

# 3D 造形における ICT の有効性調査

小林 義和\*

(平成 29 年 10 月 31 日受理)

A research on efficient use of ICT for 3D fabrication

Yoshikazu KOBAYASHI\*

3D-CAD system is used for the education of mechanical design in our college. The factors to develop abilities of the students for 3D fabrication using ICT are researched in this paper. As a results, it is shown that basic attitudes for learning, such as continuity of study, careful work and logical thinking, are needed to develop their abilities before they use ICT.

Key words: CAD/CAM, design, 3D fabrication, ICT

## 1. はじめに

大学における設計教育は 3D-CAD (3D-Computer Aided Design) を用いた教育が主に行われ、学生の習熟度も 10 年前と比べて格段に向上しているようである<sup>[1]</sup>。これは、CAD ソフトウェアの性能およびユーザインターフェースの向上はもちろんであるが、ICT (Information and Communication Technology) 機器やソフトウェアの使用が社会に浸透し、ICT におけるスキルを学生が設計教育を受ける前にある程度修得していることも 3D-CAD をスムーズに扱うことができる要因の一つである。また、独自で ICT を活用した設計教育システムを構築し、学生を支援している大学も見られる<sup>[2]</sup>。

しかし、実際の授業においては全学生が高いレベルの設計能力を身につけることができるかと言えそうではなく個人差が生じている。3D-CAD などの ICT 機器やソフトウェアを用いて教育することにより、学生は授業内容を理解しやすくなると考えられるが、より高度な能力を身につけるために ICT は有効に機能するのか疑問になることも多い。そこで、設計と生産を含めた 3D 造形において ICT を活用して学生の能力を伸ばすために必要な要因の調査を行った。なお、この報告内のデータは平成 28, 29 年度の 2 年間における平成 27 年度入学生のものであり、データ数は 35 と少ない。現時点での報告となっていることを考慮頂きたい。

---

\* 工学科 (機械・素材科学系) 准教授

Associate Professor, Division of Mechanical Engineering and Material Science, Department of Engineering

## 2. 調査環境

### 2.1 新潟工科大における設計・生産 (CAD/CAM) 教育

本学において機械設計を学ぶ学生は次のような設計に関する科目を履修する。

#### ①入門 CAD (2 年次前期)

主な内容：2 次元，3 次元 CAD の基本を学ぶ。

#### ②機械製図 (2 年次前期)

主な内容：図面の書き方，規則を学ぶ。

#### ③機械 CAD (3 年次前期)

主な内容：3D-CAD の考え方・操作方法を学ぶ。

#### ④テクニカルイラストレーション (3 年次後期)

主な内容：3D-CAD の使い方，部品図の書き方，アセンブリ，運動・変形解析を学ぶ。

この様に 2 次元から 3 次元図形へ，単純形状から複雑形状へ学習は移行している。また，2 年次前期の「入門 CAD」から CAD を用いており，以後他の授業も CAD を用いた授業となっている。

設計を含んだ生産 (CAM, Computer Aided Manufacturing) 科目に関しては以下の授業を筆者が担当している。

#### ①機械工作法 (2 年次前期)

主な内容：工作機械の概要と加工方法を座学で学ぶ。

#### ②自動加工技術 (3 年次前期)

主な内容：CAD/CAM の概要，簡単な NC プログラムを学ぶ。

#### ③立体造形 (3 年次後期)

主な内容：CAD/CG における形状処理技術，モデリング方法について学ぶ。

#### ④加工シミュレーション (4 年次前期)

主な内容：CAM と高度な NC プログラムについて学ぶ。

また，実験として以下の 2 テーマを実施している。

#### ①学系実験：3D 造形実習 (2 年次前期)

主な内容：3D スキャナと 3D モデリングソフトおよび 3D プリンタによりストラップを製作する。

#### ②コース実験：3D-CAD/CAM による 5 軸加工 (3 年次後期)

主な内容：5 軸マシニングセンタの加工特徴を理解し，課題の NC プログラムを作成し加工を行う。加工表面の光沢度を計測し，加工条件との考察を行う。

今回の調査では 3D 造形を実際行っている「自動加工技術」，「3D 造形実習」と座学である「機械工作法」の成績およびレポートや造形物のデータを用い，3D 造形と ICT に関する考察を行った。なお，「自動加工技術」は NC プログラミングを用いた造形（マシニング加工）であり，「3D 造形実習」は 3D スキャナとソフトウェアを用いた造形（3D プリンタによる造形）である。すなわち，前者は論理的，後者は感性的な思考がモデル作成および

造形時に必要になると考えられる。

## 2.2 3D 造形で用いている ICT 機器, ソフトウェア

「自動加工技術」と「3D 造形実習」で用いている ICT 機器, ソフトウェアを以下に示す。

### ①自動加工技術

- ・ C 言語コンパイラ : NC プログラムの作成のため。
- ・ NC シミュレータ (NCVC) : NC プログラムの確認のため。
- ・ マシニングセンタ : 加工のため。

### ②3D 造形実習

- ・ 3D スキャナ (Sense) : 顔の 3D 形状を測定するため。
- ・ 3D モデリングソフト (Meshmixer) : 3D 形状の作成・編集のため。
- ・ 3D プリンタ : 造形のため。

また, 「3D 造形実習」では図 1 のようなテキストおよび操作マニュアルを作成し, 学生が iPad 上で見られるようにしている。学生は PC と iPad を併用し作業することになる。その授業風景と 3D スキャナで撮影しているところを図 2 に示す。

## 2.3 提出課題と採点方法

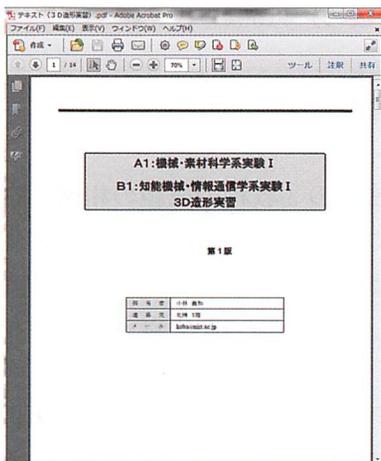
今回調査対象とした 3 教科の採点方法と提出課題を以下に示す。

### ①自動加工技術

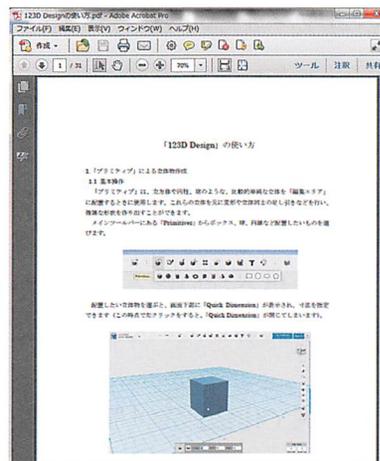
- ・ 採点方法 : 小テスト (30%), 課題レポート (40%), 授業内テスト (まとめ) (30%) .
- ・ 提出する造形物は図 3 で示す円柱形状, だ円柱形状の加工物とその NC データである。

### ②3D 造形実習

- ・ 採点方法 : ルーブリックにより評価。造形物の配点はおよそ全体の 1/4 程度。



(a)実習テキスト



(b)操作マニュアル

図 1 電子化したテキストとマニュアル

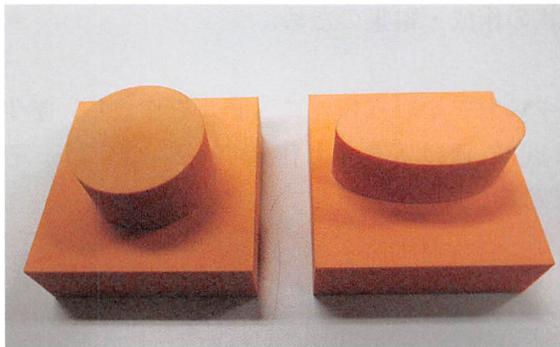


(a)PC と iPad の併用

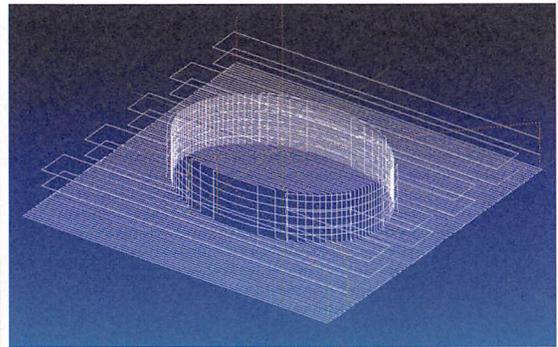


(b)3D スキャナでの撮影

図 2 実習風景



(a)提出物写真



(b)NC データ (工具経路, だ円柱)

図 3 「自動加工技術」での提出物

・提出する造形物は図 4 で示す自分の顔を入れたストラップとその形状データである。この図 4 は実習テキストで例として表示されている造形物である。

### ③機械工作法

・採点方法：小テスト（50%），授業内テスト（まとめ）（50%）。

## 3. 調査結果と考察

「自動加工技術」，「3D 造形実習」，「機械工作法」の 3 教科の成績の相関図を図 5 に示す。この 3 教科を全て履修した学生数は 35 名であるが，各科目 60 点以下の学生は欠席が多い，レポートを出さないなどの理由から極端に点数が低くなっており，本調査内容とは別の要因が成績に影響していると考えたため除外し，合格点の 60 点以上の学生を調査対象とした。

図 5 より，「機械工作法」と「3D 造形実習」，「自動加工技術」と「3D 造形実習」には相関は見られないが，「機械工作法」と「自動加工技術」には強い相関がみられる。「3D 造形実習」は他の 2 教科に比べて点数のばらつきが小さくなっており，相関が出にくかったものと思われる。これは，ルーブリックによる評価だったことや，実習のため手を動か



図4 「3D 造形実習」での提出物例（テキスト内表示）

して行う作業が多く学生の能力差が出にくかったためではないかと考えられる。「機械工作法」と「自動加工技術」はどちらも暗記と記述を伴うテストが入っているため、長期的な授業内容の理解と論理的な思考が必要となってくる。そのため学生の成績に差が出たものと考えられる。

ICT 関連機器とソフトウェアを用いている「自動加工技術」と「3D 造形実習」において学生の事前の IT 環境が成績に及ぼす影響を調査した。学生に以下の3つの事項をアンケートし、相関図を図6にまとめた。

（設問1）iPadではなくPCを持っていますか？

結果：持っている（●）24名、 持っていない（×）11名。

（設問2）CADまたはCGのソフトを使ったことはありますか？

結果：ある（●）31名、 ない（×）4名。

（設問3）プログラミングの経験はありますか？

結果：ある（●）30名、 ない（×）5名。

これらの図をみても ICT 関連のスキルを事前に持っていない学生は成績が悪いということはない。授業内できちんと学習できれば良い成績を取っていることがわかる。

また、図5(c)で示した論理的思考が必要となる2教科の相関図において、成績の上位と下位グループにおいて3D造形物の違いについて調査した。図7に図5(c)に示した番号の学生の「3D造形演習」で製作したストラップ形状を示す。図7において上段の(a)は成績上位グループを下段の(b)は下位グループの作品である。全体を見ると実習のテキスト内で例として表示してある図4のものと似ている作品が多いが、中には学生独自に工夫した作品も見ることができる。また、成績上位と下位のグループで明確な作品の違いは見ることができなかった。このことは、この程度の3D造形であれば学生はスキャナおよびソフトウェアを使いこなすことができ、また、ICT機器が3D造形に関する学生間の能力差を埋めることに役立ったとも言える。それでは何故図5(c)のような成績上位者と下位者にはっきり分かれるような相関が生まれたのであろうか？この8人の「3D造形演習」のレポートを調査すると、提出課題での考察の量が大きく異なることがわかった。ある設問での考察文字数は成績上位①～④のグループでは141字（考察不十分1名）、成績下位⑤～⑧

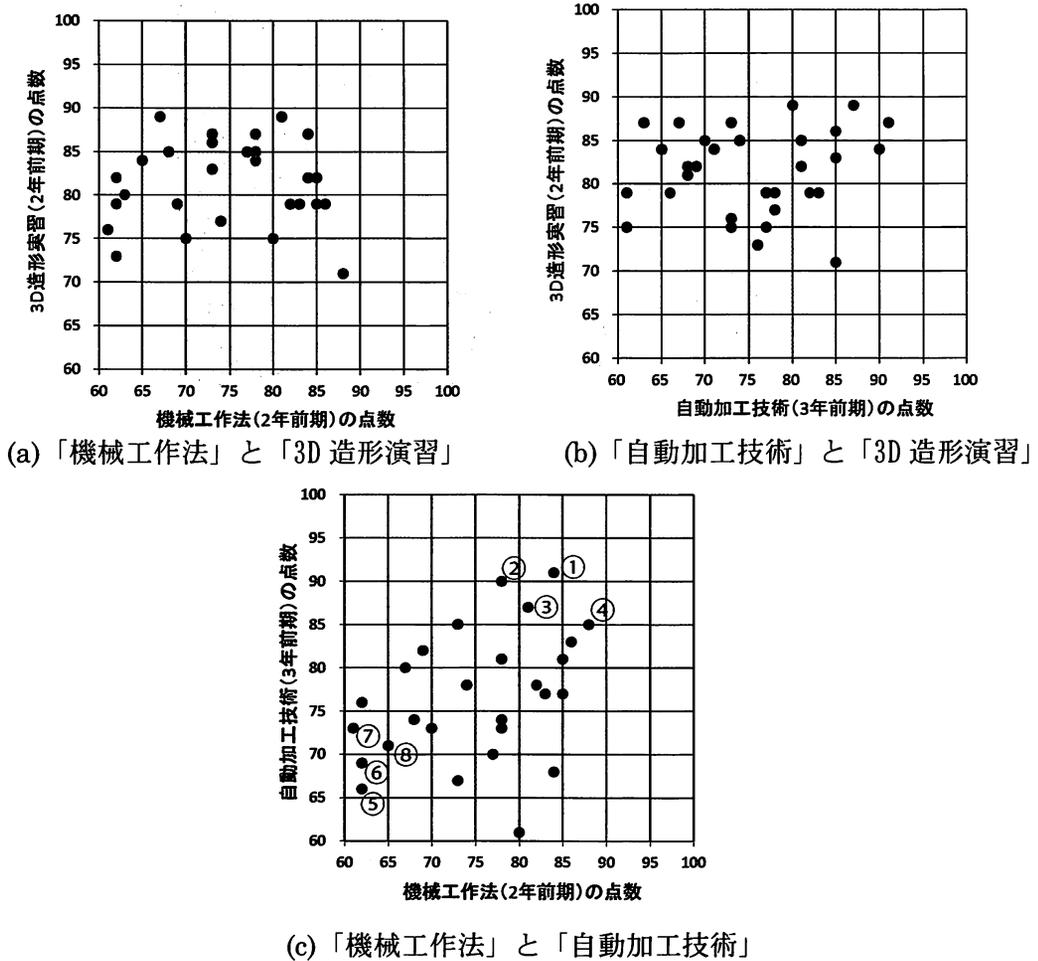


図5 3教科の相関図

のグループは73点（考察不十分2名）と約2倍の差があった。また、レポート課題の造形物の写真撮影画像も下位グループはピンボケのものが多く丁寧にレポートを作成していないことがわかった。さらに、下位グループでは造形作品の顔と胴体の接合部の処理が粗いものが目立った。すなわち、ICTの恩恵を受けた3D造形では学生間の差はそれほどなく、レポートやテスト勉強などの時間がかかる作業やプログラミングなどの論理的思考が必要になる作業の場合、学生間に成績の差が発生したことになる。

#### 4. まとめ

日本設計工学会の笹島会長は「創造性教育と設計（設計工学×デザイン学の共創）」の特集の中で、「設計」は単なる製図法の知識と実技の教育ではなく、白紙の上にもものを生み出す設計力を教授すべきであり、そこには論理的思考と柔軟な発想力が必要であると述べている<sup>[3]</sup>。筆者もまったく同感である。今回の調査結果から考えると工科大生は発想を文章で伝える力、プログラミングなど論理的な思考を必要とする問題解決力の劣っている

## 3D 造形における ICT の有効性調査

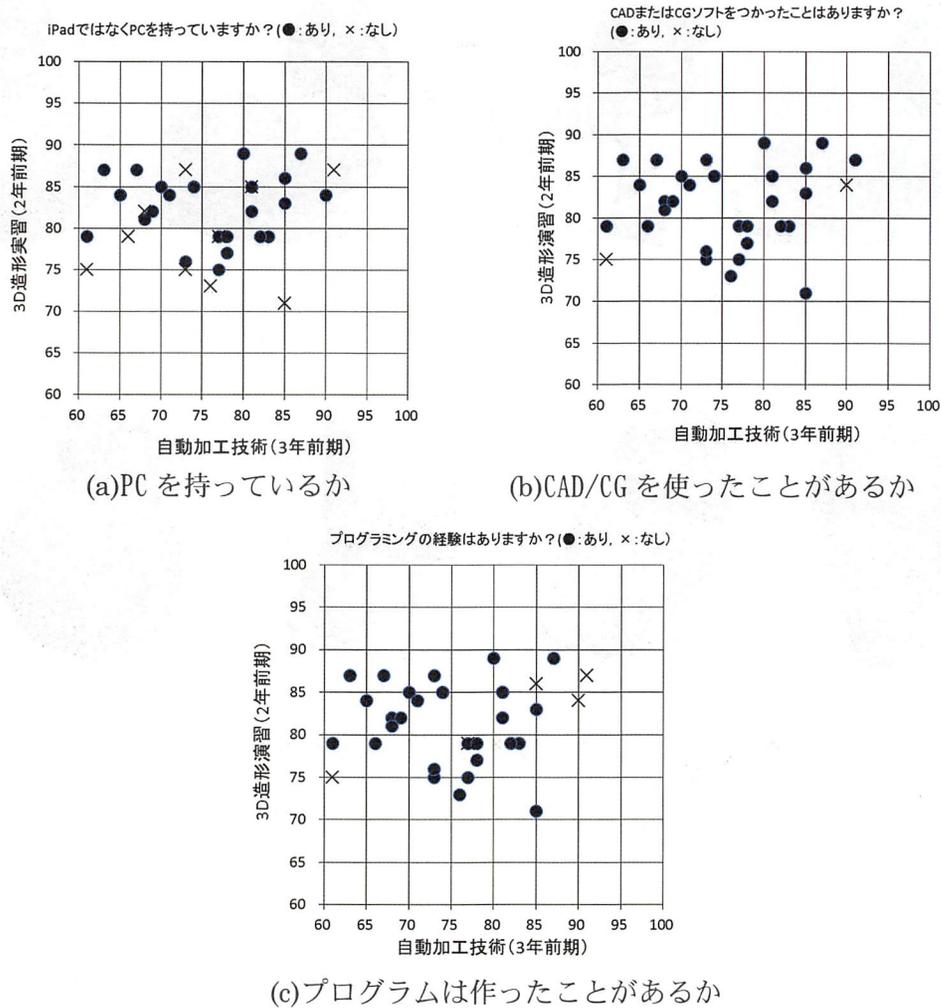
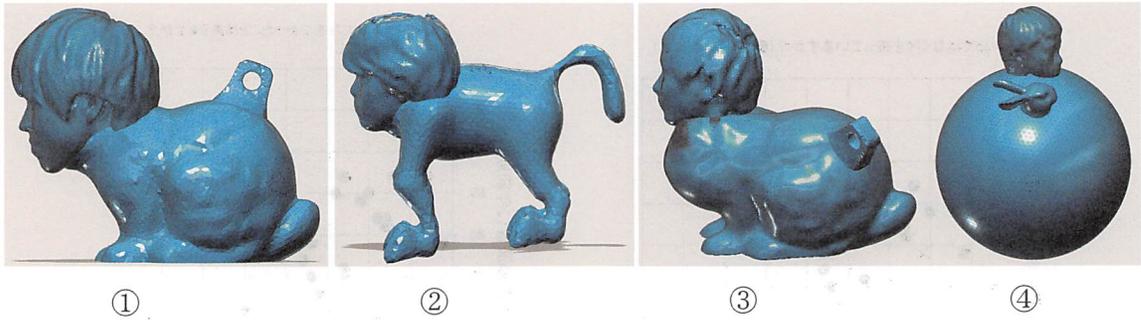


図 6 ICT 関連スキルと成績の関係

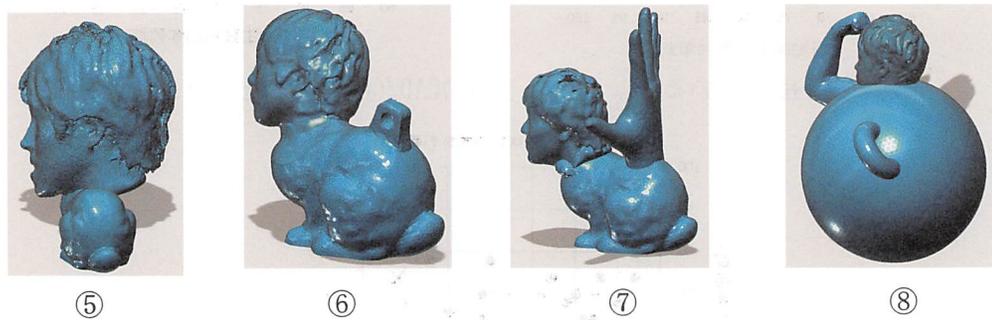
学生が多いようである。「設計」は「アート」と異なり形に機能を持たせた造形物であることから、その製作過程には論理的な思考が伴ってくる。これらの事から、学生は ICT を利用する前に、基礎となる「読む、書く」ことにより論理的な力、続けることができる力を養うことが必要であると感じる。この「読む、書く」力をつければ、ICT の活用も今まで以上に有意義なものになるはずである。ICT を駆使して利便性を追求するのではなく、学生の基礎力を補完する役割として ICT 利用を考えるべきである<sup>[4]</sup>。

### 謝辞

本研究は平成 27, 28 年度教育改革プロジェクトの助成により実施した。参加メンバーである、吉本康文教授、鈴木貴弘技師、山岸讓技師に感謝いたします。



(a) 図 5 (c) における成績上位の学生の作品



(b) 図 5 (c) における成績下位の学生の作品

図 7 「3D 造形実習」における学生造形物

## 文献

- [1] 野口昭治：東京理科大学における機械設計製図教育の事例，設計工学，52 (1)，14-19，2017.
- [2] 長坂保美：ICT を用いたものづくり教育システムの構築と実用化，日本工業大学紀要，46 (2)，42-45，2016.
- [3] 笹島和幸：創造性教育の歴史と展開，設計工学，51 (10)，637-677，2016.
- [4] 鬘谷要，鈴木ちひろ，鈴木成美：先進 IT 機器利用および実験機器のデジタル化による科学系教育科目の理解および修学意欲の促進，和洋女子大学紀要，56，133-142，2016.