

要 旨

北大工学部システム工学科では、昨年度よりミッドレンジ3次元CADを導入し、学生実験の1テーマとしてCAD教育を開始した。現在は、簡単な4節リンク機構のフィーチャベースモデリング、機構の運動シミュレーション、さらに製図の自動化などの教育に利用している。本報では、その課題内容、実施方法、導入効果等を報告する。

1. はじめに

北海道大学工学部システム工学科では、平成13年度よりミッドレンジ3次元CADシステムを導入し、学部生に対するCAD教育を開始した。この背景には、①本学科は情報系ではあるものの、卒業後、電気・自動車メーカー等で製品の設計開発に携わる学生も多く、業務上3次元CADの利用機会が多い事、②企業側が、採用選考時に学生のCAD利用経験を評価するケースが増えている事、③CADベンダー各社の教育機関向け低価格ライセンスが普及し、導入のための価格ハードルが下がった事、④CAD導入により実習型科目を魅力的にし、低学年に対する学科PR効果を狙いたい事、等が挙げられる。

本報では、本学科における3次元CAD教育の課題内容と実施方法、導入効果等について報告する。

2. 学科カリキュラムとCAD教育の位置付け

表1に、システム工学科カリキュラムにおける設計関連科目の概要を示す。本学科は情報・電子系に属しており、機械系学科では必須科目となる機械設計や機構学が無く、材料力学や機械製図も半期の一部程度しか行われていない。現在3次元CADの教育は、独立した科目でなく、3年生後期に実施される実験の1テーマとして実施されている。このため夫々の学生がCADに触れる時間は極めて少なく、機械系学科のCAD教育とは自ずと異なった内容に成らざるを得ない。

3. 設計課題と実施方法

3.1 設計課題作成上の考慮点

教材となる設計課題を下記の点に考慮し作成した。

- ① 短時間の受講ではあるが、CADの操作トレーニングだけに終わらせない工夫をする。
- ② 初心者でも操作が容易であり、かつ実際に企業で利用されているCADソフトウェアを用いる。
- ③ モデリングが短時間でできるよう、課題となる製品は、できる限り簡易な部品形状・構造のものとする。
- ④ 現代の3次元CADの特徴機能であるフィーチャベースモデリング、寸法パラメトリック修正、アセンブリモデリング等が学べる課題とする。
- ⑤ 3次元CADとシミュレーション・製図等との連携作業が容易であることを理解させる。
- ⑥ 「形状モデリング＝製品設計」という誤解を学

生に植え付けないよう、CADのみでは解決できない応用設計課題も実施する。

3.2 CADソフトウェア

CADソフトウェアとして、ミッドレンジ3次元CADのSolid Edge Ver9(UGS社製[1])を採用した。このCADは、ハイエンドCADに比べ安価であり、国内外の企業・教育機関への導入実績が比較的ある点、自由曲面設計を除きハイエンドCADと同等な機能(フィーチャ・アセンブリモデリング等)をもつ点、操作が容易な点、機構の運動シミュレータが付属している点、フリーウェア版で学生が自宅学習も行える点、などが特徴である。

3.3 4節リンク機構の設計

上述の制約を考慮し、設計課題として「4節リンク機構の機構設計と運動シミュレーション」を取り上げた。

4節リンク機構は、図1のように極めて単純な構造ではあるが、複雑な運動を生成する機構である。またAV機器や自動車、家庭内の機械・器具などにも良く応用されており、学生にとって身近な材料と言える。

4節リンク機構は、節長がGrashoff条件[2]を満たす時のみ、最短節が隣接節周りに 360° 回転運動可能となり意味のある機構が構成できる。また、静止節・原動節・従動節・中間節の変更により、図2のように異なる運動(てこクランク機構、両クランク機構、両てこ機構)が

表1 システム工学科 設計関連科目

| 開講期 | 科目名 | 単位数 | 内容 |
|------|-----------------|-----|---------------------------------|
| 2年後期 | 力学基礎論 | 2 | 材料力学(1部) |
| 3年前期 | 実験I | 3 | 引張・表面粗さ・硬さ試験(1部) |
| | 形状工学 | 2 | 形状モデリング基礎理論 |
| 3年後期 | 実験II | 2 | 3D-CAD(1部)、NC工作機械(1部) |
| | システム工学 設計・製図 | 2 | 電気自転車の分解・スケッチ、 機械製図、電気製図(手書) |

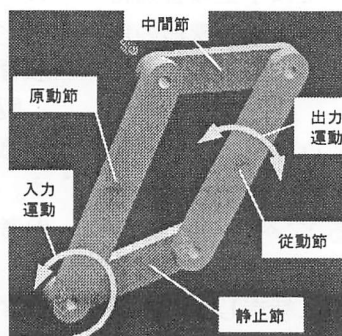


図1 4節リンク機構

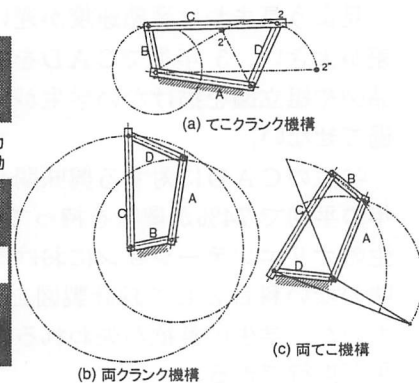


図2 機構の交替

生成される（機構の交替）．従ってリンク機構の設計では，従動節に望まれる運動から各節を適切な長さに定め，かつ静止節や原動節の選択を正しく行うことが，学生に要求される．

本設計課題の実施手順を図3に示す．課題は，以下の内容から構成される．

- ① 4節リンク機構の部品形状モデルとアセンブリモデルを，CADで作成する．
- ② 4節リンク機構のアセンブリモデルを運動シミュレータへ入力し，その機構の運動可能性を検証する．
- ③ 静止節の変更により，同一寸法のリンク機構が様々な種類の運動を生成できることをシミュレータにより確認する．
- ④ リンク機構の組立図を，アセンブリモデルから自動作成させる．
- ⑤ 設計仕様から，ワイパー駆動機構を4節リンク機構として設計し，運動シミュレータにより検証する．

リンク機構では，各節の外形状は本質的に機構運動には影響を与えない．従って部品形状は単純化でき，対偶素（円筒面）をフィーチャとするモデリングで部品モデルを容易に定義できる．また機構のアセンブリモデルも，各節の対偶素間に単純な幾何拘束（軸合わせ，面合わせ等）を指定するだけで構成できる．またCADと機構シミュレータの環境が統合されているため，アセンブリモデルの幾何拘束データが機構シミュレータ側に反映でき，静止節と原動節のみを選択すれば，運動をアニメーションで即座に確認できる（学生は，特に動きのあるものが好きである）．さらにアセンブリ状態で，各節長をパラメトリックに変更できるため，節長の変更に伴う機構運動の変化も即座に再評価できる．

3.4 ワイパー機構の設計

前節の課題に加え，「ワイパーユニット用4節リンク機構の設計」を応用課題として課している．これは図4のように，定められたワイパー揺動角度範囲・モータ位置・中間節の可動範囲といった制約条件のもと，モータとワイパー間を繋ぐ，てこクラック機構の原動節と中間節長を決定する課題である．多数の制約条件を同時に満たす節の長さは，手作業で試行錯誤的に設計することが実際上できない．そこでExcelのグラフ描画機能を用い，原動節・中間節長を各々xy軸とする平面上に，各条件を表す半空間をプロットし，その積空間から仕様を満たす節長を見つけ決定させている．この課題を通じ，CADとCAD以外のソフトウェア(Excel等)との連携が，設計時に必要となる事も理解させている．

4. 実施方法

本教育は，3年生後期の「システム工学実験 II」の1テーマとして，1グループ学生6～8名に対し，1回2時間半の実験2回分として実施している．学生用には，4台のPCを利用している．また実施時間が少ないため，手順に沿った詳細なCAD操作を記したマニュアルを配布し，指導側もPCプロジェクトでの操作デモンストレーションに即座に対応できるようにした．なお指導には，教官1名と，Teaching Assistant (TA)である大学院生2名があたっている．

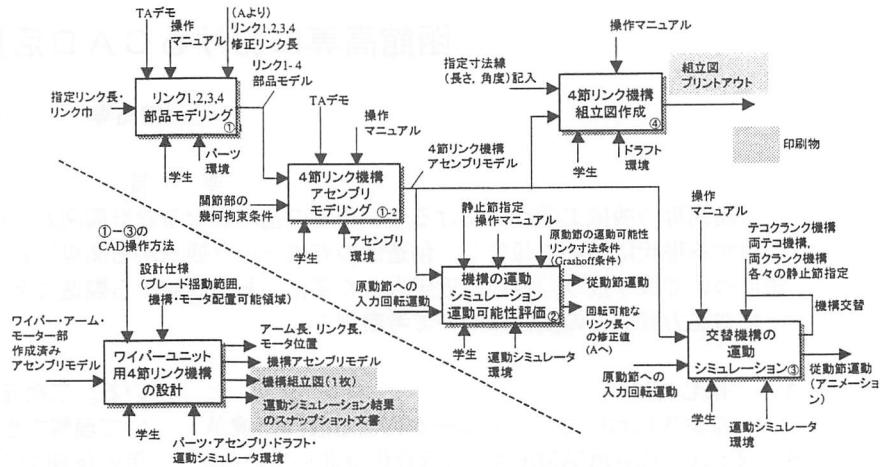


図3 3次元CADによる設計課題の実施手順 (IDEF-0)

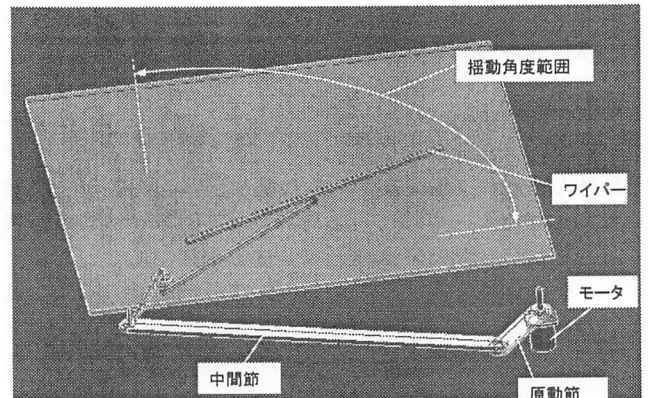


図4 3次元CADを利用したワイパー機構の設計

5. 導入効果および今後の課題

本CAD教育は実施間もないため，教育効果を明確に評価することは難しい．しかし，表2に示された受講後の調査結果では，教育内容に対し概ね肯定的な意見が多かった．また他の設計関連科目との連携を望む声も見られた．

今後の課題としては，3次元-CADの特徴的機能の活用（干渉チェック等），軸受等を含めた設計，CAEやRPとの連携が挙げられる．この実現には，新たに体系的な設計教育科目を導入することが必要であろう．

表2 CAD教育受講後の感想結果 (55名中)

| 感想項目 | 回答数 |
|--|-----|
| 設計におけるCADシステムの有用性が理解できた. | 18 |
| 予想していたより，CADの操作が容易であった. | 12 |
| 簡単ではあるが設計作業を体験でき有意義だった. | 10 |
| 機構シミュレーションまで可能であることに驚いた. | 9 |
| 製図の自動化まで可能であることに驚いた. | 5 |
| ・CADの操作と設計とは別物であることが判った. ・早い学年でこのような教育を行うことで，学生のモチベーションを高めることができると思う. | 各1 |

謝辞

本CAD教育用に，UGS社よりソフトウェアの無償提供を受けた．授業実施には，村井正俊（現：三菱電機）・大澤和哉 両大学院生の協力を得た．記して感謝する

参考文献

- [1] http://www.ugsolutions.co.jp/j_solide/se_f02.htm
- [2] 窪田雅男：機構学，森北出版，(1988)，pp.151-177.