

## 国士館大学における3次元デジタルデータを活用する工学教育

大 高 敏 男\*

### Practical Engineering Education Using Three-dimensional Printer at the School of Science and Engineering, Kokushikan University

Toshio Otaka\*

**Abstract:** This article introduces examples of practical engineering education which use three-dimensional digital data in the School of Science and Engineering at Kokushikan University, as well as summarizing their educational effects. In recent years in Japan an increasing number of people, particularly young people, have lost their interest in science and engineering. However, manufacturing industries are key industries for Japan and it is necessary to continuously develop these industries and train engineers to work in the industries. Therefore, our university focuses on engineering design and manufacturing education using three-dimensional digital data or 3D-printer throughout the four year university course and we teach specialist skills on practical themes. It was discovered that when active learning methods were used they were effective and students became more interested in engineering.

**Key words:** 3D-CAD, 3D-Printer, Engineering Education, Mechanical design

#### 1. はじめに

人の役に立ち、社会を豊かにする学術のひとつが工学であり、工学を礎にして課題を解決していくのが技術者である。工学設計においては、所望される機能を満足していることが重要である。そして、その機能は、安全性、信頼性、耐久性が十分に確保された上に得られるもので、動作中においても廃棄される際にも環境に与える負荷が極小であることが求められる。こうしてできあがるモノは、それがどんなに省エネで環境負荷が少なくても、それを使ってもらわなくては意味が無い。したがって、これらのモノはユーザーに受け入れられるように工夫されている。さらに徹底したコスト削減が図られ、究極に洗練された工学設計と生産技術により支えられているのである。こうした日本のものづくり技術によって産み出される製品は、世界から高い評価を得ていることは言うまでもない。

最近では、こうした高品質で低コストであるものづくり技術に対する社会的要求がいつそう高まっている。このような状況下において、コンピュータ技術の進歩に伴い、3次元CAD (Computer Aided Design) やこれに関

連するシステムやソフトウェアが広く利用されるようになってきた。3次元CADは製品の形状データを3次元形状デジタルデータとして保持するものであり、加工や解析など広い分野でこのデータを同時に活用して作業を進めることが可能である。現在、JISやISOの規格委員会で、詳細な3次元形状デジタルデータの規格化が進められている。このデジタルデータを活用するものづくり技術は、これからのものづくりに欠かせないものとなっている。そして、これらの技術を知る技術者・工学者を育成していくことは大学の重要な任務のひとつであることはいままでもない。

さて、国士館大学理工学部では、すでに3次元CADを用いた工学設計教育や工学におけるアクティブラーニングを実施し成果を上げている<sup>1)2)</sup>。最近では、フルカラー3次元プリンタも導入し、より充実した教育環境を整えている。本報では、3次元形状デジタルデータを利用する3D-CAD/CAE (Computer Aided Engineering)/プリンタを用いた工学教育事例のひとつとして3次元プリンタを活用した教育事例をそのねらいとともに解説する。また、これらの工学教育に関して、その将来性を展望する。

#### 2. 工学設計の位置づけと教育方針

工学設計は、製品として生産するための基本であるが、図1に示すように、形状を追求する芸術の世界、

\* 国士館大学理工学部理工学科機械工学系  
Kokushikan University, Mechanical Engineering Course,  
School of Science & Engineering

用いている原理を体系づける自然科学、製品の価値や意義を位置づける哲学や経済学の世界にも繋がっている。したがって、設計の善し悪しは、製品の性能の善し悪しだけでなく、センスの良さ、会社の技術レベル、会社の社会への取り組み（社会貢献）姿勢などの判断にも使われる可能性がある。「製品を設計する」とは、単に形状と寸法と材料を決めるだけではなく、これらすべてを背負うことになるので、設計者は倫理観を持ちかつ会社の方針を理解して、製品設計の中に設計思想として盛り込まなくてはならない。ところで、図1に示す全ての項目を1人の設計者が掌握して仕事を進めることは、一般的に困難である。通常は、他分野の人間や専門の異なる技術者が協調して進めている。そして、これらの間の有効な共通の情報媒体として3次元形状デジタルデータが用いられるようになってきた。例えば、機械を作り上げるプロセスでは、図2に示すように3次元CADなどで作成された形状モデルデータを中核におき、複数の部署がこれを共有して用い、各工程が互いに関連づけながら同時に並行して作業を進めるコンカレントエンジニアリ

ングがある。最近の我が国の製造業を取り巻く環境は厳しく、業務効率改善のための有効な手法としてコンカレントエンジニアリングが広く取り入れられるようになってきた。製品の3次元形状をデジタルデータとして作成・編集することができるソフトウェアが3次元CADである。今後、さらにCADの活用が促進され、図面作成だけではなく、概念設計、構想設計、試験、製造工程管理、プロジェクト管理など多岐にわたり3次元デジタルデータの活用が進められていくであろう。

ところで、工学設計により産み出される製品は、図1に示したように、場合によっては社会的な背景に合致させたり、政治的な意図に基づいて設計されたりすることがある。一方、芸術的な感性や自然界に存在するモノが有する形状や色彩が人や社会に広く受け入れられることがある。近年、このような心惹かれる色彩や形状を工学設計に積極的に取り入れようとする試みがなされている。優れた機能を有する製品を広く使ってもらうための重要な試みであるが、これらの要素は残念ながらまだ工学設計に十分に取り込まれているとはいえない。この大きな原因として、工学設計を担う技術者の教育カリキュラムに芸術分野の教育カリキュラムがない、または少ないことが挙げられる。大学をはじめとする高等教育機関においては、実際上の問題として、主として時間的な制約からこれらを両方とも教授することは難しい。したがって、工学系技術者と芸術的知識を有したスタッフが協調して設計を進めることが求められるのである。

本学の理工学部機械工学系では、このような観点から3次元CADを活用した工学設計に関する知識を有し、かつ他の部門や他の学系と協調することができる技術者の育成を推進している。

現在これらの教育を行うために表1に示すような設

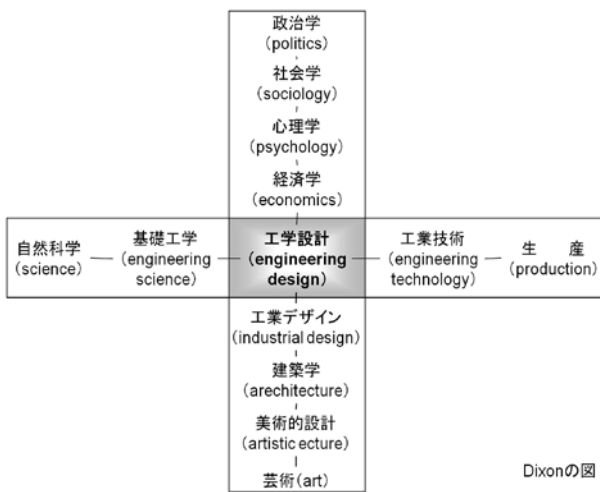
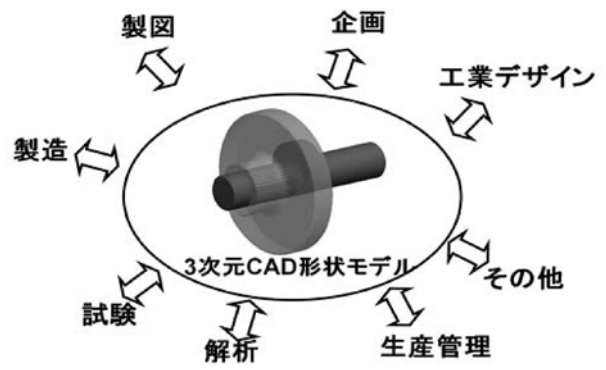


Fig. 1 Dixonの図



コンカレントエンジニアリング：3D-CAD形状モデルを中核として、各部門が同時並行的に作業を進めるモノづくり方法

Fig. 2 コンカレントエンジニアリング

Table 1 主な設備と用途

主な設備	主な用途
ハイエンド3次元CAD PTC Creo	3次元モデリング 2次元製図 CG作業等
CAE PTC Creo SCRYU/Tetra	構造解析/熱伝導解析 機構解析 流れ解析
3次元プリンタ Z450 関連ソフト Magics Creativ Suite プリンタ ラージフォーマット カラーレーザ	フルカラー3次元高速造形 サーフェス編集 CG編集 大判出力 A4出力



Fig. 3 製図室の風景

備を導入している。また、図3に示すように、手書きの製図とCADによる製図あるいは3次元単独図の実習ができる製図室を整備している。

### 3. 3Dプリンタを活用した工学教育の試み

#### 3.1 感性工学と機械設計

工学設計は、課題の発見が動機付けとなり課題を解決するために設計が進められる。図4にこのプロセスを示す。一方、芸術作品は、おおむね自らの創造欲求の解消が動機となり仕事が進められていく。したがって、根本的に設計（デザイン）の意図が異なっている。3次元形状デジタルデータは、これらの異分野を橋渡しする共通のツールとなり得るものである。異なる動機により異なる意図を持って作成された3次元形状データを融合させれば、最終的に優れた機能を有する心惹かれる工学設計を達成することが可能となる。また、工学設計、特に機械設計において、主として生物の形状特性を参照することは、芸術的造形と同様に、製品の機能向上、あるいは、審美的・感性工学的に優れた製品を設計する上で有

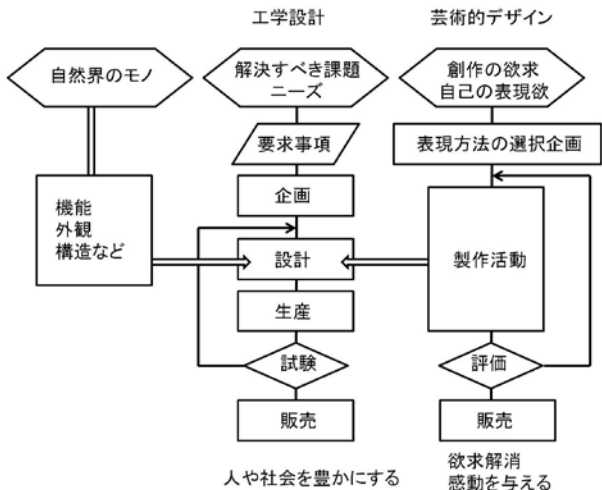


Fig. 4 デザインプロセスの違い

意義なことである。例えば、MRI（Magnetic Resonance Imaging:磁気共鳴画像）による脳や骨のように人体の内部形状をデジタルデータとして取得して工学設計に応用することにより、インプラントの性能を向上させたり、3Dプリンタによる出力モデルを用いて患者への適確な医療的な説明に役立てたりすることが可能である。さらに、生物の外形状の特性を活用することも有用である。生物外形状は、長い年月の進化の過程で獲得した洗練された形状であることが多く、機能的にも美的観点からも優れていることが多い。この形状特性を直接的に3次元データとして取得して工学設計に活用することにより、機能の向上と洗練された美しさも兼ね備えた設計が可能となる。近年、このような、高度な設計技術に関する関心は高まっており、したがって、こうした設計技術に関する教育の必要性も高まっている。しかし、生物形状を由来とするその機能性と芸術性を見極め工学設計に応用していく技術の習熟には、カリキュラムの時間的な制約から工学系の高等教育機関で教育することは困難である。しかし、最近では、3次元プリンタが広く普及するようになってきたため、こうした新しい設計の視点を効率よく知ることができるようになってきた。

#### 3.2 生物外形特性を題材とした事例

自然界にある生物由来の外形の題材としてウミガメを取り上げた例を紹介する。ウミガメは、旋回能力や遊泳能力が優れており、海洋・海底資源探査を行うウミガメ形ロボットが工業的に有用である。ウミガメの外形を直接取り込み、その形状を参照して工学的手法によりウミガメ型ロボットの構造を検討することができれば、工学的に有用である。図5、図6は、3次元スキャナで取り込んだウミガメの外形モデルとこれを用いて3次元プリンタにて出力したモデルである。このモデルにより、色合いや質感を行った感性工学的な特性を抽出させている。また、図7に示すように同時に3次元形状モデルデータを利用して流れ解析や構造解析を行い、工学的な最適形状に修正して最終形状を得るようにしている。このような

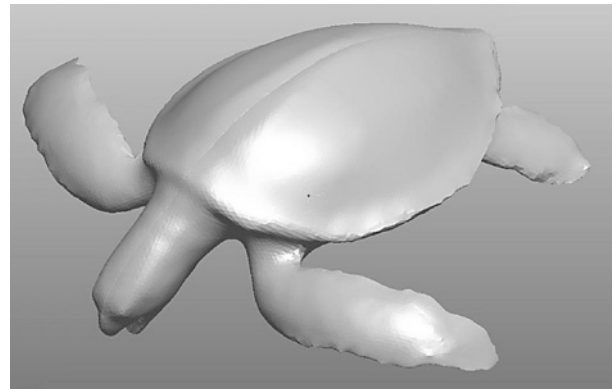


Fig. 5 3次元スキャナで取得した外形形状データ



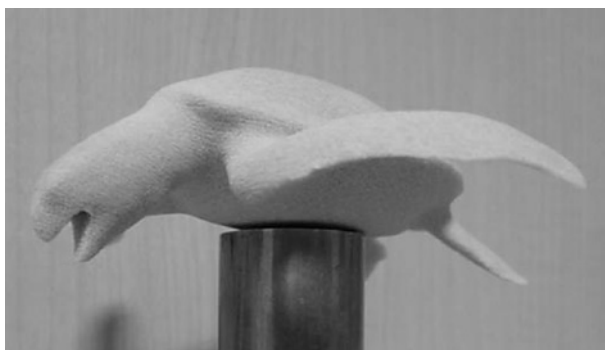


Fig. 6 3次元プリンタによる造形例

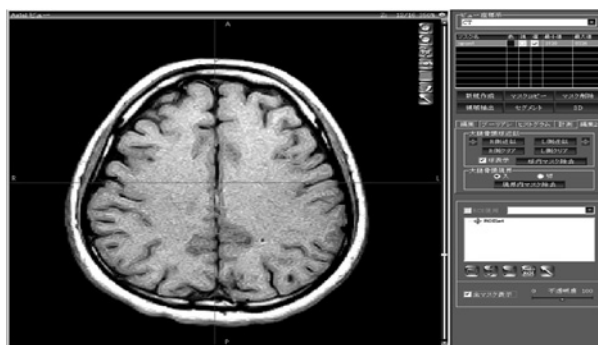


Fig. 7 MRIにより取得した脳の断層データ

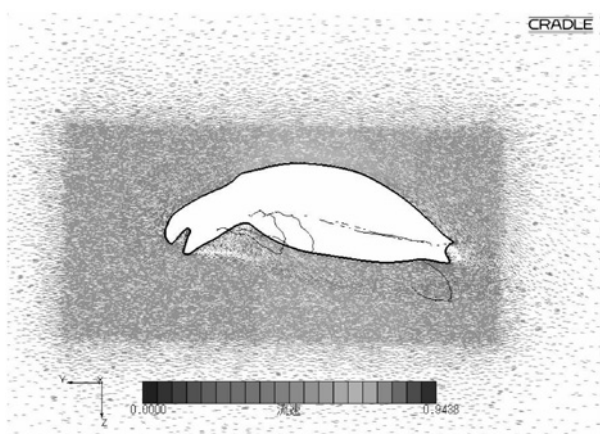


Fig. 7 造形物の形状検討(流れ解析)の例

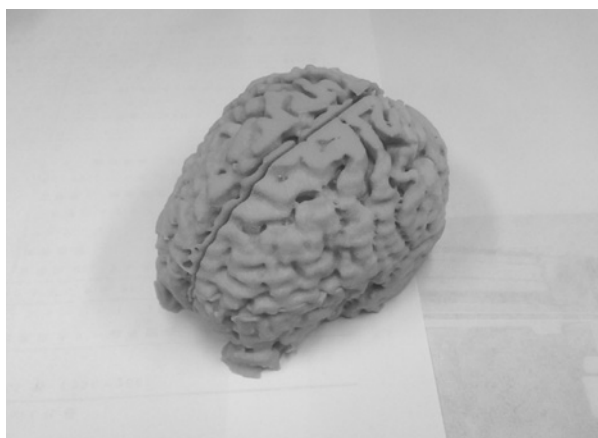


Fig. 8 3次元プリンタによる脳の造形例

題材は、生物の外形形状の美しさに由来する機能美を実感する可能であり、感性工学を配慮した工学設計を学ばせる題材として有効である。しかし、3次元スキャナによる面データとSTL (Standard Triangulated Language) のデータ変換が視認性や感性に与える影響については、十分に検討されていない。また、高解像度でデータ変換するとコンピュータの負荷が大きくなることもあり、教材として採用する題材には注意が必要である。

### 3.3 生物内部形状を題材とした事例

生物の内部の形状は、インプラントの型設計への応用など多様な活用先が考えられる。そこで、人間の脳を題材にして、工学設計を検討させる試みを実施している。

MRIにより、図8に示すような脳のデータを撮像し、得られた2次元の断層データ(DICOMデータ)から3次元データにデータ変換し、3次元プリンタにて出力させている。その際に、3次元CADによるインプラントの型設計を実行させることも行う。3次元プリンタで出力した脳のモデルは、カットモデルやフルカラーによる色の塗り分けをして作成し、内部の構造を視覚的にわかりやすくすることができる。図9にこうして得られた能の模型を示す。脳は実際に手にとって検討することが困難であり、こうした模型の活用は新しい工学的価値の

創造に有効と考えている。MRIから得られる2次元データを3次元データに変換する際の品質の最適化が必要で、またMRIのデータ取得に時間がかかるなどの教材として活用するには課題がある。

### 3.4 芸術デザイナーの造形物を題材にした事例

芸術的観点から造られる人工物に工学的観点を付与するための教育の事例として、実際にプロのデザイナーが考案した題材に対して、3次元プリンタにて造形し、工学検討をさせる教育事例を紹介する。

図10は、国士館大学広報部のキャラクターとしてプロのデザイナーにデザインして頂いた「KOKUSHIBA」という名前のメガホンの形をした柴犬を、3次元CADと3次元プリンタで製作したものである。広報という部署の特性と親しみやすいキャラクターを意識した作品であるが、こうして造形することにより、重心位置の違和感や足の細さを実感として意識することが可能となる。これらは、形状モデルデータを用いて構造解析を行い、工学的観点から改良点を抽出させるようにする。このような題材を用いることは、有意義であるが、題材を集めるために経済的な負担がかかることが課題である。同様に、2次元のデザインロゴから3次元の構造物として成り立つ形状を設計させて実際に3次元プリンタで製作し



Fig. 10 KOKUSHIBA モデルの造形例



Fig. 11 2次元デザインから構造物を造形した例

た例を図11に示す。いずれも、芸術の専門家が考案した工学的視点が含まれていない形状を、工学設計に融合させて構造的に成立させた事例である。3次元形状デジタルデータを用いて解析を行っており、モデルの重心位置の調整や構造的に壊れないようにリブなどを新規に構成するなど工学的な設計修正している。

このような教材は、学生の興味をひく題材であるが、芸術的に考案された題材を教材として取得するためには経済的な負荷がかかることが予想される。

#### 4. まとめ

これまでに開発して運用してきた3次元CAD/CAEを用いた工学技術者教育手法に関して、学生の興味を引き出し、その教育効果が十分高いことが授業評価アンケート等で明らかになっている。そこで、さらに新しい取り組みである3次元プリンタを活用した3次元の形状特性を考慮する工学設計の教育について、いくつかの事例を紹介した。これらの事例によれば、限られた時間の中で、工学設計教育以外の要素を効率的に取り入れることに一定の教育効果が認められるが、経済的な問題やまだ発展途上のデータ変換技術に関連する課題がある。しかし、こうした工学教育は、今後より充実させていく必要があり、大学内の芸術分野、医療分野などの学部との連携や大学間連携がその有効な方法となりそうである。

我国におけるモノづくりの方法は、今後コンピュータを活用した効率的かつ高品質な手法にますます傾倒していくことが予想され、3次元CADによる製品形状のデジタルデータ化とその活用技術の重要度が高まっている。これは、3次元形状デジタルデータを用いた効率的な技術者教育の必要性がますます重要になることを示している。今回紹介した内容は、本学理工学部機械工学系学生を対象としているが、企業向けに関連テーマで講習会等も実施しており、これらはいずれも高い関心を得ている。これは、3次元プリンタの工学教育への活用が有用であることを裏付けているといえよう。今後、大学や高等専門学校のような高等教育機関では、これらの社会的要求に応えるような、技術者教育プログラムの提供がますます必要となるであろう。本稿が、3次元形状デジタルデータを活用する技術者の育成担当者に役立てて頂ければ幸いである。

尚、本稿をまとめるにあたりMRIの取扱について、国士館大学理工学部理工学科健康医工学系、大浦邦彦教授に多大なご指導を頂きました。ここに謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 小田切岳, 他1名: 国士館大学における3次元CADを用いた機械設計教育, 日本設計工学会2013年度春季大会研究発表講演会講演論文集, (2013), pp.121-122
- 2) 大高敏男, 他3名: 国士館大学における機械工学分野のPBL教育, 日本設計工学会2013年度春季大会研究発表講演会講演論文集, (2013), pp.135-136