

3次元CADとRP技術を用いた設計教育の試み

北海道工業大学 竹内 茂

要 旨

設計教育に3次元CADを採用し種々の負荷に対する構造の力学的挙動と負荷部に適合する形状との関連性を理解させ、更に設計者が陥りやすい図面化のみの設計終了観念を打破するために、RP技術の中の光造形法により設計形状を実体化して自己の設計結果を評価できるような教育方法を試みた。この結果、力学と設計の関連関係を正しく認識するようになり、物造り意欲が芽生えるようになった。

1. はじめに

設計技術者にとって図面は設計者の意図通りに製作するための重要な情報伝達手段ではあるが、同時に製作後どのような形となるか詳細に把握しておく必要がある。現実の設計教育では、設計=製図、作るのは設計者とは別の人、という固定観念がいまだに支配しており、本学の機械工学科新入生も皆一様に、“設計とは図面を描いて終り”との答えが返ってくる。このため、材料力学や機械力学等を履修するにつれ、実体として完成させるには製作方法や材料の適正な選択まで考慮した本当の意味の設計能力が要求されることが明らかになってくる結果、当初抱いていた自動車や飛行機を作りたいという夢が次第に崩壊し、大半の学生は物造りへの挑戦を諦め安易な数値計算のみの世界に没入してしまうという由々しき問題を生じているのである。これは最近の学生気質と簡単に片付ける訳にはいかず、力学を担当する教員側も設計と製造を目標に据え、物造りの観念を持って指導しなければならない。

投影図を判断して即座に立体化することは、空間図形認識能力の適性と強い相関があるため、高度な認識能力を身に付ける点から言えば、本来、設計初期段階から3次元であることが最も自然であり、合理的と言える。同時に、構造部品が何故然る可き形を有しているのかについて、構造への負荷に対する力学的挙動を正しく理解しなければならないが、これは自ら製作し作動させてみて初めて体得できるものである。

著者は長年製造業に従事し物造りに直接関与してきた経験から、前述の問題点を解決すべく大学における設計教育に関しいくつかの方法を試みたので、その実情について述べる。

2. 立体形状認識と力学の関わり

機械システムを構成する各部の部品形状はそれらの機能に合致するように適切な(敢て最適とは言わない)形を設定しなければならない。著者は、学生達が取り組む機械構造の設計において必要となるスケッチやイラストを陰影付で描かせている。任意の視点から見下ろす俯瞰的イラストは画法に関係なく自分の視野内を対象とするため、時間はかかるが

視点を変えれば様々な立体的表示が得られる。何故その形になるのかは、構造部品の用途に適合した機能的形状を創出する力学的原理に基づくことが前提となる。繰り返し使用されて、ある寸法内に納まるものは規格品があり設計者はその中から適切なものを選べばよいだけであるが、合理的な設計を目指すならば、既存のねじ一本にも力学上の疑問を持たなければならない。

精密なイラストを描くことは3次元CADの画像認識力を高めることにも繋がる。更に有限要素法の普及につれ種々の荷重による構造の変形やひずみが視覚化されると、余肉を削いだり肉不足を補強するという人間が進化の過程において獲得した骨格構造に近い形状設計が可能となる。

3. 北海道工業大学における設計教育⁽¹⁾

3.1 3次元CAD教育 本学の機械設計用3次元CADは、Aries/COMPAQ及びAutoCAD R12J, AME 2.1/PC-9821 Ap2 Mateの2種類であり、両者とも3年次後期の機械工学実験(160名)と4年次の卒業研究ゼミ(10~12名)に充当している。特に、3年の機械設計及製図IIIでは具体的な機械(ウインチや渦巻ポンプ)の設計製図を課するが、これに物足りない学生は設計ゼミに入り実際に機械を製作し作動試験等を試みたいという者も多い。図1は実験に供している3次元CADの課題の一部である。まず学生に立体図形創成の基本原則を講義した後、白紙に3軸(x,y,z)を定め、簡単な図形を3次元座標点として設定しイラストを描かせる。



図1 CAD実験における課題例

次いでコンピュータに向かい2人1組でデータを入力し、次第に所期の図形を形作っていく。一つの組が操作している間、他の半数(2~4組)は机上で形状をチェック、座標の間違い等を正し、残りの組は操作中の組の進行状態を観察する。これにより次に行う組は少なくとも前者の轍を踏む回数は減少する。後になるほど操作時間も短縮し、最初の組は1課題平均20~30分を要したのが、後の組では10~15分と半減した。ここでは、人のやり方をじっくり観察することも重要な教育方法であることを改めて認識させられるのである。

PC-98は図形処理専用でないため処理速度は遅いが、肝腎なことは処理時間ではなく出力内容の質である。多少時間をかけても設計者の意図が充たされれば時間は問題にならない。

3.2 RP技術によるCADからの実体成形

設計能力を飛躍的に高めるRP技術では、設計終了あるいは中間段階で設計者が短時間に直接実寸の立体を入手できる^{(1),(2)}。著者が学生に試みたのは光造形で、3次元物体をソリッドモデルとして構成した後、これを特定平面に平行な多数の薄層にスライスし2次元座標化して、更に個々の薄層毎に感光性液体樹脂表面に紫外線レーザーで断面形状を描画、硬化させ立体に積層していく方法である。これにより3次元形状は同一寸法、縮小、拡大いずれの尺度でも製作可能となり、設計終了後直ちに設計形状を評価できる。

3年のCAD実験では前述の製作原理の解説と実体の観察を行う。負荷の小さい機械構造部にはこの樹脂部品を直接使用できる場合もあるため、4年生の卒業研究では更に複雑な機械システムに対し挑戦する者が出てくる。特に動力伝達機構となる歯車系の自作は、歯車理論と力学の応用という点からも極めて有効である。一旦樹脂模型ができるとこれを基にインベストメント法を用いポリエチレン樹脂や金属材料により同寸の複製を作る⁽³⁾。しかし複雑な構造部品すべてに光造形を適用する訳ではなく、機械工作上困難な部位や設計変更が可能な部分、交換可能な部分等はこの方法が適している。

図2は4年生が設計製作した風車用遊星歯車増速機

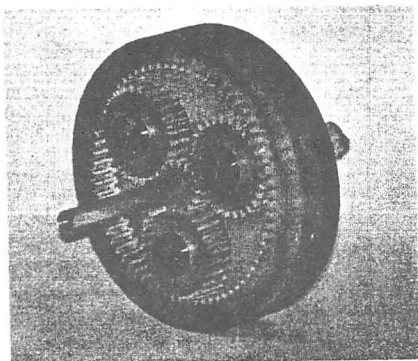


図2 遊星歯車増速機構の光造形模型

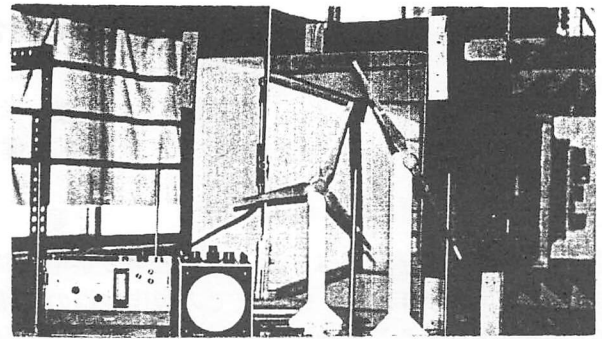


図3 風洞試験に供した光造形模型風車構の実寸模型である。装置は3D Systems社製のSLA-500で成形だけは外注である。図3は風車プロペラの風洞試験用光造形モデルである。流体工学的に極めて高精度の翼形状を要求されるため、実機の縮小モデルを作り風洞試験により風速や回転数と出力、トルクの関係を実測データとして採取し実機(翼径3m)製作に役立たせたものである。

4. 教育効果

悪戦苦闘の結果、学生自らが設計した構造部品が画面上に出ると驚嘆の眼差しで凝視し、達成感が実験室全体に漂うことは事実である。更に色彩や陰影により益々実物感が高まり、これが視野を変えてつきつぎに映し出されるとまさしく3次元CADに対する学習意欲は昂揚し、実物を自分の手で作ってみようという強い動機づけが芽生える。まさに教育とは学生に記憶に生々しく残るインパクトを与えることに尽きると言える。

CADシステムは1人1台が理想ではあるが、今まで4年間の経験ではむしろ2人1組の方が学習効果が高まることとなった。機械設計における3次元CADは力学の専門知識が裏付けとなるため、ワープロや数表計算に習熟していても、いざ設計ということになると初心者も同然となる。1人だけではどうしてもよいか分からずキーボードの前で立ち尽くす学生も、2人になると逆に連携プレーにより相互補完が促進される。更に他の多くの学生も注視しているため本人も真剣にならざるを得ない。

おわりに、教育の質はパソコンの台数によって決まるものではない。数が少ないとほやく前に利用率を上げ、結果を多くの目で評価する方が確実な効果が得られるものと考えられる。

文 献

- (1) 竹内(分執): シンセティックCAD-コンピュータ支援による設計製図の実際: 日本図学会シンセティックCAD編集委員会編, 培風館, 平成9年4月, pp.67-76.
- (2) 竹内 茂: 光造形の設計教育への応用, 日本設計工学会誌, 設計工学, Vol.31, No.12, 1996-12, pp.446-449.
- (3) 竹内, 鶴飼, 金, 増山: 光造形モデルの型設計に対する転写性能の評価, 日本機械学会第15回設計シンポジウム講演論文集, 1997年7月, pp.124-129.