

# 三次元機械設計の実践的教育方法

喜瀬 晋 Susumu Kise  
関口 相三 Sozo Sekiguchi  
横田 成昭 Shigeaki Yokota  
奥坂 一也 Kazuya Okusaka  
平野 重雄 Shigeo Hirano

**概要**：機械設計は部品の再利用頻度が多く、膨大な図面の出図作業があるため、三次元CADは機械設計において一時的にペースダウンすることがあり、三次元CADの導入を阻んでいた理由の一つである。本報告では、三次元機械設計を行うための機械全般の基礎的知識内容の検討を行った。そして、三次元CADの形状モデリング技術を習得することにより機械設計者としてのスキル向上について考察し、実際の設計の流れに関する検討・分析を行い、実践的教育方法に関する一事例を提案する。

**キーワード**：CAD／設計・製図教育

## 1. はじめに

最近、三次元設計の実用化により、機械設計は基より意匠設計、試作検証、加工の各プロセスで明確な効率化が図られつつある。さらに企画・概念設計、基本設計から組立・試験までも含めた全工程で三次元化を実行した場合には、各部門間の相乗効果もあって総合的に40%前後の工期短縮が得られたとの事例もある。

しかし、中堅設計者からは、①最近の若手設計者は設計手法を理解していない、②形状モデルは完璧につくるが設計構想が明確ではない、③二次元図面の理解力が低いなどの声を聞くことが多くなった。

そこで、本報では三次元機械設計を行うための機械全般の基礎的知識内容の検討を行い、三次元CADの形状モデリング技術（設計＝形状の決定＝あいまい決定＝形状の工夫）を習得することにより機械設計者としてのスキル向上について考察し、実践的教育方法に関する一事例を提案する。

## 2. 設計者のレベルについて

一口に設計者といっても、いろいろなレベルがある。三次元CADを使う設計者のレベルを整理すると次のようになる。

Level-1：設計手法を習得しており、製品のアセンブリ計画をマネジメントできる。また、自分の知識・ノウハウを他のレベルの人に適用し、コンサルティングを行うことができる。構想・概念設計のできる人が三次元CADを使いこなした、もしくは理解した場合がこのレベルになる。さらに三次元CADデータを活用した情報共有システムの管理者。

Level-2：応用操作を習得しており、製品のアセンブリ設計ができる。また、自分なりの考えを持っており、他人の考えについて批判を加え、論評することができる。基本設計のできる人がこのレベルになる。さらにMDM(Model Data Management)、PPDM(Process & Product Data Management)などの管理ができ、コンカレント設計の中心的役割を実行する推進者。

Level-3：基本操作を習得しており、単品部品のモデリングができる。また、上位レベルにいる人の言うことを聞いて理解することができる。詳細設計～部品設計の範囲であるが、一般的に三次元CADができるが設計はできないと言われているレベルである。

Level-4：初級設計者（新入社員を含む）、機械設計の初歩のトレーニングを兼ねて業務に携わるレベルである。

## 3. 三次元CADと設計方法

三次元CADを使い設計業務を行うが、従来の二次元CADよりも時間がかるようである。手描き図面から

二次元CADへの移行は、ツールが製図機械からディスプレイになったというだけで、設計や製図に対する考え方は同じであった。そのため、CAD自体の操作さえ覚えればあまり抵抗がなかった。図形のコピーが簡単、何度描き直ししても図面が汚れない、誰が描いても見やすい図面ができるなどの効果を得ていた。ところが、設計の効率化という面で見ると、思ったより効果が出ていないのではないと思われる。図面を描く時間は製図機械のときよりも早く、設計者も楽になったことは確かなのであるが、設計時間が劇的に短くなったかという点、その効果を計るのは難しい。よく考えれば、ツールが製図機械から二次元CADに変わっただけで、設計のプロセスは手描きの時と同じなので当然かも知れない。では、二次元CADから三次元CADへの移行はどうであろうか。

### 3. 1. 三次元CADは難しいのか

一般的には、三次元CADの操作やモデリングの煩雑さが難しいと思わせているようである。しかしそれが解決すれば良いのかという点ではなく、次に三次元設計の進め方自体が難しいことに気づくのである。ここで三次元は難しいという漠然とした表現ではなく、三次元CADの操作やモデリングが難しいのか、三次元設計の手法が難しいのか考えてみる。

- 1) 三次元CADで単にモデリングを行っているだけのレベルなのか、設計の効率化に生かされているのかによって違っている。
- 2) モデリングだけにしか利用していないと二次元CADより時間がかかるし覚えるのが面倒である。従って時間短縮も期待できない。
- 3) 設計者の資質によるところも大きい。今まで二次元CADで設計を行い、何が問題で、自分の仕事をどのように改革していけば良いのかという気構えの設計者ならびに部品の製造工程に熟知している設計者は上達が早い。

### 3. 2. 何のための三次元CADか

初めは、こんな形状ができるのか、サーフェース、ソリッドの機能はなどとモデリングのことが気になる。それで設計してみたならどうなるかという想像するのは難しいのであるがこの辺りは十分に注意してお

くべきであり、設計手順を限定範囲でまとめておくことが肝要である。また、CADシステムのデモなどを見ると、その設計手順なり考え方が実現できるのか、またはもっと良い方法を提案してもらえるのかを重点的に検討することが必要である。モデリングばかりデモするメーカーは避けたほうがよいであろう。何故なら対象はモデラーではなく設計者なのである。

初めて3次元設計に取り組もうとした時の、漠然と感じる不安感や難しさには2種類の要因がある。

- 1) CAD操作やモデリングに関する具体的な難しさ。
- 2) モデリングができたとしても、どうやって設計を進めれば良いのだろうという不安感が入り混じる。例えば、図1に示す筐体設計の場合を考える。

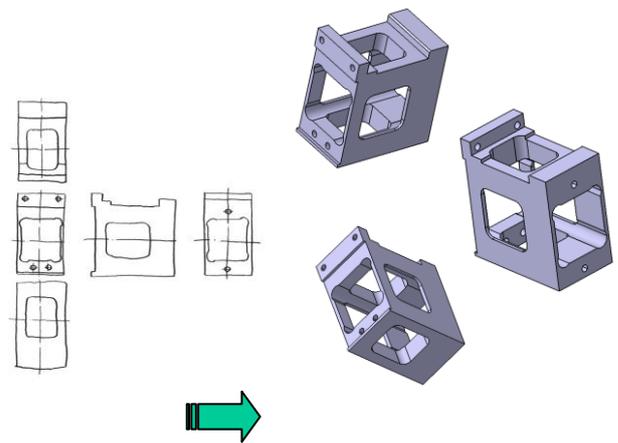


図1 三面図から三次元モデルの作成

モデリングだけを考えれば、三面図からスケッチ図で外観を描きその後に三次元モデルを作成する。これは頭の中で断面形状を発想することがすでにできあがっているという前提がある。よって三次元CADでは、その形状に従ってモデリングを行うだけとなる。

操作トレーニングを受けた直後は、誰でもこのような発想になっているようである。しかしこのような筐体ならまだしも、機械構造製品を設計しようとした場合は、画面の前で固まってしまうことにもなりかねない。このように実際の製品では断面をどんな形状にするかというのが設計のスタートになる訳である。

発想の出発点から三次元化するというのは、頭で想像した内容を三次元データにメモしていくことになる。どんな複雑な製品でも、基本的には同じで先を読

みながら、決まっている部分だけをモデリングしていけば良いのである。つまり、基本的な設計手法をマスターしておけば難しい形状のモデリングができなくても設計は進められることになる。

### 3. 3. 三次元CADを有効活用する

#### 3. 3. 1 堅実な設計者

三次元CADは、図面を描くための単なるツールの一つでもある。よって、流れるような曲面を使った格好良い機械より、とにかく丈夫で壊れない、故障しない機械を設計すべきである。

例えば、三面図だけでは表現できないような複雑な形状のものの場合には、様々な方向からの図面が必要になり、二次元で作図するのは大変であるが、三次元でモデリングすることにより、方位を決めて図面化すれば簡単に投影図が作成できる。また多関節のマニピュレータなどの設計の場合には、その機械の動く自由度が多くなればなるほど、その動きや姿勢などを検討する時には、二次元でもできないことはないのであるが、時間がかかる。その点、三次元CADは有効活用できることになる。

#### 3. 3. 2. CAEの導入について

次に、三次元データの利用を含めたCAEシステムを考える。一般的には設計解析を外部に依頼するか、設計部内の専門的な担当者に依頼して行っていたが、近頃のCAEの導入では、設計者が手軽に解析を行えることを前提にしている。作成した三次元データを基に荷重条件やメッシュ切りなどの操作をウィザード(wizard)式に進めて行くことにより解析を行うもので、その効果は従前に比べて高いものである。ウィザード形式のCAEの導入は、専門的な知識が少なくても、ある程度の操作を覚えることにより容易に解析をすることができるため非常に便利である。反面、その途中での条件などを間違えるととんでもない結果がでてきてしまい、計算などで行った場合には、考え方や計算方法などを見て、結果を判断できることが、CAEによる場合には、チェックが難しいことも問題点として在る。安易にCAEに頼ると、初級設計者の真の技術力の向上にはならないと言えよう。

初めてCAEを使った若手の設計者は、実際に設計

した形状を簡略した形状にして手計算を実施し、CAEでは実形状で解析することで強度の確認を行った。彼は自分で計算した結果が正しいか否かをCAEを使って確認し、そのデータと自分の検討結果まとめて設計部内のレビューを行ったのである。

CAEを使うことで、種々な新しいことが見えてくると、こうした使い方を試行するうちに、技術力が向上してくるものと思われる。CAEという、どうしても複雑な形状や高度な計算をさせるものという感覚があるが、簡略形状での解析なども有効であることの実証である。

### 4. 三次元機械設計を行うための基礎的内容の検討

ここでは、Level-3, 4の設計者を対象として三次元機械設計を行うための基礎的知識内容の検討を行う。

#### 4. 1. 図面の読解力について

最近の若手設計者は図面が読めないと言われている。弊社においても特にLevel-4の顧客から図面の読解力が不足していると指摘されるケースがあった。そこで、技術研修の全工程を5%短縮し、手描きによる製作図の作成の研修をあえて導入した。この研修では頭の中で形状を認識し立体モデリングを行う必要があり、研修生が苦手を感じる研修を行うことで、設計製図の不鮮明な部分と「絵」と「図面」が理解できるように取り組んでいる。

一方、Level-3に属する設計者については、そのスキル向上について、弊社の能力開発のスタッフと工科系10大学共同の基に発刊(2005年3月)した「実践的設計技術の考え方」教本を活用して、基礎知識ならびに応用力の向上に努めている。

#### 4. 2. 機械設計の原点について

未知のものをどう創案して設計し、どのようにつくるかを探求し、実際に具現化する設計力を養わなくてはならない訳である。言い換えると、設計の初期段階で仕様を基に設計の諸元、仕組みを表現するポンチ絵を作成する。さらに客先のこういうものを考え設計して欲しいという要求を絶えず模索し、ヒントを探し求めポンチ絵にする。このプロセスこそ設計の原点であり、この段階で設計の60%は終了したと言えよう。

## 5. 実践的教育方法に関する事例

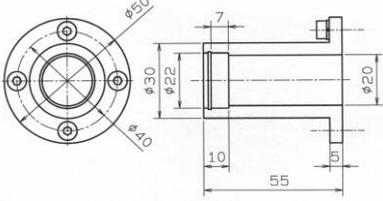
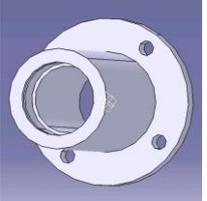
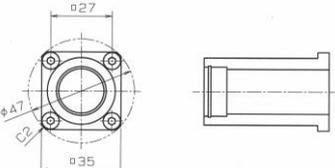
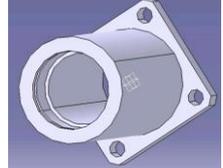
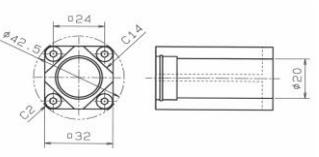
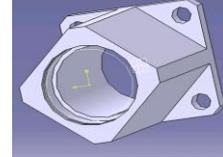
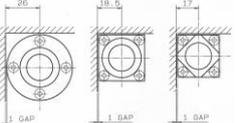
派遣先の自動車関連業務においては、三次元CADモデルでデザインすることが基本であり、家電製品の設計業務も三次元CADデータが主である。しかし、弊社の現状は、Level-4のCAD教育は操作が中心になっている。すなわち二次元CADは構成部品のトレース、三次元CADもトレースモデリングである。今後の進め方としては、自社開発したメカニカルトレーニングシートの有効活用と三次元CADアセンブルで干涉、動作チェックまで実行できる環境設備を構築する予定である。

### 5. 1. 立体空間認識力の向上のために

三次元CAD操作がある程度できても、立体空間認識力が低下している。そこで、毎朝、A4版1枚の課題を課し、次の手描きレッスンを実施している。

- ①下のスペースに図形(機械部品など)を思い浮かべ、立体図を2つフリーハンドで描きなさい。
- ②下の左図の立体図を基に右のスペースに第3角法で二次元の図面をフリーハンドで描きなさい。
- ③下の左図の二次元の図面を基に右のスペースに、立体図をフリーハンドで描きなさい。

図2 シリンダの設計

	
	
	
	<p>スペースの制限があり、できうる限り隅に配置しなければならない時、同じ機能を有しても、形状の工夫でここまで寄せられる</p>

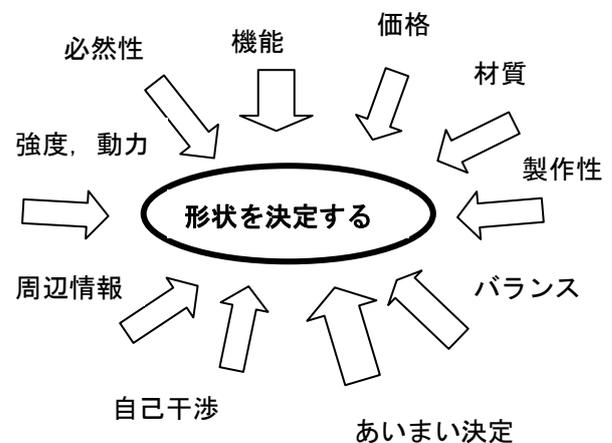
## 5. 2. 設計時のあいまい決定の実例の提供

機構設計の三次元設計といっても、設計のあいまい部分を自ら決定できないと設計は進められない。そこで図2に示すようにあいまい決定の実例を提供し設計時の判断材料にするよう指導している。

### 5. 3. 形状の工夫について

設計では、形状の工夫は無視できない。設計条件を満たす形づくり要因を挙げると図3のようになる。さらに図4に示すような形状決定の根拠の実例などを提供しスキル向上に役立てるように配慮している。

図3 設計 (条件を満たす形づくり)



## 6. むすび

機械系設計業務では、三次元CADの普及とともに二次元CADが減少すると予測されていたが、実際には二次元CADも微増の傾向にある。この理由として、従来スタイルの設計業務環境の存在がある。既存の設計データ管理プロセスに合わせるため三次元設計した後に二次元図面化して管理するケースが多く、結果として二次元図面作成の需要が存在する。このように三次元化によるメリットは在るものの、二次元との共存を強いられるデメリットも存在している。このデメリットを享受するための活動が必要なこと言うまでもない。

三次元設計は今後一段と普及する見込みであるが、三次元設計の効果を最大に引き出すためには、三次元設計に適した業務プロセスを構築し定着させることが重要である。

### 参考文献

- [1] 関口相三, 横木博和, 奥坂一也, 横田成昭, 水野兼雄, 平野重雄, “新入社員の設計技術教育に関する事例”, 日本設計工学会, 2000 年度秋季研究発表講演会講演論文集(2000), pp. 155.
- [2] 関口相三, 横木博和, 奥坂一也, 横田成昭, 水野兼雄, 平野重雄, “新入社員の設計技術教育に関する一事例—電気・電子設計技術者の教育”, 日本設計工学会, 2001 年度春季研究発表講演会講演論文集(2001), pp. 97.
- [3] 関口相三, 横木博和, 横田成昭, “大学の設計・製図教育への提言”, 日本設計工学会誌, 2003 年第 38 巻第 10 号.
- [4] 関口相三, 奥坂一也, 喜瀬晋, “技術者派遣会社の社員教育”, 関西設計管理研究会第 382 回例会発表論文(2004) .
- [5] 関口相三, 奥坂一也, 喜瀬晋, 横田成昭, “新入社員設計教育の実例”, 日本機械学会関西支部第 80 期定期総会講演会講演論文 210 (2005) .
- [8] 喜瀬晋, 関口相三, 奥坂一也, 横田成昭, 平野重雄, “新入社員のCAD教育”, 日本図学会 2005 年度本部例会学術講演論文集, (2005), pp39-42.
- [7] 実践的設計技術研究会編, “実践的設計技術の考え方”, 愛輪, (2005) .

### 著者紹介

喜瀬 晋 : 株式会社 アルトナー大阪本社  
530-0005, 大阪府大阪市北区中之島 3-2-18 住友中之島ビル 2F

関口 相三 : 株式会社 アルトナー大阪本社  
530-0005, 大阪府大阪市北区中之島 3-2-18 住友中之島ビル 2F

横田 成昭 : 株式会社 アルトナー大阪本社  
530-0005, 大阪府大阪市北区中之島 3-2-18 住友中之島ビル 2F

奥坂 一也 : 株式会社 アルトナー東京本社  
105-0012 東京都港区芝大門 2-5-5 住友不動産芝大門ビル 10F

平野 重雄 : 武蔵工業大学 工学部  
158-8557, 東京都世田谷区玉堤 1-28-1