

# 3次元設計演習を通しての人材育成

横小路 泰義 (京都大学工学研究科)

## 1. はじめに

大学での講義による教育を補うものとして、演習科目や実験科目がある。講義では、講師からの説明を聞くという受身的な学習になりがちなのに対し、演習や実験科目では学生自ら手を動かすことが要求され、講義で習った知識を実際に使うことによってより深い理解へとつながることを期待している。また演習科目では、学生をグループに分けて演習を進める形式を取ることが多い。この過程で、グループ内の学生同士が議論し合ったり、グループのリーダーとなった学生にはそのグループの方向付けを決めてメンバーを引っ張っていくことが要求されたりする。このような、グループ内での協調性を養ったり、リーダーシップを取ることの難しさを学んだり出来るのも講義形式の授業では出来ない演習科目の特色である。

本稿では、京都大学物理工学科機械システム学コースで行われている3次元CADを用いた設計演習を通しての人材育成教育およびその演習形式のモデルとなった夏休みセミナーについて紹介する。本演習（およびそのモデルとなった夏休みセミナー）では機械設計の考え方について学ぶことはもちろんのこと、そのユニークな演習形式によって広く一般的な問題解決の方法、グループ間での協調性、リーダーシップについても学ぶことの出来るものである。

## 2. 3次元設計演習導入の経緯とその概略

### (1) 京都大学工学部物理工学科機械システム学コースでの設計教育

京都大学工学部物理工学科機械システム学コースでは、3回生の学生を対象に機械設計演習を課している。3回生前期の機械設計演習1では、機械製図および読図の基礎となるJIS製図法を学習し、具体的な製品の部品図や組立図を作成することで、機械製図の基礎を修得することを目的としている。後期の設計演習2では、前期で修得した知識をベースに、強度計算などの設計計算や具体的な製図に取り掛かる前の基本構想に重点をおいた演習を行ってきた。設計演習1, 2ともに企業での設計の実務経験者に非常勤講師として学生の

教育をお願いしている。設計演習の題材としては、それぞれの非常勤講師が自身でこれまで業務で携わってきた対象をベースとするので、設計の実務経験のない学内教員が行うよりは遥かに臨場感の高い設計演習が可能となっている（設計演習を含めた機械システム学コースのカリキュラムについては、ホームページ<sup>17)</sup>を参照されたい）。

設計演習は、前期、後期とも週2回、1回あたり90分×2コマ=180分の演習時間が確保されている。選択必修科目となっていることから、設計演習1は機械システム学コースの学生のほぼ全員にあたる110名程度が受講し、設計演習2では約30名である。

特に後期の設計演習2では、ここ数年来、製品（商品）を設計して行く上での基本は創造・独創性から出るアイデアであるとし、アイデアから具体的設計までのプロセスをグループごとに行わせ、最後にグループごとに成果をプレゼンテーションさせるという形式を取っていた。特に平成15年度からは3次元CADを導入し、アイデアの検証を3次元モデルで行えるようになった。非常勤講師は3年ごとに交代となるので、平成16年度からは新しい非常勤講師を招いて、新しい演習テーマを設定する必要に迫られた。このとき、後述する「夏休みセミナー」の要素を設計演習2に取り入れることが検討され、実際に平成16年度から新たな形式の設計演習がスタートしたのである。以下ではまずこの設計演習のモデルとなった「夏休みセミナー」について紹介する。

## （2）夏休みセミナーのねらい

「夏休みセミナー」は、設計コンサルタント会社CADIC(株)の筒井氏や大阪府立大学の小木曾氏らなどの企画を発端として2001年から毎年夏休みに行っているボランティアベースの設計セミナーである。この設計セミナーのベースは、CADICが業務として企業のエンジニアを対象に行っている設計教育であるが、「夏休みセミナー」では社会人と学生の混成チームで3日間集中的に課題に取り組むことが特徴である。この夏休みセミナーについては、雑誌で取り上げられた記事<sup>1)~7)</sup>、2001年と2002年に「夏休みセミナー」の会場を提供いただいた企業の技法<sup>8)</sup>、学会での発表予稿<sup>9) 10)</sup>、筒井氏による解説記事<sup>11)</sup>、小木曾氏の解説記事<sup>12)</sup>などを参照されたい。また論文<sup>13)</sup>は、2003年以降の夏休みセミナーの会場提供にご尽力いただいている遠田氏らが、それまでの設計教育の問題点を踏まえ、自社内での設計教育に「夏休みセミナー」と同じ要素を取り入れた試みの成果についてまとめたものである。

筆者は、学内で設計演習に関わってきた関係上、2002年からこの「夏休みセミナー」の

存在を知り参加している。まずここで、「夏休みセミナー」が目指す設計教育の本質を示す例題を紹介しよう。

CADIC の筒井氏によるこの例題は、簡単な頭の体操のようなものである。すなわち、『ビルの 3 階から生卵を落下させる。その際、ダンボール、新聞紙、粘着テープを使って、地面で卵を割らずに受け取るしくみを考えよ』というものである。実はこの例題では正解としての具体的なしくみの提示は求めている。よって、「新聞紙で卵をくるむ」、「パラシュートを作る」などはすべて不正解である。この例題で問うているのは、まさに設計のプロセスそのものである。まずこの課題の要求項目は何か。それは卵が割れないということである。では、卵が割れるのはなぜか。それは許容値以上の荷重が卵に加わるからである。ではその許容値とは具体的にどれくらいか。それは実際に実験により求めることが出来る。このようにして、要求された課題から具体的な数値による目標仕様になり、「実験で得られた衝撃荷重限度を越えないような仕組みを考える」というのがこの例題の正解である。

「新聞紙で卵をくるむ」などのようにいきなりしくみを考えてしまうと、数多くの試行錯誤を繰り返すことになり、結局のところ割れないしくみを考えつくことができないか、できたとしてもそれまでに多くの無駄な時間を費やすことになる。しくみをまず考えるのではなく、仕様を明確にしさえすればしくみは結果的に決まるのである。このように言われれば当然のことかもしれないが、筆者も多くの人と同様にこの例題を解くことができず、後に正解を教えられて大きな衝撃を受けたのである。（このような設計の基本的考え方を 3 次元 CAD を題材にして解説したものに文献 14）、15）、16）がある。現在文献 14）は絶版で入手困難であるが、その改訂版が文献 15）として発刊された。著者は、「夏休みセミナー」の講師としても毎回活躍されている CADIC の西川氏である。文献 16）は筒井氏と西川氏共著による単行本である。）

このようにエンジニアとして本来製品を設計するプロセスは、まず使用条件、使用者、目的などを吟味して、設計仕様として目標をすべて明確化し、その上で決められた設計仕様を満たすような具体的な機構や形状を考えるべきなのであるが、往々にして設計者は過去に設計された形状（それは上述の本来とるべきプロセスを経て先人が知識と知恵を注ぎ込んだ結果なのではあるが．．）をベースに安易に寸法や形状の手直しだけでお茶を濁してしまう。このようなコピー文化は、CAD の普及とは無関係ではないが、筒井はこのようにオリジナルをベースにして手直しするような設計しか出来ないエンジニアを「チェンジシ

か出来ないエンジニア」との意味で「チェンジニア」と称して揶揄している<sup>10)</sup>。

このような「本質を見きわめて論理的にアプローチする（そしてこれが結果的に最短になる）」という「設計の基本的な考え方」を、与えられた課題をグループのメンバー全員で協力して取り組ませることで体得させようとするのが夏休みセミナーのねらいである。ここで「体得」としたのは、このような「設計の基本的な考え方」は言葉で教えられて簡単に分かる（＝身に付く）ものではなく、受講者自らが失敗と反省を繰り返す中で始めて会得できるものであるからである。

### （3）夏休みセミナーの概要

以上のようなねらいを実現するべく毎年行われている夏休みセミナーの概要を簡単に紹介する。課題は毎年変わるが、例えば次のようなものである。

『2つの机の上に置いた合計 200 個の水の入った紙コップを 100 秒以内に水をこぼさないように交換する機械を設計せよ。』

先の卵の例と同様に、いきなり機械の機構を考えるのではなく、「『水がこぼれる』とはどういうことか?」、「移動のための加速度で液面が傾くのであれば、許容される最大加速度は?」、「コップ 1 個を移動させるのに必要な時間は?」、「200 個を 100 秒以内に運ぶには、一度に最低何個ずつ移動させないといけないか?」など、与えられた課題から順次具体的な設計仕様に落とし込んでいく作業を行う。なおこの時のグループでの議論はすべて模造紙上に記入してゆくことが求められる。つまり議論したことはすべて記録することが求められ、また議論の内容をグループのメンバー間で共有するために、個人的にノートにメモを取ることも禁止である。

およそ 2 時間ごとに、デザインレビューが行われるが、セミナーの講師は各グループになぜそういう結論に至ったのかをしつこく質問する。質問に答えられない場合は、明確な根拠に基づいて結論を導いていないことを意味し、そのグループは次回のレビューまでに再考を迫られることになる。このように夏休みセミナーでは、講師が正解を教えることはなく、受講生らが失敗していくところをあえて黙認し、受講生自らがその失敗を通して正しい設計の考え方に気付かせるようにするのが基本的スタンスである。またこのセミナーでは受講生は一日終わるごとに感想文を書くことを要求される。感想文は、受講生にとっては自身の一日の反省と頭の整理にもなるし、講師陣にとっては受講生の反応をフィードバックして以降の演習の進め方の軌道修正に役立つ。

およそ具体的な設計仕様が固まると、今度はその仕様を実現するための機構を考案する

ことが許される。考案された機構は最終的に、全体アッセン図からサブアッセン図、個々の部品図に至るまでの樹系図を書くことが求められる。この樹系図が次の CAD 作業への橋渡しに重要な役割を担う。

CAD 作業では、まず作成した樹系図に沿って、同じツリー構造となるように空ファイルを作成する。CAD 作業はグループメンバーが分担して、個々の部品ファイルやアッセンファイルを作成するのであるが、最初の空ファイルの段階でファイル同士の親子関係を規定し、ファイル構造と樹系図とが完全に対応付けされているので、ある部品ファイルの内容が変更されれば、その更新内容はその親ファイルでは自動的に更新される。これによりグループリーダーは、トップアッセンのファイルを見ればたちどころに現在の進捗状況を把握することができる。このようにメンバー個々のパソコンをネットワーク接続するだけで、CAD ソフトが有用なグループウェアに変身するのである。

3次元 CAD は、複雑な 3次元形状をモデリングするためにあると考えている人が多いが、この夏休みセミナーではまず 1 フィーチャー、すなわち直方体もしくは円柱のみで形状作成することが求められる。これにより、参加メンバーは、複雑な形状モデリングをせずとも、本来の形状を内包する単純な直方体もしくは円柱だけで、ある程度のレイアウト検証、部品同士の干渉チェックなどが可能であることが身を持って理解できる。また、レイアウト上の矛盾が生じるのは大抵の場合、模造紙の樹系図の段階での寸法の決定プロセスが厳密でなかったのが原因であり、参加メンバーは CAD 上で部品干渉している問題を実際に目の当たりにして、模造紙段階での議論の不十分さを痛感するのである。

レイアウト上の矛盾がすべてなくなった段階で、2 フィーチャー目のコマンド実行が許される。2 フィーチャー目では主に肉抜きが行われる。これにより、全ての設計を終えた段階と比べても 10%から 20%程度の誤差で質量や重心の位置の検証が可能であると言われている。またこの段階でデータを CAE ソフトに渡して固有振動数を求めることも出来る。このように、このセミナーでは 3次元 CAD で複雑な 3次元形状をモデリングするのではなく、逆に 2 フィーチャーまでのモデリングのみを許すことで、要求仕様の検証がある程度の精度で可能であることを思い知らされるのである。

最後に、成果発表の場が設けられる。チームごとにプレゼンファイルを用意し、チーム内で議論してきた内容から設計した機構、CAD 上での仕様検証の結果を発表するのである。以上が夏休みセミナーの概要である。

この夏休みセミナーには、毎年 80 名から 90 名近くの参加者があり、これまでで延べ 400

名以上が参加したことになる。夏休み中の週末の3日間の日程のため、学生も社会人も参加しやすくなっており、1チーム8名程度のメンバーも社会人と学生との混成である。このような社会人と学生との混成チームは、夏休みセミナーならではの特徴の一つであり、社会人にとっては日頃の業務経験を生かして学生にアドバイスすることで逆に自分自身を見つめなおす機会となり、また学生にとってはコミュニケーションの重要性を認識したりこれまで学んできた知識を具体的に生かしたりできる（ほとんどの場合、これまでの知識がうまく適用できない自分に気付くことになるが）機会となり、また社会人との交流を通して今後身につけるべきことや将来進むべき道を考える機会ともなる。特にチームリーダー（社会人、学生どちらでもリーダーになることがある）は、チームメンバーの個々の能力や与えられた時間的制約を把握してチームの目標を立て、進行状況を常にチェックしつつチーム全体を引っ張っていくリーダーシップが要求されるが、たいていの場合このチーム運営の難しさを思い知らされることになるのである。

#### （４）設計演習２でのCADIC方式導入の試み

前述のように、京都大学では設計教育のための講師の派遣を3年ごとに各企業から依頼してきた。講師の更新の時期を迎えて、CADICの設計教育の方法（以下、CADIC方式と呼ぶ）に触発され、社内の設計教育にもその手法を取り入れようと試みていたある機械メーカーの技術者2名に非常勤講師をお願いすることとなった。

夏休みセミナーと大学での設計演習とでは、以下の点で大きな違いがある。まず、前者が3日間集中のセミナーであるのに対し、後者は大学での演習の形態をとる以上、1週あたり2回、1回あたり180分という制約がある。次に、夏休みセミナーでは社会人と学生という異質が混成してチームとなるが、後者ではチームメンバーは全て同質の学生である。以上のような違いがあるものの、基本的には夏休みセミナーと同様、目標から仕様を定め、その仕様を満たす機構を考えて、3次元CAD上で検証するという全体の流れは同じである。

設計演習での課題は、依頼した機械メーカーの製品でもある電線端子圧着機械を題材とし、4名程度で1つのチームとなりバーチャルなベンチャー企業としてある大手企業からの要求仕様を満たす機械をOEM製品として設計・提案するという設定とした。図1に、電線端子圧着機械を題材とした場合の模造紙上での議論（演習前半）と3次元CAD上での検討（演習後半）をまとめた図を示す。まず、大手企業から提示された要求仕様は、製品の最大寸法、重量、圧着に際しての必要圧縮力や精度に関する限界値だけであり、それら

の最適値(目標値)をどう与えるか、どのような機構にするかに関してはすべて各チームに設計が任される。図1では、まずアクチュエータとして何を用いるべきかの検討を行った例が示されている。図2にはチーム内での議論の様子を、図3には模造紙での議論の例を示す。

この機械メーカーの非常勤講師による設計演習は平成16年度から18年度までの3年間行われ、延べ約50名程度の学生が受講した。3年間で受講した延べ人数は決して多くはないが、受講した学生には非常に好評であった。そのことを示すエピソードを以下に紹介する。機械設計演習1および2では、演習の日の1回分を使って、講師の所属する企業の工場見学を行っている。CADIC方式を取り入れたこの設計演習2でも毎年度工場見学を行ったが、ある年度に当初12月ごろに企画された工場見学が天候の都合で順延となった。諸般の事情で、工場見学が可能となったのは、演習も終了して単位認定も済んでしまった2月下旬となってしまった。演習も終わり単位認定された後なので、学生には任意参加の形を取ったが、受講学生全員が参加した。既に単位を取得している彼らが工場見学に参加するのは純粋に興味があったからである。これは演習で自らが考えたアイデアに対して、企業で製品になっているものが実際どうなっているのかを受講者全員が是非自分の目で確かめたかったからではないかと思われる。担当いただいた講師陣の熱意が学生達を惹きつけたのも大きな理由であろう。

このようにして本学では初の試みとなったCADIC方式での設計演習は3年間の予定を無事終了し、平成19年度からは、学外の非常勤講師に代わって学内教員によるCADIC方式にのっとった設計演習が引き続き行われる予定である。実は、平成16年度と17年度には、将来の学内教員のみでの演習担当を見越して、上述の機械メーカーの非常勤講師陣の協力を仰ぎながら並行して学内教員による演習も行っていた経緯がある。これらの経験も踏まえ、CADIC方式の演習であれば、題材としては例えば身近な自転車でも十分であり、設計業務の経験のない学内教員でも十分指導は可能との判断したのである。

### 3. 演習を通しての多面的な人材教育

以上、夏休みセミナーとそれをモデルに本学で行われた設計演習について紹介した。京都大学工学部物理工学科機械システム学コースでの本来の設計演習2の目的は、前期の設計演習1で修得した製図の知識をベースに、強度計算などの設計計算や具体的な製図に取り掛かる前の基本構想に重点をおいた演習を行うことであったが、ここ数年来、製品を設

計して行く上での基本は創造・独創性から出るアイデアであるとし、アイデアから具体的設計までのプロセスをグループごとに行わせ、最後にグループごとに成果をプレゼンテーションさせるという形式となり、さらに CADIC 方式を導入するようになってからはその目的は非常に多面的になってきている。その目的を列挙すると以下のようになる。

#### (i) 製品設計の基本的な考え方の修得

目的→仕様→機能→構想→詳細→検証という効率的な設計手法を体験することで設計の本質を理解する。正解を教えるのではなく、演習の中で自ら失敗を繰り返して何度も痛い目にあいながら習得する。

#### (ii) チームワークでプロジェクトを進める醍醐味の実感

チームのメンバーで共同してプロジェクトを進めることで、一人の力ではできないことが可能となることを体感させる。「ひらめき」や「創造性」もチーム内での密なコミュニケーションを通して発現されやすくなることを実感させる。またチーム間で競争原理が働くことで、チーム力がより結束し作業能率が向上することも事実である。その意味で、効果的な演習にするためには複数のチーム（少なくとも4チーム以上）が存在することが必須である。

#### (iii) グループ内でのコミュニケーション能力

チーム内で自分の意見を分かりやすく述べる。人の意見を聞き、またそれをベースに新しい考えを思いつく。などといったグループの中でのコミュニケーション能力を養うことができる。

#### (iv) 作業支援ツールの効果の実感

チームでの共同作業をサポートするツールとして、模造紙とペンといったローテクツールと3次元 CAD や CAE といった IT ツールが密に結合して有効に機能することを体感させる。

結局のところ、ローテクツールである模造紙とペンがチーム内での議論と情報共有に非常に有効であり、またネットワーク接続された3次元 CAD によって効率的な作業分担が行え、さらに設定した設計仕様の検証（干渉チェック、質量、重心計算、CAE を併用して固有振動数計算）が効率よく行えることを実感させる。3次元 CAD では、モデリングを2フィチャーまでにとどめることで、設計の初期段階において十分な精度で検証が行えるので、設計がある程度進んだ段階で矛盾に気付いて大幅に後戻りして時間を無駄にするようなことがなくなる。このように3次元 CAD を複雑な形状モデリングのためではなく、仕様検証



ツールとして用いることができることを理解させる。

(v) プレゼンテーション能力

演習内でのデザインレビュー，最終の成果発表において，議論した内容を整理し，決められた時間内に端的に他人に説明できる能力，質問に対して的確に答えることのできる能力を養う。

(vi) リーダーシップ

チームをとりまとめ，メンバーの個性，能力を引き出して決められた期限内に目標を達成するためにチームメンバーを統率するリーダーシップ能力を養う。

(i) 製品設計の基本的な考え方の一般化

製品設計に限らず，目的→仕様（目標）→機能（効果）→構想（手段）→詳細→検証という順序で展開していくという手法を広く応用できることに気付かせる。いわば製品設計の基本的な考え方の一般化もしくはメタ化である。その意味では(vi)リーダーシップにも(i)の考え方が適用できる。

以上に見るように，CADIC方式の設計演習では非常に多面的な人材育成ができていることが分かる。図4に，3次元設計演習でのねらいを図としてまとめたものを示す。企業における技能伝承・人材育成においてもここで紹介した手法を参考にして，多面的な人材育成が可能な教育プログラムを組むことができるのではなかろうか。

本学機械システム学コースの学生にとってもグループで行う演習形式はこれまでも経験がないものが多く，最初は発言もままならず，チームのリーダーを決めるのに学生同士で話し合っただけで済むように言っても，遠慮しあつてなかなか決まらず傍で見ている歯がゆいばかりである。しかし何回か繰り返すうちに，次第に慣れて活発に議論しだすようになり，最後のプレゼンでは各チームとも特色のあるすばらしい発表をしてくれる。学生達は，4年生になって研究室配属となると個々人の研究テーマで研究することが多いので，彼らにとってもこの3年生での設計演習2は，グループ演習ができる貴重な機会かもしれない。また，教員にとってもグループ単位での演習を通して，講義形式では見ることのできない個々の学生の個性を見出すことができる。すなわち，設計演習は教員が学生の素顔を良く知ることのできる貴重な機会でもある。

## 4. おわりに

本稿では、京都大学工学部物理工学科機械システム学コースで行われている3次元CADを用いた設計演習を通しての人材育成およびその演習形式のモデルとなった夏休みセミナーについて紹介した。このCADIC方式の設計演習によって非常に多面的な人材育成が可能であり、企業における技能伝承・人材育成においてもここで紹介した手法を参考にして、多面的な人材育成が可能な教育プログラムを組むことができる可能性がある。

本稿を終えるにあたり、本学での設計演習のモデルとなった夏休みセミナーを2001年来ボランティアで運営していただいている関係者各位、毎回セミナーに必要な設備や装置を提供していただく協力企業や趣旨に賛同いただいている個人の方々にお礼申し上げます。またこれまで本学機械システム学コースにおいて設計演習を担当いただいている学内教員の方々、企業でのお忙しい業務の合間を縫って演習をご担当いただいた各企業の非常勤講師の先生方、特に本稿で紹介したCADIC方式での演習をご担当いただいた新明和工業株式会社の山本裕敏氏および工家美彦氏に感謝申し上げます。

最後に、本稿の作成にあたっては以下の参考文献および新明和の山本氏のご意見を参考にさせていただいたことを付記する。また参考文献の多くをご紹介いただいた大阪府立大学の小木曾氏に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) エクスナレッジ社「CAD&CG」編集部: 1・2・3で学べる正しい設計のススメ 番外編, CAD&CG 2001年12月号, エクスナレッジ社, pp.140-143, 2001.
- 2) 機械設計編集部: 設計の醍醐味を味わう三日間 ―設計夏休みセミナー―, 機械設計, Vol.47, No.12 (2003年10月号), pp. 5-8, 2003.
- 3) 機械設計編集部: キャディック, 設計の醍醐味を教えるセミナー開催, 機械設計, Vol.48, No.12 (2004年10月号), p.7, 2004.
- 4) 機械設計編集部: 本質を見抜く力, 論理的な考え方を身につける教育 ―CADIC 主催設計セミナーより―, 設計力強化のためのスキルアップガイド, 機械設計, Vol.48, No.14 (2004年11月臨時増刊号), pp.30-35, 2004.
- 5) 機械設計編集部: 設計の楽しさを学生と社会人のコラボレーションで体験, 機械設計, Vol.49, No.13, (2005年10月号), pp.1-2, 2005.
- 6) 機械設計編集部: 設計の厳しさと楽しさを味わった3日間 夏休みセミナーを開催, 機械設計, Vol.50, No.14 (2006年10月号), pp.4-5, 2006.

- 7) エクスナレッジ社「CAD&CG」編集部: 二足歩行ロボットで学ぶ本当の設計力, 月刊 CAD&CG マガジン, Vol.9, No.13 (2007年12月号), pp.97-112, 2007.
- 8) 3次元CAD 夏休み 세미나, 新明和技報, No. 25, pp.26-27, 2003.
- 9) 小木曾 望, 遠田 治正, 筒井 真作, 西川 誠一: 学生と社会人を交えた3次元CADを用いた設計教育 (第1報 コンセプトの明確化と設計論に従った機能展開), 第14回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 日本機械学会, pp.308-311, 2004.
- 10) 遠田 治正, 小木曾 望, 筒井 真作, 西川 誠一: 学生と社会人を交えた3次元CADを用いた設計教育 (第2報 CAD・CAEによる設計検証), 第14回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 日本機械学会, pp.312-315, 2004.
- 11) 筒井真作: 夏休みのボランティア教育, ごきそ (名古屋工業会会誌) 5.6月号, 2006.
- 12) 小木曾望: 学生と社会人混成チームで取り組む夏休み設計セミナー, 日本機械学会誌, Vol.110, No.1064, pp.522-522, 2007.
- 13) 遠田治正, 岡田克巳, 井上孝之, 木村富蔵, 筒井真作: 3次元CAD スキル教育と機構設計教育との融合, 工学教育, Vol.51, No.3, pp.65-70, 2003.
- 14) 西川誠一, 嶽肩しのぶ: 正しい設計のススメ, CAD&CG マガジン 2002年5月増刊号, 株式会社エクスナレッジ, 2002.
- 15) 西川誠一ほか: メカニカルデザインテクノロジー (2006-2007), CAD&CG マガジンムック, 株式会社エクスナレッジ, 2006.
- 16) 筒井真作, 西川誠一: 初歩から学ぶ3次元CAD 活用設計再入門, 日刊工業新聞社, 2007.
- 17) <http://www.me.kyoto-u.ac.jp/kikaisystem/>

# 設計例(電線端子圧着機械)

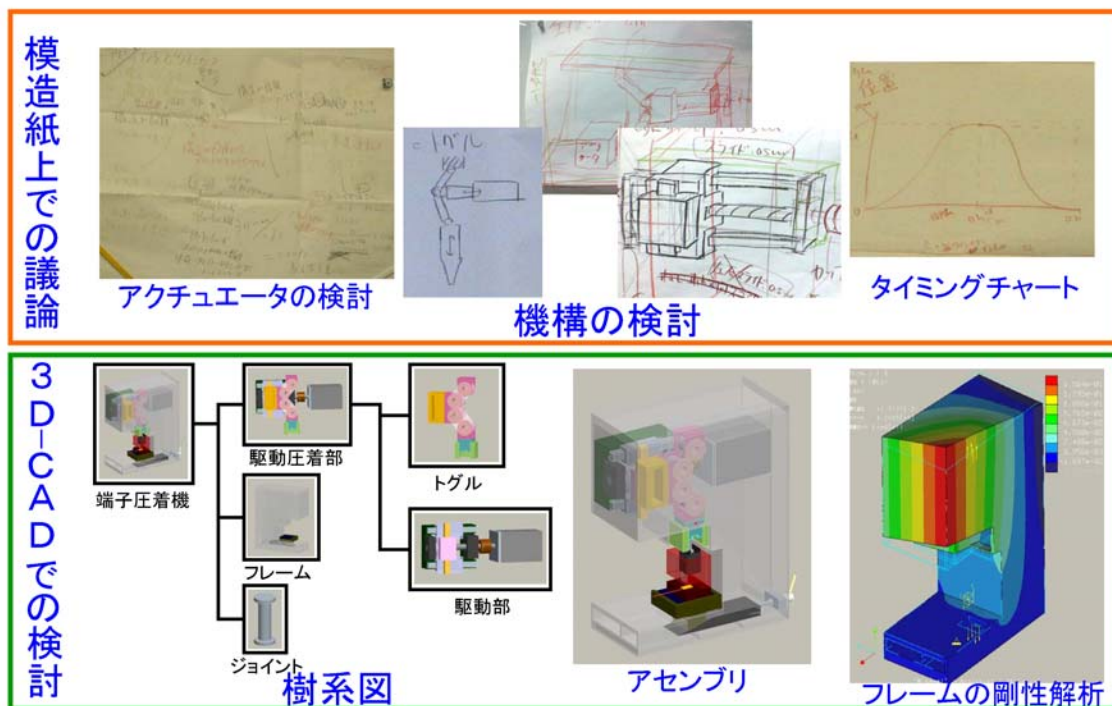


図1. 電線端子圧着機械を題材とした設計演習



図2. グループ内での模造紙を囲んでの議論

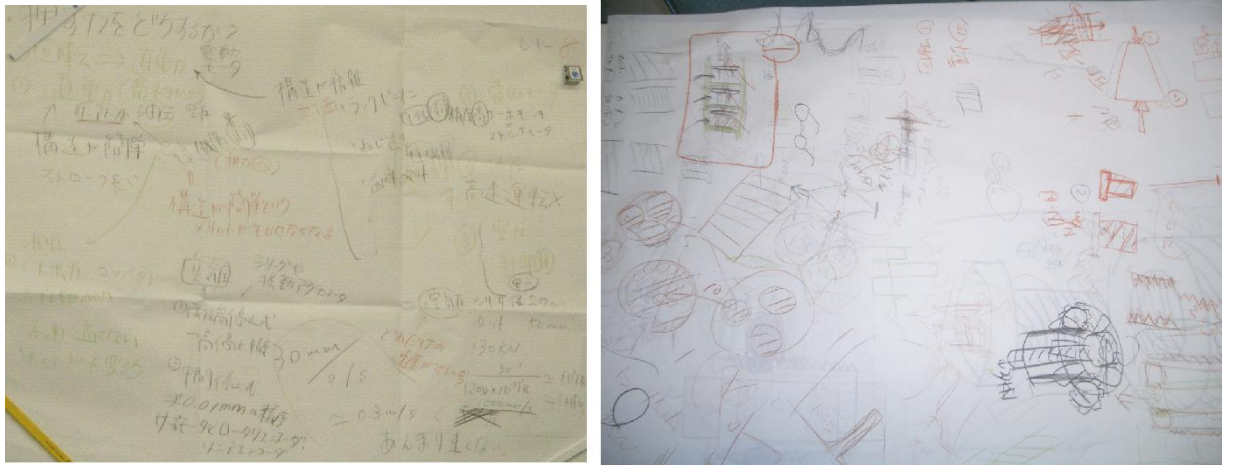


図3. 書き込まれた模造紙の例

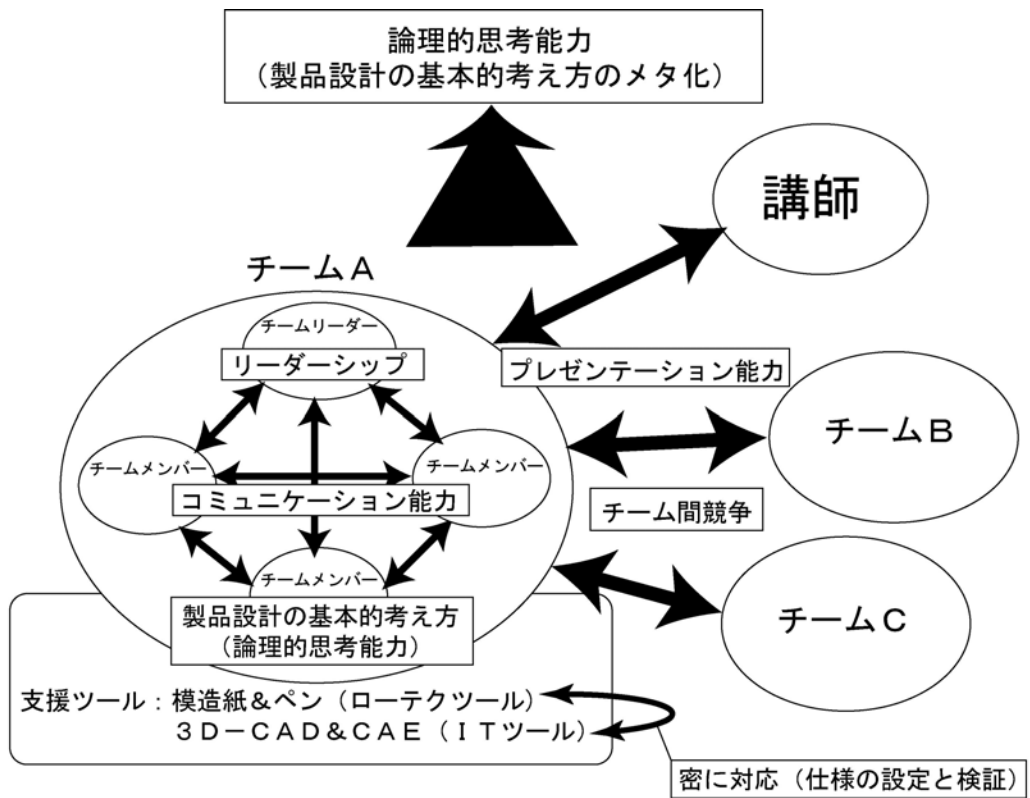


図4. 3次元設計演習のねらい