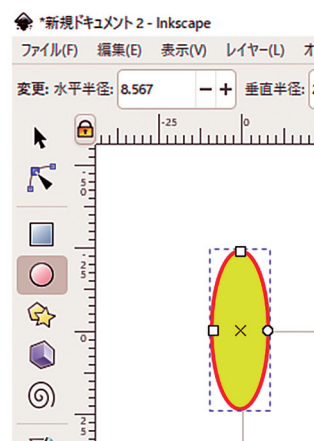


図 2 配布資料における説明の一例

(3) 製作課題の工夫

技術科の授業における製作課題として、楽しく学べること、短時間で製作できること、単なるお絵描きではなく実用的な製作品を完成させること、ものづくりの基礎・基本を学べることを配慮して設定した。レーザーカッターを使うと切り取ることと彫刻することができる。そこで第1課題として直径59mmの円板への加工を設計する。直径59mmは市販のビスケットの大きさであり、生徒作品をMDF材とともにビスケットにも加工することによって、楽しく学習させる狙いがある。図3は生徒データで加工されたビスケットであり、ほとんどの生徒が「もったいなくて食べられない」と言って紙に包んで持ち帰った。次に第2課題は50×100mm長方形3枚への加工を設計することである。これらはMDF材に加工することによってペン立ての3面になる。本来であればペン立て全体を設計・製作させたいのであるが、授業時間の短縮のために、今回は図4のように、あらかじめ授業

者が設計したペン立ての部品を切り抜いて準備しておくことで設計と出力時間を短縮し、その上に生徒が設計した図を出力して完成させた。



図3 第1課題として加工した生徒作品（ビスケット）

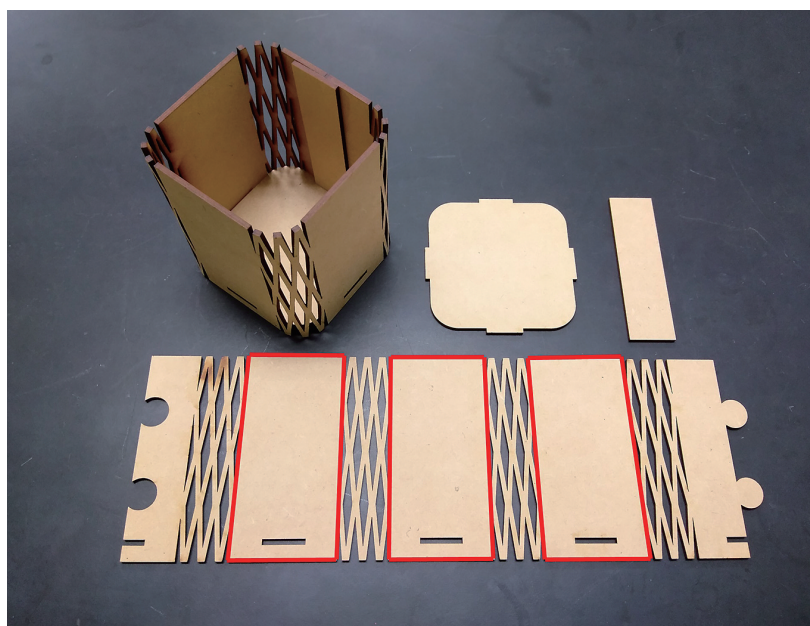


図4 第2課題のために授業者があらかじめ準備したペン立ての部品と組立て後。生徒は赤枠で囲った3面をデザインしレーザーカッターで加工した。

5. 事前・事後アンケートの分析

表3に本研究授業に関して、受講生10名を対象として実施した事前・事後アンケートの集計結果を示す。各質問に対して、「1. まったくそうではない」から「5. とてもそうだ」まで5段階で回答してもらい、「1. まったくそうではない」の回答を1、「5. とてもそうだ」の回答を5として数値化し、それらの平均値で分析を行う。つまり平均値1が最も否定的、平均値3は中立、平均値5が最も肯定的であることを示す。まずa-1の回答から、ほとんどの受講生は技術の授業がかなり好きな生徒たちであることが分かる。質問群bの回答から、3D

プリンタに関する知識はややあるが使用経験は殆どないことが分かった。質問群 c の回答から、本授業前においてレーザーカッターに関する知識はどちらとも言えず使用経験は全くないこと、本授業後において知識は高まり使用経験は多くなったことが分かった。質問群 d の回答から、コンピュータやスマートホンを使って文書を書いた経験のある生徒はかなり多いことが分かった。質問群 e の回答から、コンピュータやスマートホンを使って図形を描いた経験のある生徒はある程度いたが、本授業後にはかなり多くなった。またコンピュータやスマートホンを使って図形を描くことが好きな生徒は多く、本授業後にはかなり多くなった。質問群 f の回答から、本授業をすべての生徒がとても楽しんだこと、難易度はどちらともいえないこと、かなり多くの生徒がもっとレーザーカッターを使いたいと考えるようになったことが分かった。事前・事後の回答について t 検定を行った結果、今回の研究授業に関わる質問群 c と e-1, e-2 において学習効果があったことが有意に示された。

表 3 事前・事後アンケートの集計

質問	回答の平均値		t検定	
	事前	事後	p値 (片側)	有意水準 5%での 有意差
a-1. 技術の授業が好き	4.8	4.7	0.1717	
b-1. 3Dプリンタを知っている	4.6	4.1	※1	
b-2. 3Dプリンタでできることを知っている	3.6	3.9	※1	
b-3. 3Dプリンタを使ったことがある	1.2	2.2	0.0479	有り
c-1. レーザーカッターを知っている	3.6	4.6	0.0261	有り
c-2. レーザーカッターでできることを知っている	2.6	4.3	0.0021	有り
c-3. レーザーカッターを使ったことがある	1.0	3.8	0.0001	有り
d-1. コンピュータを使って文章を書いたことがある	4.8	4.8	※2	
d-2. スマートホンを使って文章を書いたことがある	4.4	4.2	0.1717	
e-1. コンピュータを使って図形を描いたことがある	3.4	4.6	0.0406	有り
e-2. スマートホンを使って図形を描いたことがある	3.4	3.7	0.2481	
e-3. コンピュータやスマートホンを使って図形を描くことが好き	4.0	4.7	0.0223	有り
f-1. 今日の講習会は楽しんだ（楽しかった）	5.0	5.0	※2	
f-2. 講習の内容は難しかった	-	3.1		
f-3. もっとレーザーカッターを使いたい	-	4.5		

※1：無回答があったためp値算出不可。 ※2：全員が事前事後に同じ回答をしたためp値算出不可。

6. おわりに

本論文では、コンピュータを使って設計製図を行い、コンピュータ制御の自動加工機を使って製作を行うデジタルものづくりを技術科に導入することを提案した。さらに鳴門教育大学情報基盤センターにある設備を使って中学生を対象としたデジタルものづくりの研究授業を行った。その結果、比較的短時間でデジタルものづくりの授業を実施できること、デジタルものづくりに対する生徒の興味・関心が高いことが明らかになった。しかしながら、今回の研究授業がわずか10名の技術が好きな生徒たちを対象として実施されたために、技術科における普遍的な結論が得られたとは言い難い。今後、さらに多様な生徒を対象として研究授業を実施して、本研究を発展させたい。

文 献

- 1) 宮下晃一・松本雅裕：標準化された部品を用いて組み立てる機構学習キットの開発, 日本産業技術教育学会誌, 第56巻, 第2号, pp. 109-116 (2014)

- 2) 内藤和希・猪股晃洋・長嶋春樹・門田和雄：教育用マイコンボードを活用したライントレースロボットの開発，日本産業技術教育学会第62回全国大会講演要旨集，p. 147（2019）
- 3) 今井慎一・岸本航：3Dプリンタにおける造形縮尺と造形時間の関係，日本産業技術教育学会第62回全国大会講演要旨集，p. 203（2019）
- 4) 山崎恭平・黎子椰：教員養成における機構の設計・製作を題材としたデジタルものづくり学習プログラムの開発と評価，日本産業技術教育学会誌，第58巻，第3号，pp. 159-166（2016）
- 5) 森岡弘・瀬尾優治・原田正憲：デジタルファブリケーション技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成－3DCADによる製図の授業実践－，日本産業技術教育学会第62回全国大会講演要旨集，p. 28（2019）
- 6) 藤田眞一・加賀江孝信・城仁士：3次元CADを用いた“材料と加工に関する技術”における学習指導と効果，日本産業技術教育学会誌，第58巻，第2号，pp. 73-80（2016）
- 7) 井川大介・村松浩幸：中学校技術科での簡易CADによる設計学習に著作権学習を組み込んだことによる知的財産意識への影響，日本産業技術教育学会誌，第58巻，第2号，pp. 101-108（2016）
- 8) 室伏春樹・小関航平・東誠二：中学校技術・家庭科における3Dプリンタを利用したデジタル作品の設計・制作カリキュラムの提案，日本産業技術教育学会誌，第59巻，第2号，pp. 89-97（2017）
- 9) 山崎恭平・中村浩士・黎子椰：3次元CADを用いた設計・再設計過程を含む設計・製作学習の提案と評価，日本産業技術教育学会誌，第60巻，第1号，pp. 9-17（2018）
- 10) 秋山剛志・関根文太郎・原田信一：3Dプリンタを活用したものづくりプロセス学習教材の開発，日本産業技術教育学会誌，第60巻，第1号，pp. 29-34（2018）
- 11) 岳野公人・山本利一：3DCADを活用した「材料と加工の技術」における設計に関する学習活動の検討，日本産業技術教育学会第62回全国大会講演要旨集，p. 49（2019）
- 12) 杉本滉世・高野悠稀・雲本直人・塩谷音々・藤野溪佑・伊藤陽介：技術に対する興味・関心を高め，生活を工夫し創造する能力を育むための教材づくり，日本産業技術教育学会第62回全国大会講演要旨集，p. 141（2019）
- 13) 山本利一・細田悠介・佐藤正直・石故裕介・沢田石秀昭：小学校教育における3Dプリンタを活用したものづくり学習の提案，日本産業技術教育学会誌，第60巻，第4号，pp. 201-208（2018）

Suggestion of Manufacturing Class using Laser Cutter in Technology Education of Junior High School

MIYASHITA Koichi

In the technology education in the junior high school, developing an own design with a handwritten design and wooden work using hand tools are taught for many years. However, for the present students in a digital native generation, handwritten design and wooden work using hand tools are inexperienced and difficult. Rather, learning the first manufacturing using a smartphone and a tablet PC which they use every day brings easier, more interesting and high level learning.

Therefore, in this study, digital fabrication is introduced to the technology education in the junior high school. In addition, results of an experimental class of the digital manufacturing for junior high school students were reported.