

第7章 CAEを活用した機械設計演習と 実機との照合

第7章 CAE を活用した機械設計演習と実機との照合

本章では実機モデルの計測結果と CAE での解析結果が近い値を示すことを確認し、CAE における解析が実機の実験に置き換わる有効な手段であることを理解する。実機モデルは「レバースライダ機構」と「平カム機構」の2種類とし、機構解析ソフトは COSMOSMotion を使用する。実機モデルとしてレバースライダ機構の他に平カム機構を用意した理由は「機構の種類を変えることによって動作特性がどのように変わるか」についても理解するためである。

第1節 実機モデルでの計測

1-1 実機モデル概要

以降に実機モデルの概要を示す。

(1) レバースライダ機構

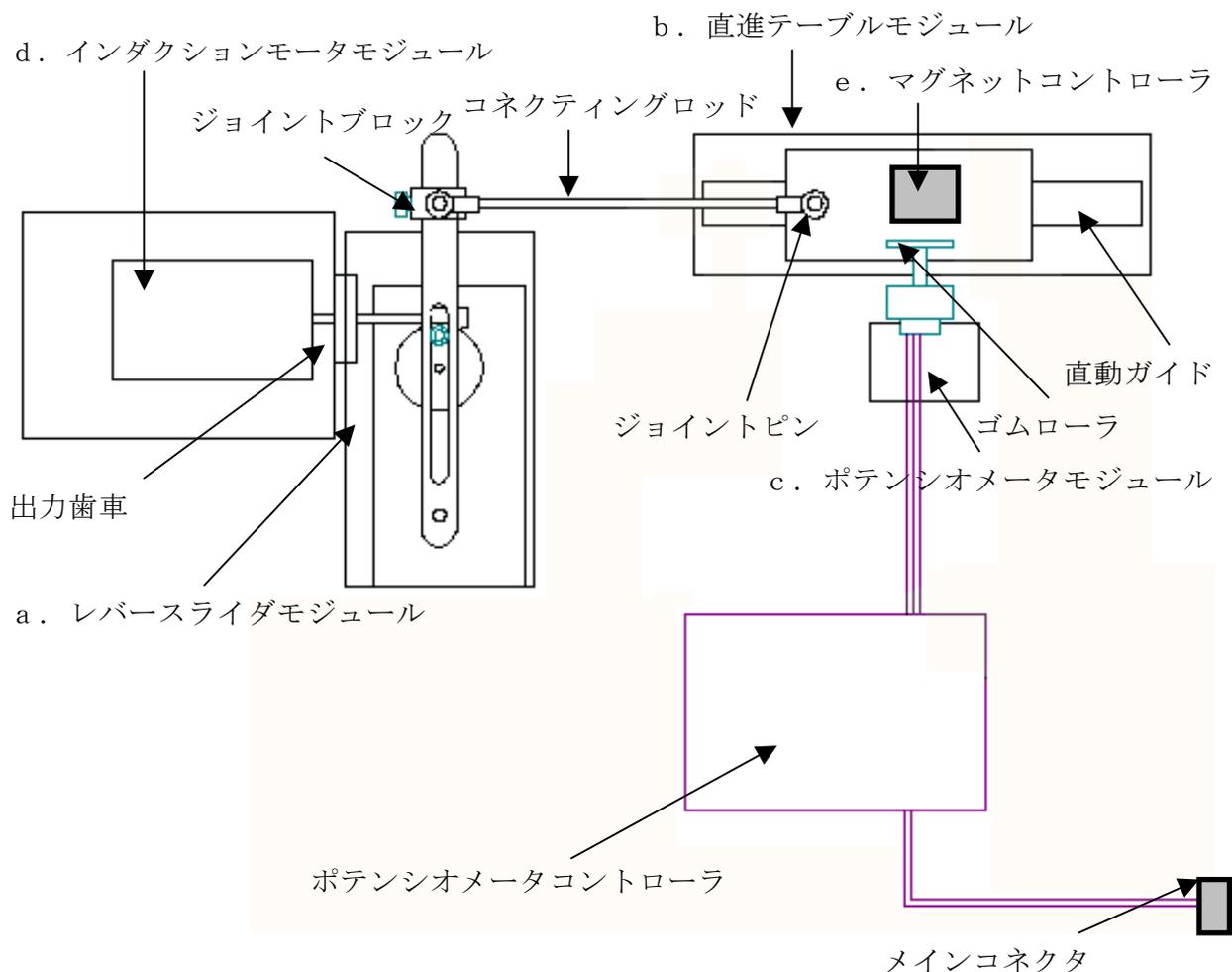


図7-1 レバースライダ機構概要図

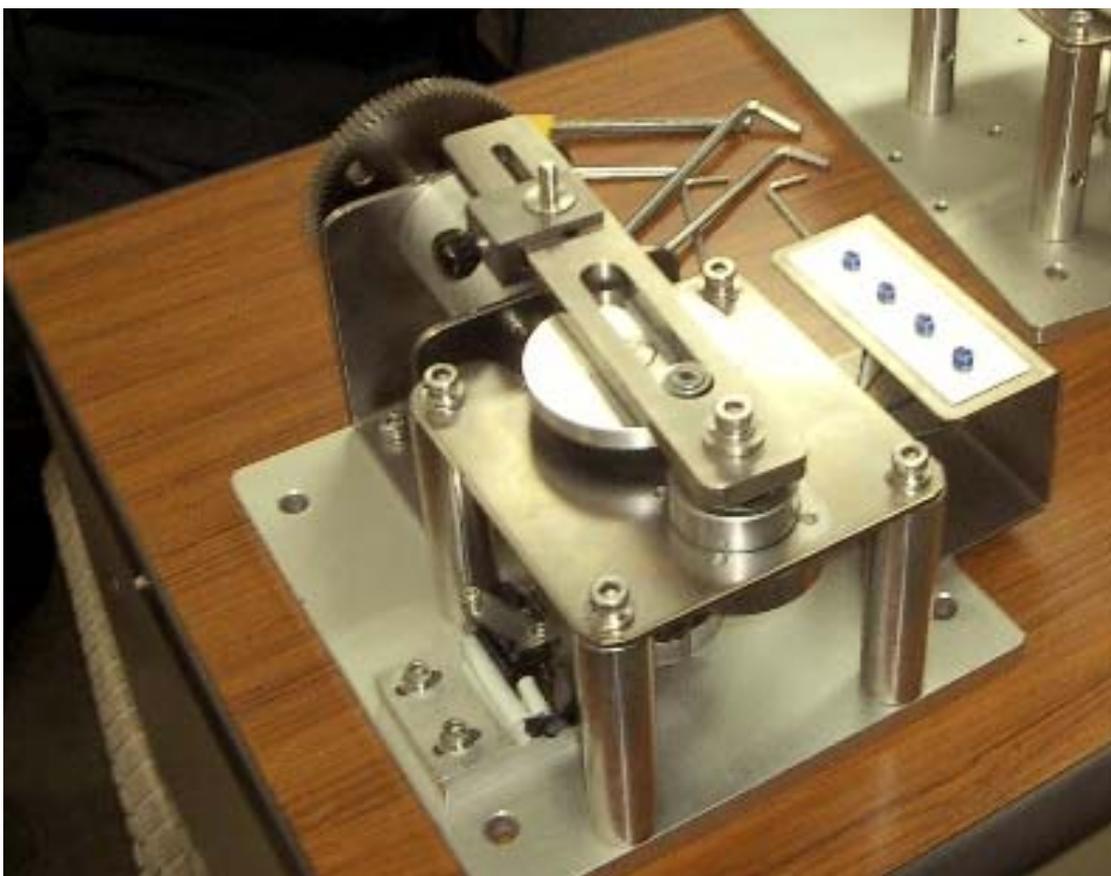


図7-2 写真イメージ（レバースライダーモジュール部分のみ）

以降に主要モジュールについて説明する。

a. レバースライダーモジュール

入力歯車を回転することによりピンホイールが回転し、出力レバーが往復揺動する。出力レバーのジョイントブロックの位置を変更することで、出力ストロークを調整できる。ジョイントブロック上のジョイントピンにコネクティングロッドを係合させ、直進テーブル等、他のメカニズムに接続できる。

b. 直進テーブルモジュール

直動ガイド上に設けられたテーブルが、ジョイントピンを用いて駆動される。本システムでは、レバースライダーモジュール、平カムモジュール等のコネクティングロッドにより、最終出力モジュールとして用いる。

c. ポテンシオメータモジュール

マグネットベースに自在アームで保持されたポテンシオメータのゴムローラ部分を直進テーブル上に圧接するようクランプする。ケーブルは、A/D変換用アナログ入出力ボックスの0chコネクタに接続する。計測開始に際して、直進テーブルの移動方向を確認し、テーブルからローラが外れないように設定位置を調整するとともに、計測ソフトの画面上の数値を見ながらゴムローラを手動で回転し、最小値または最大値に近い値とするようスタートポイントの値を設定する。

d. インダクションモータモジュール

速度設定つまみを調整することで回転速度を無段階に設定できるセミ・サーボ型のインダクションモータで、出力歯車をメカニズムモジュールに組合わせて、各種のモジュールを駆動できる。動力源はAC100V電源を用い、制御入力としてI/Oボックスモジュールのパワー端子(AC100V)との接続を用いる。(正転・逆転用の2個の赤端子と共通の黒端子1個が設けられている)

※注意 セミ・サーボ系となっているため、停止時からスタート入力を投入した瞬間にはやや高速で立上がるので注意が必要。

e. マグネットコントローラ

パーツに重量を付加したい場合に用いる。1.25kgと2.25kgの2種類がある。

(2) 平カム機構

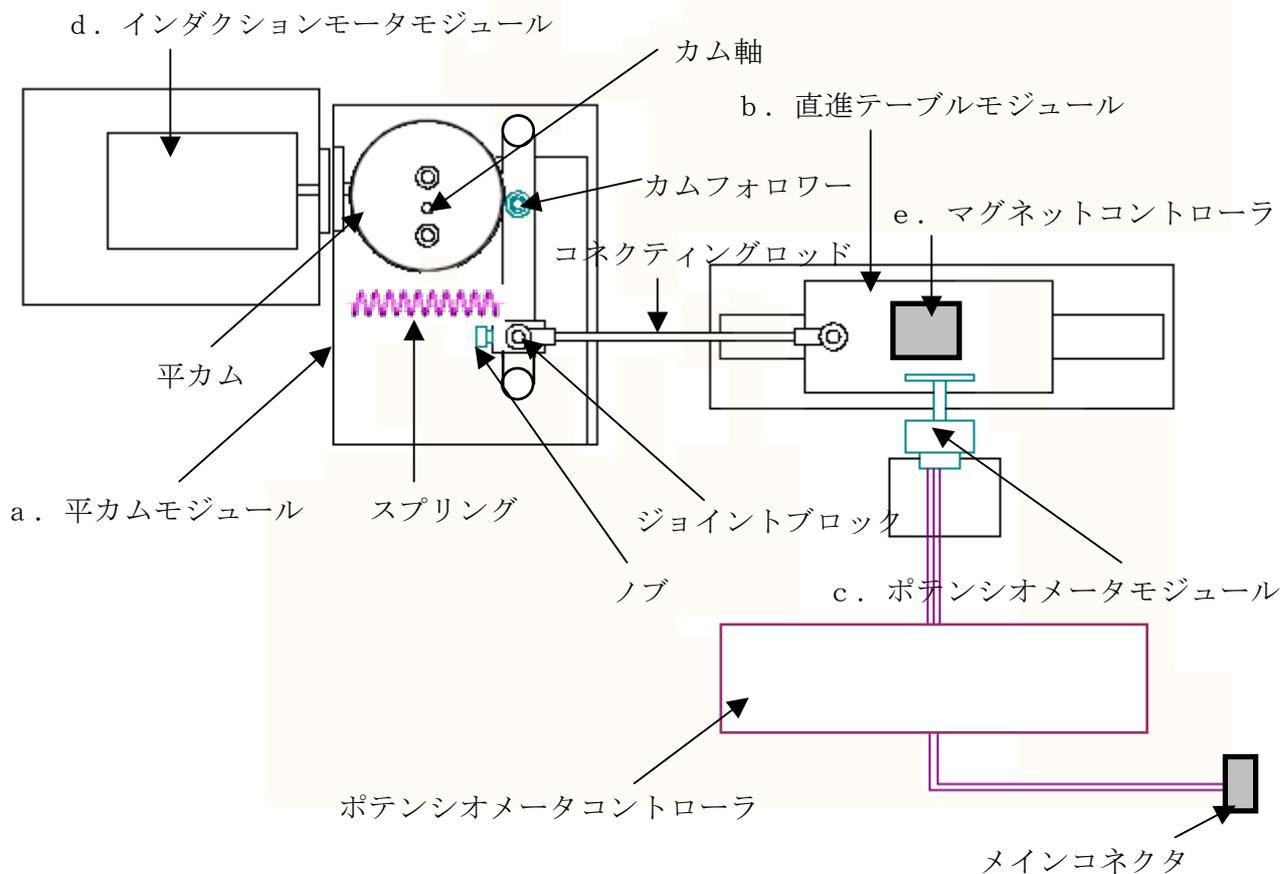


図 7-3 平カム機構概要図



図 7-4 写真イメージ (平カムモジュール部分のみ)

以下に主要モジュールを示す。

a. 平カムモジュール

入力歯車を回転することにより、平カムのカム軸が回転し、カムフォロワーを經由して出力レバーが往復揺動する。出力レバーのジョイントブロックの位置を変更することで出力ストロークを調整できる。ジョイントブロック上のジョイントピンに接続グロッドを係合させ、直進テーブル等、他のメカニズムに接続できる。平カムは上部の取付けネジにより容易に着脱できるので、任意形状の平カムと交換可能である。

※ b. 直進テーブルモジュール、 c. ポテンショメータモジュール、 d. インダクションモータモジュール、 e. マグネットコントローラはレバースライダ機構と同様である。

1-2 実機モデルでの計測

(1) レバースライダ機構

ピンホイールの回転速度を変化させた場合の直進テーブルモジュールの“変位”、“速度”を計測する。以下に計測条件及び計測結果を示す。

a. 計測条件

表 7-1 計測条件—レバースライダ機構

	回転速度が遅い場合 135deg/sec	回転速度が速い場合 257deg/sec
直進テーブルモジュール の質量 0.75kg	(ア) 変位、速度	(イ) 変位、速度

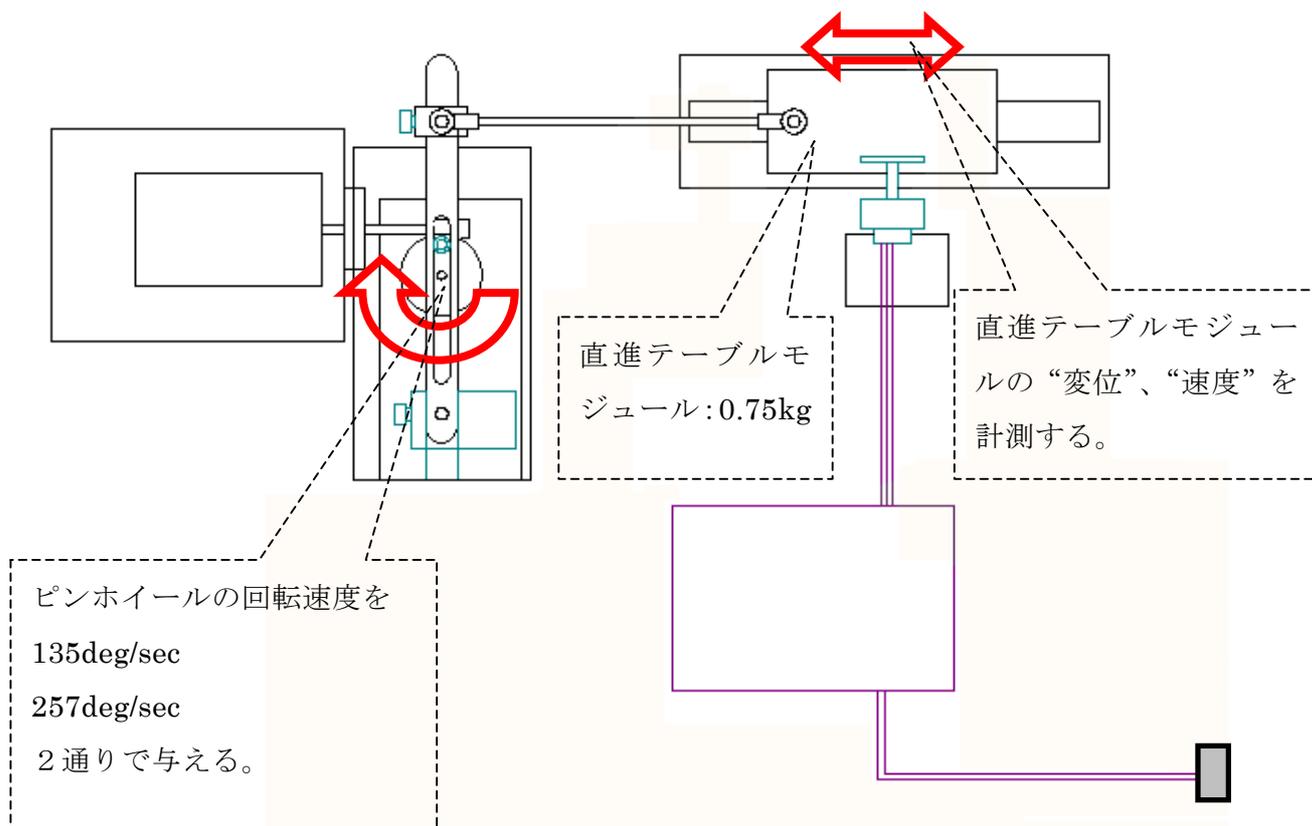


図 7-5 計測条件—レバースライダ機構

b. 計測結果

(ア) の計測結果

(ア) 計測結果－レバースライダ

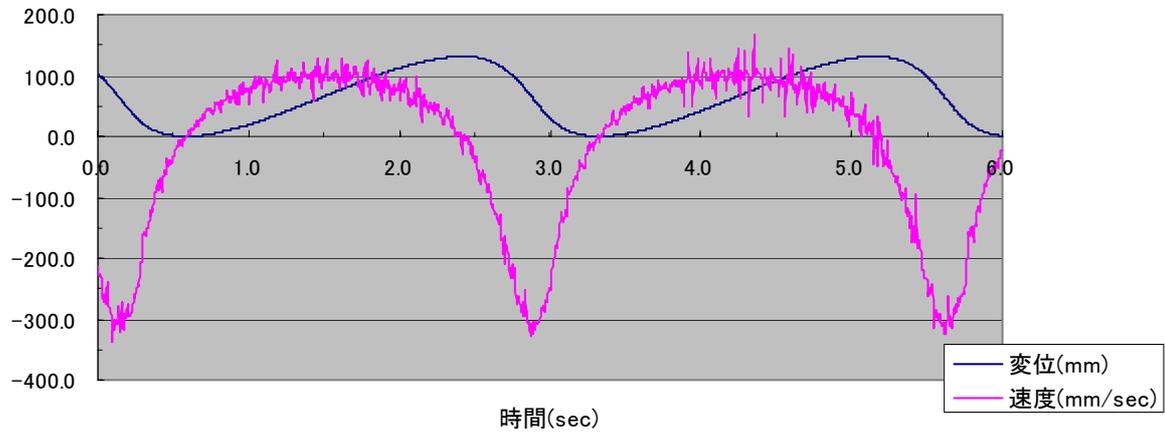


図7-6 (ア) の計測結果

(イ) の計測結果

(イ) 計測結果－レバースライダ

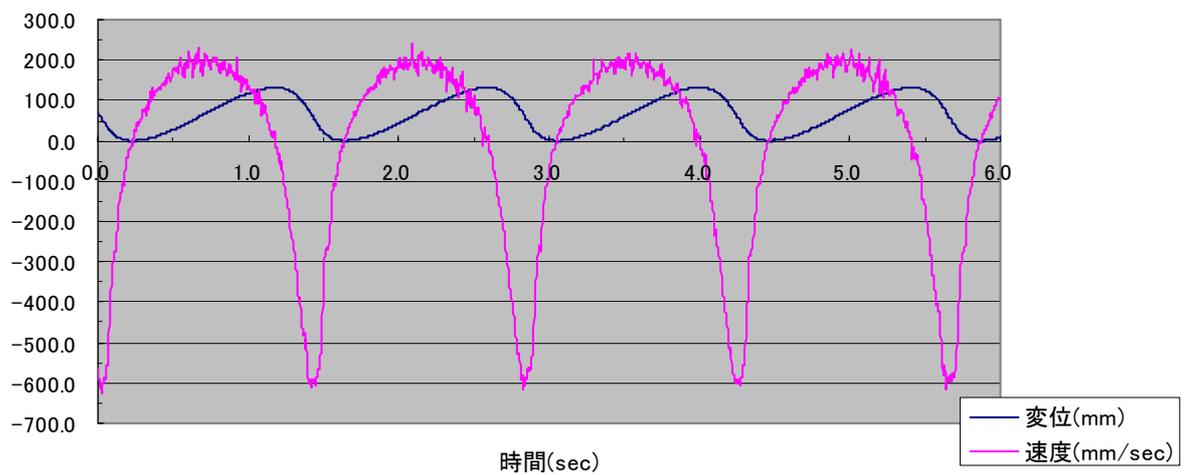


図7-7 (イ) の計測結果

(2) 平カム機構

平カムのカム軸の回転速度を変化させた場合の直進テーブルモジュールの変位、速度を計測する。以下に計測条件及び計測結果を示す。

a. 計測条件

表 7-2 計測条件—平カム機構

	回転速度が遅い場合 135deg/sec	回転速度が速い場合 212deg/sec
直進テーブルモジュール の質量 0.75kg	(ウ) 変位、速度	(エ) 変位、速度

※スプリング剛性は 0.1225[N/mm]、長さ 80[mm]とする。

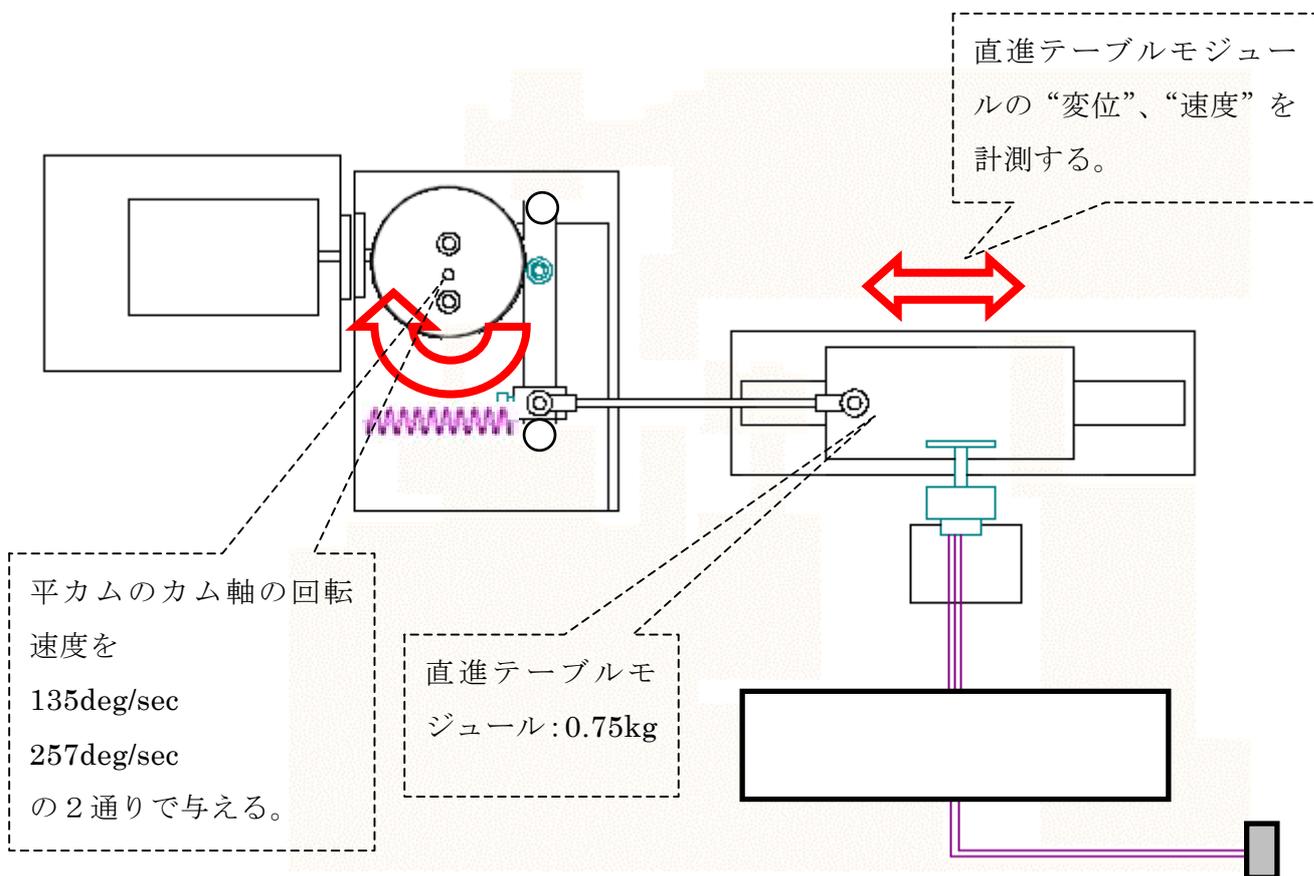


図 7-8 計測条件—平カム機構

b. 計測結果

(ウ) の計測結果

(ウ)計測結果－平カム

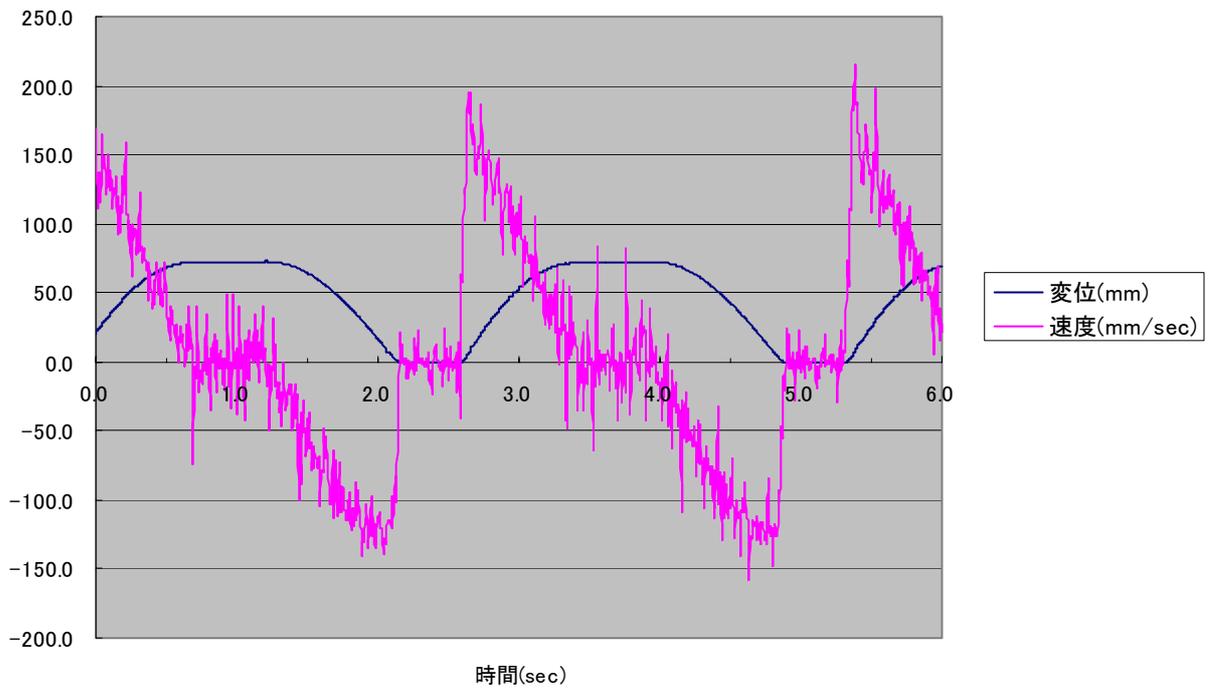


図7-9 (ウ) の計測結果

(エ) の計測結果

(エ)計測結果－平カム

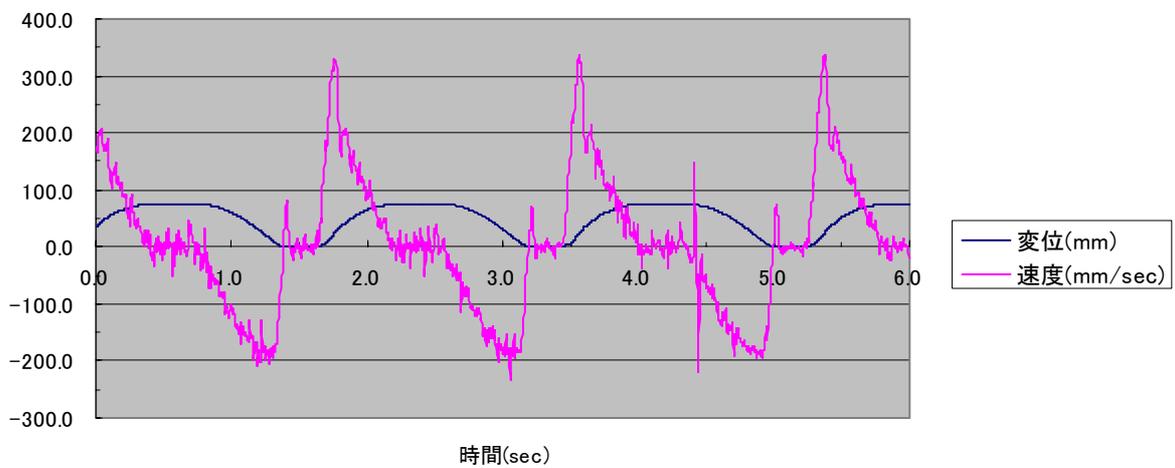


図7-10 (エ) の計測結果

第 2 節 機構解析モデルを使ったシミュレーション

本節では、COSMOSMotion を利用してシミュレーションを行う。シミュレーションに先立ち、「2-1 機構解析モデルの作成」でパーツのモデリングとアセンブリにより解析モデルを完成させる。その後「2-2 機構解析モデルでの解析」で解析手順及び解析結果を示す。

2-1 機構解析モデルの作成

(1) レバースライダ機構

レバースライダ機構ではレバーパーツを作成する。

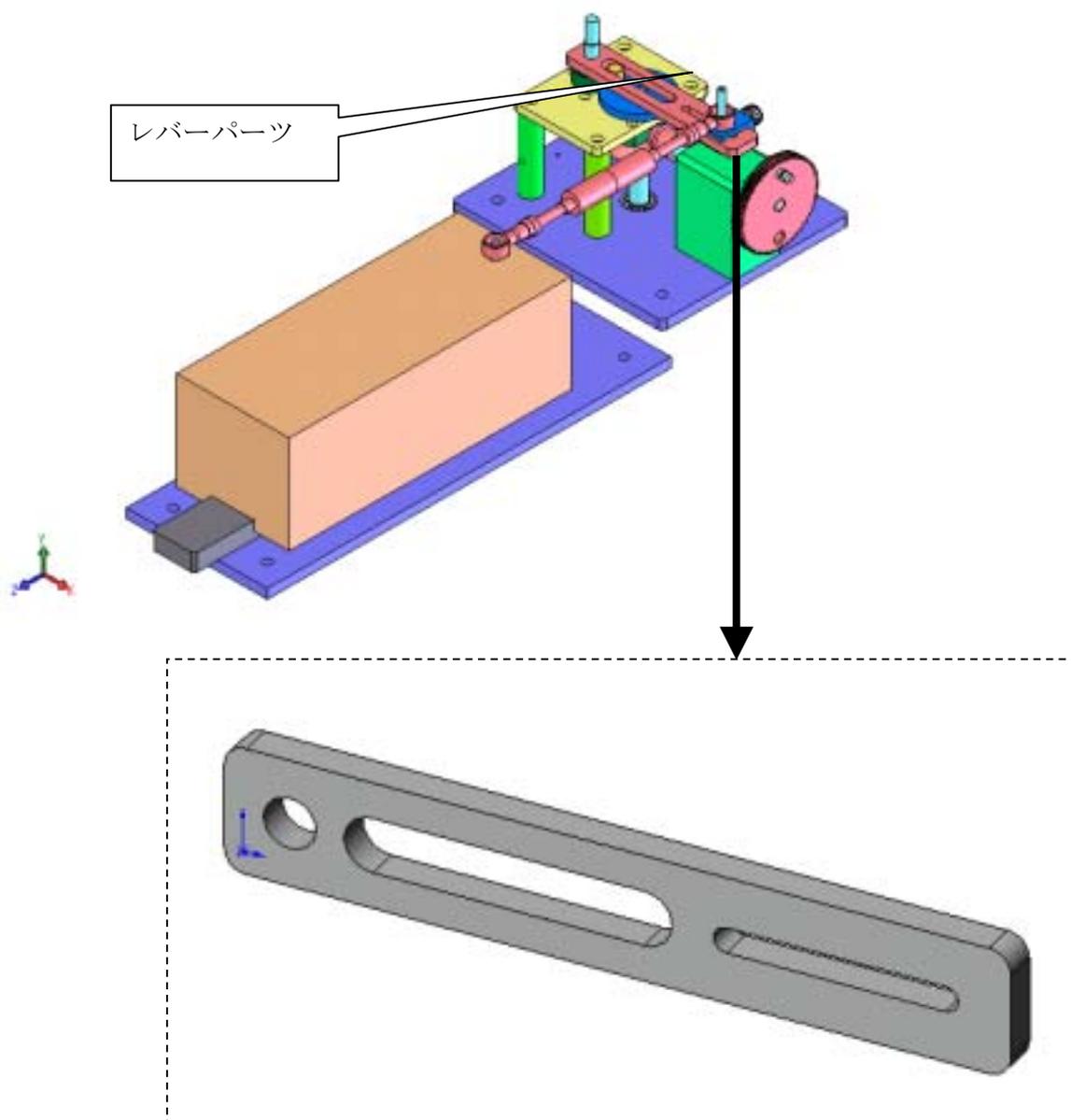


図 7-11 レバーパーツ

② スケッチの作成

スケッチ平面を“平面”としてスケッチを作成する。

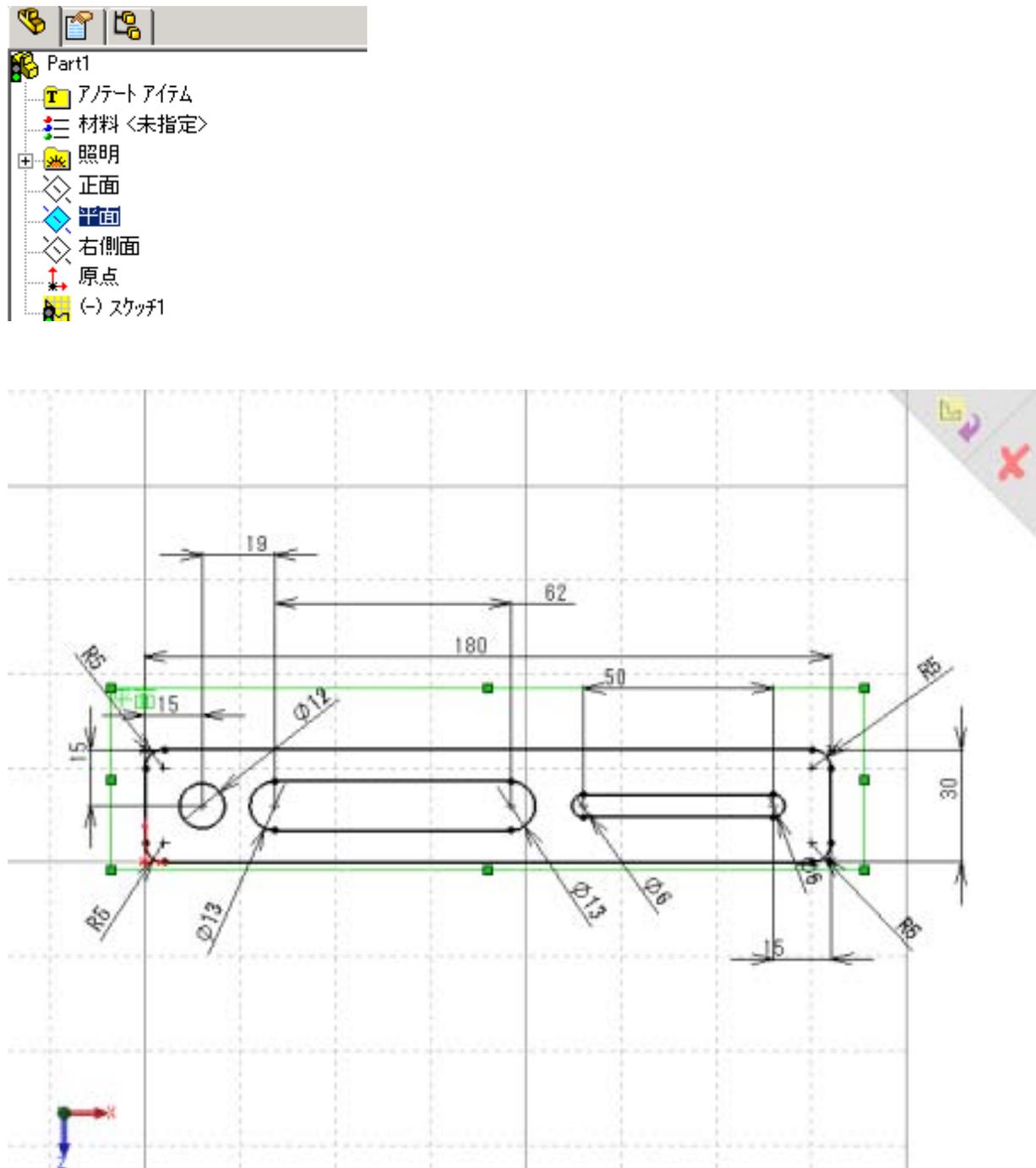


図7-14 スケッチ作成

- ③ 押し出しフィーチャーの作成
 ②のスケッチを 8mm 押し出す。

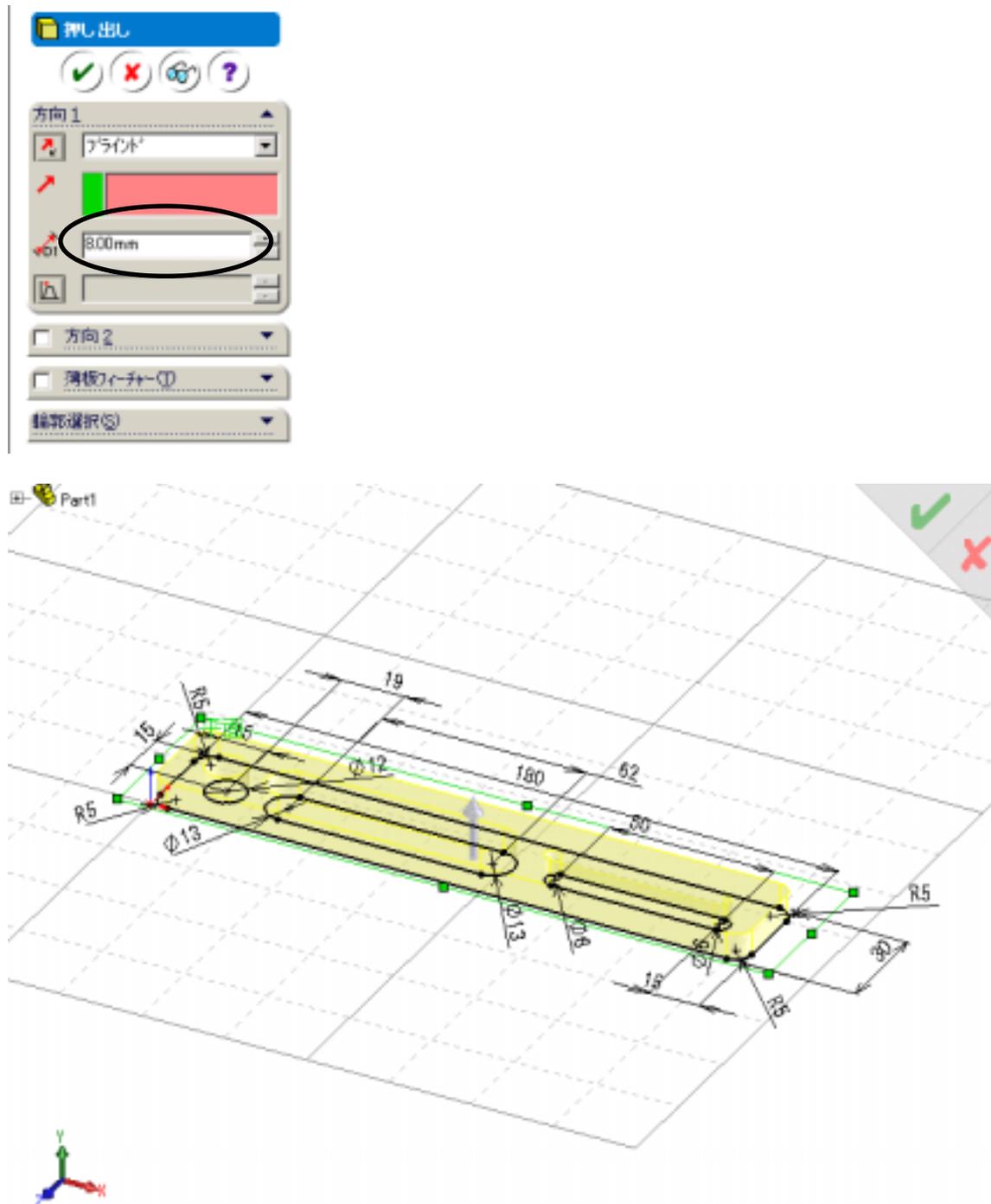


図7-15 押し出しフィーチャー作成

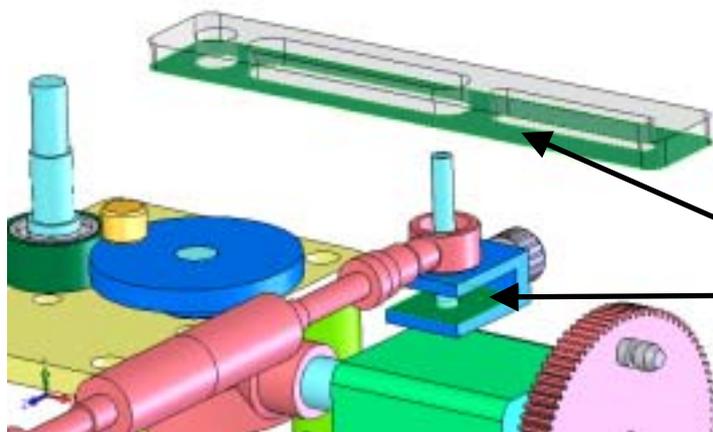
押し出しが終了したらファイル名を“MM-M240K-P004.SLDPRT”として保存する。

- ④ ファイルのオープン

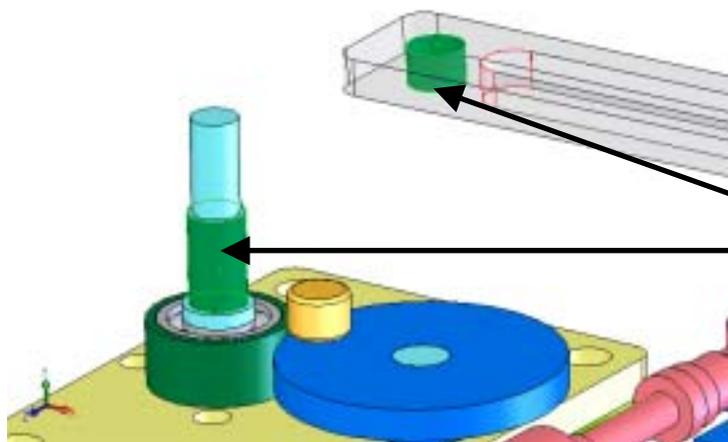
ファイル<standard_leverslider.sldasm>を開き、“MM-M240K-P004.SLDPRT”をドラッグアンドドロップする。

⑤ 合致条件の設定

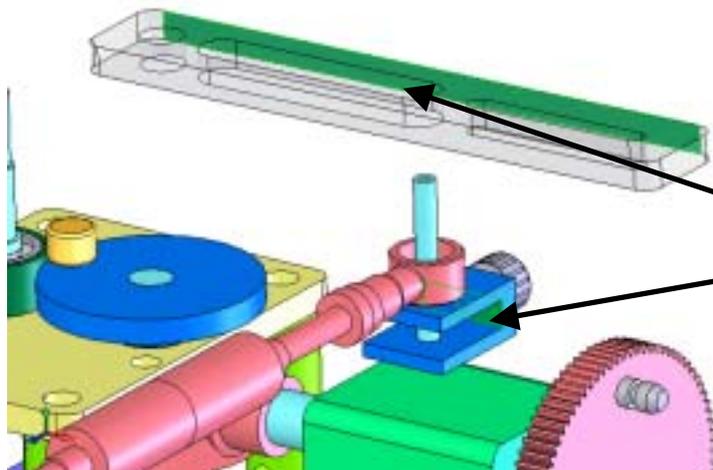
作成した“MM-M240K-P004.SLDPRT”に対して以下の3つの合致条件を設定してする。



a. それぞれの面を選択して“一致”合致を設定する。



b. それぞれの円筒面を選択して“同心円”合致を設定する。



c. それぞれの面を選択して“平行”合致を設定する。

図7-16 合致条件

合致条件を設定後に以下の図のようにレバーパーツが正しい位置にアセンブリされていることを確認する。

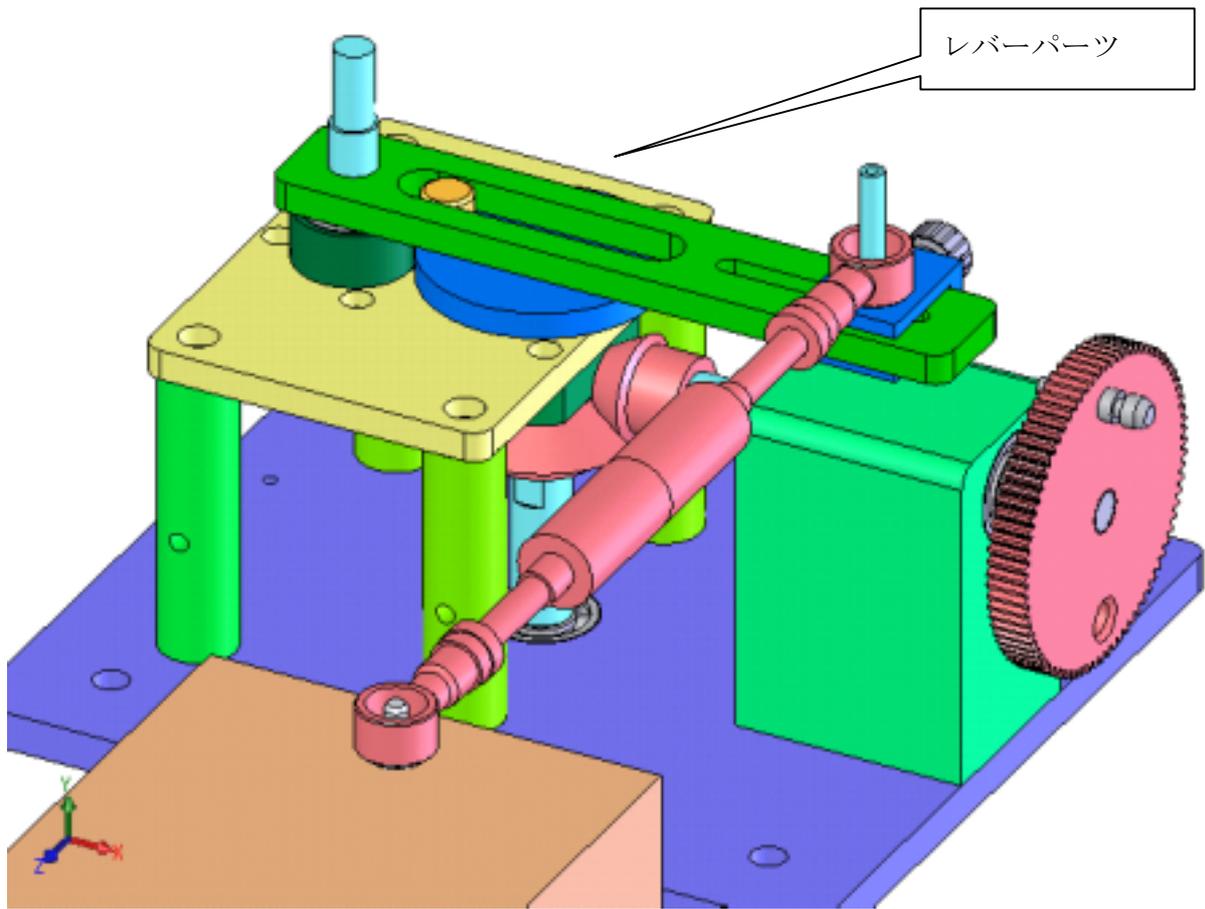


図7-17 完成イメージ

アセンブリが終了したら `standard_leverslider.asm` に上書き保存する。

(2) 平カム機構

平カム機構ではカムフォロワーを作成する。

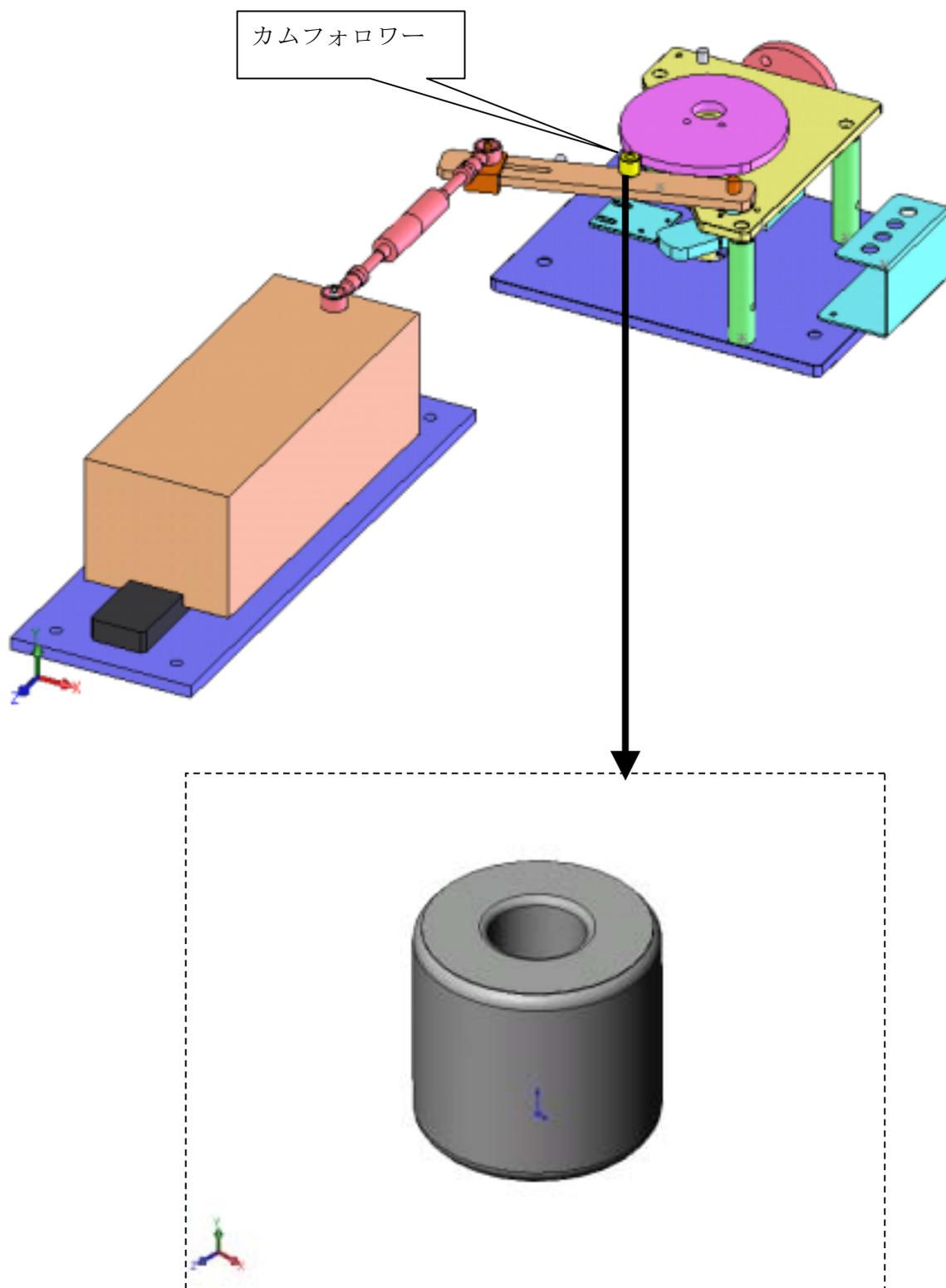


図7-18 カムフォロワー

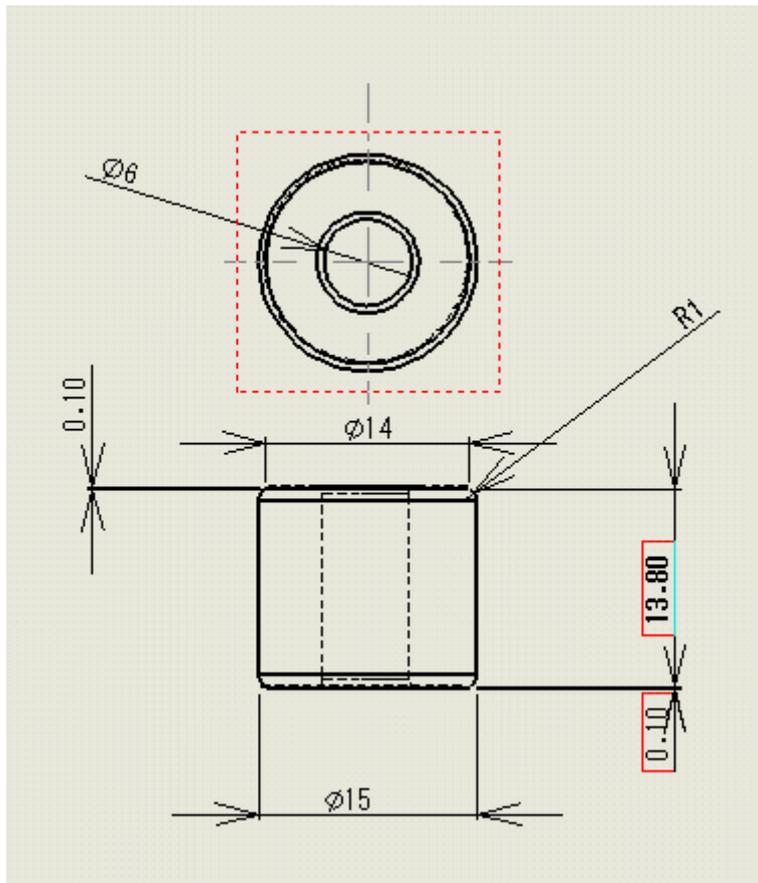


図7-19 寸法図

① 新規パーツの作成

「(1) レバースライダ」と同様の手順で作成する。

② ベーススケッチの作成

スケッチ平面を“平面”としてスケッチを作成する。

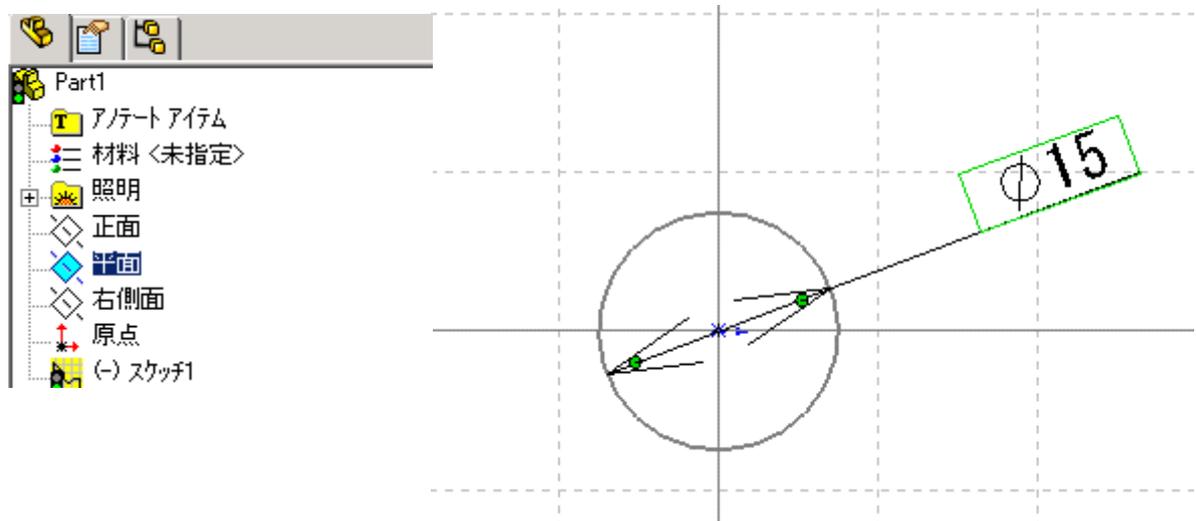


図7-20 ベーススケッチ

③ 押し出し、カットフィーチャーの作成

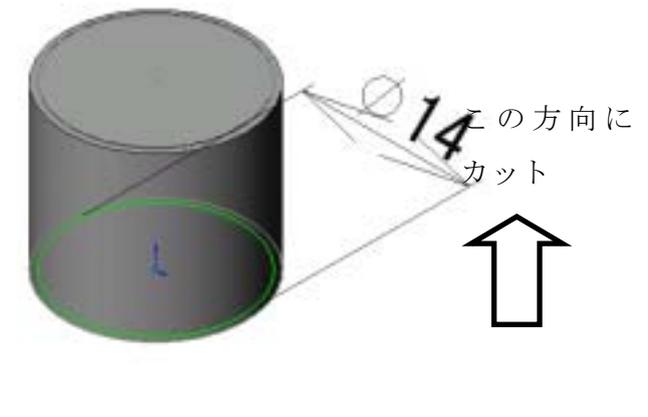
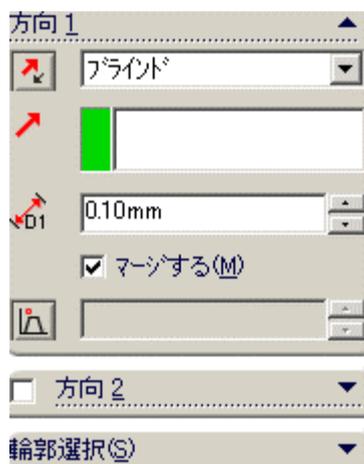
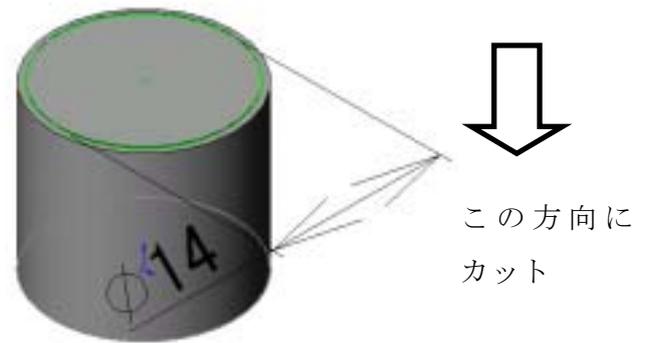
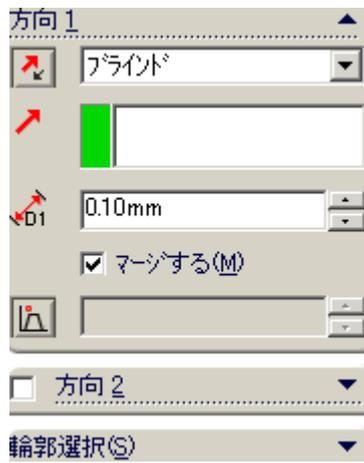
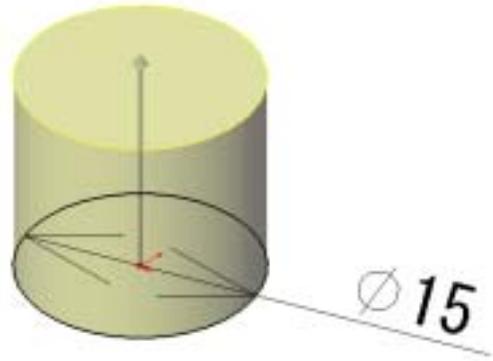
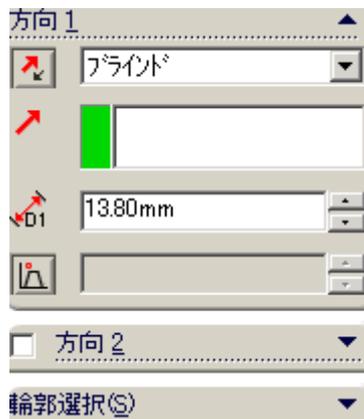


図7-21 押し出し、カットフィーチャー

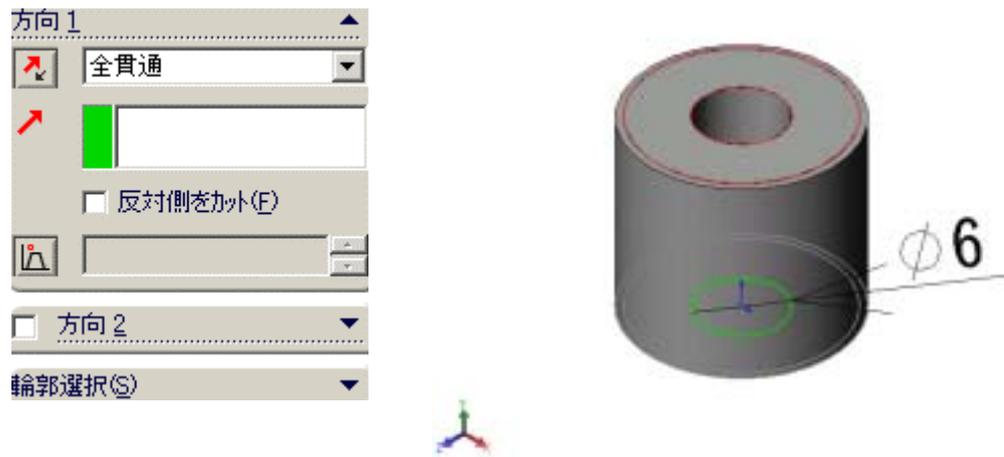


図7-21 押し出し、カットフィーチャー（続き）

④ フィレットフィーチャーの作成

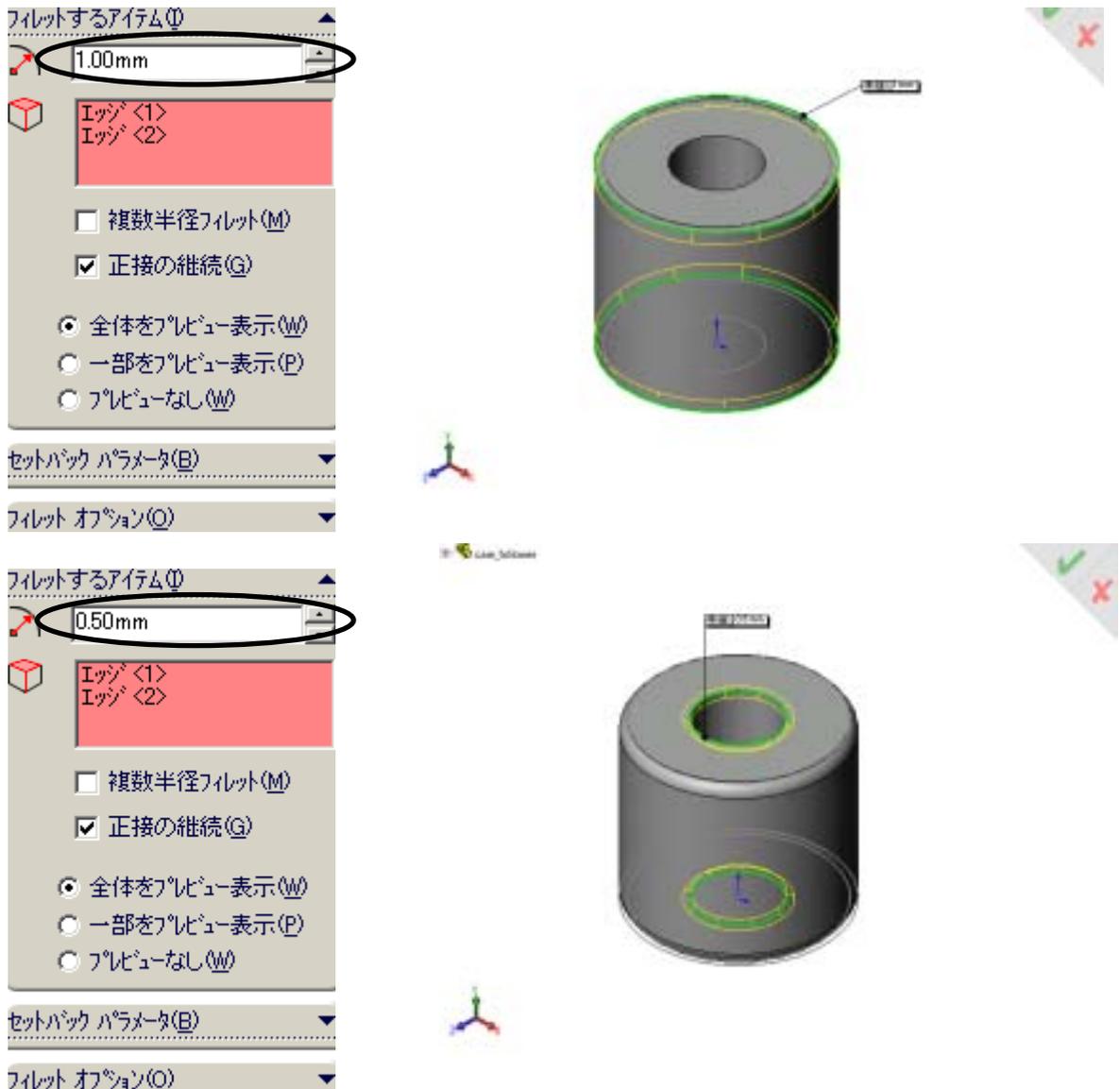


図7-22 フィレットフィーチャー

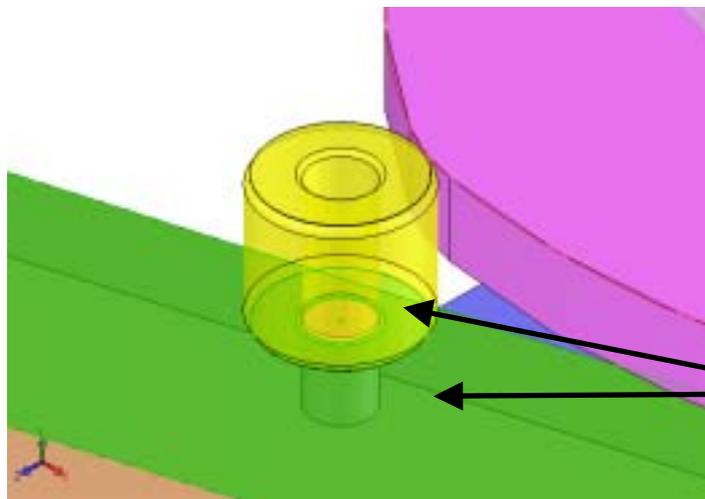
フィレットフィーチャーが終了したら、ファイル名を“cam_follower.SLDPRT”として保存する。

⑥ ファイルのオープン

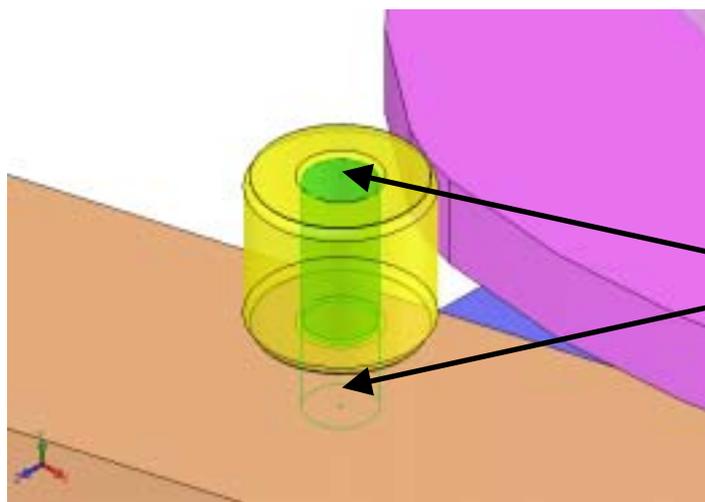
ファイル<standard_flatcam.sldasm>を開き、“cam_follower.SLDPRT”をドラッグアンドドロップする。

⑦ 合致条件の設定

作成した“cam_follower.SLDPRT”に対して以下の2つの合致条件を設定する。



a. レバー側、カムフォロワー側のそれぞれの面を選択して“一致”合致を設定する。



b. レバー側、カムフォロワー側のそれぞれの円筒面を選択して“同心円”合致を設定する。

図7-23 合致条件

合致条件を設定後に以下の図のようにカムフォロワーが正しい位置にアセンブリされていることを確認する。

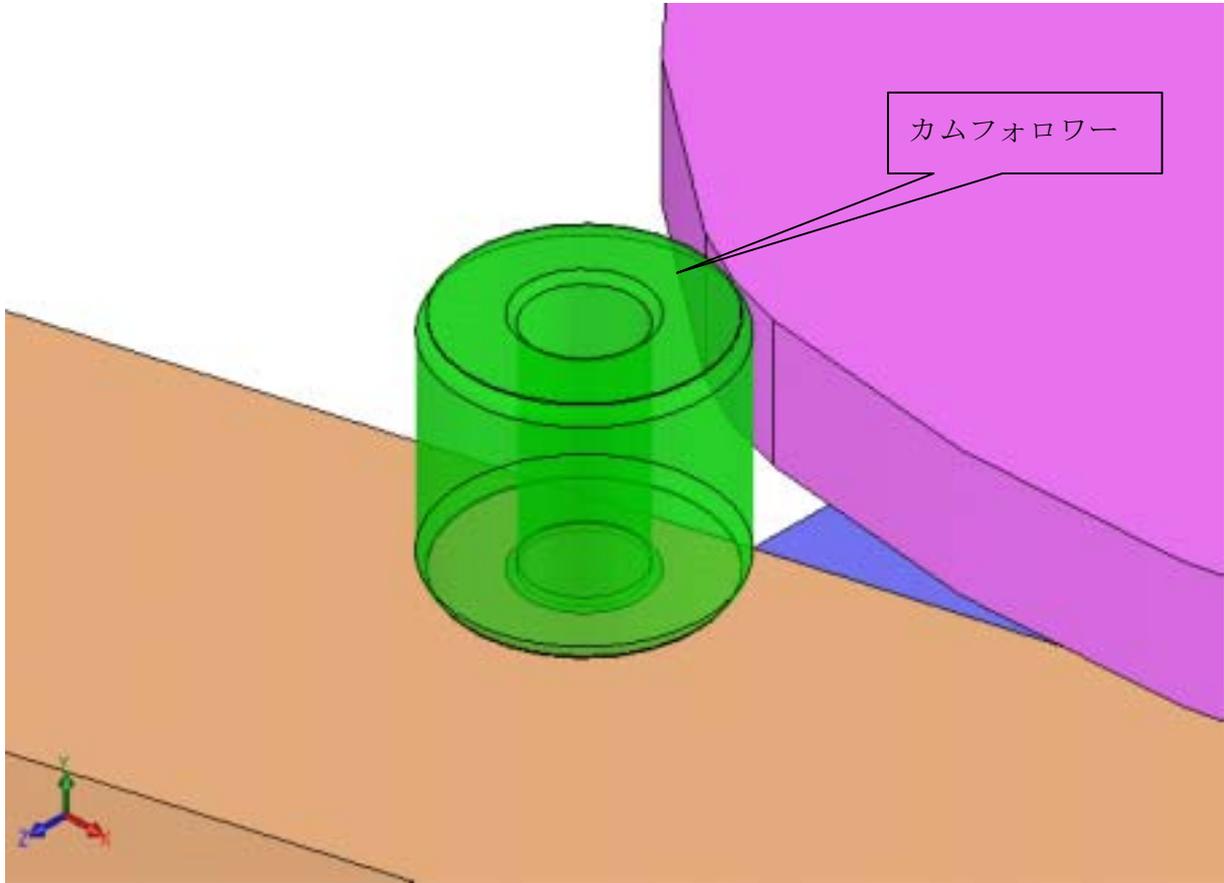


図7-24 完成イメージ

アセンブリが終了したら `standard_flatcam.asm` に上書き保存する。

2-2 機構解析モデルでの解析

(1) レバースライダ機構

以降にレバースライダ機構の解析手順を示す。解析条件は「表7-1 計測条件-レバースライダ」に従う。

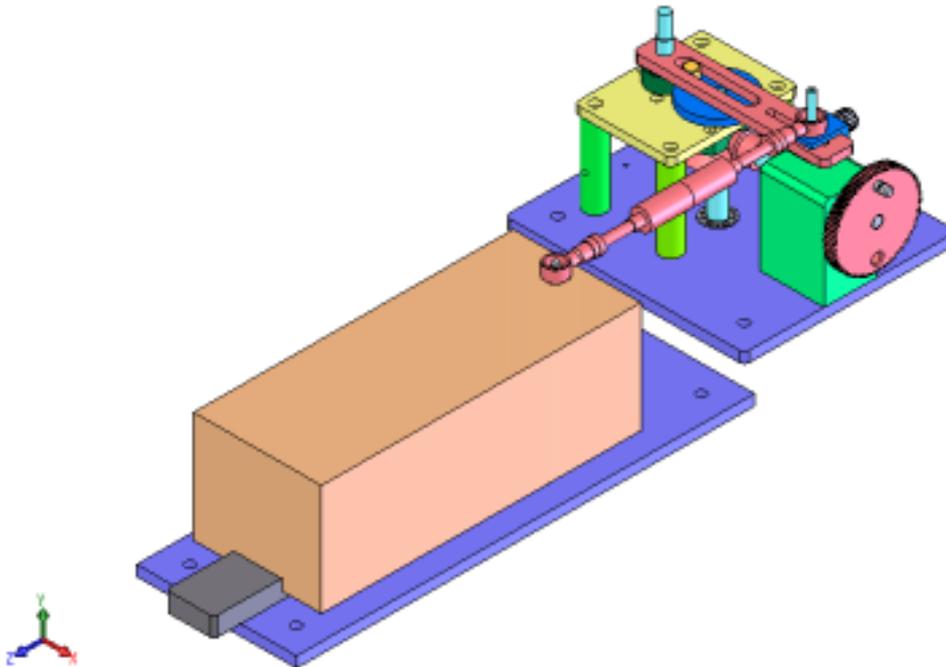


図7-25 レバースライダ機構

① ファイルのオープン

ファイル<standard_leverlider.sldasm>を開く。

② パーツの分類

パーツツリーを展開して可動パーツとグランドパーツが正しく分類されているかを確認する。

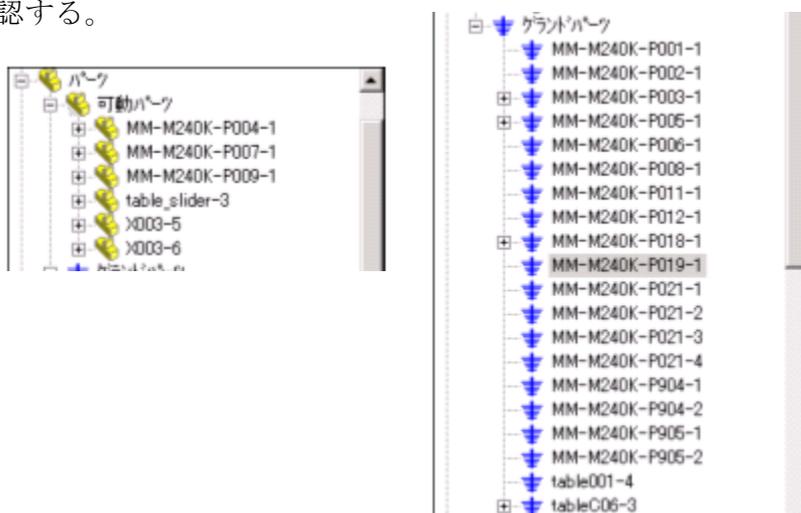


図7-26 可動パーツとグランドパーツ

③ ジョイントの設定

ジョイントツリーを展開して下図に合わせて必要なジョイントを追加する。

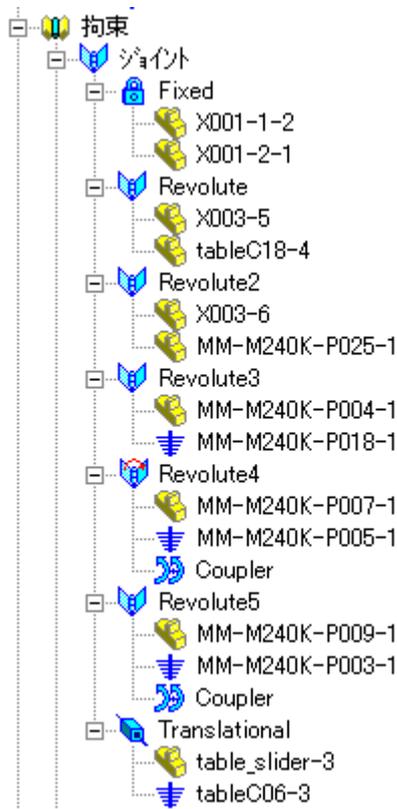


図7-27 設定ジョイント

④ 直進テーブルモジュールの質量設定

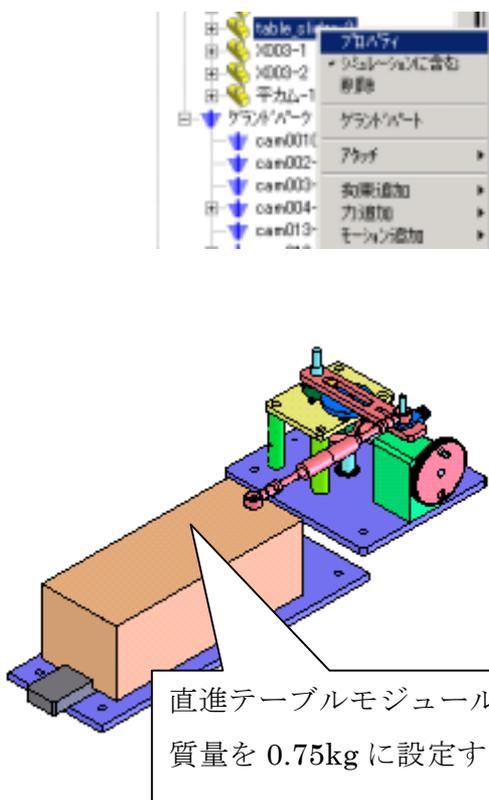


図7-28 直進テーブルモジュールの質量設定

⑤ モーションの設定

ジョイントツリーの **Revolute4** を右クリックしてプロパティを選択する。(ピンが結合されている円筒に対して回転モーションを設定する。)

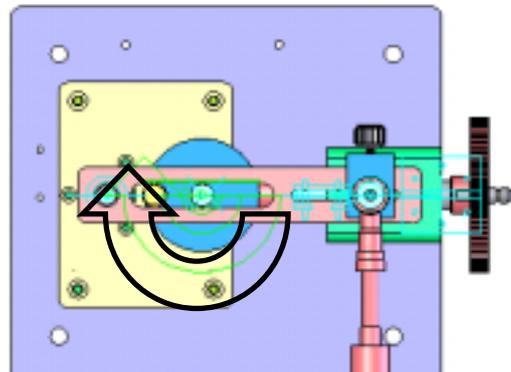


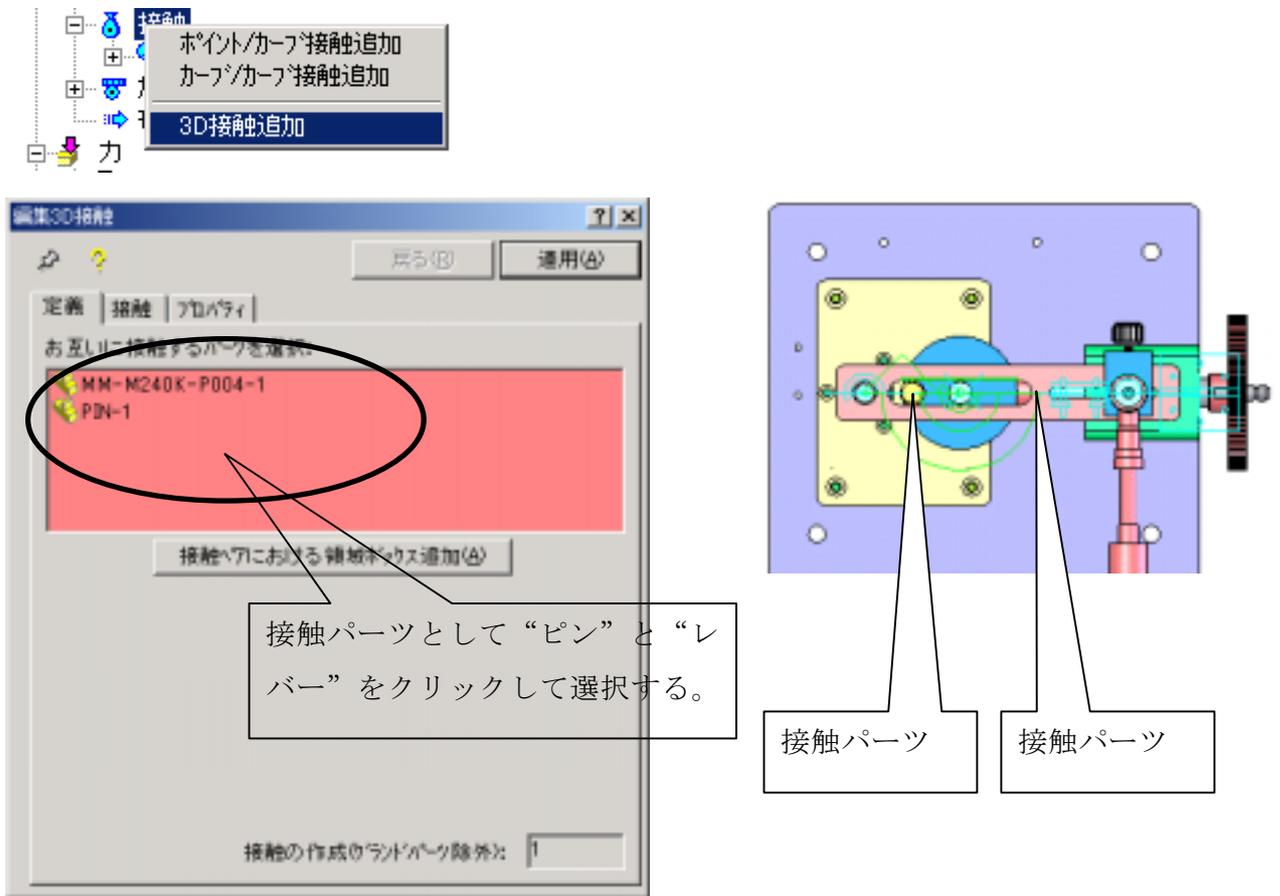
図 7 - 2 9 モーションの設定

モーションタイプ：速度、関数：一定、角速度 135deg/sec を設定する。

※この後解析終了後に、角速度 257deg/sec を設定し (イ) の解析を実行する。

⑥ 接触の設定

接触を右クリックして“3D 接触追加”を選択する。



接触パーツとしてピンとレバーを選択する。

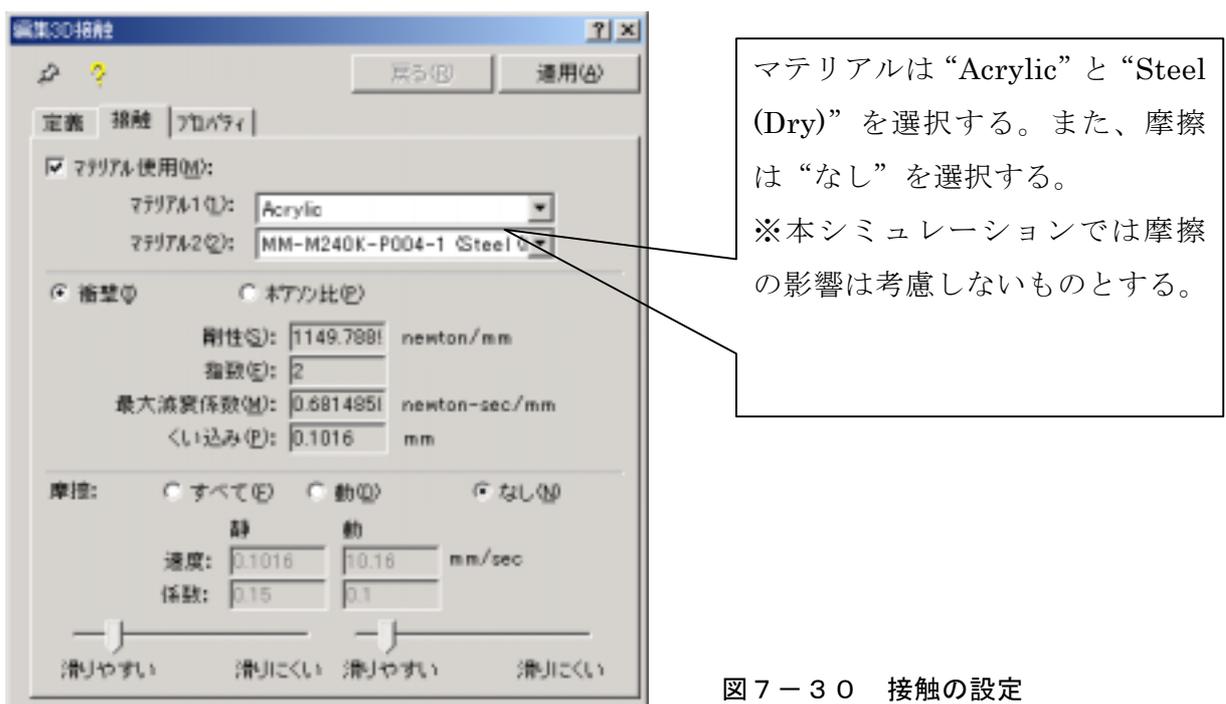
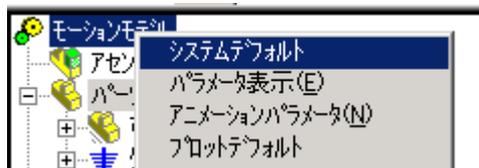


図7-30 接触の設定

⑦ 解析実行

シミュレーション時間を設定する。モーシオンモデルのシステムデフォルトより COSMOSMotion オプション画面を開く。



シミュレーション時間を 6sec、フレーム数を 600 に設定する。この設定は 6sec を 600 フレームに刻んでその解析結果を出力することを意味する。(ソルバーパラメーターはデフォルトのままとする。)

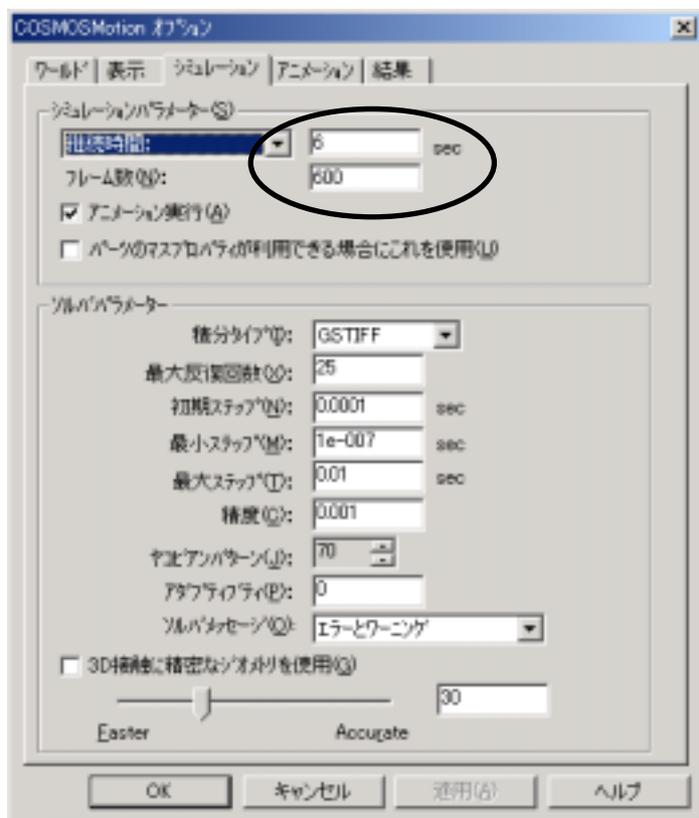


図 7-3 1 シミュレーションパラメータの設定

解析実行ボタンをクリックする。



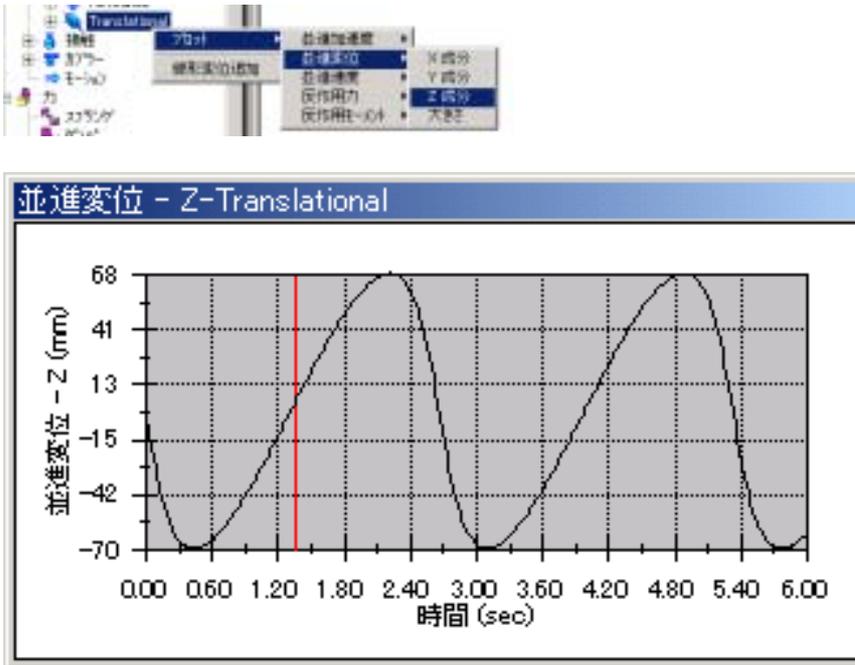
図 7-3 2 解析実行ボタン

⑧ 結果表示

Translational ジョイント（並進ジョイント）の並進変位 Z と並進速度 Z を XY プロット表示する。

表7-1（ア）の結果

<変位>



<速度>

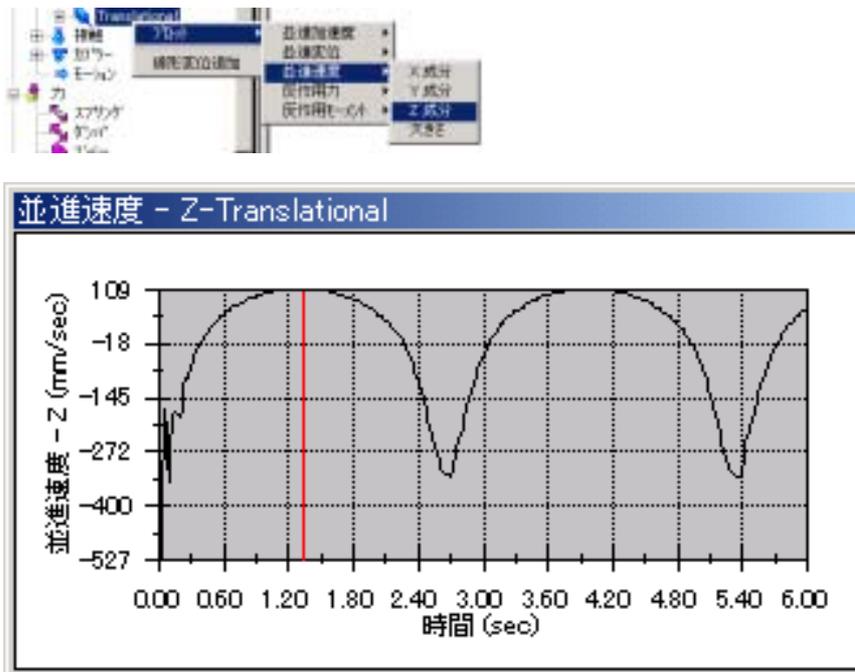
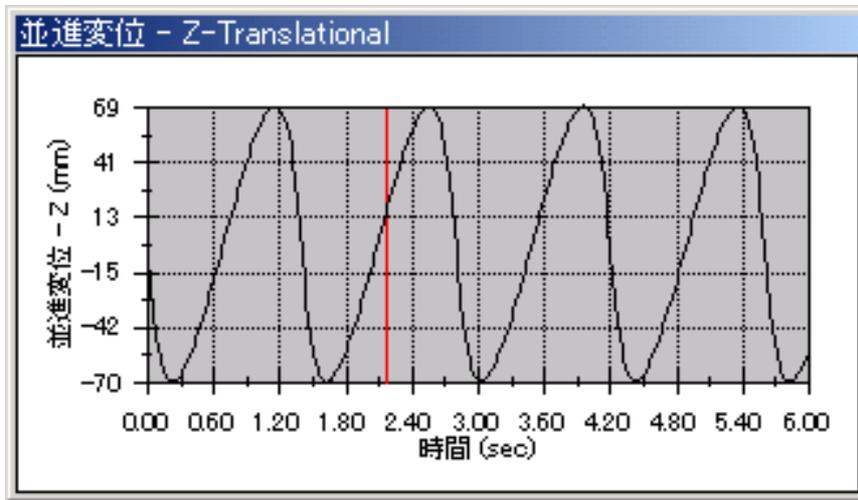


図7-33 表7-1（ア）の結果グラフ

表7-1 (イ) の結果

<変位>



<速度>

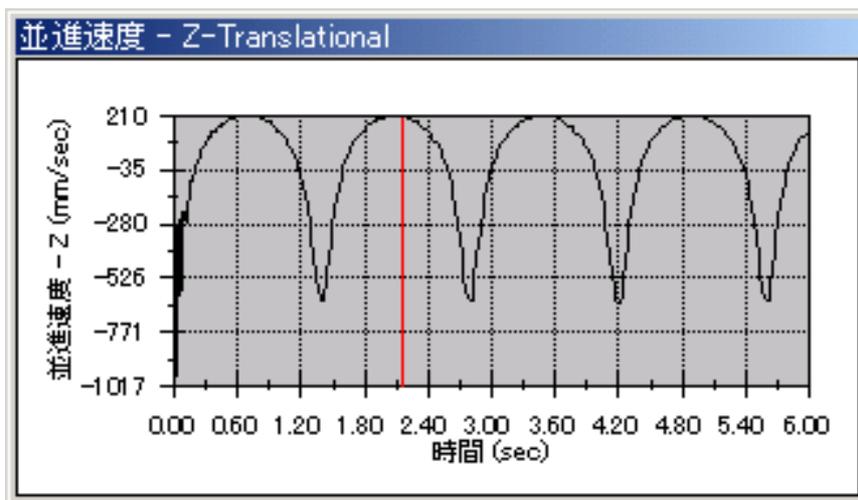


図7-34 表7-1 (イ) の結果グラフ

(2) 平カム機構

以降に平カム機構の解析手順を示す。解析条件は「表7-2 計測条件-平カム」に従う。

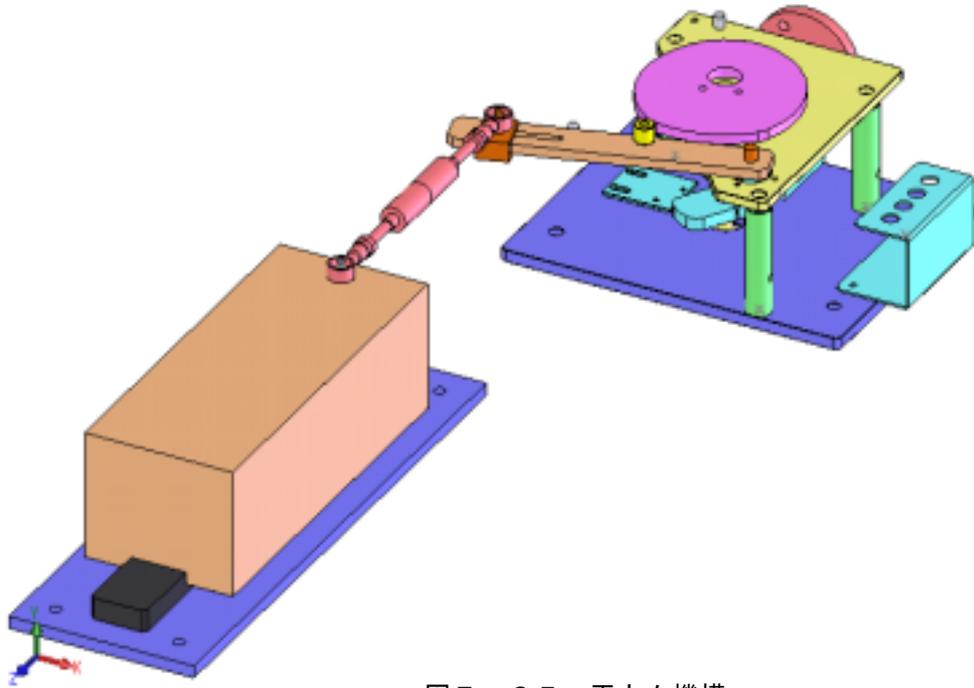


図7-35 平カム機構

① ファイルのオープン

ファイル<standard_flatcam.sldasm>を開く。

② パーツの分類

パーツツリーを展開して可動パーツとグラウンドパーツが正しく分類されているかを確認する。

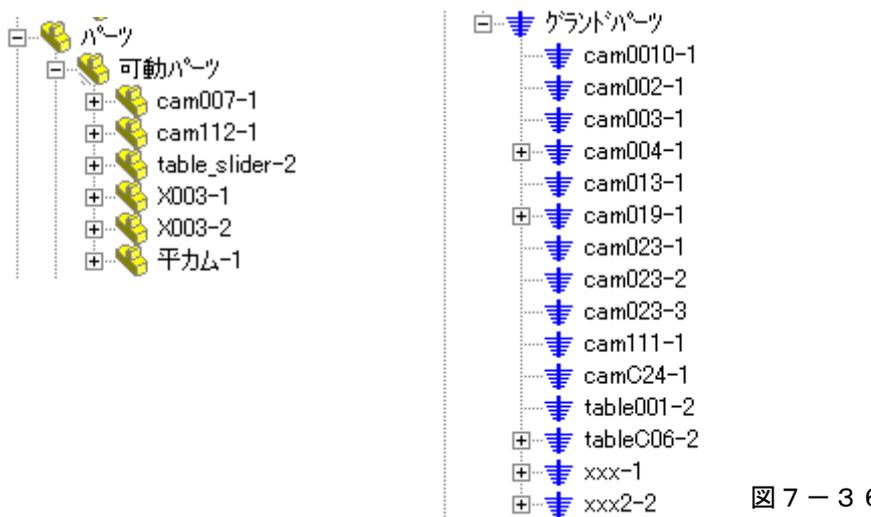


図7-36 可動パーツとグラウンドパーツ

③ ジョイントの設定

ジョイントツリーを展開して下図に合わせて必要なジョイントを追加する。

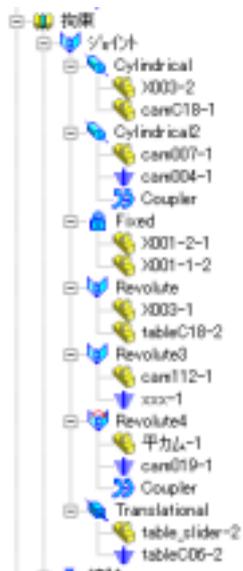
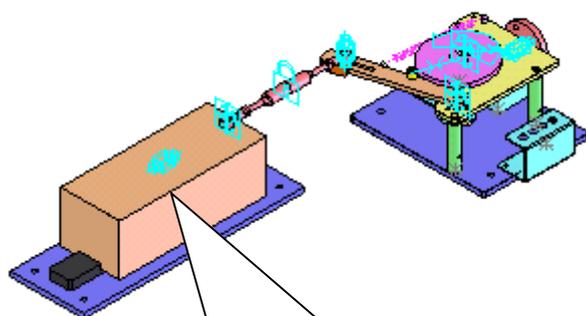
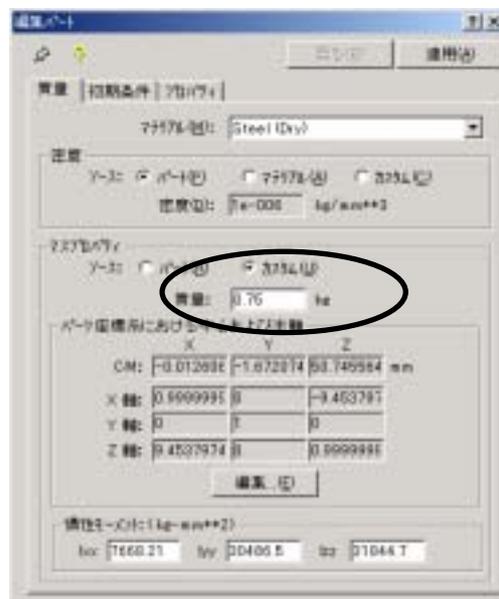


図 7-37 設定ジョイント

④ 直進テーブルモジュールの質量設定

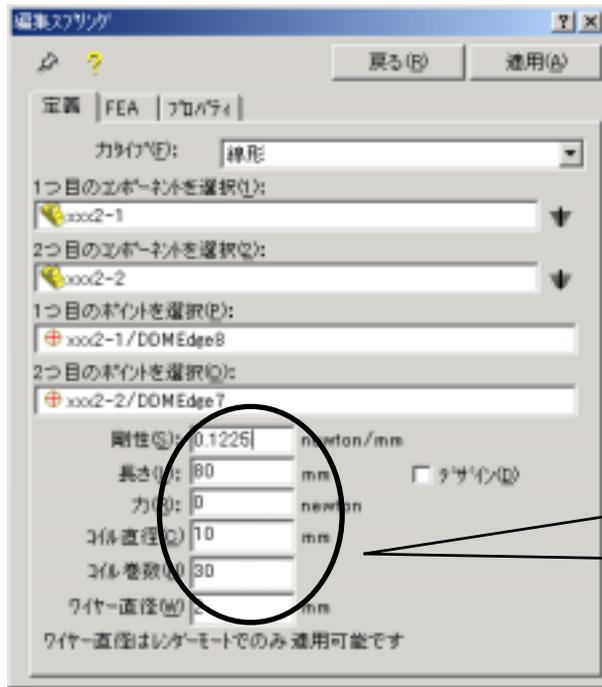
table_slider を右クリックしてプロパティを選択する。マスのプロパティの質量を 0.75kg に設定する。



直進テーブルモジュール
質量を 0.75kg に設定する。

図 7-38 直進テーブルモジュールの
質量設定

⑤ スプリングの設定



剛性 : 0.1225[N/mm]
 長さ : 80[mm]
 とする。

図7-39 スプリングの設定

⑥ モーションの設定

ジョイントツリーの **Revolute4** を右クリックしてプロパティを選択する。(ピンが結合されている円筒に対して回転モーションを設定する。)

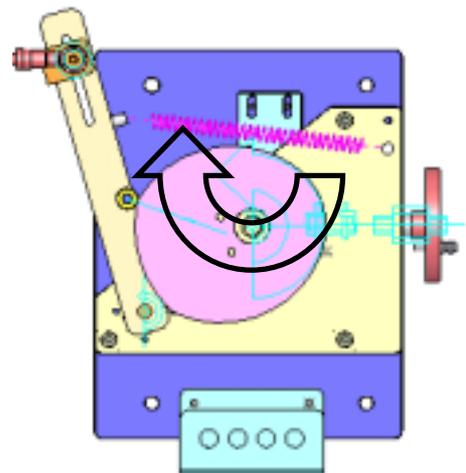
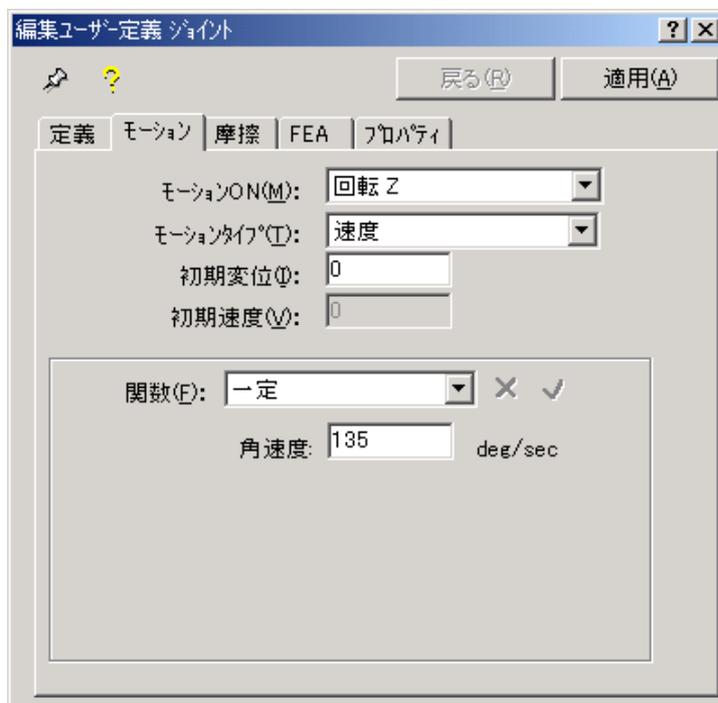


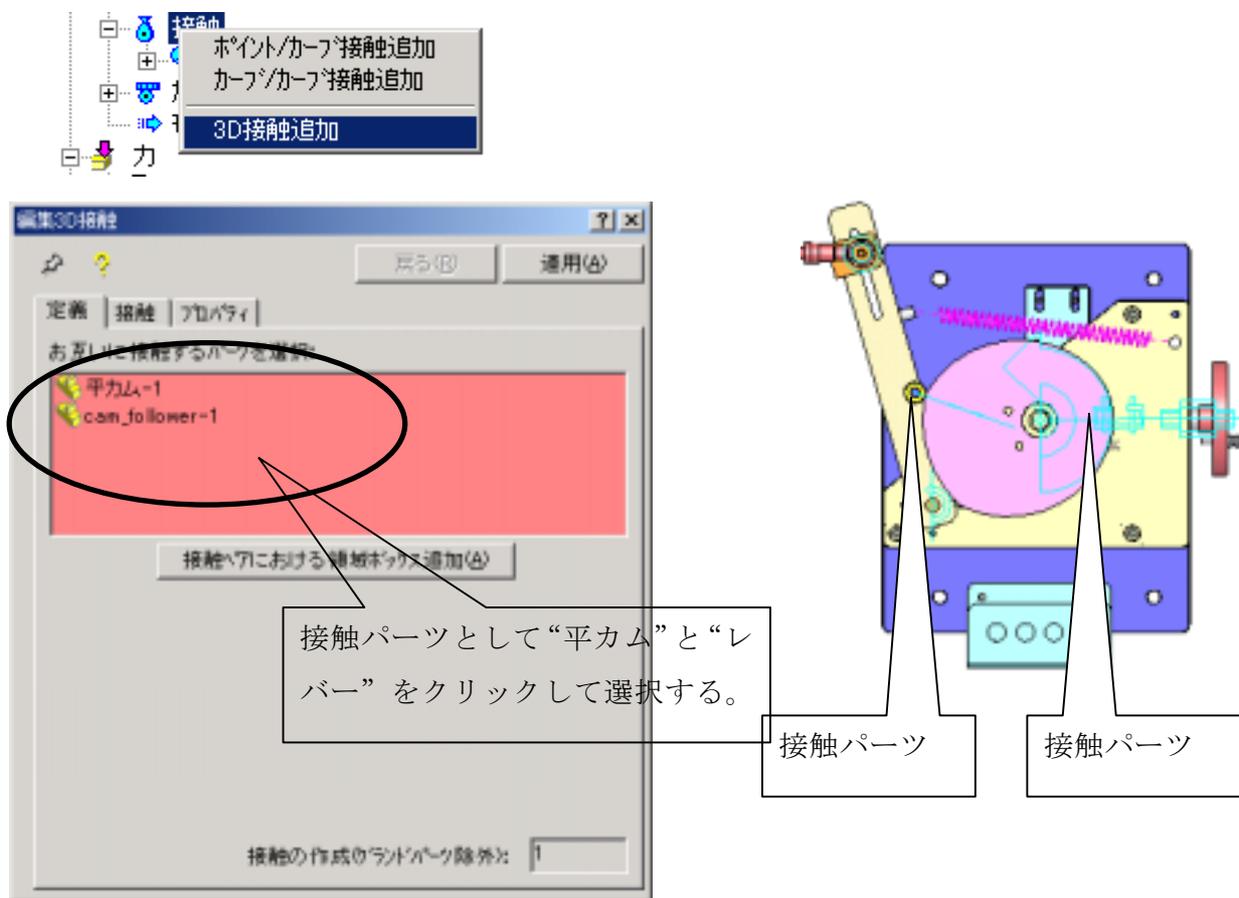
図7-40 モーションの設定

モーションタイプ : 速度、関数 : 一定、角速度 135deg/sec を設定する。

□この後解析終了後に、角速度 212deg/sec を設定し (エ) の解析を実行する。

⑦ 接触の設定

接触を右クリックして”3D 接触追加“を選択する。

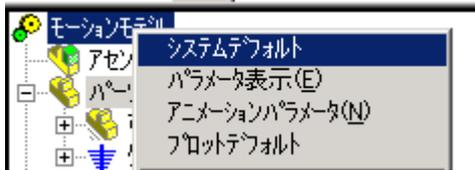


マテリアルは“Acrylic”と“Steel (Dry)”を選択する。また、摩擦は“なし”を選択する。
※本シミュレーションでは摩擦の影響は考慮しないものとする。

図 7-4-1 接触の設定

⑧ 解析実行

シミュレーション時間を設定する。モーションモデルのシステムデフォルトより COSMOSMotion オプション画面を開く。



シミュレーション時間を 6sec、フレーム数を 600 に設定する。この設定は 6sec を 600 フレームに刻んでその解析結果を出力することを意味する。(ソルバーパラメーターはデフォルトのままとする。)

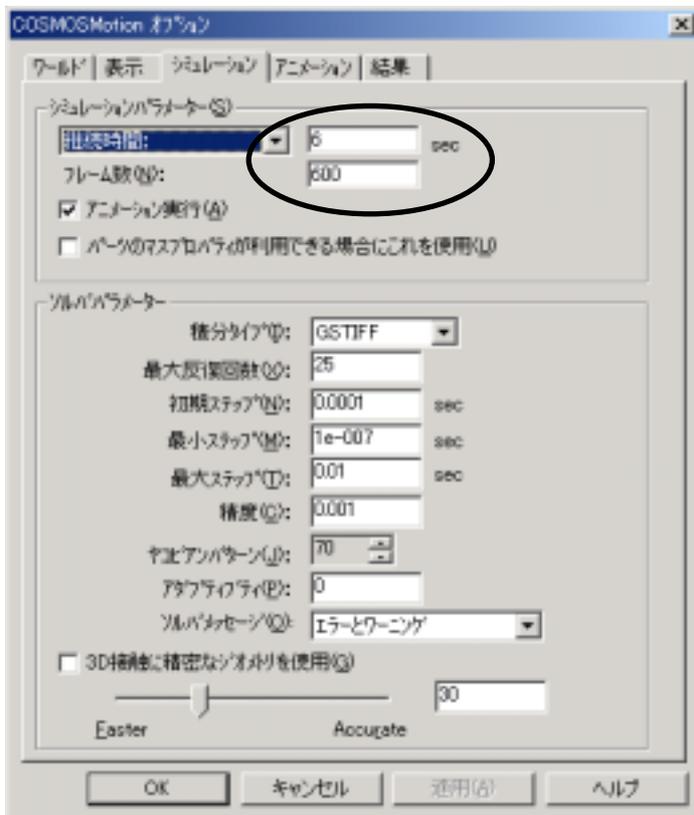


図 7-4-2 シミュレーションパラメータ

解析実行ボタンをクリックする。

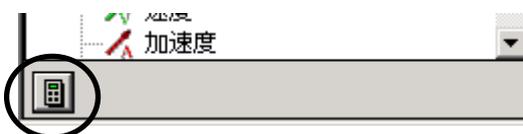


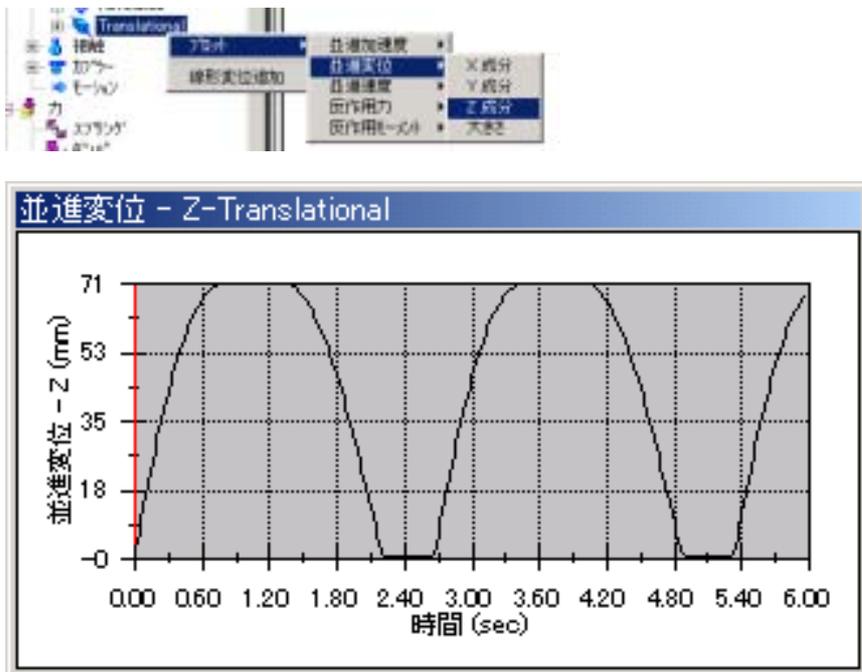
図 7-4-3 解析実行ボタン

⑨ 結果表示

Translational ジョイント（並進ジョイント）の並進変位 Z と並進速度 Z を XY プロット表示する。

表 7-2（ウ）の結果

<変位>



<速度>

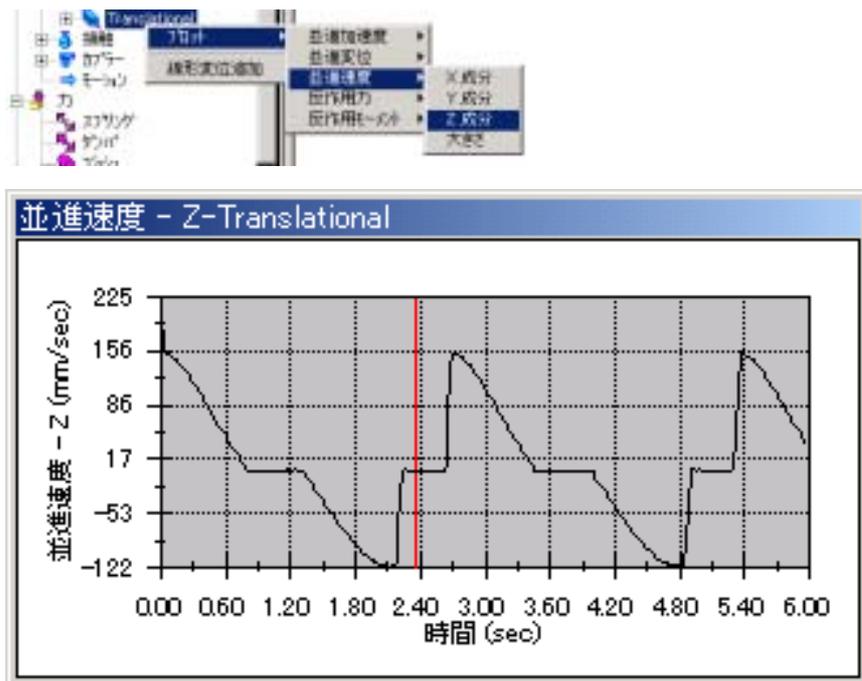
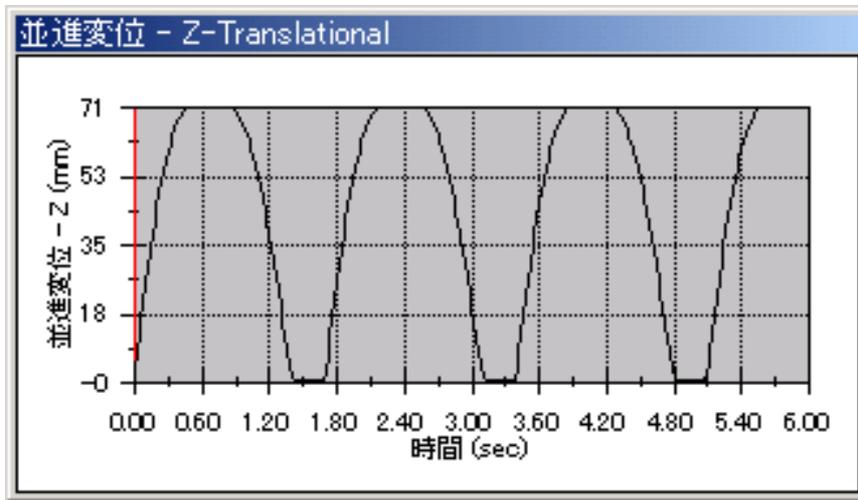


図 7-44 表 7-2（ウ）の結果

表7-2 (エ) の結果

<変位>



<速度>

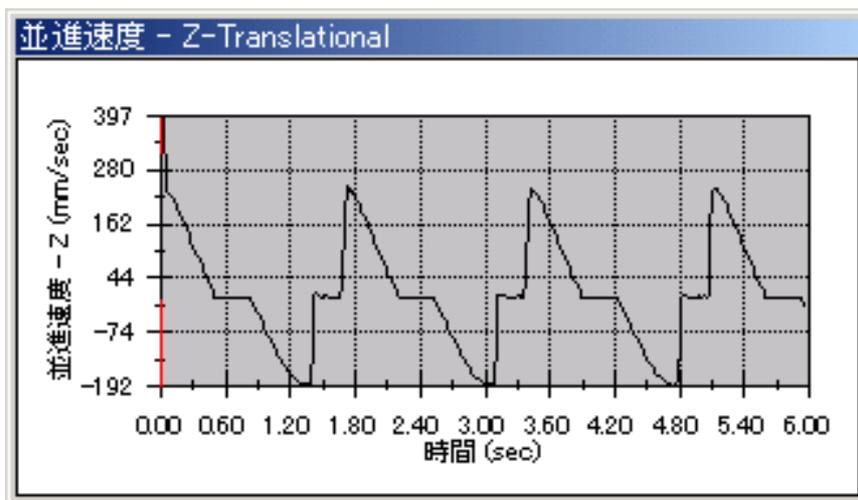


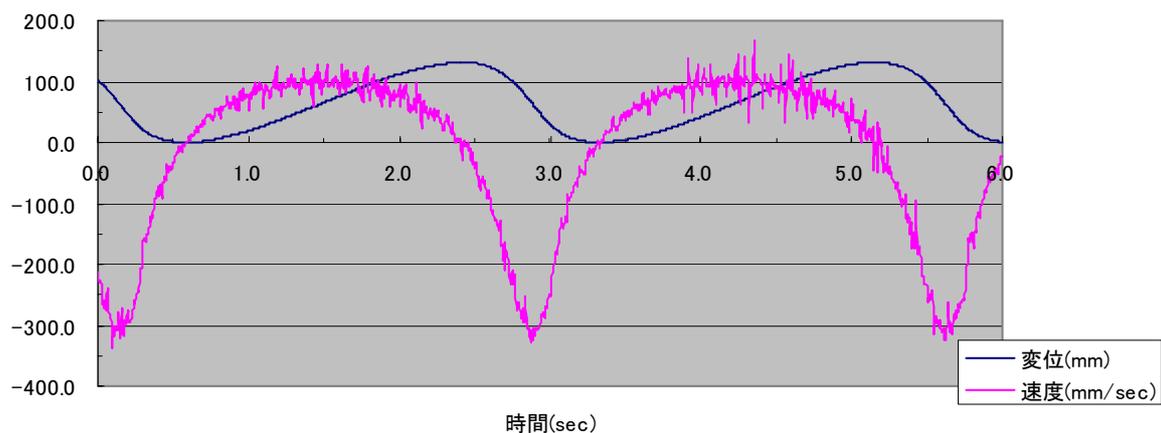
図7-45 表7-2 (エ) の結果

第3節 実機モデルと機構解析モデルの比較

本節では実機モデルの計測結果と解析モデルの解析結果を比較する。(計測結果と解析結果の比較が分かりやすいように COSMOSMotion の結果も Excel でグラフ化している。)

(1) レバースライダ機構

(ア) 計測結果－レバースライダ



(ア) 解析結果－レバースライダ

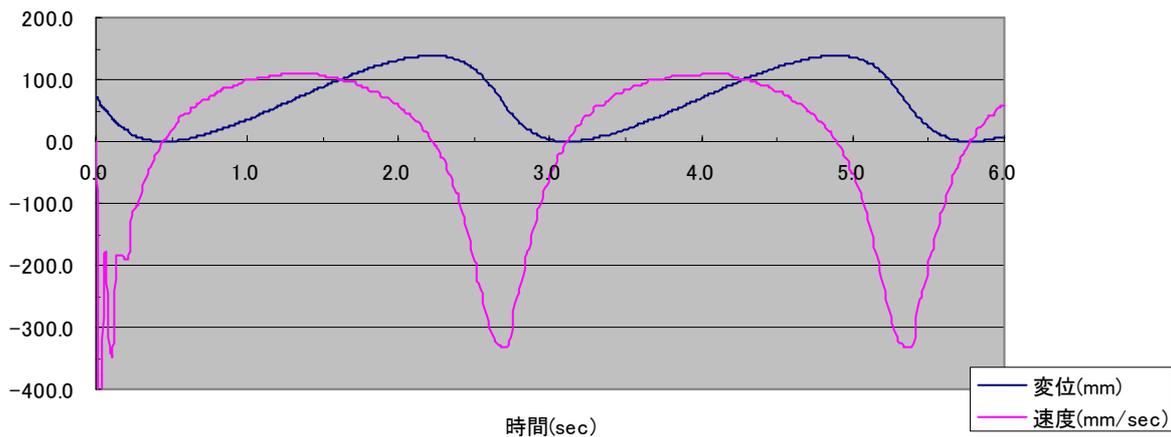
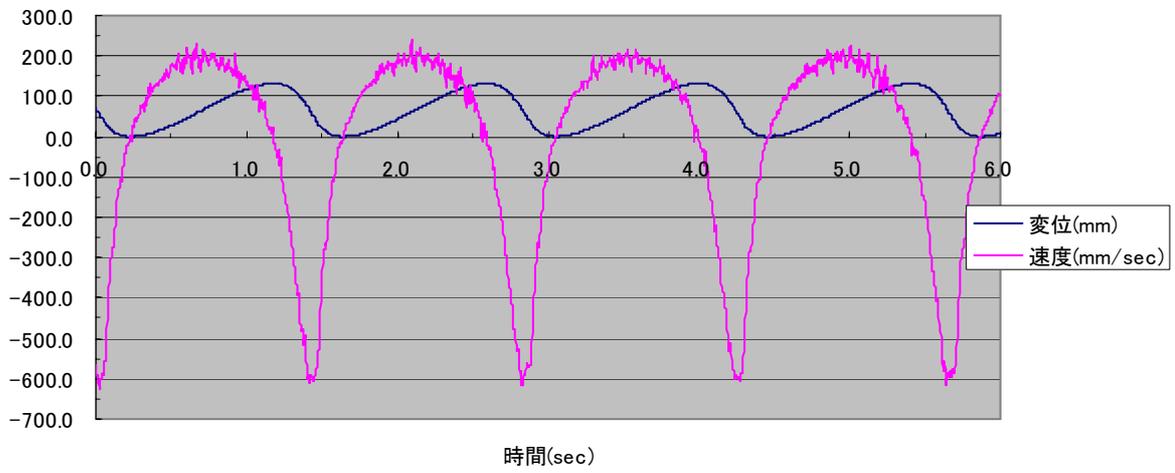


図7-46 表7-1 (ア) の計測結果と解析結果

(イ) 計測結果－レバースライダ



(イ) 解析結果－レバースライダ

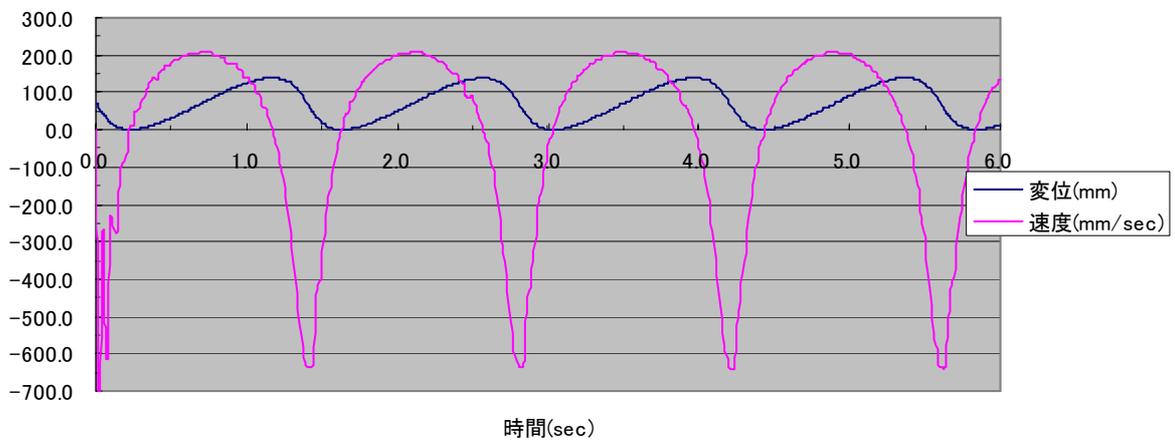
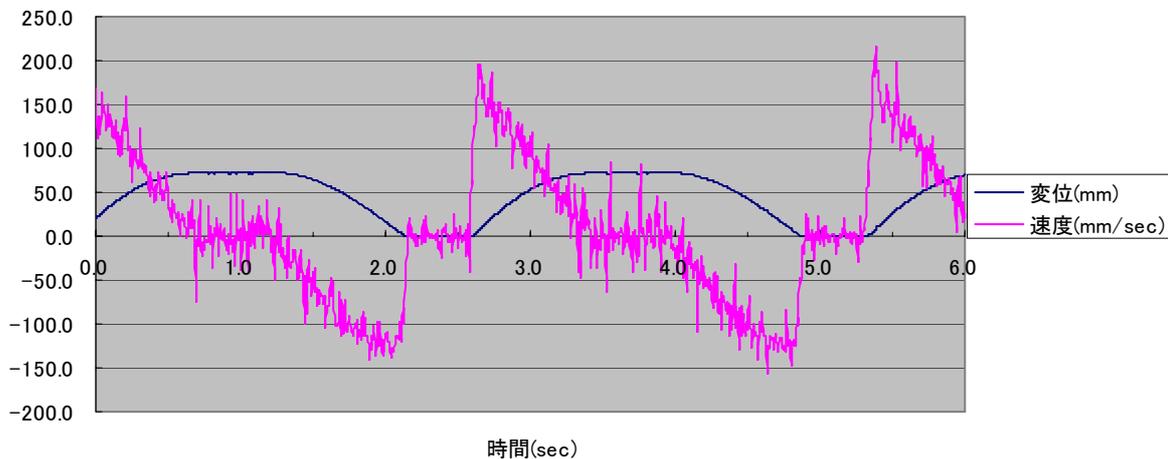


図7-47 表7-1 (イ) の計測結果と解析結果

(2) 平カム機構

(ウ) 計測結果—平カム



(ウ) 解析結果—平カム

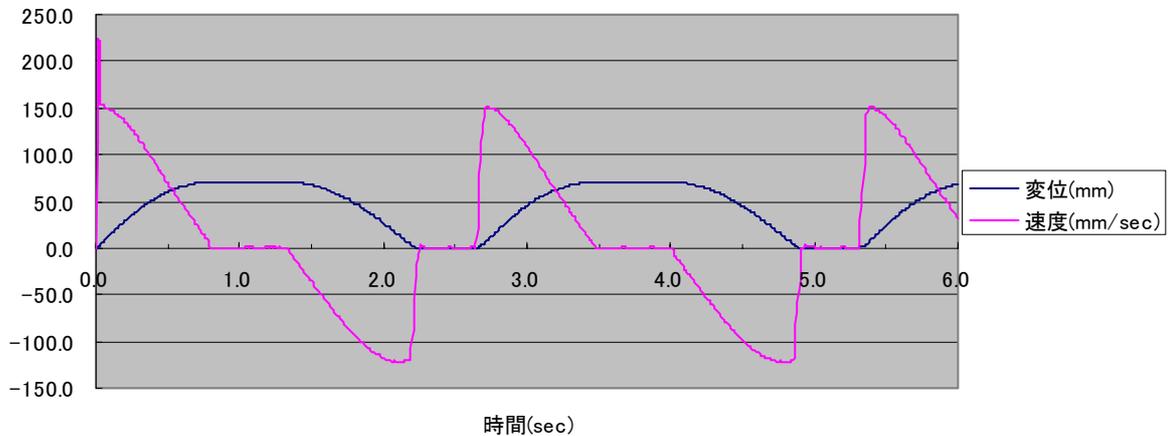
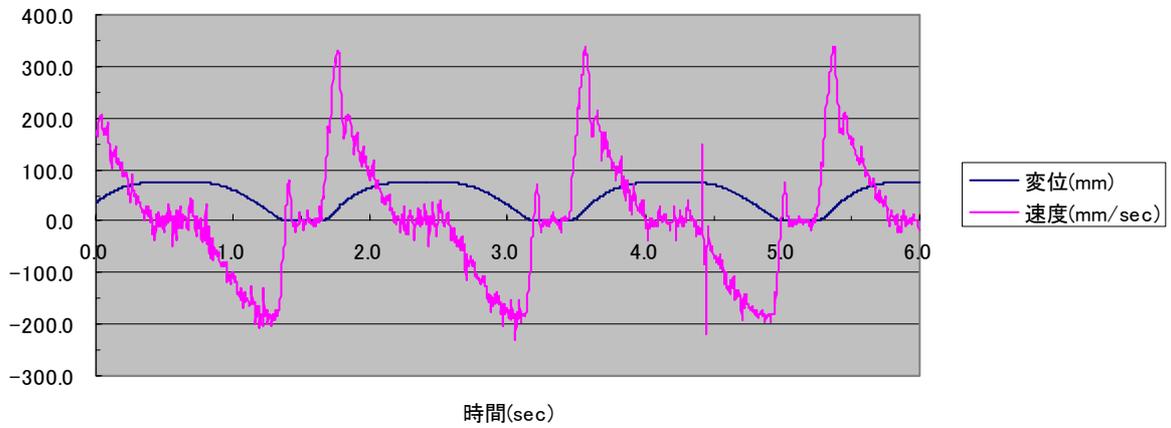


図7-48 表7-2 (ウ) の計測結果と解析結果

(工)計測結果—平カム



(工)解析結果—平カム

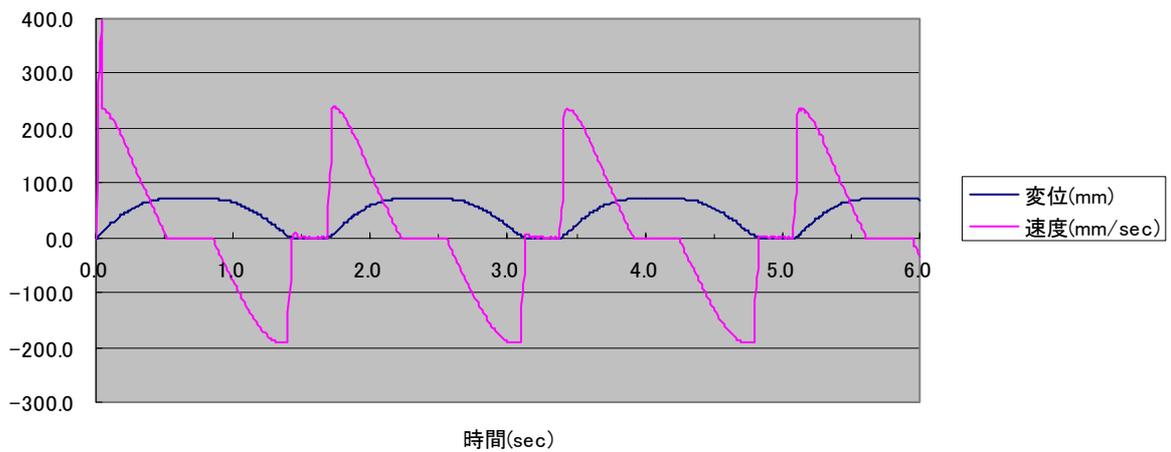


図7-49 表7-2 (工)の計測結果と解析結果

<考察>

- 計測結果と解析結果を比較するとほぼ同様な結果が得られた。これより CAE での検証が有効な手段であることが分かる。
- 計測結果の速度が所々でヒゲが見られるがこれは直進テーブルモジュールが並進運動する際に起こる振動の影響が出ていると思われる。

第4節 拡張演習

本節では第1節で説明したレバースライダ機構、平カム機構の拡張版としてアジャスタブル型モジュールについて説明する。このモジュールでは変位や速度だけでなく加速度や力の測定が可能となる。また、パーツの位置関係や形状をモジュール内で変更出来るため、機構のどの部分が動作特性に影響を与えるのかを理解することも可能である。以降にアジャスタブル型モジュールについて示す。

(1) アジャスタブル型レバースライダ

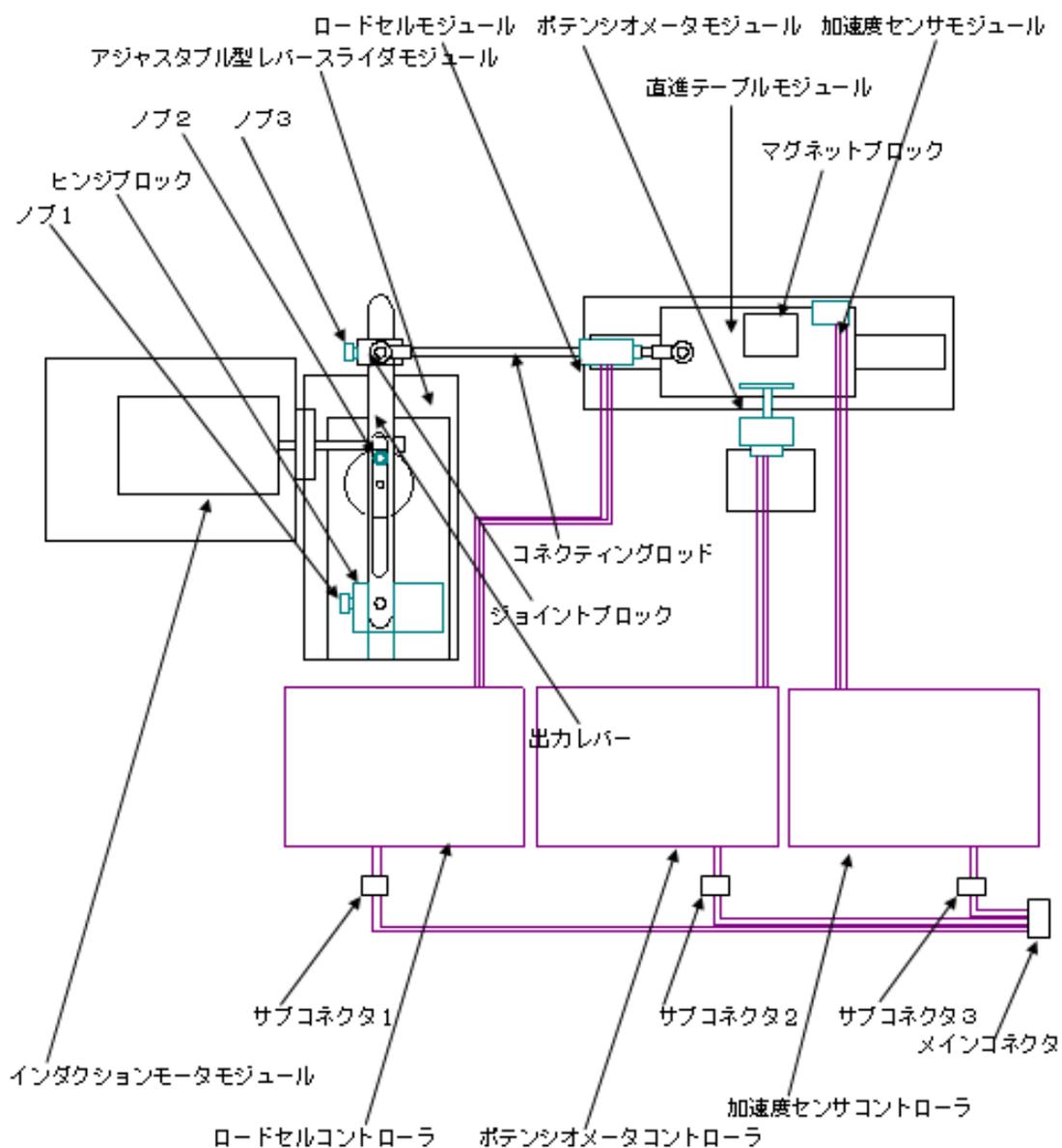


図7-50 アジャスタブル型レバースライダモジュール概要図



図7-51 写真イメージ（アジャスタブル型レバースライダ）

以降に主要モジュールについて説明する。

a. アジャスタブル型レバースライダモジュール

入力歯車を回転することにより、駆動アームが回転し、アーム上の駆動ピンが出力レバーのスライド溝を駆動することで出力レバーが往復揺動する。ノブ3を緩めて出力レバーのジョイントブロックの位置を変更することで、出力ストロークを調整できる。

その他の調整

① アーム長

駆動アーム上の駆動ピン固定ねじ（ノブ2）を外すことにより、駆動ピンの位置をアーム上の3ヶ所の取付け用ねじ孔の何れかに設定変更できる。

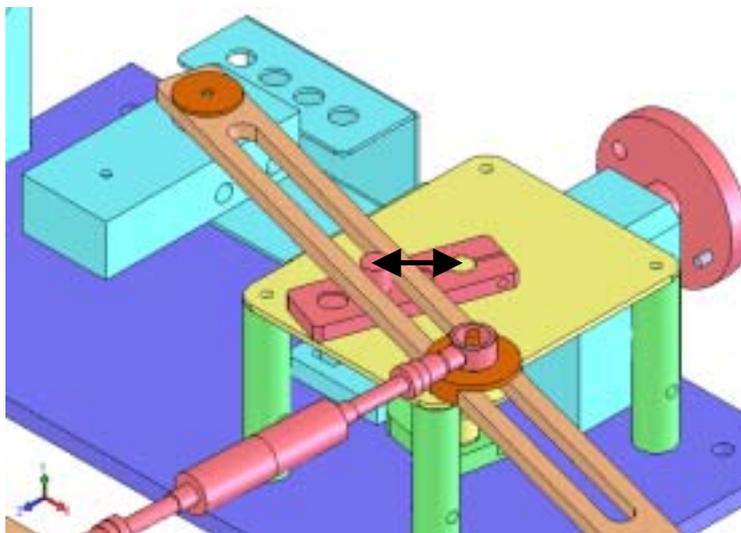


図7-52 アーム長

② 軸間距離

出力レバー取付け用ヒンジブロックの側面のねじ（ノブ 1）を緩めることにより、出力レバーのヒンジ位置を調整できるので駆動アーム軸と出力レバーヒンジ軸との軸間距離を任意に設定できる。

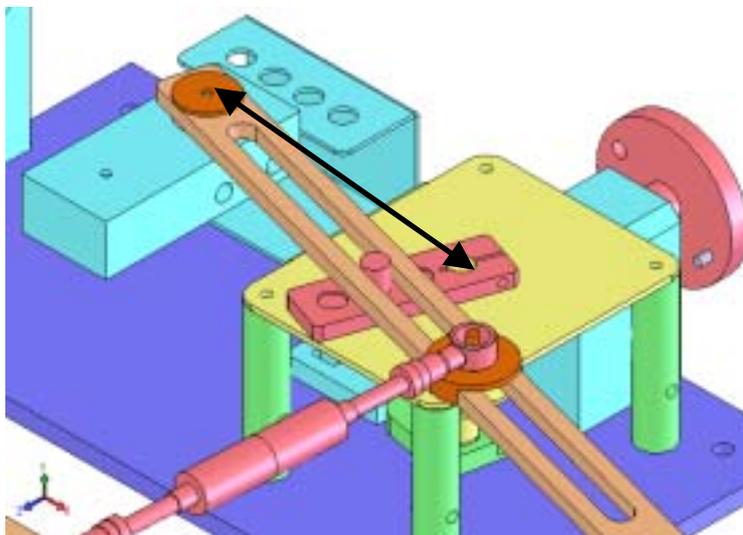


図 7-53 軸間距離

③ 駆動ピン径

駆動ピン固定ねじ（ノブ 2）を外し、駆動ピンのリングを着脱することで、駆動ピン径を 2 段階に設定できる。径の変更工よりガタを考慮した動作特性を検証できる。

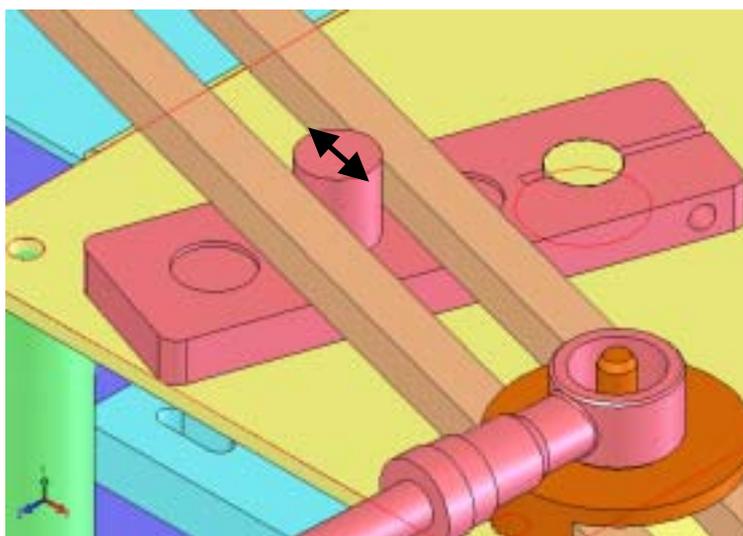


図 7-54 駆動ピン径

b. ロードセルモジュール

コネクティングロッドの中間にロードセルブロックを設けたものである。レバースライダモジュール・平カムモジュール等の出力レバーのジョイントブロックと、直進テーブルのジョイントピンとを、ロードセルモジュールで接続する。取付けられているケーブルは、ロードセルコントローラに接続し、コントローラの 0-5V アナログ端子と A/D 変換用アナログ入出力ボックスの 1ch 入力コネクタとを接続する。ロードセルコントローラは別添の取扱説明書によって最大測定値が 100N 程度になるように設定する。

c. 加速度計モジュール

クランプねじによって直進テーブル、または出力レバー等の往復動要素に取付ける。ケーブルは加速度計コントローラのコネクタに接続し、コントローラの 0-5V アナログ端子と A/D 変換用アナログ入出力ボックスの 2ch 入力コネクタとを接続する。加速度計コントローラは、別添の取扱説明書によって、最大測定値が $1\text{m}/\text{sec}^2$ 程度になるように設定する。

(2) アジャスタブル型平カム

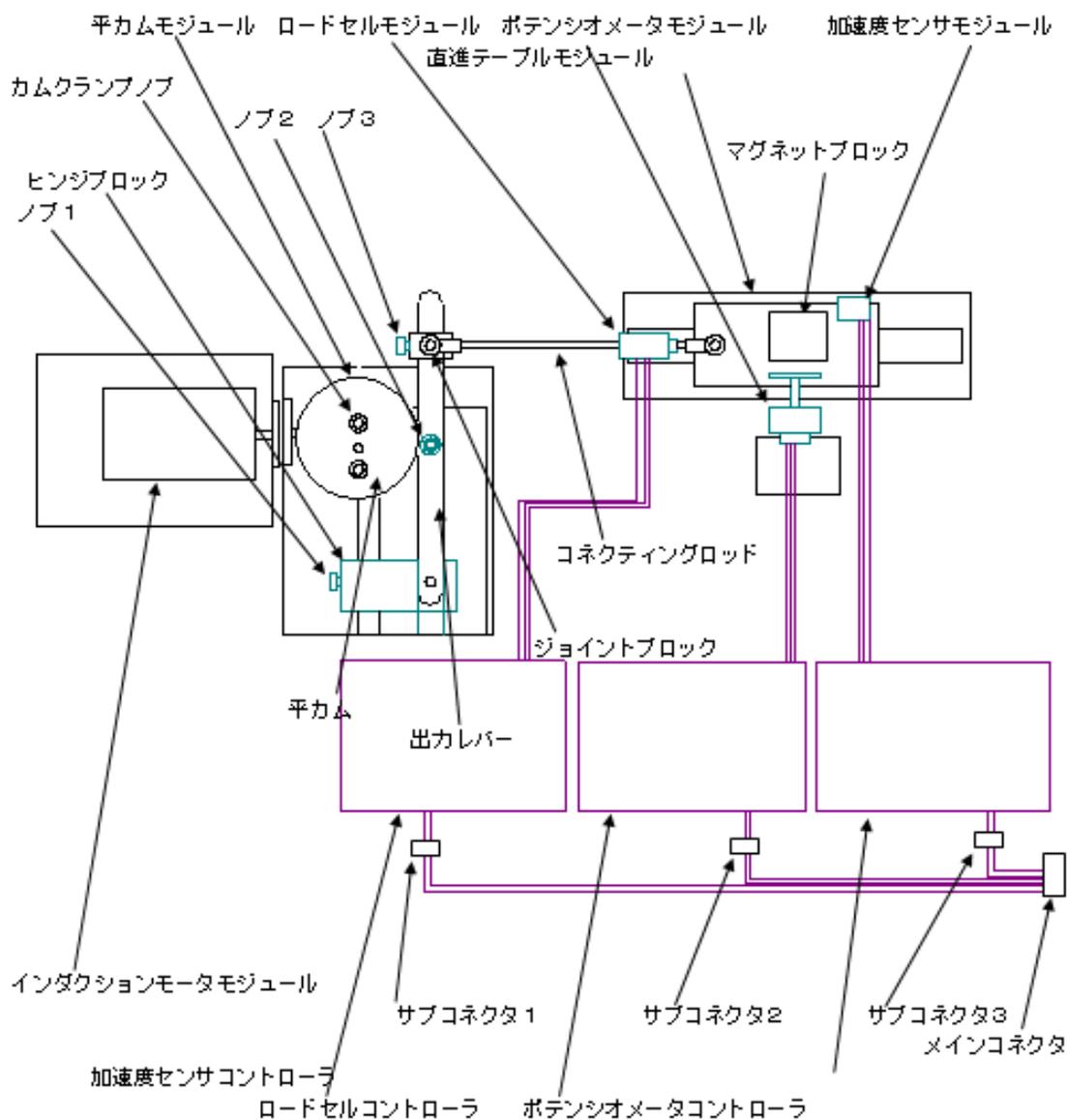


図7-55 アジャスタブル型平カムモジュール概要図

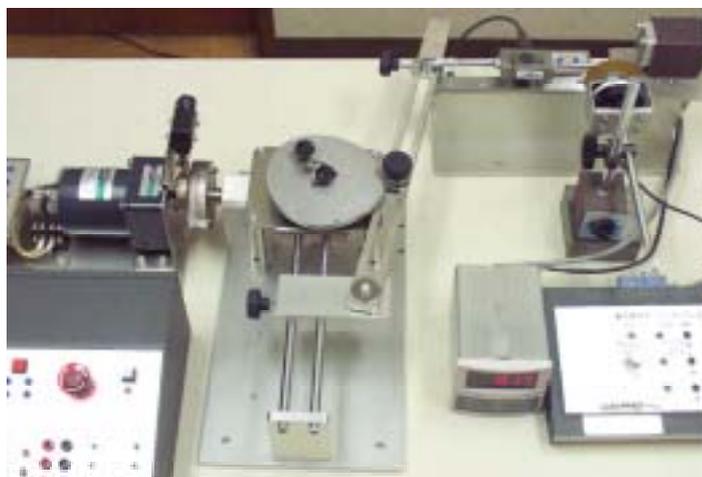


図7-56 写真イメージ (アジャスタブル型平カム)

以降に主要モジュールについて説明する。

a. アジャスタブル型平カム

入力歯車を回転することにより、平カムのカム軸が回転し、カムフォロワーを経由して出力レバーが往復揺動する。ノブ 3 を緩めて出力レバーのジョイントブロックの位置を変更することで出力ストロークを調整できる。

その他の調整

① 軸間距離

出力レバー取付け用ヒンジブロックの側面のねじ（ノブ 1）を緩めることにより、出力レバーのヒンジ位置を任意に設定できる。

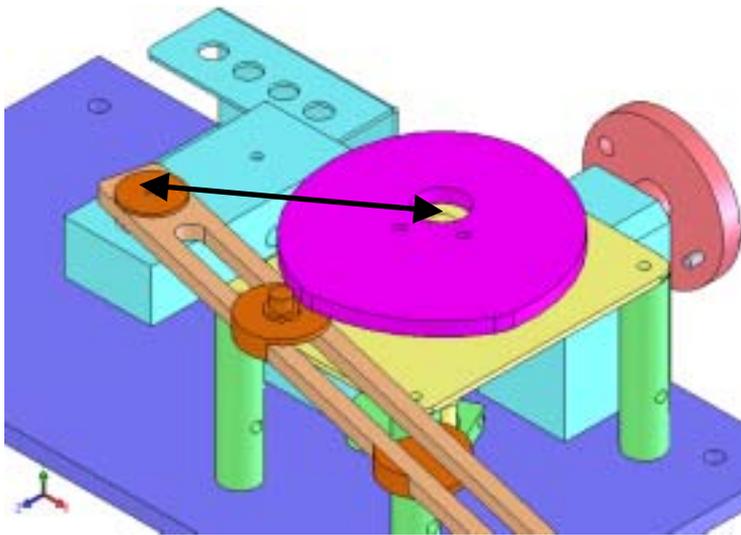


図7-57 軸間距離

② カムフォロワーオフセット

カムフォロワー取付けねじ（ノブ 2）を緩めることにより、カムフォロワーを出力レバー上の任意の位置に設定できる。これにより、カムに対するカムフォロワーのオフセットの任意設定ができる。

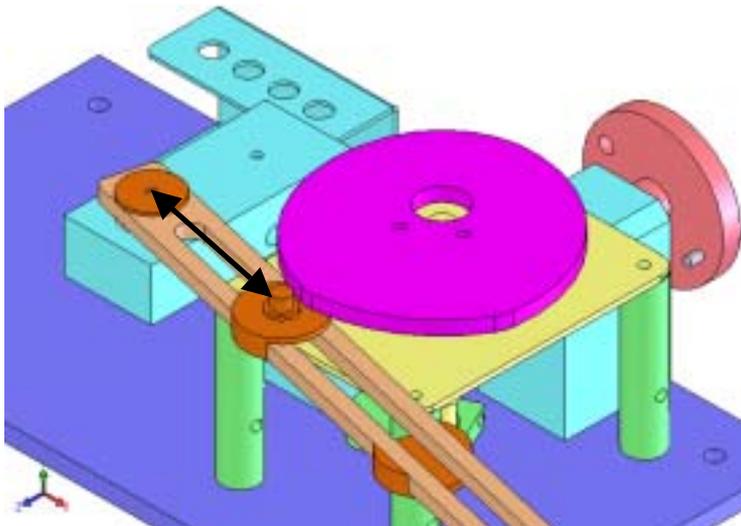


図7-58 カムフォロワーオフセット

③ カムフォロワー径

カムフォロワー取付けねじ（ノブ 2）を外し、カムフォロワーのリングを着脱することでカムフォロワー径を 2 段階に設定できる。径の変更よりガタを考慮した動作特性を検証できる。

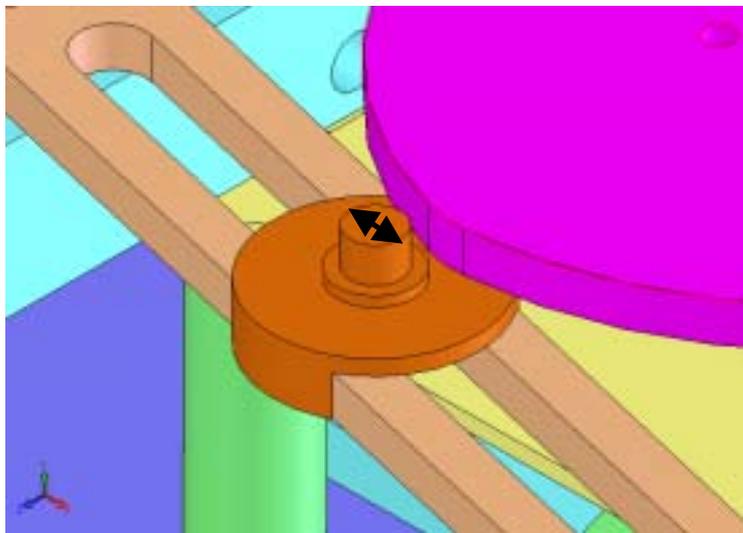


図 7-59 カムフォロワー径

※ロードセルモジュール、加速度計モジュールはアジャスタブル型レバースライダと同様である。