ICTを活用した創造型ものづくり教育の導入と授業実践

Approach to Basic Manufacturing Technology with Practical Education by using ICT

平尾篤利，平賀保博，佐藤亮一，下保敏和，鈴木賢治

Atsutoshi HIRAO, Yasuhiro HIRAGA, Ryoichi SATO, Toshikazu KAHO and Kenji SUZUKI

Abstract:

In educational institutions, manufacturing education is increasingly demanded. Therefore, practical education are widely practiced that manufacturing education. However, the present manufacturing education is currently limited to “assembly” using commercially available kits. Higher education institutions give importance on manufacturing. They are implementing education aiming at fostering more practical engineers. Students devise and produce works on themes themselves. In this work, rather than using a commercially available kit, students process and produce parts from materials and complete the work. In this research, we utilize ICT that is three-dimensional CAD and practice manufacturing education by making vice.

Key words:

Manufacturing, Information and communications technology, Practical education, Project based learning

1. 緒言

「中学校学習指導要領」（平成29年6月公示）が全面改訂された[1]。技術・家庭科においても，前回の公示（平成20年3月）された内容[2]から，より現在の社会的状況を踏まえた変更となっている。「中学校学習指導要領解説」技術・家庭編，（2）改訂の要点，イ内容の改善，（ア）内容校正の改善，において，「技術分野で育成することを目指す資質・能力は，単に何かをつくるという活動ではなく，技術の見方・考え方を働かせつつ，生活や社会における技術に関わる問題を見いだして課題を設定し，解決方策が最適なものとなるよう設計・計画し，製作・制作･育成を行い，その解決結果や解決過程を評価･改善するという活動の中で効果的に育成できると考えられる。」と記されている。

しかしながら，実際の中学校技術において実施されているのは, 市販のキットを用いた『組み立て』に留まっているのが現状である。生徒は，中学校学習指導要領に沿って製作されている市販のキットを用いることで，容易に製品を製作し，製品を失敗することなく完成させられる。このようなキットを用いた実習内容では, 成功を体験することはできても，大きな失敗を体験することができず，課題を設定し解決する力を養うことは難しい。さらに，キットは作り込まれた製品であるため，完成品を改良するといった余地がない。これでは，PDCAサイクルを機能させることができないなどの問題もある。

実践的な授業・実習を行うためにも，市販のキットに頼らない実践教育が求められる。高等教育機関においては，ものづくりを重視した，より実践的な教育を実施している例が多い[3]-[5]。テーマに対して学生自身が製品を考案, 設計, 製作する。市販のキットを用いないため，部品一個から，材料の選定，無垢材から加工・製作，組み立てを経て，最終製品が完成される。しかし，最初に組み上げた製品は，多くの問題を生じる。この問題は，設計，材料の選定，加工時の寸法精度など，様々な要因が含まれる。そのため，製品を評価・改善することで，PDCAサイ

2018.6.25　受理

クルを機能させる。

そこで，新潟大学教育学部金属加工実習の講義において，ものづくり教育を応用した実践授業を行った。主となる対象学生は，技術科教育専修の2年生とした。既に学生は機械実習において加工学習を実施済みであり，加工装置を操作することができる[6]。本稿では，ミニチュアバイスの自作（設計・製作）による，ものづくり教育を実践したので報告する。

2. ICTを活用した設計

ここでは，Information and communications technology（以後：ICT）機器を活用し，ミニチュアバイスの設計を行った。ICT機器は，Windowsベースの Operating System（以後：OS）を用いる。Windows OSのハードウェアは，広く普及しており，また多くのソフトウェア（以後：ソフト）を使用できる。OSは，Windows OS（Microsoft社製）およびMac OS（Apple社製）に大きく分けられる。タブレット端末においては，iOS（Apple社製）およびAndroid OS（Google社製）に分けられる。

2.1 3次元CADソフト

ミニチュアバイスの設計に，3次元CADを用いた。ここでは，Windows OS上で動作する，3次元CADソフトについて述べる。3次元CADとは，3次元空間上に3次元モデルを作成することができるソフトである。2次元CADより詳細な設計を可能とし，部品同士の干渉を3次元空間上で確認することができる。3次元CADは，プロ仕様のハイエンドから入門用のローエンドソフトまで，多くのメーカから販売されている。また，価格も1ライセンス数百万円のものから，機能が限定されてはいるものの無料のソフトまで存在する。表1に代表的な3次元CADソフトの一覧を示す。

また，3次元CAD閲覧専用のViewerソフトが各メーカから無料で公開されていることも多い。表1に示した，SolidWorks，Creo Parmetric，Inventorは専用の閲覧ソフトが公開されている。Viewerソフトを用いれば，簡単に3次元像をイメージすることができる。さらに最近では，タブレット端末においても3次元CADを閲覧することが可能であり，各CAD販売メーカからタブレット端末（Android OS，iOS）専用のアプリも公開されている。

2.2 3次元CADの構成

3次元CADは大きく，「ワイヤーフレーム」，「サーフェス」，「ソリッド」の3つに大別される。図1にそれぞれのモデルの外観を示す。(a)ワイヤーフレームとは，線のみで構成されたモデルである。情報量が小さいため，高速処理を可能とする。(b)サーフェスとは，線で囲まれた閉じた領域を1つの面と見立て，面モデルで構成することである。面モデルで構成されているため，体積・質量などを計算することはできない。(c)ソリッドとは，面モデルで囲まれた中身の情報も持ったモデルである。質量・体積の計算ができ，構造解析のシミュレーションなども可能である。しかし，情報量が大きいため，パソコンの性能が低いと処理に時間がかかる。他にも，設計した部品同士を組み立てる機能（アセンブリ），設計した履歴を参照する機能などがある。表1で示した有料の3次元CADは，これら全ての機能を利用できることが多い。

表1　3次元CADソフト

	ソフト名	販売会社
有料	SolidWorks	SolidWorks
	Creo Parametric	PTC
	Inventor	Autodesk
	iCAD	富士通株式会社
無料	Fusion 360	Autodesk
	FreeCAD	-
	SketchUp Free	Trimble
	DesignSpark Mechanical	RS Components

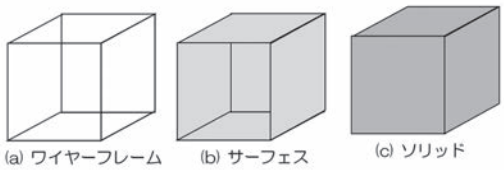


図1　モデル外観

2.3 SolidWorksの推奨環境

工学部の学生であっても3次元CADを使用したことのある学生は多くない。教育学部の学生に至っては，CADという言葉自体を知らないこともある。そこで，ここでは教育学部の学生に対して，3次元CADを用いた設計製図を行った。3次元CADソフトには，ミドルエンドのSolidWorksを用いることとした。

使用したSolidWorksのバージョンは2017とした。表2にSolidWorks2017の推奨動作環境を示す。

SolidWorksはバージョンによらずWindows OSのみで動作し，その他のOS上では動作しないため注意が必要である。

表2　SolidWorks2017動作環境

バージョン	SolidWorks2017
OS	Windows10，8.1，7
プロセッサ	64bit OS
RAM	8GB 以上

2.4 SolidWorksの使い方

学生は，これまで3次元CADを利用したことがない。そこで最初の段階として，3次元CADの操作方法に慣れされることから始める。SolidWorksには，基本操作を学習できるチュートリアルが備わっている。図2にSolidWorksチュートリアルを示す。学生はチュートリアルを実施することで，ある程度の操作方法を理解し，様々な機能を利用することができる。今回，図2に示したレッスン１～レッスン3までを実施した。

図2　チュートリアル

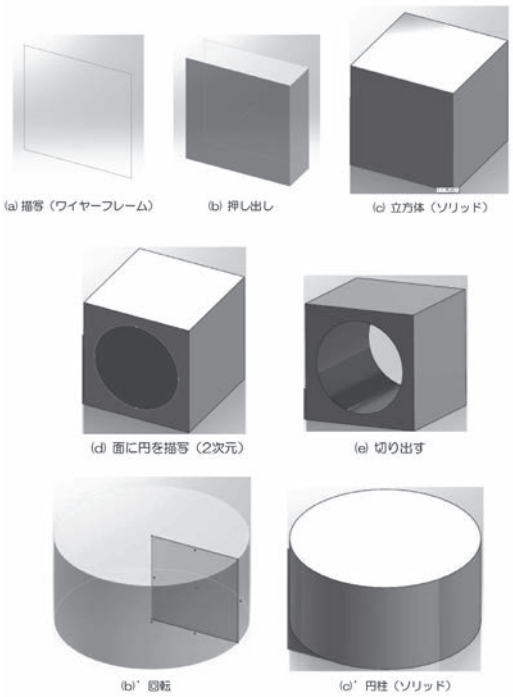


図3　3次元CAD基本操作

3次元CADの基本操作は，2次元空間上にサーフェスモデルを描き，その面を押し出す，カット，回転するといった操作を行い，サーフェスモデルからソリッドモデルへとする。図3に基本操作の概要を示す。(a)線で四角を描写する（2次元）。(b)四角で囲った部分を押し出し（3次元）。(c)立方体の完成。(d)立方体の特定の面に対して円を描写する（2次元）。(e)円で囲った部分をカット。一方，(a)の後，(b)'四角で囲った部分を回転させる。（回転させる軸を選択），(c)'円柱の完成。他にもフィレット（面取り），など多数の機能がある。3次元CADは，2次元の面を押し出し・カット，といった動作が基本となる。

2.4 ミニチュアバイスの製図

ミニチュアバイスには，いくつのも要素技術があり，これを自作することは設計，加工および組み立てなどについて幅広く学習することができる。バイスは，部品点数も少なく，分解が容易である。さらに，バイスの製作工程は，切断，穴加工，雌ねじ，雄ねじ，フィレット加工，と様々な方法を用いる。

バイスの構造を理解するために，学生2～3人を一組とし，市販されているミニチュアバイスを分解

した。ミニチュアバイスは，新潟精機社製のS-1を用いた。図4にミニチュアバイスの外観を示す。図5は，図4に示したミニチュアバイスの分解した部品一式を示す。これら部品に対して，学生はノギスを用いて寸法測定を行い，ポンチ絵上に各部品の寸法を記入する。

部品寸法の計測が終了後，SolidWorksを用いたソリッドモデルの作成に移る。全てのパーツに対してソリッドモデルを作成し，アセンブリ機能による干渉チェック，バイスの動作チェックを実行する。図6にアセンブリした3次元CADの図面を示す。SolidWorksの操作方法は，チュートリアルおよびミニチュアバイスの製図作成によって習得する。

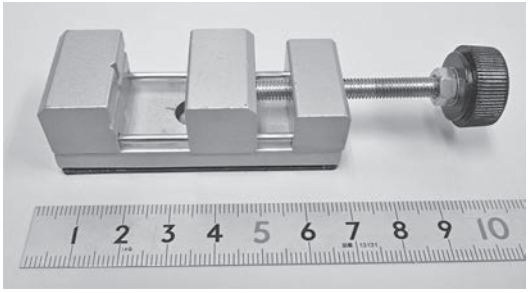


図4　市販のミニチュアバイス

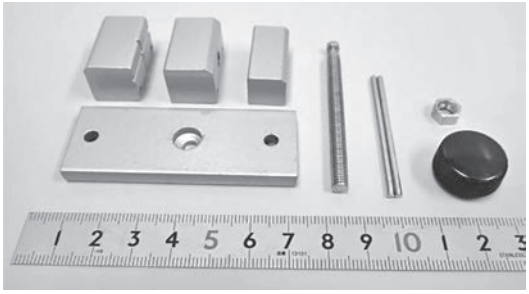


図5　ミニチュアバイスの部品一覧

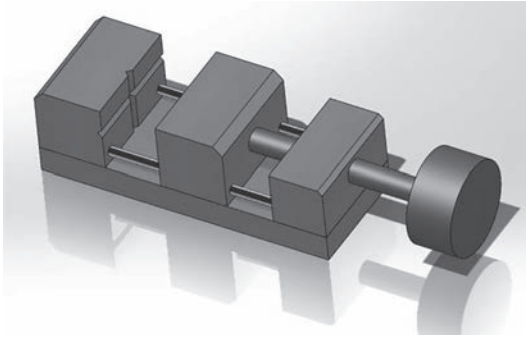


図6　ミニチュアバイスのアセンブリ

2.5 SolidWorksを用いた設計製図

2.4節では，市販されているミニチュアバイスの製図を行った。そこで，学生自身に自由な発想でバイスを設計させた。学生は，バイスの大きさ100mm × 100mm × 100mm以内であれば，自由に設計できることとした。

学生は，これまでの金属加工Ｉの講義で，材料特性に関する内容を理解している。そこで部品の材料も任意で選択させることとした。材料によって加工のしやすさは大きく変わるが，失敗を体験しながら実習することで，課題を設定し解決する力を養うことに繋がるものと考えている。

バイスの設計，仕様の検討などを学生同士で討論させた。また，設計するバイスの各部品に対して，班内で担当する学生を決め，全学生が設計に携われるようにした。SolidWorksを用い，部品のソリッドモデルを作成する。表3に部品の材料・寸法一覧を示す。設計した部品は，学生自身が製作するため，ソリッドモデルを図面へ展開する。ここで図面に寸法の記入方法を復習する。図7に学生が設計した部品のソリッドモデルおよび図面を示す。学生は，この図面を参考に部品を製作する。手加工で部品を製作するため，図面の寸法線は基準面を得に注意するよう指導した。

班内で完成した部品データを集め，設計した部品のアセンブリを実施する。図8にアセンブリしたバイスを示す。図8から学生自身が設計したバイスの干渉チェックなどを実施することができる。3次元CADのアセンブリ機能は，部品の製作-組み立て工程を実際に実施しなくてもバイスの構造および部品の干渉などを確認できるため，大きく設計時間を短縮することが可能となる。また，軸は稼働することができ，バイスが部品を挟み込む様子を確認することが可能となる。

表3　部品寸法および加工方法

	寸法 [mm]	材料	加工方法
底板	60×30×6	ステンレス鋼	ファインカッタ （切断） ボール盤
部品1 部品2 部品3	10×10×20	黄銅	ファインカッタ ボール盤 タップ
M3雄ねじ	M3×55	ステンレス鋼	旋盤 ダイス

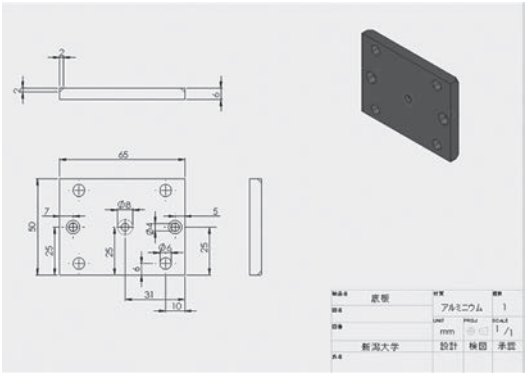


図7　設計した部品の図面

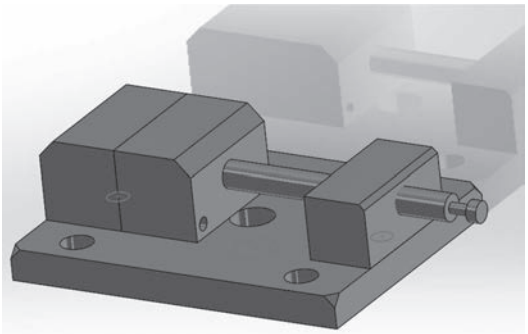


図8　設計したバイスのアセンブリ

3. ものづくり実習

3.1 ミニチュアバイスの製作

図7に示した設計図を参考にしてバイスを製作する。無垢材から加工するため，材料の切断，穴加工，ねじ切り，など様々な加工法を用いる必要がある。学生は，図面を参考にどの加工法が適切かを考える。

図9に製作したバイスの外観を示す。ある程度，設計通り加工することができている。しかし，加工技能が未熟，ケガキ塗料を除去していないなど，課題も多いことが分かった。しかし，自ら思考錯誤し製品を完成させることは，様々な加工法（加工技能）の習得など製品のものづくり全体を把握することができ，学習効果は大きいと考えている。

3.2 製作したバイスの評価

製作した部品の寸法をノギスによって計測し，部品の寸法を評価した。また，実測した寸法を図面に朱色で記入した。図10に評価した後の図面を示す。図面の寸法の多くが訂正されている。技術科教育専修の学生であっても，これまで加工の経験が少ないため，ケガキ，ポンチの精度が悪かったためと考えている。また，寸法に合わせて仕上げ加工を実施するのが一般的だが，フライス盤が整備されていないため，切断面に対して仕上げ加工ができていない。

特に穴加工の位置は重要であり，部品を組み合わせた際，穴位置の精度が悪いことで他の部品が干渉してしまい，バイスとして機能しないグループもあった。

3.3 製作品

図11に学生が製作したバイスを示す。まったく異なるバイスを製作したグループもあったものの，SolidWorks操作方法の練習のために用いたミニチュアバイスに似ている製作品が多かった。多くのグループで，旋盤，ボール盤，タップ，ダイス，ファインカットなどの機器を利用して製作品を完成させた。仕上げ加工や寸法を調整するため，研削盤を用いるグループもあった。

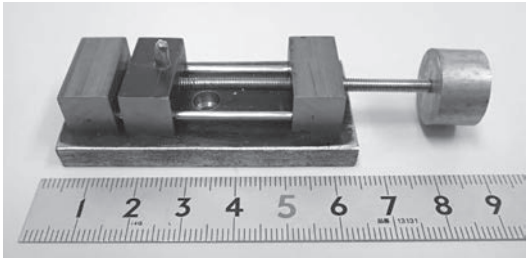


図9　製作したバイス

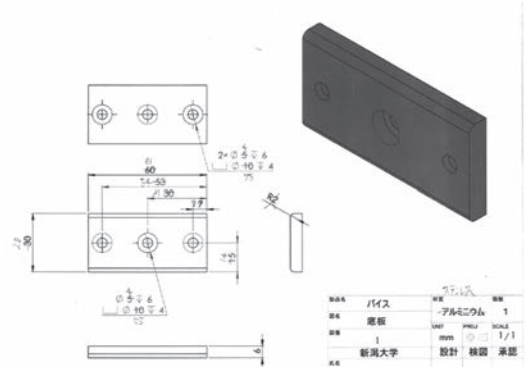
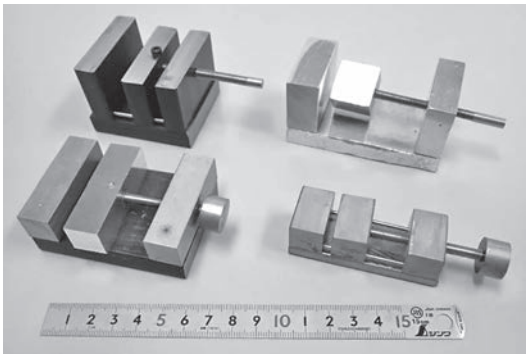
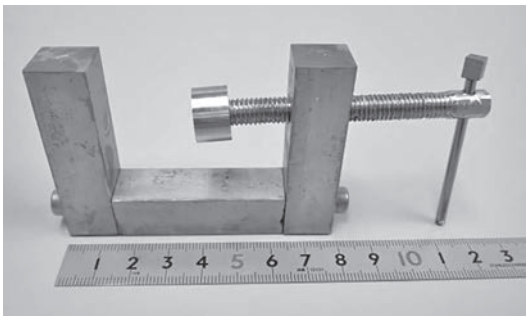


図10　評価した図面



(a) 市販のバイスと似ている製作品



(b) 市販のバイスと似ていない製作品

図11　製作品一覧

4. まとめ

本報告では, バイスの設計･製図･製作を実施した。バイスを自作させることで幅広い教育効果を狙ったものである。

これまで使用したことのない設計ソフト，3次元CAD（SolidWorks）を用いることで，CADソフトの操作方法を学習し，CADに対しての理解を深めることができた。これまで，学部学生が教育実習先で3次元CADによって作成したモデルを用いて，中学生に対して授業実践した。3次元CADによって作成されたモデルは，中学生に対しても理解を深めることができ, 中学生の関心はとても高いものであった。

一方，加工機を自作することは，設計，加工および組み立てなどについて幅広く学習することができる。これらを実施することで，ものづくりに対する楽しさを実際に体験できるだけでなく，加工技能の習得など，ものづくりの全体を把握することができたと考えている。設計から製作まで，全てを理解した人材育成に貢献できたと考えている。

謝辞

本稿は，本学教育学部技術科教育専修の学生諸君が金属加工実習に取り組む内容とまとめたものである。ここに記して謝意を示します。

参考文献

[1] 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編，（2008）
[2] 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編，（2018）
[3] 平尾篤利，後藤啓光，谷貴幸：放電加工機の開発におけるモノづくり教育の実践，工学・工業教育研究講演会講演論文集，(2010)634-635.
[4] 中村等：新しいものづくり工作実習，工学教育，Vol.50，No.3 (2002)44-48.
[5] 竹内茂，丸山晃市：教材開発体験による学生の潜在能力の啓発，工学教育，Vol.52，No.4（2004）2-6.
[6] 鈴木賢治，平賀保博，下保敏和，平尾篤利，佐藤亮一：加工学習における機械工学の役割と授業実践，新潟大学教育学部研究紀要自然科学編，Vol.9，No.1（2016）51-58.