

北九州高専—長岡技科大連携によるCAD/CAE教材の開発

入江 司・阿部 雅二郎⁽¹⁾・藤野 俊和⁽¹⁾・井上 昌信

Development of the CAD/CAE teaching materials by cooperation of the Kitakyushu National College of Technology and Nagaoka University of Technology

Tsukasa IRIE, Masajiro ABE, Toshikazu FUJINO and Masanobu INOUE

Abstract

In manufacturing industries, it is important to make low price products for short time with high quality. Companies aim at the optimization for the whole life cycle of the products from development to recycling. And concurrent engineering has been introduced. Therefore, CAD/CAE systems have been used in many universities and technical colleges. In this paper, structural analysis and mechanism analysis by CAE were conducted using CAD model. Since new teaching materials were developed by CAD and CAE, the teaching materials of a motorcycle transmission developed in collaboration with Nagaoka University of Technology are reported.

Key words: Mechanical design, Mechanical drawing, 3D-CAD, CAE, Optimization, Self-learning system

1. まえがき

製造業では、高品質で低価格の製品を短い納期で作り上げることが重要視され、開発から生産、販売、回収サイクルまでの製品ライフサイクル全般を対象とした「全体最適化」を目指す企業が増えてきており、コンカレント・エンジニアリングの導入が進んでいる。そのためにはコンピューター支援によるものづくりのデジタル化が必要であり、このような社会状況に合わせて、高専・大学の設計製図教育にもCAD/CAEが導入されるようになった^{(1)~(7)}。北九州高専では、2007年に「SolidWorks 2006-2007」（以後CADと称す）を導入したのを契機に設計製図教育に3D-CADによる製図教育を行っている。多くの模型部品や機械要素をCADによるモデリングと製図をしたものがCAD用サーバーにあり、学生が自学自習できるようになっている^{(8)~(9)}。さらに、CADによるモデルを活用してCAEによる構造解析や機構解析を行い、材料力学や機構学の補助教材を提供するようになった。ここでは、それらの補助教材とともに過去に長岡技術科学大学と共同して作成した「モータサイクル用トランスミッションの設計」のテキスト⁽¹⁰⁾を3D-CADによって作成するとともに、さらにCAEによる機構解析の教材の開発を行ったので報告する。

2. 授業アンケートによるCADの評価

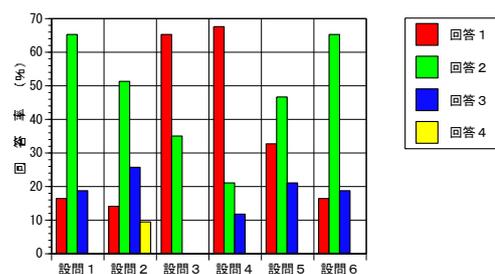
3D-CADを導入して4年経過したので、本科の3年生と4年生に3D-CADに関するアンケートを実施した。設問と回答を表1に、結果を図1に示す。

設問1の「あなたは製図が好きですか」に対し、4年生より3年生の方が製図に対する関心があるのは、3D-CADを低学年から導入したことが原因とも考えられる。

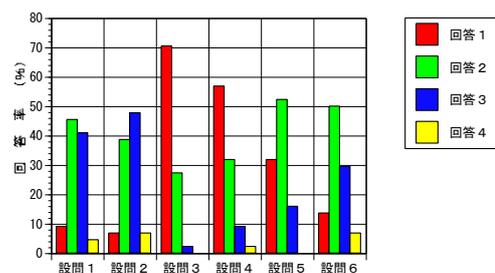
設問2の「手書きの製図は必要と思いますか」に対し、概ね手書き製図が必要と思っているが、設問1同様に低学年から3D-CADを導入したことにより3D-CADに関心があることがわかる。

表1. CADに対する授業アンケート内容

設問	内容	回答
設問1	あなたは製図が好きですか	1. おおいに好き
		2. やや好き
		3. あまり好きでない
		4. 全く好きでない
設問2	手書きの製図は必要と思いますか	1. 絶対必要
		2. やや必要
		3. あまり必要でない
		4. 全く必要でない
設問3	製図に3次元CADは必要と思いますか	1. 絶対必要
		2. やや必要
		3. あまり必要でない
		4. 全く必要でない
設問4	3次元CADはいつから始めたら良いと思いますか	1. 1年生から
		2. 2年生から
		3. 3年生から
		4. 4年生から
設問5	3次元CADは理解しやすいですか	1. 大いに理解しやすい
		2. やや理解しやすい
		3. あまり理解しにくい
		4. 全く理解しにくい
設問6	3次元CADをやって製図が以前より好きになりましたか	1. おおいに好きになった
		2. やや好きになった
		3. あまり変わらない
		4. 全く変わらない



(a) 3年生



(b) 4年生

図1. CADに対する授業アンケート結果

(1) 長岡技術科学大学

設問 3 の「製図に 3 次元 CAD は必要と思いますか」に対し、殆どの学生がその必要性を感じている。

設問 4 の「3 次元 CAD はいつから始めたら良いと思いますか」に対し、3 年生、4 年生とも 1 学年という低学年で 3D-CAD の経験が必要と感じている。

設問 5 の「3 次元 CAD は理解しやすいですか」に対し、概ね理解しやすいと解答しているが、これは、3D-CAD の基本的操作方法を習得すれば、ディスプレイ上に立体的に機械部品が表現できて、視覚的に理解しやすいためと思われる。

設問 6 の「3 次元 CAD をやって製図が以前より好きになりましたか」に対し、多くの学生が 3D-CAD に接して、製図に関する興味を持つようになったと思われる。

このアンケートにより、3D-CAD を高専の製図教育に導入することにより、学生が製図教育に以前より関心を示すようになったと言える。

基礎となる手書きのスケッチならびに手書きの製図が大事であるが、低学年より 3D-CAD に触れさせ、物作りの基本である設計製図に学生が関心を持たせることが大事と思える。

3. CAD/CAE の活用

CAD により部品および機械のモデリングを行い、さらに CAE 機能を活用して、機械工学の基礎科目の理解を深めるための教材の開発を行った。以下に材料力学、機構学のための補助教材の一例を示す。

(1) 応力集中

図 2 に平板の中央に穴があいた典型的な応力集中の解析結果を示す。応力分布、ひずみが可視化され理論値との比較で解析の妥当性が確認できる。

(2) カム

図 3 に円板カムの機構解析を示す。この場合は円板のリフトの半分の量を偏心させて回転することによって実現できる。円板カムが回転することにより、従動節が上下に運動する。図 4 に CAE 機能により求めた従動節の変位線図、速度線図および加速度線図を示す。理論線図と比較することにより、より内容の理解が深まる。

(3) スライダクランク機構

図 5 にスライダクランク機構の機構解析を示す。クランクが回転することにより、中間リンクをかいして、スライダが運動する。図 6 に CAE 機能により求めたスライダの変位線図、速度線図および加速度線図を示す。

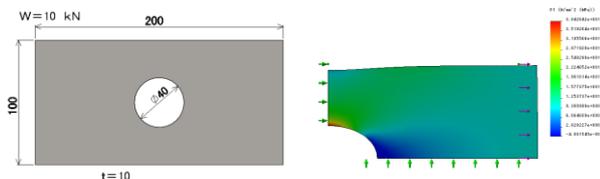


図 2. 円板カムの変位線図、速度線図および加速度線図

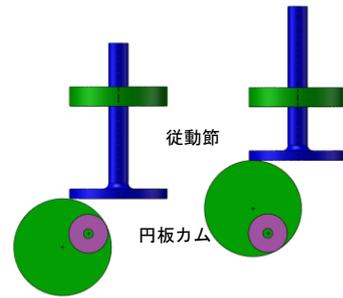


図 3. 円板カムの機構解析モデル

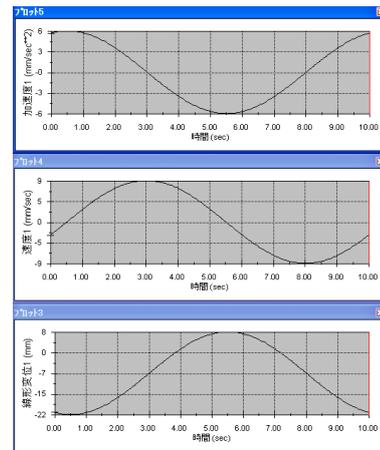


図 4. 円板カムの変位線図、速度線図および加速度線図

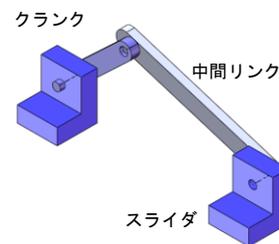


図 5. スライダクランク機構の機構解析モデル

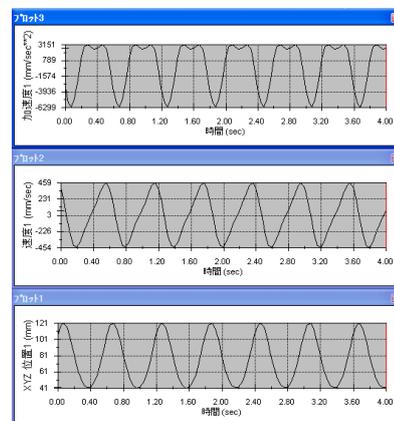


図 6. スライダクランク機構の変位線図、速度線図および加速度線図

4. モーターサイクル用トランスミッションの設計

筆者らは、設計製図の教材として「モータサイクル用トランスミッションの設計」を提供している⁽¹⁰⁾。表 2 に設計仕様、表 3 に設計後の最終仕様を示す。

ここでは、CAD により部品および機械のモデリングを行い、さらに CAE 機能を活用して、トランスミッションの構造や運動を理解するための教材を開発した。図 7 に CAD によるモデリングした主要部品を示す。

表 2. モータサイクル用トランスミッションの設計仕様

項目	記号	値	備考
総質量	m	140kg	定員 1 名を含む
タイヤ外半径	r_t	300mm	2.25-17 38L
最高走行速度	v_{max}	55km/h	
最高出力/回転数	L_{max}/n	5kW / 6500rpm	
登坂能力	$\tan \theta_g$	0.35	

表 3. トランスミッションの最終仕様

形式		常時かみ合い式	
メインシャフト		スプライン軸 6×13×16 材質 SNC631	
カウンタシャフト		スプライン軸 6×13×16 材質 SNC631	
減速比	歯車 モジュール 2 材質 SNC815	1 速	3.214 歯数 45:14
		2 速	1.810 歯数 38:21
		3 速	0.967 歯数 29:30
軸受		単列深溝玉軸受 6001, 6002	

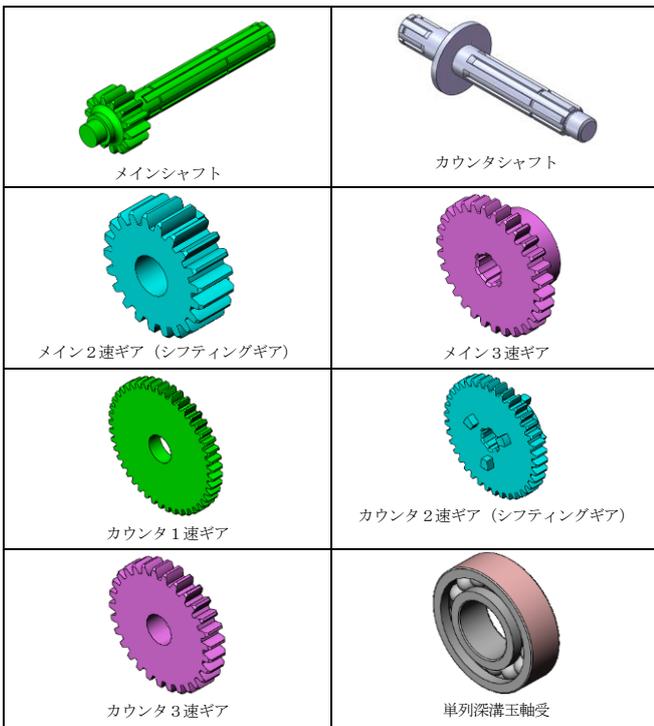


図 7. モータサイクル用トランスミッションの主要部品

図 8 にエンジン、クランクおよび第一次減速機構を含んだモータサイクル用トランスミッションの CAD によるアセンブリを示す。図 9 から図 12 は、ニュートラル、1 速、2 速および 3 速の状態でのギアの配置を示す。

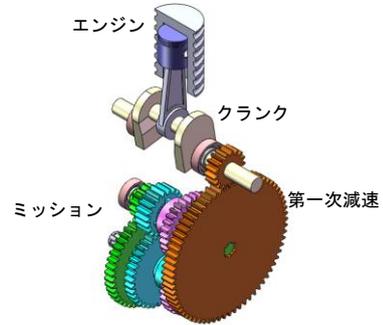


図 8. モータサイクル用トランスミッションの CAD

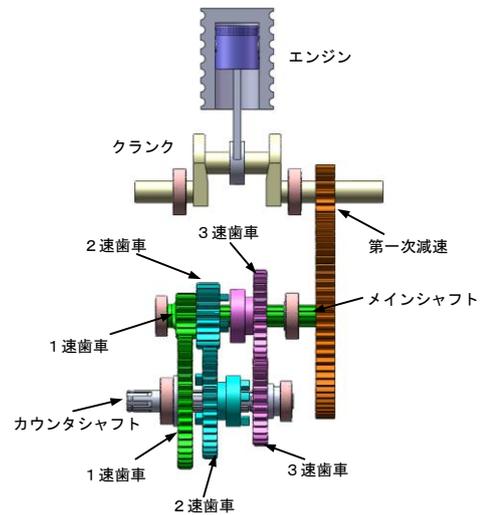


図 9. ニュートラルの状態

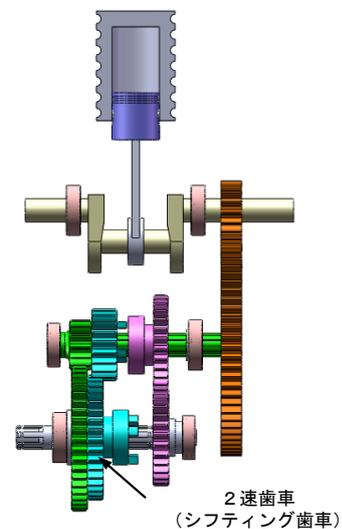


図 10. 1 速の状態

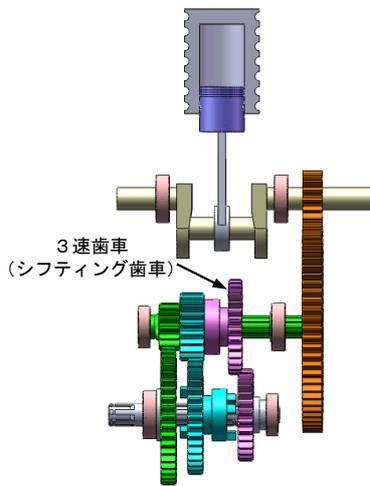


図 11. 2 速の状態

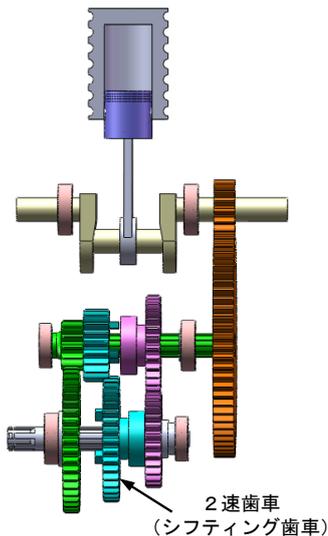


図 12. 3 速の状態

ニュートラルは、シフティングギアが他のギアに噛み合っていないために、全てのギアは空回りの状態となり、カウンタシャフトに動力は伝達されない。1 速の状態は、カウンタシャフトのシフティングギアがカウンタ 1 速に噛み合うことで、動力が伝達される。2 速の状態は、メインシャフトのシフティングギアがメイン 2 速ギアに噛み合うことで、動力が伝達される。同様に 3 速の状態は、カウンタシャフトのシフティングギアがカウンタ 3 速ギアに噛み合うことで、動力が伝達される。

機構解析を行うためには、クランク軸、メインシャフトおよびカウンタシャフトを支持している玉軸受およびエンジンのシリンダを固定する。クランク軸に任意の回転数を与えて機構解析を行うと、ニュートラル（回転は伝わらない）、1 速、2 速および 3 速の状態でのクランクシャフトの回転数を求めることができる。

5. まとめ

CAD によるモデルを活用して CAE による構造解析や機構解析を行い、材料力学や機構学の補助教材を提供した。また、長岡技術科学大学と共同して「モータサイクル用トランスミッションの設計」を 3D-CAD によって作成するとともに、さらに CAE による機構解析の教材の開発を行った。

この教材を利用することにより、設計製図だけでなくほかの専門基礎科目の理解の助けになるものと思える。

文献

- (1) 浅尾晃通・ほか 5 名：三次元 CAD/CAM/DNC 導入における教育・研究事例と今後の展望，論文集「高専教育」，第 28 号，pp. 203-208，(2005)
- (2) 石塚和則・ほか 2 名：3 次元 CAD 教育と連携する CAM 実習教育の実践，論文集「高専教育」，第 30 号，pp. 257-262，(2007)
- (3) 大石哲男・ほか 5 名：設計製図の授業を活用したものづくり教育の取り組みとその評価について，論文集「高専教育」，第 32 号，pp. 327-332，(2009)
- (4) 北條恵司：高専における機械設計製図教育に関する提案，論文集「高専教育」，第 31 号，pp. 13-17，(2008)
- (5) 北條恵司：機械製図教育における 3 次元 CAD 実習課題と評価の方法，論文集「高専教育」，第 33 号，pp. 347-351，(2010)
- (6) 多田博夫・ほか 3 名：3 次元 CAD から始める製図教育，論文集「高専教育」，第 33 号，pp. 185-190，(2010)
- (7) 富永学：茨城高専機械システム工学科における CAD 教育の取り組み，論文集「高専教育」，第 33 号，pp. 73-77，(2010)
- (8) 入江司・ほか 4 名：設計製図教育における自学自習のための教材の開発，北九州高専研究報告，第 44 号，pp. 9-13，(2011)
- (9) 入江司・ほか 7 名：北九州高専機械工学科における設計製図教育の変遷と今後の展開，論文集「高専教育」，第 25 号，pp. 347-351，(2002)
- (10) 伊藤廣編著：基礎からのマシンデザイン，pp. 88-126，森北出版，(1999)

(2011 年 11 月 7 日 受理)