

TEMA
3D Tutorial Manual

Revision 1.01

Photron

- ・本書の著作権は、株式会社フオロンが所有しています。
本書の一部または全部を株式会社フオロンの書面による許可なく複写・複製することは、その形態を問わず禁じます。
- ・本書の内容に関しては、将来予告なしに変更することがあります。
- ・本書の内容について万全を期して作製いたしましたが、万一、ご不審な点や誤り、記載もれなどお気づきに点がありましたら、本書巻末のお問い合わせ先までご連絡ください。
- ・本製品および本書を運用した結果の影響については、いかなる件にも責任を負いかねますので予めご了承ください。
- ・本製品の仕様および機能は、改良のため予告なく変更させていただく場合があります。

本書の表記

本書では説明する内容によって以下のアイコン、記号を使用しています。






アイコン	説明
 重要	必ず読んでいただきたいことを記載しています。
 注意	操作する上で守っていただきたいことや、注意していただきたいことを説明しています。
 補足	操作するときに気をつけることや、説明の補足事項を記載しています。
 参照	参照先を記載しています。
 MEMO	メモ欄として自由にご使用ください。

Table of Contents

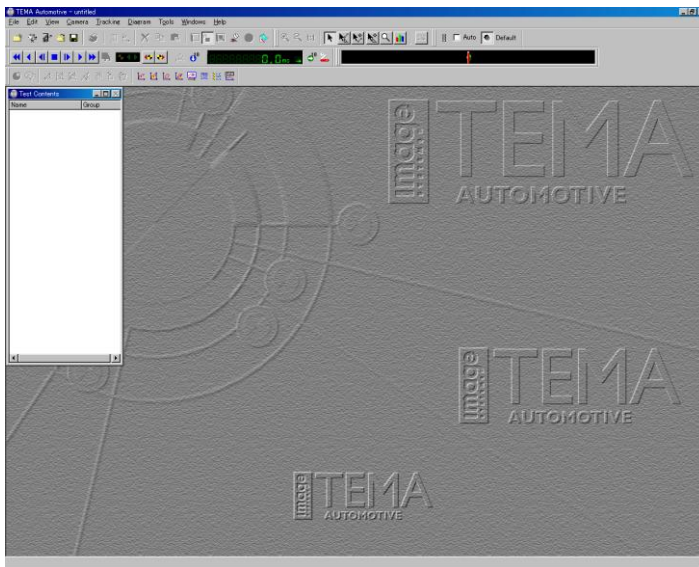
1. TEMA の起動	1
2. 三次元解析のための校正方法について	2
3. Relative Camera Orientation を使った校正方法	4
3. 1. 校正用画像の撮影	4
3. 2. 校正用画像の読み込み	5
3. 3. 計測点の指定	8
3. 4. 三次元校正値の算出	9
4. Static Camera Orientation を使った校正方法	13
4. 1. 校正ツールの撮影	13
4. 2. ターゲットファイルの作成	14
4. 3. 校正用画像の読み込み	15
4. 4. 計測点の指定	20
4. 5. 三次元校正値の算出	21
5. Wand Camera Orientation を使った校正方法	24
5. 1. 校正ツールの撮影	24
5. 2. 校正用画像の読み込み	25
5. 3. 三次元校正値の算出	28
6. 計測用動画画像の読み込み	32
7. 追跡を実行する	37
8. 三次元校正情報の読み込み	41
9. 三次元座標系の設定	44
10. 三次元結果をグラフに表示する	51
10. 1. 二次元でのグラフ表示	51
10. 2. 三次元でのグラフ表示	53
10. 3. 三次元グラフでの3次元座標系選択	54
11. 数値データの表示/出力	55
12. グラフの出力	58
13. 解析結果の保存と終了	64

1. TEMA の起動

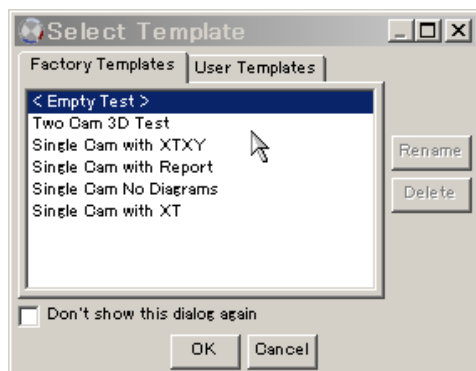
まず TEMA を起動してみましょう。TEMA をインストールすると、デスクトップ上に、次のようなアイコンが表示されます。一般的な Windows のソフトウェアと同じように、アイコンをダブルクリックすることで TEMA を起動します。



オープニングのタイトルが表示された後に、TEMA が起動します。



TEMA の起動後にテンプレートの選択画面(下記)が表示される事があります。テンプレートとは、TEMA で行う処理をある程度自動化する機能で、追跡設定やグラフ・表の表示設定をテンプレート内に保管し、作業のひな形として利用できます。あらかじめ用意されたテンプレートの他に、自分でテンプレートを作成する事も可能です。テンプレートの作成の仕方は TEMA リファレンスマニュアルを参照ください。



本書では、テンプレートを使用しない為、<Empty Test>を選択します。

2. 三次元解析のための校正方法について

TEMA で三次元解析を行うためには、2 つ以上のカメラで共通の校正用ツールなどを撮影し、それらを TEMA で計算する必要があります。

オプション構成により、3 つの方法があります。

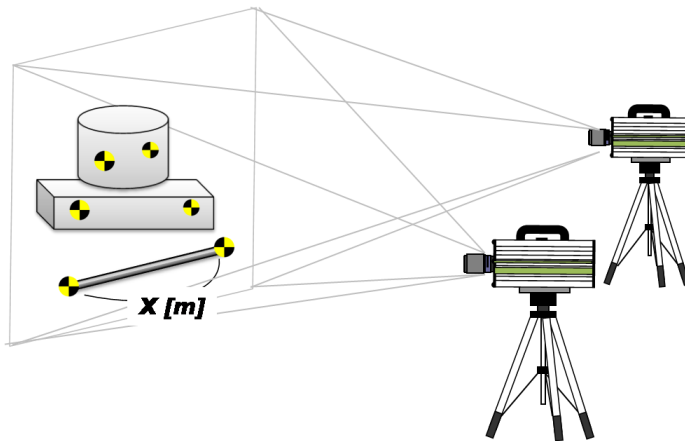
●Relative Camera Orientation（相対校正）

『TEMA 3D Lite』および、『TEMA 3D』オプションをご購入の場合に使用できます。

相対校正を行うための条件として、下記の 2 点があります。

- ① 絶対距離が判明している 2 点が共通で映っていること
- ② それらを除いた最低 4 点（推奨は 8 点以上）が共通で映っていること
- ③ 使用しているカメラの 1 ピクセルの大きさがわかっていること
- ④ 使用しているカメラに取り付けてあるレンズの正確な焦点距離がわかっていること

校正用ツールが不要であり、撮影範囲に大きく左右されない校正方法です。



● Static Camera Orientation（静的校正）

『TEMA 3D』オプションをご購入の場合に使用できます。

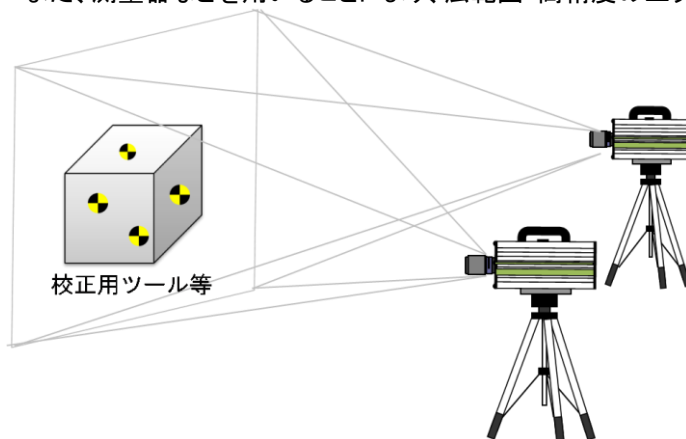
静的校正を行うための条件として、下記の点があります。

- ① 三次元座標が判明している4点以上（推奨は10点以上）が共通で映っていること
- ② 使用しているカメラの1ピクセルの大きさがわかっていること
- ③ 使用しているカメラに取り付けてあるレンズのおおまかな焦点距離がわかっていること
（正確なレンズの焦点距離は校正を行う過程で自動的に補正計算されます）

レンズ焦点距離が自動的に補正されるため、ズームレンズのような焦点距離が正確にわかりにくいレンズでも使用することが可能です。

校正用ツールを用いることにより、撮影毎に同等の精度で解析が可能です。

また、測量器などを用いることにより、広範囲・高精度の三次元解析が可能な校正方法です。



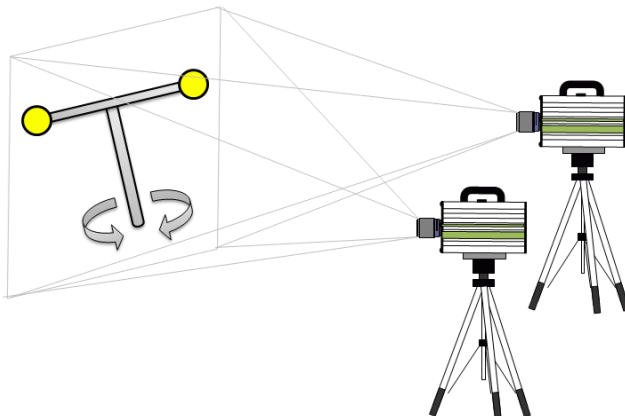
● Wand Camera Orientation（ワンド校正）

『TEMA 3D』オプションをご購入の場合に使用できます。

ワンド校正を行うための条件として、下記の点があります。

- ① 絶対距離が判明している2点が共通に映っている動画
- ② 使用しているカメラの1ピクセルの大きさがわかっていること
- ③ 使用しているカメラに取り付けてあるレンズのおおまかな焦点距離がわかっていること
（正確なレンズの焦点距離は校正を行う過程で自動的に補正計算されます）

レンズ焦点距離が自動的に補正されるため、ズームレンズのような焦点距離が正確にわかりにくいレンズでも使用することが可能です。



3. Relative Camera Orientation を使った校正方法

この項では、[Relative Camera Orientation]を用いた校正方法について、記載します。

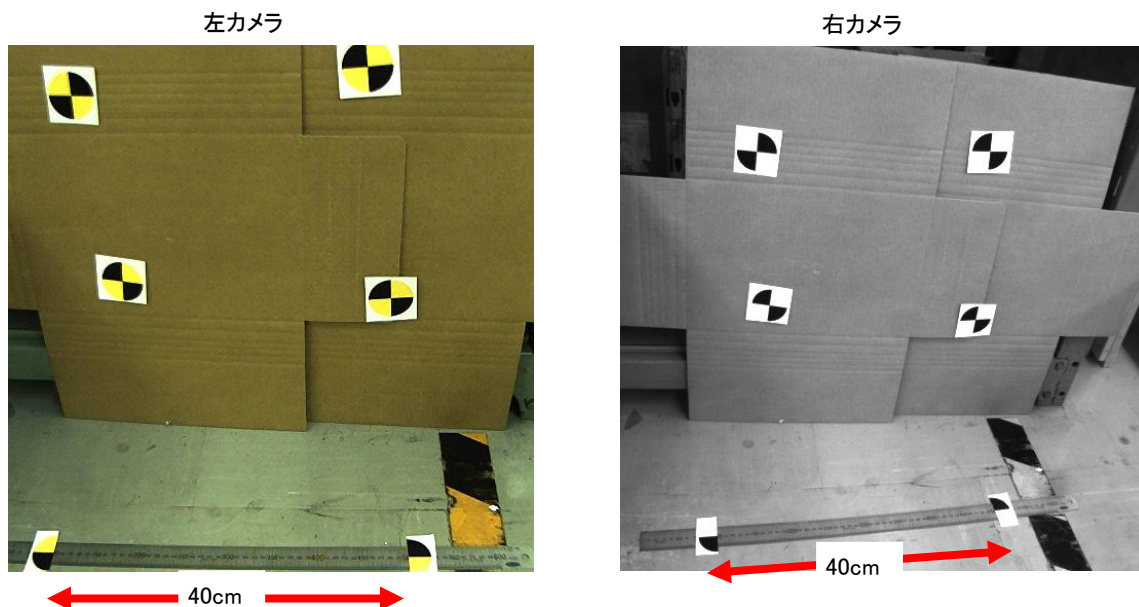
3. 1. 校正用画像の撮影

- 事前準備として、校正用画像を撮影する必要があります。

補足

- ただし、カメラ位置、レンズ等の条件が変わらない場合、計測用映像を撮影後に校正用画像を撮影しても問題ありません。

- 一例として、校正用画像を下図のように撮影しました。



距離がわかっている2点とそれを除いた共通な4点が映っています。

補足

- 校正に使用する基準点は実際に計測を行いたい空間全体に均等に配置するとより正確な計測が可能になります。

- 校正用画像が撮影できたら、**カメラ位置・レンズの条件を変えずに** 計測用映像を撮影してください。

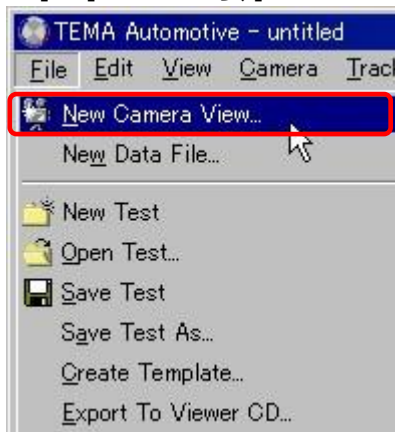
注意

- 撮影条件が変わると、再度校正用画像を撮り直す必要があります。

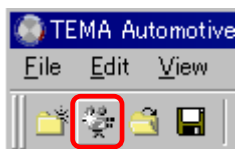
3. 2. 校正用画像の読み込み

撮影した校正用画像を読み込みます。

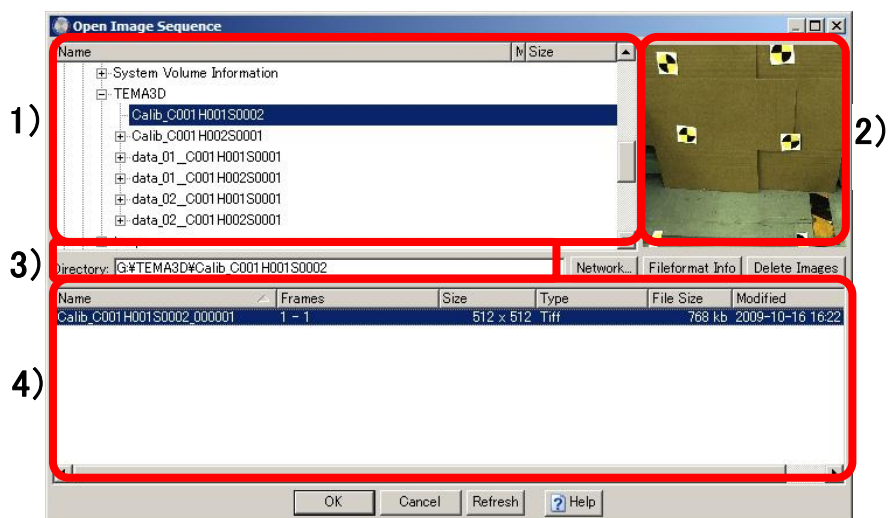
- ① [File]メニューから、[New Camera View]を選択します。



このコマンドは、カメラマークのアイコンからでも実行できますので、慣れてきたらこちらを利用すると便利です。



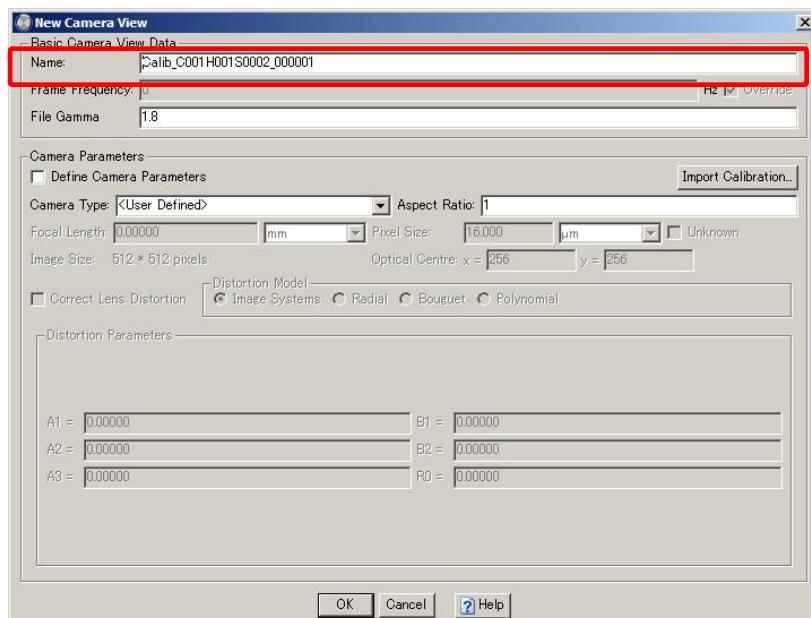
動画画像の読み込み画面が表示されます。



- ・1)のエリア フォルダ階層を表示します。
- ・2)のエリア 4 のエリアで選択されている画像ファイルのプレビュー画像を表示します。
- ・3)のエリア フォルダのパスを表示します。直接ここに入力することもできます。
- ・4)のエリア 2 のエリアのフォルダに格納されている動画画像ファイルを表示します。

- ② ファイルを選択して、画像を確認したら、「OK」ボタンをクリックしてください。

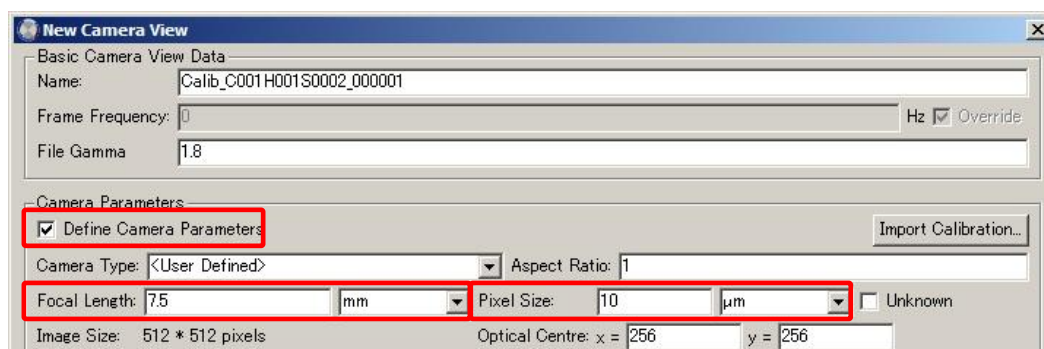
動画ファイルを読み込むと、次のダイアログボックスが表示されます。ここでは、読み込んだ動画画像に対して自由の実験名を設定したり、撮影された際のフレームレートを設定したりすることができます。今回は 1 枚画像なので、変更出来ません。



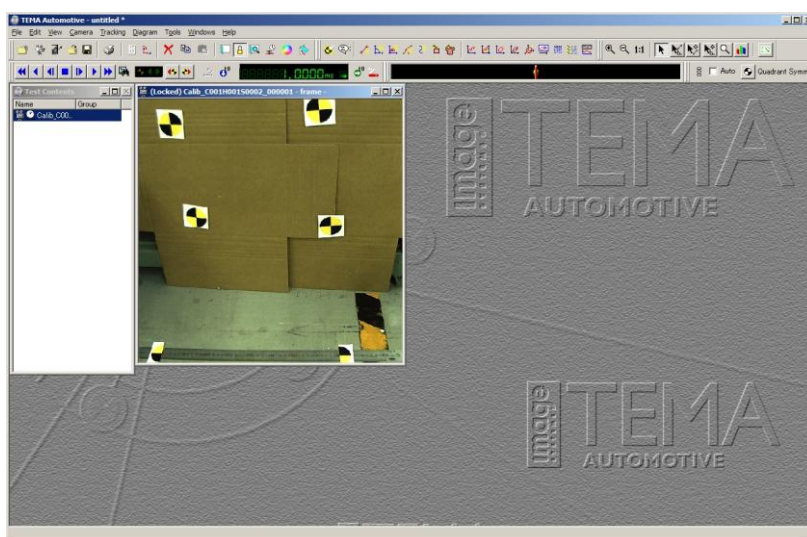
- ③ [Define Camera Parameters]にチェックを入れます。

すると、入力出来る箇所が増えますので、[Focal Length]に使用しているレンズ焦点距離を、[Pixel Size]にカメラのピクセルサイズを入力して、「OK」ボタンをクリックします。

今回撮影した画像は、Focal Length = 7.5mm Pixel Size = 10um となるので、入力します。

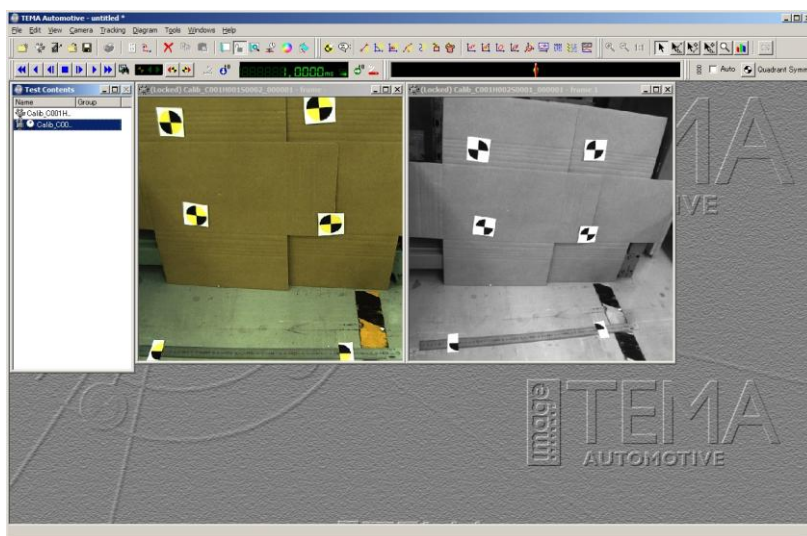


動画画像が正常に読み込まれると、次のような画面となります。



④同様に、もう片方のカメラ画像も読み込みます。

今回撮影した画像は、Focal Length = 6mm Pixel Size = 10um となるので、入力します。



3. 3. 計測点の指定

- 校正を行うために、あらかじめ距離が計測済みの2点と、その他4点以上を、計測点に指定していきます。

参照

- 詳しい指定方法は、「TEMA3.7 2D Tutorial Manual」をご参照ください。

- ① 各画像に、計測点を必要数追加します。
今回の画像では、6点を用意しているので、6点ずつ追加します。
- ② 各画像の各点に、計測点を指定します。

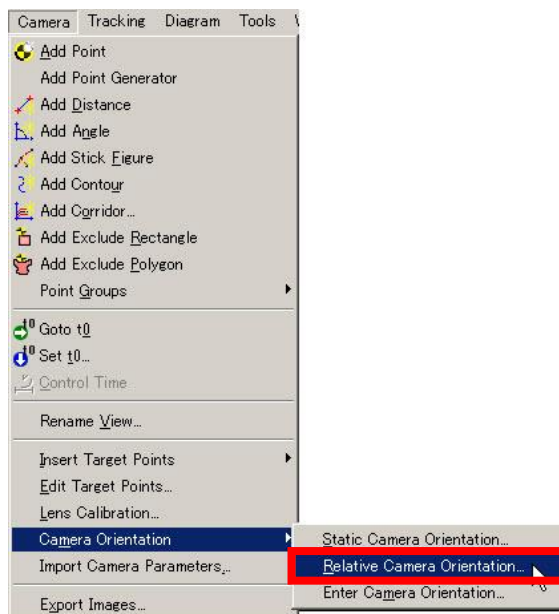


各計測点の追跡方法につきましては、指定しやすいものを選択ください。
今回は、全て[Correlation]で指定しています。

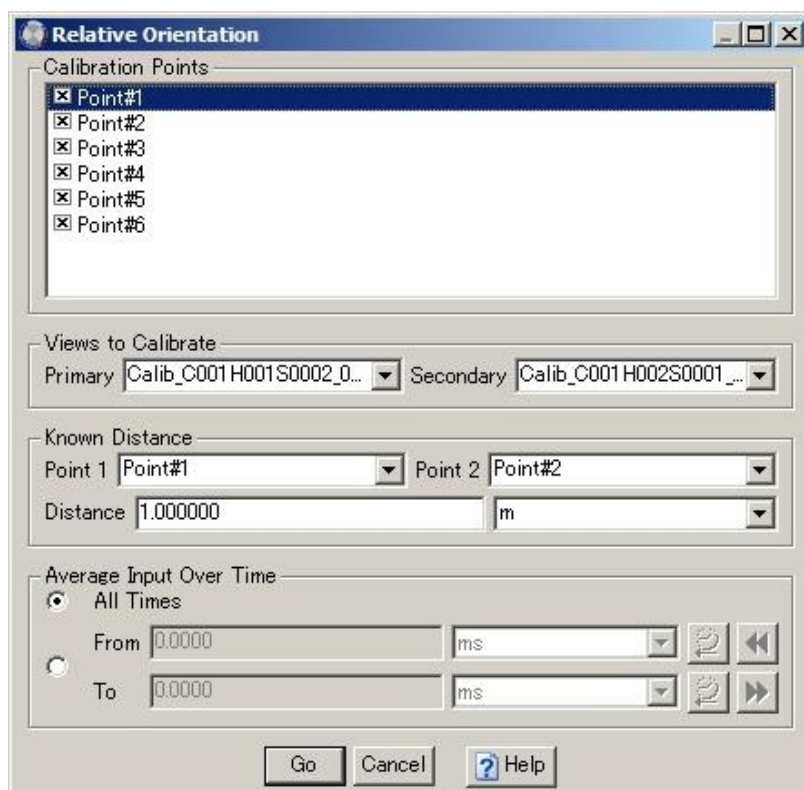
3. 4. 三次元校正値の算出

● 指定した計測点から、TEMA が三次元校正値を算出します。

- ① 上部メニューより、[Camera]-[Camera Orientation]-[Relative Camera Orientation..]を選択します。



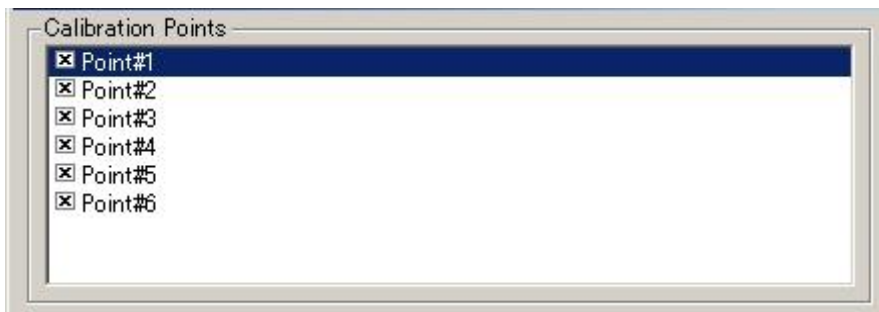
- ② [Relative Orientation] ウィンドウが開きます。



③ 各部の設定を入力します。

• Calibration Points

使用するポイントを指定します。通常はそのまま問題ありません。



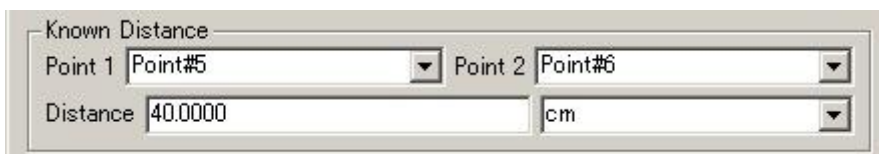
• Views to Calibrate

Relative Orientation では、片側のカメラ位置が、一時的に三次元座標系の原点となります。



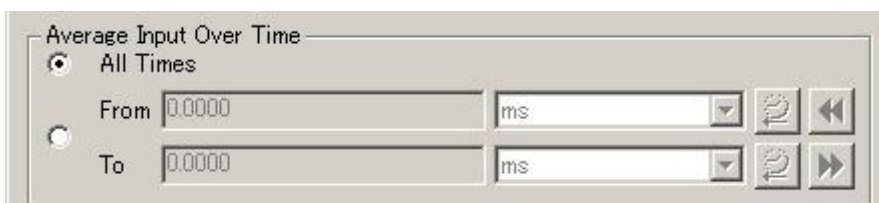
• Known Distance

距離がわかっているそれぞれの点と、その間の距離を指定します。

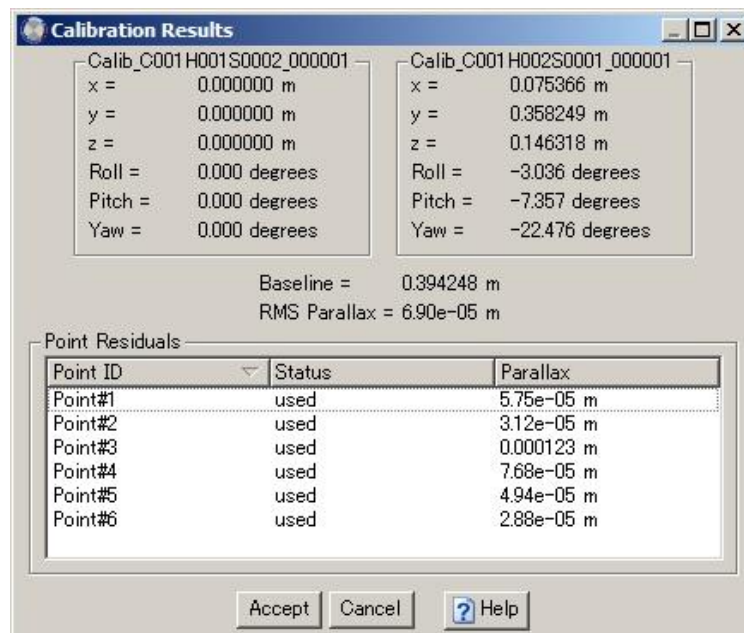


• Average Input Over Time

時間と共に、動的にポイントが変化していく場合に設定します。
通常はそのまま問題ありません。



- ④ 設定が終わりましたら、「Go」ボタンをクリックすると、三次元の校正結果が表示されます。




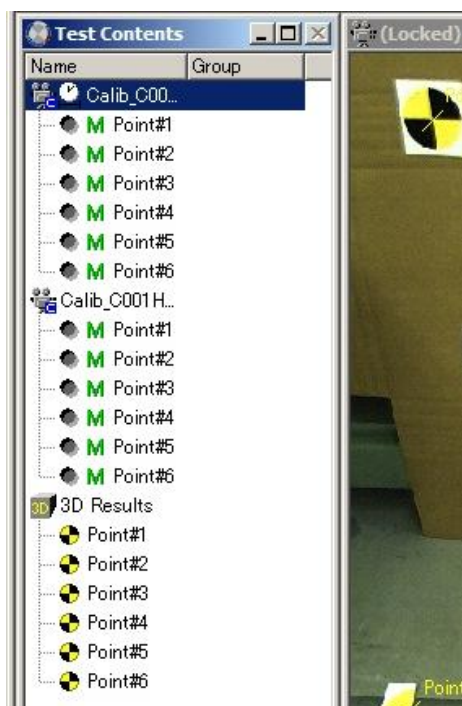
「Accept」ボタンをクリックして、校正計算を終了してください。

補足

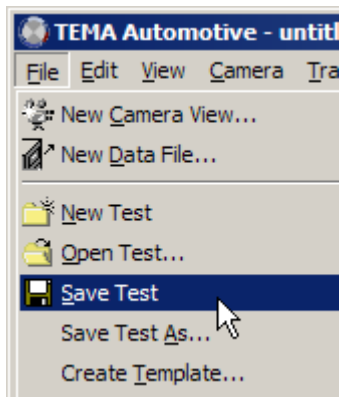
- [RMS Parallax]は、他の Point との位置関係により導き出される誤差参考値をあらわします。

- ④ Relative Orientation が終わり、校正結果が保存されます。

カメラのアイコンに、マークが付いていれば校正結果が正しく保存されています。



⑥ 作成したデータを保存します。



今回は、「calib.ted」という名前で保存します。



以上で、Relative Camera Orientation の作業は完了となります。

4. Static Camera Orientation を使った校正方法

4. 1. 校正ツールの撮影

ご使用の校正ツールを、2 台のカメラで撮影します。
撮影に際しては下記の点に注意して撮影を実施してください。

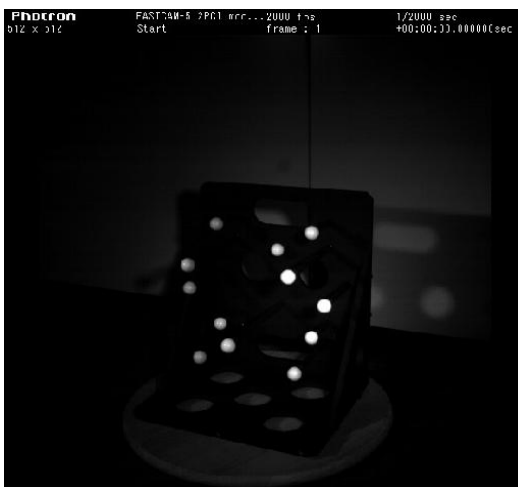
- 校正ツールは実際に計測を行いたい空間と同じ程度の大きさのものを用意する
- 校正ツールは画面いっぱいに写るように倍率やカメラの位置を調整する

また、撮影後はカメラ位置を変えずに、実際の計測用画像を撮影する必要があります。

補足

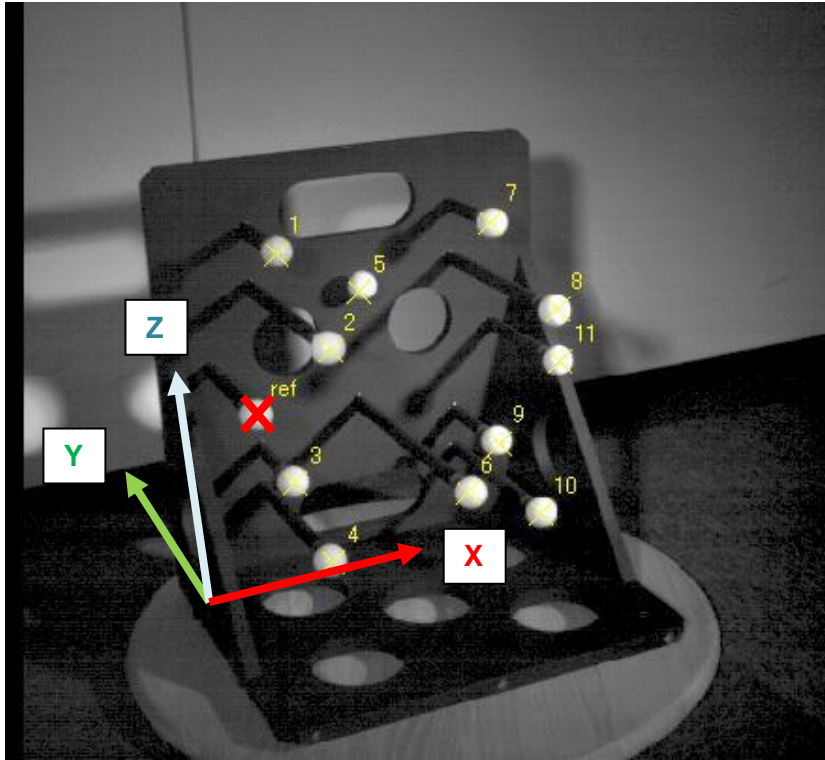
- ただし、カメラ位置、レンズ等の条件が変わらない場合、計測用映像を撮影後に校正用画像を撮影しても問題ありません。
- 三次元解析を行うには、共通で見える最低 4 点、理想としては 10 点が必要です。10 点以上の校正ポイントを用意しても、精度に大きな変化はありません。

今回は、以下のように 2 枚の画像を撮影しました。



4. 2. ターゲットファイルの作成

校正ツールで使用する各点について、ある座標を原点とした時の三次元座標をテキストファイル(.txt 形式、または.trg 形式)で作成しておきます。

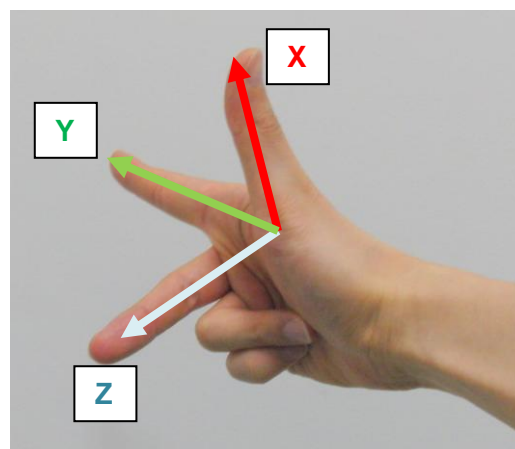


三次元座標は右手系(右手の親指を X、人差し指を Y、中指を Z とする座標系)ならばどの方向でも問題ありません。

例えば、上図のような座標系で「ref」を原点とした時の Point1 の座標は単位を mm としてそれぞれ「X 31.037、Y 32.978、Z 91.995」となります。

それらのデータをメモ帳などで下記のように、ポイント名・X・Y・Z の順で、**タブまたはスペース区切り**で xxxxx.trg として保存します。

ref	0.000	0.000	0.000
1	31.037	32.978	91.995
2	30.934	-51.798	53.079
3	31.058	32.058	-62.990
4	30.897	-32.956	-91.954
5	105.948	82.450	47.531
6	106.032	-82.445	-42.588
7	181.026	32.974	91.875
8	180.900	-51.772	52.946
9	180.929	32.121	-63.080
10	180.908	-32.914	-91.829
11	212.007	0.061	0.000

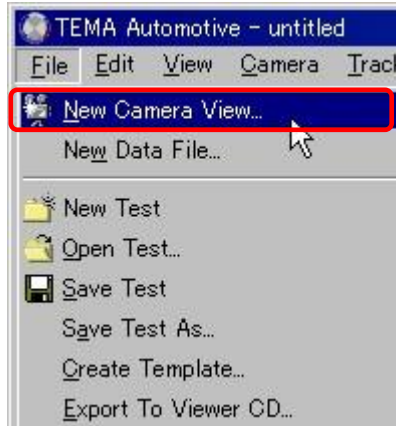


参考：右手系三次元座標

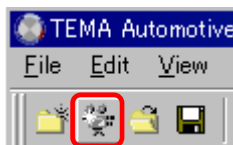
4. 3. 校正用画像の読み込み

撮影した校正用画像を読み込みます。

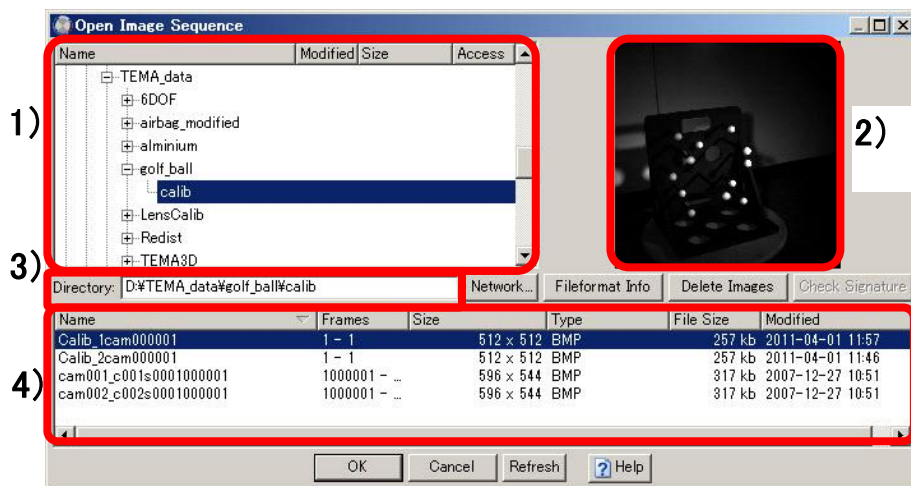
- ① [File]メニューから、[New Camera View]を選択します。



このコマンドは、カメラマークのアイコンからでも実行できますので、慣れてきたらこちらを利用すると便利です。



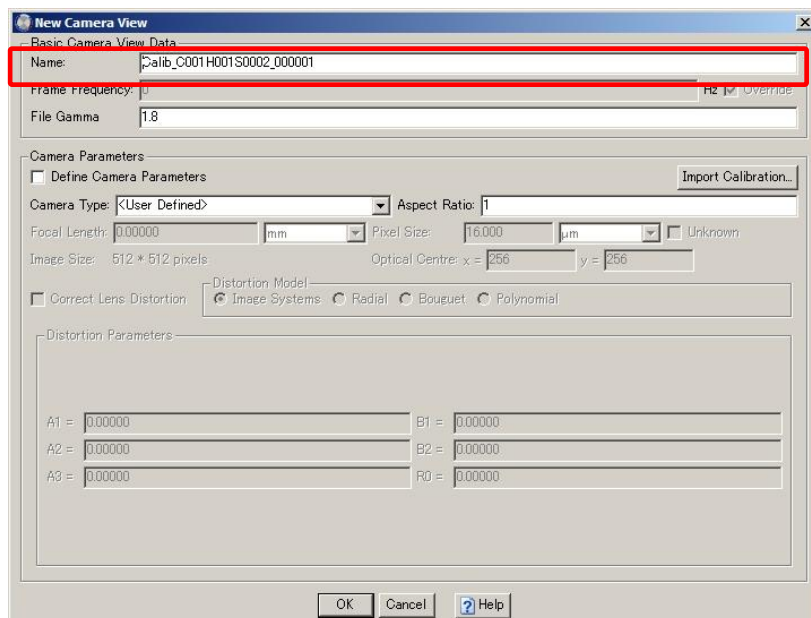
動画像の読み込み画面が表示されます。



- ・1)のエリア フォルダ階層を表示します。
- ・2)のエリア 4のエリアで選択されている画像ファイルのプレビュー画像を表示します。
- ・3)のエリア フォルダのパスを表示します。直接ここに入力することもできます。
- ・4)のエリア 2のエリアのフォルダに格納されている動画像ファイルを表示します。

- ② ファイルを選択して、画像を確認したら、「OK」ボタンをクリックしてください。

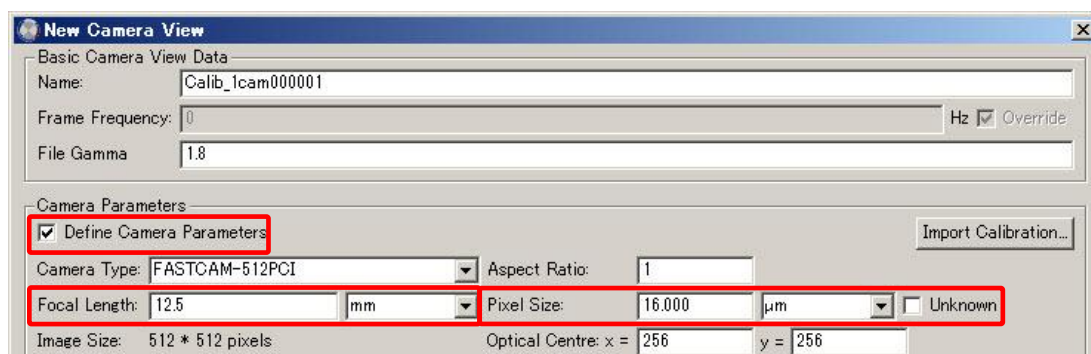
動画ファイルを読み込むと、次のダイアログボックスが表示されます。ここでは、読み込んだ動画画像に対して自由の実験名を設定したり、撮影された際のフレームレートを設定したりすることができます。今回は 1 枚画像なので、変更出来ません。



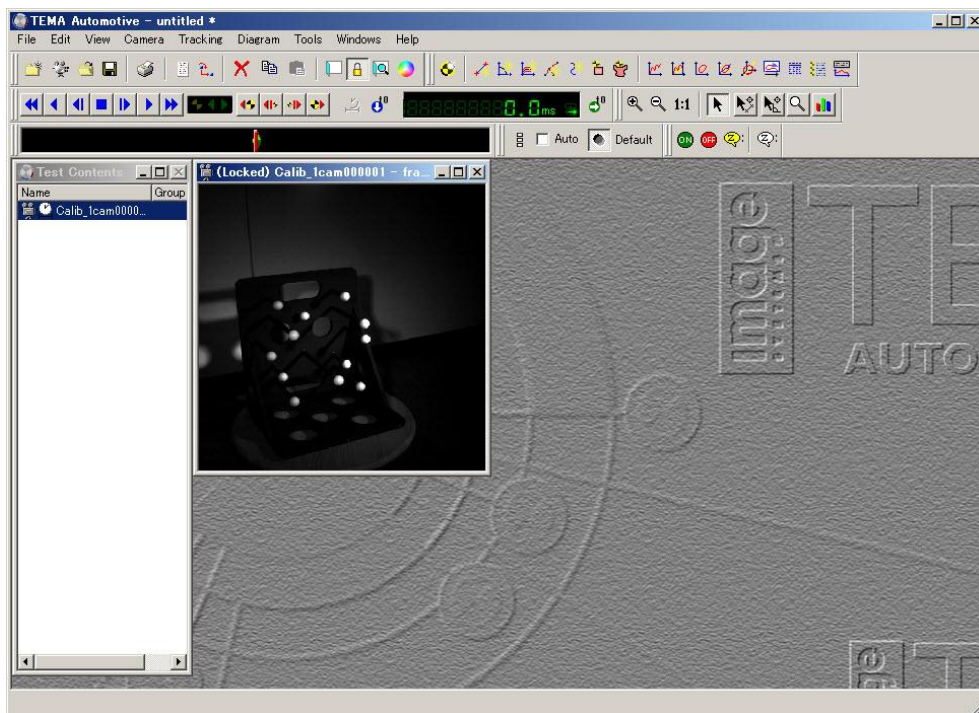
- ③ [Define Camera Parameters]にチェックを入れます。

すると、入力出来る箇所が増えますので、[Focal Length]に使用しているレンズ焦点距離を、[Pixel Size]にカメラのピクセルサイズを入力して、「OK」ボタンをクリックします。

今回撮影した画像は、Focal Length = 12.5mm Pixel Size = 16um となるので、入力します。

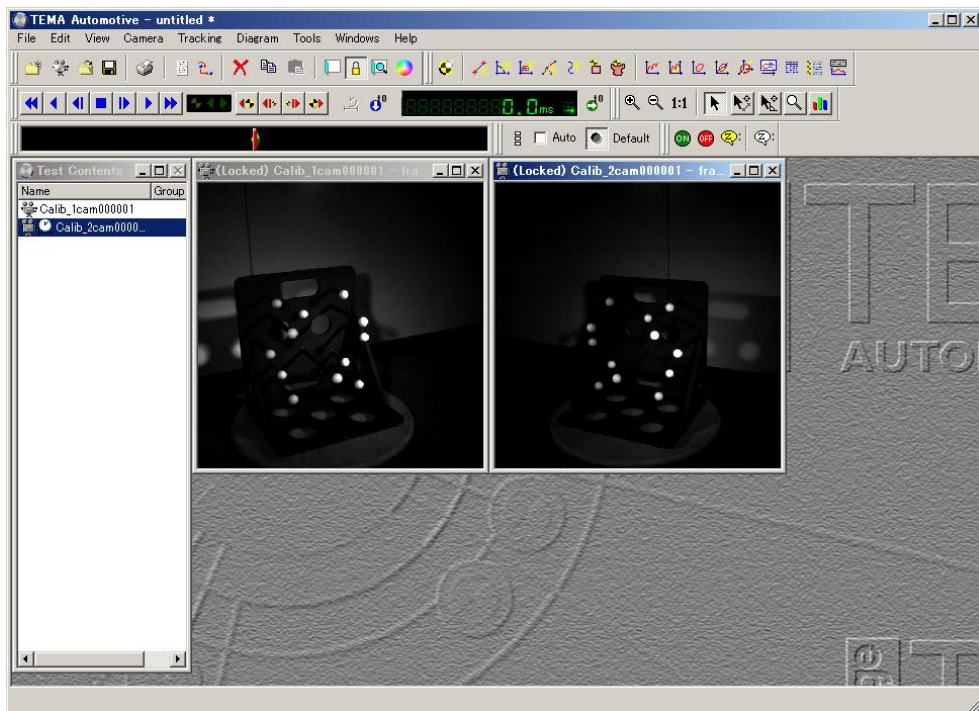


④動画像が正常に読み込まれると、次のような画面となります。



⑤同様に、もう片方のカメラ画像も読み込みます。

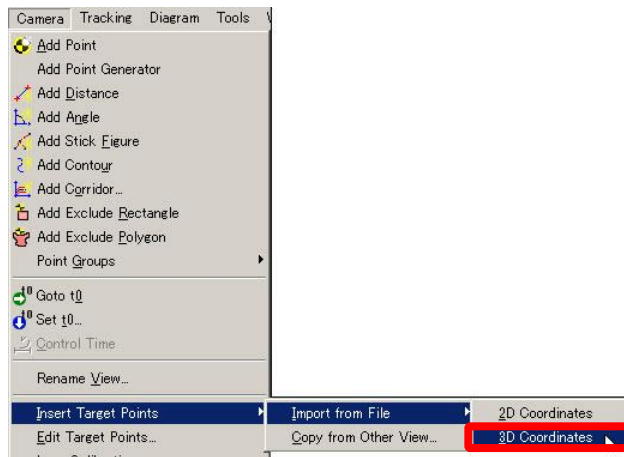
今回撮影した画像は、Focal Length = 12.5mm Pixel Size = 16um となるので、入力します。



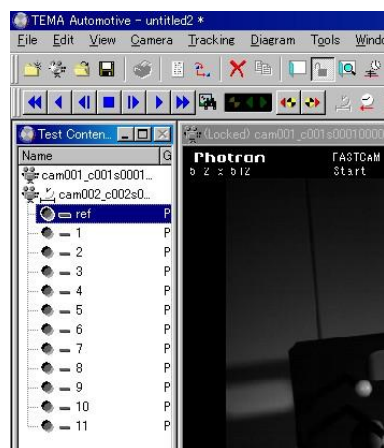
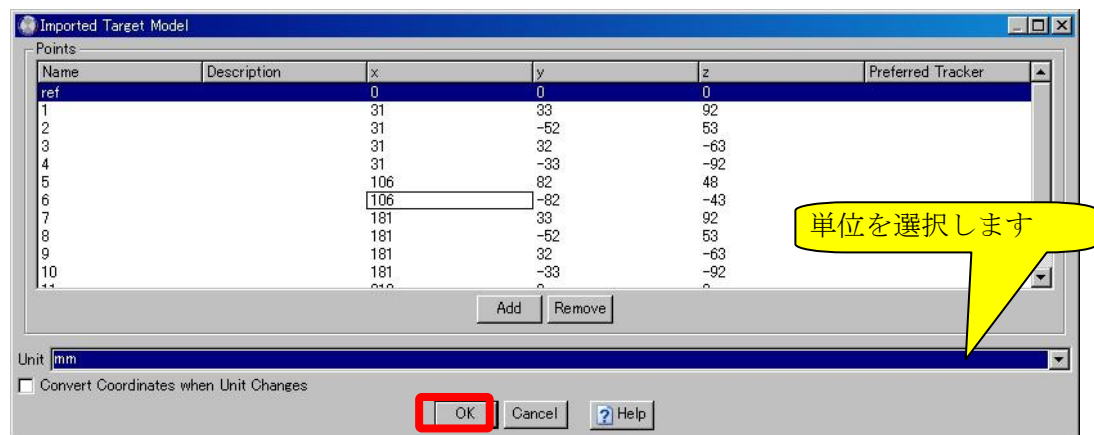
- ⑥ [Default Trackers]ツールバーが表示されている場合、「Auto」のチェックが入っていない事をご確認ください。



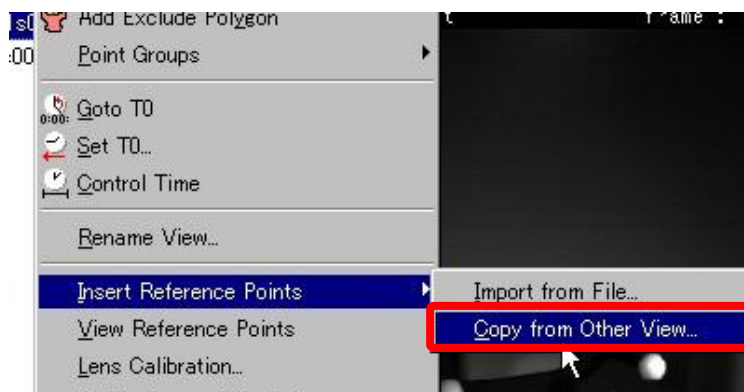
- ⑦ 上部メニューの[Camera]-[Insert Reference Points]-[Import from File]-[3D Coordinates]を選択し、ターゲットファイル(座標データ)を読み込みます。



- ⑤ 続けて、[Imported Target Model]ウィンドウが開きますので、単位を設定します。
「OK」ボタンをクリックすると、計測点が追加されます。（今回は mm を設定します）



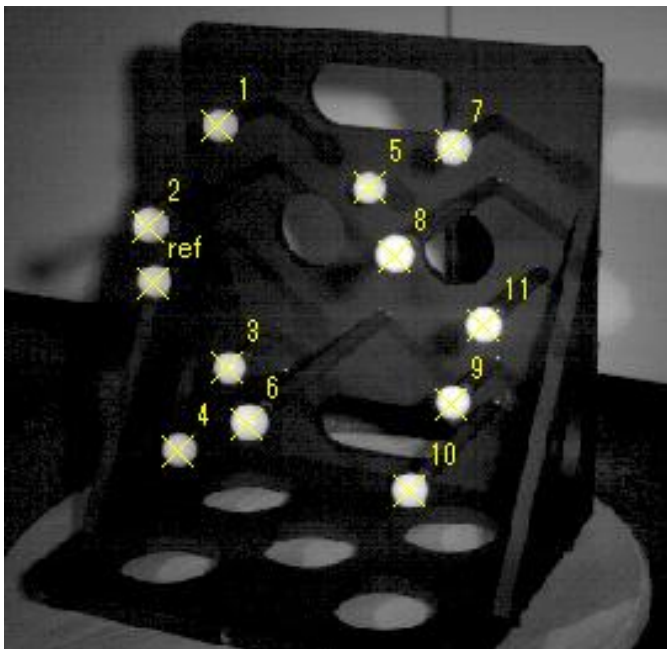
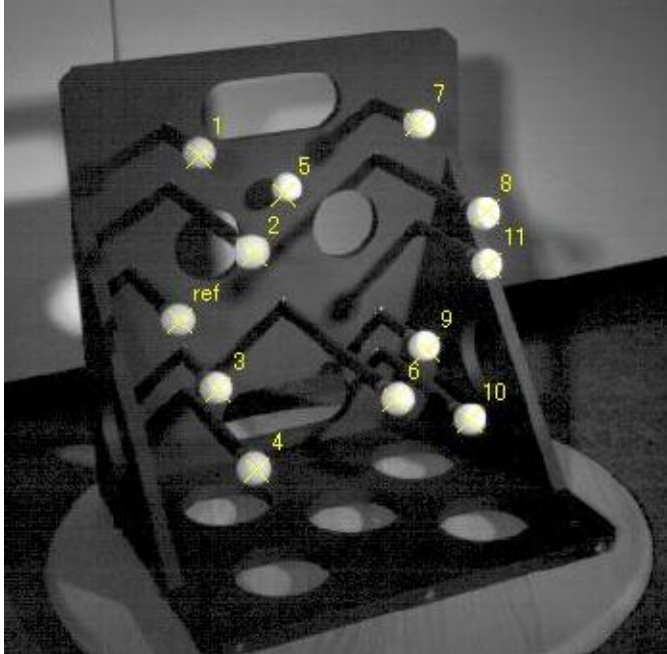
もう1つの映像については、[Copy From Overview]より追加します。



4. 4. 計測点の指定

それぞれの画像について、12 個の計測点が追加されていることを確認し、計測点を指定していきます。

今回使用した校正ツールについては、奥側から手前にボールが出てきている視点から見たときに、左・上から順に「ref・point1・point2・・・」と指定していきます。計測点の位置調整も実施します。



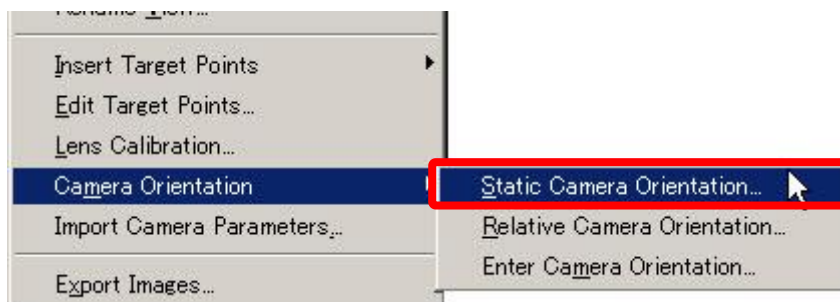
2 枚の画像とも計測点の指定が出来ましたら、三次元校正値の算出をします。カメラの配置をソフトに認識させる作業です。

4. 5. 三次元校正値の算出

● 指定した計測点から、TEMA が三次元校正値を算出します。

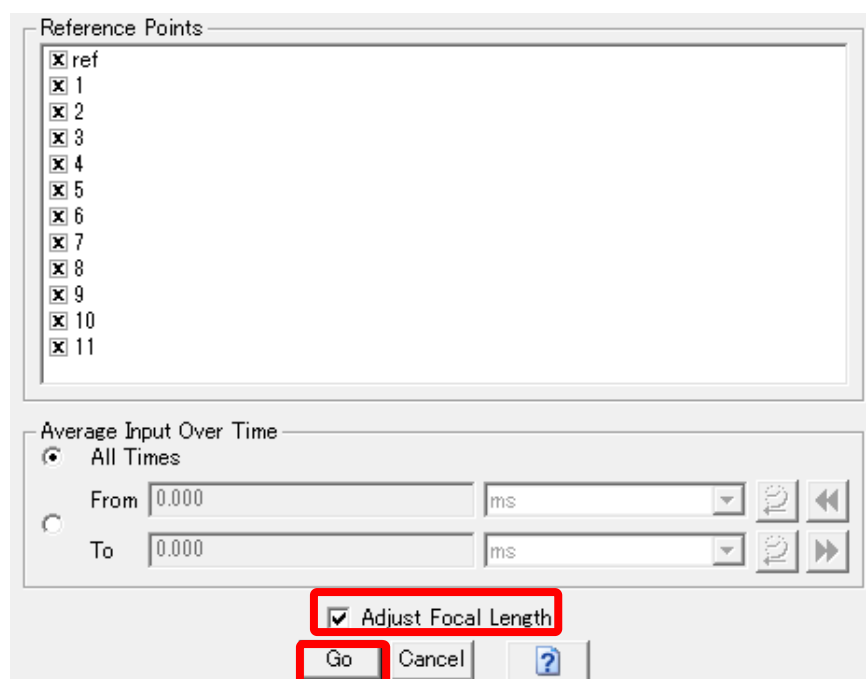
① 「cam001…」の[Camera View]ウィンドウを選択します。

[Camera]メニューから[Camera Orientation]-[Static Camera Orientation…]を選択します。
[Static Camera Orientation]ダイアログが開きます。



② 「Adjust Focal Length」にチェックを入れて「Go」ボタンをクリックします。

(「Adjust Focal Length」にチェックを入れないとレンズ焦点距離が補正されません)



[Absolute Orientation Results]ダイアログが開き、三次元校正の結果が表示されます。

③ 「Accept」ボタンをクリックし、結果を適用させます。

Camera Position
 x = -248.588 mm
 y = -828.576 mm
 z = 318.139 mm

Camera Orientation
 Roll = 1.138 degrees
 Pitch = -15.973 degrees
 Yaw = 64.146 degrees

Focal Length = 13.14 mm = 821.35 pixels
RMS Residual = 1.24 mm

Point Residuals

Status	Target	Point	Residual
used	PhotronPitacalib	ref	0.105 mm
used	PhotronPitacalib	1	1.16 mm
used	PhotronPitacalib	2	1.22 mm
used	PhotronPitacalib	3	0.903 mm
used	PhotronPitacalib	4	1.17 mm
used	PhotronPitacalib	5	0.814 mm
used	PhotronPitacalib	6	0.862 mm

Comment

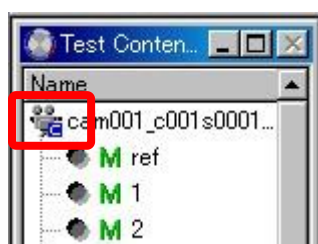
Accept
Cancel
?

✎ 補足

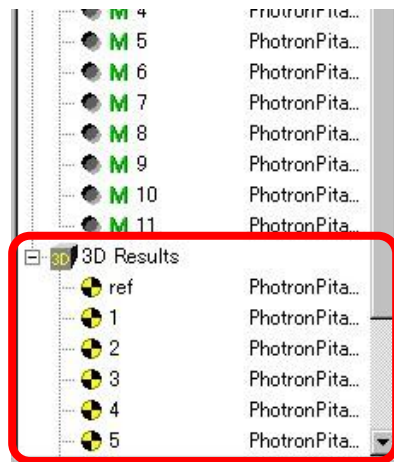
- [RMS Residual]は、他の Point との位置関係により導き出される誤差参考値をあらわします。

④ 「Close」ボタンで[Absolute Orientation Results]ダイアログを閉じます。

カメラのアイコンに マークが付いていれば校正結果が正しく保存されています。



- ⑤ [Cam002...]の[Camera View]にも同様の作業を行います。
下記のように、[3D Results]の項目が出現します。



- ⑥ 「Save Test」ボタンにて、結果を test データとして保存します。
ファイル名は、「Calib.ted」など、わかりやすい名前とします。

今回は、「calib.ted」という名前で保存します。



5. Wand Camera Orientation を使った校正方法

5. 1. 校正ツールの撮影

Wand Camera Orientation では、絶対距離が判明している 2 点が映っている動画から校正を行います。典型的には下記のような棒状の校正ツール(ワンド)を使うと作業がしやすくなります。



ご使用の校正ツールを、2 台のカメラで撮影します。
撮影に際しては下記の点に注意して撮影を実施してください。

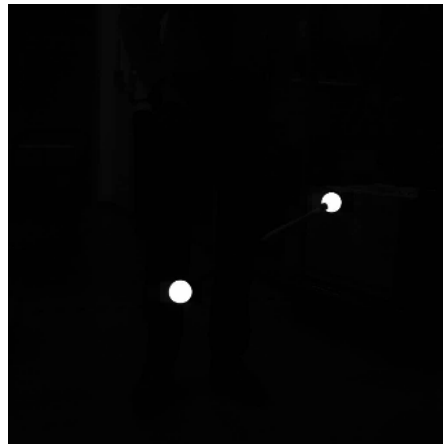
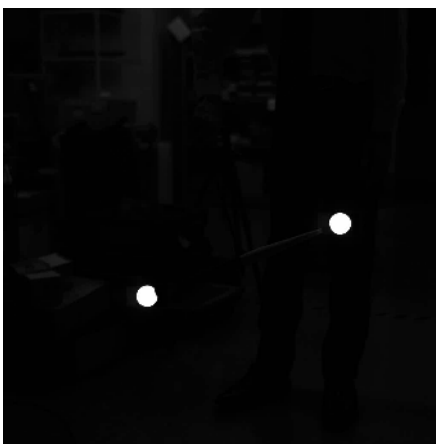
- 校正ツールを実際に計測を行いたい空間全体にわたって動かしながら撮影してください
- 校正ツールの基準点(2 点)が同時に映っている画像フレームが 1000~2000 枚程度必要です

また、撮影後はカメラ位置を変えずに、実際の計測用画像を撮影する必要があります。

補足

- ただし、カメラ位置、レンズ等の条件が変わらない場合、計測用映像を撮影後に校正用画像を撮影しても問題ありません。

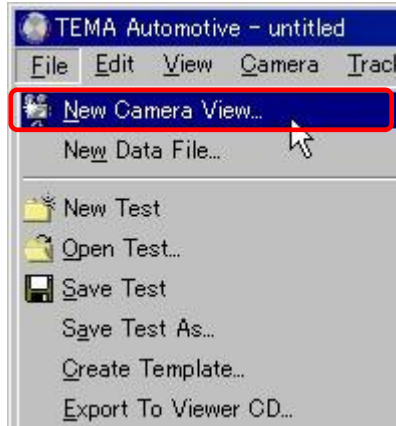
今回は、以下のように 2 枚の画像を撮影しました。



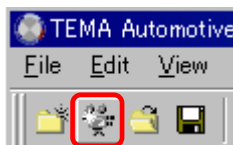
5. 2. 校正用画像の読み込み

撮影した校正用画像を読み込みます。

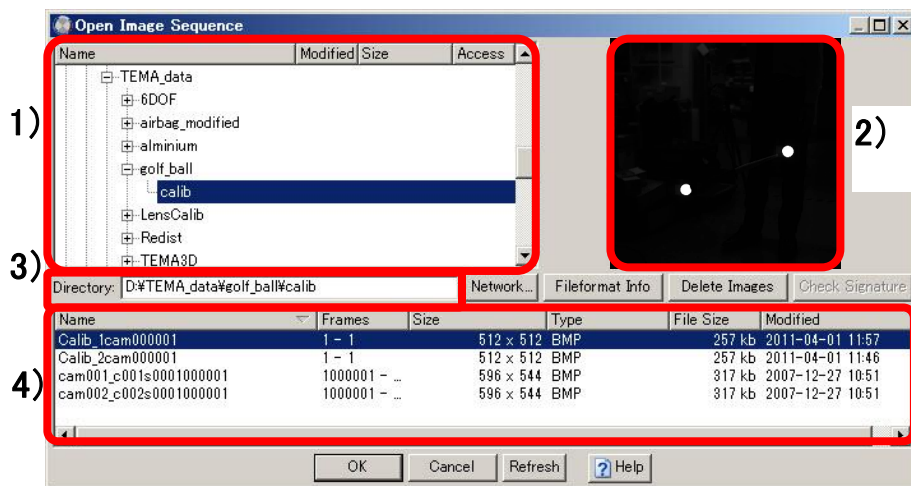
- ② [File]メニューから、[New Camera View]を選択します。



このコマンドは、カメラマークのアイコンからでも実行できますので、慣れてきたらこちらを利用すると便利です。



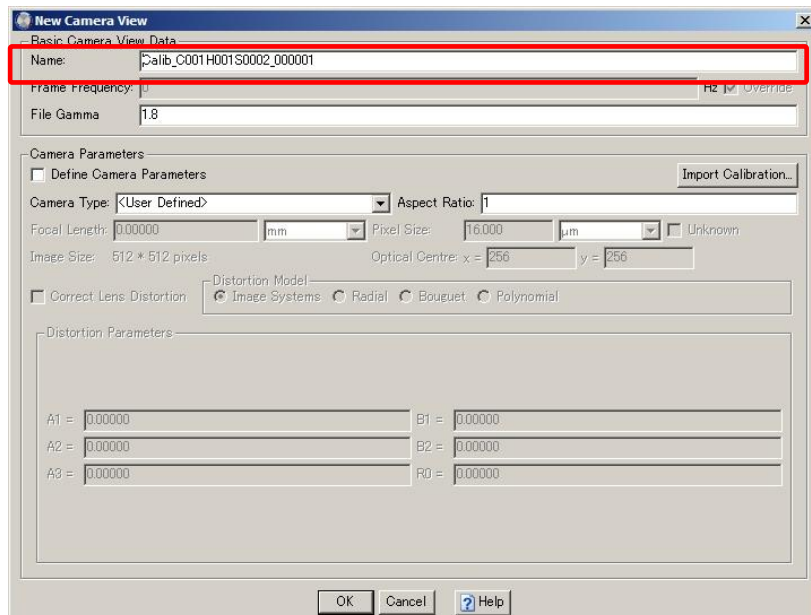
動画画像の読み込み画面が表示されます。



- ・1)のエリア フォルダ階層を表示します。
- ・2)のエリア 4 のエリアで選択されている画像ファイルのプレビュー画像を表示します。
- ・3)のエリア フォルダのパスを表示します。直接ここに入力することもできます。
- ・4)のエリア 2 のエリアのフォルダに格納されている動画画像ファイルを表示します。

- ② ファイルを選択して、画像を確認したら、「OK」ボタンをクリックしてください。

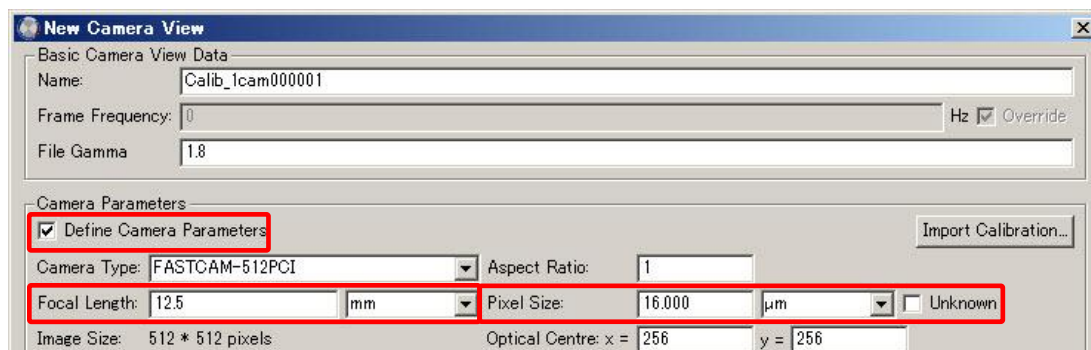
動画ファイルを読み込むと、次のダイアログボックスが表示されます。



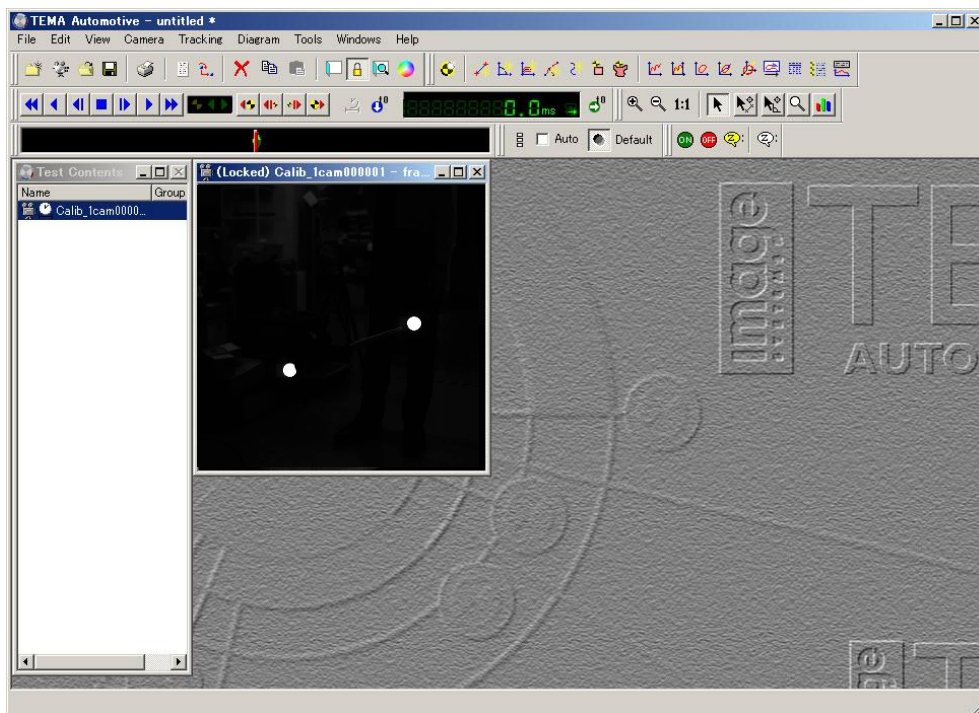
- ③ [Define Camera Parameters]にチェックを入れます。

すると、入力出来る箇所が増えますので、[Focal Length]に使用しているレンズ焦点距離を、[Pixel Size]にカメラのピクセルサイズを入力して、「OK」ボタンをクリックします。

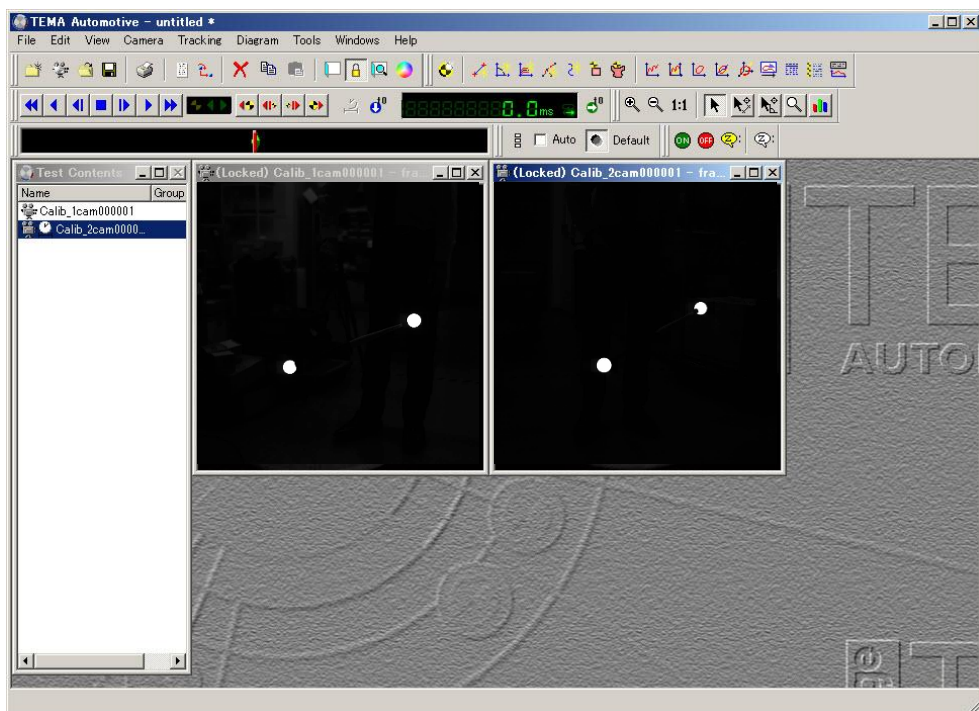
今回撮影した画像は、Focal Length = 12.5mm Pixel Size = 16μm となるので、入力します。



③ 動画画像が正常に読み込まれると、次のような画面となります。



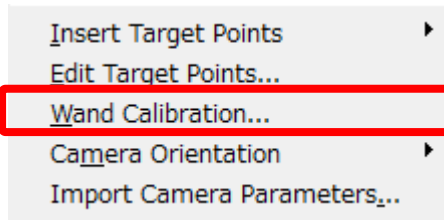
⑤同様に、もう片方のカメラ画像も読み込みます。
今回撮影した画像は、 Focal Length =12.5mm Pixel Size = 16um となるので、入力します。



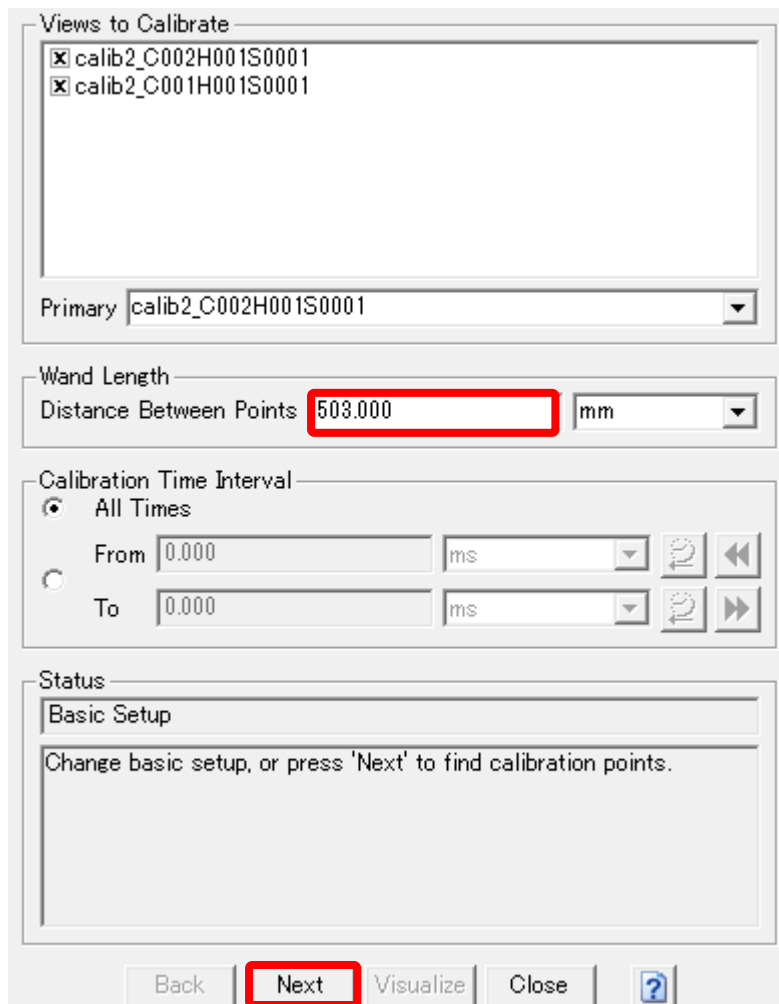
5. 3. 三次元校正値の算出

●撮影した動画から校正基準点の自動追跡を実施して校正値を算出します。

- ① Wand Calibration ウィンドウを選択します。
[Camera]メニューから[Wand calibration] を選択します。



- ② ワンド上の絶対距離が判明している2点間距離を入力します。
(例では 2 点間の絶対距離が 503mm であるようなツールを使用しています)



③ ワンド上の校正基準点の追尾を実施します

これから校正基準点を追尾する際には「Automatic」を選択して「Go」を押してください。自動追尾が実行されます。

既に追尾済みのデータを使う場合には「Manual」を選択して対象追尾点名を指定してください。

続いて校正値の算出を実行するには「Next」を押してください。

Calibration Points

☒ Automatic ☐ Manual

wand1 wand2

Valid frames:
calib2_C002H001S0001: 693
calib2_C001H001S0001: 692

Go Stop

Status

Calibration Points

Set Automatic or Manual mode.
Press 'Go' to detect Calibration Points.
Press 'Next' to calibrate.

Back Next Visualize Close ?

④ 校正値の確認をします

校正値の計算が終了すると下記のような表示されます。


The screenshot shows a 'Camera Parameters' dialog box with the following sections:

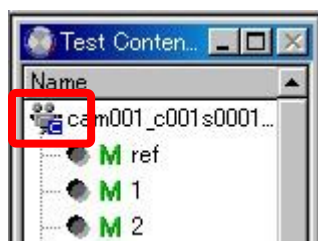
- Camera Parameters:** Contains two tabs, 'calib2_C002H001' and 'calib2_C001H001'. The 'Orientation' section shows x, y, and z coordinates in mm (all 0.000) and Roll, Pitch, and Yaw in degrees (all 0.000). The 'Focal Length' is 1715.59 pixels, equivalent to 29.165 mm. The 'Lens Distortion' section shows A1 = -7.22658e-3, A2 = -0.488587, and R0 = 1715.59.
- Overall Results:** Shows 'Mean 3D Error = 0.125 mm' with a 'More' button.
- Status:** A text box stating 'Calibration successfully completed.' and instructions to review results and press 'OK', 'Back', or 'Close'.
- Buttons:** 'Back', 'OK' (highlighted with a red box), 'Visualize', 'Close', and a help icon.

補足

- [Mean 3D error]は、校正計算により導き出される誤差参考値をあらわします。

「OK」を押して[Wand Calibration]ダイアログを閉じます。

カメラのアイコンに、マークが付いていれば校正結果が正しく保存されています。



- ⑤ 「Save Test」ボタンにて、結果を test データとして保存します。
ファイル名は、「Calib.ted」など、わかりやすい名前とします。

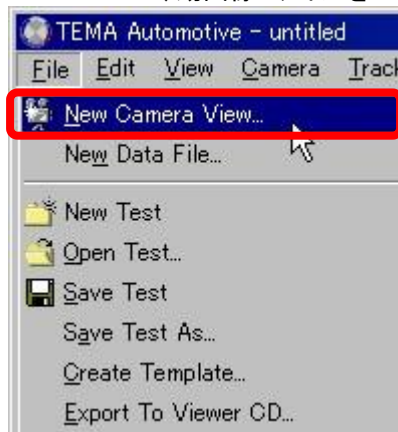
今回は、「calib.ted」という名前で保存します。



6. 計測用動画像の読み込み

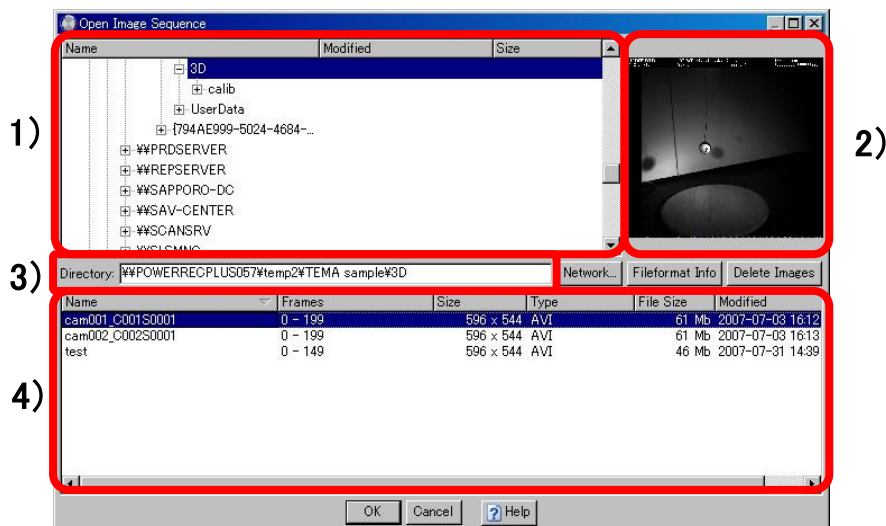
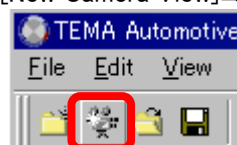
計測する動画像ファイルを、ソフトウェアに読み込みます。

[File]メニューから、一番上の[New Camera View]を選択してください。
このコマンドで、動画像ファイルを TEMA に読み込むことができます。



このコマンドは、カメラマークのアイコンからでも実行できますので、慣れてきたらこちらを利用すると便利です。

[New Camera View]コマンドを実行すると、次のような動画像の読み込み画面を表示します。



- ・1)のエリア フォルダ階層を表示します。
- ・2)のエリア 4のエリアで選択されている画像ファイルのプレビュー画像を表示します。
- ・3)のエリア フォルダのパスを表示します。直接ここに入力することもできます。
- ・4)のエリア 2のエリアのフォルダに格納されている動画像ファイルを表示します。

動画ファイルを読み込むと、下記のダイアログボックスが表示されます。

ここでは、読み込んだ動画像に対して自由に実験名を設定したり、撮影された際のフレームレートを設定したりすることが出来ます。フレームレートの設定は、解析の時間軸の基準となりますので正しい値を入力します。

The screenshot shows the 'New Camera View' dialog box. The 'Basic Camera View Data' section is highlighted with a red box. It contains the following fields:

- Name: cam001_C001S0001
- Frame Frequency: 60 Hz ☒ Override
- File Gamma: 1.8

The 'Camera Parameters' section is below. It includes a checkbox for 'Define Camera Parameters', an 'Import Calibration...' button, and various input fields for camera settings like 'Camera Type', 'Focal Length', 'Pixel Size', 'Image Size', and 'Optical Centre'. There are also radio buttons for 'Distortion Model' (Image Systems, Radial, Bouguet, Polynomial) and a section for 'Distortion Parameters' with input fields for A1, A2, A3, B1, B2, and R0. At the bottom, there is a checkbox for 'Dynamic Camera Orientation' and three buttons: 'OK' (highlighted with a red box), 'Cancel', and 'Help'.

この画像は 60 コマ/秒で撮影された動画像ですので、[Frame Frequency]の項に、「60」と入力して、「OK」ボタンをクリックします。(グレーアウトしている場合は、[Override]にチェックを入れてください)

[Camera Parameter]の項では、使用したカメラとレンズの仕様の登録を行います。

New Camera View

Basic Camera View Data

Name: cam001_C001S0001

Frame Frequency: 60 Hz ☒ Override

File Gamma: 1.8

Camera Parameters

☒ Define Camera Parameters Import Calibration...

Camera Type: FASTCAM-512PCI Aspect Ratio: 1

Focal Length: 12.5 mm Pixel Size: 16.000 μm ☐ Unknown

Image Size: 596 * 544 pixels Optical Centre: x = 298 y = 272

☐ Correct Lens Distortion

Distortion Model

☒ Image Systems ☐ Radial ☐ Bouguet ☐ Polynomial

Distortion Parameters

A1 = 0.00000 B1 = 0.00000

A2 = 0.00000 B2 = 0.00000

A3 = 0.00000 R0 = 0.00000

☐ Dynamic Camera Orientation

OK Cancel ? Help

[Define Camera Parameters]のボックスにチェックを入れます。

[Camera Type]を選択してください。(今回は、[FASTCAM-512PC]を選択します)

[Focal Length]の項に「12.5」を入力、単位「mm」を選択します。

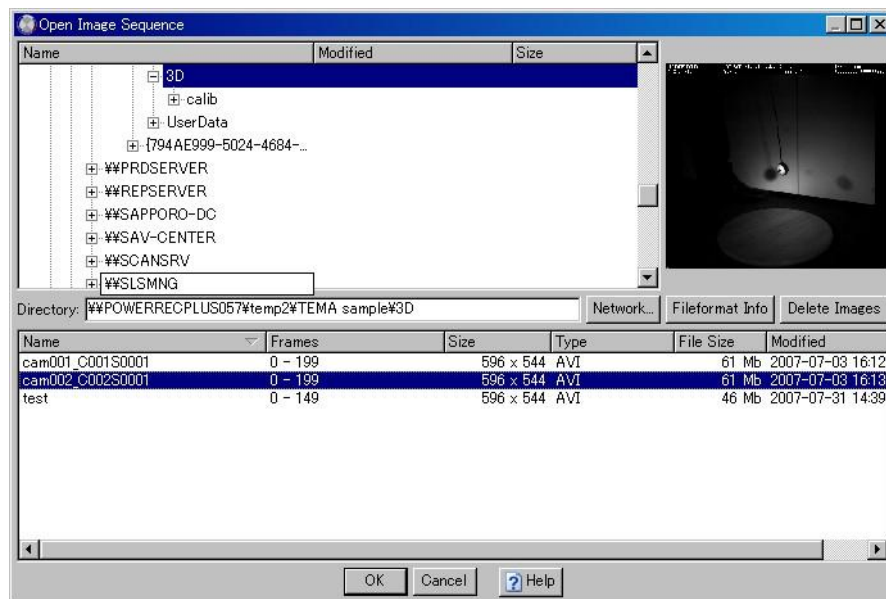
[Correct Lens Distortion]のチェックは外します。

[Camera Type]を選択した場合、[Pixel Size]は自動入力されます。

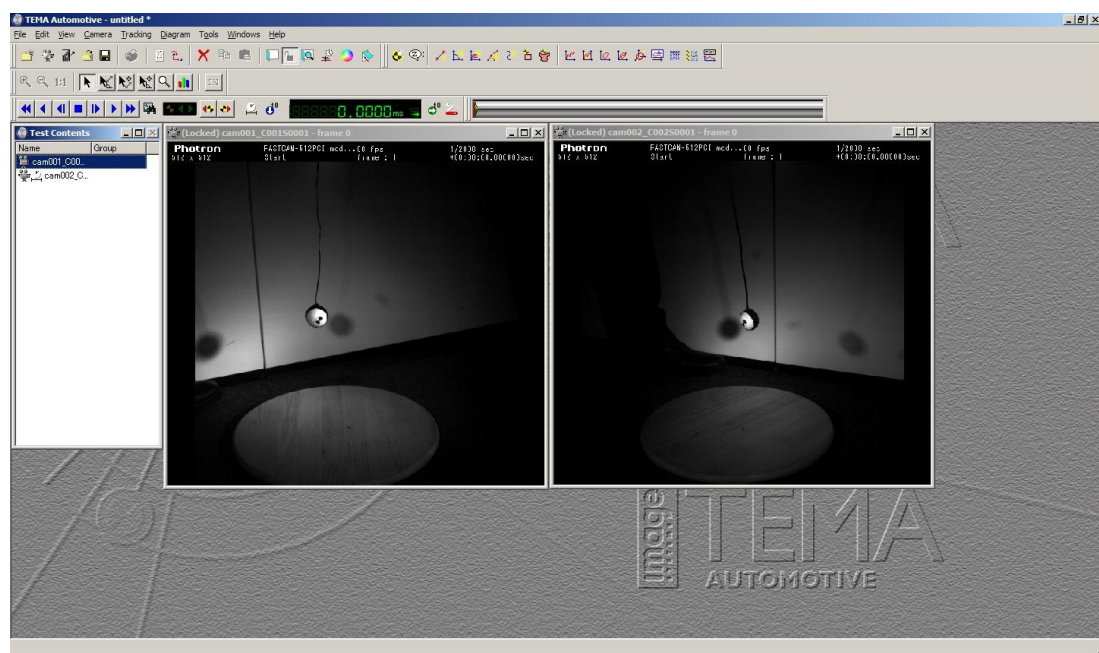
補足

- [Correct Lens Distortion]の欄は、光学条件をより高度な情報を与えることにより、精度を上げるためのオプションで使います。

同様の作業を繰り返し、2 回目のカメラで撮影した画像を読み込みます。

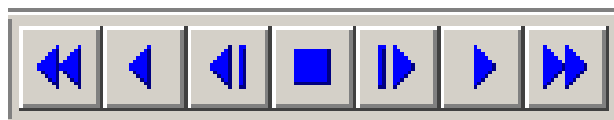


画像が正常に読み込まれると、次のような画面になります。



動画像の再生などに慣れるために、再生関連のアイコンを使用して、動画像の再生操作を行ってみましょう。2つの画面が同期して動くことを確認します。

基本的に 3D の解析画像は、撮影時に同期が取れていることが前提です。同期の取れた画像を読み込んだ場合は個別に時間調整は行いません。



① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

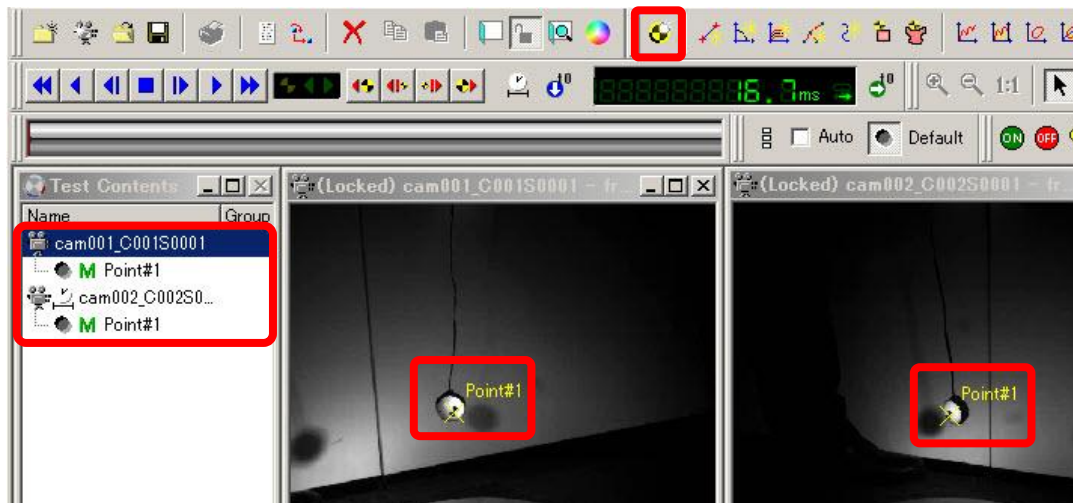
- ① 最初のフレームに移動
- ② 逆再生
- ③ 逆コマ送り再生
- ④ 停止
- ⑤ 順コマ送り
- ⑥ 再生
- ⑦ 最終フレームに移動

7. 追跡を実行する

それでは、実際に運動解析を行う計測点を追跡していきます。

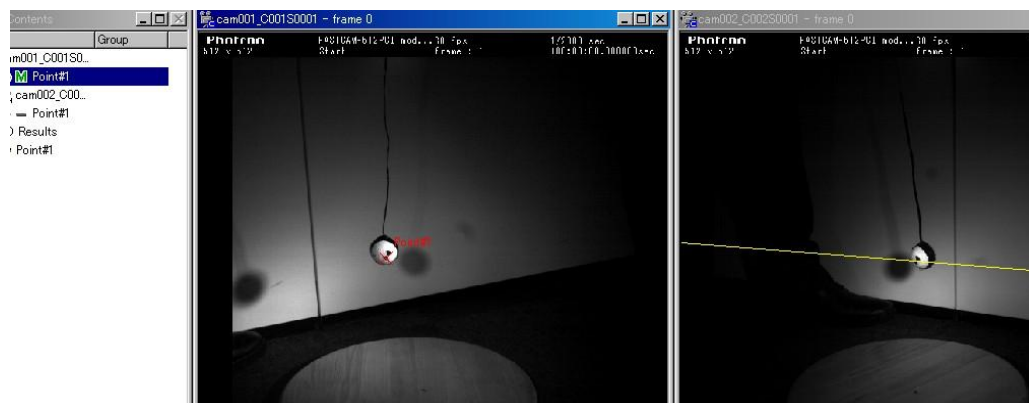
各カメラビューに1個ずつ計測点を追加します。

[Test Contents]ウィンドウの[3Dresults]にも同名の計測点が自動的に作成されます。

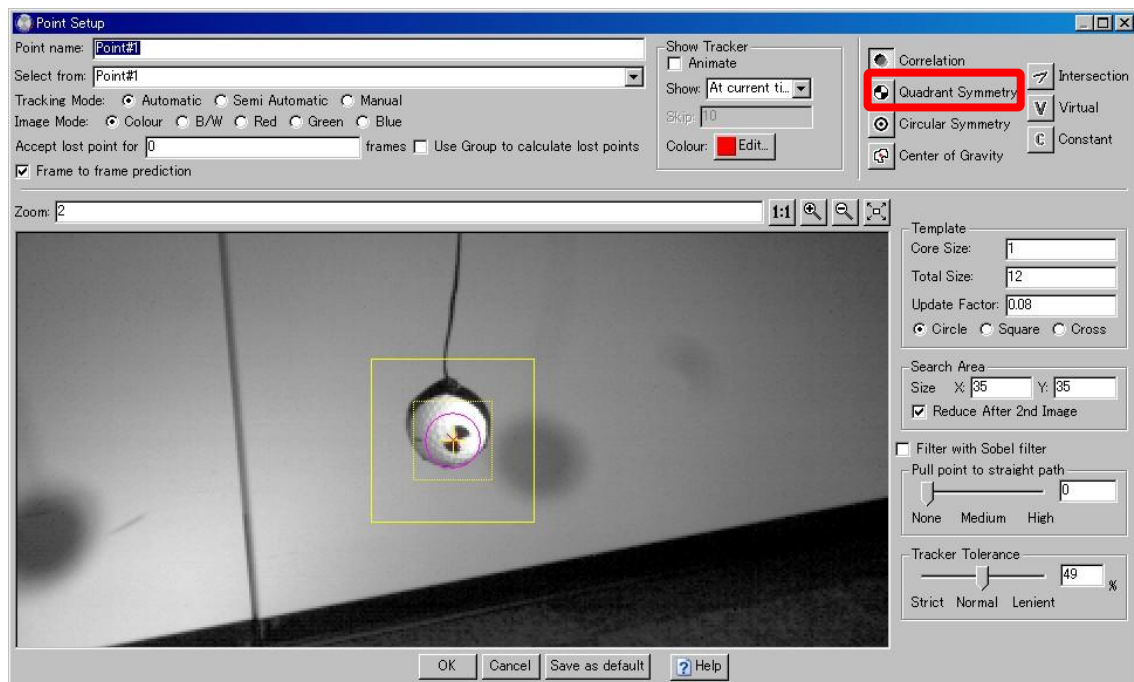


補足

- 先に手順7を実施した場合、『cam002』のカメラビューに選択を移すと、『cam002』のカメラビュー画像中に、スケーリングでの位置関係に基づき、各計測点の予測位置が、直線として表示されます。その線上に乗ることを確認して、計測点を置きます。
- この機能は便利ですが、追跡時に三次元計算をし続けるため、解析の速度が低下することがあります。



計測点を右クリックし、一番上にある[Point Setup]を選択します。
[Point Setup]ウィンドウが開きます。



右上辺りに配置されているボタン群にて、マッチング方法の設定ができます。
マッチング方法に関しては、2D のものと同一です。

今回のマーカーは Quadrant マーカーの追跡ですので、計測点を[Quadrant Symmetry]で設定します。

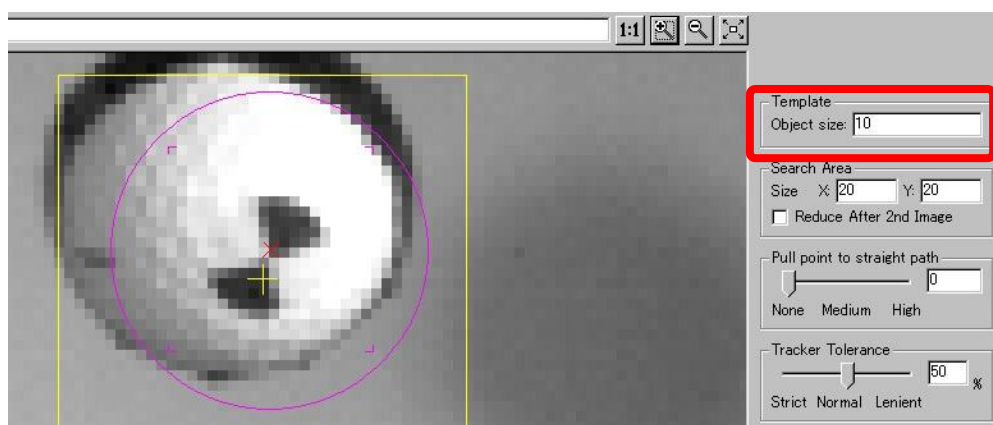


Quadrant マーカー

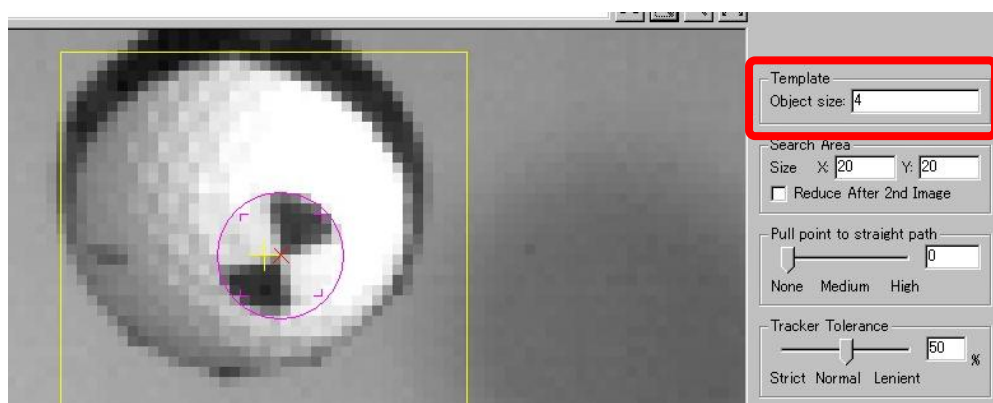
補足

- Quadrant マーカー追跡はオプションとなります。

下図のように、多少ずれていてもソフトが大体のマーカー中心を認識します。
ただし、検索範囲が大きい為、多少中心からずれてしまっています。




マッチング判定の範囲をマーカーサイズに合わせて調整します。
ピンクの円(マッチング判定範囲)の淵をドラッグするか、もしくは[Object size]の項目にて設定
できます。



マーカーの中心部分が認識されます。
同様に、もう一つのカメラの計測点も調整します。

では、実際に追跡を実行して行きましょう。

追跡を行うにはツールバー上の追跡ボタン  を使用します。

追跡ボタン毎に追跡方法が異なり、左から順に
「時間逆方向の自動追跡」「時間逆方向のステップ追跡」
「時間順方向のステップ追跡」「時間順方向の自動追跡」
という追跡方法で追跡処理を行います。

追跡は、画像の再生方向どちらでも行なうことができます。
今回は、画像の先頭から時間順方向に自動追跡を行います。

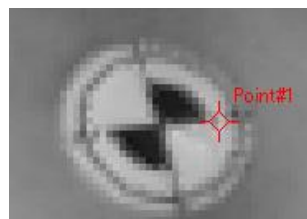
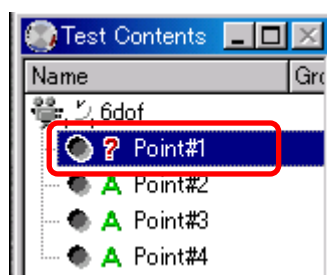


追跡を始めると、画像が順に再生され、それに伴って「Point Zoom」ウィンドウに追跡点周辺の拡大映像も随時更新されながら追跡を進めて行きます。

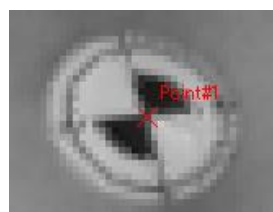
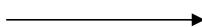
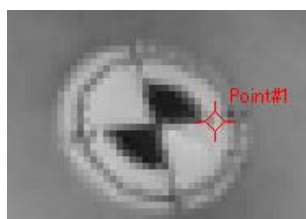
**** 自動追跡に失敗した場合 ****

TEMA では、自動追跡に失敗した場合、それを知らせるアラームが鳴り、自動追跡を一時停止します。また、画面上のマーカーが変化し、追跡点リストの該当追跡点に「？」マークが表示されます。

**** 追跡に失敗した場合の表示 ****



この場合には、Point Zoom ウィンドウで、マウスを使用しずれを調整して、マーカー中心に追跡点がくるように移動してください。



調整が済んだら、再び追跡アイコン  をクリックして、追跡を実行してください。

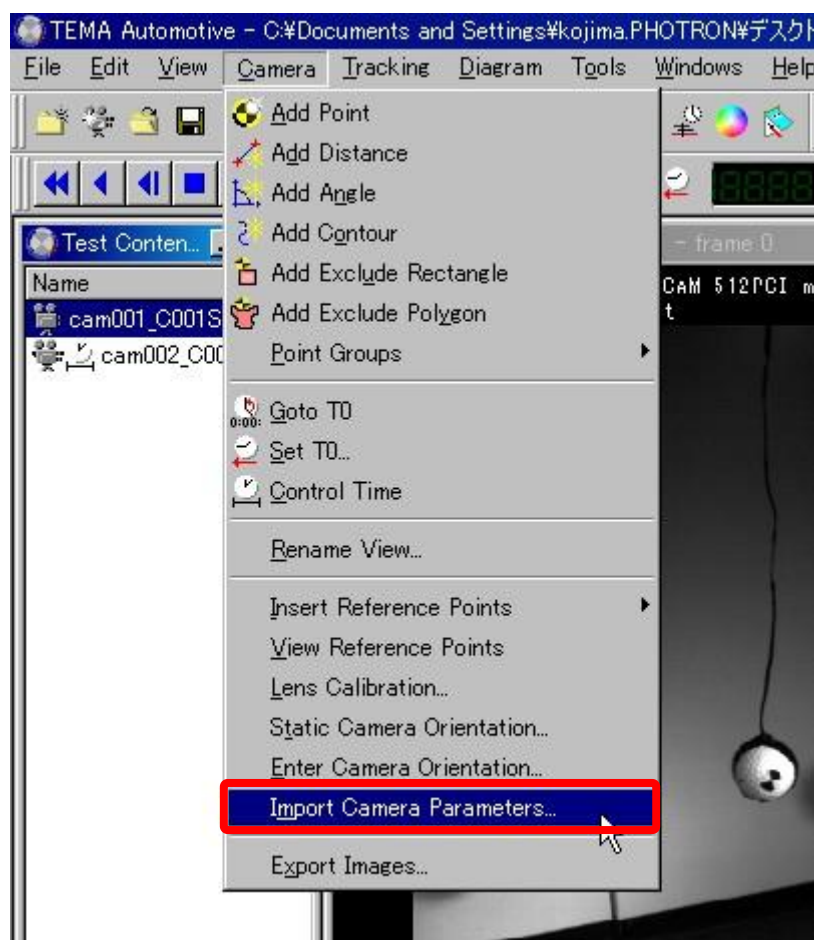
8. 三次元校正情報の読み込み

手順 3.4 および手順 4.4 で作成した校正情報データは、カメラの画角が同じならば何度でも同じデータで三次元解析を行うことができます。

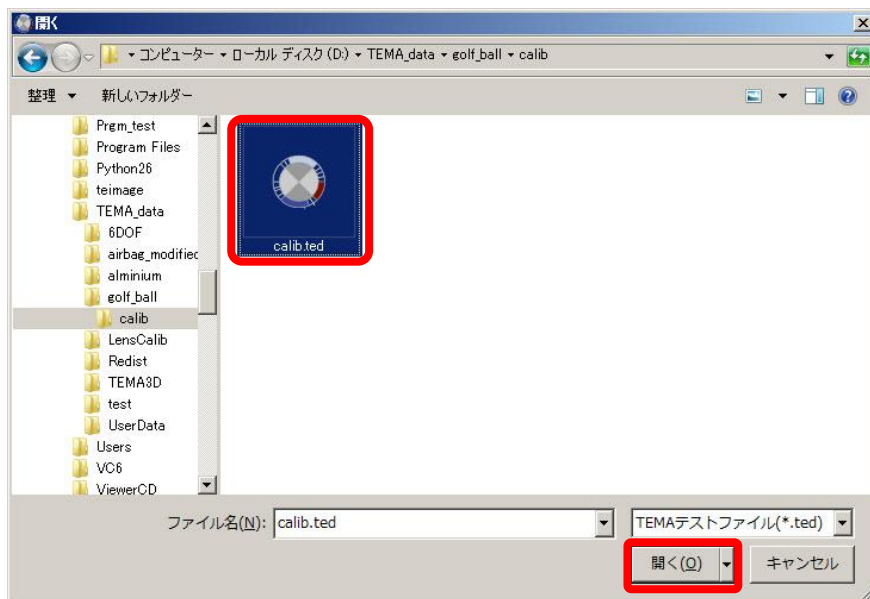
三次元校正情報を読み込んで、手順 6 で追跡したポイントの三次元位置・速度・加速度を算出する手順を説明いたします。

- ① 手順 6 で追跡したデータを開きます。

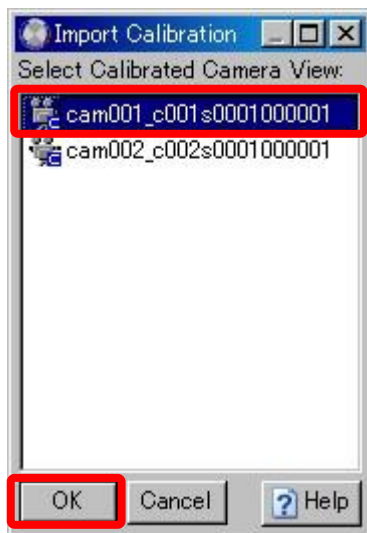
まず、[Test Contents]ウィンドウで『Cam001...』を選択し、[Camera]-[Import Camera Parameters...]を選択します。



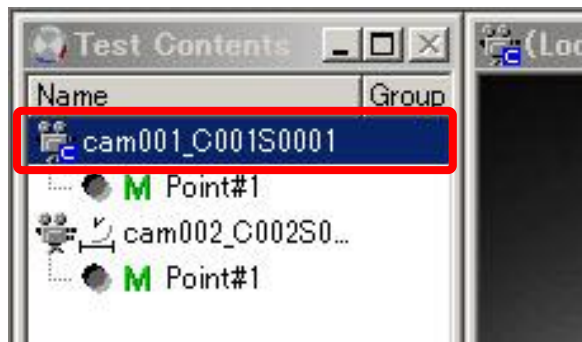
- ② Windows 標準のファイル選択ウィンドウが開きます。
ここでは、手順 3.4 または 4.4 で作成した『calib.ted』を選択し、「開く」ボタンをクリックします。



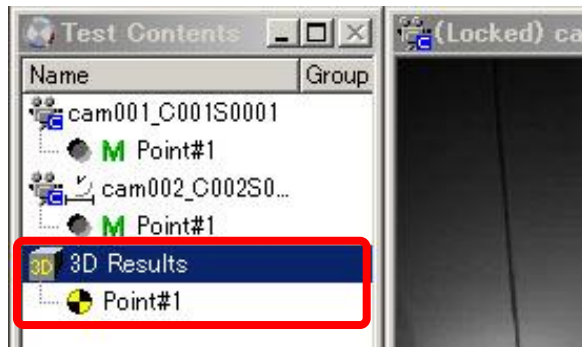
- ③ [キャリブレーション情報のインポート]ウィンドウが開きます。
先ほど『Cam001...』を選択していたので、Cam001 側の校正画像を選択し、「OK」ボタンをクリックします。



- ④ 『cam001…』に、◎マークがつきます。同様に、『cam002…』にも、校正データを適用させてください。



- ⑤ 2つのカメラに校正データを適用すると、『3D Results』という項目が表示されます。これで三次元校正情報の読み込みが完了しました。



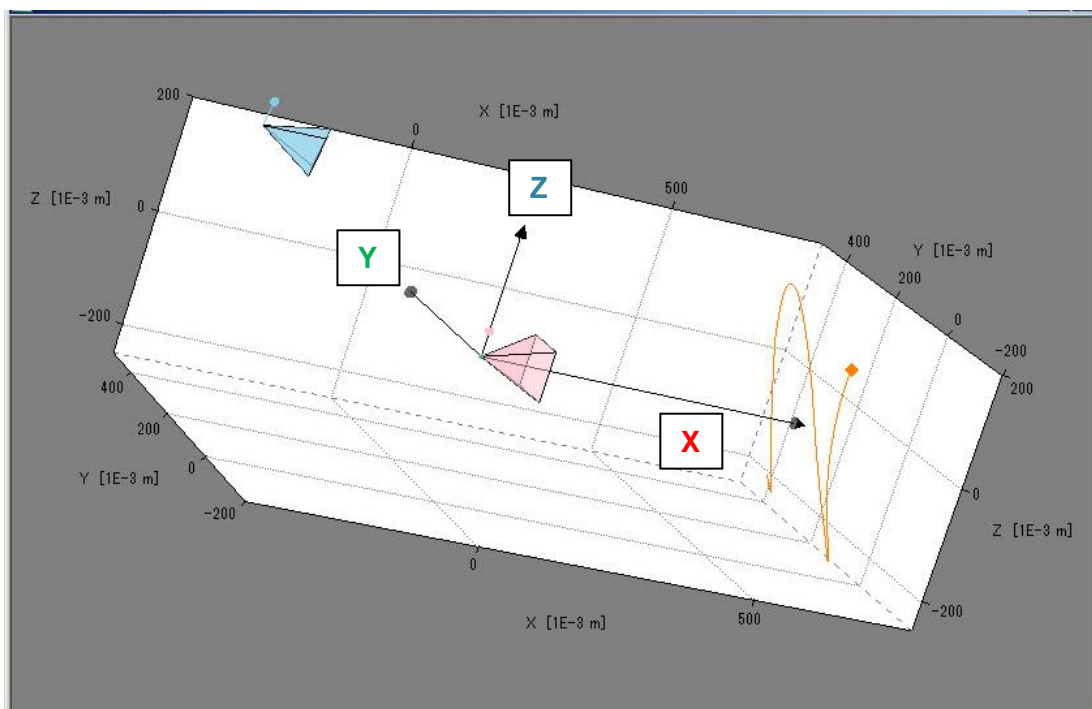
9. 三次元座標系の設定

前項で三次元解析は完了していますが、次項で表示する結果データについて、デフォルトでは下記の座標軸で三次元計算されます。

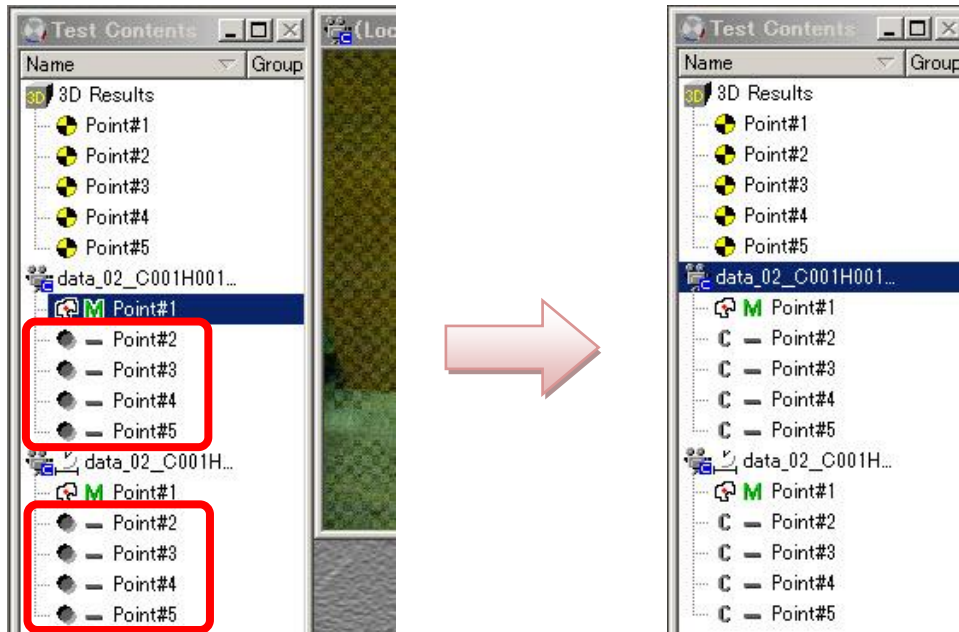
- 相対校正(手順 3)とワンド校正(手順 5)の場合
指定した、どちらか一方のカメラが原点となり、光軸方向が X 軸、光軸から 90 度左方向が Y 軸、光軸から 90 度上方向が Z 軸に設定されます。
- 静的校正(手順 4)の場合
ターゲットファイル作成時の三次元座標系に設定されます。

このままの設定で宜しければ、次の手順 9 をご参照ください。
三次元座標系を新たに設定する場合は、以降の手順 8 をご参照ください。

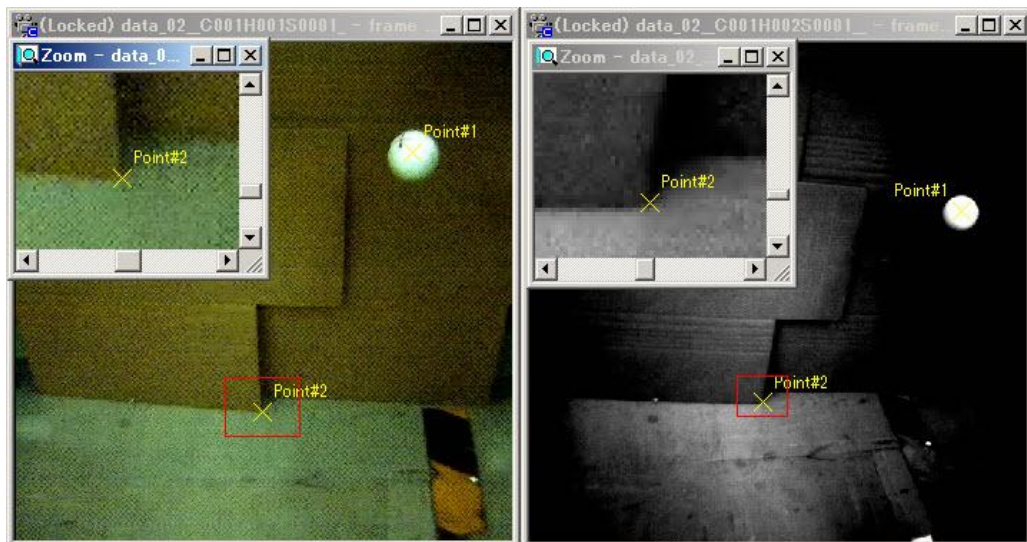
今回は TEMA 3D Lite オプション(手順 3)を例として説明いたします。
デフォルトの座標系は、下図のように右カメラが原点として表示されています。
地面に対してほぼ垂直にボールを弾ませていますが、カメラは斜め上から見下ろしているため実際にどの程度跳ねたかがわかりません。



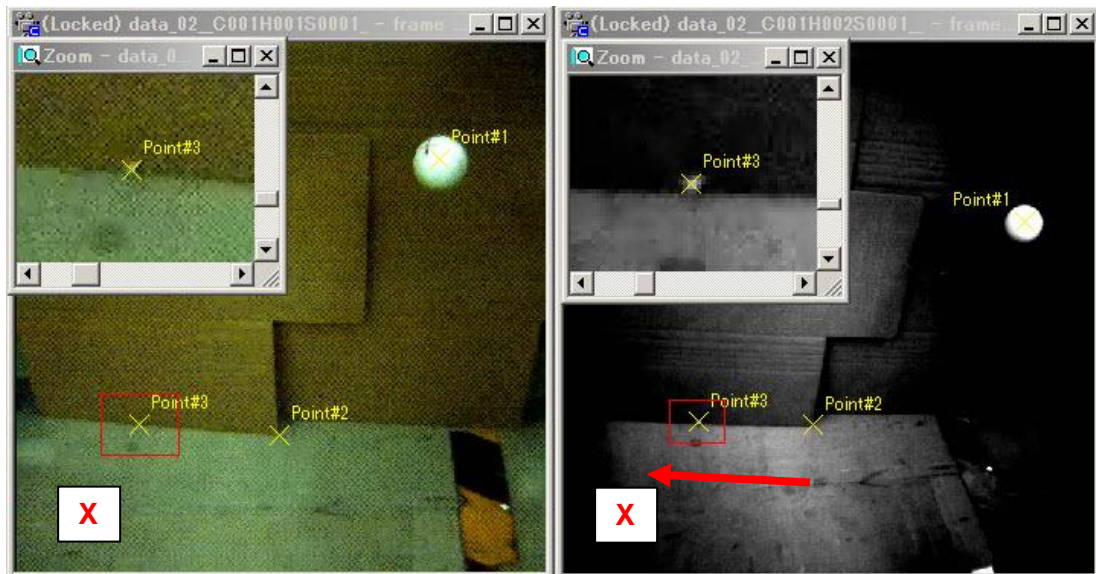
- ① 三次元座標系構成のためのポイントを、必要な数作成してください。
目安としては、原点用に1つ、X軸の決定用に1つ、もう1軸の決定用に2つで4つほど必要となります。
動的な座標も作成できますが、今回は静的な座標系としたいので、ポイントを「Constant」に変更しています。



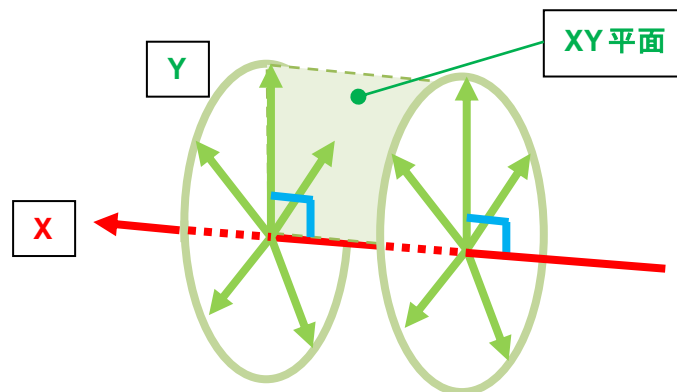
- ② 原点とするポイントを設定します。
今回は Point#2 を原点とし、画面中央下部に設定しています。



- ③ 今回の映像では、右から左にボールが移動しているので、画面の右から左方向を X 軸の + 方向に設定します。
X 軸決定用の Point#3 を、Point#2 の左に設定します。

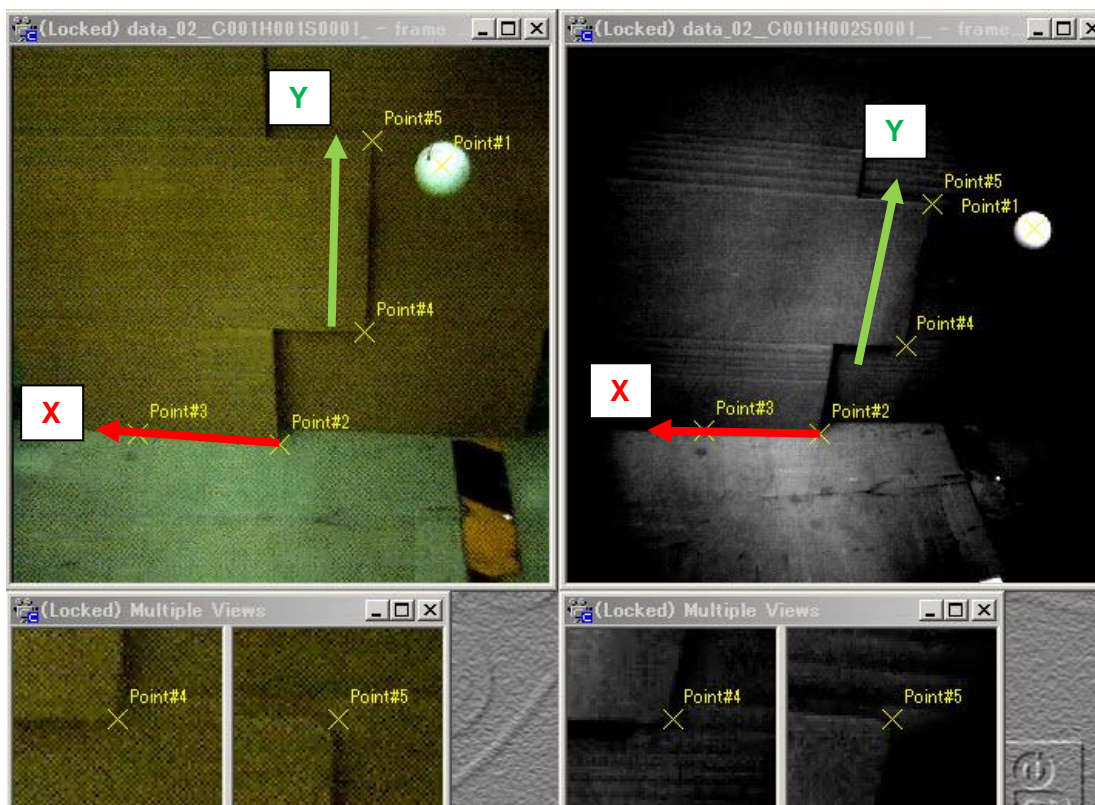


- ④ X 軸が決まった事で、X 軸から 90 度の方向に Y 軸または Z 軸が設定されます。
TEMA では軸ではなく、XY 平面(または XZ 平面)がどの点からどの点の方向にあるか設定をします。



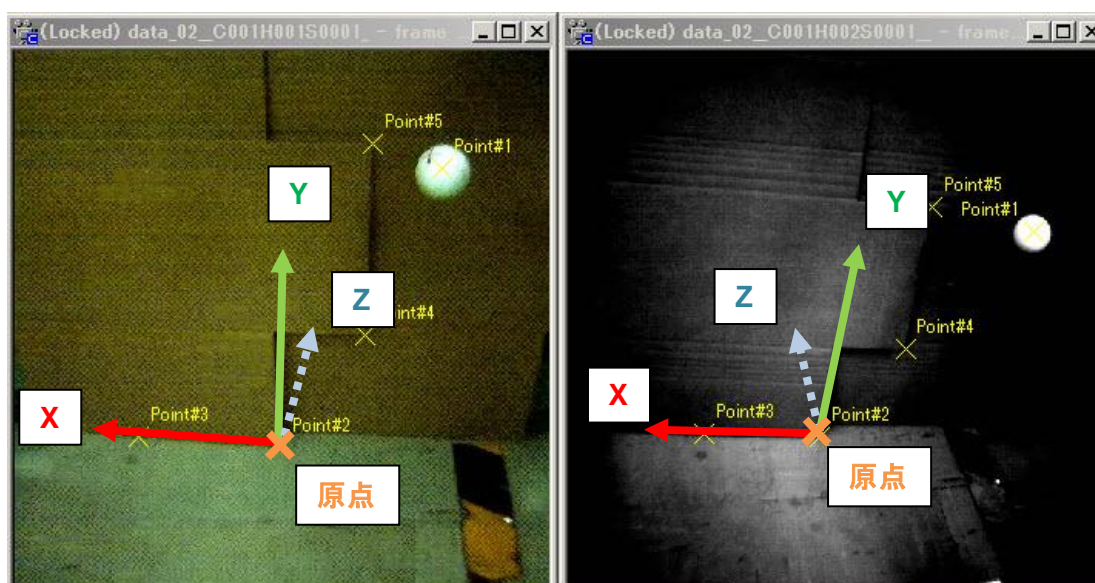
⑤ 今回はXY平面を設定します。

Point#4 および#5 を下図のように設置することで、地面から垂直方向をXY平面(Y軸)に設定しています。

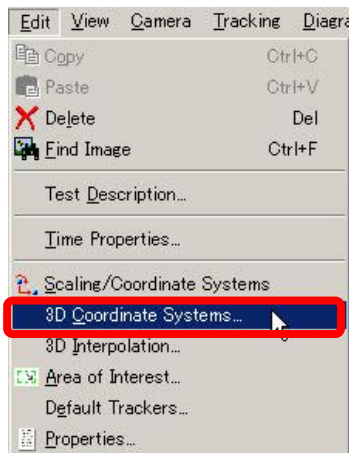


⑥ 残りのZ軸は、X、Y軸が決まっているので自動で決定されます。

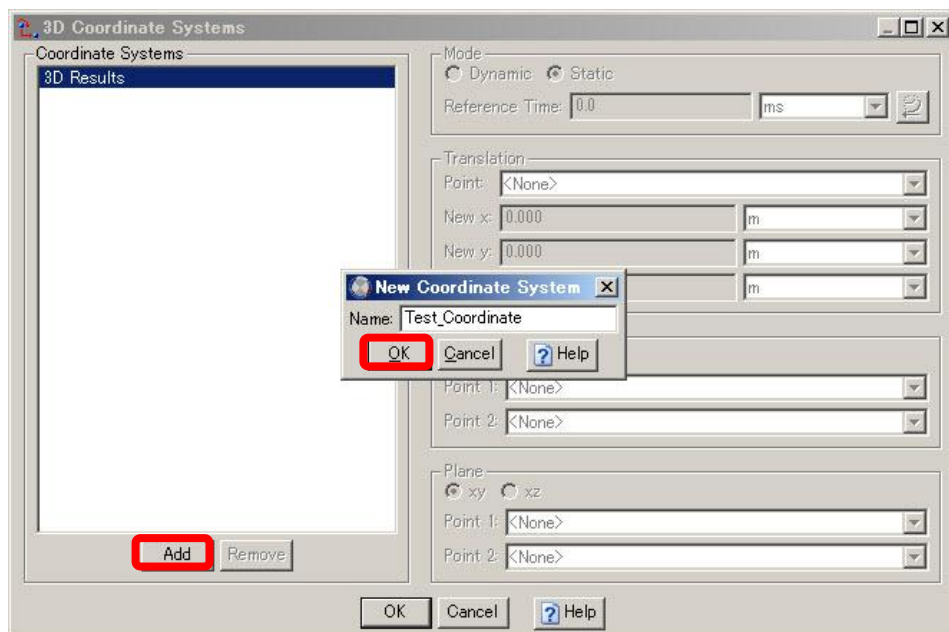
先に述べたとおり右手系ですので、Z軸は手前から奥方向に設定されます。



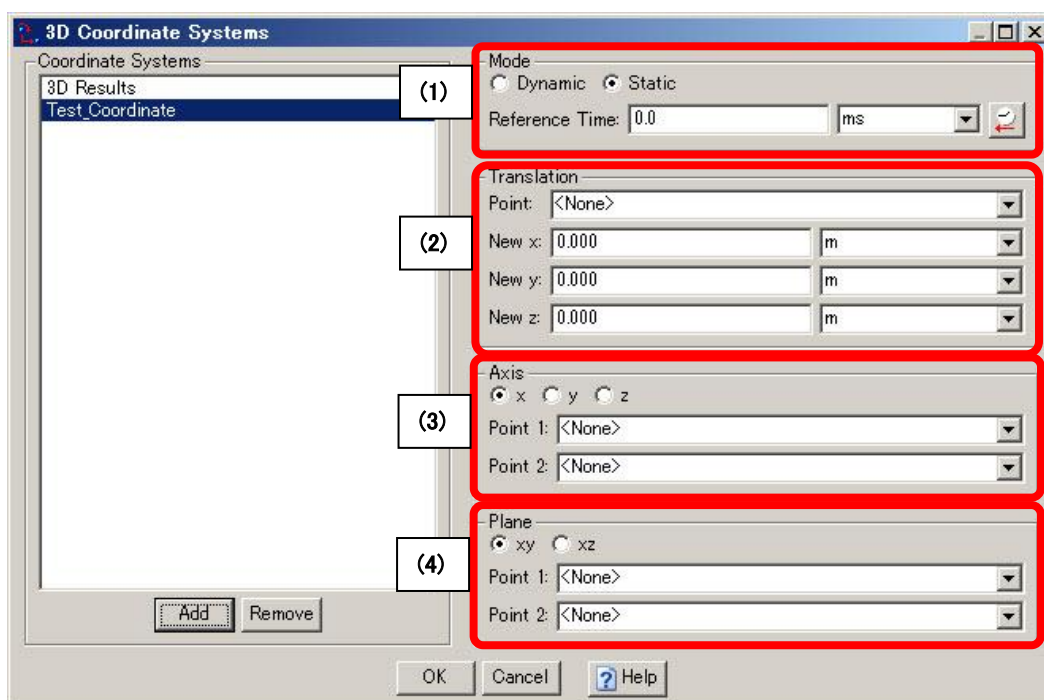
- ⑦ ポイントの設置は出来ましたので、これらのポイントで三次元座標系の設定を行います。
[Edit]メニューから、[3D Coordinate systems...]を選択します。



- ⑧ 「3D Coordinate Systems」ウィンドウが表示されます。
「Add」ボタンを押すと、「New Coordinate System」ウィンドウが表示されますので、作成したい座標系の名前を入力して「OK」ボタンを押してください。

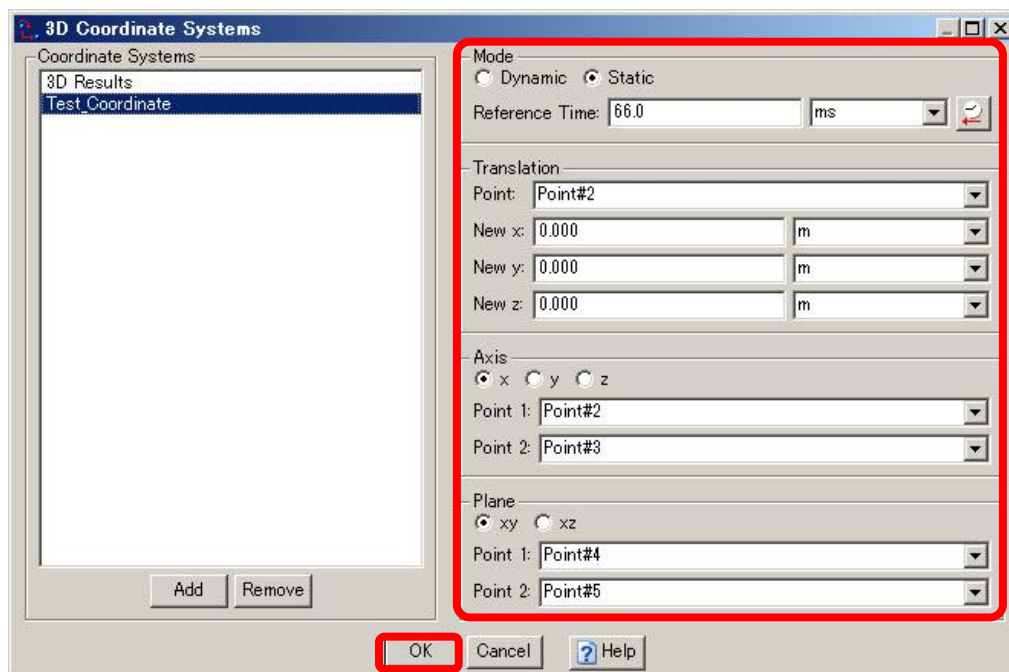


- ⑨ 指定した名前で座標系が作成されます。
それぞれ、下記のような設定項目となります。



- (1)Mode : 作成する座標系が、時間によって変動するかどうかを決定します。
- Dynamic … 時間により変動させるモードです。
 - Static … 「Reference Time」におけるポイントの位置で固定させるモードです。
「Reference Time」の隣の時計アイコンをクリックすることで、
現在表示されている時刻に設定されます。
- (2)Translation : 作成する座標系の原点を設定します。
- Point … 原点となるポイントを指定します。
 - New x (y, z) … 「Point」で指定した場所から、各軸に対してオフセットを
かけることができます。
- (3)Axis : x、y、z いずれかの軸を決定します。Point 1 から Point 2 へ向かう直線が
軸となります。(原点を通っている必要はありません)
- x (y, z) … x 軸(または y、z 軸)を選択します。
 - Point 1 (2) … 軸を決定する 2 点を設定します。
- (4)Plane : 残りの 2 軸を決定するために、「Axis」項目で設定した軸を中心とする平面を
設定します。まず何平面かを選択し、ポイント 1 からポイント 2 へ向かう直線
を含む平面が、選択した平面となります。
- xy (xz) … 指定する平面を選択します。
この項目は、「Axis」で指定した結果により表示が変わります。
(y 軸を選択していると、xy、yz の選択となります)
 - Point 1 (2) … 平面を構成するポイントを選択します。

- ⑩ 今回は、下記のように設定し、「OK」ボタンを押します。
これで、3次元座標系の作成ができました。



Mode : Static
(Reference Time は、時計アイコンを押して設定してください)

Translation : Point#2

Axis : x 軸
Point#2
Point#3 (Point#2 から#3 に向かう直線を x 軸とします)

Plane : xy 平面
Point#4
Point#5 (Point#4 から#5 への直線を含む平面を xy 平面とします)

10. 三次元結果をグラフに表示する

基本的なグラフの作成/表示法については 2D と同じです。(各カメラビューの計測点の、二次元解析でのグラフ表示も可能です。)

三次元解析での結果を表示するには、[3D Results]の計測点を使用します。

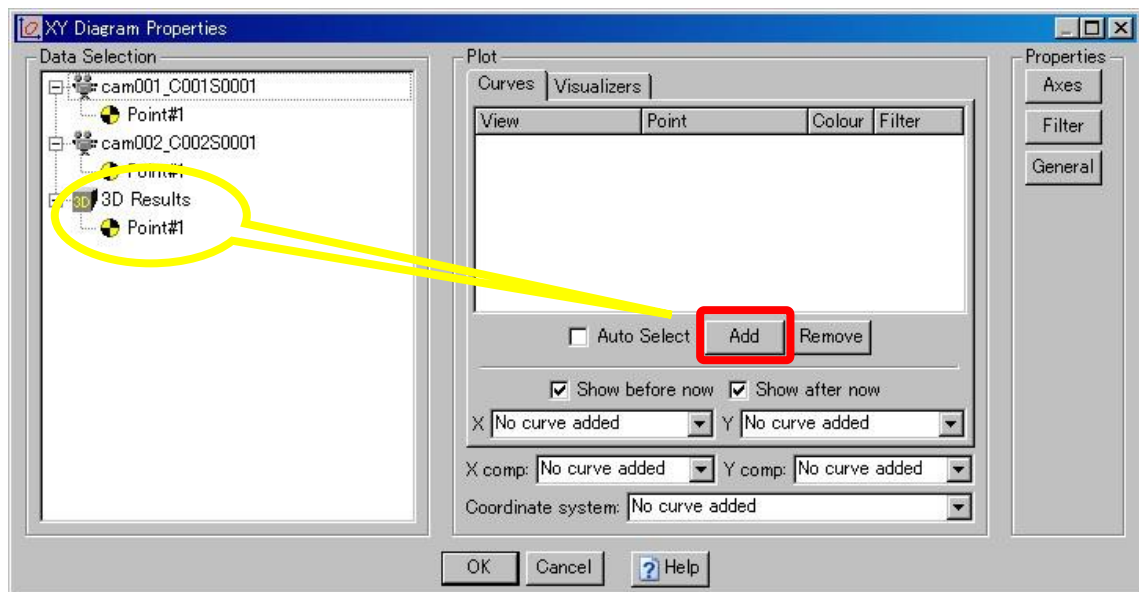
それでは、各計測点の 3D 上での速度変化をグラフにしてみましょう。

10. 1. 二次元でのグラフ表示

ツールバーの[XY Diagram]アイコン、もしくはプルダウンメニュー[Diagram]-[New]-[XY Diagram]を選択します。

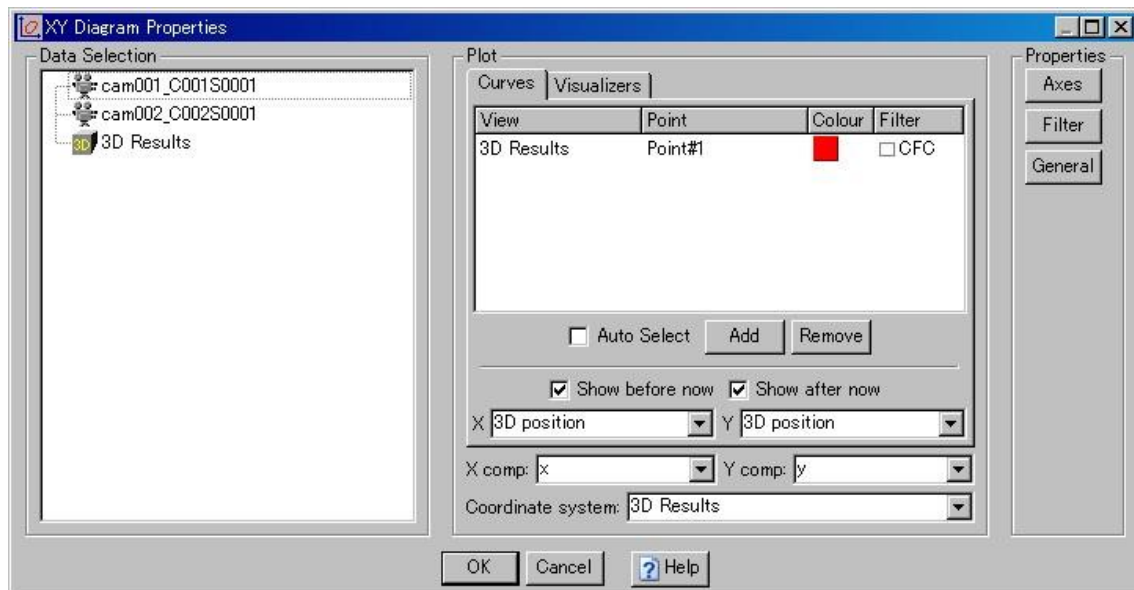
グラフウィンドウが一枚新たに開きます。

[XY Diagram]ウィンドウをアクティブにして、マウスの右ボタンからメニューを表示させます。右ボタンメニューの一番上に[Properties]というコマンドがありますので、それを選択します。選択するとグラフの設定を行うウィンドウ(下図)が表示されます。

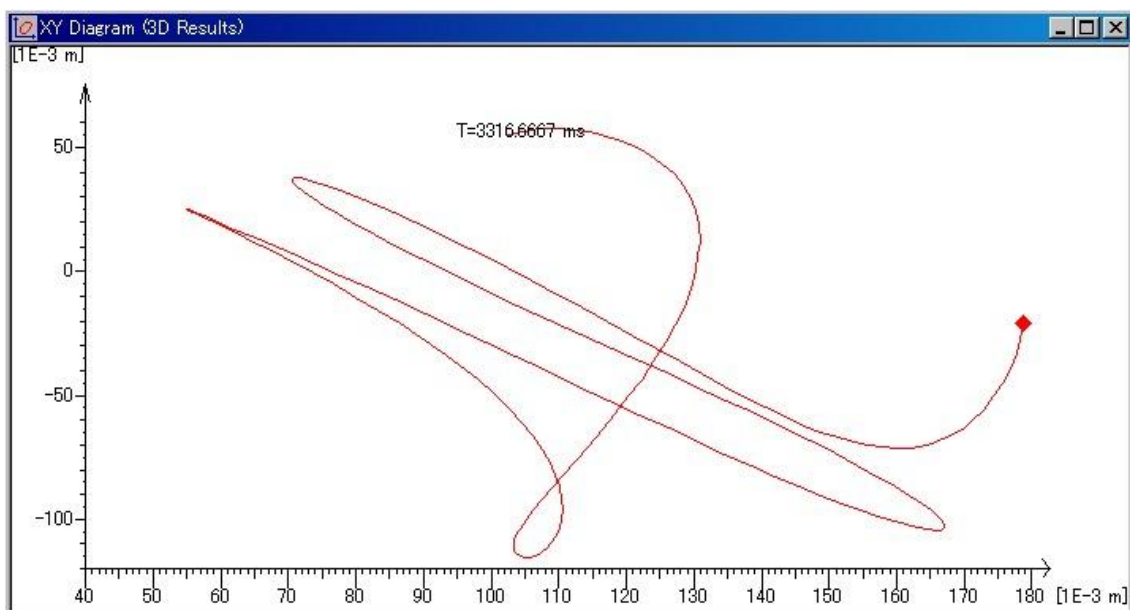


[3D Results]の「Point#1」を選択し、「Add」ボタンをクリックします。


選択した計測点が追加されます。

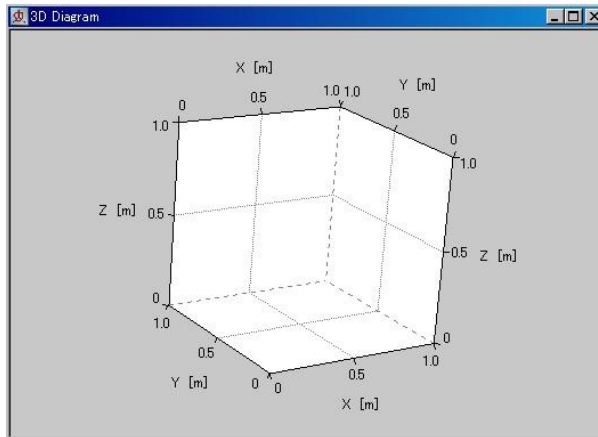


[XY Diagram Properties]を設定している間にも、各設定が反映されたグラフがバックグラウンドで作成されます。

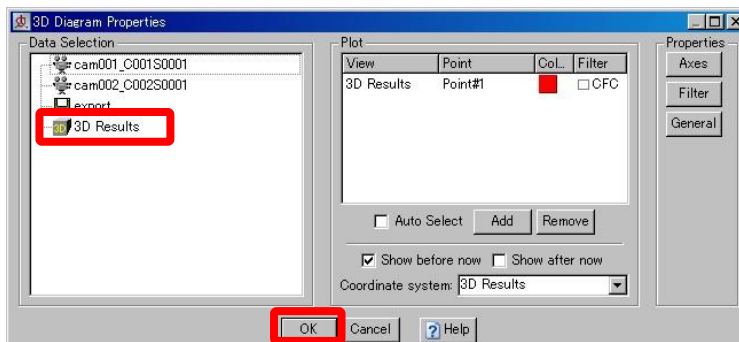


10. 2. 三次元でのグラフ表示

[Diagram]メニューから、[New]-[3D Diagram]オプションを選択します。
または、 ツールをクリックします。[3D Diagram] が表示されます。



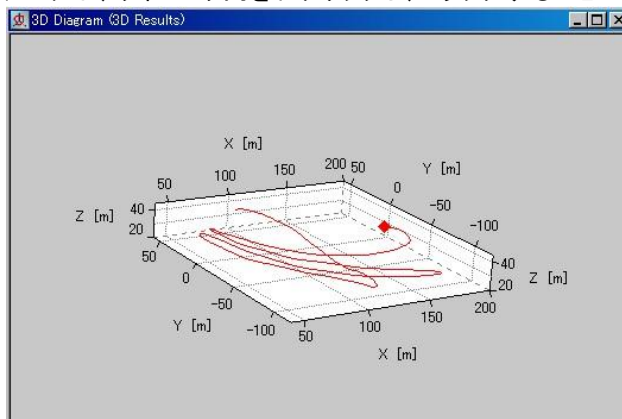
[Edit]メニューから、[Properties]オプションを選択します。
または、[3D Diagram]内で右クリックし、ポップアップ メニューから[Properties]オプションを選択します。[3D Diagram Properties] ダイアログが表示されます。



三次元のデータを表示するので、[3D Results]の項目をダブルクリックします。

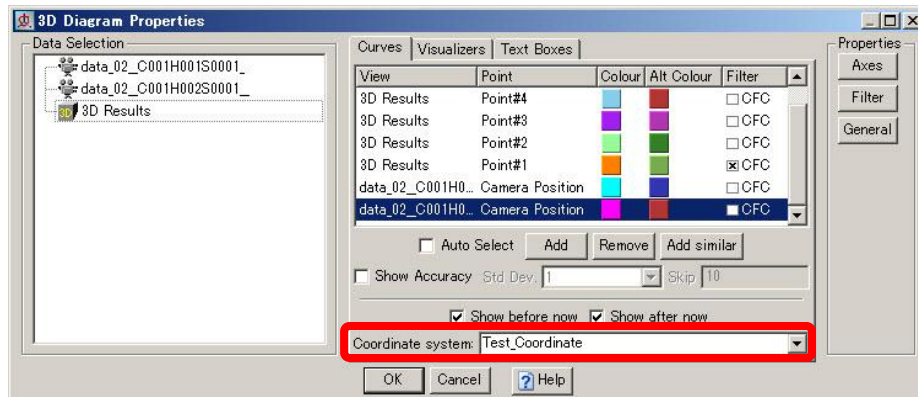
「OK」ボタンをクリックします。

データは、ウィンドウ内を右クリックし、ドラッグすることで、回転が可能です。



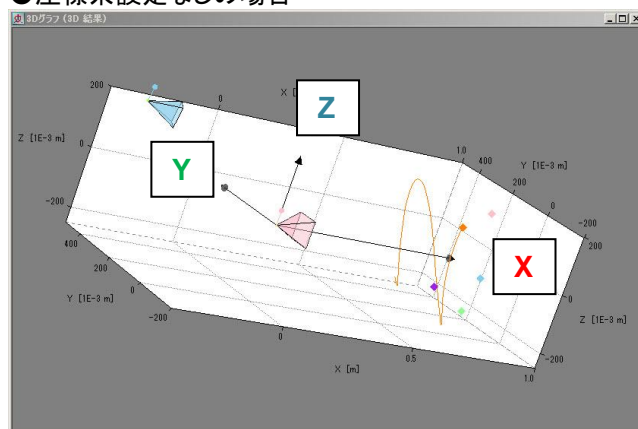
10. 3. 三次元グラフでの3次元座標系選択

手順8で作成した3次元座標系を使用するには、「3D Diagram Properties」ウィンドウの[Coordinate system]項目を設定します。

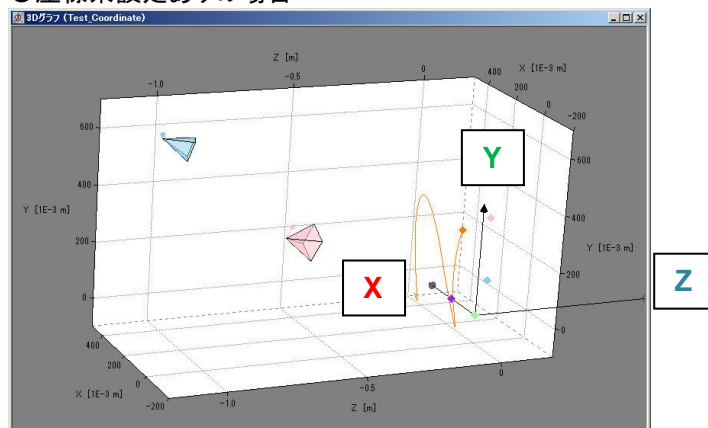


下図は、手順3(3D Lite オプション)において、座標系未設定の場合と手順8の座標系を設定した場合の3Dグラフです。

●座標系設定なしの場合



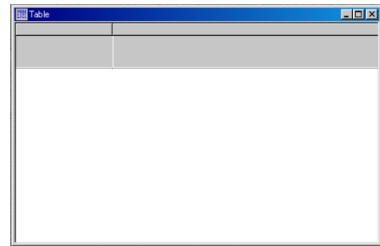
●座標系設定ありの場合



1 1. 数値データの表示/出力

解析結果を数値表示/出力します。

まず、[Time Table]アイコンを選択します。
テーブルウィンドウが一枚新たに開きます。



補足

- もう一つの[Point Table]は、時間/各成分ではなく、現在タイムバーで選択されている時間の各計測点の値を表示出来ます。

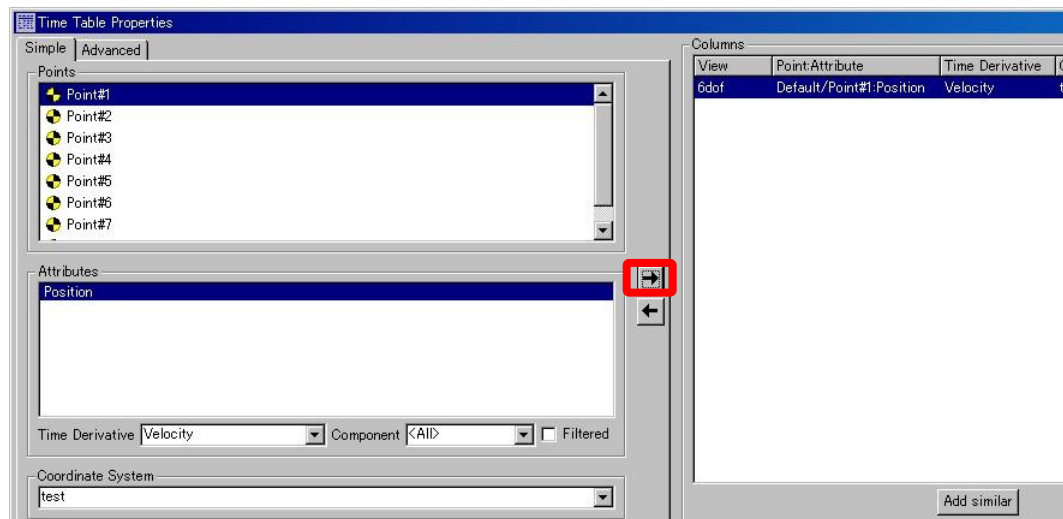
● 表示例

Point#1～4について、[2D Velocity](速度)数値データを表示します。

[Time Table]ウィンドウをアクティブにして、マウス右クリックから[Properties]を選択すると、プロパティ設定ウィンドウが表示されます。

[Coordinate system]で「test」を選択し、[Points]部分で「Point#1」を選択します。

[Time Derivative]を「Velocity」に設定し、中央にある右矢印「→」ボタンをクリックします。



同様に、2～4も追加します。

Columns			
View	Point:Attribute	Time Derivative	Coordinate S
6dof	Default/Point#1:Position	Velocity	test
6dof	Default/Point#2:Position	Velocity	test
6dof	Default/Point#3:Position	Velocity	test
6dof	Default/Point#4:Position	Velocity	test

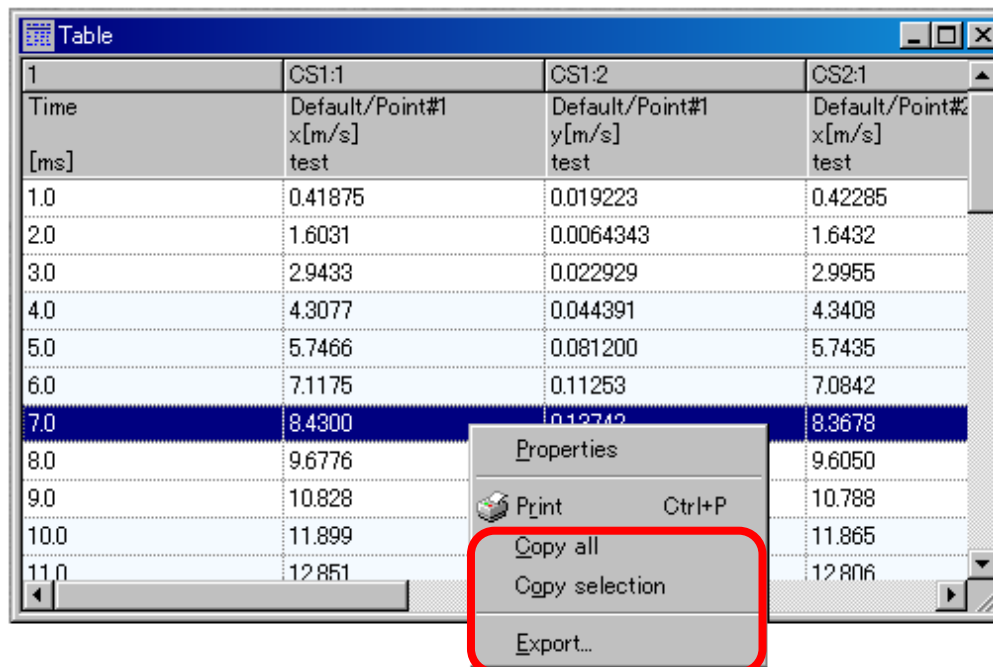
「OK」ボタンをクリックしてウィンドウを閉じ、テーブルを確認してください。

Table			
1	CS1:1	CS1:2	CS2:1
Time	Default/Point#1 x[m/s]	Default/Point#1 y[m/s]	Default/Point#2 x[m/s]
[ms]	test	test	test
1.0	0.41875	0.019223	0.42285
2.0	1.6031	0.0064343	1.6432
3.0	2.9433	0.022929	2.9955
4.0	4.3077	0.044391	4.3408
5.0	5.7466	0.081200	5.7435
6.0	7.1175	0.11253	7.0842
7.0	8.4300	0.13742	8.3678
8.0	9.6776	0.16004	9.6050
9.0	10.828	0.19065	10.788
10.0	11.899	0.21088	11.865
11.0	12.851	0.21901	12.806
12.0	12.601	0.21047	12.557

●出力例

表示された数値データを出力します。

数値部分を選択(青色表示)し、マウスで右クリックします。



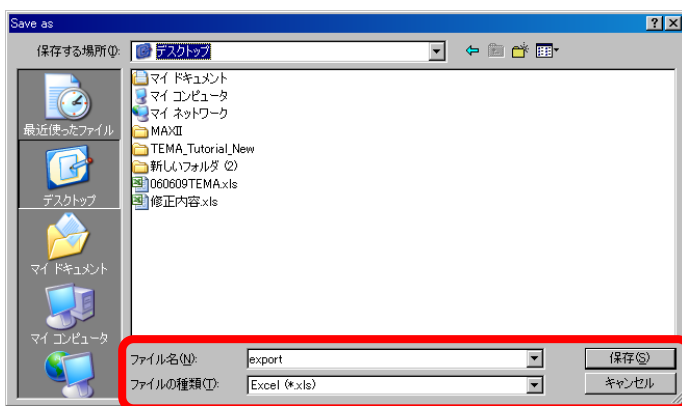
[Copy all]: 全てをコピーします。

[Copy selection]: 選択部分をコピーします。

エクセル等へ貼り付けが可能です。

[Export]: ファイル出力します。

今回は、[Export]: ファイル出力を選択します。



保存先、ファイル名、ファイルの種類を指定/選択し、保存します。

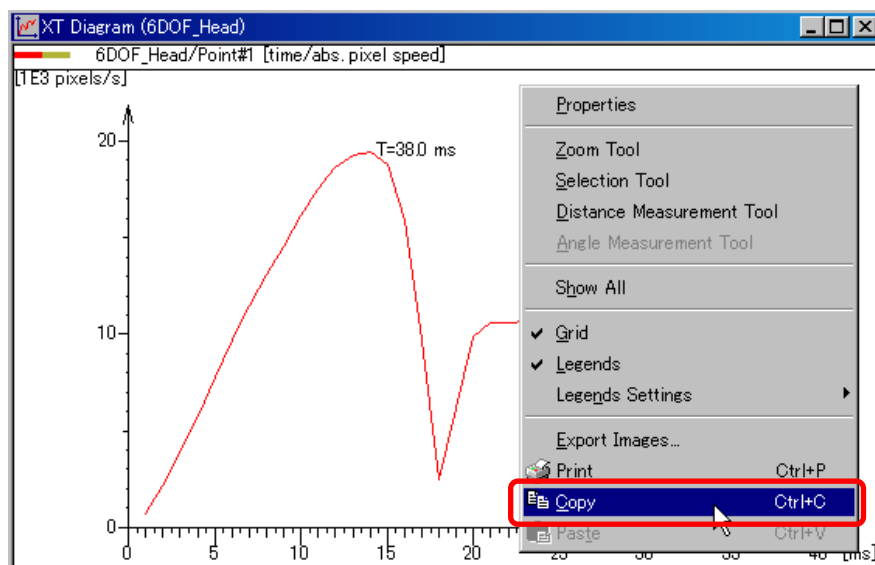
12. グラフの出力

TEMA では、グラフを、表示されたままに、ウインドウズのクリップボード経由で他のアプリケーションソフトに貼り付け、または、イメージとして出力する事ができます。

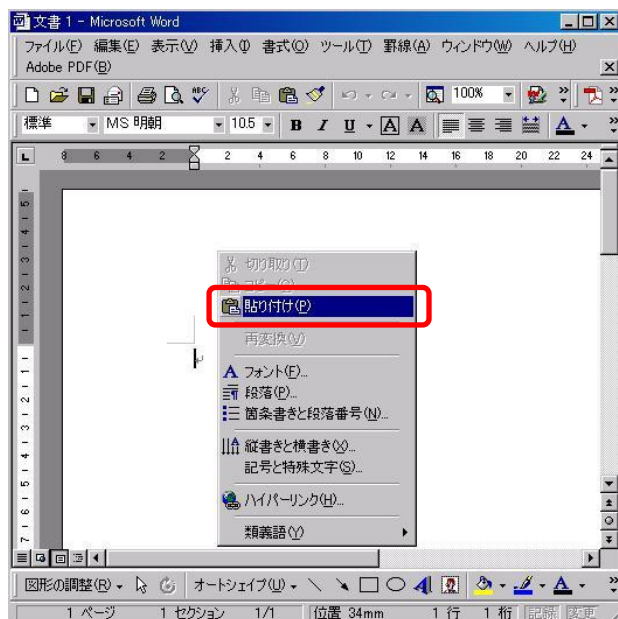
●アプリケーションへの貼り付け

例: Microsoft Word への貼り付け

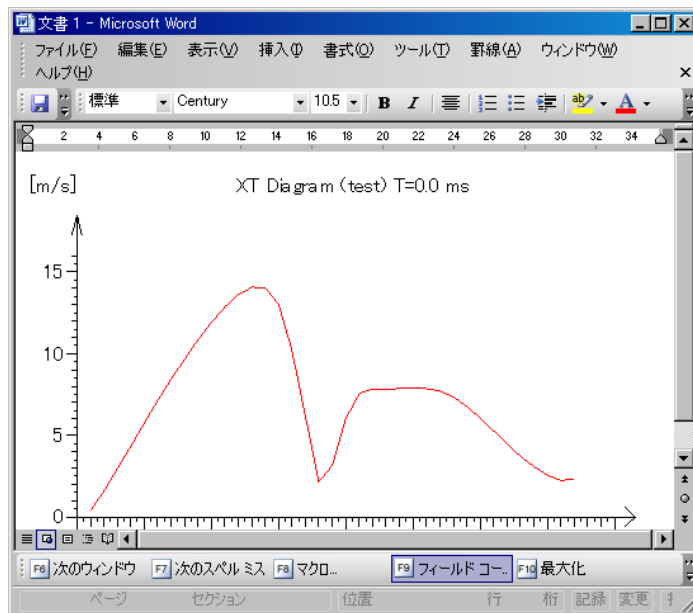
- ① Microsoft Word を立ち上げます。
- ② TEMA のグラフウインドウをアクティブにし、マウスの右ボタンから[Copy]コマンドを選択します。この時点で表示されているグラフ画像が、クリップボードにコピーされました。



- ③ Word に移動し、右ボタンから[貼り付け]を選択します。



- ④ Word 上に作成したグラフを貼り付けることができました。



●イメージの出力(単一ウィンドウ)

例: 動画形式(AVI)の出力

TEMA のグラフウィンドウをアクティブにし、マウスの右ボタンから[Export Images]コマンドを選択します。

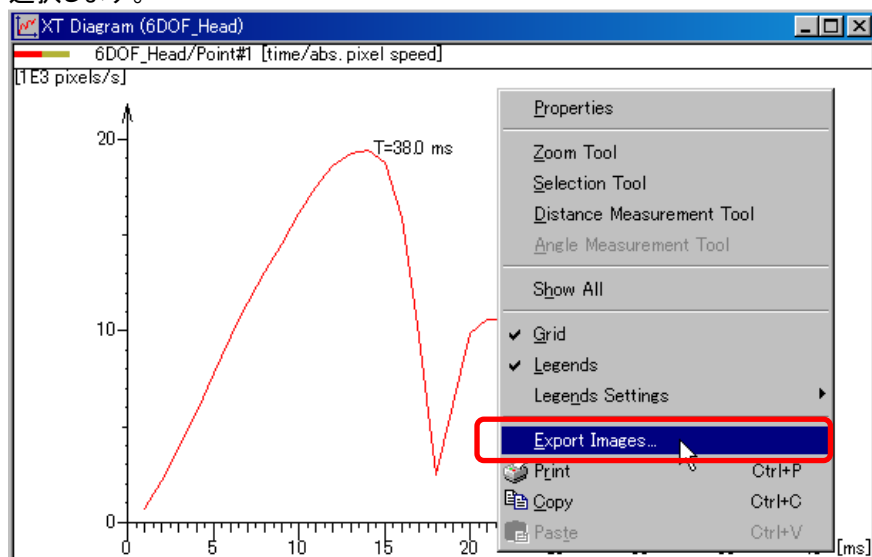
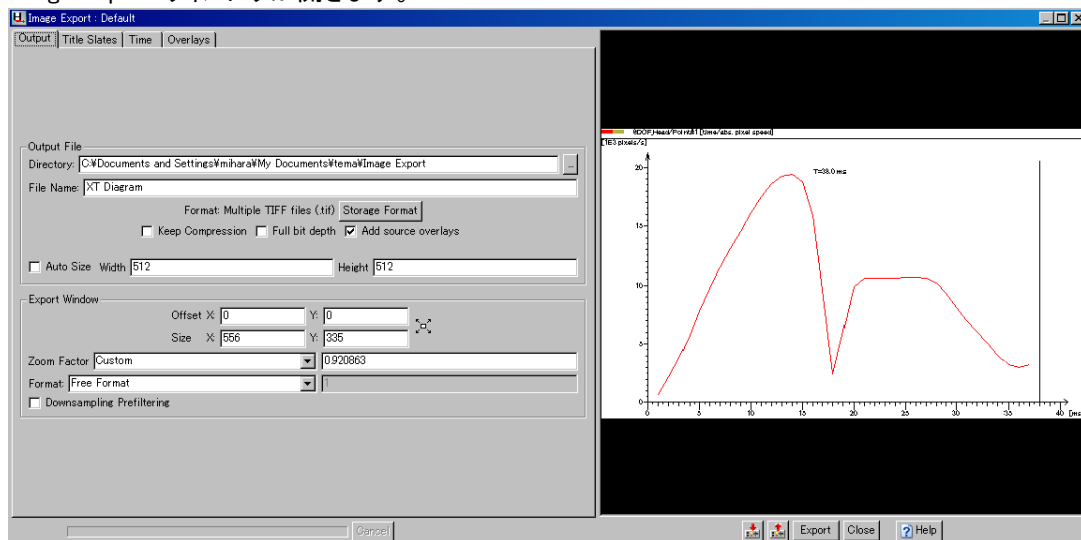


Image Export ウィンドウが開きます。



デフォルトの場合には、解析結果全範囲が、動画(AVI)ファイルとして保存されます。
以下にて、設定変更します。

Storage Format

保存形式を選択/設定できます。

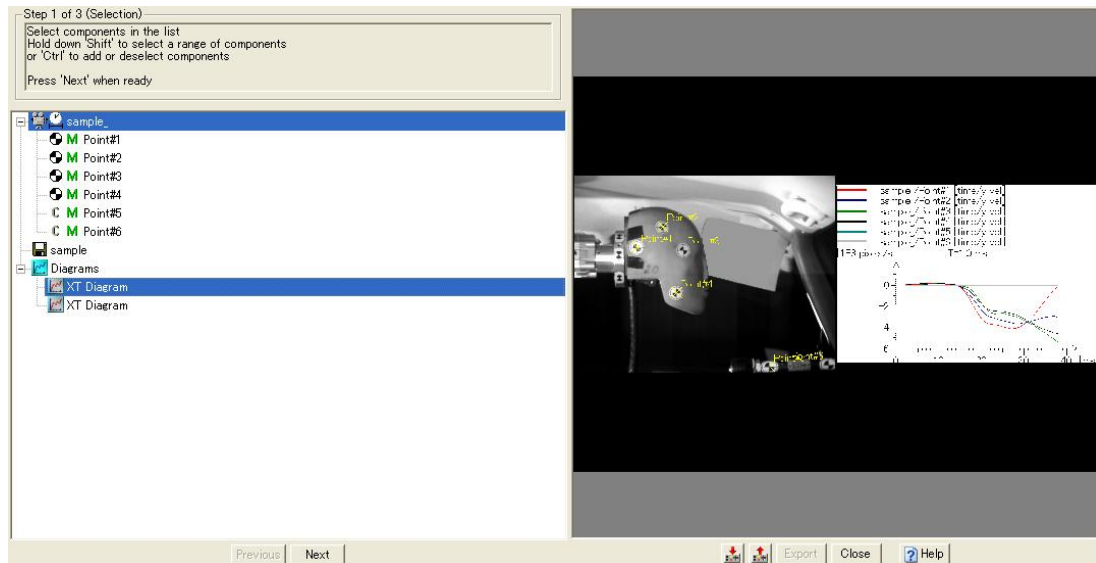
C:\Documents and Settings\ueno\デスクトップ\TEMA_T

ファイル名/保存先を指定します。

[Export] ボタンをクリックすると、イメージが出力されます。

●イメージの出力(複数ウィンドウ)

TEMA のメニューから[Edit] → [Combined Image Export] コマンドを選択します。



最初のステップでは出力対象の画像を選択します。
左側のウィンドウには出力可能な画像の一覧が表示されています。
Ctrl キーを押しながら出力したいウィンドウを選択していきます。
選択がされる度に、右側のウィンドウにて合成画像のレイアウトが表示されます。

画像の選択が完了しましたら [Next] ボタンを押して下さい。

Step 2 of 3 (Layout)

Make selection in the list. Use buttons to the right of the list to move the selected components within the predefined layout (see Layout below). Alternatively use mouse to move or resize components in the preview window. Export area will define the size in pixels of exported images

Press 'Next' when ready

sample_
XT Diagram

Export area

Width 1024

Height 768

Layout

☒ Auto

No. rows 1

No. columns 2

☐ Fill last row(s)

☐ Row<->Column

Previous Next

次のステップでは選択された画像のレイアウトを調整します。

左側のウィンドウでは各画像の順番を設定できます。

右側のウィンドウに表示された各項目は、マウス操作で位置やサイズを調整可能です。

Export area: 出力する画像のサイズを明示します

Auto: チェックが入っている場合にはレイアウト設定を自動で行います、
チェックを外した場合には行と列の数を指定します

Row<->Column: 行と列を入れ替えます

レイアウトの調整が完了しましたら [Next] ボタンを押して下さい。

Step 3 of 3 (Export)

'Output' - define the output file (name and type).
 'Title Slates' - add frames before and after main sequence.
 'Time' - amend the range of images to be exported.
 'Overlays' - specify the overlays to be exported with the image file.

Press 'Export' when ready

Output | Title Slates | Time | Overlays

Output File

Directory: C:\Documents and Settings\USER\My Documents\tema\Image Export ...

File Name: export

Format: AVI-file (.avi) Storage Format

Width 1024 Height 768

Cancel

Previous Next

最期のステップでは画像の出力先を選択します。
 デフォルトの場合には、動画(AVI)ファイルとして保存されます。
 以下にて、設定変更します。

C:\Documents and Settings\ueno\デスクトップ\TEMA_T ...

Storage Format

ファイル名/保存先を指定します。

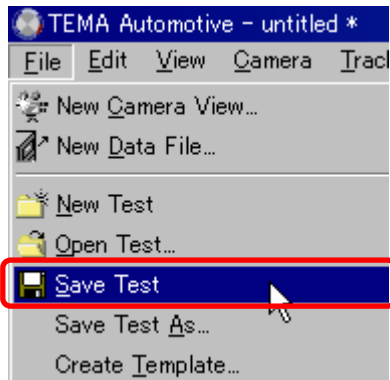
保存形式を選択/設定できます。

[Export] ボタンをクリックすると、イメージが出力されます。

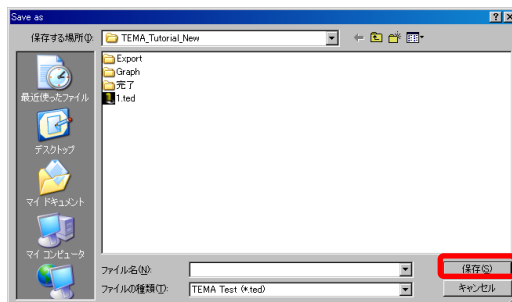
13. 解析結果の保存と終了

ここで行なった解析作業を、ファイル保存します。

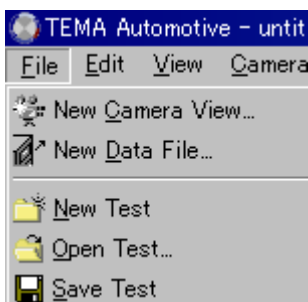
- ① [File] メニューから[Save Test]を選択します。



- ② 下図のダイアログが表示されます。保存するフォルダ、ファイル名を記入して、「保存」ボタンをクリックします。
ted 形式のファイルとして保存されます。



- ③ 保存が終了したら、TEMA を終了します。
[File]メニューから[Exit]を選択し、TEMA を終了します。



補足

- ted 形式のファイルを[Open Test]で読み込むことで、解析結果を再び開くことができます。



本ソフトウェアに関する連絡先は以下のとおりです。

株式会社フォトロン
イメージング事業本部
技術統括部

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 1-105 神保町三井ビルディング 21F

TEL 03-3518-6271

FAX 03-3518-6279

<http://www.photron.co.jp>

TEMA

3D Tutorial Manual

発行年月 2015 年 11 月
発 行 株式会社フォトロン
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 1-105
神保町三井ビルディング 21F

©2014.PHOTRON LIMITED,All rights reserved. Printed in Japan.

管理 No. J1511169161T