

頭の中で断面形状を想像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、機械装置における機構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。

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. 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わけである。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。

4. 設計プロセスと作業内容

一言に設計といってもさまざまな分野があり、その設計手法も設計のフローもその分野独特の進め方がある。ここでは、一般機械の機構設計に絞って本論を進める。一般機械とは、製品を組立てる自動機とか工場の設備機械などのことを指す。一般的にひとつの機械が完成するまでには図1に示すように受注から据付けまでの工程をたどることになる。

この全工程を設計者は熟知する必要はないが、設計者が描いた図面が、全ての工程の幹を走りその情報を基に、各セクトの担当者は図面情報を正確な情報として信じて作業を進める。例えば加工担当者は

加工不可能な場合を除いて図面に描かれた情報を忠実に形として具現化する。よって設計者は全ての工程で間接的または直接的な、なんらかの責任を負うということになる。

4.1. 作業内容

仕事を受注すると客先が提示した要求仕様があり、この顧客のニーズを満たしかつ予算内のものを指定された納期に間に合うように製作し機能させることが設計の目的となる。次に、機械は何かの作業をするものであるからその動きを作動させるための機構・からくり・メカニズムを創出する(図2参照)。それは、既存技術とか実績のある機構であったり、時にはドラスティックなアイデアとか、自然の事象にヒントを求めたりすることになる。



図2 工法・からくり・機構を考える

この段階では、創造力とか発想力が必要になる。個人的には、設計作業の中で最も楽しいステップで具体的には紙の上に鉛筆でポンチ絵を描き発想を描きとめることになる。この絵を描く作業の中で思いをめぐらすと、ふと斬新なイメージが膨らみ、それが採用されることもある。ここでは実際の構想段階で作図した昇降装置のポンチ絵を示す(図3参照)。

昨今は、設計作業の効率化とコストパフォーマンスを追及するがゆえに、新規要素試験が必要な技術より、既存技術を取り入れたリピートものの設計が多くなり設計をする上で考えることが少なくなった。また効率が最優先される時代となった。もともと日本はからくり文化が栄えた時代もあり、その時代は豊富な予算とからくり技術に文化芸術性を求める気

風もあり、職人があますことなく智慧と工夫を創出することができた。また時折、欧州の設計図面を見ると「よく考えているな」とか「練りあがった設計だ」と斬新なアイデアと進取の技術に触れ感動することがある。このようにアイデアをイメージすることは、設計の仕事に関わらず他の職種でも必要な要素で、またその情景を文字と絵で表現することは仕事を進める上で、作業ブランチの可能性を増幅しつつ情報を簡潔に受動伝達する最適な手法といえる。余談であるが、ものを見てデッサンをすると思ひ描いたことをスケッチするイメージトレーニングは手軽でコストがかからないので、若き設計技術者には特にお勧めするトレーニングである。この段階まで、まだCADの前に座って作業することはない。

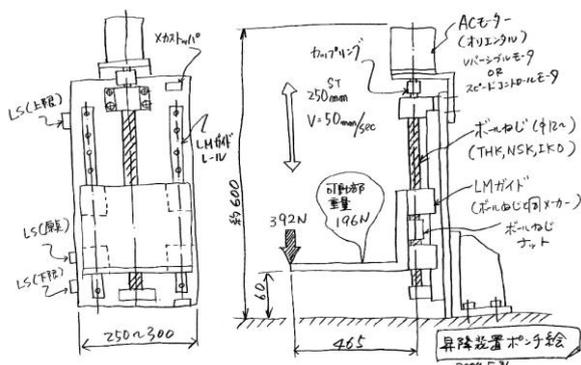


図3 イメージをポンチ絵に

4.2. 簡略計算と市販品の選定

工法と機構が決定されポンチ絵が描きあがると、簡略な強度計算と動力計算を行いながら、使用する市販品などの選定に移ることになる。次に大きさと形が変わらない市販品などをCAD化し他の部分も必要最小限度の情報をCAD化して形状を決める。例えば丸物なら断面図で設計する。そして加工性と組立性を考慮しながら一筆一筆と線をひき、構想図・計画図を仕上げてゆく。

一般機械は設計情報の寸法値、例えば板厚とかボルトサイズは、初期の段階では完全に理論武装された上で決定するものではなく、大体の視覚感覚とか経験で決定される。なぜなら時間に制限があるから、どこかでなにかを決めないと進められないのである。

ここは理論設計ではなく図面上のバランス設計の領域で設計者の責任のもと、一つひとつの数値を決定しながら形状決定を行い次のステップに進むことになる。もちろん最終段階に必要な箇所は厳密な検討と計算を行うことになる。

4.3. 形状認識力

ここで注意すべきことは、製図機械で製図をした時代は図面の尺度はその一枚の図面が描き終えるまで変わらないということであった。すなわち自身の視覚バランスが変わらない状態でアSEMBルできるということになる。しかしCADでは表示画面の尺度が拡大縮小を繰り返されバランスよりそのものの寸法数値を意識しつつ決定する必要がある。経験談になるが、例えばCAD上(21インチ)の画面上でA1の図面枠、尺度1:5で直径1000mmぐらいの装置の設計を行った時、当然のことながら画面上の大きさは70mmのサイズで映し出される。部品図が完成し部品が加工され組立が終わり、その装置の仕上がり確認のために現場に出向いた時のことである。設計した機械が見当たらない、ふと見上げると巨大な物体があり、その形状をよく見ると私が設計した装置であった。私のイメージ感覚では1000mmのものでも500mm程度の大きさであるという認識が焼きついていたからである。思わず自ら「大きいなあ」とつぶやき、周囲からは「ああ、あの大きな機械」とずっと呼ばれることになってしまった。この段階では、現物への形状認識が必要になる。さらに製作に進み、工程の最終段階で客先のエレベータに乗らない、据付の場所までの道路に高さ制限があり装置が運べない、装置を吊り上げた時の姿勢では強度的に持たないとかの問題が発覚すると、事は重大で取り返しのつかないことになり、余分な工数や費用が発生することになる。よって設計の初期段階で最終工程の据付までのことを考えて設計することを認識しなければならない。

4.4. 製作図と加工

装置の組立図が完成し承認されると部品を製作するための部品図(製作図)を作成する。部品図はいうまでもなく加工する人に部品の情報を簡潔にかつ

正確に伝えることが大切で、誤りがあるとそのままの情報で加工されるため十分な検図が必要になる。往々にして設計者は自分の描いた図面は、間違いがないという認識が強いため、自身でチェックする場合は、ある意味で疑いながら行う必要がある。またダブルチェックをすれば間違いは極端に少なくなる。この部品図は、虚像（図面）から実像（モノ）に変換する橋渡しの存在でモノの形状はもとより寸法値、仕上げ、公差、材質が決定されることになる。よく「この公差はどのように決めるのですか」という質問を受けるが、一般的にはカタログの適正公差、データ集、設計者の感覚とか客先と加工業者の慣例などの経験的な技術が盛り込まれ決定されるので、臨機応変に対応する必要がある。いよいよ部品の製作に移るが、部品図（製作図）に寸法抜けがあればその数だけ設計者にお伺いの電話が鳴ることになる。また図面の形状情報より記入されている寸法値が優先されて加工されることは言うまでもない。

4.5. 組立

部品を組立てる段階になると、しばしば組立てられないことが起きる。寸法の間違いや干渉とかの部品図の間違いが浮き彫りになる。部品図に間違いがある場合は素直に反省し速やかに訂正し、問題を解決することが重要になる。責任転嫁をすることは厳禁である。実物（モノ）が存在した時点で主役は図面からモノに移り、そのモノを追加加工するのか製作し直すのかという作業、そのモノをどうするのか重要になる。CAD図面上で板厚を1mm変更することと、実物を1mm削る作業の大変さを考えれば理解できると思う。また複雑な装置で中身（中心）に近い部品に間違いがあれば、再度、外側から中心へ向かって分解を始めなければならないため、組立は中断され多くの作業が止まり迷惑をかけることになる。ちなみに一つの小さな部品を忘れていたため現場が3日間止まったこともあった。さらに市販品の納期を設計の計画段階で確認することも大切になる。市販品の納入が間に合わない場合も作業が中断される。小さなミスが思っていたより他部署に迷惑をかける恐れがあるので、現場とモノに対しては謙虚になる

ことが大切である。さて、装置の大きさにもよるが、一般的に組立作業が完了すると配線配管工事を行いプローブ毎の動作試験を実施後、全体の機能試験を行うことになる。ここでは与えられた要求仕様を満足するかを確認することになる。①必要ストロークを有するか、②必要な力で必要な動きをするかなどを確認する。機械は、部品が正確に製作されていても、組立調整をしないと円滑に動かない場合が多い。この調整作業は設計作業と同じまたはそれ以上の労力が必要になる。経験上、組立を行い最初の動作試験で完全な動きをしたことはなかったと記憶している。ましてやラインの設計になると、各セクションとの絶妙な調和とかが影響し、なじんだ円滑な動作になるまでは、熟練した調整作業が必要になる。ここでは現場の智慧が一条の光を放つときがある。長年、モノを見て作業されてきた現場の方には、理論では割れ切れない五感で習得された智慧を有しているので、その意見を素直に取り入れながら不具合を解決して行くことになる。また人間の感覚もまんざら捨てたものではない。例えば機械は過負荷をかけると見掛けで弱そうなところが必ず壊れる。弱いところにしわよせがくる。これは素人目でも解るものである。また各セクションの意思の疎通も大切である。いくら設計力があっても100Kgを超える装置は、起重機がないと持ち上げられないし、まして一人では無理である。理論的に正しくとも設計はチームワークが大切で、反対に、各セクションが自分の技術は間違いないと主張し始めると、釣り合いの悪い装置が出来上がることもある。いいモノをつくろうと皆の気持ちが一致すると不思議なものでバランスの良い機械ができることになる。

5. イメージトレーニング法の成果と考察

前述で設計のプロセスについて述べたが、やはり設計は、設計＝図面作成だけではなく、創造力、構想力が重要なことはもちろんで、またあらゆる作業ステップの中で他部門との関連性を考慮し、また予想し得る出来事を推測し、設計の段階でそれらを盛り込むことも非常に大切である。よって、設計プロセス全般にわ

たる総合的なイメージ力強化の教育の必要性が高まっていると考える。また昨今研修生から、図面が読めない、手描きは苦手などの相談も多くあったため、手を使いながら想像するトレーニングを導入した。その一つに、平成18年度から実施した手描きレッスンである(図4参照)。これはA4版1枚の課題で、毎朝、本来の研修の前に1枚を課題として与え訓練を実施している。このシートの間1は、機械図面を思い出し立体図で描く。これは、白い紙に一から設計をする場合は、今までに見たことのある既知形状を想像しながら設計を進めるため、日頃からモノに興味をもち観察しその形状を自身に取り込む訓練である。身近にある部品を凝視しデッサンしている姿を見ると安心する。問2は立体図を二次元の図面にする。問3は逆に二次元の図面を基に立体図を描くもので主に手描き製図能力を高める目的がある。問4は二次元の組立図から一つの部品の製作図を描くものである。問4は設計経験が少ない若手研修生にとっては難しいらしい。組立図からその構造を読みとることができないまま、確率的回答で課題の提出をする研修生も多い。要注意である。

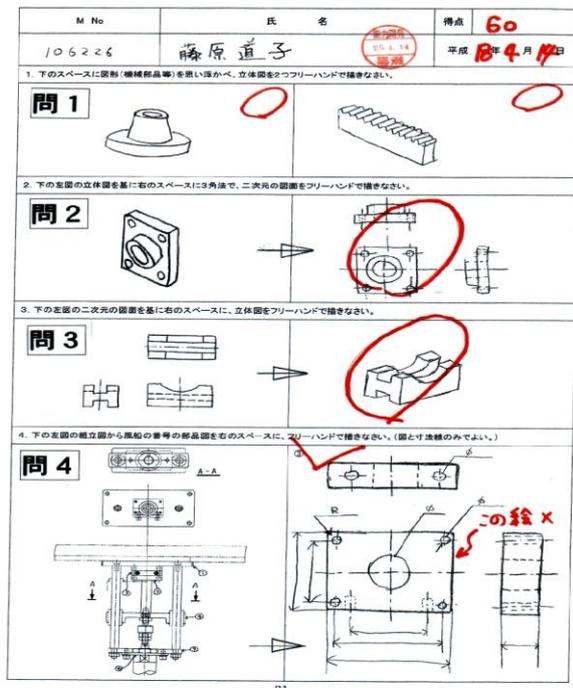


図4 手描きレッスンシート

この手描きレッスンの効果を図5に示す。これは手

描きレッスンを導入した17年度と導入後の18年度を比較したもので、その内容は機械製図スキル項目の自己申告の点数の伸びを比較したものである。点数の伸びとは入社時の自己評価点と研修後の自己評価点の差である。弊社では、スキルマップという技術者のスキルを評価するシートがある。そのシートにはグレードがあり、入社時のE1から経験20年のE5までの5ランクの階級がある。そしてそれぞれのグレードに12項目程度の修得項目を設定している。今回のスキルの伸びを計測する項目はE1グレードの12項目のうち機械製図に関する3項目について点数の伸びを計算したものである。自己申告であるため主観性が強く、絶対的な計測結果ではないが、研修生の修得実感がグラフに表れていると考える。やはり眼で確認しながら想像し手で図を描く作業は、体にしっかり残るトレーニングであることが現れているといえよう。

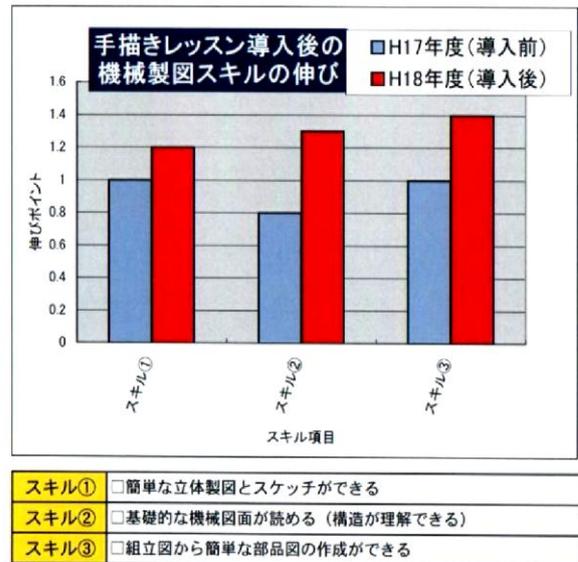


図5 機械製図スキルの伸び

さらに、時間が許す限り図6に示すような、構想案をアイデア出しするレッスンを行っている。このレッスンは課題を与えるのではなく設計したいテーマを考え、その複数案を創出しポンチ絵を描く。そしてそれぞれの案を自己採点し組立図、部品図へと展開していく。また3案程度の構想案を創出することで、限定的回答に陥ることなく、自由で複眼的な発想力の開発を目的としている。

トレードオフスタディ	MNo 105184 氏名 中川 健	平成17年 6月 9日					
① 設計したいものを考えて下にポンチ線を描いてください。	足踏み式	シリンド式	コンペア式				
② チェックを受けてください。							
③ 右側に3つの案を考えた点数評価してください。							
④ チェックを受けてください。							
⑤ そしてその中から設計してみたい案を選び計画図を作成してください。							
⑥ チェックを受けてください。							
⑦ 詳細図を作成してください。							
特 徴	2枚の板の一端を 筒は足踏みの足	シリンドのカム 圧もつ	コンペアの カム				
項 目	重要度	評価点	重×評	評価点	重×評	評価点	重×評
① 要求機能を満足している。	A	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9
② 構造が簡単である。	A	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9
③ 性能が良い。	A	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9
④ 構造が容易である。	B	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6
⑤ 取扱い性が良い。	B	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6
⑥ 構造が良い。	C	○ 2	○ 2	○ 2	○ 2	○ 2	○ 2
⑦メンテナンス性が良い。	B	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6	◎ 6
⑧ 外観が良い。	C	○ 2	○ 2	○ 2	○ 2	○ 2	○ 2
⑨ 価格が良い。	A	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9	◎ 9
長 所	構造が簡単 価格が安い	シリンドを変えて 製品性能を上げたい	連続的に大量の 圧もつ				
短 所	大量に作るに 困る	圧の調整や取出し 機構が必要	圧もつが 調整が難しくなる				
総合評価点	60点	55 = 91.7 %	43 = 71.7 %	37 = 61.7 %			
重要度	A=3点 B=2点 C=1点	評価点	◎=3点 ○=2点 △=1点				

図6 構想案創出レッスンの実例

6. むすび

三次元CADは、流れるような曲面の形状設計では、その機能をフルに発揮する。しかし一般機械の設計においては、モデリング機能より設計者の発想、アイデアがあってこそCADの機能もはじめて生かされる。

弊社においても若手設計者は特に図面の読解力が不足しているようである。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、頭の中で形状を認識し立体モデリングを行うという、研修生が苦手に感じるレッスンを行うことで、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。また設計は相反する条件の妥協点で形状を決定する。つまり視覚感覚でのバランス設計であいまい決定する場合もある。

設計作業の細分化が進んだ現在では、設計フローの前後の関連性や、複眼的思考能力を開発する必要がある。よってそれらの能力を養うため、今後も様々なイメージトレーニング教材を開発する所存である。

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).
- [6] 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).
- [8] 喜瀬晋, 関口相三, 奥坂一也, 平野重雄, “三次元機械設計の実践的教育法”, 日本図学会2006年度学術講演論文集, (2006), pp67-72.

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