

第6章 3次元CADと機構解析システムの操作（基礎）

第6章 3次元CADと機構解析システムの操作（基礎）

第1節 CAD設計の概要とモデリングの基礎

1-1 製造業における3次元CADの位置付け

近年、コンピュータ技術の飛躍的な発展により、生産の自動化やサイクルタイムの短縮が現実化してきている。2次元の図面も含めれば今やCADの導入は至上の急務である。従来CAMはCADとは別に発展し、NCテープより生産ラインの自動化を担っていた。そして最近では、3次元のデータベースを共有することにより、CAD/CAMとして3次元設計したものを直接製作し、CAD/CAM/CAE/CATとモデル化、設計、製作、評価と一連の設計プロセスをデジタル化して行ない、平行作業（コンカレントエンジニアリング；Concurrent Engineering、CE）をすることにより更なる効率化を図る例も増えてきている。さらには、設計プロセスだけに止まらず、マーケティング、生産管理、在庫管理、財務管理などをデジタルデータを基に統合化して、自動化や最適化を行なうCIMにまで発展してきている。

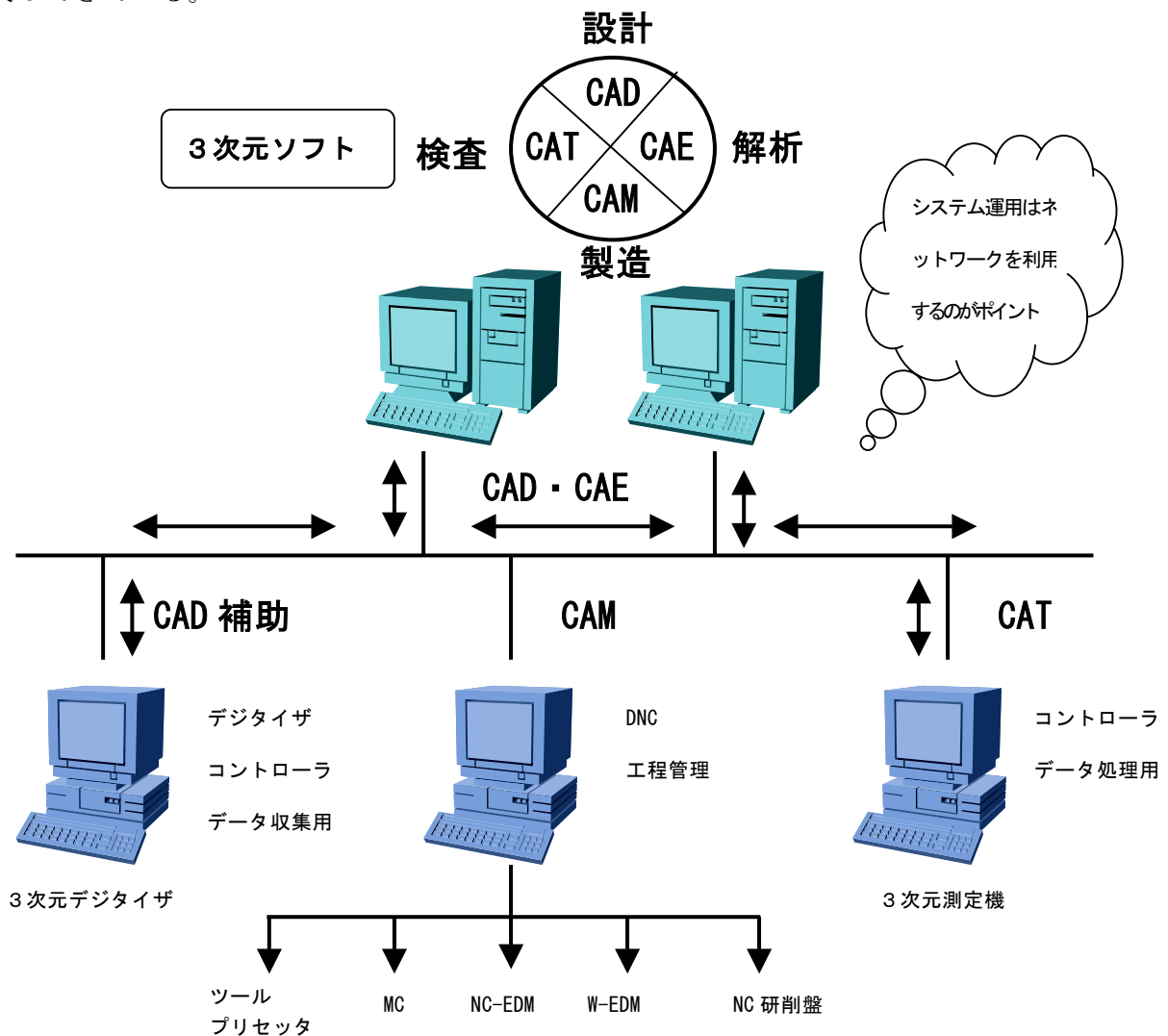


図6-1 3次元CAD/CAM/CAE/CATシステムの構造

1-2 CAD(Computer Aided Design)の歴史

1960年代、米国のMIT(Massachusetts Institute Technology：マサチューセッツ工科大)の研究から始まったとされている。当時はブラウン管上にペンライトでポインティングする入力仕様であった。その後、米国ロッキード社が航空機設計用にCAD開発を先行し、それをIBM(Industrial Business Machines:アイ・ビー・エム)がCADAM(Computer Aided Design and Manufacturing)として商用化し世界に広がった。しかし、まだ2次元のワイヤフレームを描画する図化機能に止まる範囲だった。

1970年代に入ると、ワイヤフレームからサーフェスモデル形状データが開発され、中身の詰まったソリッドモデル形状データが研究実用化された。1980年代初頭にはソリッドモデラーベースの3次元CADも出始めるが、当時の貧弱なコンピュータパワーでは研究の成果を確認するのがやっとの状態で、実用の域に達するものではなかった。

1980年代の半ばを過ぎると、今までは汎用機上で動いていたCADが、EWS(Engineering Work Station)上にダウンサイズされ、ハードの機能向上と大手自動車、航空機メーカーを中心とした3次元CADへの要望により高機能、高価格のCADが出現してきた。2次元CADに替わる、新しい設計ツールを待ち焦がれていた大手製造業メーカーは3次元CADの導入を促進し、設計改革へのチャレンジを始めた。この頃、出現したI-DEAS, CATIA, Pro/Engineer, Unigraphicsなどは現在でも広く使われている。しかし、上記の3次元CADは価格的に非常に高価で機能も多く習熟が大変なこともあり一般の中小企業では普及せず、相変わらず2次元CADで設計製図作業をしているところが大半であった。

1990年代に入ると、コンピュータは驚異的にその処理速度を増し、ハードはEWSからPCへ、OSはUnixからWindowsへとダウンサイズが進み、それに合わせるように、Windows上で開発された新しい概念のフィーチャーベースの3次元CADが登場した。これらはミッドレンジCADと呼ばれ、使いやすさと低価格なことから、今まで2次元CADまでしか導入できなかった企業が一斉に3次元化へと動き始めた。また、ミッドレンジCADと連携するCAEツールも後を追うように成長し真の設計ツールとして進化し始めた。

2000年代に入った今、CADの模索の期間は既に終わり、導入したCADの機能・能力が高機能かどうかというよりは、それぞれの企業がいかに自分たちの設計の生産性向上や、設計品質の向上にそのCADを結び付けられるかが課題となっている。特にコンカレント設計や、CAEツールを用いた設計品質向上でいかにCAD活用を行なえるかが問われる時代に入ってきた。

1-3 製造工程における3次元CADの役割

製造工程において、3次元CADは主に「部品の形状作成」、「部品の組み立て作業」、「製品の概観チェック」の用途で使用される。最近のCADはこれらの作業を同一のCAD内で行えるものがほとんどで、必要に応じて使い分けをしている。以下に用途別の作業内容を示す。

<部品の形状作成>

部品のモデリング形状の作成を行う。3次元CADのグラフィック上で部品形状の座標入力、形状輪郭線の作成、曲線の制御、曲率のチェック、曲面作成、曲面のトリム、フィレット面作成等を行う。オペレーションとしてはグラフィックに向かってマウスやキーボード入力で操作し、回転・ズーム・パニングなどを行いながら3次的に形状を作成する。形状の数値データがあればそれを取り込んでそのまま利用することも可能である。

<部品の組み立て作業>

部品の組み立て（アセンブリ）を行う。部品間に拘束条件を与えることにより1つの製品に仕上げる。モジュール単位に組み立てることによって、機能別に製品を管理することが可能である。部品の組み立てにおいては、部品同士の干渉がないかを確認しながら進める。最近のCADでは部品を動かしながら干渉チェックを行うことも可能である。干渉が見られた場合は部品形状に戻り寸法変更等を行い、再度組み立てを行う。

<製品の概観チェック>

製品の外観チェックを行う。パーツ毎に色を決定するが、その際シェーディング、ハイライトによって製品の見え方や光の当たり方などを確認する。また、製品のバランスなども確認する。

最近のCADは簡単な構造解析ツール、機構解析ツールなどが搭載されているものも多く、上記作業と併用して行うことも可能である。

1-4 モデリングの基礎

ここでは、「第6章3節 3次元CADシステムの基本演習」に先立ち、3次元CADにおける「形状モデルの種類」、「モデリング手法」の概要について述べる。

(1) 形状モデルの種類

<ワイヤーフレーム>

3次元空間の稜線と頂点によって立体の形状を表現する方法。面という概念がないので隠れ線処理や隠れ面処理を行うことが出来ない。シェーディング表示も出来ない。

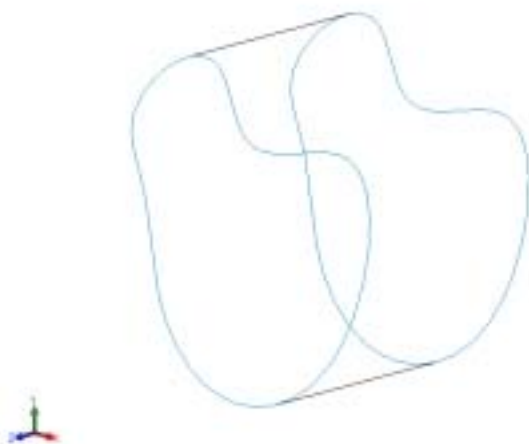


図6-2 ワイヤーフレームモデル

<サーフェスモデル>

面同士をそれらの境界を構成する稜線列で張り合わせた立体によって形状を表現する方法(ワイヤーフレームモデルに面を貼ったようなもの)。面情報を持つことで曲面加工への応用や断面図作成や相貫線作成、レンダリング処理による意匠設計への応用など、適用範囲の広いモデルとなる。

しかし、個々の面は定義されているが、隣接する面同士にはなんら情報を持っていないのでコンピュータのディスプレイ上で隣接するよう見えても、コンピュータ内のメモリにあるデータとしては遠く離れている場合があり、隣接面を探し出し交線などを計算するのに時間がかかる場合がある。サーフェスモデルでは工業製品の形状を“より美しく、より滑らか”に表現するための研究が多数行われた。これらの曲面は球面や円柱面、楕円体面、円錐面などの2次曲面などに対し「自由曲面」と呼ばれている。

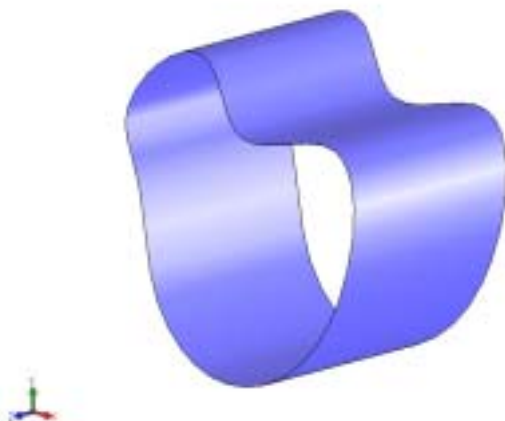


図6-3 サーフェイスモデル

<ソリッドモデル>

サーフェスモデルは中身が空洞であるのに対して、ソリッドモデルは中身があるモデルと言える。“中身がある”とは具体的には位相情報を持っていることなる（位相情報とは曲面や稜線の間関係情報）。サーフェスモデルでは隣接している面の間に関係がないが、ソリッドモデルでは隣接している面の情報を保持しているため、隣接面間にある稜線を共有することが出来、マスプロパティ計算、部品間の干渉チェック、有限要素法のための解析データの作成など、サーフェスモデルでは難しかった計算を簡単に行うことができる。最近の3次元CADはサーフェスの機能が大幅に向上したために自由曲面を組み込んだモデリングが簡単に出来るようになった。

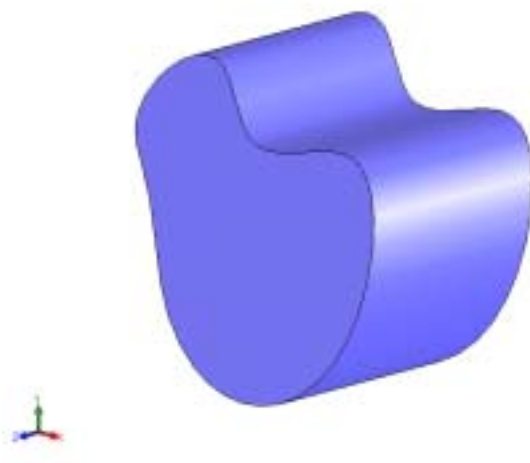


図6-4 ソリッドモデル

(2) モデリング手法

<パラメトリックモデリング>

パラメトリックモデリングは寸法駆動によるモデリングでコンピュータ内部に最終形状だけでなく、形状を制約する条件も保持し、CAD システム自身がその条件を満たす形状を再構築する機能を備えることで、モデルの形状変更柔軟に対応していくモデリング手法である。寸法によって拘束されるものは形状そのものの大きさ（サイズ）と3次元ソリッド形状間における位置関係（アセンブリ）がある。そのため、寸法値を変更するだけで、それに応じた形状や配置位置に自動的にモデルは変更される。プリミティブ的な形状の操作やアセンブリ操作を主に行うような場合、パラメトリックモデリングはとても大きな効果を発揮する。一方、自由曲面の滑らかさの変更などのように感覚的な編集を行うような場合には上手く機能しない。

□非手順型パラメトリック

形状をラフに定義し、これを制約する条件を後付けする方式。システムはユーザが与えた条件をモデリングの手順とは関係なく、独立に解いて、条件を満たす形状を生成する。スケッチ（断面形状）に寸法拘束や幾何拘束を追加する機能はこの方式が主流である。「Variational Design」と呼ばれている。

□手順型パラメトリック

設計者のモデリングの手順を記憶し、再実行機能により形状の再生成を行う方式。「History Based Parametric」と呼ばれている。

<フィーチャーモデリング>

フィーチャーとは形状特徴という意味で穴、リブ、ボス、フィレットなどの特徴を持つ形状要素の情報とその形状の位置、寸法などの属性情報を指す。つまり、3次元ソリッドモデルを数学的な形状だけで見るのではなく、「モデルが持つ意味も考えていこう」という手法である。例えば、円柱は単なる半径 r 、高さ h の幾何形状としてみるだけでなく、その形状が存在する意味、“突起”または“穴”といった情報もデータとして保持する。そのフィーチャー情報により CAD システムは CAD オペレータの意図を理解し、指示を待つことなく処理を予測して実行することが出来る。例えば、穴であるならば CAD システムは自動でプール差演算を行い、演算前のモデルに穴形状を作成することが出来る。

以下に主なフィーチャーを説明する。

表6-1 フィーチャー種別

	フィーチャー	説明
(ア)	押し出し	2次元断面を押し出すことによりソリッドを作成する。
(イ)	カット	押し出しと同様の方法により、逆に不要な部分を切り取る。
(ウ)	回転	中心線を軸として2次元断面を回転しベースまたはボスを作成する。
(エ)	スイープ	パスに沿って2次元断面を移動することによりソリッドを作成する。
(オ)	ロフト	複数の輪郭を結合してソリッドを作成する。
(カ)	フィレット（丸め）	フィレット面を作成する。
(キ)	チャンファ（面取り）	切り取り面を作成する。
(ク)	リブ	補強板を作成する。

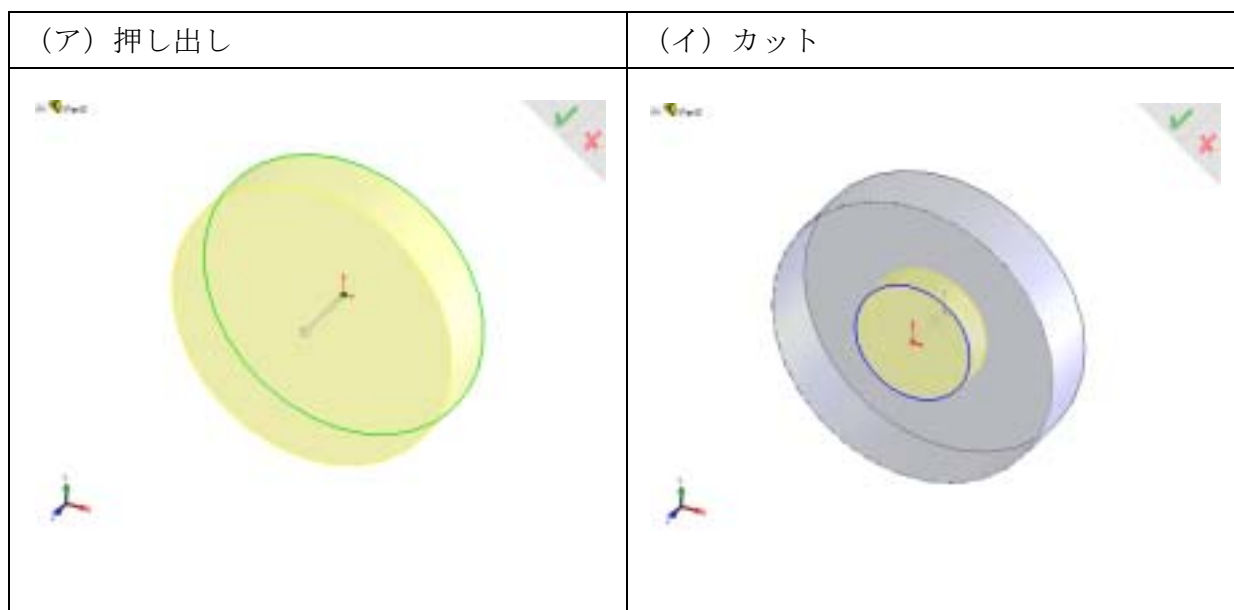


図6-5 フィーチャー

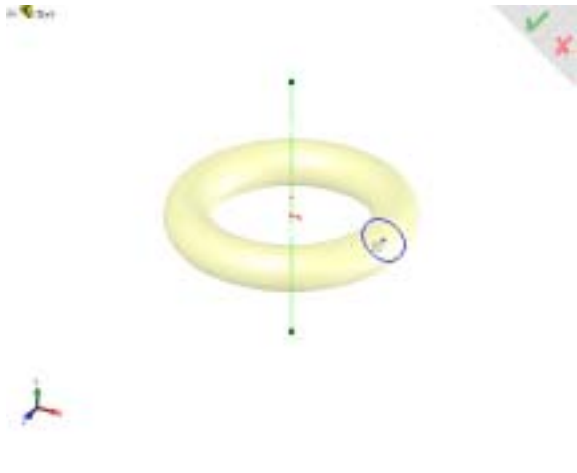
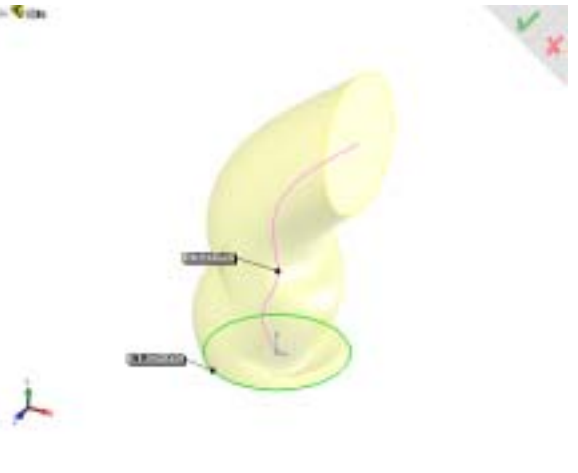

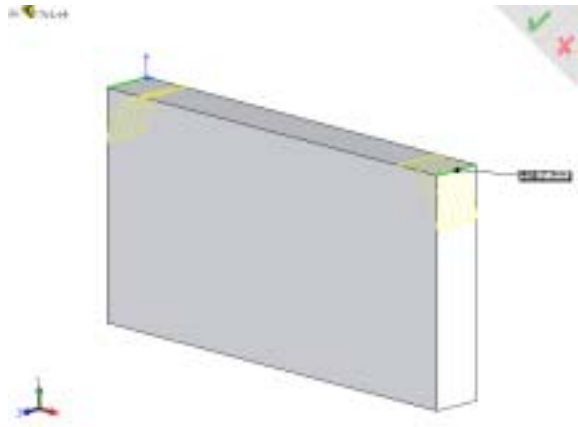
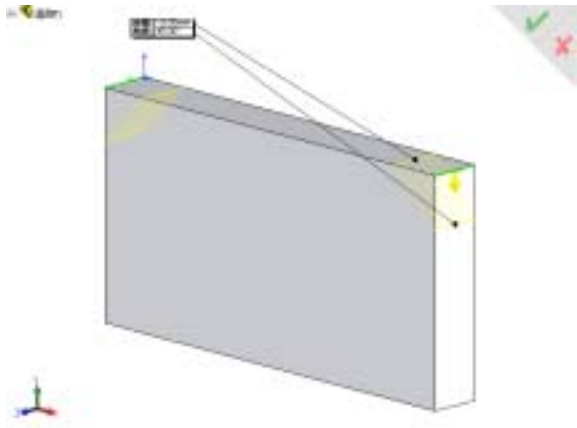
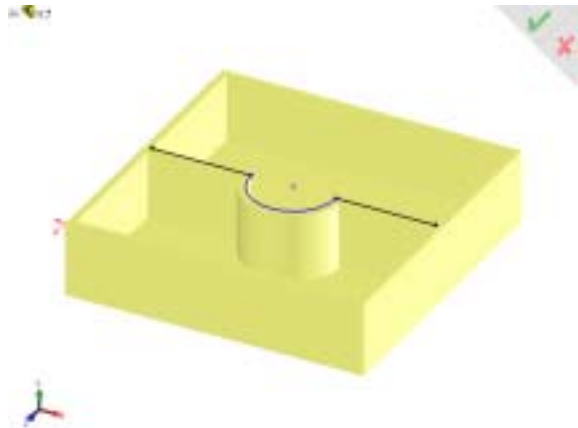
<p>(ウ) 回転</p> 	<p>(エ) スweep</p> 
<p>(オ) ロフト</p> 	<p>(カ) フィレット</p> 
<p>(キ) チャンファ</p> 	<p>(ク) リブ</p> 

図 6-5 フィーチャー (続き)

第2節 近年のCAD動向

3次元CADは性能によってローエンド、ミッドレンジ、ハイエンドの3つに大別される。近年、3次元CADはEWS(Engineering Work Station)で動くハイエンドからPC上で動作するローエンド、ミッドレンジに移行しつつある。その理由は、

- ・EWSとPCの性能の差がほとんどなくなったこと
- ・PCの値段がEWSに比べて安いこと
- ・PC上で動くアプリケーションソフトが主流であること
- ・インターネット利用によるデータの流通が簡単なこと

などである。以降に近年のCAD動向として「最新CADソフトの機能と特徴」、「CADデータの種類と標準化」、「CADモデルのデータ変換における問題点」について示す。

2-1 最新CADソフトの機能と特徴

- ・ほとんどのCADソフトがWindows版PCで動くようになっている
- ・3次元データを扱うことが出来るCADが主流である
- ・スケッチャ機能付きのフィーチャーベースのソリッドモデラを搭載している
- ・部品の組み立て（アセンブリ）機能を搭載している
- ・簡易解析ツール（構造、機構）が組み込まれている
- ・CAM/CAE等のツールをアドイン出来るようになっている
- ・DXF、SAT、DWG、IGES、STEP等の複数データの変換機能を搭載している
- ・3次元から2次元の製図機能が強化されている
- ・Excel等の表計算ツールと連携したデータ設定が可能である（OLE）

2-2 CAD データの種類と標準化

CAD データはカーネルの種類により ACIS、DESIGNBASE、Palasolid、その他（独自カーネル）の4種類に分類される。以下にカーネル毎の3次元CADソフトを示す。

表6-2 カーネル一覧

カーネル種別	CAD ソフト
ACIS	AutoCAD,ΦSTATION, CADkey, Electric Image 3D Modeler, E-SPACE
DESIGNBASE	V6,Century 3D,Hlix Modeling,GMM Solid
Palasolid	UG/Creator,SolidEdge,SolidWorks,MicroStation Modeler Anvil5000,TOPsolid,VISICAD
その他	CATIA,I-DEAS Artisan,ADDS5,PT/Modeler,CADCEUS,Euclid-IS,SEJOUR, Think 3 Design

注)カーネルとは3次元CADにおいてモデリング機能を提供するライブラリのこと、点や線、面、立体の生成、変更、削除、演算、ファイル入出力などの機能を備えている。カーネルの記述言語は一般的にC言語である。

カーネルの異なるCAD間ではお互いのデータをそのまま利用することが出来ない。異なるカーネルのCADデータを使用する場合はデータ変換が必要となる。以下にデータ変換で利用される標準ファイルフォーマットの種類を示す。

(1) IGES(Initial Graphic Exchange Specification)

ANSI（米国企画協会）が制定したCAD/CAMデータの標準フォーマット。国際的な標準仕様の1つで1980年に発表された。データ変換の際に「形状が崩れる」、「属性が渡らない」、「面が抜ける」など必ずしも正確に変換できない場合が発生しているのが現状であるが、図面要素、3次元要素、ソリッド要素、属性など、数多くの要素をサポートしており、現在最も広く利用されている標準フォーマットである。

(2) JAMA-IS(Japan Automotive Manufactures Association-IGES Subset)

1993年に日本自動車工業会が中心になって制定したIGESの運用規約。従来のIGESで変換できないデータに対応することを目的として使用されている。

JAMA-IS では自動車の形状を表現するために必要な20種類の要素を規定している。これには文字、寸法線などの図面要素は含まれていない。このため JAMA-IS で規定された以外の要素は通常の IGES 規格に準じている。

(3) DXF(Drawing interchange Files)

DXFはパソコンCADとして大きなシェアを持つAutoCADがサポートしている中間ファイルフォーマットである。元々AutoCAD自身のバージョンの違いを吸収するために開発されたものであるが、AutoCADの普及と共に、主に2次元図面データの業界標準フォーマットとして広く利用されるようになった。しかしながら、IGESのように公的機関によって設定されたものではないため、AutoCADのバージョンアップに伴って仕様が変更されることがあり、他のCADシステムが装備しているDXFトランスレータも、それに伴って変更を余儀なくされているのが現状である。

(4) BMI(Batch Model Interface)

BMIはキャダムシステムズ社のMICROCADAMの標準フォーマットでデータ変換やアプリケーション開発用として利用されている。

(5) STL(Stereo Lithography File)

STLは米国3Dシステムズ社の光造形用のファイルフォーマットで、このシステムの普及により業界の標準的なフォーマットになっている。STLはラピットプロトタイプングシステムや解析システム、CGシステムの入力データとして広く利用されている。STLのフォーマットは3次元形状を三角パッチと三角パッチの表面を表すベクトルからなるデータ群で構成されている。問題点としては、三角形の頂点が重複して定義するため、データ量が膨大になることや三角パッチ間の隙間や重複も定義できるため、STLを利用してラピットプロトタイプング用のスライスデータを作成する時に正しいデータが作成されない場合がある。

(6) STEP(Standard for Exchange of Product Model Data)

ISOが標準化を進めている製品（設計・製造）データの変換と共通化の標準モデルの作成のための国際標準規格。STEPが対応する範囲は企画、概念設計、詳細設計、試作・テスト、政策・製造、検査、保守、サポートにわたる製品のライフサイクル全体に及ぶ。IGESは単にCADの形状データのみのデータ変換規格であるのに対してSTEPは製品のライフサイクル全体に対する規格であるため、近年はSTEP対応のCADが増えてきている。

2-3 CADモデルのデータ変換における問題点

異なる CAD システム間でデータ交換を行う場合、必ずしも正確に受け渡しが出来ず、変換後の修正作業に膨大な時間がかかっているのが現状である。従っていかにデータ変換をスムーズに行うかが作業効率を向上させる上で大きな課題となる。

以下にデータ変換における問題点を示す。

①精度の相違

各システムで精度の考え方が異なるために正しくデータ変換出来ない場合がある。特にソリッド要素やトリム面の変換がうまくいかないケースが多い。例えば、トリム面中のトリム曲線間に隙間があった場合、Aシステムではこの隙間を誤差内とすると、トリム曲線は連続していると判断する。しかし、BシステムはAシステムより誤差が厳しいとトリム曲線は離れていると判断し、変換後に認識が変わってしまう。

②仕様や制限の相違

システム毎に対応している要素や属性が異なるために正しくデータ変換出来ない場合がある。例えば、Aシステムにある属性がBシステムにはなかったり、Aシステムにはある要素がBシステムにはなかったりすることで、正しく変換出来なかったり、異なった属性や要素に変換されてしまう場合がある。またシステム自身の制限により、変換自体が制約されてしまう場合もある。

③トランスレータの品質

トランスレータの品質によって、正しくデータ変換が出来ない場合がある。トランスレータ自体がファイルフォーマットを正しく読み取れなかったり、誤って解釈することが原因となる。

④CAD システム自身の問題

例えば、モデリングの結果、システム内部の問題によりトリム曲線などのエッジが自己交差していたり、エッジの向きが同方向でない場合にフェイスの面積が0の要素が出来てしまったり、フェイスの領域側にエッジが存在する場合がある。このような場合にもデータ変換が正しく出来ない原因となる。

⑤その他

UNIX から PC にデータ転送する際に EUC と SJIS の文字コードの違いが影響する場合もある。

第3節 3次元CADシステムの基本演習

3-1 3次元モデルの作成手順

3次元空間にいきなりモデルを作成することは困難である。

一般的には2次元平面にスケッチ（作成する立体を定義するための図形）を描き、押し出し、回転コマンドなどで立体化する。

スケッチを描く際、後で形状変更が行われた時、形状が崩れないように幾何拘束（形を整える）や寸法拘束（大きさを決める）などを定義し、正確なスケッチ作成をする必要がある。

以下に3次元モデル作成の概略を示す。

- ・スケッチ面の選択



- ・ラフスケッチ



- ・拘束の追加

形を整える（幾何拘束）。

大きさを決める（寸法拘束）。



- ・3次元化

スケッチを押し出し、立体化する。



図6-6

3-2 実際のモデリング

(1) 課題1 右のようなモデルを作成する。

- ・部品ファイルの準備

「新規作成」よりテンプレートタブの中の部品を選択し **OK**する。図6-7参照。

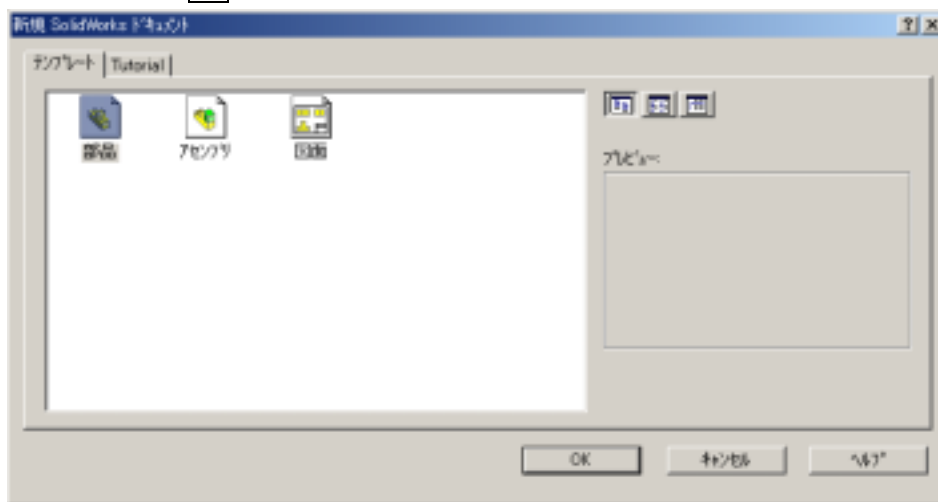


図6-7

すると、モデル作成画面に切り替わる。図6-8参照。

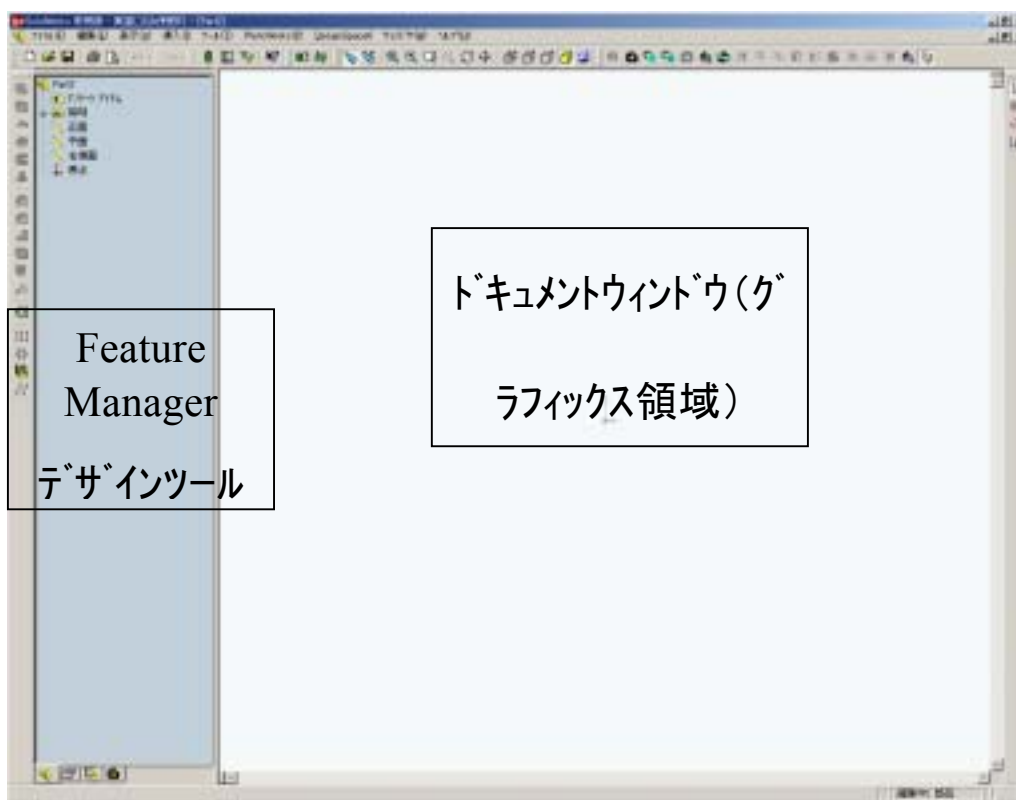


図6-8

・ 3次元空間の表示方法

FeatureManager 内の正面、平面、右側面をクリックすると参照平面（作業を行える平面）が一時的に表示される。図6-9参照。

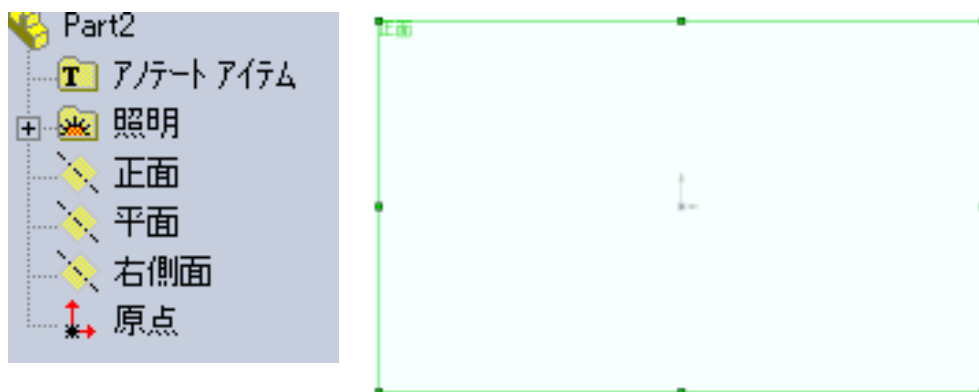


図6-9

作業したい面を決定したら、
スケッチアイコンを選択する。
(描く面の決定)



作業中のモデルをさまざまな方向から見るには、表示方向ダイアログボックスを使用する。表示したい方向をダブルクリックすることにより表示できる。(表示したい面の決定) 図6-10参照。

プッシュピンアイコンをクリック
すると表示したままになる。



図6-10

・スケッチの作成

スケッチ平面を作成すると、図6-11に示すスケッチツールアイコンが表示される。

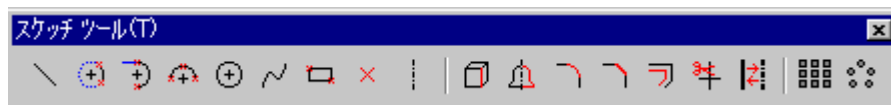


図6-11

矩形アイコンを選択し、原点を始点（カーソルを原点付近に近づけるとオレンジの小さな四角が表示される）にし、適当な対角上に終点を決めることで四角形を描く。図6-12参照。

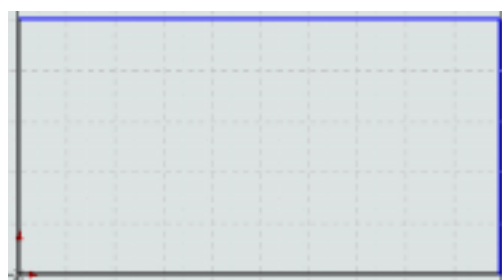


図6-12

・拘束の追加

幾何拘束追加（幾何形状を整える）

今回は水平・垂直線で完全に構成されているので追加の必要性なし。

寸法追加（形状の大きさを決める）

寸法配置アイコンを選択する。

要素または端点を選択し、寸法配置位置を指定する。

ここでは図6-13のように寸法を配置する。

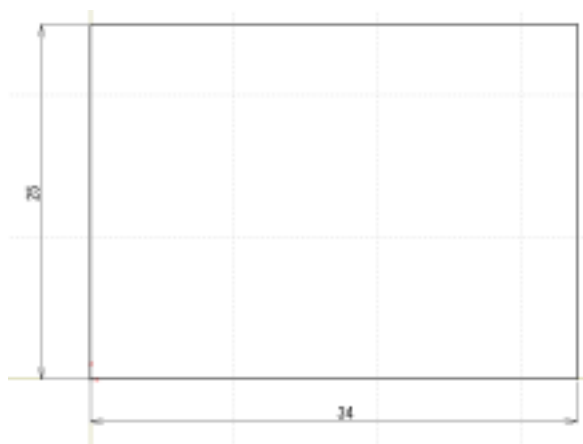


図6-13

寸法編集は寸法値をダブルクリックすることで変更できる。

- ・ 3次元化（スケッチを押し出す）
押し出しアイコンを選択する。

図6-14参照。



図6-14

マウスで押し出す方向を決定する。

押し出す方法と距離をダイアログの中に入力する。図6-15参照。

プレビュー形状が間違えなければOKボタンを選択する。

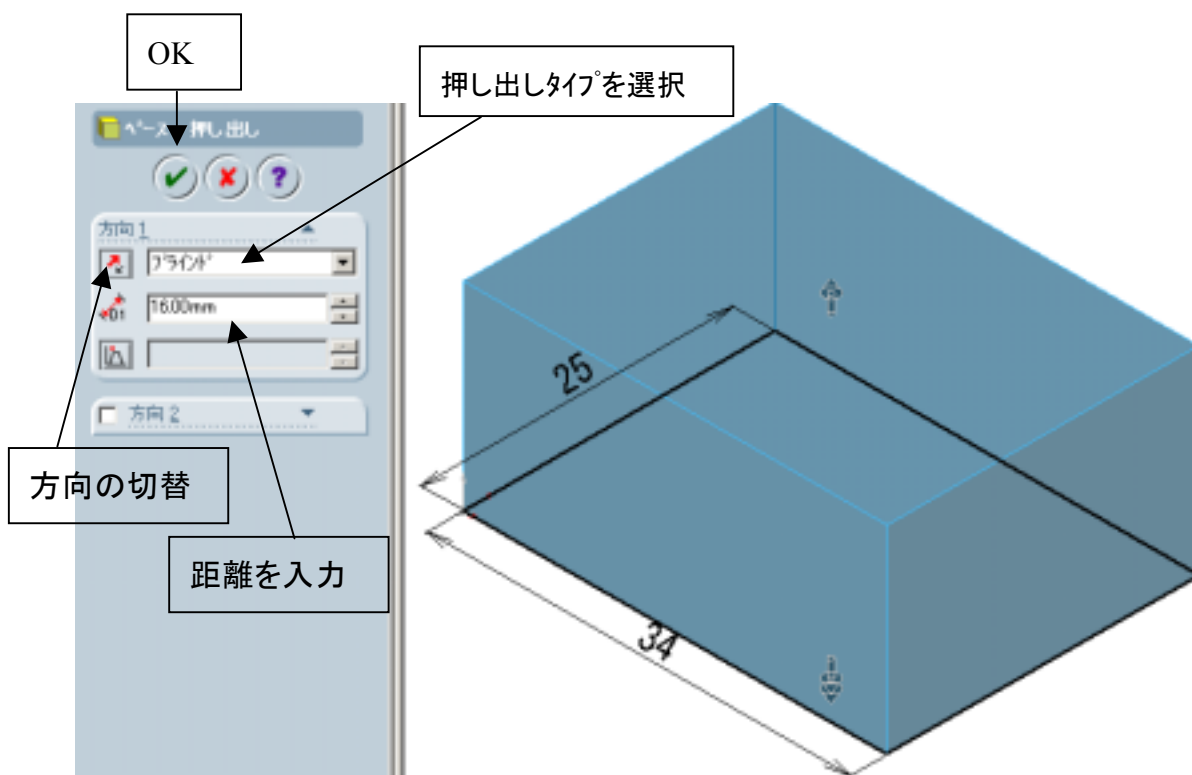


図6-15

・面取り部の作成

面取りアイコンを選択する。

図6-16参照。



図6-16

面取り部エッジを選択する。

ここでの面取りは始終点から頂点までの距離で指定することとするため

図6-17のようなオプションを選択する。

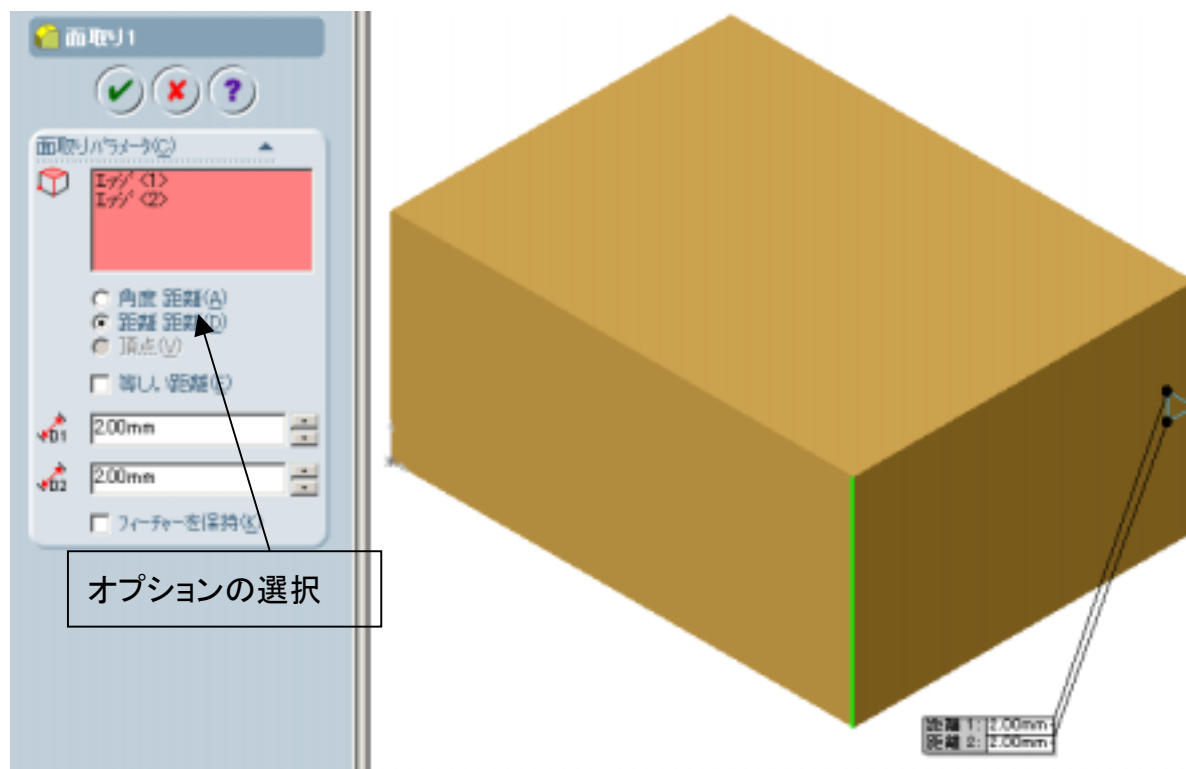


図6-17

出来上がり図



・スケッチ面の切替

①左側面を選択し、スケッチアイコンを選択すると図6-18になる。

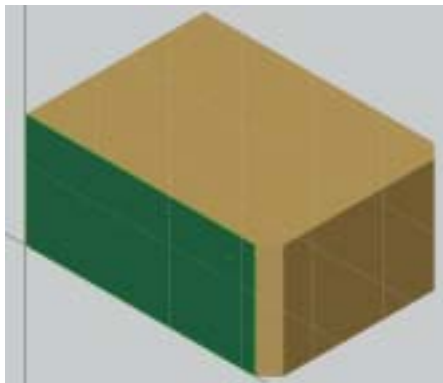


図6-18

②表示方向のダイアログから視線に垂直を選ぶ。

③次に図6-19のようなスケッチを描く。矩形アイコンを選択し、右側のエッジ近づけるとカーソルの下にランプのような形状のものが現れるのでそこでクリックし、適当なサイズの四角形を作図する。

④次に寸法拘束も図6-19を参照して追加する。



図6-19

- ・スケッチした形状をカットする。図6-20参照。
 - ①カット押し出しコマンドを選択する。
 - ②カット方向は材料内部方向。
 - ③カット終端位置は図のように次サーフェスを選択する。

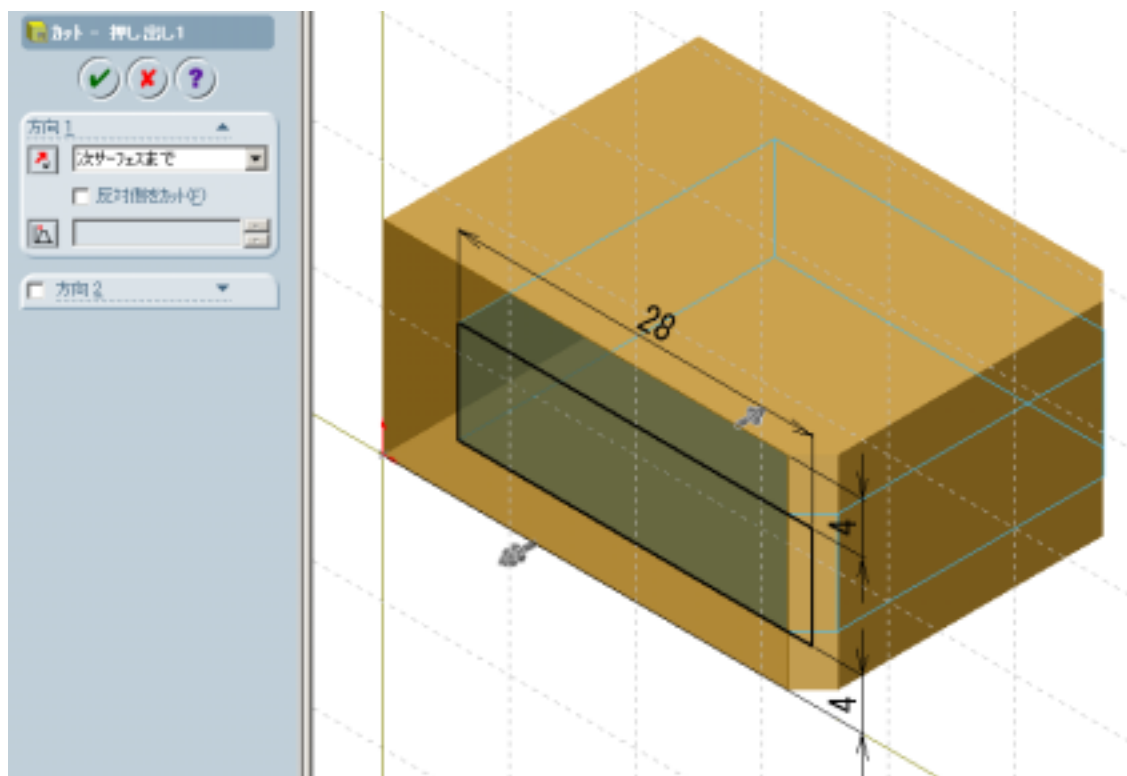
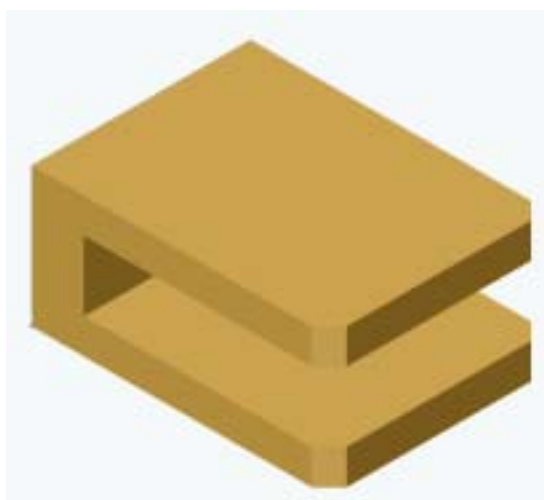


図6-20



カット完了図

・穴の作成

- ①モデル上面を選択し、スケッチアイコンを選択する。
- ②円コマンドで適当な位置に円を描く。
- ③寸法拘束を追加して、図6-21のように寸法値を入れる。

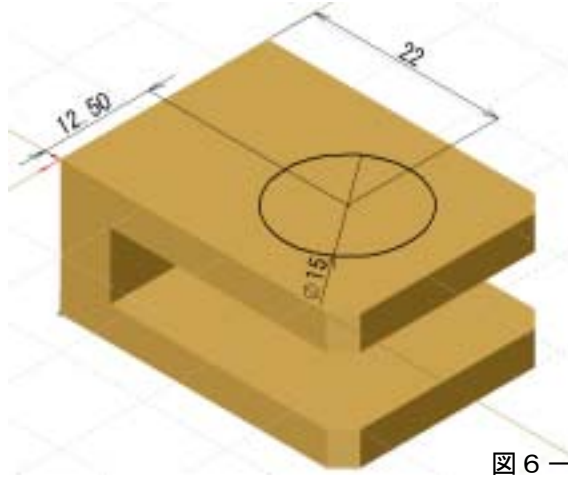


図6-21

- ④カット押し出しコマンドで上部平板部をカットする。
(なお、終端位置は次サーフェスを選択する。)

同様に下部平板部にも穴を作成する。

- ①円コマンドで図6-22のようなスケッチを描き寸法値を追加する。
- ②上部穴との位置関係（同心円）を幾何拘束で定義する。
(上部穴円弧とスケッチを選択 図6-23参照)
- ③カット押し出しコマンドで穴を設ける。

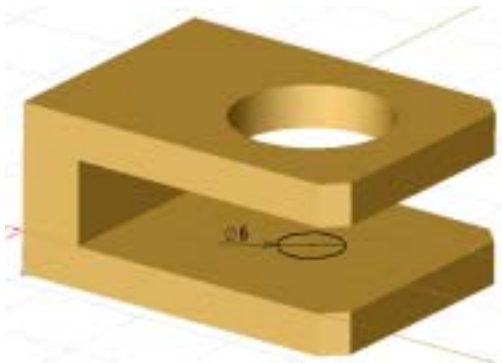


図6-22

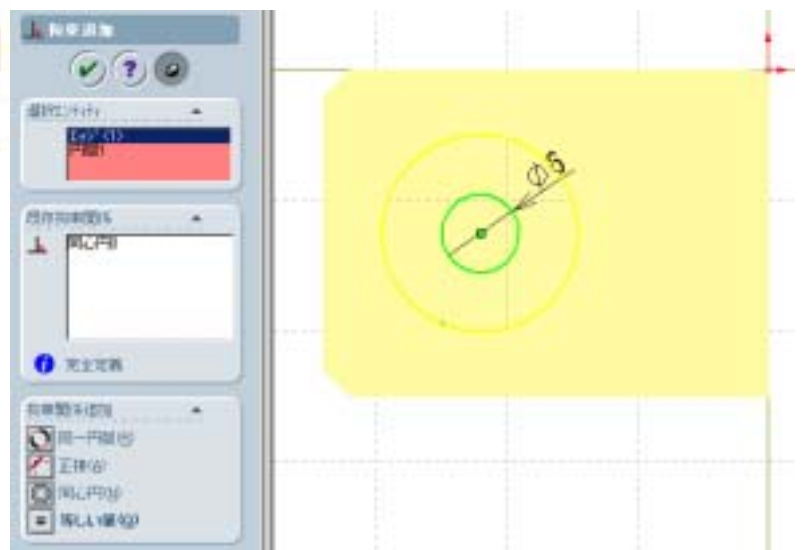


図6-23

同様に図6-24を参考にしてもう一つ穴を設ける。

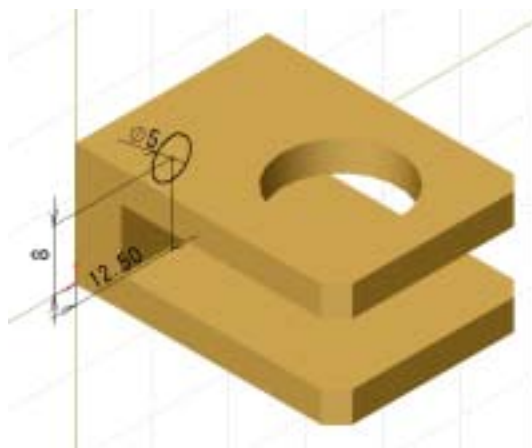
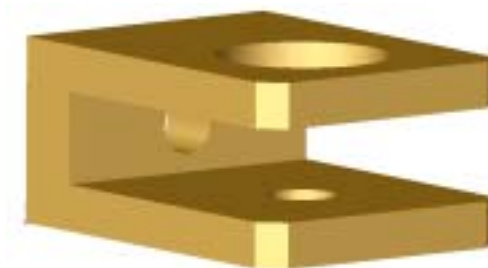


図6-24

完成図



- ・指定保存コマンドでモデルを slider01 として保存しておく。

(2) 課題2 右のようなモデルを作成する。



- 部品ファイルの準備

新規作成を選択し、部品ファイルを選択し、OKする。

- スケッチ平面の決定

FeatureManager から平面を選択し、スケッチアイコンを選択する。

- スケッチの作成

中心線アイコンを選択し、原点から右の方向へ適当な長さの線を作成する。

矩形アイコンを選択し、原点と中心線を囲むように四角形を作成する。

- 幾何拘束の追加

①拘束アイコンを選択する。

②中心線を選択し、次にCTRL キーを押しながら上下の2本の線を選択する。

③拘束関係追加から対称を選択する。図6-25参照。

この拘束の追加により中心線を基準に上下オブジェクトが対称な位置に配置される。

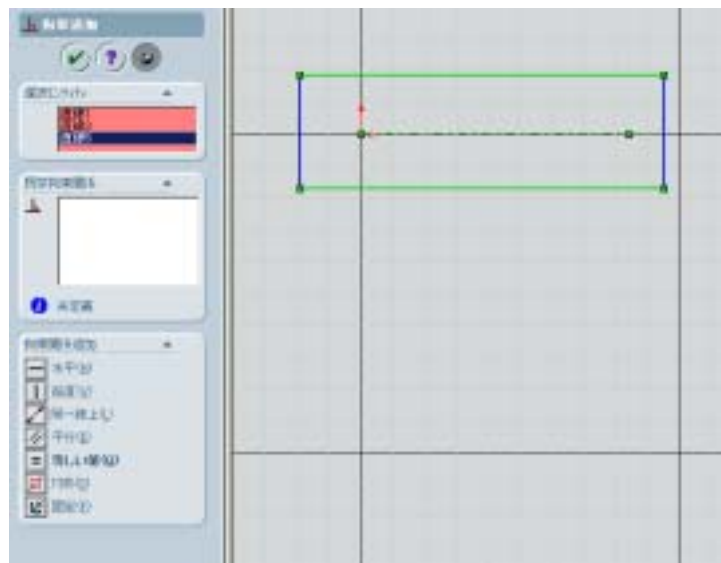


図6-25

- 寸法拘束の追加

寸法追加アイコンを選択し、図6-26のように寸法を配置する。

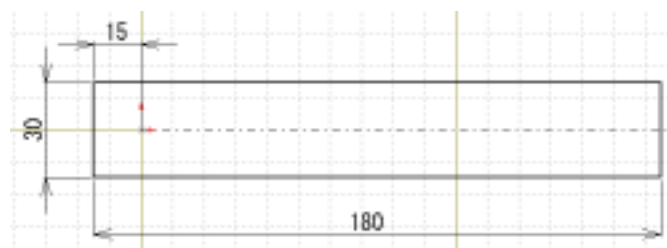


図6-26

・押し出し

押し出しアイコンを選択し、8 mm 上部へ押し出す。図 6 - 2 7 参照。

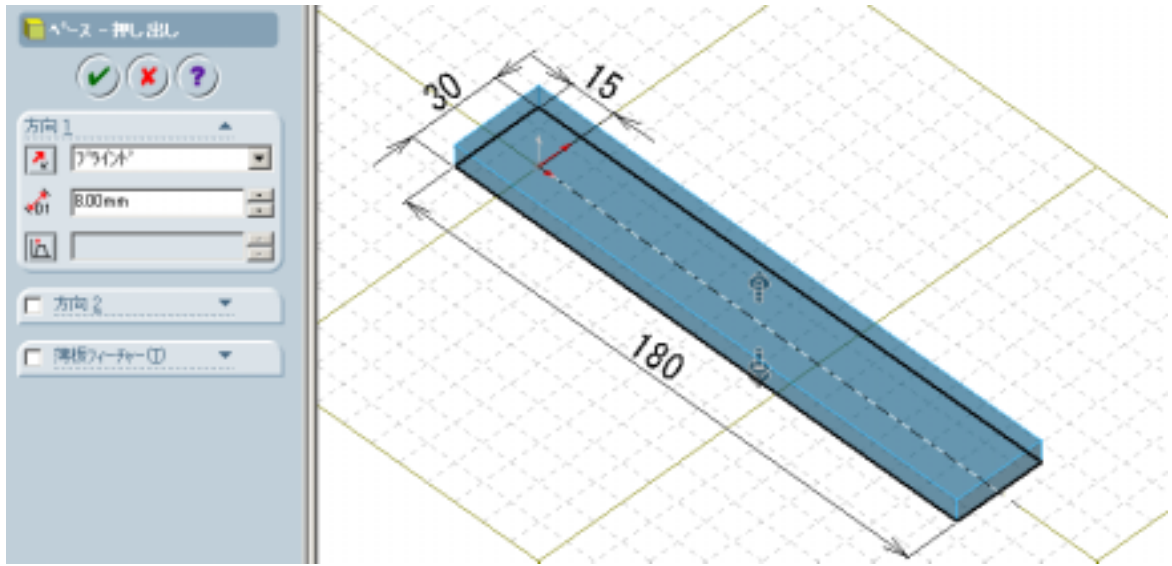


図 6 - 2 7

・穴部スケッチ

①上面を選択する。

②スケッチアイコンを選択する。

③原点を中心とした直径 6 mm の円を描く。図 6 - 2 8 参照。

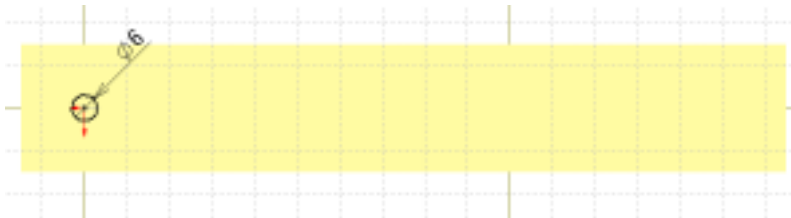


図 6 - 2 8 参照

・押し出しカット

押し出しカットで作図した形状でカットする。

次サーフェスを選択しておくこと。

出来上がり図



・長穴のスケッチ

- ①上面を選択後、スケッチアイコンを選択する。図6-29参照。
- ②直線アイコンを選択する。
- ③適当な位置から水平線を作図する。（ドラッグしながら線を描く。）
- ④正接円弧アイコンを選択し、水平線に接した円弧を描く。
- ⑤また直線アイコンを選択し、水平線を描く。同じ手順で円弧を描く。

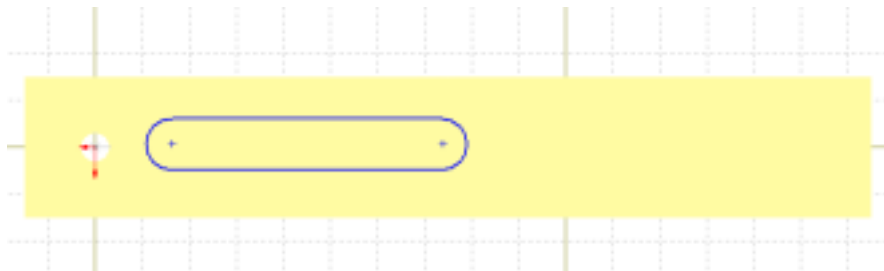


図6-29

・幾何拘束の追加

長穴の上下方向は部材の中心になければいけない。ここでは原点位置が中心と同一なので、原点と長穴の円の中心とを一致拘束で拘束する。図6-30参照。

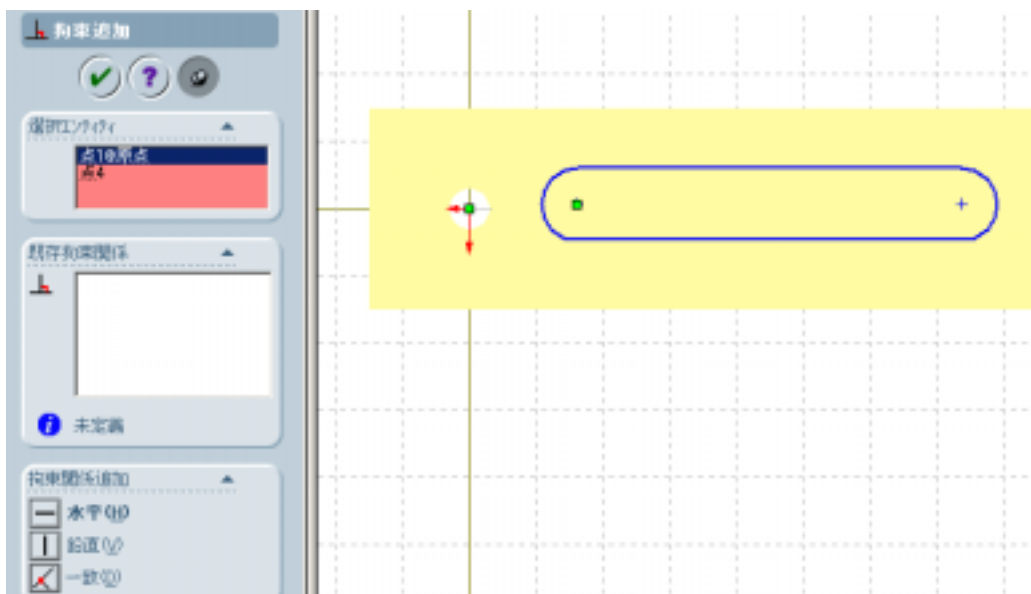


図6-30

・寸法拘束の追加

寸法については図6-31を参照して追加する。

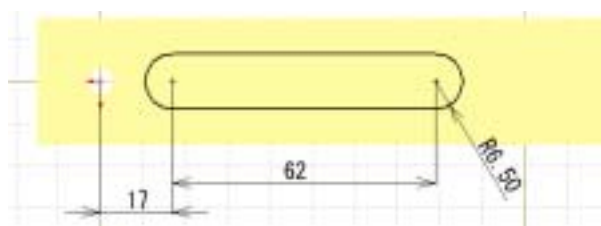


図6-31

- ・押し出しカット

スケッチで切り取る。図6-32参照。



図6-32

- ・長穴小も同じ手順で作成する。

幾何拘束は図6-33に示す。

寸法拘束は図6-34に示す。

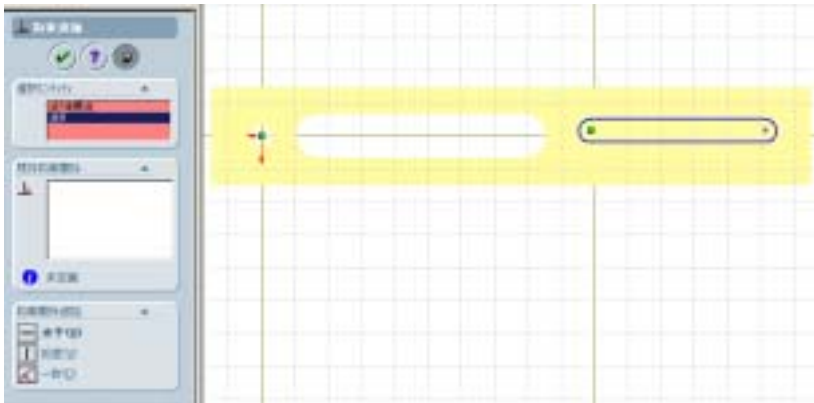


図6-33

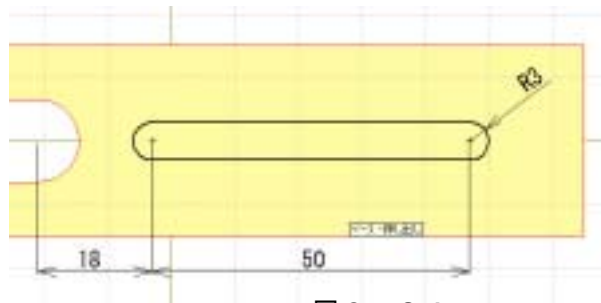


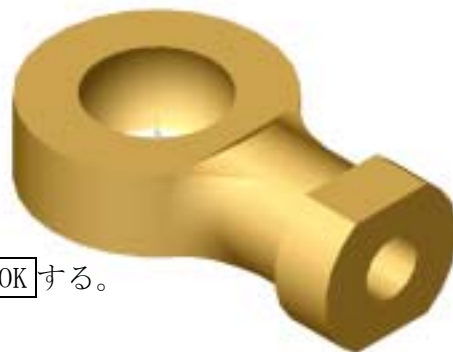
図6-34

- ・モデルを保存する。(ファイル名: slider02)

完成図



(3) 課題3 右のようなモデルを作成する。



- 部品ファイルの準備

「新規作成」を選択し、部品ファイルを選択し、**OK**する。

- スケッチ平面の決定

FeatureManager から平面を選択し、スケッチアイコンを選択する。

- 形状の作成

原点を中心に直径 20mmの円を作成する。図 6 - 3 5 参照。

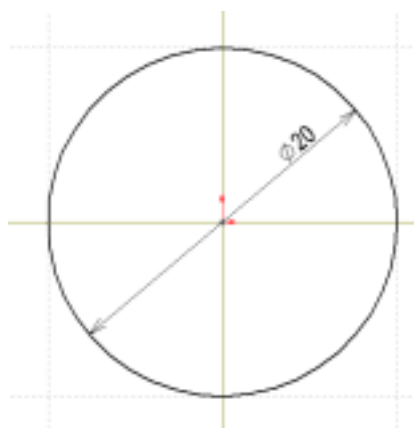


図 6 - 3 5

- 押し出し

図 6 - 3 6 を参考にして押し出す。

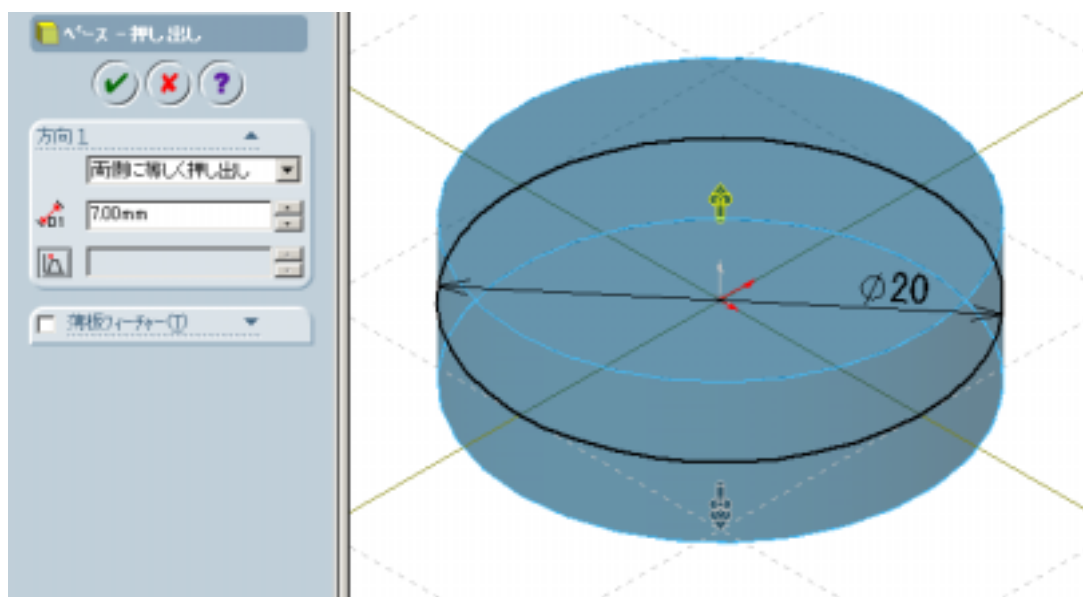


図 6 - 3 6

・ 軸部の作成

- ①平面でスケッチをする。
- ②長手方向に原点から中心線を任意長さで作成する。
- ③図 6 - 3 7 を参照して、四角形を作成し、寸法も追加しておく。

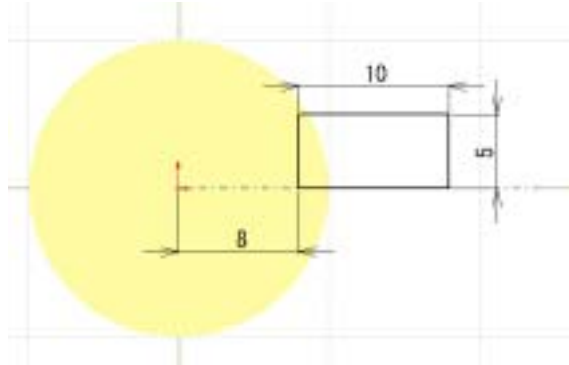


図 6 - 3 7

- ④回転ボス/ベースアイコンを選択し、図 6 - 3 8 を参照して、スケッチを回転させ軸形状を作成する。

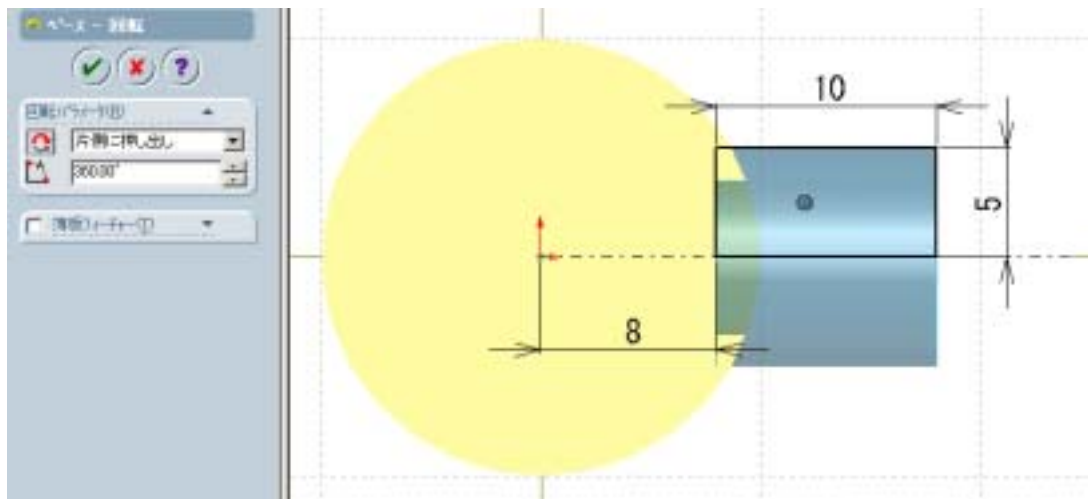


図 6 - 3 8

・軸端部形状作成

- ①軸端面を選択して、スケッチ面にする。
- ②軸部と同心円状になるように直径13mmの円を作成する。

図6-39参照。

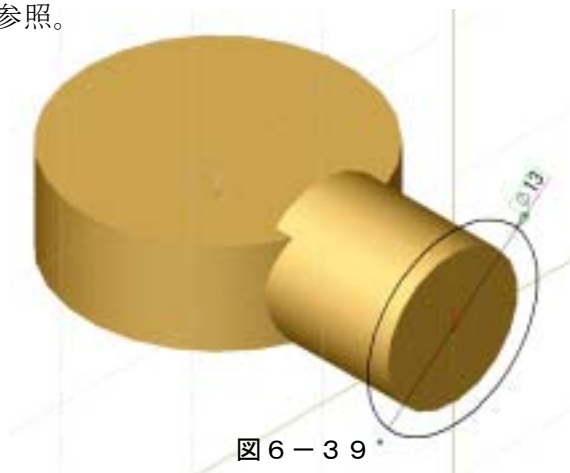


図6-39

- ③図6-40を参照してスケッチを押し出す。

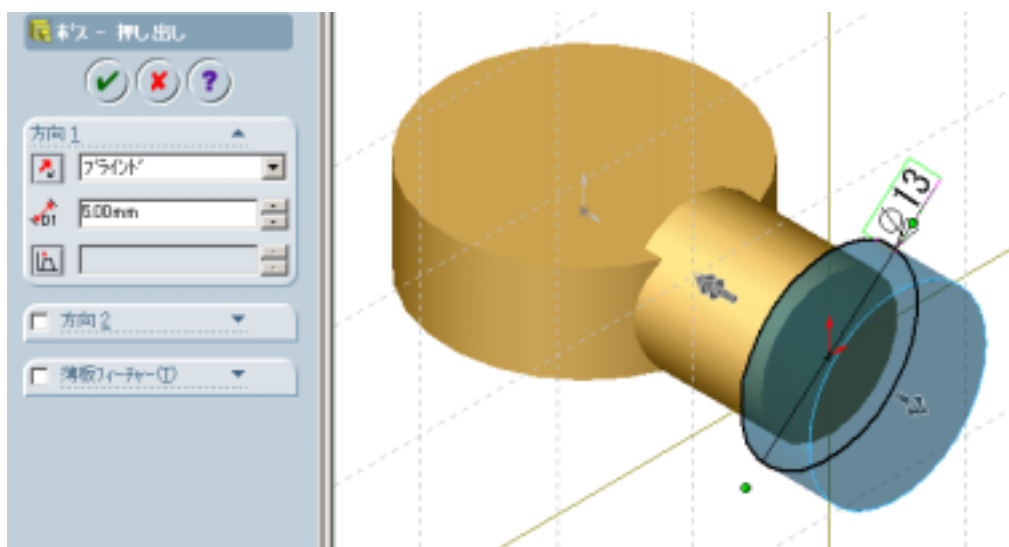


図6-40

- ④出来上がった円筒面端部をスケッチ面にする。
- ⑤図6-41参照して四角形を作成する。

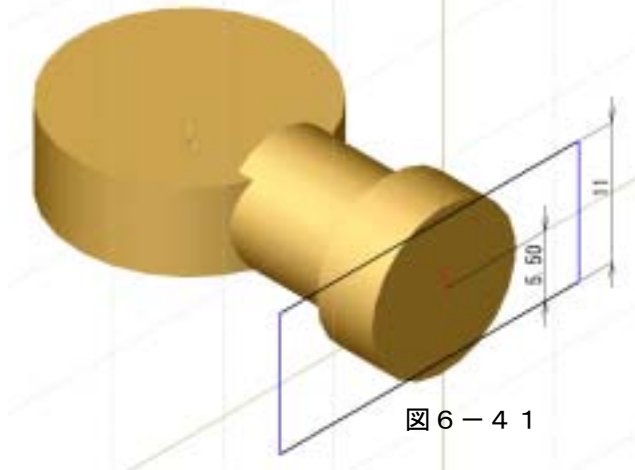


図6-41

⑥⑤で作成したスケッチで形状をカットする。図6-42参照。

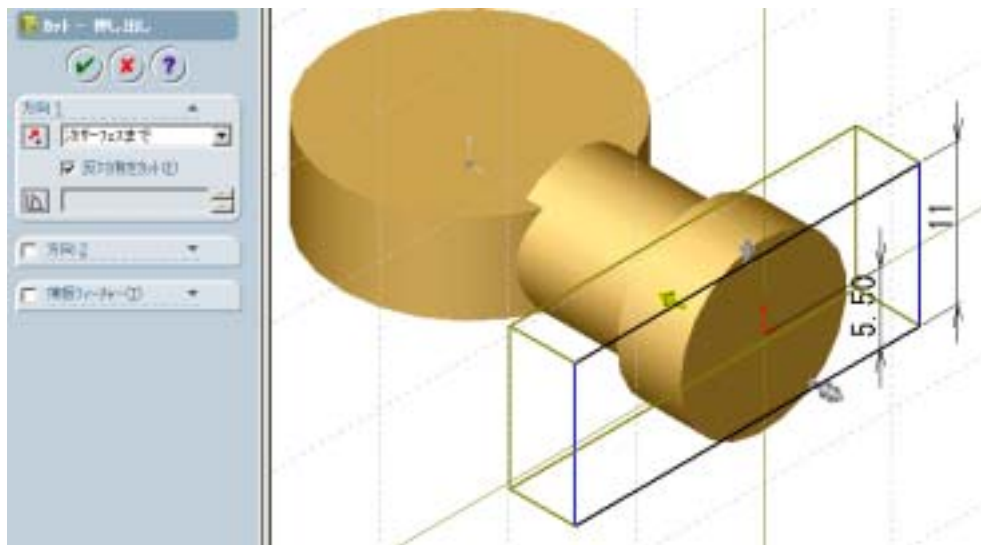


図6-42

・ 中心部と軸部の編集

①図6-43を参照して結合部にフィレットをかける。

6箇所一度にかけること。

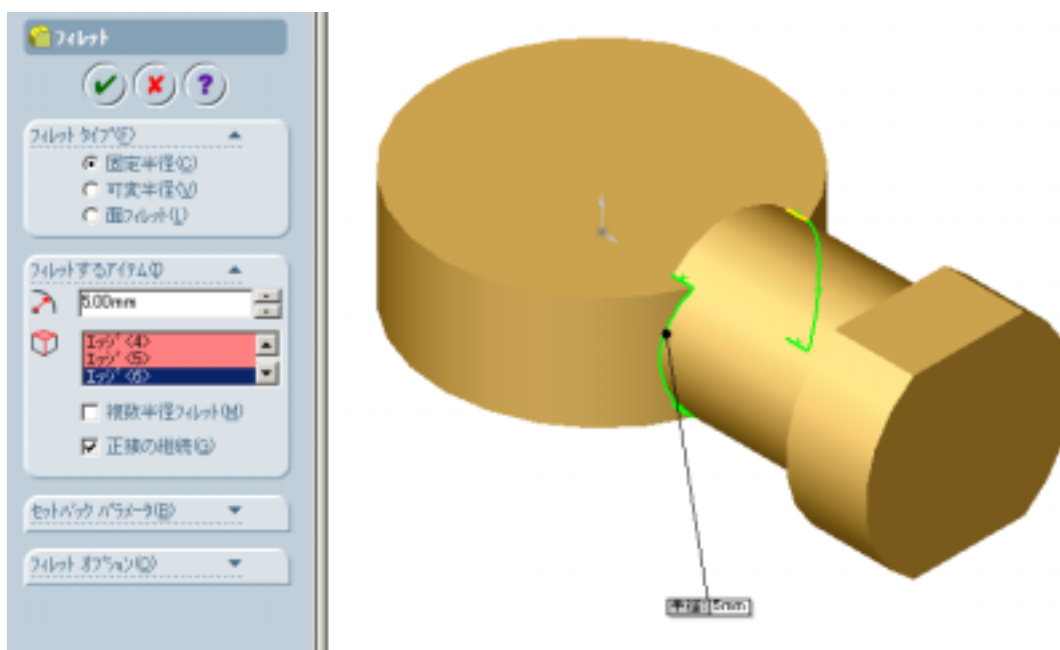


図6-43

②次に結合上下部の部分を面取りする。

今回は面取り形状をスケッチしてカットすることで面をとりたい。

正面をスケッチ平面にして、図6-44を参照してスケッチを作成する。

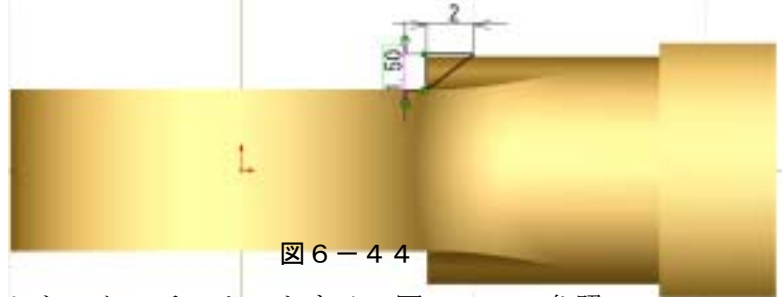


図6-44

③②作成したスケッチでカットする。図6-45参照。

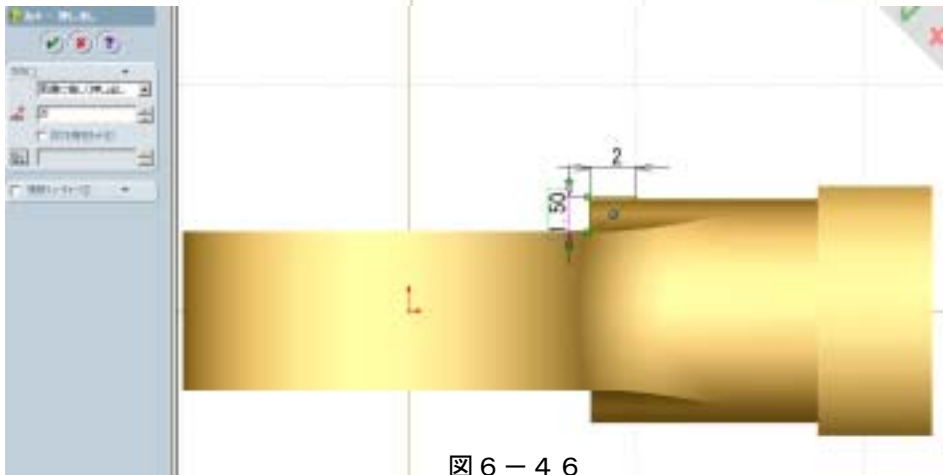


図6-46

④面取りは上部のみ行われたことになるので下部にデータ（面取りカット）を円形状パターンでコピーを行う。そのための準備として複写中心に軸が必要なため、メニューバー/表示の中の一時的な軸を選択して対称軸を作成する。図6-47参照。

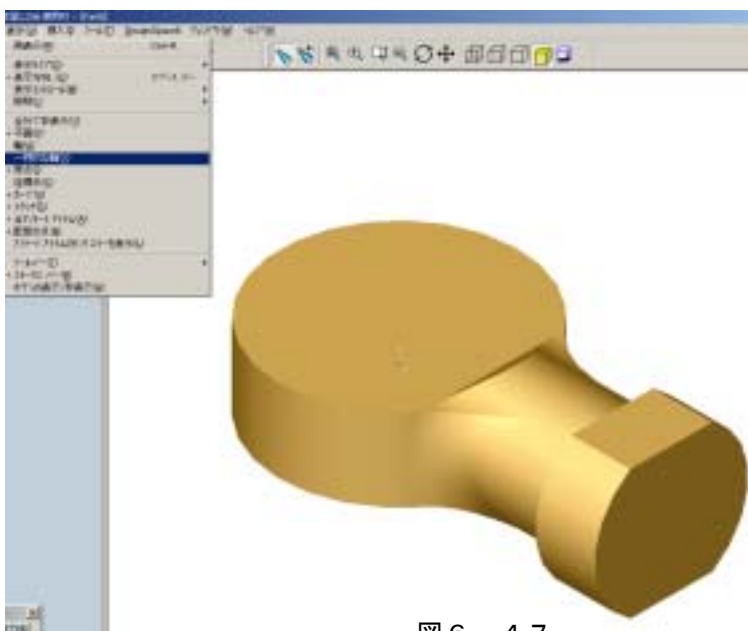


図6-47

⑤円形パターンコマンドで中心軸対称に複写を行う。中心軸の選択、配置角度の入力、配置個数などを入力する。図6-48参照。

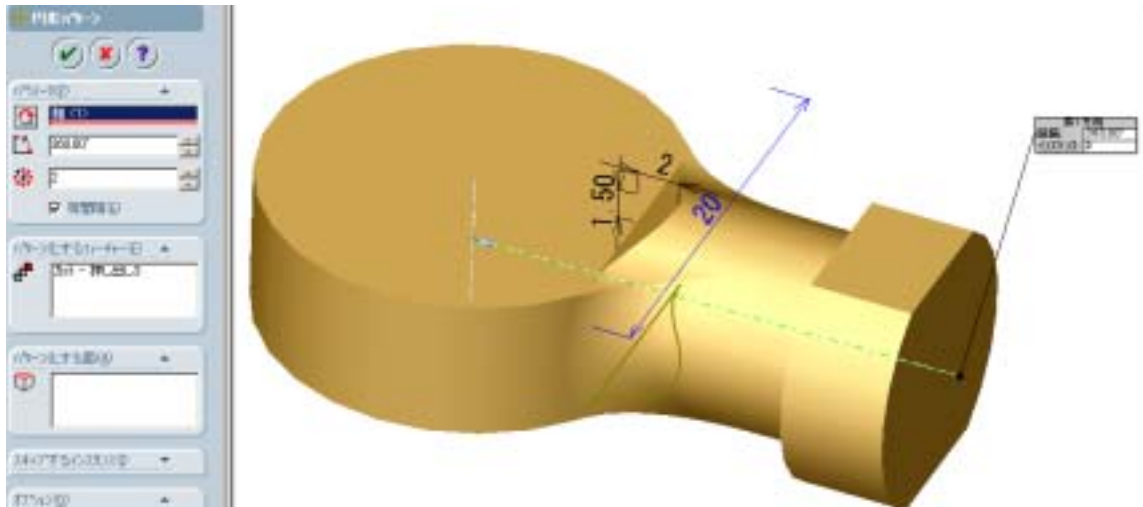


図6-48

⑥正面をスケッチ面にし、図6-49に示す形状を描く。

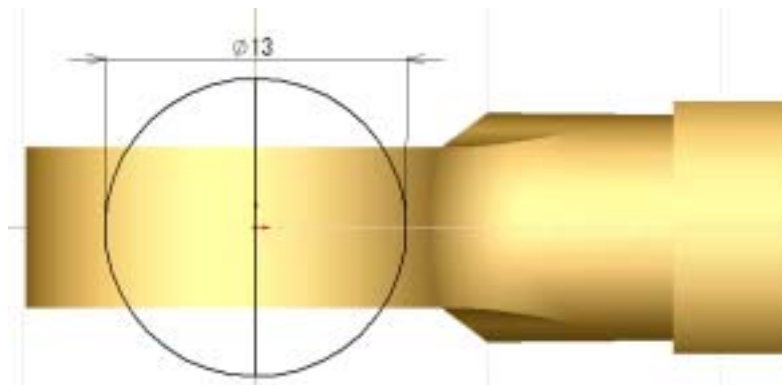


図6-49

⑦スケッチトリムコマンドで図6-50のように半円をカットする。

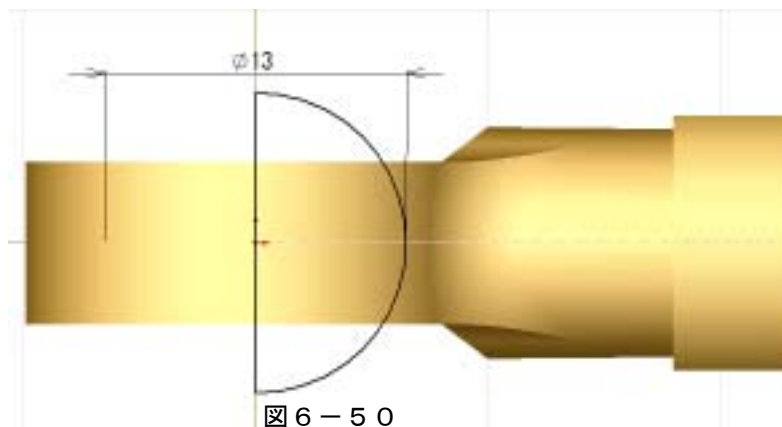


図6-50

⑧回転カットコマンドで図6-51のように形状をくり抜く。

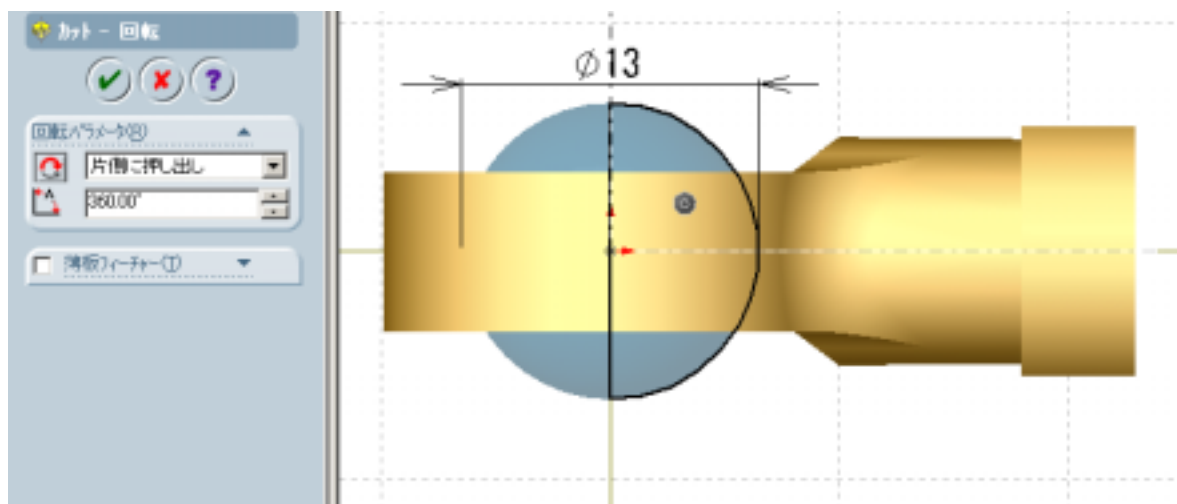


図6-51

⑨図6-52に示す位置にスケッチ面を作成し、原点中心で直径5mmの円を描く。10mmカットし穴を作成する。

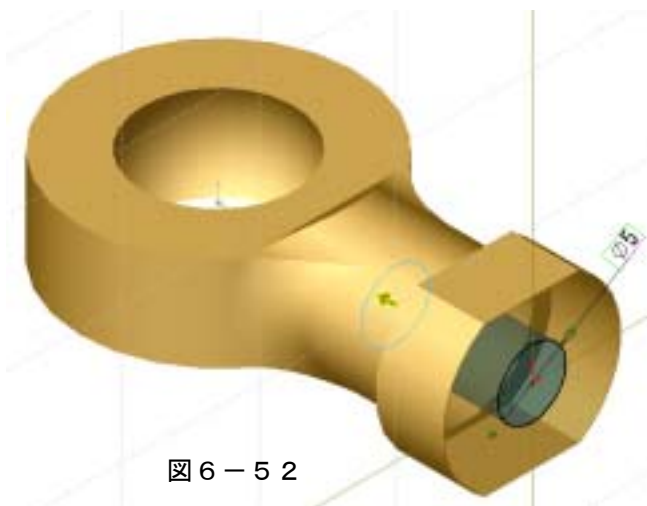


図6-52

⑩モデルを保存する。(ファイル名：link01)

完成図



(4) 課題4 右のようなモデルを作成する。

・スケッチ作成

①正面をスケッチ面にし、原点中心で直径 13mm の円を描く。図 6-5 3 参照。

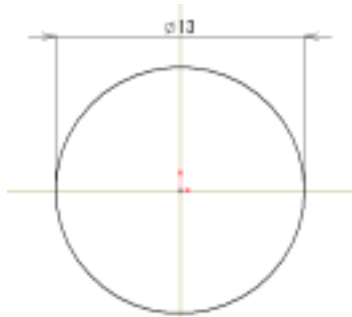
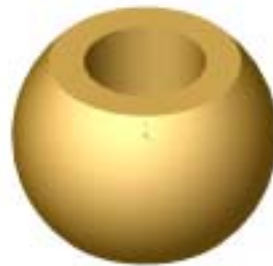


図 6-5 3

②円の上部和下部をつなぎ、原点を通る線分を描く。図 6-5 4 参照。

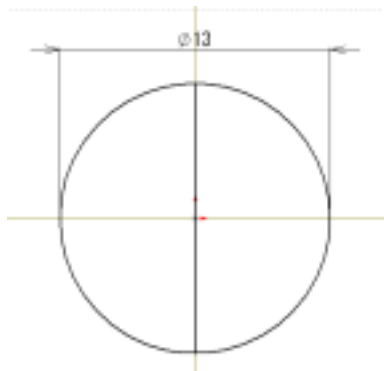


図 6-5 4

③スケッチトリムコマンドで半円を切り取る。図 6-5 5 参照。

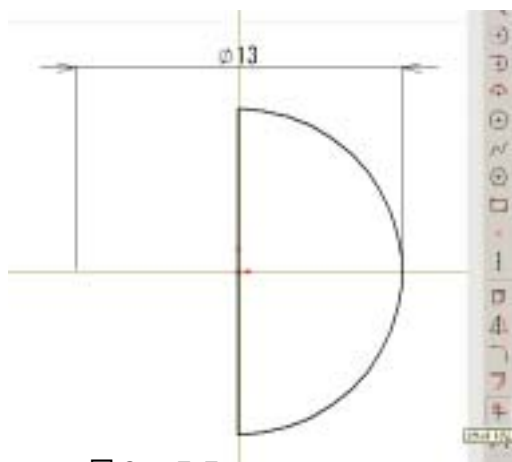


図 6-5 5

④原点基準に中心線を描く。図6-56参照。

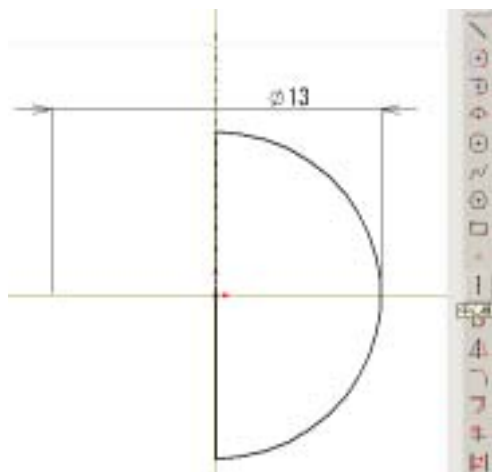


図6-56

・回転体を作成する

回転コマンドで図6-57の値を入力すると球体ができる。

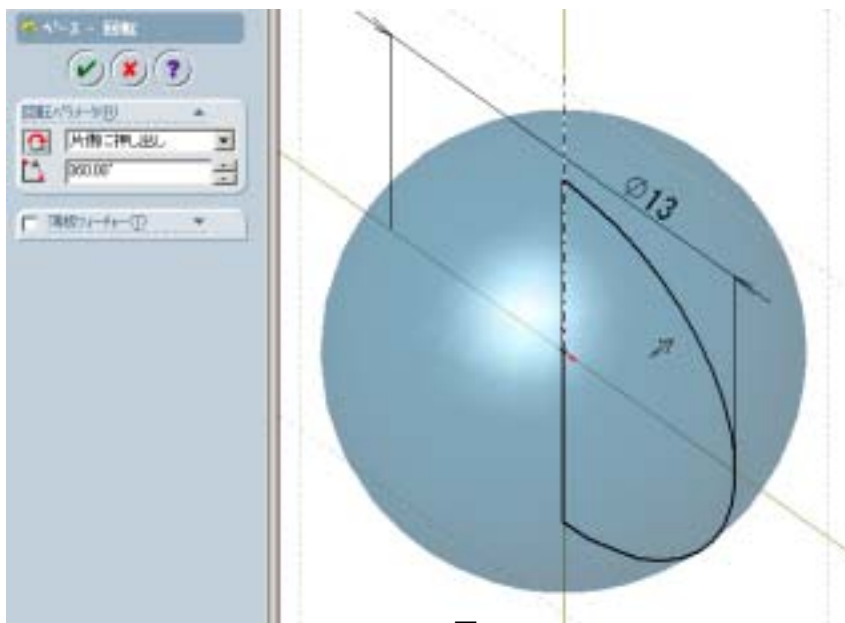


図6-57

・切り取りスケッチを作成

正面をスケッチ面にし、以下のようなスケッチを描く。図6-58参照。

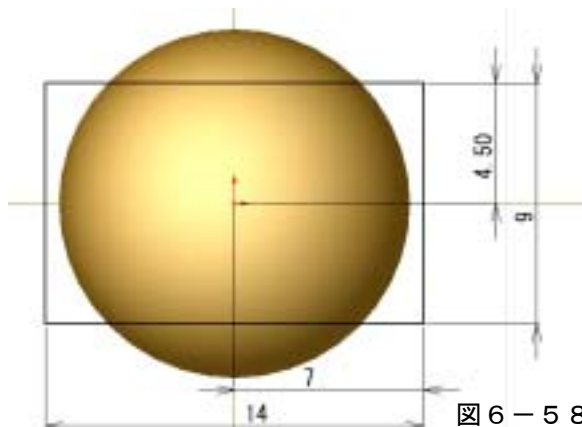


図6-58

- ・押し出しカットコマンドでスケッチ部の外側のカット。図6-59参照。

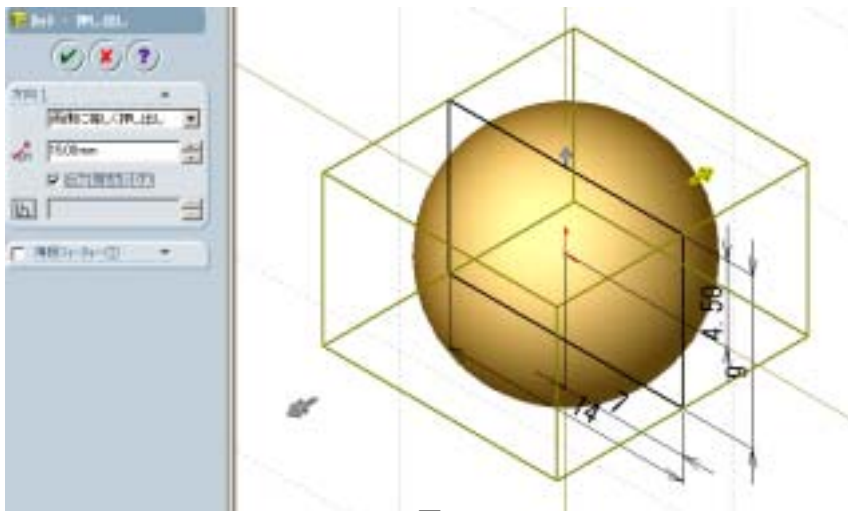


図6-59

- ・穴部スケッチ

平面をスケッチ面にし、原点中心で直径6mmの円を描く。図6-60参照。

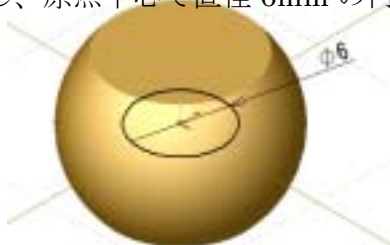


図6-60

- ・穴部作成

押し出しカットコマンドで形状をカットする。図6-61参照。

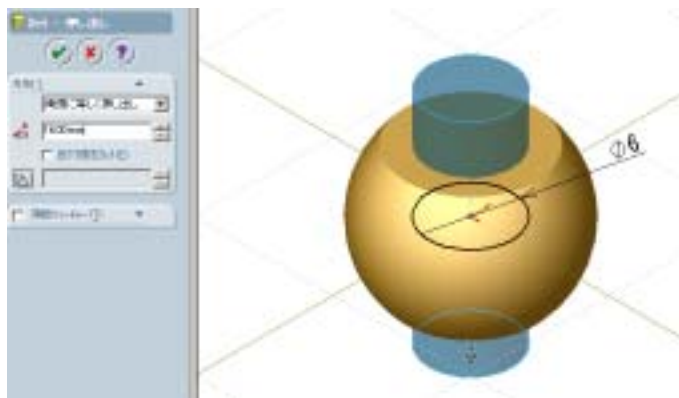


図6-61

- ・モデルを保存する。(ファイル名: link02)

完成図



(5) 課題5 右のようなモデルを作成する。



・スケッチ作成

平面をスケッチにして、原点中心に直径6mmの円を描く。図6-62参照。

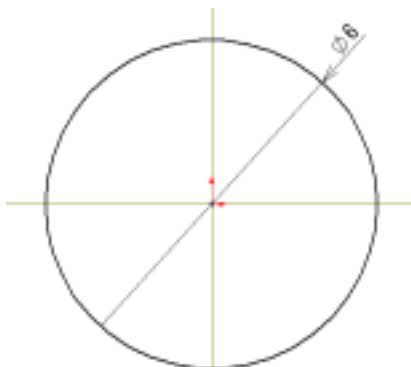


図6-62

・押し出し

押し出しコマンドで立体化する。図6-63参照。

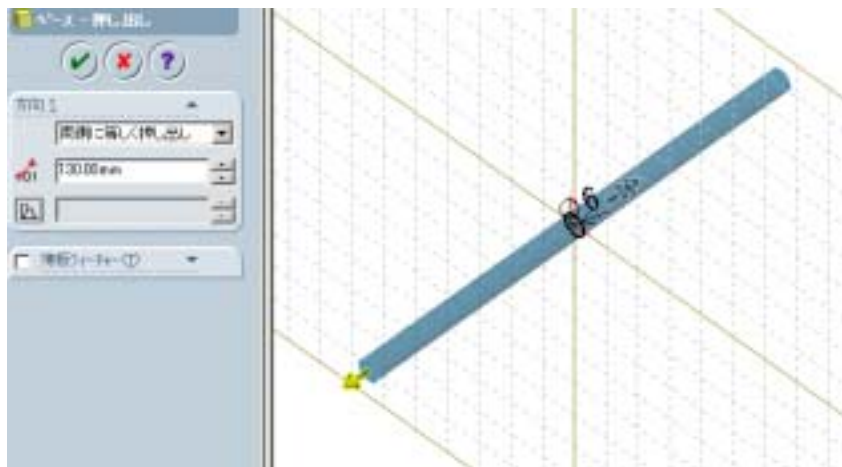


図6-63

・モデルを保存する。(ファイル名: link03)

参考1 スケッチ平面について

今まで行ってきたモデリングでは、どこかに予め面が存在しており面を選択するだけでスケッチ面の定義が行えた。ところがいつも都合よく面が存在するわけではない。例えば、軸にキー溝が設けてあるような場合（円筒面に接触した面）や角度のついた面などは面自体を作成するという作業が必要となる。ここではよく使われそうな面について作成例を示しておく。

- ・ある面から一定距離はなれた面
- ・円筒面に接触した面
- ・基準面に対してある角度を持った面
- ・任意の3点を通る面

参考2 幾何拘束について

スケッチは後での設計変更を考えるとなるべく単純な形状にすることが重要であるが、部品形状が複雑化してくるとスケッチも複雑となりがちである。そのようなスケッチの形状変更を行うと形自体（幾何形状）が崩れてしまうことが多い。この崩れを防ぐため個々のオブジェクトに幾何形状定義（幾何拘束）を追加しておくことが必要となる。ここでは代表的な幾何拘束について例を示しておく。

- ・水平
- ・鉛直
- ・平行
- ・接線
- ・一致
- ・同心円

3-3 アセンブリモデリングについて

- ・アセンブリモデリング

部品間の相対的な位置関係を定義するもの。

定義はアセンブリ（組立）拘束によって行われる。

その拘束により定義されたオブジェクトは自由度が奪われる。

具体的なコマンドとしては面同士を一致させる（一致拘束）や軸心同士を一致させる（同心円拘束）などがある。

図6-64、65はアセンブリする前と後の例である。



図6-64 アセンブリ前のモデル

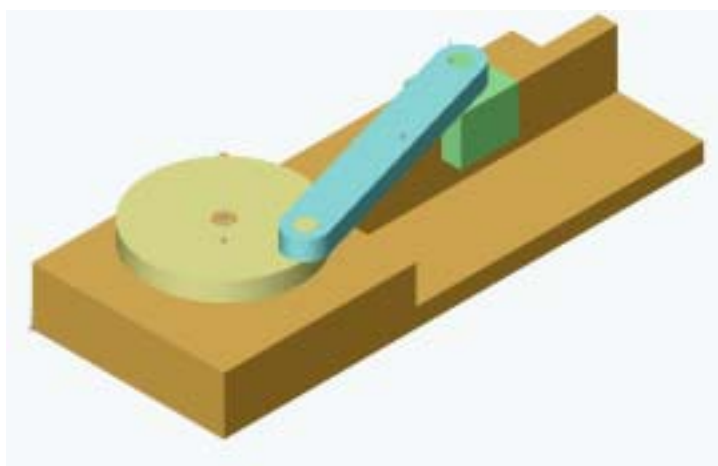
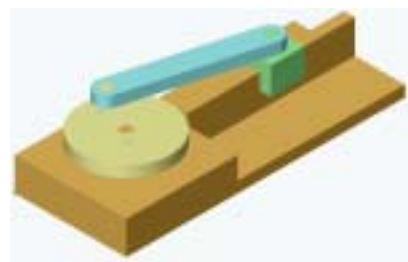


図6-65 アセンブリ後のモデル

3-4 アセンブリモデル作成手順

右のようなモデルを作成する。



・アセンブリファイルの準備

①「新規作成」よりテンプレートタブの中のアセンブリを選択し **OK** を押す。

図6-66参照。

すると、アセンブリ作成画面に切り替わる。



図6-66

②メニューバーから挿入を選択し、構成部品コマンド中のファイル指定を選択する。図6-67参照。

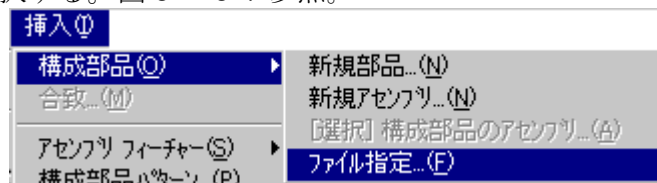


図6-67

③ダイアログの中から図6-68を参考に部品を挿入する。



図6-68

④crank_base00 ファイルを選択し、原点に挿入する。

最初の部品は固定される。

⑤次に部品を追加するときはエクスプローラを使用し、部品をドラックし画面内に移動させると挿入ができる。図6-69参照。

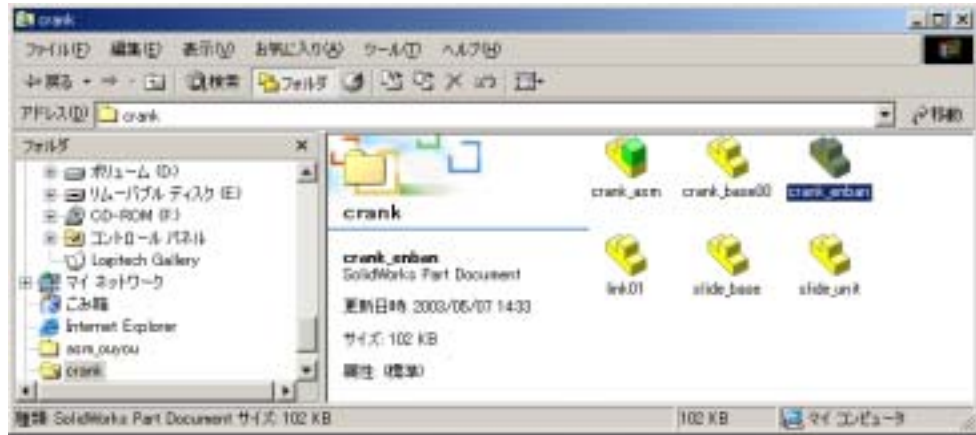


図6-69

・構成部品の移動と回転。図6-70参照。

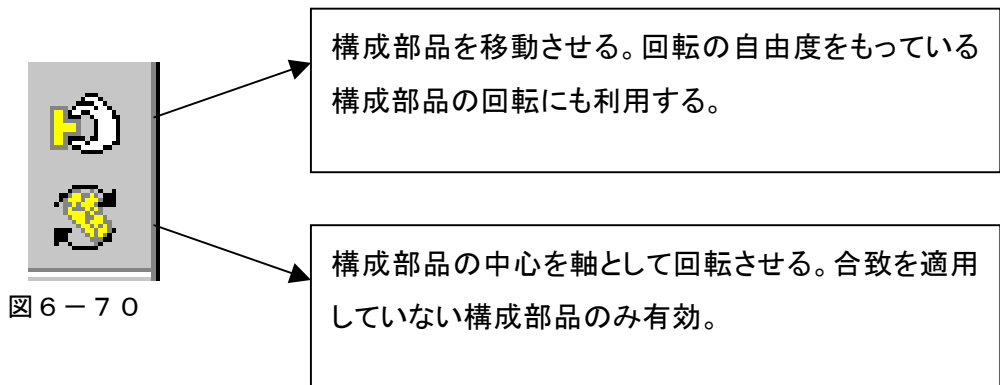


図6-70

移動と回転を利用し、作業しやすい位置に対象物を配置すること。

・構成部品同士の合致

- ①合致コマンドを選択する。図6-71参照。
- ②選択箇所 図6-72参照。



図6-71

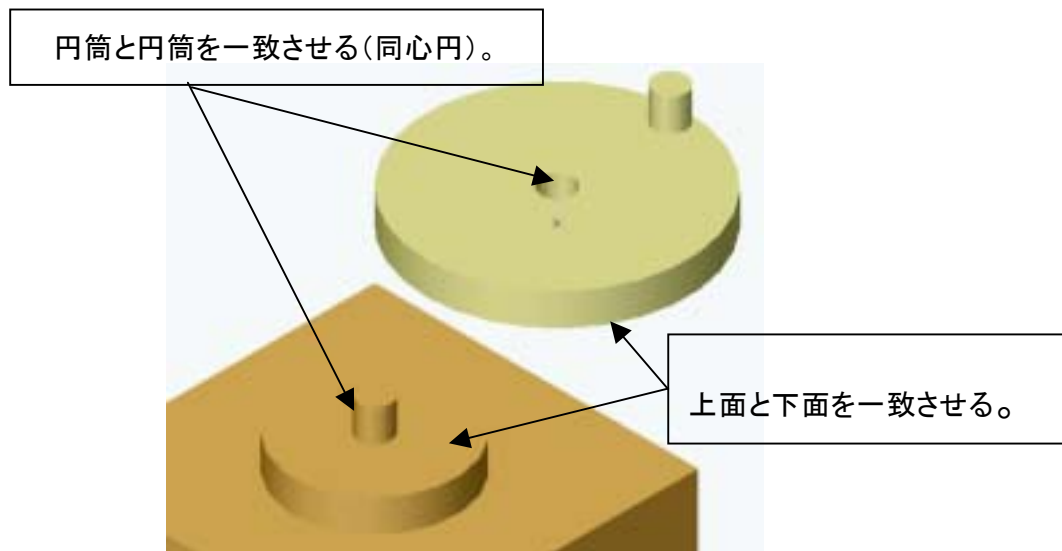


図6-72

- ③合致コマンドの設定 図6-73参照。

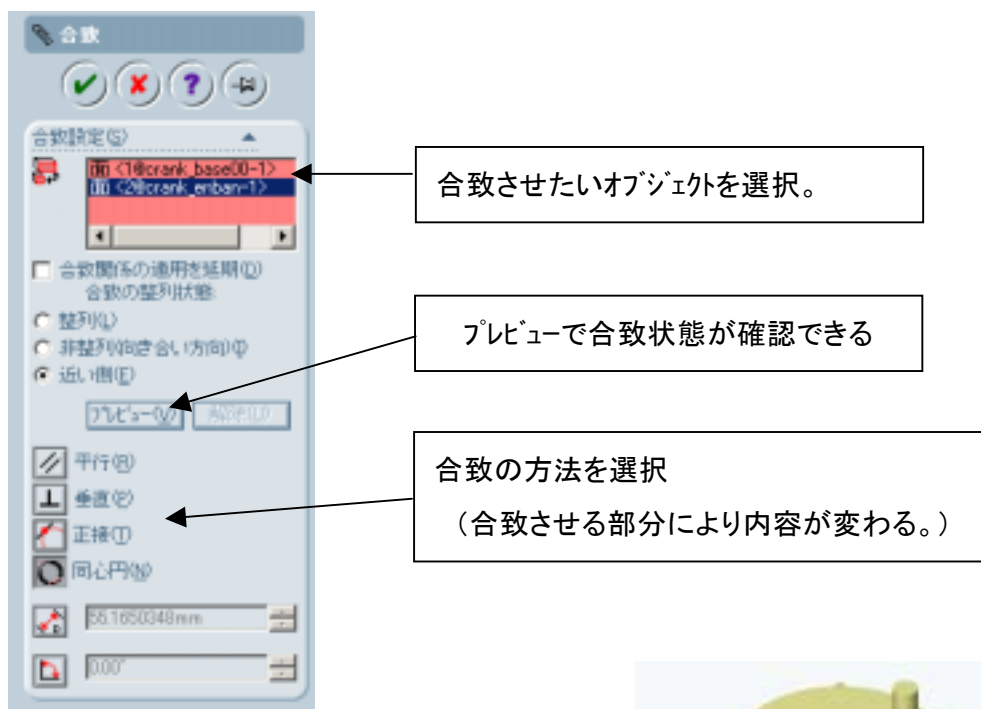
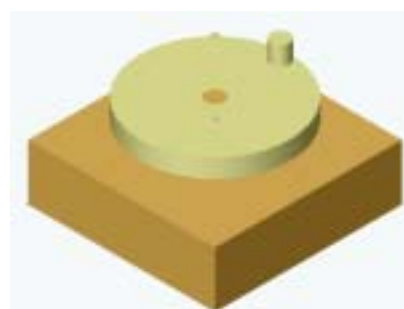
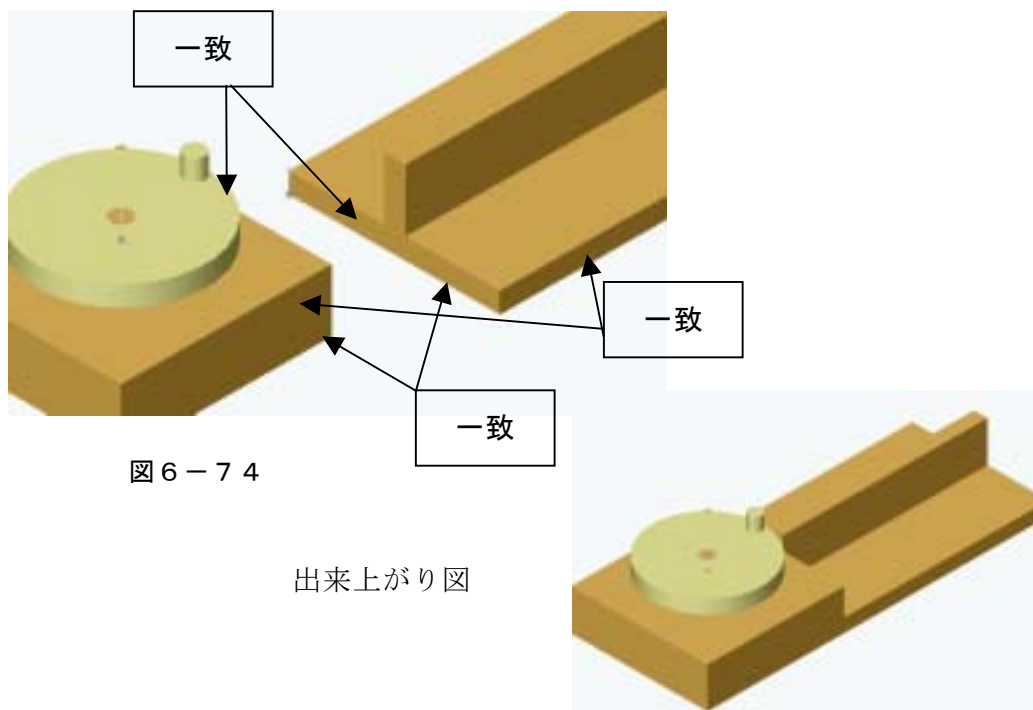


図6-73

出来上がり図

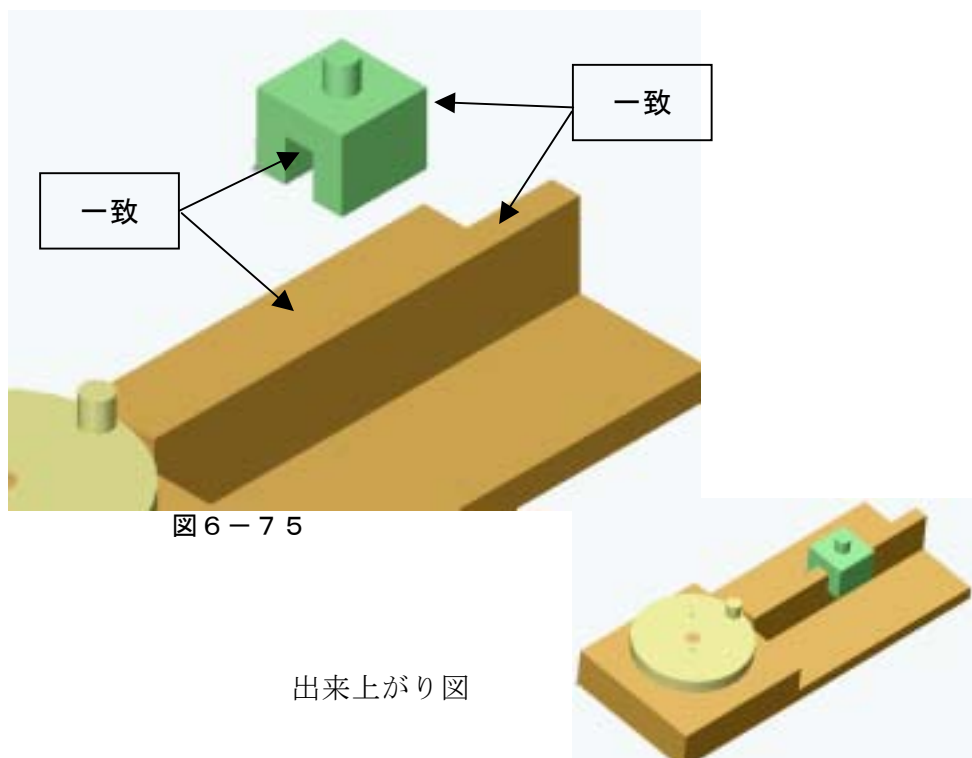


④slide_base ファイルを挿入し、一致合致で拘束する。図6-74参照。



合致が挿入しやすいよう構成部品移動・回転コマンドを使用する。

⑤slide_unit ファイルを挿入し、一致合致で拘束する。図6-75参照。



⑥link01 を挿入し、同心円、一致合致で拘束する。図 6 - 7 6 参照。

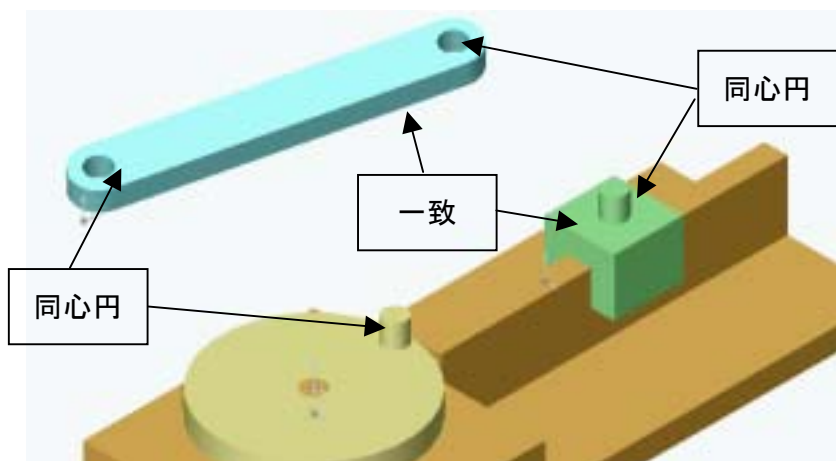


図 6 - 7 6

・モデルの確認

出来上がったモデルは構成部品移動コマンドで動きが確認できる。

図 6 - 7 7 参照。

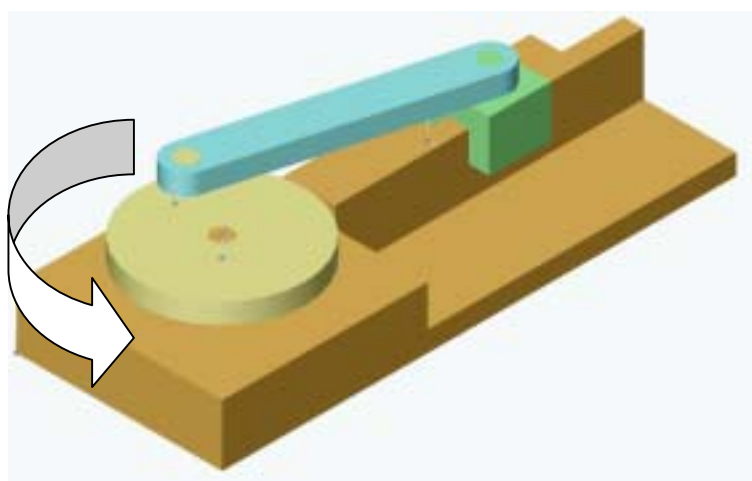


図 6 - 7 7

動かない場合は過剰に拘束が挿入されている可能性が高い。

参考 個々の部品の持つ座標平面を基準にしてのアセンブリモデリング

・平面基準のアセンブリの必要性

部品を作成した時の原点はその部品自体の設計原点であることが多い。この原点を基準としてアセンブリすれば設計意図を考慮に入れた位置配置が可能になる。例えば図6-78のように部品間の位置関係が重要な場合、アセンブリの基準を側面などで取ると後で形状変更があった場合部品間の位置関係は崩れてしまう（図6-79）。そこで部品原点に予め用意されている三平面を使いアセンブリしておけば位置関係は崩れにくい（図6-80）。

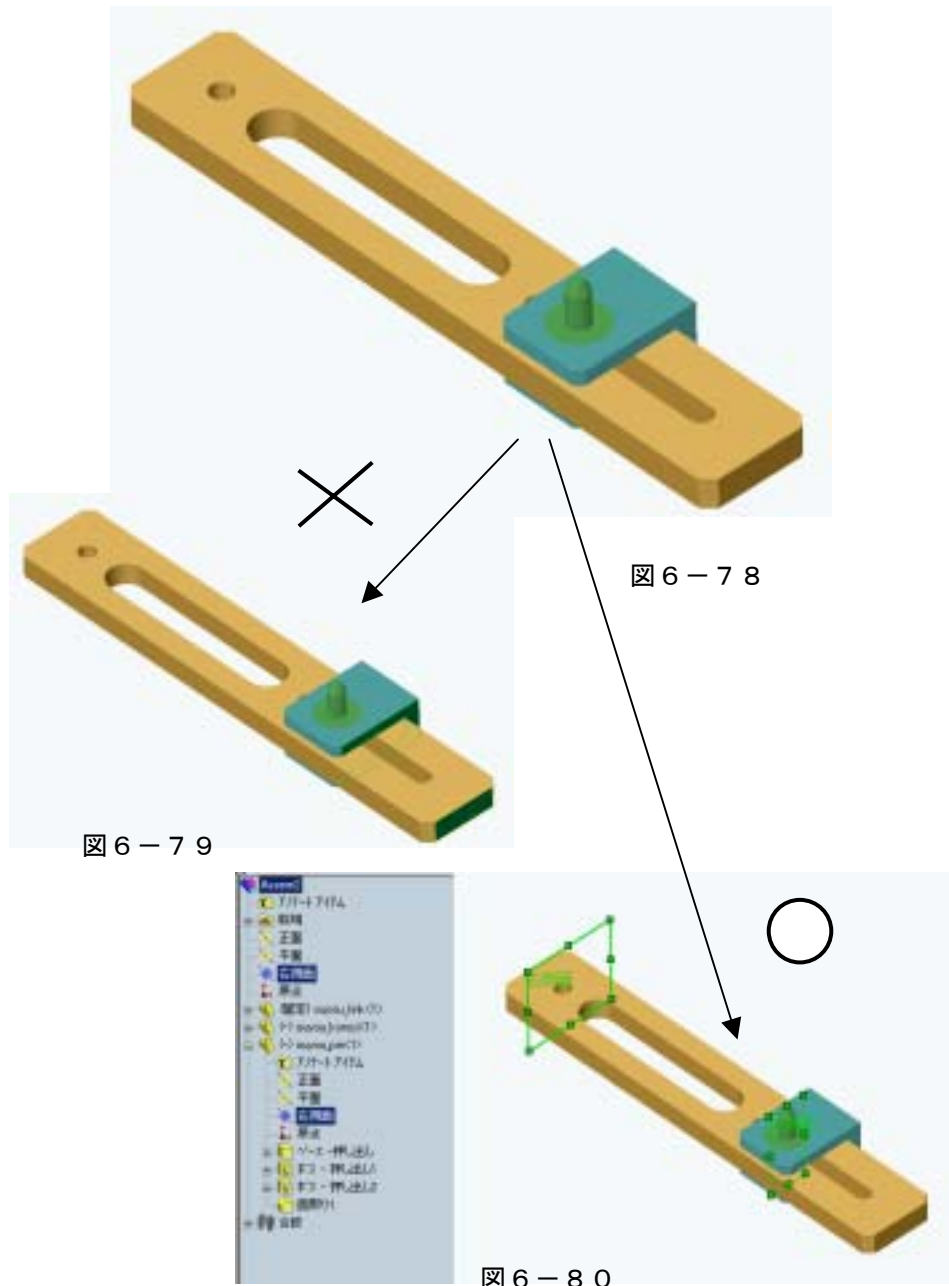


図6-78

図6-79

図6-80

(1) アセンブリ課題 1

前ページの内容を考慮した上で、各自のモデリングしたものを図6-81のようにアセンブリする。ただし、ピンと穴間の距離は130mmとする。

(使用部品ファイル：slider01、slider02、slider03)



図6-81

(2) アセンブリ課題 2

図6-82を参考にしてアセンブリする。ただし穴間の距離は150mmとする。

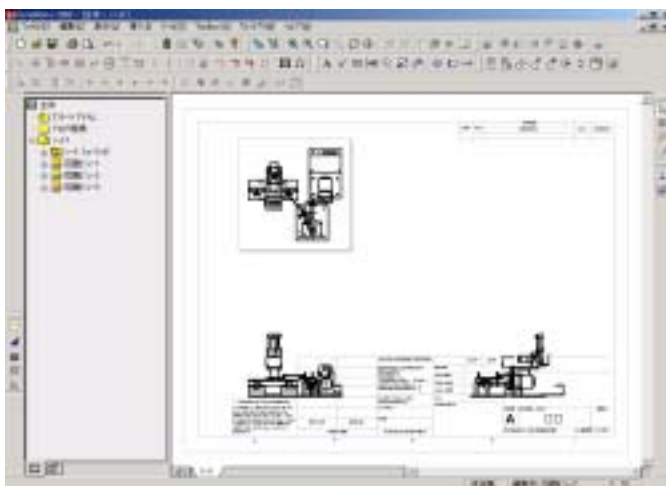
(使用部品ファイル：link01、link02、link03)



図6-82

(3) 図面化までの作業

SolidWorks 図面機能を使って、パーツ及びアセンブリの2次元図面を作成する。



図面には加工指示や加工精度などの製作指示を示す。但し、実際の部品加工までは行なわない。[ファイル]→[新規]より全体.SLDDRWを作成して図面を作成してみる。

図6-83

第4節 機構解析システムの基本演習

4-1 COSMOSMotion について

本章の演習に先立ち、使用する機構解析ソフト「COSMOSMotion」について紹介する。

（1）COSMOSMotion とは

SolidWorks で作成されたモデルに動きを与えるシミュレーションツールである。

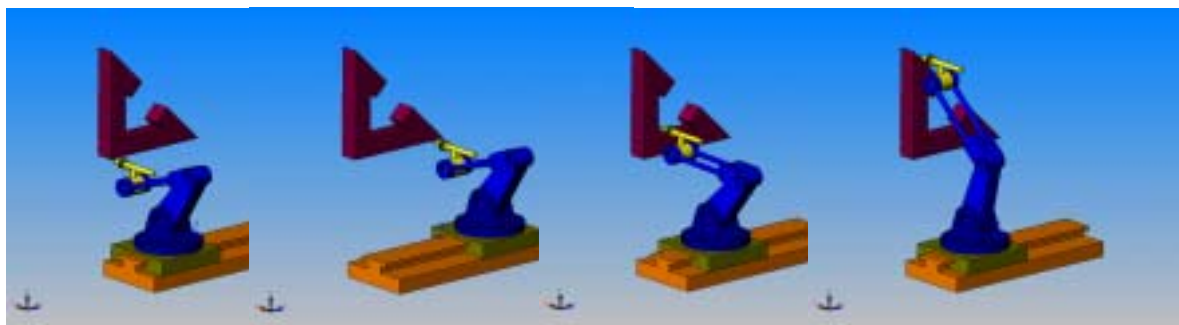


図 6-84

（開発元：米国 SRAC 社）

（2）COSMOSMotion で何が出来るのか

<機構システムの動作検証>

CAD 上で速度・加速度・反力・パーツの軌跡、動的干渉チェック等々を検証しながら設計検討を実施出来る。各パーツは剛体として扱われるため変形を考慮にした動きを見ることは出来ない。

<機構システムの駆動負荷の測定>

モーターの動力を伝達する機構において必要なトルク力や回転速度を求めることが出来る。

<構成部品に発生する動的荷重、接触反力の測定>

パーツに作用する力（ジョイント反力、接触力、重力等）を求めることにより構造解析用の荷重を決定することが出来る。

（3）特徴

<SolidWorks と完全統合>

CAD で作成したパーツを解析モデルとして直接使用可能。モデル形状の変更に解析条件も追従するため、設計変更と解析を簡単に切り替えられる。

<簡単な操作性>

操作は Windows の操作と同じである。ドラッグ&ドロップ、右クリックなどマウス操作でほとんどのメニューが実行可能。

<解析結果の信頼性>

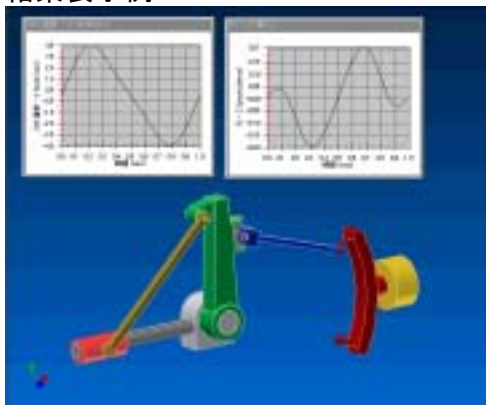
解析ソルバには世界シェア No.1 の ADAMS と同じソルバを使用しているため信頼性の高い結果を高速に得ることが可能。

(4) 機能一覧

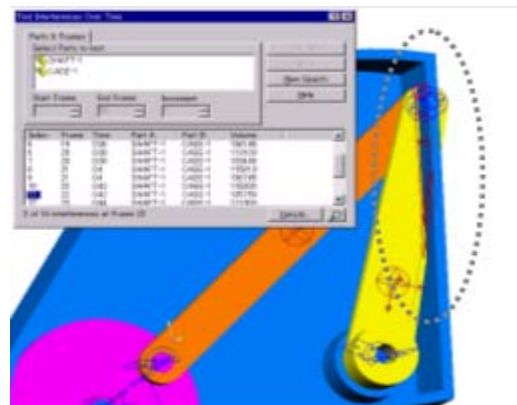
表 6-3 COSMOSMotion 機能一覧

機能	<ul style="list-style-type: none"> ■各種解析：キネマティクス解析、スタティック解析、ダイナミック解析 ■結果表示：アニメーション、XYプロット、動的干渉チェック、ベクトル表示、軌跡表示 ■外部ファイル出力：Excel、テキスト、AVI、VRAM、FEMデータ
設定条件	<ul style="list-style-type: none"> ■パーツ： 可動パーツ/グランドパーツ ■質量特性： SolidWorks の形状データから自動計算 ■ジョイント： 回転、シリンダ、球、並進、ユニバーサル・・・等 ■接触： ポイント・カーブ/カーブ・カーブ/3D接触 ■摩擦： ジョイント摩擦、パーツ摩擦（静摩擦、動摩擦） ■カプラー： ジョイントの連動（回転・回転/回転・並進/並進・並進） ■運動関数： 一定/ハーモニック/ステップ/データポイント/ADAMS ■力要素： スプリング/ダンパ/ブッシュ/作用・反作用
その他	COSMOSWorks、DesignSpace への荷重転送、ADAMS へのデータ変換

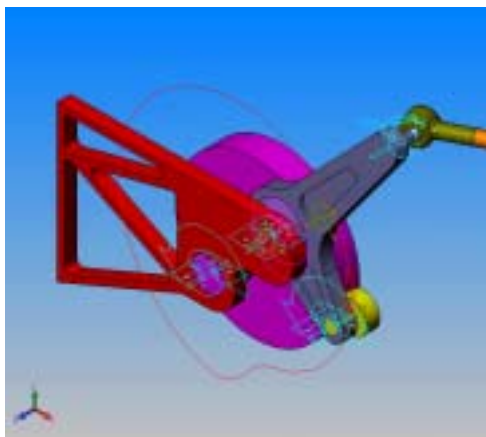
(5) 結果表示例



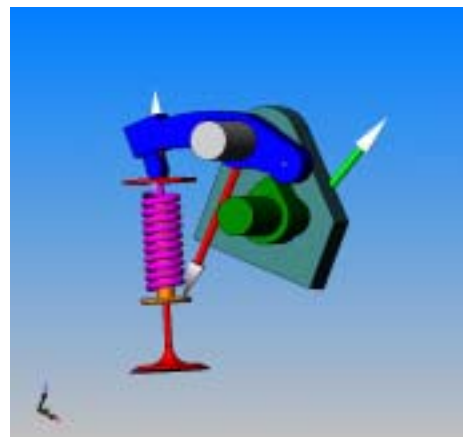
XYプロット (グラフ)



干渉チェック



軌跡表示



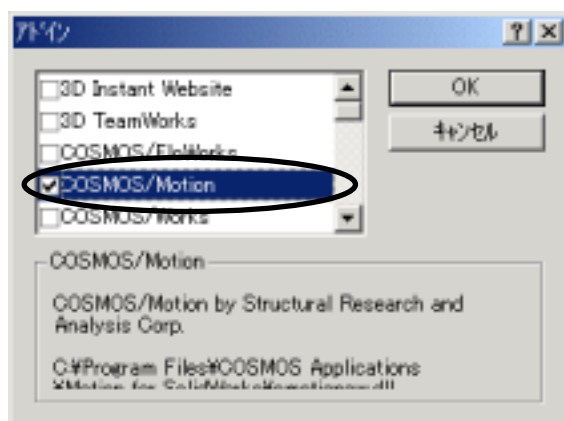
ベクトル表示

図 6-85 出力結果

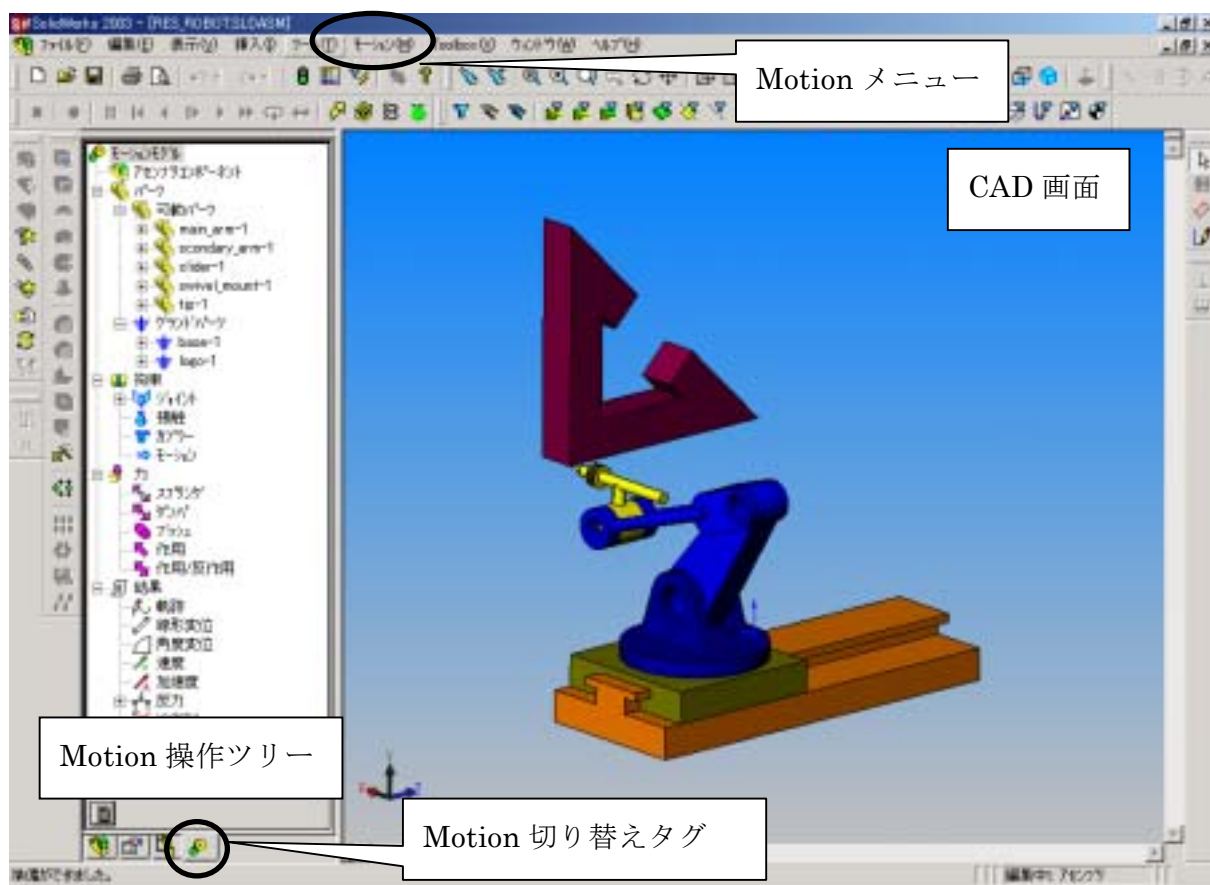
4-2 操作画面説明

・起動／終了

- ①SolidWorks のメニューの[ファイル]→[開く]よりアセンブリファイルを開く。
- ②SolidWorks のメニューの[ツール]→[アドイン]を開き、COSMOSMotion にチェックが入っていることを確認。



・操作画面説明



COSMOSMotion操作ツリー



<ツリー上での基本操作>

- ・コンポーネント上で右クリック
そのときにできる操作のみが表示される。
- ・ドラッグ&ドロップ
コンポーネントを移動させるときに使う。

<ツリーの内容>

- ・アセンブリコンポーネント
開いたアセンブリファイルの直下にある部品単位で部品が表示される。COSMOSMotionで動かすことができる部品の単位である。ここに表示されている部品は解析には含まれない。

・パーツ

アセンブリコンポーネントから部品を選択し可動パーツかグラントパーツに挿入することで解析部品とみなされる。可動パーツに挿入された部品は自動的に重心位置、回転慣性が計算される。

・拘束

ジョイント条件など自由度を除去する定義を行う。Solid Worksの合致条件より自動作成されるジョイントもここに挿入される。

・力

自由度には影響しない力やトルクを与える定義を行う。

解析実行ボタン



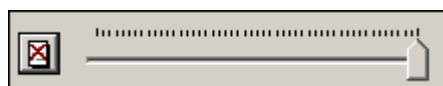
このボタンの状態のときは、解析条件の付加や、編集が可能。

解析を実行するときはボタンを押す。解析実行中はスライダーが表示され進捗状況を表示する。

ギアマークタブ (Motionタブ)



解析結果削除ボタン



このボタンの状態のときは、解析条件を付加することはできない。解析結果に関する操作のみ行うことができる。(例：XYプロット、アニメーション表示、エクセルエクスポート)

解析結果を削除し、解析条件の編集を行う場合はボタンを押します。ボタンは解析実行ボタンの表示に戻る。

COSMOSMotionのコマンド

パーツの設定

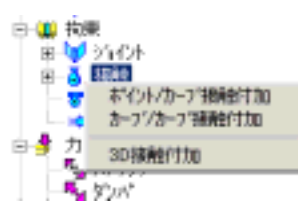


拘束の設定

ジョイントの設定



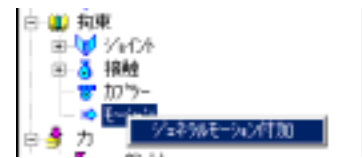
接触の設定



カプラーの設定

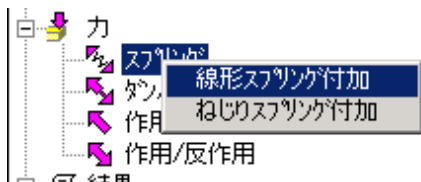


モーションの設定

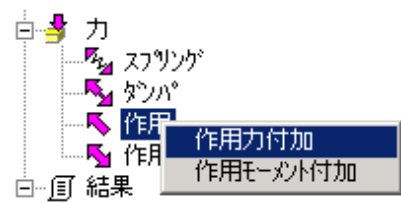


力の設定

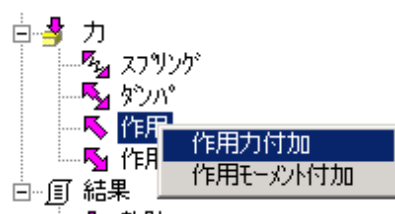
スプリングの設定



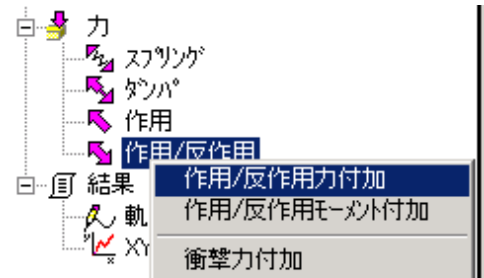
作用力の設定



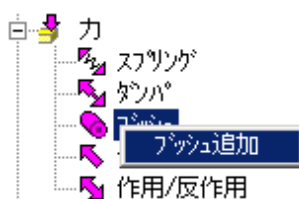
ダンパの設定



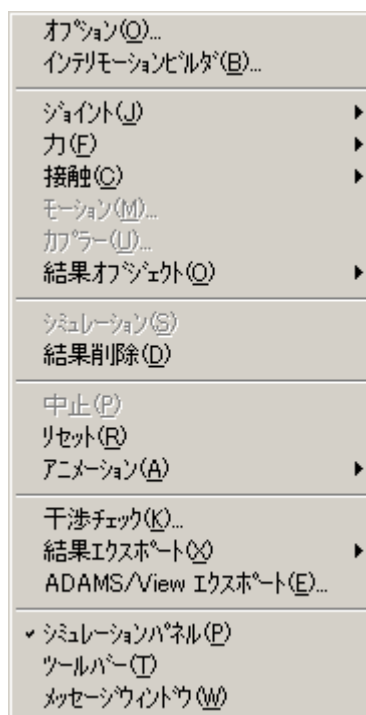
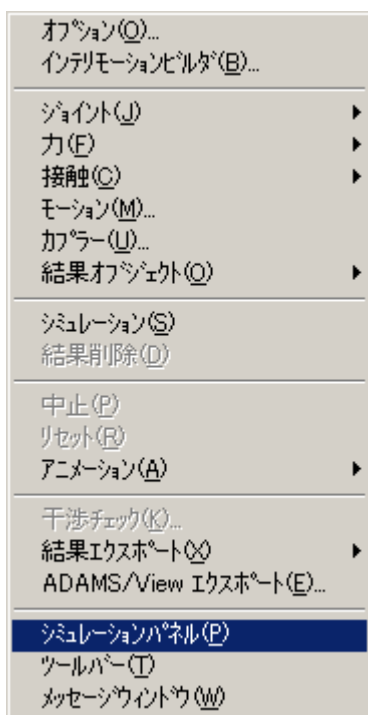
作用反作用の設定



ブッシュの設定



プルダウンメニュー(解析実行前) プルダウンメニュー(解析実行後)

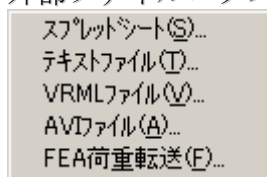


シミュレーションパネル



解析後に、解析結果アニメーションは画面上で再生、早送り等を行うことができる。モデルが解析前後のいずれにあるかが分かる。機構システムの総自由度が分かる。

外部ファイルエクスポート



このメニューは解析実行後にしか表示されない。

スプレッドシート ⇒エクセルシート

テキストファイル ⇒*.txtのファイル

VRMLファイル ⇒VRML形式のアニメーションファイル

AVIファイル ⇒AVI形式のアニメーションファイル

FEA荷重転送 ⇒強度解析用境界条件のテキストファイル


4-3 例題演習

(1) 4節リンクモデル

1. COSMOSMotion の基本操作習得
2. モーションモデル定義
3. シミュレーション実行
4. 結果アニメーション表示
5. 設計変更
6. 結果の表示




・モデルのロード

- ① ファイル<4bar_1.sldasm>を開く。
- ② SolidWorks のフィーチャーマネージャデザインツリーより  MateGroup1 を展開し、どのような合致条件が定義されているのかを確認する。
- ③ 今から行うシミュレーションのアニメーションを確認。Windows エクスプローラよりモデルと同じフォルダ内にある<RES4bar_1.avi>ファイルをダブルクリックし、動きを確認する。

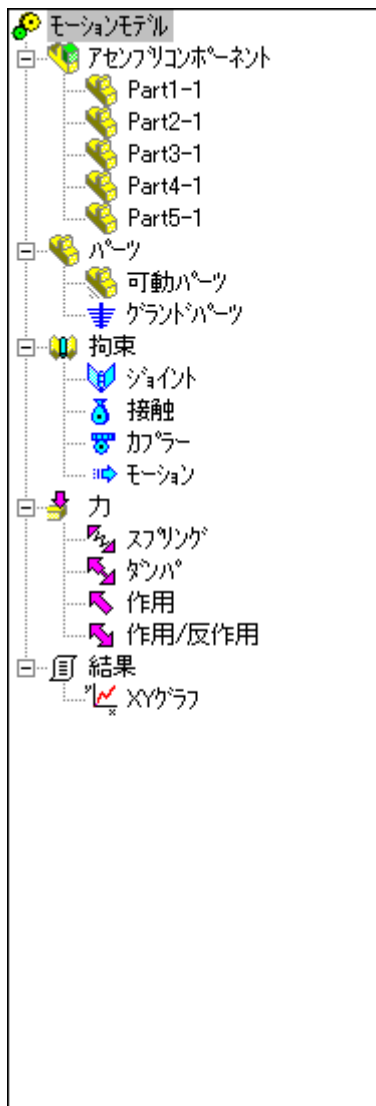
- ・ジョイント位置の種類は？
- ・動きの定義をどこに行えばアニメーションのように動くのか？
- ・モーションパーツの指定

- ① フィーチャーマネージャを COSMOSMotion のメニュー表示にする。

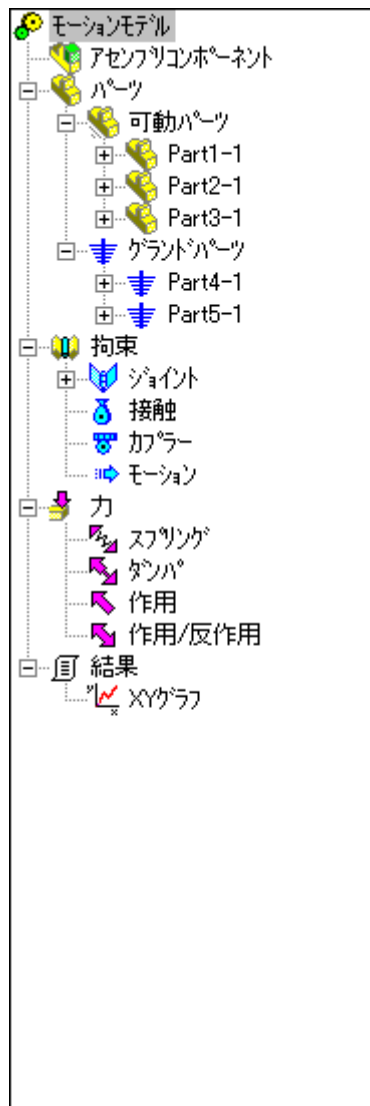
ヒント  マークをクリック

② アセンブリコンポーネントツリーにある各パーツを“可動パーツ”，“可動パーツ”に分類する。

・分類する前のツリーの状態

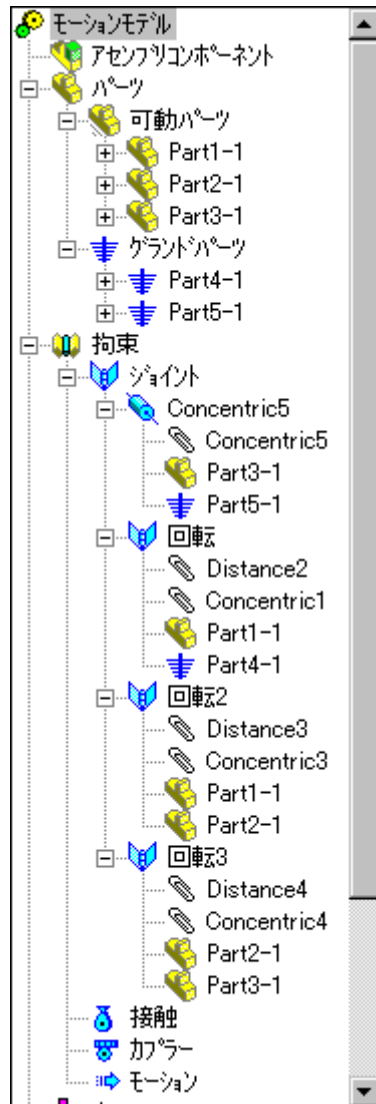


・分類後のツリーの状態



分類が完了したらジョイントの内容を確認する。

③ ジョイントツリー田をクリック-展開し, ジョイント名を確認。更にジョイント名田をクリック-展開し, それぞれのジョイントがどのパーツを結んでいるのか, また SolidWorks のどの合致条件から自動ジョインと変換されたのかを確認する。



・ジョイントのモーション指定

① ジョイントに強制運動を与える。強制運動を与えるジョイントは“回轉”ジョイントである。

ヒント “回轉”ジョイントは Part1-1 と Part4-1 を結んでいる。

ジョイント名を選択すると, パーツ上のジョイントマークがハイライトされる。



- ② “回転” ジョイントを右クリックし、プロパティダイアログを表示する。



次の運動を定義する。



ヒント これは“回転” ジョイントを 360deg/sec の一定速度で強制的に運動させる事を意味している。

- ③ 定義が完了したら、“適用ボタンで” ダイアログを閉じる。
④ 強制運動を与えた“回転” ジョイント周りに矢印の表示が新たに表示されている事を確認。矢印の向きは正の向きをあらわす。



ツリー上の 回転にも赤色のチェックが入っている事を確認する。

・シミュレーションの実行

① シミュレーションを実行する前に、解析条件の確認を行う。

COSMOSMotion オプションダイアログで解析の諸条件を設定できます。次の設定になるように、それぞれのパネルを編集する。

ヒント COSMOSMotion オプションダイアログは“モーションモデル”を右クリックし、“システムデフォルト”を選択すると表示される。

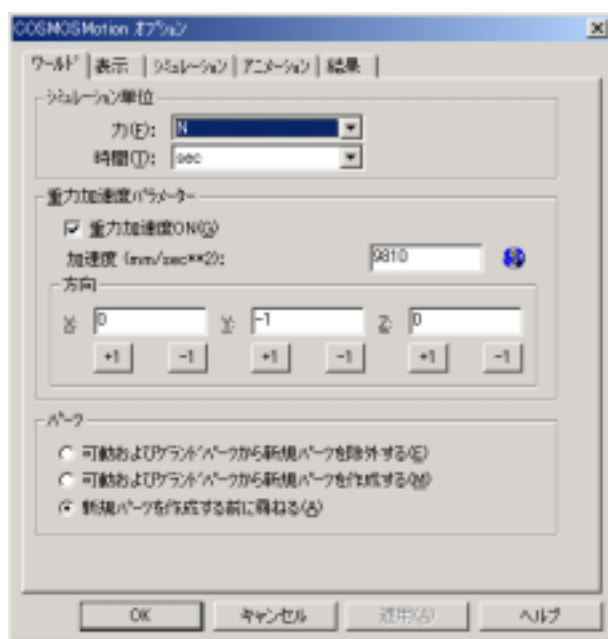
<ワールドパネル>

単位や重力について定義する。図と同じように編集してください。

ヒント 長さの単位は SolidWorks の単位を引き継ぐ。

ボタンを押すと重力方向が変わる。

ボタンは地球上の重力を設定する。



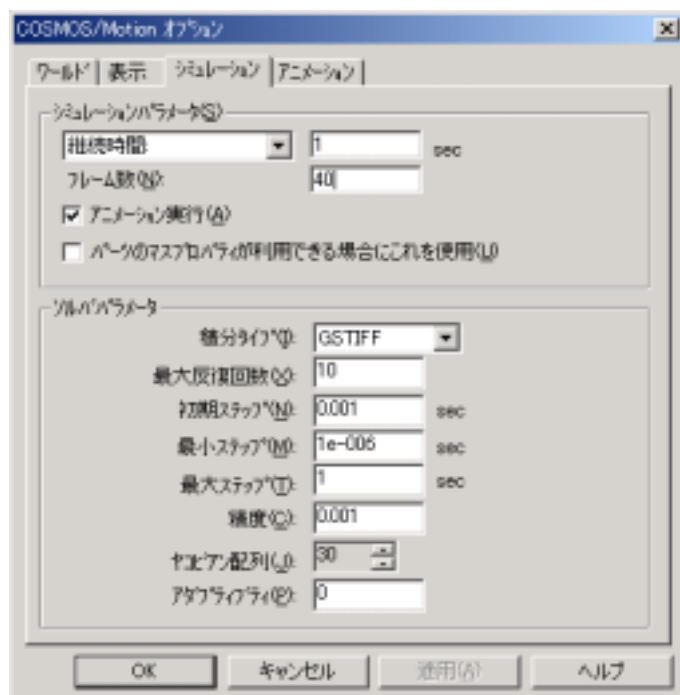
<表示パネル>

ジョイントマークや重心位置のシンボルマークなどの表示状態を編集するパネルである。ここでの編集は解析結果には影響しない。表示だけの設定であり、見づらい箇所や強調したい部分があれば、色や大きさを変えてみる。



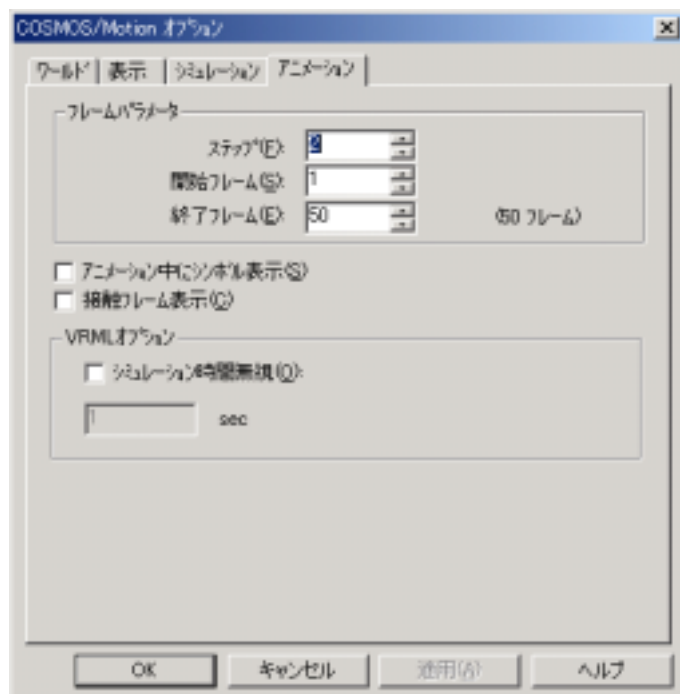
<シミュレーションパネル>

ここではシミュレーションパラメータとソルバの設定を行う。表示と同じになるように編集する。ヒント：このシミュレーションは1秒の解析を40フレームで出力するという設定になっている。従って結果の出力は0.025秒毎に行われるという意味である。




<アニメーションパネル>

ここでは編集の必要はないので内容を確認する。アニメーション結果をはきだすときに使うパラメータであり、直接解析には影響しない。



② これで解析の準備が整ったので、解析を実行することができる。

ヒント：解析実行ボタンはフィーチャマネージャ下部の  計算機マークのボタンである。

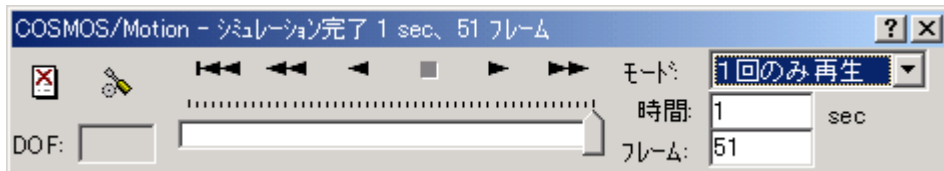
ヒント：プルダウンメニューより [Motion] → [ツールバー] でツールバーを表示させておくと解析の繰り返しや、アニメーション表示を行う時に便利である。

<ツールバー>



・アニメーション結果

- ① プルダウンメニューより [Motion] → [ツールバー] でツールバーを表示させ、アニメーションを表示させる。



早送り、逆再生、繰り返し再生など様々な表示を確認してみる。

あるいは関心のあるフレーム、時間を直接テンキーで入力して **Enter** を押すとそのフレームにモデルがジャンプする。

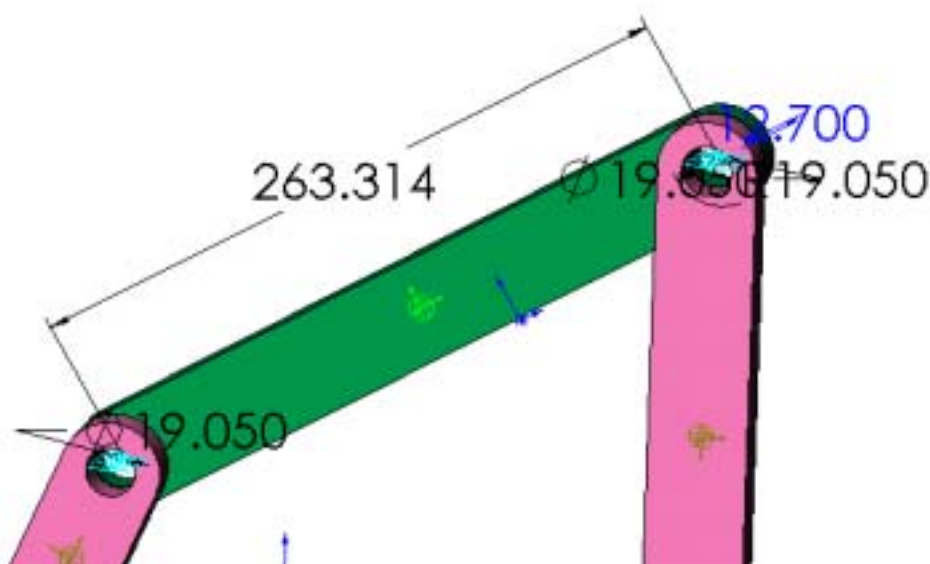
ヒント アニメーションの表示は SolidWorks の表示状態と同じモードになる。陰線処理やシェーディングなど切り替えてみる。

・モデル形状の変更


- ① モデル形状を変更する。変更の前に、解析結果を削除しておくことが必要。

ヒント 結果の削除は  このボタンを再度押す。

- ② Part2-1 の長さを編集する。リンクの長さを **350mm** に編集して、モデルを再構築する。



- ③ シミュレーションを再実行する。

ヒント：実行ボタン  を押すだけで、計算が始まる。

- ④ COSMOSMotion は SolidWorks に完全統合されているので、モデルの変更は、解析モデルにも反映されている。連携部分の操作性を確認してみる。

ヒント：合致条件が取り付けられているジオメトリやそのパーツ自体が削除されない限り、COSMOSMotion のモデルは SolidWorks の変更を引き継ぐ。

・ MS-Excel でのグラフ結果

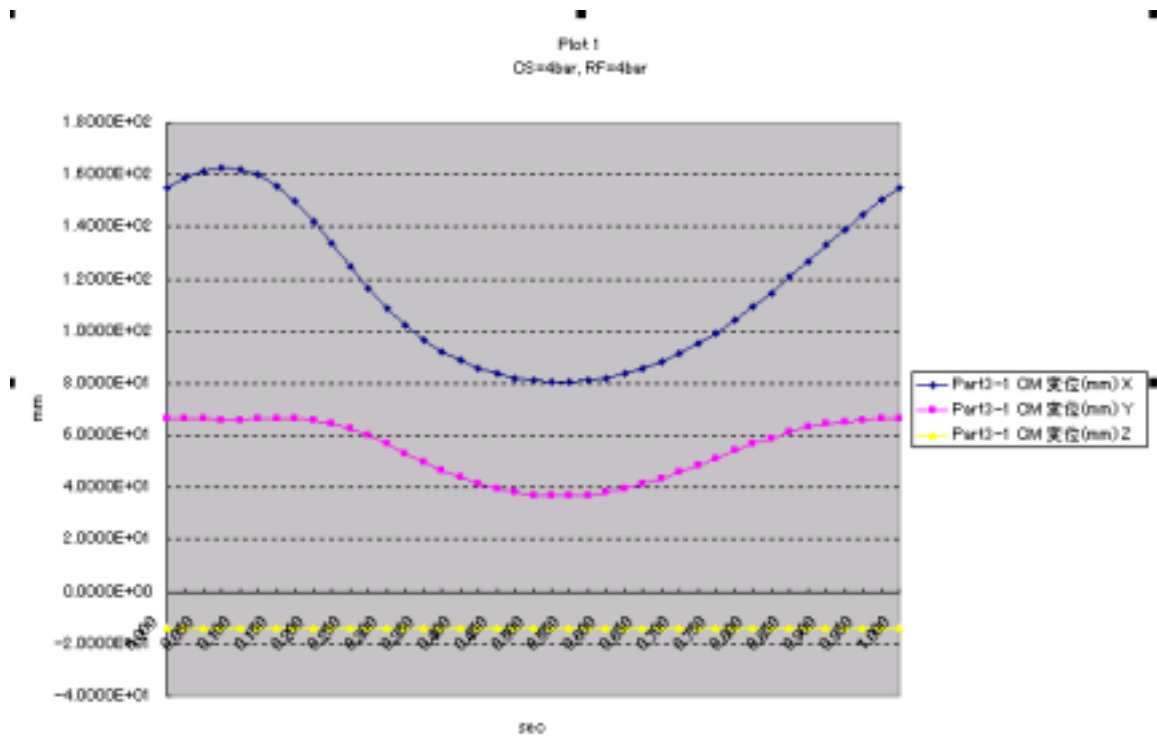
- ① 結果は MS-Excel、テキスト、SolidWorks 上の XY プロットなどで表示できる。
 ② ここでは MS-Excel へ結果をエクスポートしてみる。
 ③ プルダウンメニューより [Motion] → [結果エクスポート] → [スプレッドシート] を選択すると、次のダイアログが表示される。



- ④ 表示させたいグラフを選択する。選択すると **カーブ¹に追加**

ボタンが選択可能になるのでボタンを押し、**OK** ボタンを押すと自動的に MS-Excel が起動し、グラフを表示する。

例) 次のような選択を行った時、Excel は Plot1 にグラフを、Sheet1 に表を表示する。



A	B	C	D	E
Plot 1				
		Part3-1	Part3-1	Part3-1
		CM 変位(mm)	CM 変位(mm)	CM 変位(mm)
Frame	Time	X	Y	Z
1	0.000	1.5488E+02	6.6480E+01	-1.3970E+01
2	0.025	1.5865E+02	6.6364E+01	-1.3970E+01
3	0.050	1.6128E+02	6.6203E+01	-1.3970E+01
4	0.075	1.6250E+02	6.6105E+01	-1.3970E+01
5	0.100	1.6207E+02	6.6141E+01	-1.3970E+01
6	0.125	1.5980E+02	6.6302E+01	-1.3970E+01
7	0.150	1.5560E+02	6.6468E+01	-1.3970E+01
8	0.175	1.4958E+02	6.6412E+01	-1.3970E+01
9	0.200	1.4209E+02	6.5855E+01	-1.3970E+01
10	0.225	1.3369E+02	6.4579E+01	-1.3970E+01
11	0.250	1.2504E+02	6.2515E+01	-1.3970E+01
12	0.275	1.1671E+02	5.9768E+01	-1.3970E+01
13	0.300	1.0913E+02	5.6560E+01	-1.3970E+01
14	0.325	1.0251E+02	5.3154E+01	-1.3970E+01
15	0.350	9.6912E+01	4.9785E+01	-1.3970E+01
16	0.375	9.2309E+01	4.6636E+01	-1.3970E+01
17	0.400	8.8610E+01	4.3830E+01	-1.3970E+01
18	0.425	8.5715E+01	4.1445E+01	-1.3970E+01
19	0.450	8.3532E+01	3.9525E+01	-1.3970E+01
20	0.475	8.1979E+01	3.8093E+01	-1.3970E+01
21	0.500	8.0997E+01	3.7157E+01	-1.3970E+01
22	0.525	8.0543E+01	3.6715E+01	-1.3970E+01
23	0.550	8.0591E+01	3.6762E+01	-1.3970E+01
24	0.575	8.1131E+01	3.7286E+01	-1.3970E+01

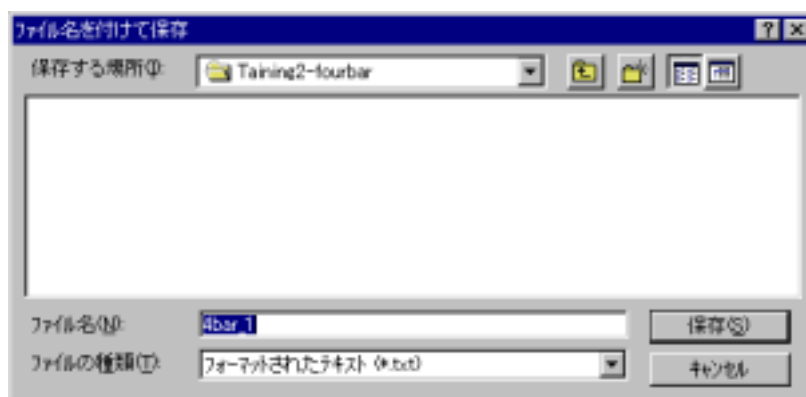
•
•

・テキストでのグラフ結果

- ① 結果は MS-Excel, テキスト, SolidWorks 上の XY プロットなどで表示できる。
- ② ここではテキストファイルへ結果をエクスポートしてみる。
- ③ プルダウンメニューより [Motion] → [結果エクスポート] → [テキストファイル] を選択すると次のダイアログが表示される。



- ④ 選択の方法は Excel での方法と同じである。見たい結果を選択し、
4 コラムを追加(A) ボタンを押す。コラムの前の数値（ここでは 4）は
 表示する結果の数になっている。その後 OK ボタンを押し、保存する場所と
 名前を決め、保存する。

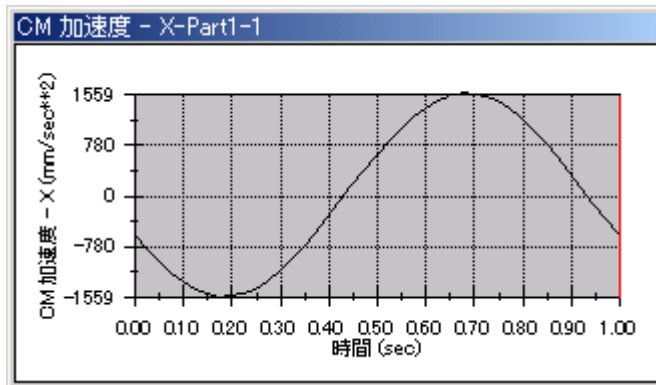


保存したテキストファイルを開いて内容を確認してみる。


・SolidWorks 上 XY プロットでのグラフ結果

- ① 結果は MS-Excel, テキスト, SW 上の XY プロットなどで表示できる。
- ② ここでは SolidWorks 上の XY プロットで表示してみる。

表示したい結果をもつパーツまたはジョイントを右クリックし, “プロット” を表示させ, 更にその中から表示させたい項目を選択する。



←表示されるグラフの一例

ポイント ツリーより, パーツ名やジョイント名をドラッグして  XYプロットにドロップしても XY プロットを書く事ができる。



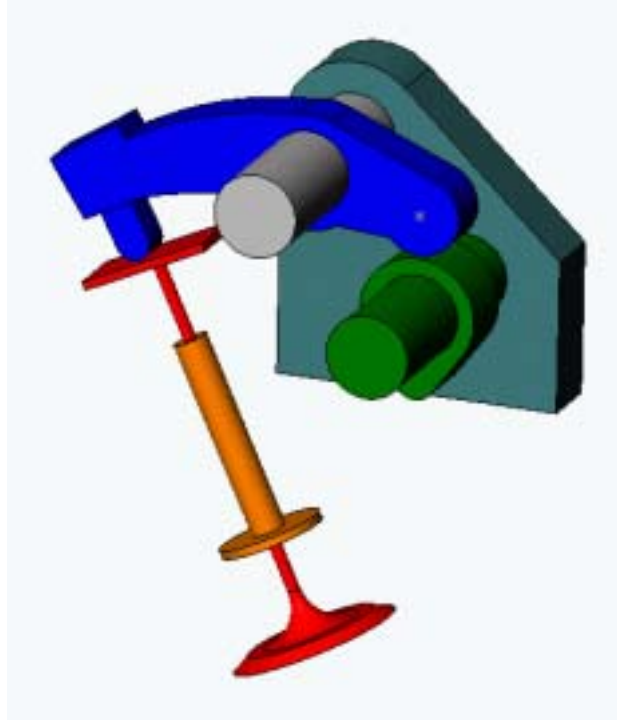
ドロップすると次のダイアログが表示され, グラフの内容が選択できる。



これで本例題は終了です。

(2) 3d_valvecam


1. 動作の確認
2. 基本操作習得
3. モーションモデル定義
4. スプリング付加
5. シミュレーション実行
6. 結果の評価




・設計コンセプト

このモデルではカムの接触定義を行い、カムとロッカー間に生じる接触力をみる。ロッカーを押さえているバルブのばね力が接触力にどう影響するか、またカムの回転速度とばね力の組合せによりカム跳びが発生しないかどうかを検討する。

・モデルのロード

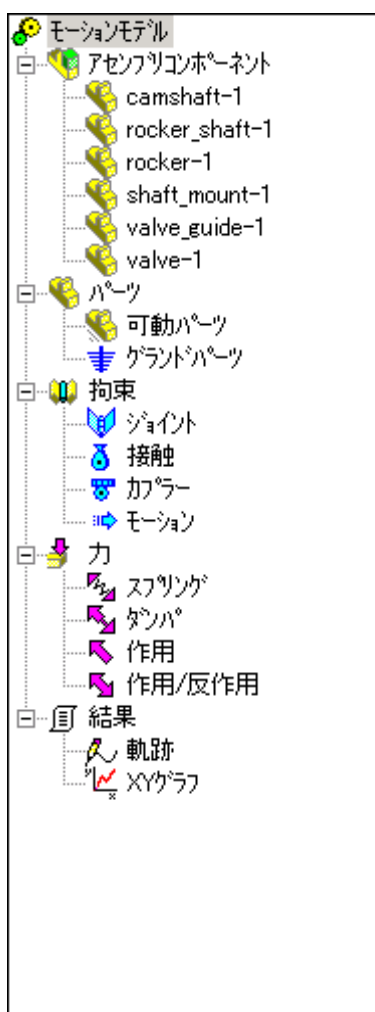
- ① ファイル<valvecam.SLDASM>を開く。
- ② SolidWorks のフィーチャーマネージャデザインツリーより  MateGroup1 を展開し、どのような合致条件が定義されているのかを確認する。
- ③ 今から行うシミュレーションのアニメーションを確認する。Windows エクスプローラよりモデルと同じフォルダ内にある<valvecam_with_results.avi>ファイルをダブルクリックし、動きを確認する。ジョイント位置の種類は？
動きの定義をどこに行えばアニメーションのように動くのか？

- ・ モーションパーツの指定
- ① フィーチャマネージャを COSMOSMotion のメニュー表示にする。

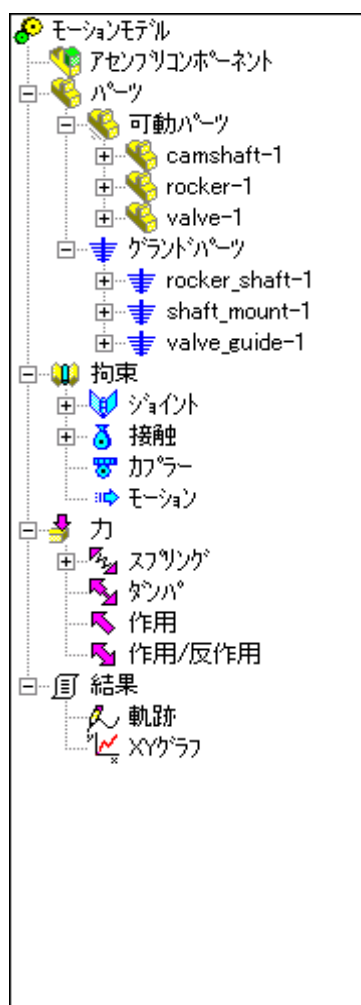
ヒント  マークをクリック

- ② アセンブリコンポーネントツリーにある各パーツを“可動パーツ”，“グラントパーツ” に分類する。

・ 分類前のツリーの状態



・ 分類後のツリーの状態



分類が完了したらジョイントの内容を確認する。

③ ジョイントツリー田をクリック-展開し、ジョイント名を確認。更にジョイント名田をクリック-展開し、それぞれのジョイントがどのパーツを結んでいるのか、またSolidWorksのどの合致条件から自動ジョインと変換されたのかを確認する。

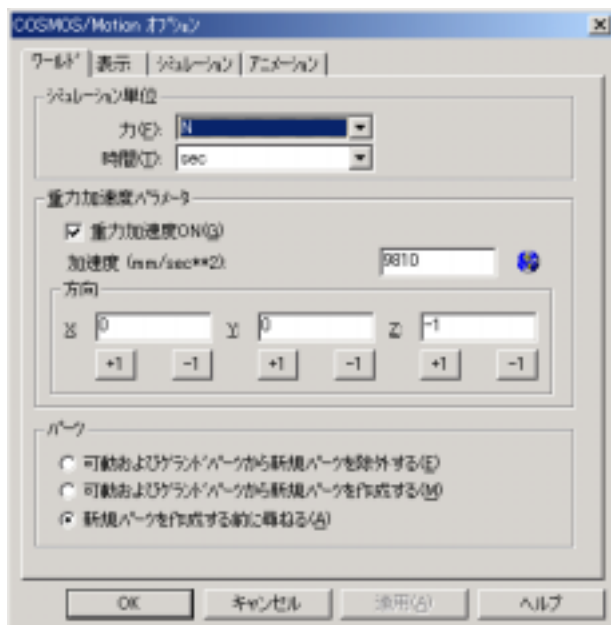


④ 単位系、重力加速度方向の設定

単位系、重力加速度の方向を設定する。

ヒント：COSMOSMotion オプションダイアログは“モーションモデル”を右クリックし“システムデフォルト”で表示できる。

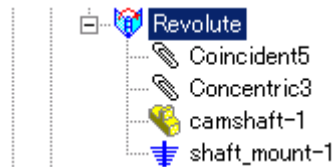
ヒント：以下の設定では重力加速度は-Z方向に働いている。




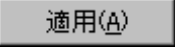
⑤ モーション付加

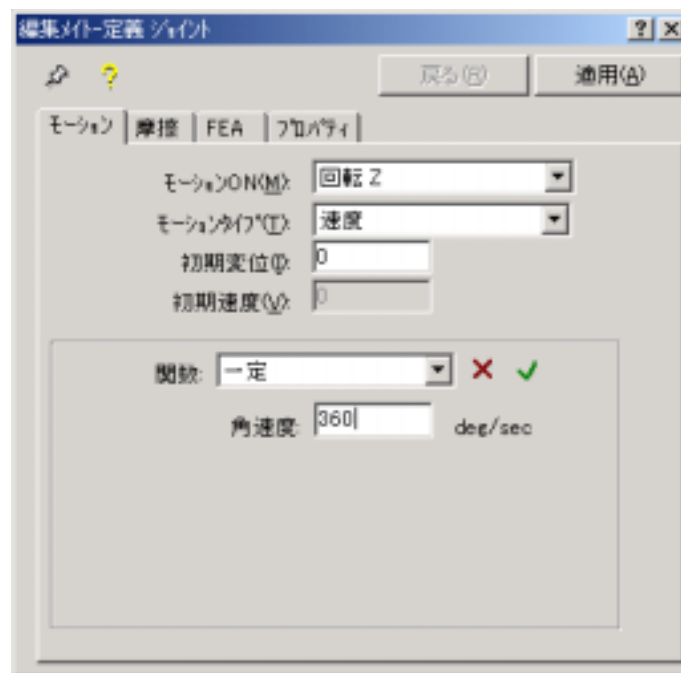
カムを回転させる強制運動を定義する。

ヒント：強制運動を定義するジョイントは camshaft-1 と shaft_mount-1 を結んでいる Revolute（回転ジョイント）である。ジョイント名を右クリックしプロパティダイアログを表示させて定義する。



次のように運動を与える。角速度の部分編集する。

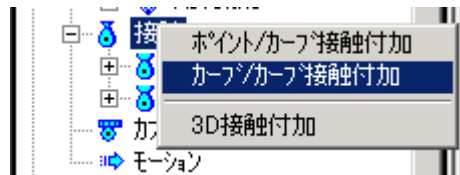
ヒント：角速度を編集した後は必ず  ボタンで更新する。  ボタンでダイアログを閉じる。これはカムが 1 秒間に 360deg 一定速度で回転する定義である。



・カーブ/カーブ接触定義

① camshaft-1 と rocker-1, rocker-1 と valve-1 にそれぞれカーブ/カーブ接触を定義する。

ヒント 接触の定義を付加する場合は“接触”を右クリックし、付加する接触の種類を選びます。今回は“カーブ/カーブ接触付加”を選択する。

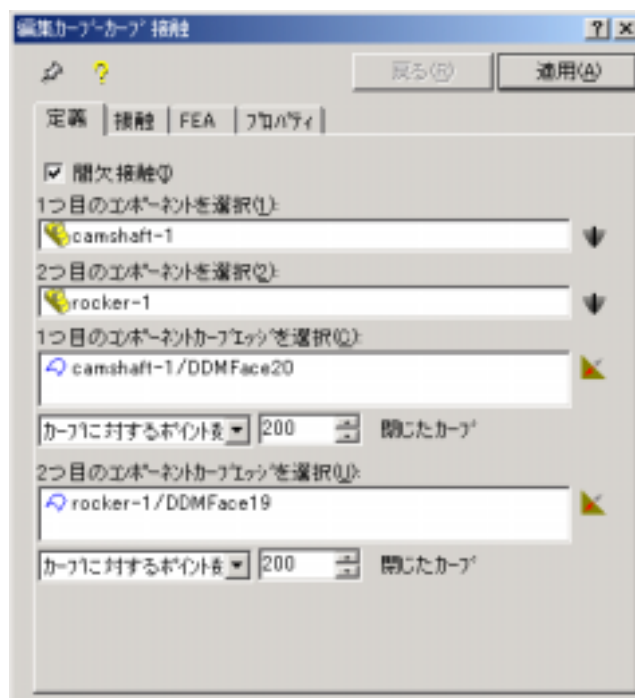


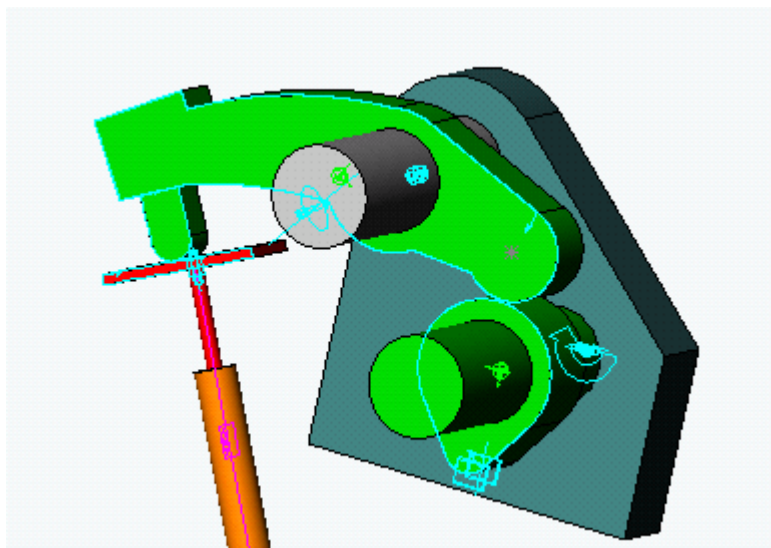
② 挿入カーブ/カーブ接触のダイアログを次のように設定する。

ヒント：カーブ/カーブ接触定義は平行平面の接触に用いる。“コンポーネントカーブエッジを選択”ではカーブが存在する面を選択すると簡単である。（面を選択すると面を囲むエッジが対象となる。）接触するカーブエッジを選択しても定義できる。

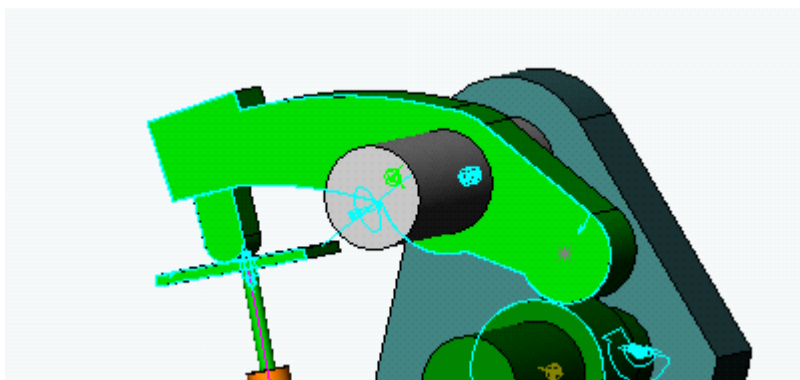
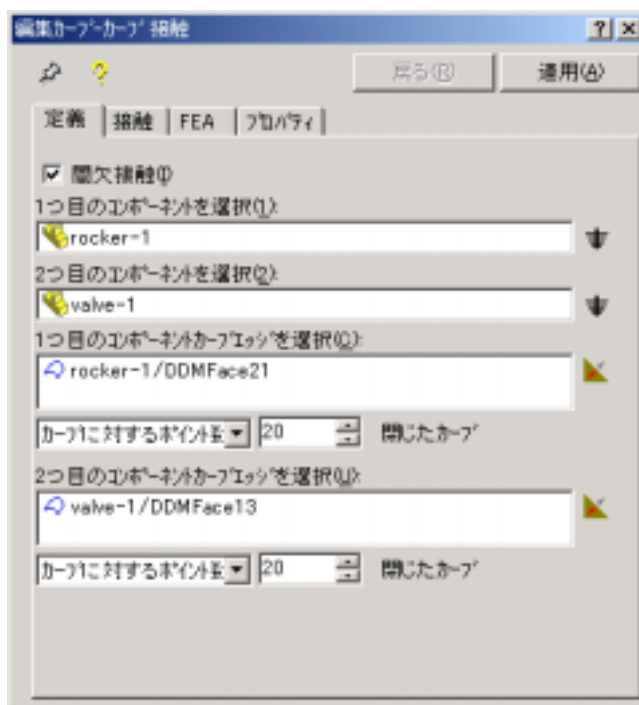
ヒント：カーブに対するポイント数は1カーブを何点のポイントで表現するかを決定するもので、カーブ上のポイント数が多いほど滑らかな接触が定義できるが、その分解時間がかかる。

< camshaft-1 と rocker-1 の接触定義 >





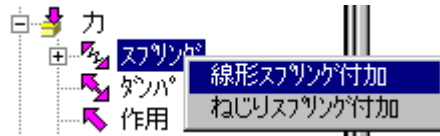
<rocker-1 と valve-1 の接触定義>



・スプリング付加

① バルブがガイドから抜け落ちないようにスプリングを付加する。

ヒント：スプリング付加ダイアログは“スプリング”を右クリックし“線形スプリング付加”で表示させる。



② 表示されたダイアログの指示に従い次のようにスプリングを付加する。

ヒント：表示モードを陰線処理モードにしておくとスプリングを付加するポイントが選択しやすくなる（ポイントは太線部分のエッジを選択）。

剛性や長さも編集する（長さは デザイン(D) チェックボックスのチェックを外すと編集できるようになる）。



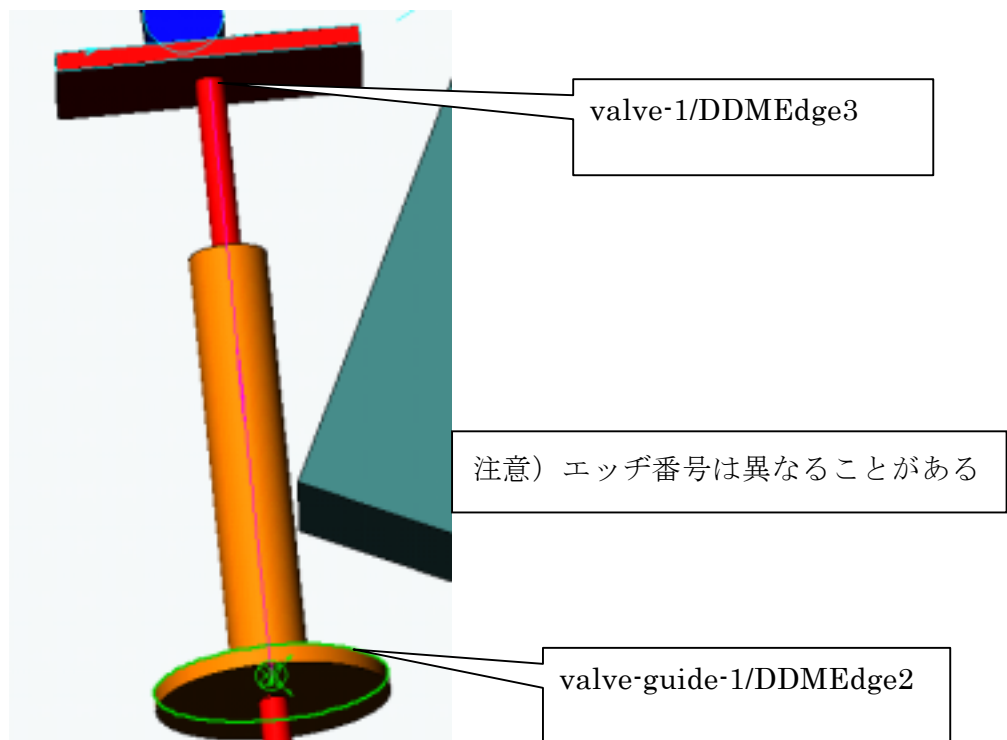
ヒント：スプリングの端点は以下のように選択出来る。

円エッジを選択した場合：円の中心点

直線を選択した場合：エッジの中心点

ポイントを選択した場合：その点

スプリングを付加する位置は以下のとおりである。

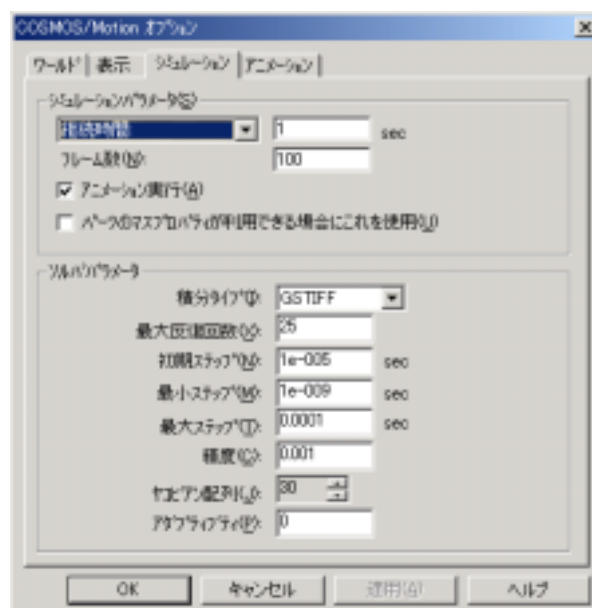


・シミュレーションパラメータの設定

① シミュレーションを実行する前に、解析条件の確認を行う。シミュレーションパラメータを次のように編集する。


ヒント：COSMOSMotion オプションダイアログは“モーションモデル”を右クリック“システムデフォルト”で表示できる。

ヒント：以下のダイアログではシミュレーション時間を 1 sec、フレーム数を 100（1秒を 100 刻み）に設定している。



・シミュレーション実行

① シミュレーションを実行する。

ヒント：シミュレーション実行はボタンを押す。

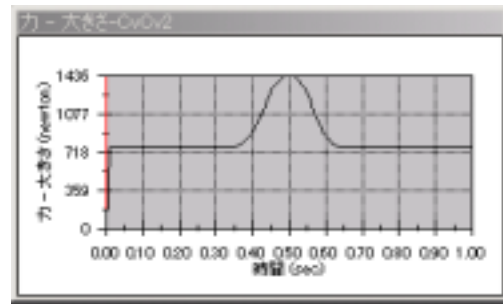
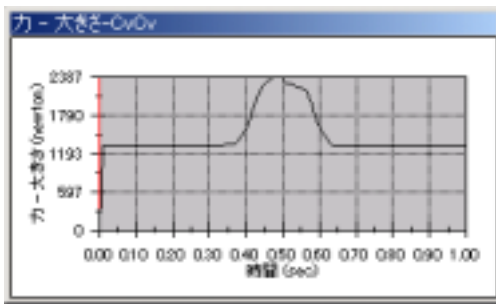
② 定義した接触条件を右クリックし、接触反力を表示してみる。

アニメーションを再生し、接触反力が最大になる部分を確認してみる。



<camshaft-1 と rocker-1 の接触反力>

<rocker-1 と valve-1 のの接触反力>



③ スプリングパラメータの変更

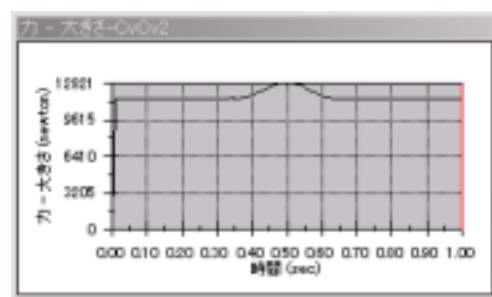
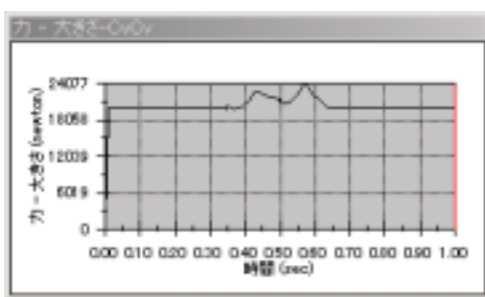
ばねの自由長、定数を変更し、各値を変更することが、接触反力にどのように影響するか確認してみる。特に決まった値はないので、自由に変更して変化を確認してみる。

例) 以下の設定をした場合

剛性(S):	<input type="text" value="200"/>	newton/mm	
長さ(L):	<input type="text" value="100"/>	mm	<input type="checkbox"/> テザイン(D)
力(R):	<input type="text" value="0"/>	newton	

<camshaft-1 と rocker-1 の接触反力>

<rocker-1 と valve-1 のの接触反力>



④カム回転速度の変更

カムの回転速度を変更し、運動にどのような影響を与えるか確認してみる。また、カムの回転速度が速すぎたり、ばね力が弱すぎたりするとカム跳びが発生する。特に決まった値はないので、自由に変更してその変化を確認してみる。

例) カム跳びが生じるような条件

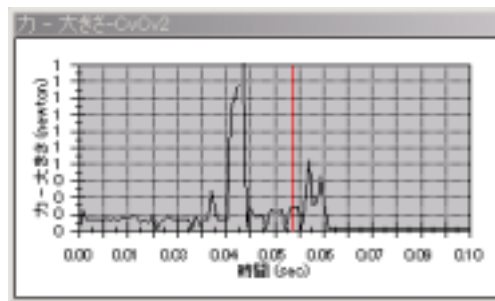
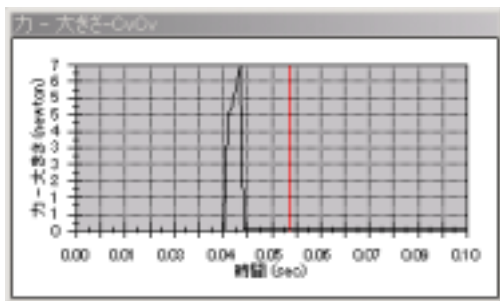
解析時間 0.1 秒

カムの回転速度 3600deg/sec

ばね定数 0.02N/mm

<camshaft-1 と rocker-1 の接触反力>

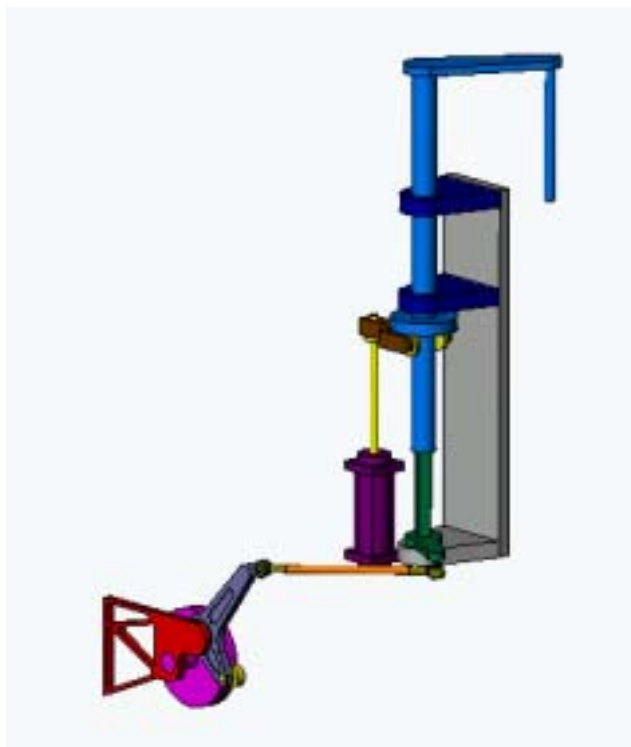
<rocker-1 と valve-1 のの接触反力>



これで本例題は終了です。

(3) cam_design


- 1.動作の確認
- 2.基本操作習得
- 3.モーションモデルを定義
- 4.カム設計
- 5.シミュレーション実行
- 6.結果の評価



・設計コンセプト


このモデルではまだ形状が決まらないカムを実際の運動から求めていこうとするものである。モデルはボトルフィルターを使用する。液体などを注入するフィルター先端の運動をはじめに決定し、その運動を実現させるためのカムを設計していく。このモデルでは、フィルターの上下方向運動はピストンによる強制変位で動かし、回転方向運動についてカムで動かそうとするのが最終設計目標である。フォロワーの軌跡からカム形状を決定していく。

・モデルのロード

- ① ファイル<cam_design.SLDASM>を開く。
- ② SolidWorks のフィーチャーマネージャデザインツリーより  MateGroup1 を展開し、どのような合致条件が定義されているのかを確認する。
- ③ 今から行うシミュレーションのアニメーションを確認する。Windows エクスプローラよりモデルと同じフォルダ内にある<REScam_design.avi>ファイルをダブルクリックし、動きを確認する。ジョイント位置の種類は？
動きの定義をどこに行えばアニメーションのように動くのか？

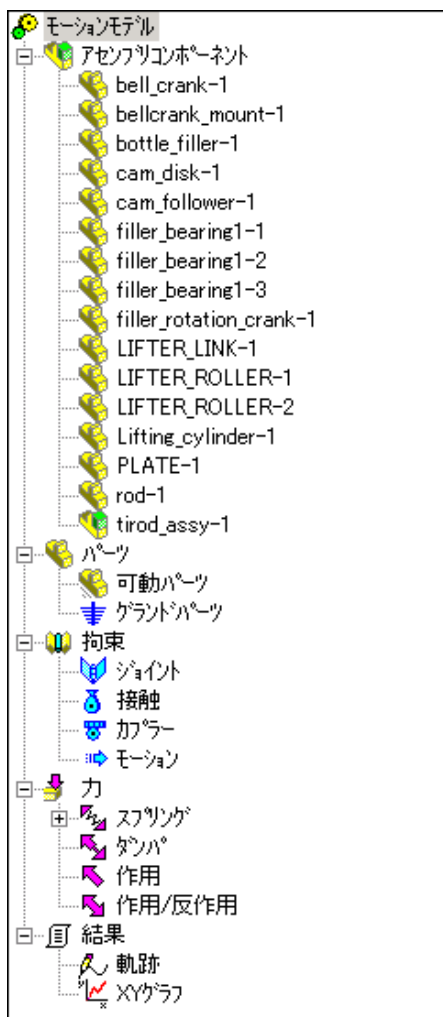
・モーションパーツの指定

- ① フィーチャーマネージャーを COSMOSMotion のメニュー表示にする。

ヒント  マークをクリック

- ② アセンブリコンポーネントツリーにある各パーツを“可動パーツ”，“可動パーツ”に分類。

・分類する前のツリーの状態



・分類後のツリーの状態



分類が完了したらジョイントの内容を確認する。

③ ジョイントツリー田をクリック-展開し、ジョイント名を確認する。更にジョイント名田をクリック-展開し、それぞれのジョイントがどのパーツを結んでいるのか、また SolidWorks のどの合致条件から自動ジョインと変換されたのかを確認する。

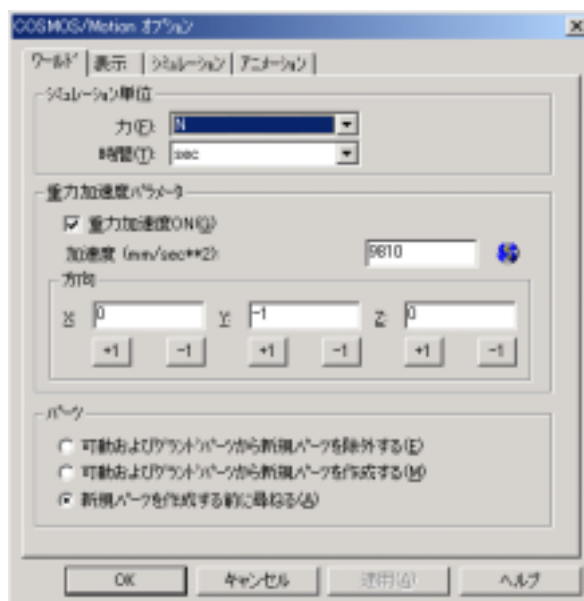


④ 単位系、重力加速度方向の設定

単位系、重力加速度の方向を設定する。

ヒント：COSMOSMotion オプションダイアログは“モーションモデル”を右クリックし“システムデフォルト”で表示できる。

ヒント：以下の設定では重力加速度は-Z方向に働いている。



⑤ 回転スプリングと回転ダンパの確認

bell_crank-1 にはすでに回転スプリングと回転ダンパが付加されている。フォロア一部が常にカムに押しつけられた状態にするために回転ばねを付加している。またその減衰要素としてダンパが付加されている。付加されている条件を各プロパティにて確認する。



<回転スプリング>



<回転ダンパ>

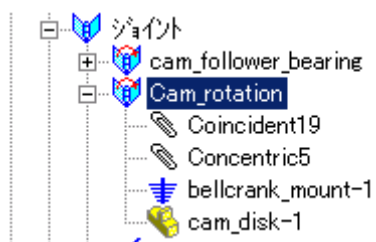


・モーション付加

① カムの回転運動を付加

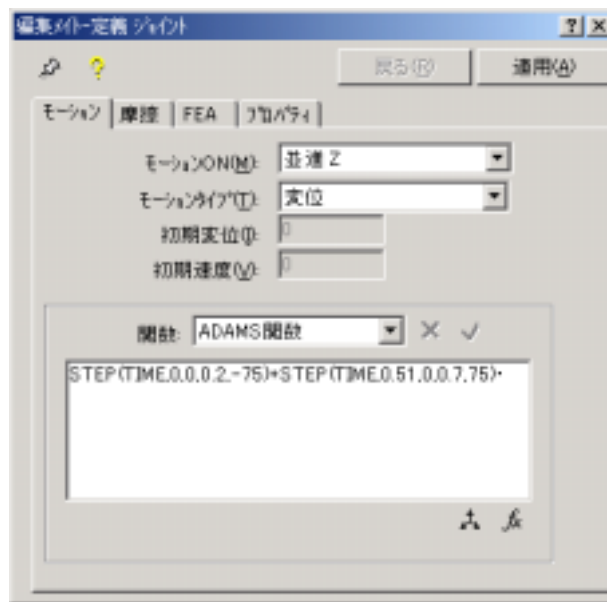
形状の決まっていないカム（ピンクの円盤）を回転させる。この運動はフォロアーの軌跡を描くときの参照運動となる。このピンクの円盤の形状を変更し、最終のカム形状を作成する。

<運動をつけるジョイント>



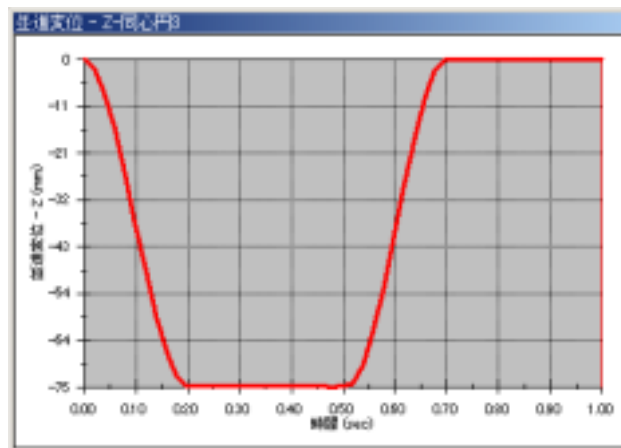
② フィラーの上下運動付加

この運動はフィラーを ADAMS 関数で運動を定義し上下させる。



<ADAMS 関数の説明>

- ・ モーションタイプ：変位
- ・ 関数式： $STEP(TIME,0,0,0.2,-75)+STEP(TIME,0.51,0,0,75)$
- ・ 記述内容：0 秒のときの変位は 0、0.2 秒のときに -75mm の変位になるように移動。0.2 秒-0.51 秒の間は変位 -75mm を保つ。0.7 秒のときに 75mm の変位になるよう再移動。0.7 秒以降は終了位置で一定を保つ。



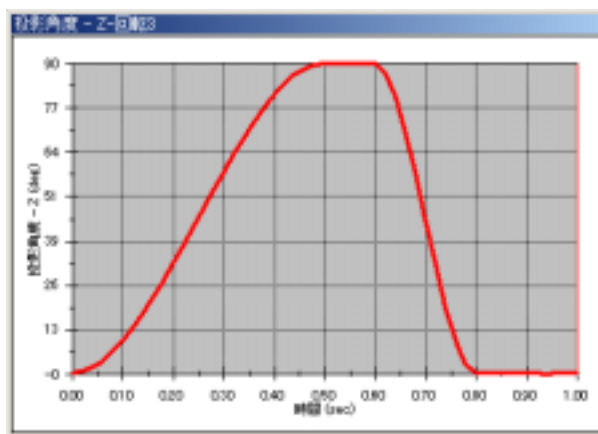
③フィルターの回転運動付加

この運動はフィルターを ADAMS 関数で運動を定義し回転させる。



<ADAMS 関数の説明>

- ・ モーションタイプ：変位
- ・ 関数式： $STEP(TIME,0,0D,0.5,90D)+STEP(TIME,0.6,0D,0.8,-90D)$
- ・ 記述内容：0 秒のときの変位は 0D、0.5 秒のときに 90D の変位になるように移動。0.5 秒-0.6 秒の間は変位 90D を保つ。0.8 秒のときに -90D の変位になるよう再移動。0.8 秒以降は終了位置で一定を保つ。（回転移動なので数値の末尾に D がつくことに注意）

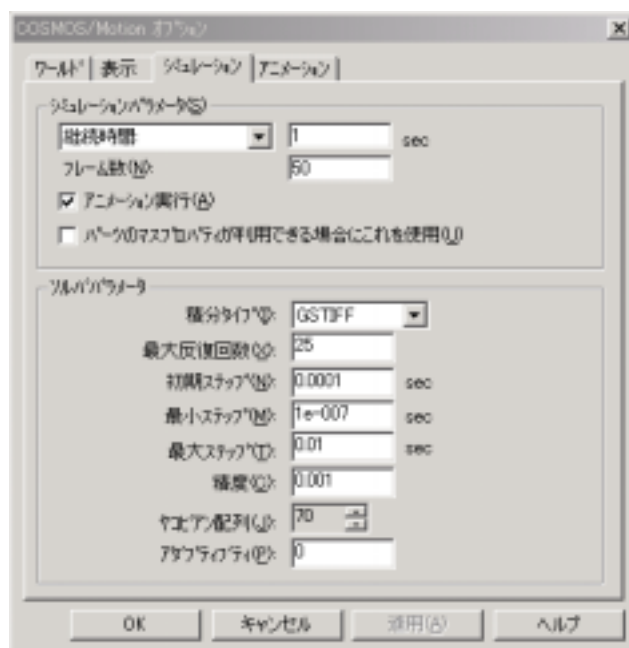


・シミュレーションパラメータの設定

- ① シミュレーションを実行する前に、解析条件の確認を行う。シミュレーションパラメータを次のように編集する。


ヒント：COSMOSMotion オプションダイアログは“モーションモデル”を右クリックし“システムデフォルト”で表示できる。

ヒント：以下のダイアログではシミュレーション時間を 1 sec、フレーム数を 50（1 秒を 50 刻み）に設定している。



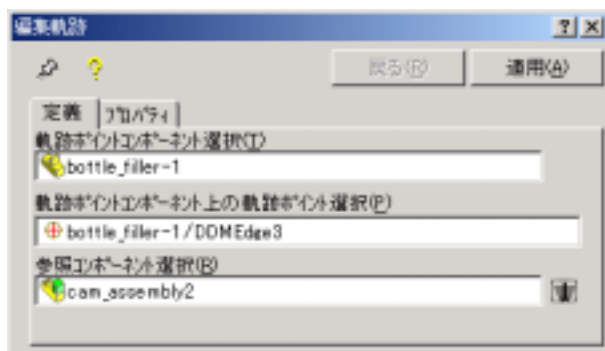
・シミュレーション実行

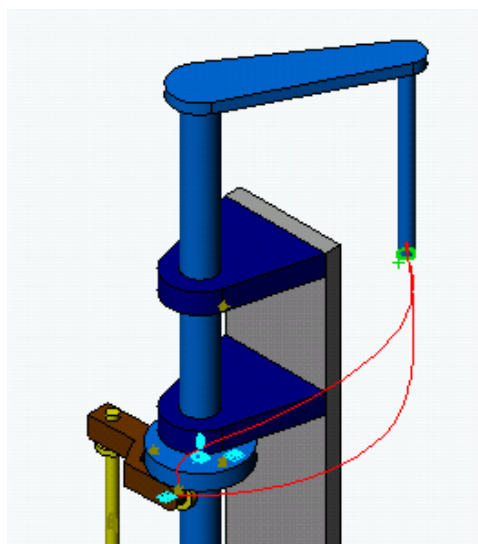
- ① シミュレーションを実行する。

ヒント：シミュレーション実行は  ボタンである。

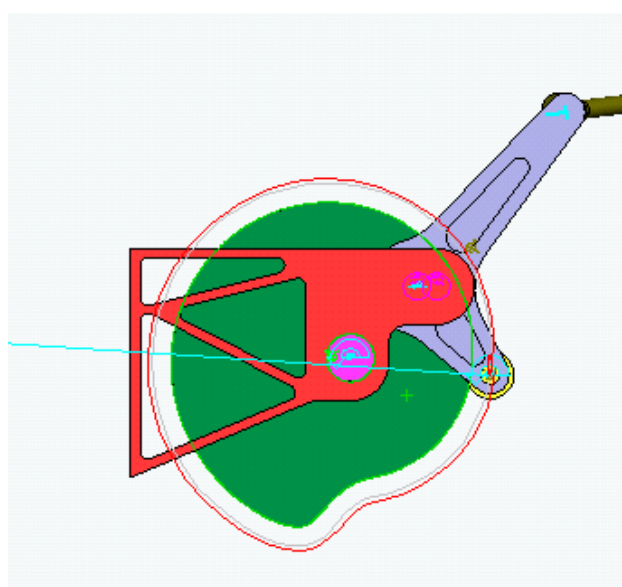
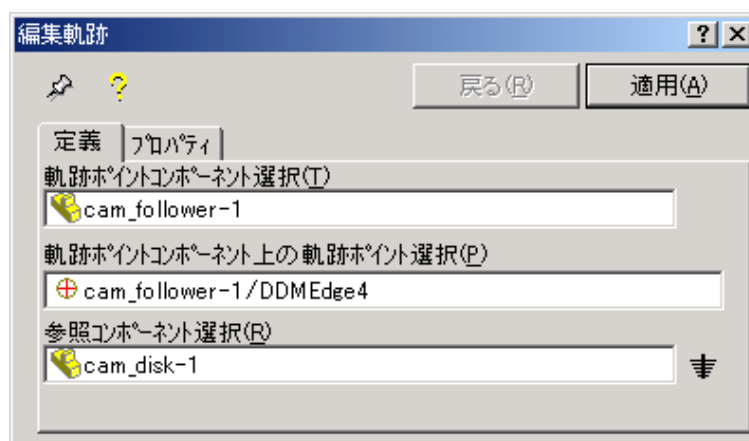
- ② フィラー先端の軌跡の表示

軌跡を表示し、フィラーの先端の運動を確認する。





- ③ カムフォロアー中心の軌跡の表示
 軌跡を表示し、カムフォロアー中心の運動を確認する。



ヒント：参照コンポーネントが Assem1 の場合と cam_disk-1 の場合では表示される軌跡が異なる。どのように異なるのか違いを比較してみる。

・カムの設計

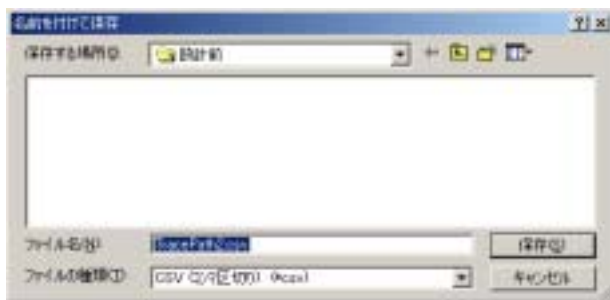
表示したフォロアーの軌跡を利用してカムの形状を作成する。手順は以下のとおりである。

- 1.フォロアーの軌跡を CSV（座標） 出力
- 2.CSV ファイルより SolidWorks のスケッチを作成
- 3.スケッチをフォロアーの半径分内側にオフセットしカム曲線の作成
- 4.カム曲線を押出し 3D 化

① フォロアーの軌跡を CSV（座標） 出力



ファイル名を“カム曲線.CSV”として保存する。



② CSV ファイルより SolidWorks のスケッチを作成

<SolidWorks での CSV ファイル読み込み>

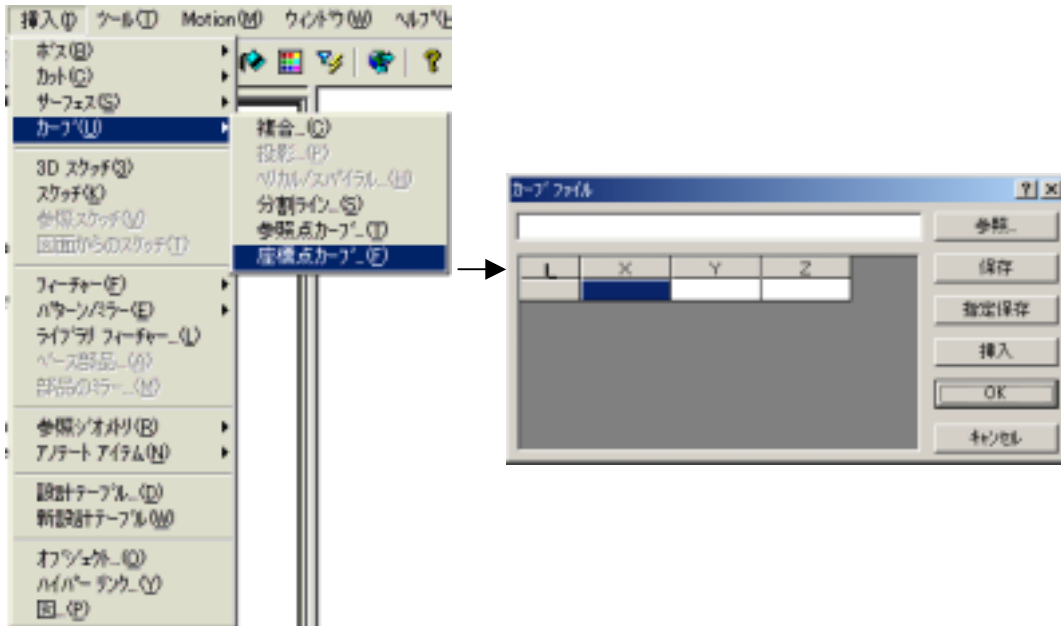
cam_disk-を選択し、編集モードにはいる(これは SolidWorks の操作となる)。アセンブリツールバーより構成部品編集ボタンを押すと、編集モードに入る。編集モードに入ると選択した部品のみがピンクで表示されその他の部品はグレイアウトされる。

アセンブリツールバーと構成部品編集ボタン



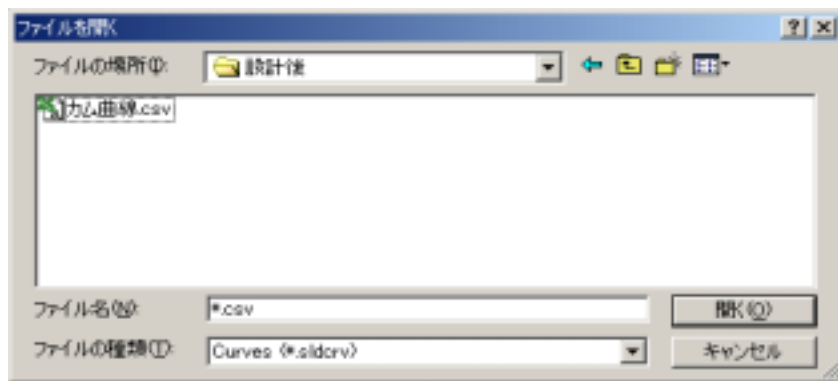
<CSV ファイルからスケッチ作成>

プルダウンメニューより、挿入-カーブ-座標点カーブを選択する。

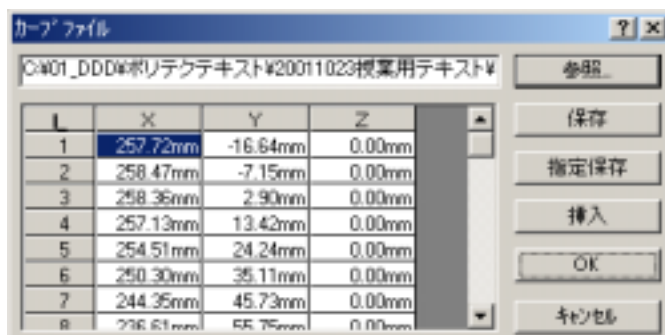


<CSV ファイルのインポート>

カーブファイルダイアログの参照ボタンより先の手順で保存した CSV ファイルを探す。（ファイル名を*.csv に書き換えて CSV ファイルが表示されるようにする）
保存したファイルを選択し開く。



インポートできると、XYZ の各セルに値が入る。値が入ったことを確認し OK ボタンで挿入する。



③ スケッチの編集

挿入されたスケッチを編集する。現在ある `cam_disk-1` の手前面を選択し、スケッチツールバーのスケッチボタンを選択する。その後、挿入されたカーブを選択し、オフセットコマンドで内側に 12.5mm(フォロアーの半径分)オフセットする。

スケッチツールバーとスケッチボタン



スケッチツールツールバーとオフセットボタン



必ず内側にオフセットするようにする。オフセットできたら適用ボタンを押しダイアログを閉じる。図 6-86 にオフセットされた状態を示す。

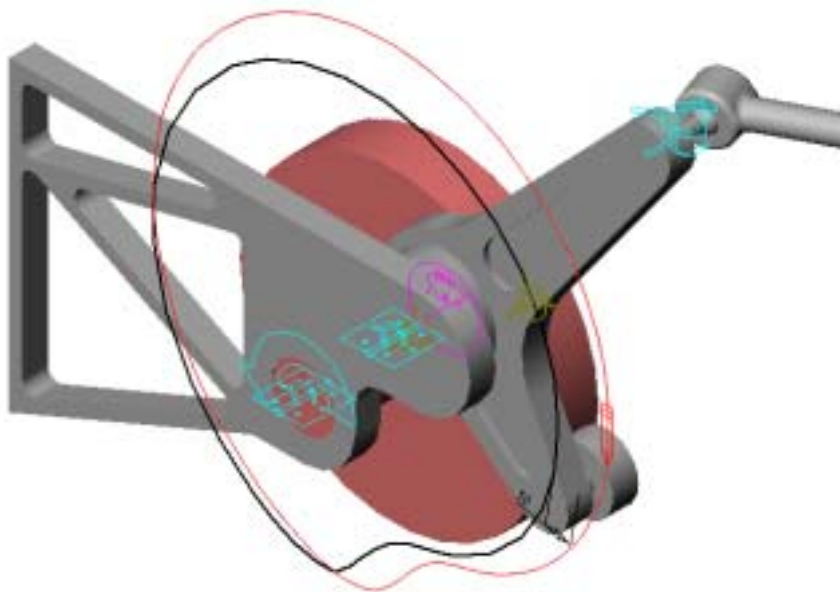
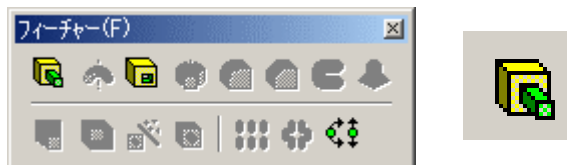


図 6-86

④ 作成されたカム曲線の押出し

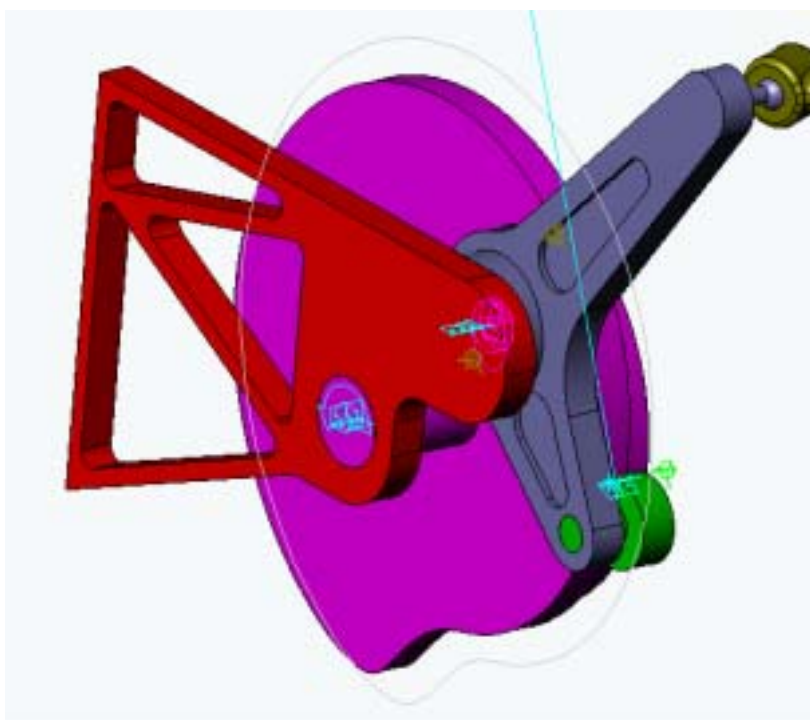
作成されたカム曲線を押出し3次元カム形状にする。作成したカーブを選択し、フィーチャーツールバーの押出しボタンを選択する。その後カムの厚みを10mmに決定する。

フィーチャーツールバーと押出しボタン



フォローアの厚み方向に10mm押出してOKボタンを押す。手前側に押出されている場合は反対方向チェックボックスをチェックする。

押出しが完了した後、再度構成部品編集ボタンを押して編集モードからぬける。更新ボタンを押して、アセンブリを更新する。



作成されたカム形状を確認する。このカムを使ってフィラーの回転運動が実際に機能するかどうかを確認してみる。

・設計したカムによる運動の再現

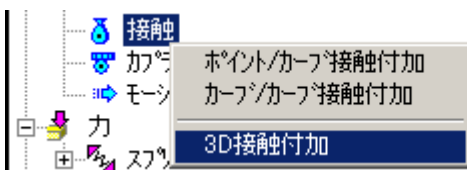
① 運動をフリーに戻すジョイント

フィラーを回転運動させるために定義した運動をフリーの状態に戻す。

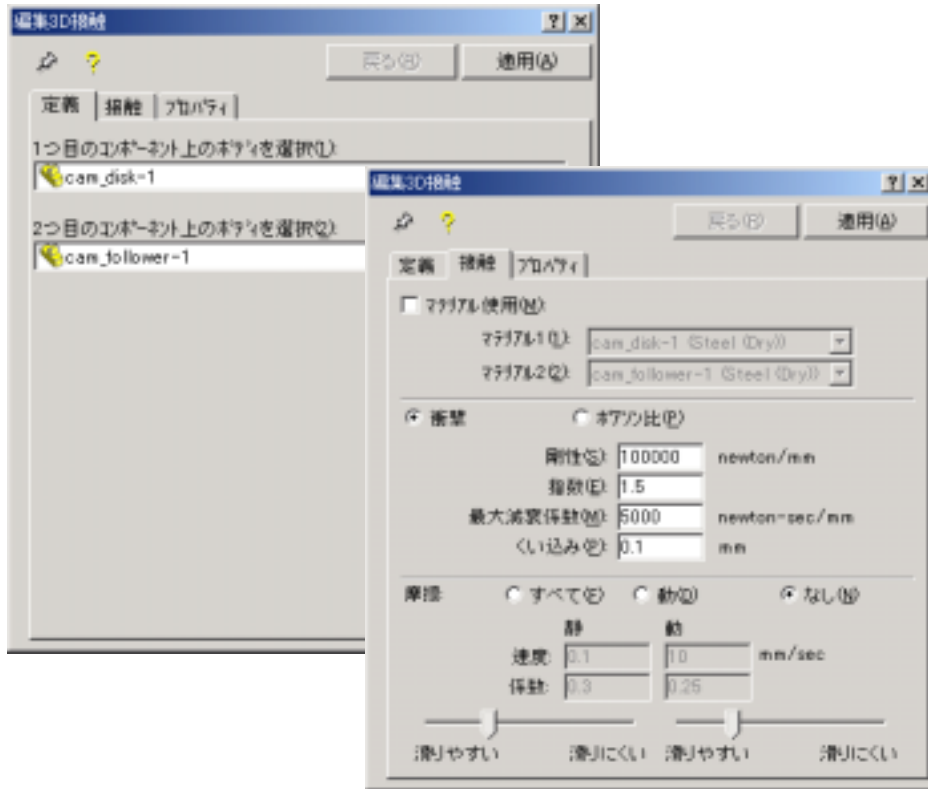


② 3次元接触の定義

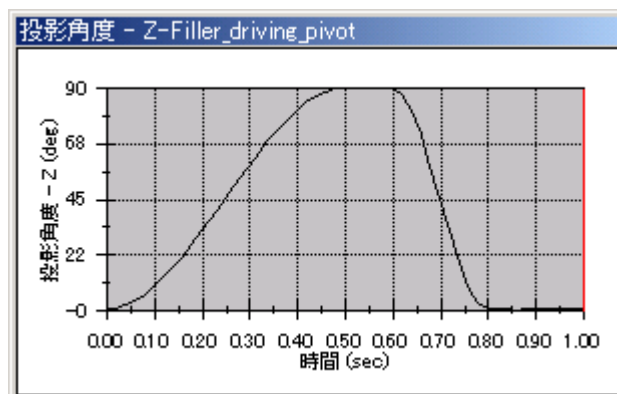
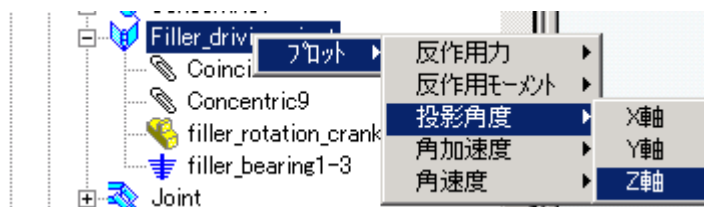
カムとフォロアーに3次元接触を定義し、カムによってフィラーが動くようする。



選択する部品は新しい **cam_disk-1** と **follower** である。接触のパラメータを次のように設定する。



- ・設計したカムによる運動結果の確認
- ① カムによって運動が再現されているかを XY プロットで確認する。



これで本例題は終了です。

