N-017

車メカニズムのアセンブリと動作実現を題材とした３次元 CAD と機構解析 CAE の連携学習実験

Learning of Car-Mechanism using Virtual Manufacturing Environment with 3D-CAD and CAE

山中 友貴† 藤本 光志†† 棚橋 純一‡
Tomoki Yamanaka Kouji Fujimoto Jun-ichi Tanahashi

１．はじめに

３次元 CAD は，多くのものつくり産業において立体形状作成に必要不可欠な道具であり，それを活用できる人材育成が強く望まれている．さらに最近では形状作成だけではなく，機能も設計段階でチェックできる人材育成も要求されるようになってきた．

この要求に応えるには，３次元 CAD による形状作成の学習と並行して，CAE と呼ばれるソフトウェアを活用した機能解析の教育学習も必要である．

３次元 CAD の学習については，従来から学生一人一人が独立的に利用できる環境構築が，コスト的に実現可能であったが，CAE ソフトウェアはコストが極めて高く，思うような学習環境がなかなか実現できなかった．

しかし最近になって，３次元 CAD の導入コストで 両者を連携して使用できる利用環境が提供され始めた．この新しい利用環境を活用すれば，たとえばアセンブリ学習と機構動作学習が統一的にできるので，学習効果が高まることが期待される．

それを検証するために，車の代表的なメカニズムを題材とし，CAD によるアセンブリと，CAE によるメカニズムのシミュレーションを連携させて製作学習する実験を試みた．

その結果，新しい連携利用環境の活用は，CAD および CAE 技術の修得と車メカニズムの学習の両方に良い効果を得ることが確認できた．本稿ではこれらの結果を報告する．

２．実験構想

2.1 題材の選定

CAD と CAE の連携学習実験を行うにあたり，まず題材選定が重要と考えた．CAD で形を作り，CAE でその働きをチェックするわけであるが，両方の機能を効果的に学習できる題材として車メカニズム，特に基本メカニズムである「エンジン」「トランスミッション」「ステアリング」の３つを取り上げることにした．

これらは図１のように，車メカニズムという統一的題材のもとで系統的な学習がしやすい．また，いろいろな動きも扱えるので，興味ももちやすく，CAD と CAE の連携学習に適切な題材だと考えた．

† 中京大学情報科学部メディア科学科
†† 株式会社インクスエンジニアリング
‡ 中京大学情報理工学部情報メディア工学科

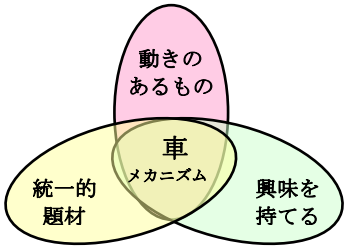


図１　題材としての条件

2.2 連携学習の流れ

今回の連携学習実験では図２に示すような流れで行うのが良いと考えた．

ステップ１では，紙上学習でメカニズムの構造と動きを調べ，「どのような部品がどのような動きをし，どのような効果をもたらすのか」ということを考え整理する．CAD・CAE を利用する前にまず頭の中に車メカニズムのイメージを固めることが重要と考え，このステップを設けた．

ステップ２では，ステップ１でイメージした構造を，実際に CAD を利用しモデリングする．必要な部品を作成後，組立作業（アセンブリ）を行う．必要に応じて動きを想像しつつ，合致拘束の条件も入力する．

ステップ３では，CAE を利用し動作シミュレーション解析を行なう．ステップ２で作成したモデルがステップ１でイメージしたように動くかを検証する．

ここまでで不具合があればステップ２に戻り，モデルを修正し，ステップ３で再確認する．満足ゆくまでこれを繰り返す．

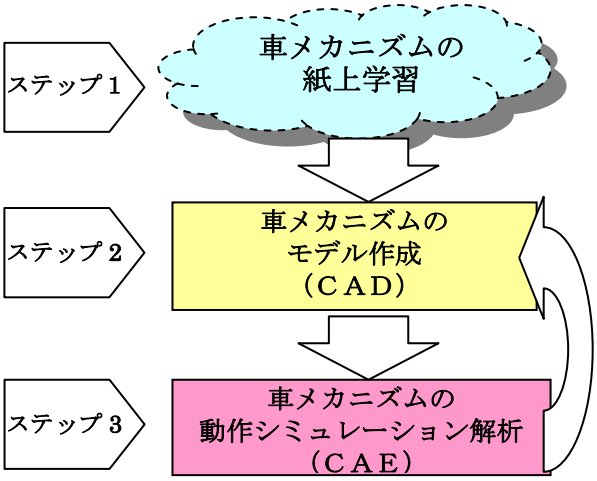


図２　連携学習実験の流れ

３． 車メカニズムを題材した連携学習実験

実際に３種類の車メカニズムを作成題材とし，CAD と CAE の連携学習実験を行った．以下，題材毎に連携学習実験結果を述べる．

3.1 エンジンを題材とした連携学習実験

ステップ１　エンジンの紙上学習

エンジンは直線運動を行う「ピストン」，直線運動を回転運動に変換する「クランク」，ピストンとクランクをつなぐ「コンロッド」などで構成される．ピストンの下降が，コンロッドを押し出し，それに伴いクランクが回転することを学んだ．さらに，クランクは慣性で元の位置に戻り，その時コンロッドを押し出すことで，ピストンを持ち上げるということも理解し，エンジンの機構がイメージできるようにした．

ステップ２　エンジンの CAD モデル作成

まず，エンジンの動きの始まりになる「ピストン」を作成した．続いて，回転運動をする「クランク」と接続用の「コンロッド」も作成した．最後に作成した CAD モデルの部品を図３のようにアセンブリして完成させた．

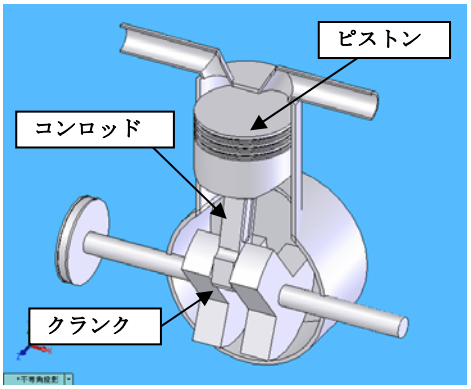


図３　エンジンの CAD モデル

ステップ３　エンジンの CAE 動作シミュレーション

CAE 動作シミュレーションにより作成した CAD モデルがイメージ通りの動作をするか確認実験を行った．その結果，ステップ１での紙上学習通り，ピストンが降下することでコンロッドが押し出され，クランクが回転した．さらに慣性によって元の位置まで戻り，ピストンは上昇することがビジュアル的に確認され，エンジン動作の理解が深まった．（図４）

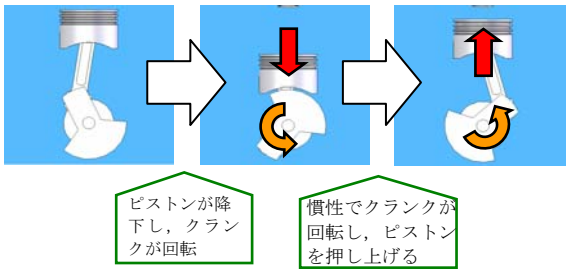


図４　エンジンの CAE 動作シミュレーション

3.2 トランスミッションを題材とした連携学習実験

ステップ１　トランスミッションの紙上学習

トランスミッションは，複数のギアの組み合わせを切り替える機構である．ギアの大きさや掛け合わせで，回転速度や駆動力を変更することを，紙上学習で理解しその機構をイメージできるようにした．

ステップ２　トランスミッションの CAD モデル作成

ステップ１の理解に基づき，直径の違う数種類の「ギア」を作成した．さらにギアを支える「シャフト」，シャフトとギアをつなぐ「クラッチギア」を作成した．次にギアの組み合わせを考えてアセンブリを行い，図５の CAD モデルを完成させた．

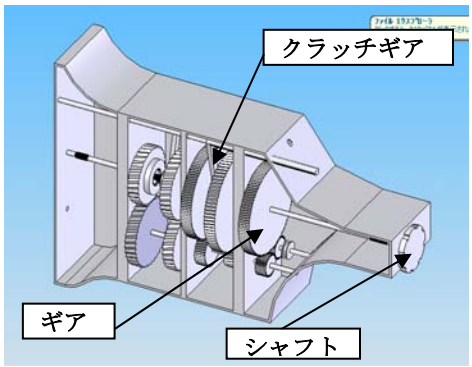


図５　トランスミッションの CAD モデル

CAD モデルにおけるギアの組み合わせは，図６に示すように「低速」「中速」「高速」および「後退」の４通りを選択できるように構成した．

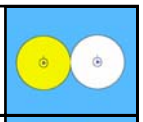
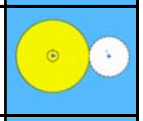
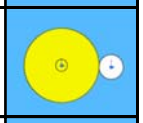
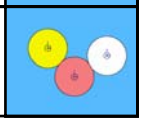
《低速：力大》 回転数・力量ともに同じ様に伝達 （発進時に有効）	
《中速：力中》 回転数は２倍だが，力は半減 （加速時に有効）	
《高速：力小》 回転数は３倍で，力は３分の１ （高速時に有効）	
《後退：力大》 後退は，もうひとつギアを組み合わせる （後進時は力が必要）	

図６　作成トランスミッションのギア組み合わせ

ステップ３　トランスミッションの CAE 動作シミュレーション

CAE 動作シミュレーションにより，すべてのパターンでの動作確認を行った．紙上学習の通り，ギアの大きさや掛け合わせで，回転速度や駆動力を変更することが確認できた．また，後進のときは，新たにもうひとつのギアを組み込むことで逆回転になることも確認でき，理解が深まった．

3.3　ステアリングを題材とした連携学習実験

ステップ１　ステアリングの紙上学習

ステアリングは，「ハンドル」から送られてくる回転運動を，「タイロッド」の直線運動に変換し，車の方向変換を行う機構で，ハンドルを左右に回転させることで，ラックギアも左右に動きタイヤの向きが変わることを理解しイメージできるようにした．

ステップ２　ステアリングの CAD モデル作成

ステアリングを構成するパーツとして，回転運動を加える「ハンドル」，その運動を伝達する「シャフト」，回転運動を直線運動に変換する「ピニオンギア」，「ラックギア」とタイヤをつなぐ「タイロッド」を CAD で作成した．さらに，「タイヤ」は固定点と可動点があり，タイロッドが可動点に作用することでダイヤの向きを変えることができるように構成した．最終的にアセンブリした結果を図７に示す．

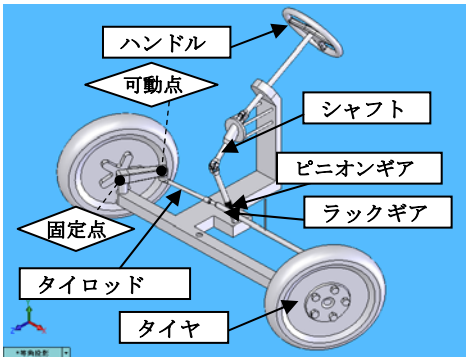


図７　ステアリングの CAD モデル

ステップ３　ステアリングの CAE 動作シミュレーション

CAE 動作シミュレーションにより，作成したステアリング構造がイメージ通り動くか確認した．ハンドルからの回転運動がシャフトに伝わり，ピニオンギアとラックギアを動かす．さらに，ラックギアの動きに合わせタイロッドも左右に動き，タイヤの可動点が固定点を中心に弧を描きながら方向を変えることを確認し，ステアリング構造の理解が深まった．

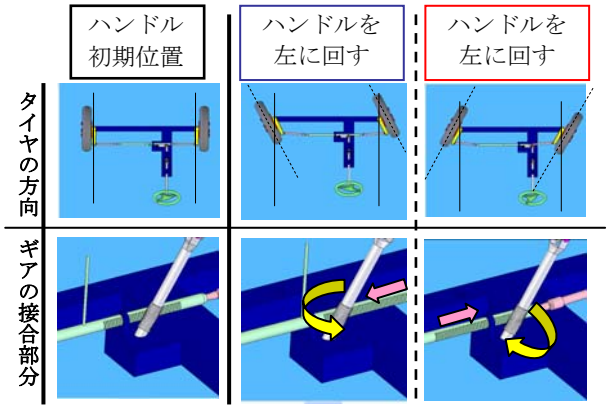


図８　ハンドル回転時の CAE 動作シミュレーション

４．連携学習実験で確認できた効果

車メカニズムを題材として，CAD と CAE が連携活用できる環境で，今回学習実験を行った．確認できた主な効果は次の通りである．

(1) CAD と CAE の連携学習の効果

CAD で自らモデルを作り，CAE で自ら動かしてみるという連携学習により，ビジュアルに結果がフィードバックされ，良い効果が得られることが実感できた．

(2) 紙上学習を含めた３ステップ学習の効果

今回の学習実験では紙上学習も含めた「３ステップ」学習を提案し実行した．

まず，紙上学習によって構造と動きをイメージさせた後，CAD でモデル化し，CAE で動作シミュレーションさせることにした．このように，すぐに CAD・CAE の作業に取り掛かるのではなく，あらかじめ紙上学習で頭の中に車メカニズムのイメージを持たせるようにしたことで，初期の段階で想像力を働かせることになり，大きな効果があった．

(3)「車メカニズム」を題材にした効果

今回取り上げた車メカニズム，特にエンジン，トランスミッション，ステアリングの３点セットは機構の基本であり，機械的構造と動きの系統的な学習に効果があった．

５．おわりに

３次元 CAD と機構解析 CAE の連携活用が機構学習によい効果を与えることを「車メカニズム」を題材として学習実験で確かめることができた．さらにその前段階としての紙上学習の効果も確認できた．ただし今回の実験では CAD によるモデル化が重点となり，CAE による解析はビジュアルが中心で不十分であった．今後，CAE 部分での学習を充実させてゆきたい．

謝辞

本研究の実施にあたり，車メカニズムの調査と CAD・CAE 連携学習実験では研究室のメンバーの多大な協力を得た．ここに厚く感謝する．

参考文献

[1] 青山元男：“カー・メカニズム・マニュアル[ベーシック編]”，ナツメ社，2005 年 10 月 15 日

[2] 藤本光志：“CAD・CAE（機構解析）連携による車メカニズムの学習支援”，2006 年度中京大学情報科学部卒業論文，2007 年 1 月．