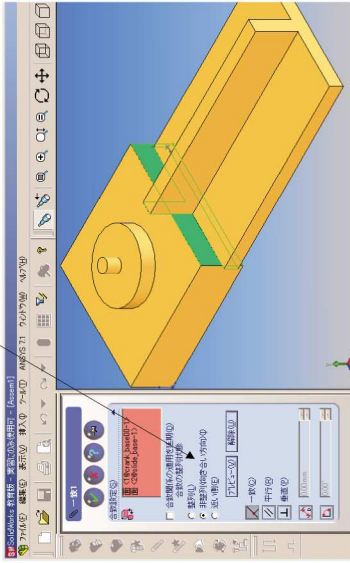


アセンブリ拘束の追加

一致拘束は面と面の向きが反対になることがある。
方向を切り替えるためには整列非整列ボタンを切り替えプレビューしてみる。



6-31

【ポイント】

アセンブリ拘束の追加方法を習得する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 pl65の解説)

面と面の間に一致拘束を追加するには、対照となる面の選択と一致拘束のボタンを指示することで行えるが面には方向があるため、プレビューボタンで方向の確認する。

方向が反対であった場合は、整列→非整列向き合いのラジオボタンの位置を切り替え、向きが反対したことを確認した上でOKボタンと選択する。

第4節 機構解析システムの基本演習

学習のポイント

- ・機構解析の基礎知識を習得する。
- ・機構解析ソフトを使うことによって実際のメカニズム現象に近いシミュレーションが出来ることを習得する。

4-1 COSMOSMotionについて

4-1-1 操作イメージ

4-1-2 機構解析の概要

4-2 操作画面説明

4-3 例題演習

6-32

【ポイント】

- ・機構解析の基礎知識を習得する。
- ・機構解析ソフトを使うことによって実際のメカニズム現象に近いシミュレーションが出来ることを習得する。

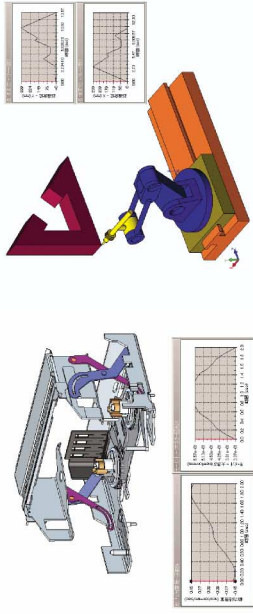
【解説】

- ・機構解析の基礎知識を習得する。
- ・機構解析ソフトを使うことによって実際のメカニズム現象に近いシミュレーションが出来ることを習得する。

4-1 COSMOSMotionについて

COSMOSMotionとは？

CAD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。



6-33

【ポイント】

COSMOSMotionがどのようなソフトであることを把握する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p169,170の解説）

CADのデータが与えた運動または力に従って動くツールである。

COSMOSMotionの特徴

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できる。モデル形状の変更に解析条件も追従するため、設計変更と解析のサイクルがスムーズである。

快適な操作性

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を実行できる。

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できる。

6-34

【ポイント】

COSMOSMotionの特徴

【解説】（教材情報資料No.1092004 p169,170の解説）

•SolidWorksと完全統合されているためSolidWorksで作成されたモデルをそのまま解析データとして扱うことができる。

•操作においてはSolidWorksと同じ感覚で使うことが出来る。

•ソルバーにおいてはバージョンアップの度に解析速度が向上している。

CADからの自動認識

● 形状

CADの形状をそのまま使用。(インポート操作なし)
形状変更を行っても解析条件はそのまま維持。
CADの形状より入力された密度から質量を自動計算。

● 重心位置

CADの形状をそのまま使うため、重心位置を自動認識。

● ジョイント

CADで作成したアセンブリ拘束条件(3D拘束、合致条件、幾何関係)を機構解析の機械ジョイントとして認識。

6-35

【ポイント】

形状、重心位置、ジョイントが自動的に計算されること。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

CADにアドインされているため、形状、重心位置、ジョイント等が自動的に設定される仕組みになっている。

4-1-1 操作イメージ

手順1. モデリング

手順2. パーツの振り分け

手順3. ジョイントの指定

手順4. 動きの設定(強制運動、力)

手順5. 解析

手順6. 結果表示

6-36

【ポイント】

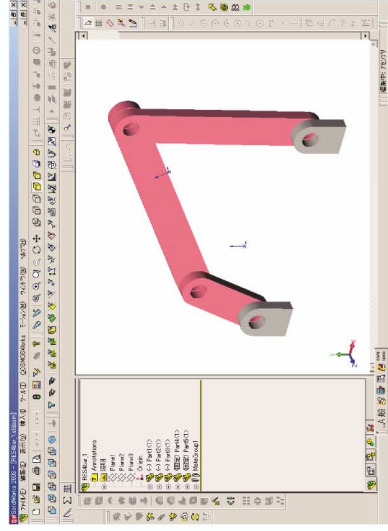
操作イメージを把握する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

操作イメージを把握する。

1. モデリング

SolidWorksでアセンブリモデルを作成



6-37

【ポイント】

SolidWorksでモデリングを行う。

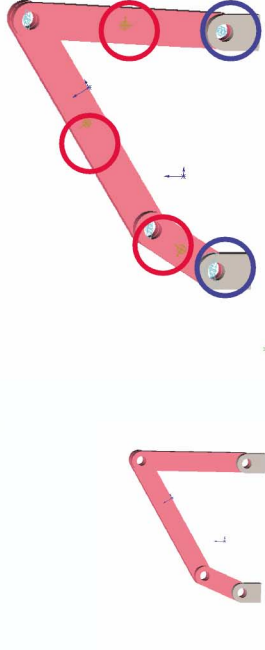
【解説】（教材情報資料No.1092004 p169,170の解説）

ここではまだCADデータだけの状態であるが、この後COSMOSMotionで解析条件を設定することにより運動モデリングにする。

2. パーツの振り分け

可動パーツ：動く部品

グラウンドパーツ：固定部品



6-38

【ポイント】

パーツの種類（可動パーツ、グラウンドパーツ）を把握する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p169,170の解説）

機構システムには必ず、“可動パーツ”と“グラウンドパーツ”が存在するがこの振り分けをしつかり行う必要がある。

基本ジョイント

回転(ピン)

シリンダ

球(ボール)

並進

平板

ユニバーサル

固定

定速度
(入出カ一致)

3. ジョイントの指定

SolidWorks上で行ったアセンブリをもとに
COSMOSMotion上でジョイントが自動生成される。

もちろん、COSMOSMotion上で
ジョイントを追加・編集することも出来る。

【ポイント】
ジョイントの機能を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)
ジョイントとは日本語で“関節”を意味し、パーツ間の拘束を与えるものである。例えばパーツ間に1軸回りの回転拘束を与えたい場合は、回転ジョイントを設定する。COSMOSMotionでは、SolidWorksの合致条件から自動的にジョイントを生成する機能もある。

4. 動きの設定

◆パターン1:
ジョイントに強制運動を与える。
例)角速度360deg/secの強制変位

◆パターン2:
外力を与えて動きを見る。
例)1newtonの作用力

◆パターン3:
パーツ自身に初速度を与える。
例)x方向に-10mm/secの初速度

6-40

【ポイント】
動きを設定する方法を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)
パターン1:
例えば回転ジョイントに角速度360deg/secの強制運動を与えると外部からどんな外力が働いても角速度360deg/secの運動を行う。

パターン2:
あるパーツの1点に外部から運動を与えることが可能である。

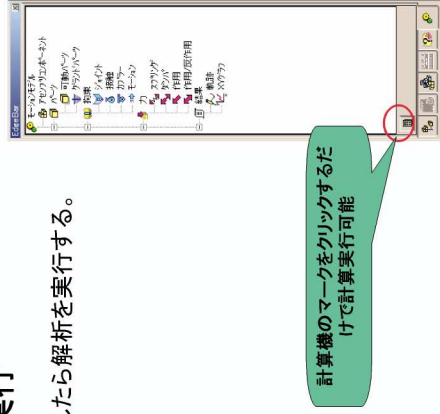
パターン3:
パーツに初速度を持たせておくことが可能である。

実際の解析ではこれらの組み合わせであることが多い。

- 112 -

5. 解析の実行

設定が完了したら解析を実行する。



6-41

【ポイント】

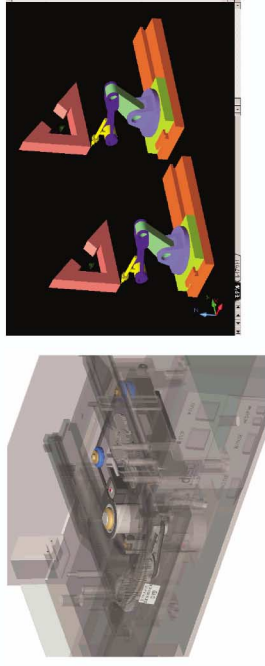
解析実行方法を把握する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

解析実行方法を把握する。解析条件をつける場合は計算結果をクリアしてからつける必要がある。

結果表示(1) アニメーション

SolidWorksの画面上で動作確認可能
AVI、VRMLファイルとして出力可能
→COSMOSMotionがないマシンでも再生可能
→機構解析結果情報の共有



6-42

【ポイント】

アニメーション機能を理解する。

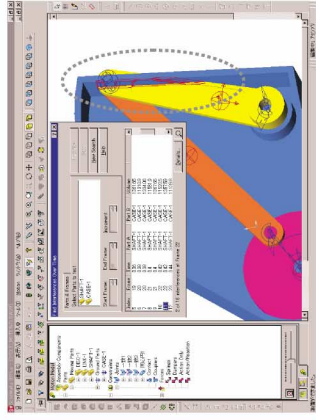
【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

外部出力したアニメーションファイルはWindowsのメディアプレイヤーがインストールされていれば再生できる。

アニメーションは、機構システムの仕様を伝える際に非常に分かりやすく、プレゼンテーション効果が非常に大きい。

結果表示(2) 動的干渉チェック

パーツを動かしたときの動的な干渉チェックが行える。



6-43

【ポイント】

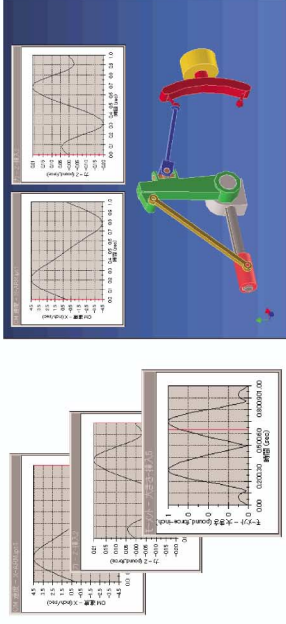
動的干渉チェック機能を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

動的な干渉チェックを行うことにより、どのタイミング(時間)でどれだけの干渉量(体積)が発生するかを確認することが出来る。

結果表示(3) グラフ表示

速度・加速度・反力等々のグラフ化が可能
数値のテキスト出力、EXCEL出力が可能



6-44

【ポイント】

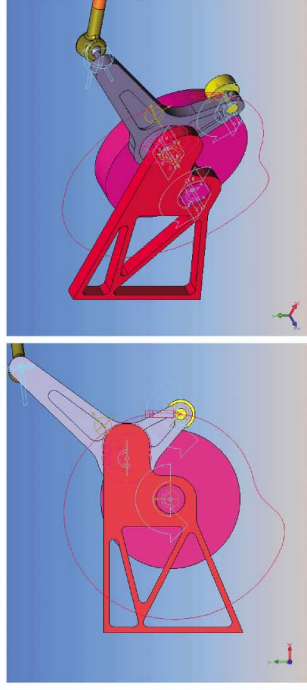
グラフ表示機能を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

“動き”と“グラフ”を確認しながら評価することにより、どの姿勢でどれだけの変位、速度、加速度が発生しているか？また、その時の反力はどれくらいか？など数値的に把握することが可能となる。

結果表示(4) 軌跡表示

パーツの指定した点における軌跡表示が可能



6-45

【ポイント】

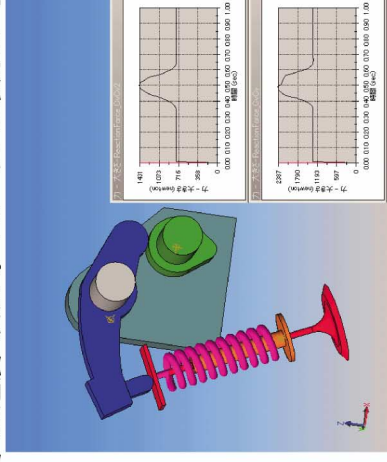
軌跡表示機能を理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p169,170の解説）

例えばカムフオリワー（黄色）の動きが既に決まっていると仮定して、まだ形状が決まっていないカム（ピンク色）の形状をどのように決めたらよいかという課題があった場合に、まだ形状の決まっていないカム（ピンク色）の回転座標系からカムフオリワー（黄色）の中心の軌跡を描かせると、赤のラインを描く。つまり赤のラインをカムフオリワーの半径分内側にオフセットしたカムを作成すればカムフオリワー（黄色）の動きを実現することが出来る。このように軌跡の機能を利用すればフオリワーの動きからカムの形状を導くことが出来る。

結果表示(5) ベクトル表示

速度・加速度・反力等々のベクトル表示が可能



6-46

【ポイント】

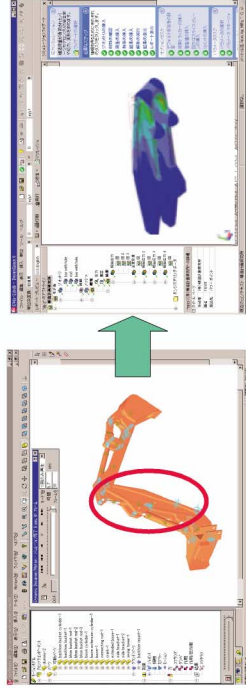
ベクトル表示機能を理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p169,170の解説）

アニメーションにベクトル表示を加えることにより、例えば反力の“大きさ”と“方向”を視覚的に把握することが出来る。

拡張性(1) 構造解析ツールとの連携

COSMOSMotionの解析結果(反力)を
DesignSpaceに荷重として渡すことができる。
(機構・構造の連成解析)



6-47

【ポイント】

COSMOSMotionで可能な機構と構造の連成解析を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p169,170の解説)

機構解析で得られたある姿勢での反力を構造解析の静荷重として使用することが出来る。

解析は1パーツ単位で解析が可能である。

4-1-2 機構解析の概要

- 4-1-2-1 機構解析とは?
- 4-1-2-2 機構解析の種類
- 4-1-2-3 機構解析のフロー
- 4-1-2-4 機構解析の理論
- 4-1-2-5 機構解析モデルの構成

6-48

【ポイント】

機構解析の基礎知識を理解する。

【解説】

- 機構解析の基礎知識を理解する。
- COSMOSMotionを使用する上で、知っておくべき内容である。
- 自由度の理解は、機構解析を始めた人間が最初に行き詰る部分である。
過剰拘束がなぜめなのかを理解する。

4-1-2-1 機構解析とは？

- ★機構システム(メカニズム)の動きを検証すること。



- ★システムの動作は、以下の要因で決定される。

- パートを結合するジョイント
- コンポーネント(部品)の質量特性
- 機構システムへの荷重
- ジョイントに適用されるモーション(強制変位)
- 時間

6-49

【ポイント】

機構解析とは何かを理解する。
機構システムの動きを決定する要因5つを理解する。

【解説】

機構解析は機構システムの動きを検証するもので、パーツは剛体として考える。構造解析のように変形や応力分布を解析するものではないため、メッシュを切ったりするような処理は発生しない。

機構システムの動きを決定する要因

- ・ジョイント
例えば、振り子(黄)とレールカー(青)の間に回転拘束をあたえることにより振り子(黄)が回転運動しているが、別のジョイントをつけると動きは変わってしまう。

- ・質量
例えば、振り子(黄)の質量を変更するとレールカー(青)の動きは変わってくる。

- ・荷重
例えばレールカー(青)を右側から強く押す(大きい荷重を与える)と速くレールカー(青)が動くし、弱く押す(小さい荷重を与える)とレールカーはゆっくり動く。

- ・モーション

例えば、振り子(黄)を30度強制回転させた場合と、60度強制回転させた場合ではレールカー(青)の動きは異なる。

- ・時間

例えば、シミュレーション時間が長い場合は、レールカー(青)は初期位置から速くまで動くが、短い場合は前者に比べてあまり動かない。

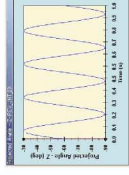
上記5つの要素はCOSMOSMotionの解析条件そのものであり、この条件をしっかりと設定出来るかどうか結果に大きく影響を与える。

4-1-2-2 機構解析の種類

(1)キネマティクス解析(機構学的解析)

- 強制変位条件下でのパーツの拘束された動き(機構の挙動に限定したときの運動)
- 力の影響が無く解は1つ
- 機構システムの自由度は0

例:時計の振り子運動



手法

- 代数方程式
- 外力や慣性力は、反力には影響を与えるが、機構システムの自由度が0の為、各パーツの位置には影響を与えない。

動作範囲の確認、干渉チェック、必要駆動力の算出

6-50

【ポイント】

キネマティクス解析とは何かを理解する。

【解説】

外力を考えず、機構の一部にある運動を加えたときの拘束下における他の部品の運動(変位、速度、加速度)を解析する。

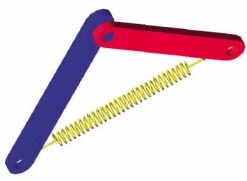
(2)スタティック解析(静的解析)

- 重力を考慮した静的釣り合い位置
(時間的変化はない)
- 自由度は1以上

例: バネ量りの釣り合い位置

手法

- 代数方程式 : $F=KX$
- 自由度が1以上の機構システムの静的釣り合い解析



システムの安定性の評価、初期の過渡的状态やアンバランスを除去

6-51

【ポイント】

スタティック解析とは何かを理解する。

【解説】

重力のみを考慮し、機構が運動しないときの静止状態を解析する。

(3)ダイナミック解析(動的解析)

- 力の影響下でのパートの自由な動き
- 力に応じて無限の減を持つ
- 機構システムの自由度は1以上

例: 現実の機構システムの実現象

手法

- 微分方程式 : $MA+CV+KX=F$
- 強制変位同様、外力・慣性力でパートが移動



**摩擦や衝突を考慮してシステムの挙動や反力を算出
実現象の解析は時間によってシステムの動きや反力が変化するダイ
ナミック解析である。**

6-52

【ポイント】

ダイナミック解析とは何かを理解する。

【解説】

外力に対して機構の運動を、機構に運動に対して駆動力や反力を解析する。スタティック解析(静的解析)に対して加速度、速度といった時間項が入るので外力Fは時間と共に変化する。

4-1-2-3 機構解析のフロー

- 対象物の選定(機構運動を行う設計対象すべてが該当)
- 目的の決定
 - ・動作シミュ、干渉チェック
 - ・駆動力の算出
 - ・FEWのための境界条件 etc...
- 形状モデリング
 - ⇒SolidWorks
- 運動モデリング
 - ⇒COSMOSMotion
 - ・ジョイント、接触定義、カブラ、モーション
 - ・スプリング、ダンパ、ブッシュ、作用、作用/反作用力
- 解析実行
 - ⇒COSMOSMotionに搭載されたADAMS SOLVER
- 目的に応じた解析結果の表示、評価、利用
 - ・XYプロット、アニメーション、干渉チェック、軌跡
 - ・駆動力評価、速度・加速度評価、移動量チェック
 - ・モーターの選定、FEMにおける境界条件

6-53

【ポイント】

機構解析を行う部分がCADデータのどの部分であるかを見極める。

【解説】

解析対象がどの部分なのかを見極めてモデリングすることが重要である。例えば、全く動かないパーツやねじなどの細かい部品をきめ細かくモデリングしても、解析データが重くなるだけである。機構解析をする部分(特に動きを見る部分)がどの部分であるかを見極めることが大事である。

4-1-2-4 機構解析の理論

マルチ・ボディ・ダイナミクス

機構解析の理論はマルチ・ボディ・ダイナミクスといわれる動力学である。これは、機械システムをいくつかのパートに分けて、それらをジョイントやバネダンパで結合し、モーションや外力が作用した時の機械システムの動的な動きや反力について運動方程式を解いて求めるものである。

6-54

【ポイント】

マルチ・ボディ・ダイナミクスの考え方(概要)を理解する。

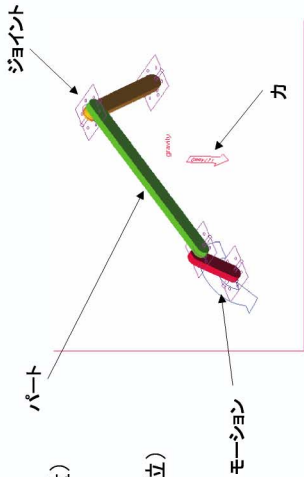
【解説】

スライド参照

4-1-2-5 機構解析モデルの構成

機構解析モデルは質点系モデルである。
モデルは次の要素から構成される。

- パート(部品)
 - ・形状データ
 - ・マスプロパティ(質量)
- 拘束条件
 - ・ジョイント(結合)
 - ・モーシオン(強制変位)
- 力要素
 - ・バネダンパ
 - ・外力



6-55

【ポイント】

機構解析モデルがどのような要素で構成されているかを理解する。

【解説】

COSMOSMotionではパート、拘束要素、力要素を正しく設定することが重要である。

(1) 機構解析におけるパート

➤ グランドパート(Ground Part)

【特徴】 全てのモデルに必ず存在する。
全ての時間において静止し、固定位置を保持する。
質量、慣性特性はない。
グランドパートに指定されたパートの自由度は40である



➤ 可動パート(Moving Part)

- 1.剛体(Rigid Body)
質量および慣性特性を持ち、変形しない、移動可能なパート
(本講習で使用するCOSMOSMotionで取り扱う。)
- 2.弾性体(Flexible Body)
質量および慣性特性を持ち、力により変形する、移動可能なパート
(本講習で使用するCOSMOSMotionで取り扱うことは出来ない。)

6-56

【ポイント】

グランドパートと可動パートの違いを理解する。

【解説】

スライド参照

(2)機構解析における拘束(その1)

➤ジョイント(結合)

【特徴】 機構システムから並進、回転自由度を除去する。
(パート間の相対的な動きを制限する)
システムから除去される自由度数は、適用されるジョイント条件により決定する。

6-57

【ポイント】

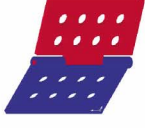
ジョイントがパート間の相対的な動きを制限する拘束要素であることを理解する。

【解説】

スライド参照

ジョイントの種類-1

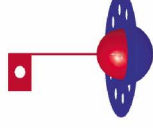
➤回転ジョイント



➤シリンダジョイント



➤球(ボール)ジョイント



➤並進ジョイント



6-58

【ポイント】

ジョイントの種類を理解する。

【解説】

機構システムのほとんどがこのページの4つのジョイントの組み合わせで再現可能である。

ジョイントの種類－2

>ユニバーサルジョイント

>ねじジョイント

>平板ジョイント

>固定ジョイント

6-59

【ポイント】

ジョイントの種類を理解する。

【解説】

スライド参照

ジョイントの種類－3

>線分合わせジョイント

>平面合わせジョイント

>平行軸ジョイント

>垂直方向ジョイント

>任意方向ジョイント

【ポイント】

ジョイントの種類を理解する。

【解説】

スライド参照

4-3 例題演習

- (1) 4節リンクモデル
- (2) 3d_valvecamモデル
- (3) cam_designモデル

6-63

【ポイント】

例題を通してCOSMOSMotionの操作を習得する。

【解説】

例題を通してCOSMOSMotionの操作を習得する。

(1) 4節リンクモデル

- ① パーツの自動振り分け
- ② ジョイントの自動設定
- ③ モーション
- ④ 形状変更

6-64

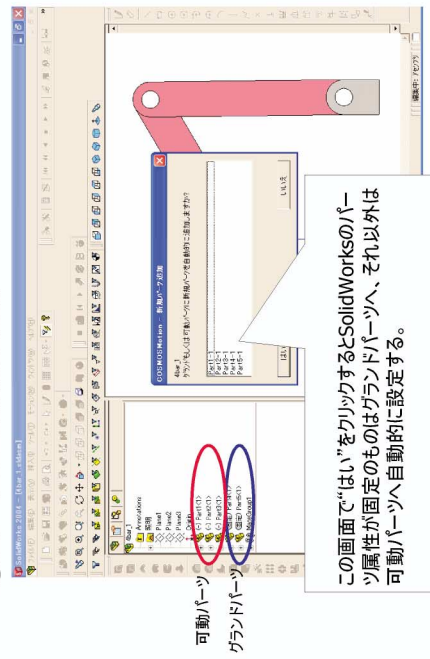
【ポイント】

例題を通してCOSMOSMotionの操作を習得する。

【解説】

デキストの補足として①から④を説明する。

①パーツの自動振り分け



6-65

【ポイント】

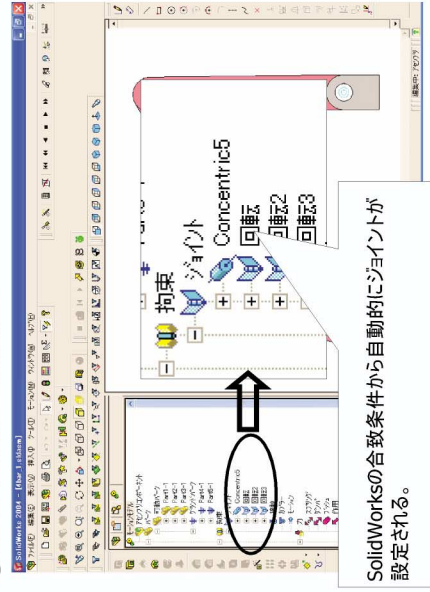
可動パーツとグラントパーツの分類を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p176の解説)

SolidWorksのデータをCOSMOSMotionで初めてロードした場合に本ダイアログが表示される。

この画面で“はい”ボタンをクリックすると可動パーツとグラントパーツの分類を行うと共に、ジョイントの自動設定を行う。本機能によりパーツの自動振り分けは行われるが、自動振り分けが行われた後に可動パーツとグラントパーツが正しいかを確認する必要がある。

②ジョイントの自動設定



6-66

【ポイント】

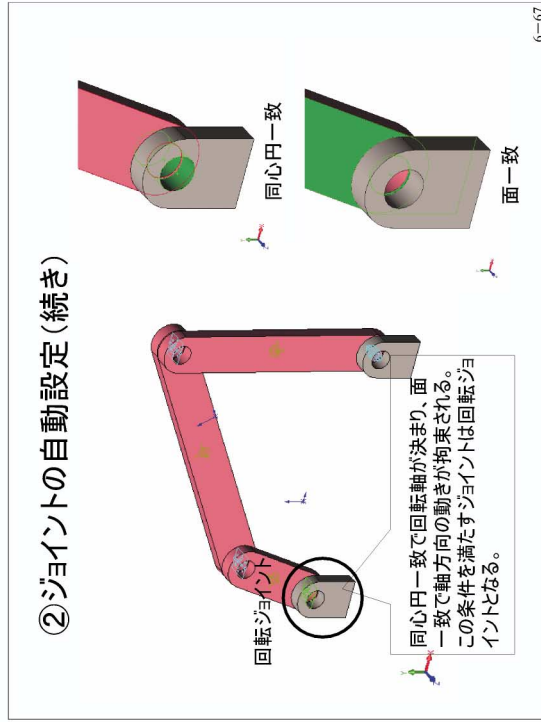
ジョイントの自動設定を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p177の解説)

ジョイントの自動設定機能において、例として回転ジョイントがどのようにして設定されるかを説明する。

4節リンクモデルにおいてPart3とPart5は“面合わせ合致”と“同心円合致”の2つの合致が付いている。この時、同心円合致により回転軸が決まり、面合わせ合致により軸方向の並進運動は拘束される。したがって、この拘束を満たすジョイントは回転ジョイントとなる。ジョイントの付加点は面合わせ合致と同心円合致の交点になる。

ジョイントの自動設定は、SolidWorksで付けた合致条件の全てをみてシステムデバッグに追加するため、必要以上にジョイントが付いてしまう。したがって、自動的に付加されたジョイントが必要なものか否かを確認する必要がある。

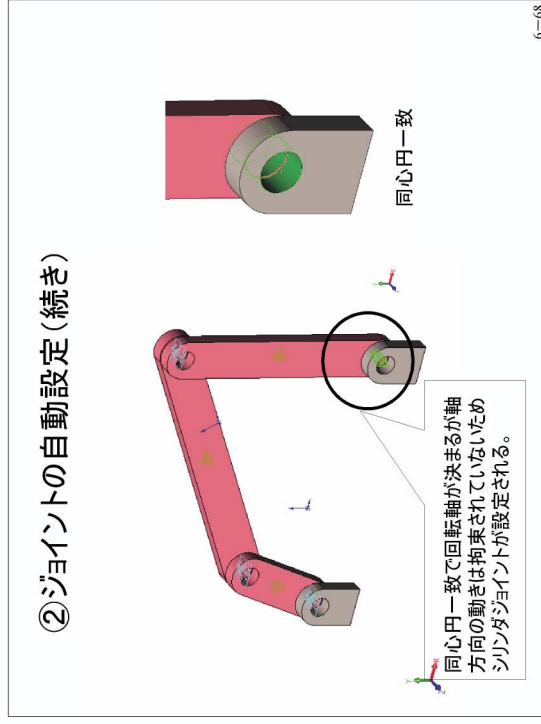


【ポイント】

ジョイントの自動設定を理解する。

【解説】

スライド参照



【ポイント】

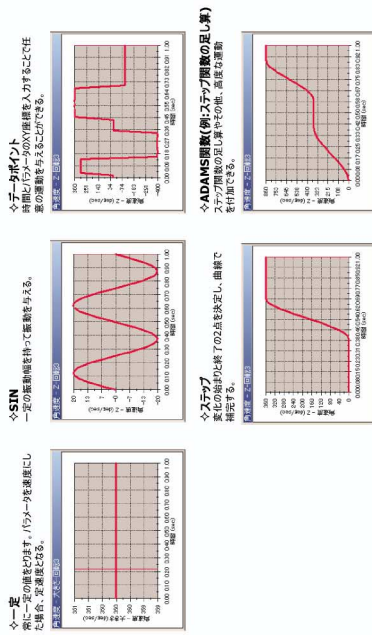
ジョイントの自動設定を理解する。

【解説】

スライド参照

③モーション

運動をジョイントのモーションにより与えることが出来る。



6-69

【ポイント】

COSMOSMotionで設定可能なモーションの関数を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p178の解説)

一定

→等速運動、等加速度運動を与える場合に使用する。(回転運動の場合は角速度、角加速度を設定する。)

SIN

→周期的な運動を与える場合に使用する。振幅、振動数、位相シフトなどを設定する。

データポイント

→時系列で、変位、速度、加速度等のデータがあればそれを読み込むことによって運動を再現することが出来る。

ステップ

→運動の始めと終わり状態が決まっていってステップ関数的に変動する場合に使用する。

例えば、0秒から1秒までの運動において0秒の時は速度0mm/s、1秒後に10mm/sになる場合は

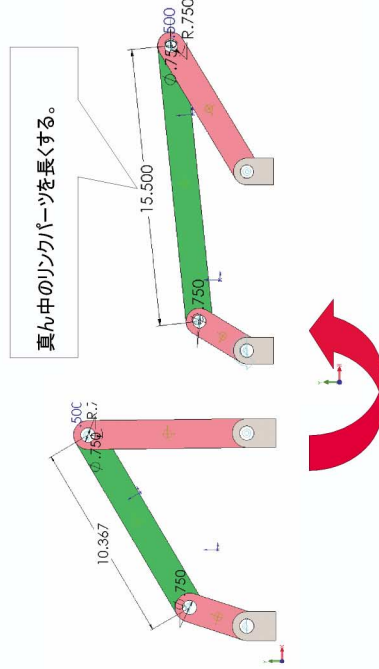
1秒間で0mm/sから10mm/sにステップ関数的に増加する。

ADAMS関数

→一定、SIN、ステップ、データポイント以外の関数で運動を与えたい場合に使用する。

例1)指数関数や、TAN、COS等

④形状変更



6-70

【ポイント】

パーツの形状変更した後に再解析をすれば、形状変更が反映された結果がすぐに得られること。

パーツの形状変更によっては、機構的に動きが実現できない場合があること。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p182の解説)

真ん中のリンクパーツを10.367inch (263) から15.500inch (350mm) に変更すると、ある姿勢で止まってしまう。

これは、4節リンク機構が回転運動をするにあたってリンクパーツの長さの範囲があるためである。

COSMOSMotionで計算がエラーとなって止まる場合には、このように機構的に満足しているか否かを調べる必要がある。

(2) 3d_valvecamモデル

- ① 重力加速度
- ② 時間
- ③ パーツ
- ④ 質量
- ⑤ 重心
- ⑥ 慣性モーメント
- ⑦ 拘束条件
- ⑧ 力
- ⑨ シミュレーションパラメータ

6-71

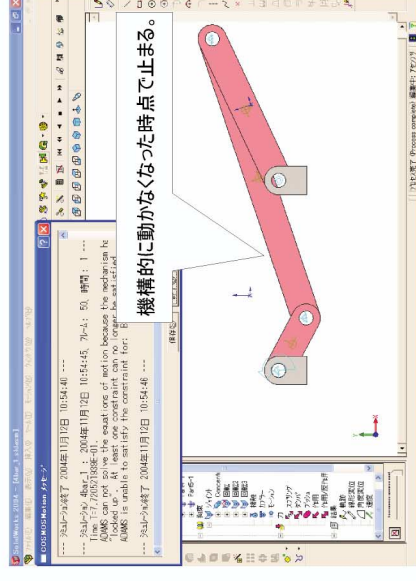
【ポイント】

例題を通してCOSMOSMotionの操作を習得する。

【解説】

テキストの補足として①から⑨を説明する。

④ 形状変更 (続き)



6-72

【ポイント】

パーツの形状変更した後に再解析をすれば、形状変更が反映された結果がすぐに得られること。

パーツの形状変更によっては、機構的に動きが実現できない場合があること。

【解説】

スライド参照

①重力加速度

方向は全体座標系となる。

6-73

【ポイント】

重力加速度の設定について理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p191の解説）

COSMOS Motionの重力方向はアセンブリファイルの座標系に従う。方向で+1は座標軸のプラス方向、-1は座標軸のマイナス方向となる。重力方向が正しいか否かを調べるには、拘束条件を何もつけずに自由落下させると分かりやすい。

②時間

時間：シミュレーション時間
フレーム数：時間の刻み

※時間に対するフレーム数が小さすぎると計算が荒くなる。

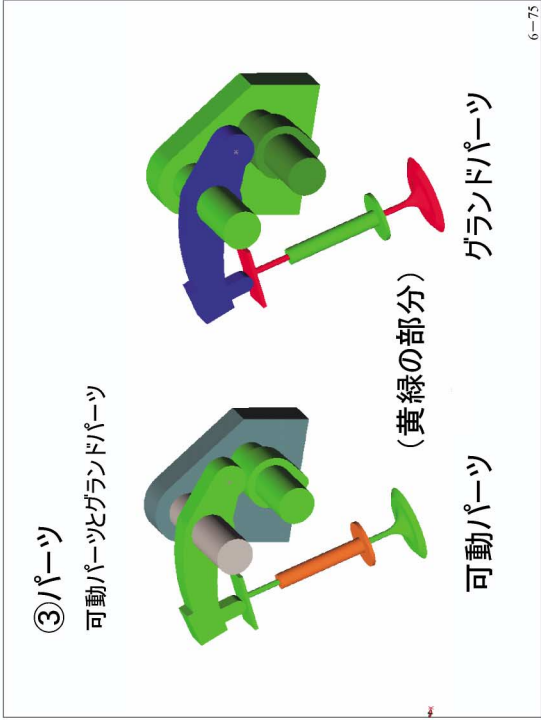
6-74

【ポイント】

時間について理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p196の解説）

時間を“継続時間”にした場合はシミュレーション時間全体の時間を設定する。時間を“時間増分”にした場合は1ステップ毎の時間を設定する。フレーム数は、接触問題などは収束計算を行うために設定した値よりも増えることが多い。（収束しない場合に、そのステップの中で再度ステップが刻まれるため）

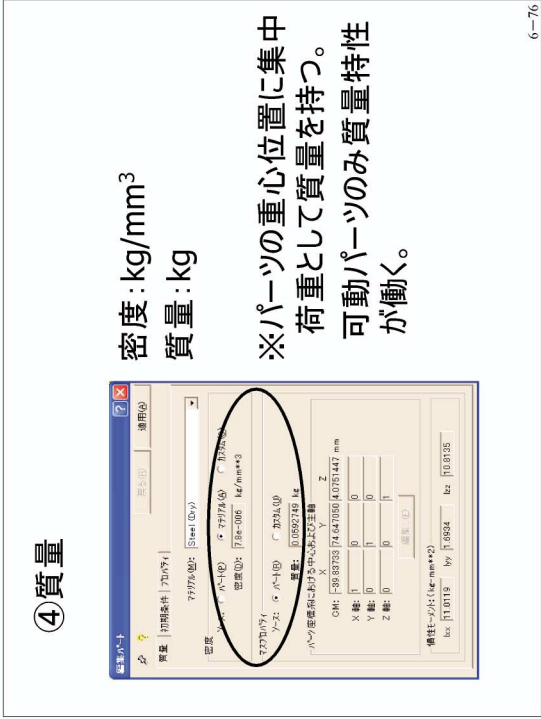


【ポイント】

可動パーツとグランドパーツを正しく分類する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p190の解説)

可動パーツとグランドパーツを正しく分類する。



【ポイント】

パーツが持っている質量について理解する。

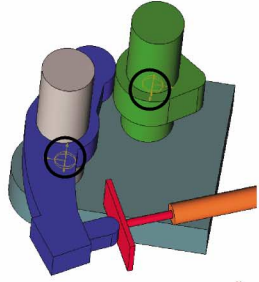
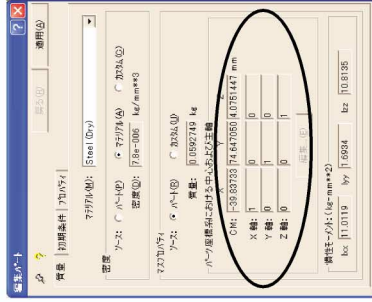
【解説】(教材情報資料No.1092004 p190の解説)

パーツが質量を持つことにより、力が働き、慣性モーメントが働く。

COSMOSMotionではデフォルトではSolidWorksの密度から質量が計算される。COSMOSMotionで質量を変更したい場合は、マテリアルを変更するか、質量を直接変更することも可能である。密度はデフォルトで8種類(Steel(Dry), Steel(Greasy), Aluminum(Dry), Aluminum(Greasy), Acrylic, Nylon, Rubber(Dry), Rubber(Greasy))を持っていて、追加変更も可能である。

⑤ 重心

パーツ自身の座標系に対して重心位置が設定される。



6-77

【ポイント】

パーツの重心について理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p190の解説)

機構解析モデルは質点系モデルである。質点系モデルとはパーツの1点に質量を持たせたモデルのことを言う。一般的にパーツの重心が質点となる。COSMOSMotionでは重心位置を変更することも可能である。

⑥ 慣性モーメント

慣性モーメントとは回転系の慣性量である。
簡単に言うと、物の回り難さを示すものである。

直線運動		回転運動	
質量	m	慣性モーメント	I
速度	$v = dx/dt$	角速度	$\omega = d\theta/dt$
加速度	$a = dv/dt$	角加速度	$\alpha = d\omega/dt$
運動量	$p = mv$	角運動量	$L = I\omega$
運動エネルギー	$E = (1/2)mv^2$	運動(回転)エネルギー	$T = (1/2)I\omega^2$
力	$F = ma$	力のモーメント(トルク)	$N = Ia$
エネルギー保存則	エネルギー保存則	エネルギー保存則	エネルギー保存則
運動量保存則	運動量保存則	角運動量保存則	角運動量保存則

直線運動と回転運動の比較

6-78

【ポイント】

パーツの慣性モーメントについて理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p190の解説)

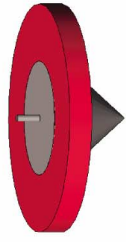
慣性モーメントは直線運動の質量と対応する。直線運動と回転運動の項目を比較させると分かりやすい。

⑥慣性モーメント(続き)

慣性モーメント $I = \Sigma mr^2$ (m:質量、r:回転半径)

- 慣性モーメントが大きい⇒回転させにくい、なかなか回転が止まらない。
- 慣性モーメントが小さい⇒回転させやすい、簡単に回転を止められる。

例) 駒の回りに鉄の重りを負荷した場合、左側の駒のように外側を重くした方が回転半径が大きくなり、さらに質量が大きくなるため慣性モーメントが大きくなる。



➤慣性モーメントが大きい



➤慣性モーメントが小さい



6-79

【ポイント】

「慣性モーメントが大きい⇒回転させにくい、なかなか回転が止まらない」

「慣性モーメントが小さい⇒回転させやすい、簡単に回転を止められる」

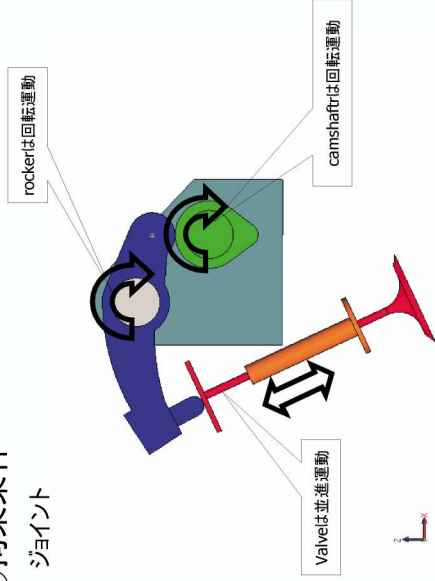
のイメージがわくようになること。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p190の解説)

慣性モーメントの大小は、回転半径rによって大きく変る。

⑦拘束条件

ジョイント



6-80

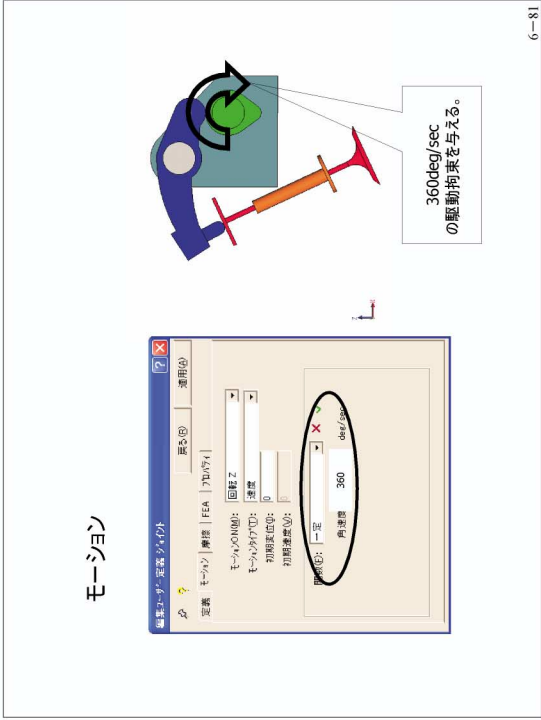
【ポイント】

ジョイントが正しくついているかを理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p191の解説)

回転運動をするパーツはどれか、並進運動をするパーツはどれかを考える。

ジョイントを設定したら、重力方向にどのように運動をするかをみて正しいジョイントが付いているか否かを調べる。



【ポイント】

モーションの設定方法を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p192の解説)

スライド参照

接触

COSMOSMotionで扱える接触定義

2次元接触

- ・カーブ／カーブ接触
- ・ポイント／カーブ接触

2次元平面上でカーブとカーブまたはカーブとポイントを拘束する定義

・3次元接触

3D接触

接触対象のソリッドを選択することにより拘束する定義

※3次元接触の方が感覚的に分かりやすいが、接触範囲を3次的に考えているため計算時間がかかる。

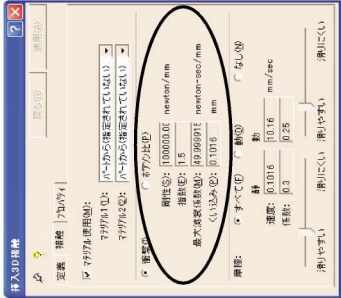
【ポイント】

COSMOSMotionで扱える接触定義を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p193,194の解説)

カーブ／カーブ接触は接触するカーブを含む面が平行平面を維持する機構でなければならない。この条件を満たすことにより、接触は2次的に考えることが出来る。一方、3D接触は接触範囲を3次的に考えるため、接触範囲を2次元接触のように限定することが出来ない。

衝撃パラメータ



剛性：線形スプリングのばね定数のイメージとなる。
 剛性を係数とする抗力で反発する。
 指数：剛性に対する指数です。通常はデフォルト値を使用する。
 最大減衰係数：ダンパーの減衰係数のイメージとなる。
 減衰係数を係数とする抗力で反発する。
 指数：減衰に対する指数です。通常はデフォルト値を使用する。
 弾性係数：弾性係数のイメージとなる。
 弾性係数を係数とする抗力で反発する。
 指数：弾性に対する指数です。通常はデフォルト値を使用する。
 摩擦係数：摩擦係数のイメージとなる。
 摩擦係数を係数とする抗力で反発する。
 指数：摩擦に対する指数です。通常はデフォルト値を使用する。
 弾性係数：弾性係数のイメージとなる。
 弾性係数を係数とする抗力で反発する。
 指数：弾性に対する指数です。通常はデフォルト値を使用する。

【ポイント】

接触パラメータを理解する。

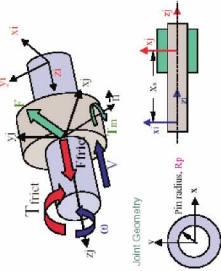
【解説】(教材情報資料No.1092004 p193,194の解説)

スライド参照

参考 ジョイント摩擦

ジョイントにも摩擦を考慮することが出来る。

例) シリンダジョイント



$$\text{摩擦トルク} T_{\text{frict}} = \text{摩擦係数} \mu \cdot F \cdot r \quad \text{①}$$

$$F_f = \text{反力} F \cdot \text{摩擦係数} \mu \quad \text{②}$$

$$T_{\text{frict}} = \mu \cdot F \cdot r \quad \text{③}$$

※ジョイントの径が摩擦トルクに影響を与えることになる。

【ポイント】

ジョイント摩擦を理解する。

【解説】

接触定義の摩擦とは別にジョイントに摩擦を定義することが出来る。

⑨シミュレーションパラメータ

最大反復回数

解析が収束しない場合、数値を上げると効果が出る場合がある。ただし、計算時間は大幅に拡大する。

最小ステップ

解析が収束しない場合、数値を下げる効果がある。フレーム数を上げると同じような効果があるが接触が起らないときは元のフレームサイズで解析が進む為、フレーム数を変更するよりも解析がスムーズに行える。

精度

数値を上げると解析が早く流れるが、解の信頼性は下がる。

ヤコビアンパターン

解析が収束しない場合、数値を上げると効果が出る場合がある。

【ポイント】

シミュレーションパラメータを理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p196の解説）

「3D接触に精密なジオメトリを使用」はチェックを入れた場合は接触部分の情報として面や線の情報を持つため、接触部分を厳密に探すことが出来るが、チェックを入れない場合は、点をランダムに配置してその中から接触点を探すようなことを行うため計算結果の精度が落ちる。

参考 結果の評価

- 参考-1 解析実行方法
- 参考-2 回転速度変更によるカム跳びの評価
- 参考-3 摩擦力の変更によるカムトルクの評価

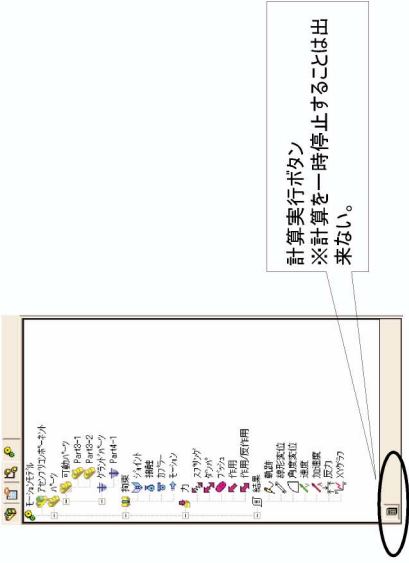
【ポイント】

回転速度変更によるカム跳びの評価
摩擦力の変更によるカムトルクの評価

【解説】

回転速度変更によるカム跳びの評価
摩擦力の変更によるカムトルクの評価

参考-1 解析実行方法



【ポイント】

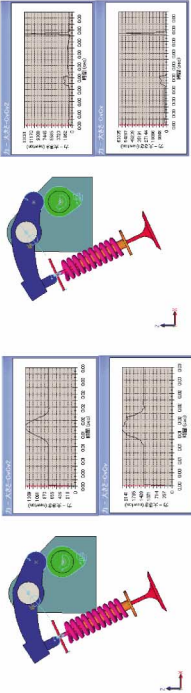
解析実行方法を習得する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p197の解説)

解析実行方法を習得する。

参考-2 回転速度変更によるカム跳びの評価

- 回転速度12000deg/sec (2000rpm)
- 回転速度120000deg/sec (20000rpm)



【ポイント】

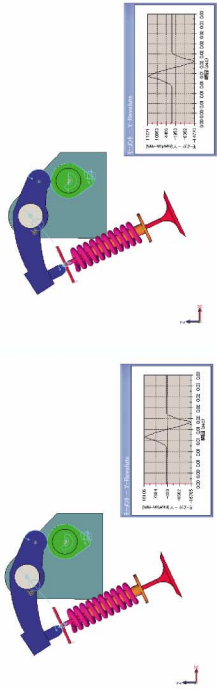
回転速度を大きくすることによりカム跳びが発生することを理解する。

【解説】

回転速度を12000deg/secから120000deg/secに10倍にすることによりカム跳びが発生する。接触反力のグラフ(CVCVの反作用力)を見ても12000deg/secのグラフが連続的なグラフであるのに対して、120000deg/secのグラフは不連続なグラフであることが分かる。カム機構の場合は前者のように連続的に力を伝える必要がある。

参考-3 摩擦力の変更によるカムトルクの評価

- 回転速度12000deg/sec (2000rpm)摩擦なし
- 回転速度12000deg/sec (2000rpm)摩擦あり



6-91

【ポイント】

摩擦係数を設定することにより摩擦トルクが大きくなることを理解する。

【解説】

摩擦係数を設定することにより摩擦トルクが大きくなることを理解する。

続き

摩擦なし

The screenshot shows the 'Frictionless' settings dialog box. The 'Definition' tab is selected. The 'Friction Coefficient' is set to 0.0. The 'Friction Type' is set to Coulomb. The 'Friction Direction' is set to Tangent. The 'Friction Moment' is set to 0.0. The 'Friction Torque' is set to 0.0. The 'Friction Power' is set to 0.0. The 'Friction Heat' is set to 0.0. A red circle highlights the 'Friction Coefficient' field.

摩擦あり

The screenshot shows the 'Friction' settings dialog box. The 'Definition' tab is selected. The 'Friction Coefficient' is set to 0.1. The 'Friction Type' is set to Coulomb. The 'Friction Direction' is set to Tangent. The 'Friction Moment' is set to 0.0. The 'Friction Torque' is set to 0.0. The 'Friction Power' is set to 0.0. The 'Friction Heat' is set to 0.0. A red circle highlights the 'Friction Coefficient' field.

6-92

【ポイント】

摩擦係数を設定することにより摩擦トルクが大きくなることを理解する。

【解説】

摩擦係数を設定することにより摩擦トルクが大きくなることを理解する。

(3) cam_designモデル

- ①ADAMS関数
- ②軌跡
- ③カーブ／カーブ接触

【ポイント】

例題を通してCOSMOSMotionの操作を習得する。

【解説】

テキストの補足として①から③を説明する。

①ADAMS関数

＜ADAMS関数の記述例＞

例1「0～3秒までは10mm/s、3～5秒までは50mm/s、5～10秒までは100mm/sの並進運動をさせる場合
IF((TIME-3):10,10,IF((TIME-5):50,50,IF((TIME-10):100,100,0)))

構文: IF(TIME:A,B,C) (IF: 条件文、TIME: 時間、A,B,C: 評価項目)
関数の意味: TIME<0 Aを評価
TIME=0 Bを評価
TIME>0 Cを評価

※回転運動をADAMS関数で定義する場合は角度の値の後にDを付け加える。
例: IF((TIME-3),90D,180D)

例2「運動を開始して3秒後に10mm/sになり5秒後には50mm/s、20秒後には50mm/sになる」並進運動をさせる場合
STEP(TIME,0,0,3,5)+STEP(TIME,3,0,5,15)+STEP(TIME,5,0,10,30)

構文: STEP(A,B,a,b) (STEP: ステップ関数、A: 開始時間、B: 初期値、a: 終了時間、b: 終了値)
※上記例では5mm/s+15mm/s+30mm/sで最終的に50mm/sになる。

【ポイント】

ADAMS関数の記述例を理解する。

【解説】(教材情報資料No.1092004 p204,205の解説)

スライド参照

回転座標系から見た場合

全体座標系から見た場合

【ポイント】
参照座標系によって軌跡が変ることを理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p207の解説）
軌跡を描かせる場合は、どの座標系から見たときの軌跡を描かせたいかを正しく設定する必要がある。

③カーブ／カーブ接触

接触するパーツが平行平面を維持する場合、2次元的な接触問題と考え、それぞれのカーブを選択する。

※3次元接触に比べて計算時間が早い。

【ポイント】
カーブ／カーブ接触の場合の設定方法を理解する。

【解説】（教材情報資料No.1092004 p212の解説）
面を選択した場合は、面を囲むエッジがカーブの対象となる。カーブに対するポイント数は大きくすることで点と点の間の精度が上がる。設定後、それぞれのカーブに対して矢印が表示されるが、これはカーブに対してソリッドのある方向を指している必要がある。これが逆になっていると、ソリッドと空間を逆に認識してしまい、正しく接触を判定できなくなる。