

## モノづくり 3次元CAD教育環境の現状と留意点

—CAD教育でのポイントについて—

(株)ムトーエンジニアリング 工学博士／一級建築士 高本 孝頼

### 1. はじめに

すでにCADは、設計・製造現場ではなくてはならない「モノづくり」のツールとなった。そのメリットとなる①生産性の向上（短時間に作成編集可能）、②デジタルデータの活用（情報共有や設計・製造との連携）、③知的発想の支援（複雑な設計の実現化）などが認知されてきたからであろう。

①の「生産性の向上」は言うまでもなく、手描きとは比べものにならないほど、図面やモデルの作成・編集時間が短くなったのは事実である。②の「デジタルデータの活用」においては、作成した図面やモデルの活用が容易となり、解析シミュレーションで利用したり、部材・部品の拾い出しや積算・見積もりへ展開したりすることが可能になった。さらに③の「知的発想の支援」では、ユニークな曲線や曲面を用いたデザインが可能となり、より人間工学的なモノづくりが設計できるようになったと言える。

新学習指導要領においては3次元CADが追加記述された。この指導要領では、これまでの「自動設計製図装置」という表現から、CADに置き換わり、「ア CADの機能」、「イ CADを活用した設計製図」、「ウ 3次元CAD」と記載された。このことで、多くの工業高校では、3次元CADの導入がはじまっていて、そのカリキュラムも各校で整いつつある。

本稿では、すでに企業における3次元CAD導入において起きている課題や技術環境の変革を

述べ、現状の2次元CADや3次元CAD、それに新たな3次元プリンタや3次元ディスプレイの出現についての課題やメリット・期待などを記述し、さらに著者が一時期携わった3次元CAD教育現場での考えをまとめている。

### 2. 3次元CADの課題

モノづくりの対象物となる建築物や機械の部品や組み立て製品は、ほとんどが3次元でできている。しかし、過去の記録や情報伝達のツールは、多くが紙と鉛筆などといった2次元による表記手段であった。このことで、設計者は頭脳に3次元モデルを思い浮かべ、2次元の平面・立面・断面などの図面へ展開（変換）する能力を育てていった。

しかし3次元CADが出てきたことで、コンピュータ画面上に3次元モデルを見ながら、組み立てたり、分解したり、重ね合わせたりの編集がいとも簡単にできるようになり、3次元モデルを2次元図面に変換する能力は不要となってきた。この3次元モデルと2次元図面との変換能力のトレーニングをしなくなったことで、3次元空間上のモデルを頭脳に描けなくなり、ディスプレイ上に描かれたモデルを確認するだけとなってきた。このことは、3次元CADを習得した新入社員らにありがちな設計ミスにつながっていると考えられる。

さらに3次元CADの弊害として出てきているのが、モノづくりの基本となる「寸法」に対するこだわりや、詳細な「収まり」の重視が薄

れてきたことである。

昨年、某大手自動車メーカーにおいて、新人の設計者たちに紙図面での手描き教育をはじめた話を聞いた。まさしくモノづくりの頭脳を鍛えるために、想像した3次元モデルを2次元に変換し、それを情報伝達のために手描きで図面にする能力を育てるように基本にもどった教育を選択したのである。さらに人に伝える図面がどうあるべきか、またモノづくりに必要な情報とは何であるかなどを、根本から図面表記で教える場が提供されたものと考えている。

いま設計者の教育においては、単にCADの機能や操作をどう教えるかではなく、CAD利用において設計者の頭脳をどうトレーニングしていくかが重要になってきたのではと考える。

### 3. 最近のCAD環境の現状

CADが一般的に普及しはじめて20年以上は経とうとしている。この間、CAD自身の機能は見違えるようにアップし、併せて操作性や応答性も飛躍的に向上してきた。以下には、最近の2次元CADの現状ならびに3次元CAD環境やその統合的な環境をまとめてみた。

#### (1) 2次元CADの現状

設計・製造現場では、まだまだ2次元CAD利用率は高いことを述べておく。10年ほど前に、2次元CADが3次元CADにすべて置き換わるようなことが言われた時期があったが、2次元CADで十分な設計現場は今でも多く存在している。機械系だと部品メーカーなどで使われ、建築系の多くの設計現場はまだまだ2次元が圧倒的に多い。また電気・電子系での回路設計や基板設計も多くが2次元のままである。

建築施工で使われている2次元CADは、寸法や材料表記、特記事項などが柱や壁といった躯体と交じって描かれた設計図書を作成するために利用されている。この設計図書は、建築施工現場での監督や施工業者に、施工に重要な寸法や納まりを確認するために利用されている。

中小の機械部品メーカーや金型メーカーでは、製造するものは3次元でも、2次元のNC工作機械を使う上では、2次元CADのほうが作業効率においてメリットが大きいことで、3次元CADを利用しないままの状況が続いている。

ここで、いくつかの2次元CADを紹介しておこう。弊社が開発・販売している2次元CAD (M-Draf Spirit) は、2次元図面を作成するドラフターに近い感覚の作図操作機能と、図面を仕上げる編集機能群を設け、さらにJIS規格に則った公差の表記などを装備している。

建設業界のデファクトと言われているのはAutoCADで、より現場に合せたカスタマイズを重視して開発・販売されているが、今では汎用CADとして豊富すぎるほどの機能群を備えている。

現在、これら2次元CADは、機械系においては仕上げ誤差や公差寸法などのJIS規格に基づいた図面表記ができ、建設系でもトイレや畳などの登録図形などが準備され、電気・電子系でも回路設計や基板設計向けの部品群が準備され、それぞれ専門性の高い専用CADに育ってきている。

#### (2) 3次元CADの現状

最近の機械系3次元CADはハイエンドと呼ばれるCATIAやPro/ENGINEER、それにNXなどが、自動車メーカーや家電メーカーで使われている。それより機能レベルや応答性、それに価格

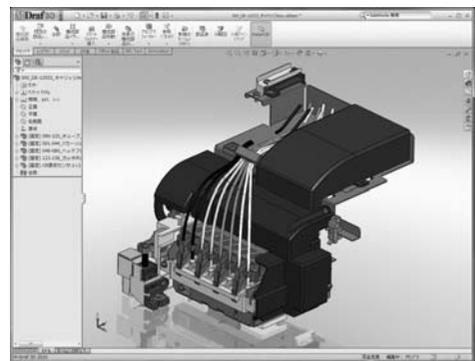


図1 機械系3次元CAD (M-Draf Suite)

面で下に位置するミッドレンジと呼ばれるSolid WorksやInventorが中小企業などでは主流となっている。弊社でもSolidWorksのOEM版として2次元機能を強化した「M-Draf Suite (図1)」を開発・販売している。

これら機械系3次元CADは、部品モデルの設計から、その部品群を組み合わせて製品を作り上げていくアセンブリ機能を持ち、組合せの履歴機能や、干渉・嵌合機能、溶接関連の機能、板金などの機能、機構解析機能、さらに応力・熱・振動などの解析シミュレーション機能を持ち合わせているものもある。

また、製造メカでは、3次元CADの部品のデータベース化を行い、部品を組み合わせた製品レベルでの生産管理を行うようになってきている。さらに、大手企業や先端的な企業では、3次元CADの製品製造の統合的な管理をPDM (Product Data Management) やPLM (Project Lifecycle Management) などと呼ばれる基幹システムとして構築し活用しているところもある。

一方、建設系CADの3次元化も進んでいて、線分や円弧といった図形群ではなく、梁・柱・壁・開口といった建築部材群で設計していくようになってきている。住宅系3次元CADではツーバイフォーなどの標準パターンによる組み立て式での3次元モデルと自動による2次元図面とのデータ連携なども実現化されている。より統合的なCADとしては、部材の拾い出しや積算・見積もりを含めた機能まで持ち合わせている。さらにRC (鉄筋コンクリート) やSRC (鉄骨鉄筋コンクリート) の建物モデルについては、欧米を中心とした国際的なレベルで標準化が進んでいて、BIM (Building Information Modeling : 建物情報モデル) の概念をもったCADが開発・販売され、互いのCADデータでの連携も可能となってきている。既に日本国内のゼネコンや設計事務所などで使われているArchiCADとRevitは、BIMをベースとした建築系3次元CADである。

現在BIMは、建築意匠設計や設備設計、さらに構造設計といった総合技術情報が取り込まれたものを理想としているが、施工現場での製造設計や国際的な標準化など、まだまだいくつかの課題を解決する必要がある。

その他の3次元CADとして、コンセプトデザインなどと呼ばれる概念設計段階で利用されているのが、SketchUpである。多くは建築系で利用価値が出てきていて、3次元モデル上で日影を緯度経度で設定でき、サーフェイスモデルで短時間に3次元でのレイアウト (配置) 設計が検討できる。

### (3) 2次元図形と3次元モデルとの連携

ところで3次元CADを使って部材や部品モデルを作成する場合、大きくは2通りの方法がある。1つは3次元CAD上で、立方体や直方体、球、多角錐などのソリッドモデルを描き、結合や切取、穴開け、引き延ばしなどの編集機能を使って作成する方法がある。もう1つは、2次元上にある図形をベースに、立上や変形などを使って立体化していく方法である。(図2)

意匠的な設計では、いきなりソリッドモデルを使って3次元化することはあるが、機能的な設計では、2次元図形をベースにした3次元化が多い。

過去の資産として2次元CAD図面を持つ企業では、2次元図面から3次元モデルにしているケースが多い。2次元図面を見ながら3次元モデルを直接作成するより、正確に描かれた2

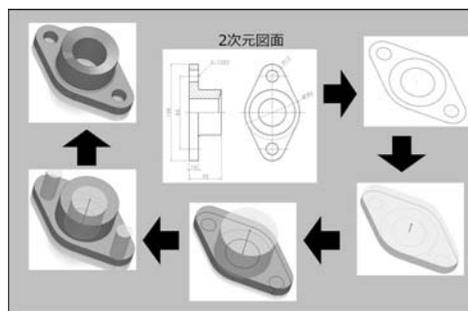


図2 2次元CAD図面から3次元モデル化

次元図形を立ち上げ編集した方が、より短時間で立体化できる。

多くの3次元CADの教育現場でも、いきなり3次元モデルを作成する教育よりも、機能的に描かれた2次元図面をベースに、3次元化する教本が多く採用されている。このことでは、2次元CADと3次元CADの2つの間においてデータ連携が可能である環境が必要となる。

現時点において、2次元と3次元のCADが一体型となる3次元CADは、2次元図面表現が弱かったり、2次元と3次元でのデータ連携が不完全であったりする課題が残っている。実際の多くの設計現場では、2次元CADと3次元CADの両方を使う技術者は少なく、いずれかのCADで設計を行っているケースが多い。この点では、専用の2次元CADと3次元CADとの間でのデータ連携の精度が高い（正確な）ことが重要となる。

#### (4) 3次元プリンタの登場

モノづくりの現場は、設計だけではなく、製造というプロセスも存在し、この前段階では、模型やプロトタイプ、モックアップといった試作が行われることが多い。(図3)

最近、この製造プロセスの前段階において、画期的なツールが出てきている。それは3次元プリンタの出現で、設計した筐体や躯体・形状などを短時間に試作できるようになった。この3次元プリンタのメリットとして、画面上の表示と違い3次元出力されたモデルを総合的な視点で評価可能となり、手にとって大きさを確認



図3 3次元プリンタ出力サンプル:Zコーポレーション

できたり、同一スケール感覚で動線を確認できたりすることが可能となった。さらに機械系での金型作成現場では、頻繁に発生する設計変更に対して大幅な時間短縮ができ、その効果が大きいと聞いている。

大学や高専などでは3次元プリンタの導入が進んでいて工業高校でもこれからといったところであろう。ただ課題として、本体価格やサプライ品がまだ割高であったり、利用に当たって特殊な技術習得が必要であったり、保守サポート費用が掛かったりするなどが挙げられている。

モノづくりの教育現場では、設計だけではなく、実際の「カタチ」を確認する製造といったことも重要で、この3次元プリンタは、その感動が教育現場で与えられものと考えている。著者にとっての3次元プリンタは、「絵に描いた餅」を本当の「餅」に変える魔法のマシンのように思えてならない。

#### (5) 3次元ディスプレイの出現

今年は、「3D元年」と呼ばれるように、映画や液晶テレビなどで3次元化ブームとなっている。

著者も展示会や専門開発会社で3次元ディスプレイを見たが、まだまだ開発途上にあるのではと感じている。メガネを掛けて見る3次元ディスプレイもあれば、裸眼で見る3次元ディスプレイも登場してきている。昨年秋、中国の深センの空港の手荷物検査ゲートの上部に、裸眼で見る3次元ディスプレイが何台も掲げてあって、お金が手前に降ってくる動画を見た。さすが急成長の中国だと驚かされた。

これまでの3次元CAD表示は、あくまで一視点による表示画面で、実際には2次元化された表示でしかなかった。本当の奥行きはなく、人間が錯覚して頭脳において3次元モデルをつくりあげていた。しかし、特に3次元での奥行きが無いことで、不便さはそれほど現場からは出てはいなかった。

この3次元ディスプレイの出現が、設計・製造現場において、どんなメリットがあるだろうか。確かに技術的には画期的なものであるが、現場での優位性を見つけ出すには、まだこれからといったところであろう。

#### 4. 3次元CAD教育現場において

以前、著者は私立大学の非常勤講師として、数年間3次元CAD教育に携わった。その間、学生らに何を教え、何を学びとらせるかを考え、カリキュラムを作成し実践した経験を持つ。

最近の学生は、子供のころから3次元のゲームなどに親しみ、多くのメディア社会で育てていることで、表現方法については秀でたものを持っていると思える。3次元CADの機能や操作を教えると、想像豊かな設計案が出来上がってくるのには驚かされた。

私のオリエンテーションでは、3次元CADはあくまでツールということを知ってもらい、モノづくりに必要な基礎知識（機能・機構・構造など）が重要であることを示し、その知識を使ってどう設計で組み立てて使っていくかが重要であるかを教えた記憶がある。

また一方では、作成する図面やモデルは、情報伝達を目的としている点を強調して教えた。自分自身の記録とする目的もあるし、設計・製造に携わる多くの関係者との情報伝達も目的にある。そのために、作家が文章で他人に伝えるように、設計者は図面やモデルで他人にどう伝えるかの認識を考えてもらった。

最近、大学時代の恩師から、「CADの出現によって、学生の評価が難しくなった」と聞いた。具体的には、学生らのCAD課題の提出物を見ると、線が多かったり、複雑だったりするものが一見評価高いように思えがちだとのことである。このことで、提出物については、じっくり内容を見て評価するが、一方ではそのプレゼンなどを聞き、何に拘り、どう解決したかなど、提出品の裏にある学生の熟慮したことを評価するこ

とも重要ではと考えたことがある。

#### 5. おわりに

今年7月末に、会津若松で開催された東日本建築教育研究会に参加した。多くの先生方から聞こえてきたのが、今の学生のコミュニケーション能力やプレゼンテーション能力の低さである。これらの解決策の一つに、野外活動やクラブ活動、地域活動、それにインターシップなどで、教育の場を広げていることを耳にした。

企業が求める工学系の人材は、即戦力と言われているが、決してCADがすぐ使える人を望んでいる訳ではない。それは単に汎用CADを学んだCADオペレータなどを採用すればまかなえる。現場に必要な即戦力（新人のスキル）とは、高い専門的な知識を持って、それを総合的に活用できる能力（知恵）と考える。そのために、普段から「何故・どうして」の疑問を持つ技術者、深く考える技術者の育成が、教育現場では必要ではないだろうか。

CADなどのIT（情報技術）は、毎年のようにバージョンアップして進化し続けている。このITを使って設計・製造するツールとして使いこなすのは、技術者である人間である。技術者は、どうITを使いこなすかが大事で、それ以上に技術者自身の知恵を進化させることが重要と考える。つまり、人間がITと比べて優れている能力である総括的な五感による知覚能力、第六感や直感・勘による発見的な能力、総合的な創造・思考能力、瞬間的な判断力などを進化させていく教育が必要ではないだろうか。

そのためにも3次元CADのいろいろな設計教育現場を提供し、3次元モデルを2次元図面に変換するトレーニングと一緒に、コミュニケーション能力やプレゼンテーション能力を育て、知恵について深く考えさせる教育が必要ではと考える。

\*掲載したCAD関係については、Webサイト（CADSHOP610.com）をご参考ください。