

WHEN MOTION COUNTS

image TEMA Classic



WHEN MOTION COUNTS

image TEMA Classic

お問い合わせ窓口：システムソリューション事業本部 E-mail : image@photron.co.jp

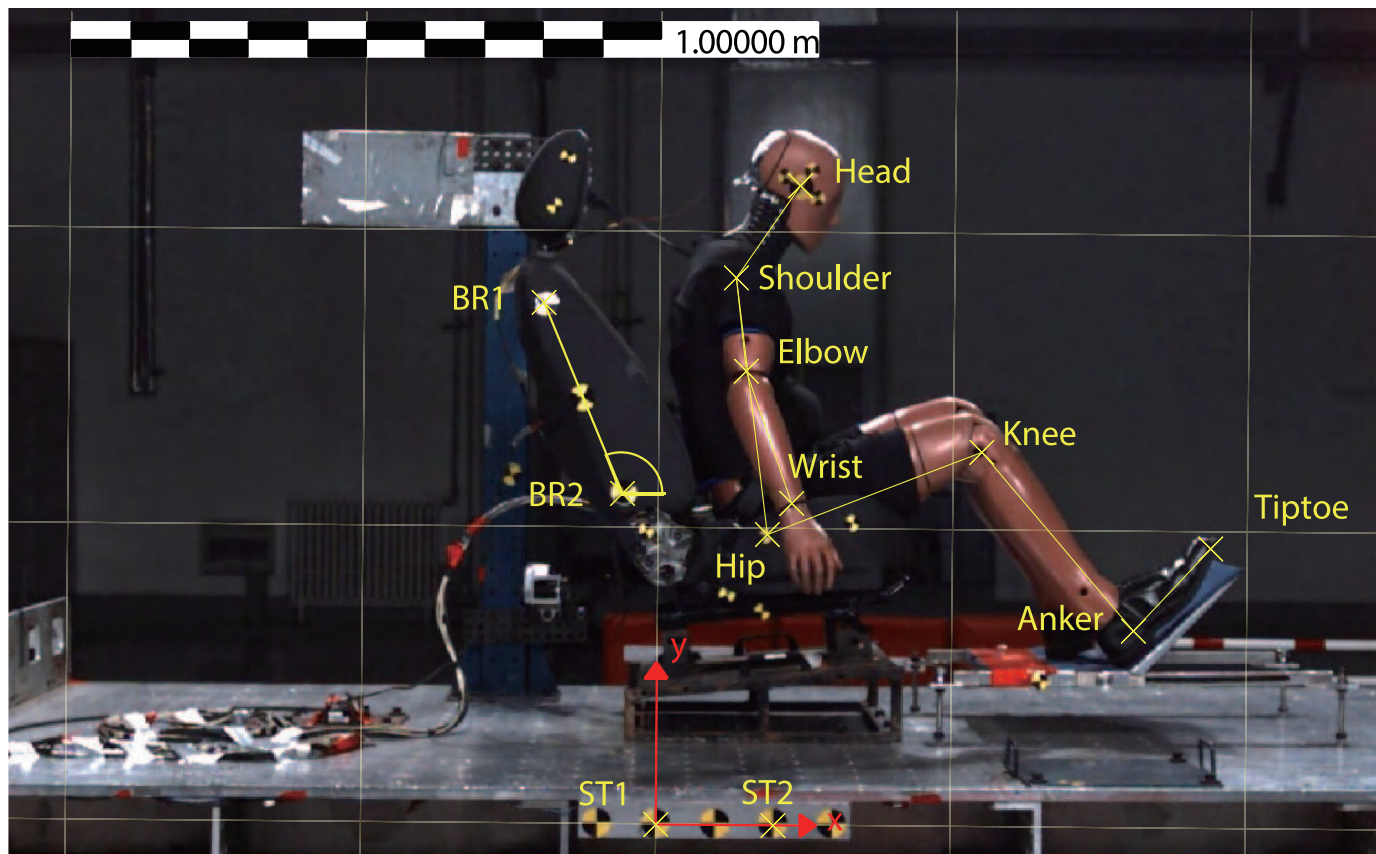
Photron

株式会社フォトロン

本社 〒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21階
TEL.03-3518-6271 FAX.03-3518-6279
名古屋営業所 〒460-0002 名古屋市中区丸の内1-5-28 伊藤忠丸の内ビル
TEL.052-232-2149 FAX.052-201-1269
豊田営業所 〒470-1206 豊田市永覚新町3-47-1
TEL.0565-30-0029
大阪営業所 〒530-0055 大阪市北区野崎町9-8 永楽ニッセイビル
TEL.06-7711-9066 FAX.06-7711-0266
福岡営業所 〒814-0001 福岡市早良区百道浜2-1-22 福岡SRPセンタービル
TEL.092-687-5551 FAX.092-687-5552

インターネットホームページ <https://www.photron.co.jp/>

記載の意匠や仕様は、予告無しに変更されることがあります。
記載の製品名等は、各社の登録商標または商標です。



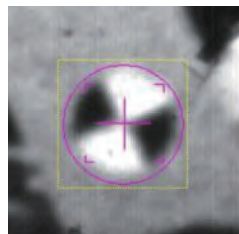
TEMA Classic は研究および産業界における高度な運動解析試験のための市場をリードするソフトウェアです。高精度、モジュール構造、計算速度、直感的なユーザーインターフェースにより、TEMA Classic はスマートフォンの落下試験からスポーツ性能の向上、さらには軌跡の追跡による自動車や航空産業におけるプロセスの最適化まで、世界中の専門家が幅広いアプリケーションで使用しています。

TEMA Classic にはデフォルトパッケージに含まれるトラッキングアルゴリズムの幅広いライブラリがあり、あらゆる状況下でほとんどの種類の物体をトラッキングすることができます。これらのアルゴリズムはパターン認識やグレースケールに基づいており、サブピクセル精度でのトラッキングを可能にします。



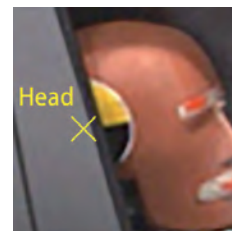
Correlation (相関追跡)

ポイントを置いた部分のパターンと同じパターンを、次のフレームのサーチ範囲内から検出します。特徴的なパターンがあれば追跡できる最も基本的なアルゴリズムで、多くの解析に適用できます。



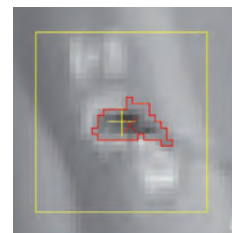
Quadrant (対称形状追跡)

サーチ範囲内にある左図のような対称マーカを検出します。相関追跡と違い回転に強く、角度も検出できます。マーカを貼り付け / 印字する必要がありますが、高精度な追跡に向いているアルゴリズムです。



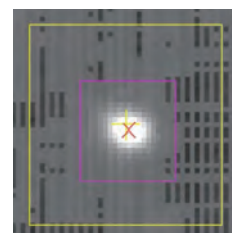
Virtual (仮想点)

剛体上のポイントなど、位置関係の変わらないポイントと関連付けることで、位置関係を保ったまま移動するアルゴリズムです。関連付けたポイントが見えていれば追跡できるので、トラッキング中に隠れてしまう場合に有効です。



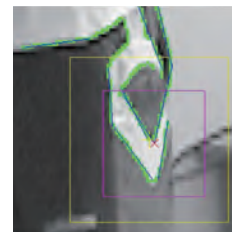
Centre of Gravity (輝度重心追跡)

周囲と比べて明るい、または暗い部分を検出し、その重心を追跡します。難しいマーカを用意しなくても、ペンで点を打つなどして周囲と輝度差があれば追跡でき、重心計算なので回転にも強く汎用性の高いアルゴリズムです。



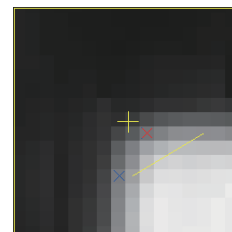
Circular symmetry (同心円形追跡)

サーチ範囲内にある円形のパターンを検出します。同心円や自転車の車輪のスポークの中心を追跡するのに適しています。



Intersection (交差追跡)

エッジを抽出し、そのエッジから交差する部分を探して検出します。画像中の交差部分を追跡するのに適しています。



Corner contour (角追跡)

エッジを抽出し、そのエッジから角部分を探して検出します。画像中の角部分を追跡するのに適しています。

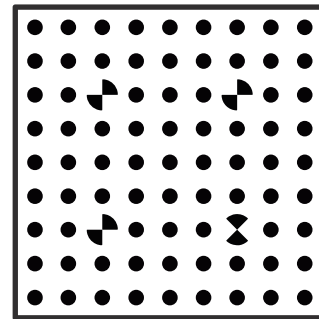


Mouse tracker

画像の品質が悪いために自動追跡が失敗する場合、オペレーターはマウスポインタを使用してシーケンス内の任意のオブジェクトを手動で追跡することができます。操作補助のために再生速度を調整することができます。



Checked Lens Caliboard



Smart Lens Caliboard

TEMA Proでレンズの自動キャリブレーションが可能

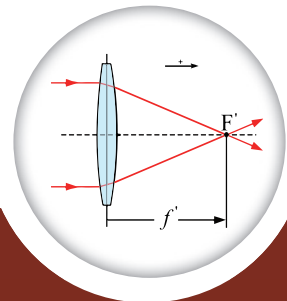
「LENSCALBOARD_A1/A3/A5/A7」は、剛性の高いフラットなボードに、マーカーが均等に配置されています。

シンプルなワークフロー

1. ボードの姿勢が異なる一連の画像を撮影します。
2. 撮影した各画像のボード上にある 4 つの Quadrant マーカーを認識させていきます。
3. 上記作業だけで、レンズキャリブレーションの結果と精度の概要と、パラメータファイルを出力します。
パラメータファイルはレンズ条件を変えなければ繰り返し利用できます。

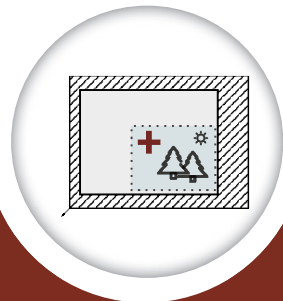
補正されるパラメーター

主に計測に重要な以下のパラメーターを同時にキャリブレーションします。



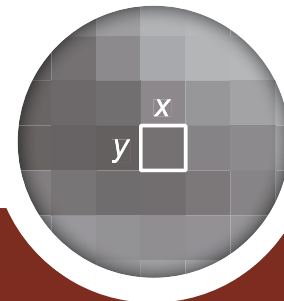
焦点距離

正確な焦点距離を画像から再計算します。
ズームレンズはもちろん、固定焦点レンズでもフォーカス位置やレンズ個体差で公称値と異なる場合があります、特に正確な焦点距離が必要な 3D や 6D で重要です。



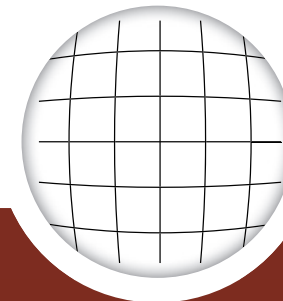
光学中心

正確な光学中心を画像から再計算します。
カメラやレンズによって光学中心もわずかに異なります。これも 3D、6D 等の計測に重要です。



アスペクト比

1 ピクセルの縦横比率（アスペクト比）は基本「1:1」ですが、カメラによってはそうではない場合があります。これが間違っていると縦横の変位に大きな影響がありますので、再計算します。



レンズ歪み

焦点距離の短いレンズや、レンズ品質によって歪みが大きくなり、計測に影響します。
TEMA では最も一般的な樽型、糸巻き型の歪みを補正します。



自動化と正確性

専用のキャリブレーションワンドで、ワンドを撮影した全カメラの姿勢、レンズ歪み / 焦点距離を同時にキャリブレーションします。



ツール概要

- 丈夫なカーボンファイバー製
- 端部は電池駆動の LED 電球になっており、TEMA での追跡が容易
- 付属の六角レンチとねじによる簡単組み立て
- 運搬に便利な収納ケースが付属
- 1m x 1m x 1m から 10m x 10m x 3m まで測定可能



キャリブレーション手順

1. それぞれのカメラ間を以下のような角度で設置します。
 - 30° ~ 150° 以内
 - 90° 推奨
2. キャリブレーション画像を撮影します。
3. TEMA で自動キャリブレーション実行。



主なメリット

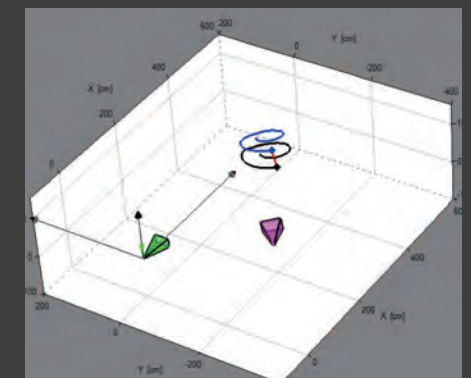
- 画像読み込み後は自動キャリブレーション可能
- カメラ台数や機種に制限なし
- 全カメラの姿勢、レンズ歪み / 焦点距離を同時計算



Calibration Status Calibration Successful			
Calibrated Parameters			
Parameter	Value	Accuracy (std dev)	Unit
f (length units)	23271.13	24.44	pixels
Principal point x	3212.00	37.13	pixels
Principal point y	2440.80	30.87	pixels
Aspect ratio	0.99955	0.00014160	
R0	23140.00	0.00	pixels
A1	-0.19664	0.062301	
A2	-1.7674	8.2740	
A3	83.000	323.30	
B1	0.0024151	0.00027921	
B2	-0.0031458	0.00029947	
Residuals			
Mean Residual =	1.13 pixels	Max Residual =	5.92 pixels
Standard Deviation =	0.80 pixels		
Distortion Table			

出力結果

- 各フレームの残差計算
- 焦点距離計算
- レンズ歪みの影響
- 放射歪み補正係数
- 最大残差点

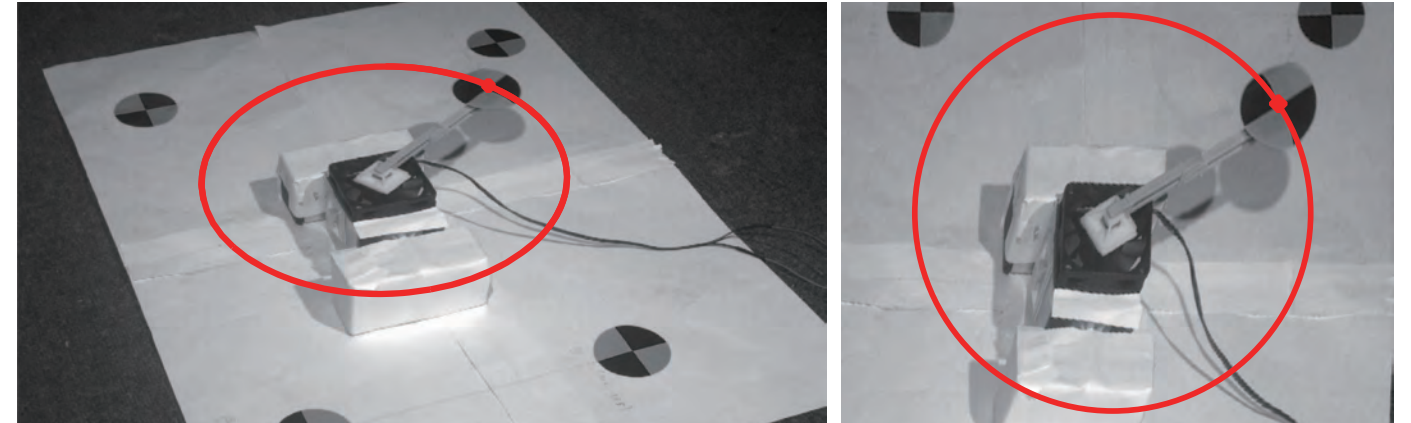




TEMA Classic 2D

スレッド衝突試験は自動車分野でエアバッグ、ダミー、シートベルトなどの部品を試験するための費用対効果の高い方法です。スレッド上のダミーやシートの動きは、オンボードおよびオフボードの高速カメラで撮影されます。

TEMA は最も精度の高いツールであり、スレッド試験において、オブジェクトトラッキング、複数の平行移動平面、斜め深度補正 (2.5D) をダイナミックに扱うことができます。



この円運動追跡では、カメラの位置が制限された状態での楕円軌道を、TEMA 深度補正キャリブレーションによって補正することができます。

2DトラッキングはTEMAの基本機能です。利用可能なライブラリから任意のアルゴリズムを使用して、画像内のマーカーまたはオブジェクトを追跡すると、2D ピクセル座標が生成されます。これらの 2D 座標は、速度、加速度、距離、角度の計算に使用できます。また、3D や 6DoF の計算を行う際の基準にもなります。

時間同期された様々なダイアグラムやテーブルにより、追跡されたデータを時間、フレームで表示することができます。また、周波数解析を行うこともできます。



動的座標系

ユーザーは画像上で追跡されたポイントを使って独自の座標系を定義することができます。この座標系は静的なものだけでなく、動的なものも定義できます。この場合、座標系の位置と向きはフレームごとに再計算されるので、カメラの振動、振動試験機の動きをキャンセルした被写体の動き、被写体同士の位置関係が分析できます。



斜め深度補正 (2.5D)

カメラが撮像平面に対して垂直でない場合、斜めからの見方となり、解析結果に影響します。TEMA は、カメラの撮像平面に対する方位角と仰角を計算し、この非垂直性を補正するいくつかの方法を提供します。



深度補正

単一平面での撮影では問題ありませんが、手前と奥に計測したいポイントがある場合、画像上同じ動きでも移動距離が異なります。レンズパラメータとカメラからの深度を入力することで、この深度による誤差を補正できます。



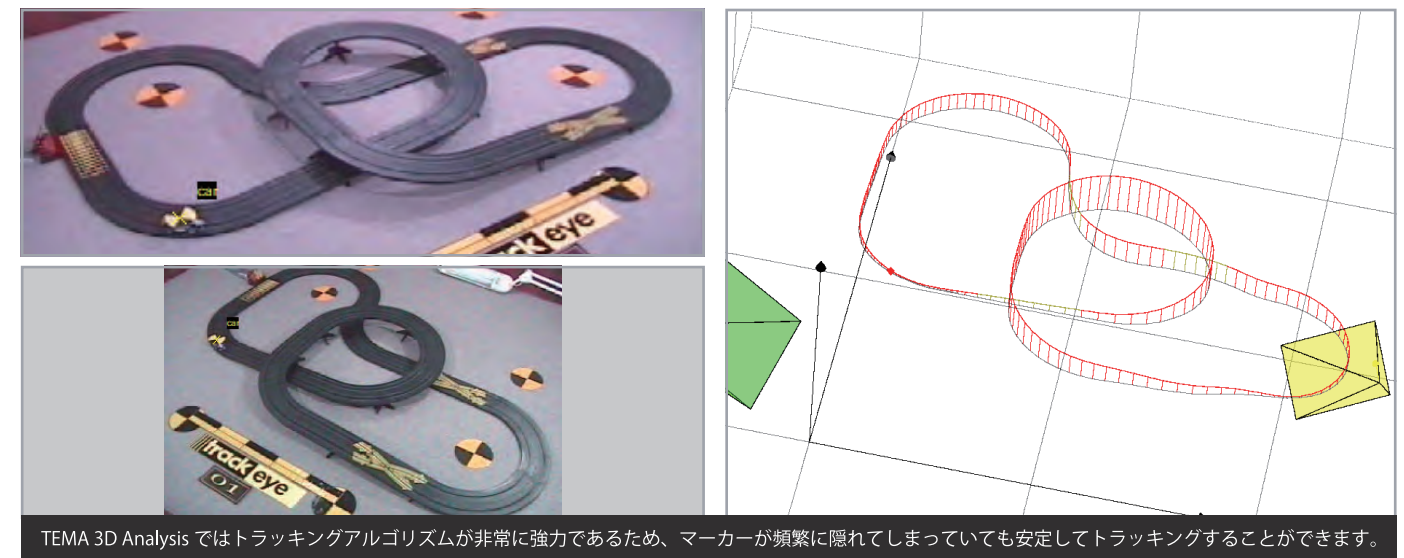
2Dデータの出力

各時刻に対する位置、速度、加速度、距離、角度データを、それぞれ X、Y、絶対値で出力できます。出力形式はグラフや軌跡、データテーブルなど様々で、平滑フィルタも適用できます。これらのグラフや撮影画像、拡大画像を組み合わせ、タイトルやテキストを載せた動画として出力し、一般的な画像 / ビデオフォーマットで簡単にレポートにすることができます。

TEMA Classic 3D

製品の落下試験を 3D トラッキングすることは、先進的なアプリケーションです。落下前後の軌道と角度は、製品の品質を評価するための重要なデータです。TEMA Classic 3D には、複雑な状況を最大 0.01 ピクセルの精度で解き明かすためのさまざまなアルゴリズムが搭載されています。また、大型供試体を使用する試験では供試体に動的な 3D 座標系を持たせることでカメラの振動を補正し、基準となるフレームも作成できます。

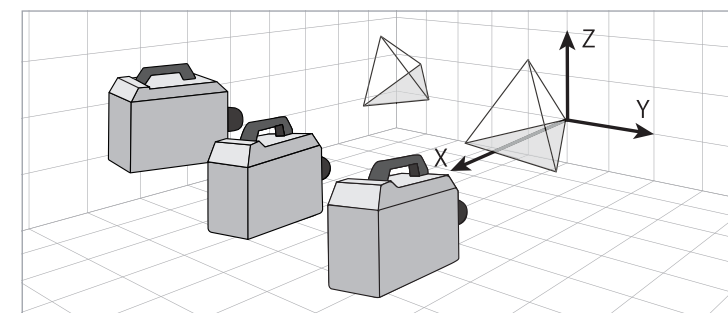
3D ANALYSIS



2 台以上のカメラで同じ 3D 座標系を使用することで、少なくとも 2 台のカメラで見えるターゲットはその位置が 3D で計算されます。TEMA は各カメラから追跡されたピクセル座標を取得し、各カメラからターゲットへの方向を計算して 3D 位置を計算します。

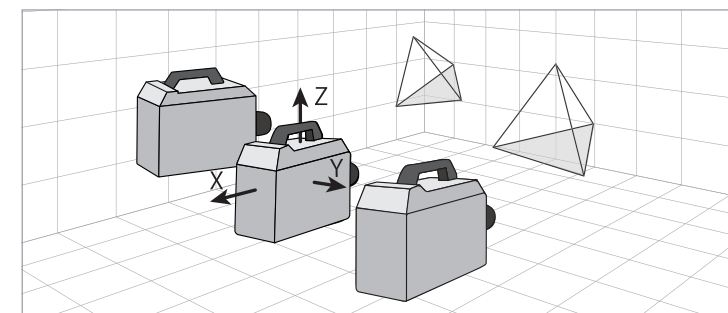
3Dデータの出力

キャリブレーションにより構成された 3D 座標系に対する各時刻の位置、速度、加速度、距離、角度データを、それぞれ X、Y、Z、絶対値で出力できます。出力形式はグラフや 3D 軌跡、データテーブルなど様々で、平滑フィルタも適用できます。



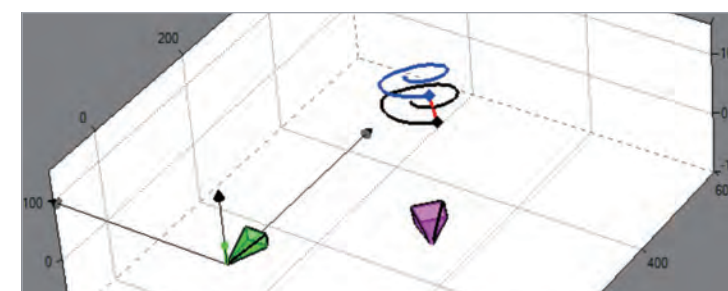
静的/動的な座標系

- デフォルトではキャリブレーションツール座標基準の 3D 座標系となり、ポイントを使った任意な座標系も構築できます。
- キャリブレーションツールを映し続ける事により、動的なキャリブレーションにも対応します。



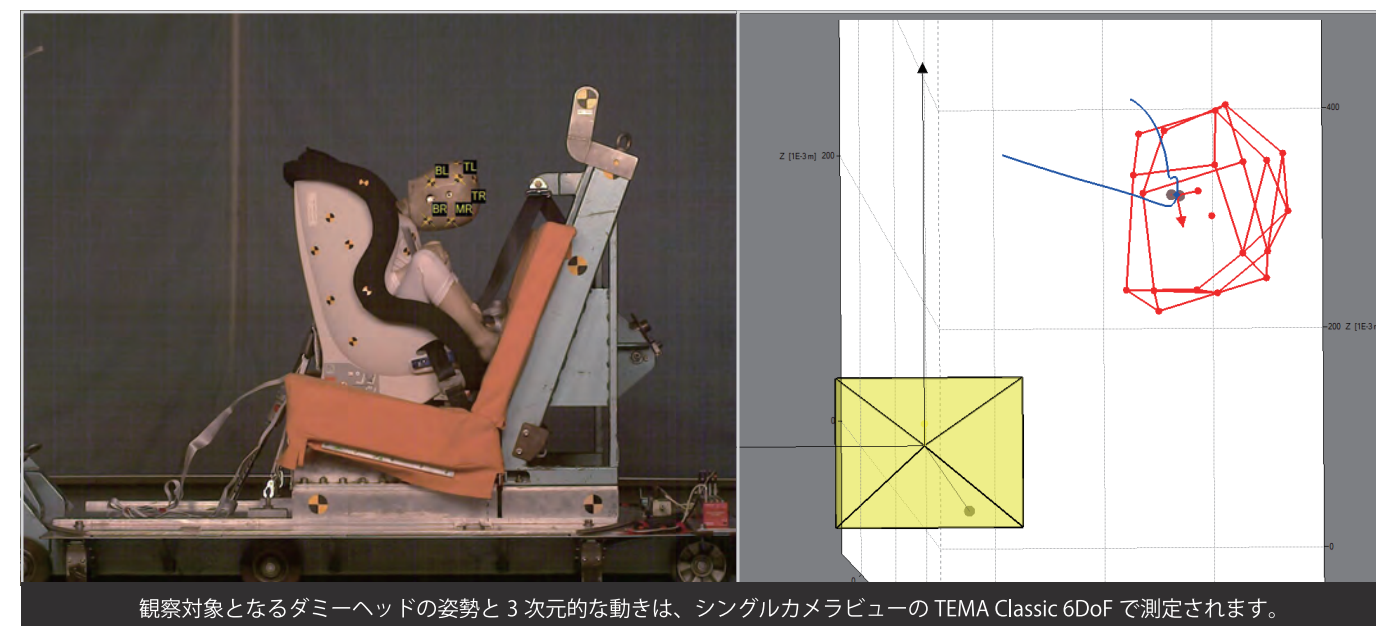
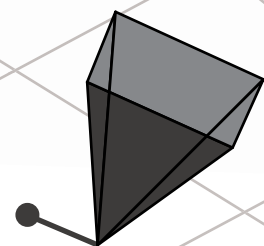
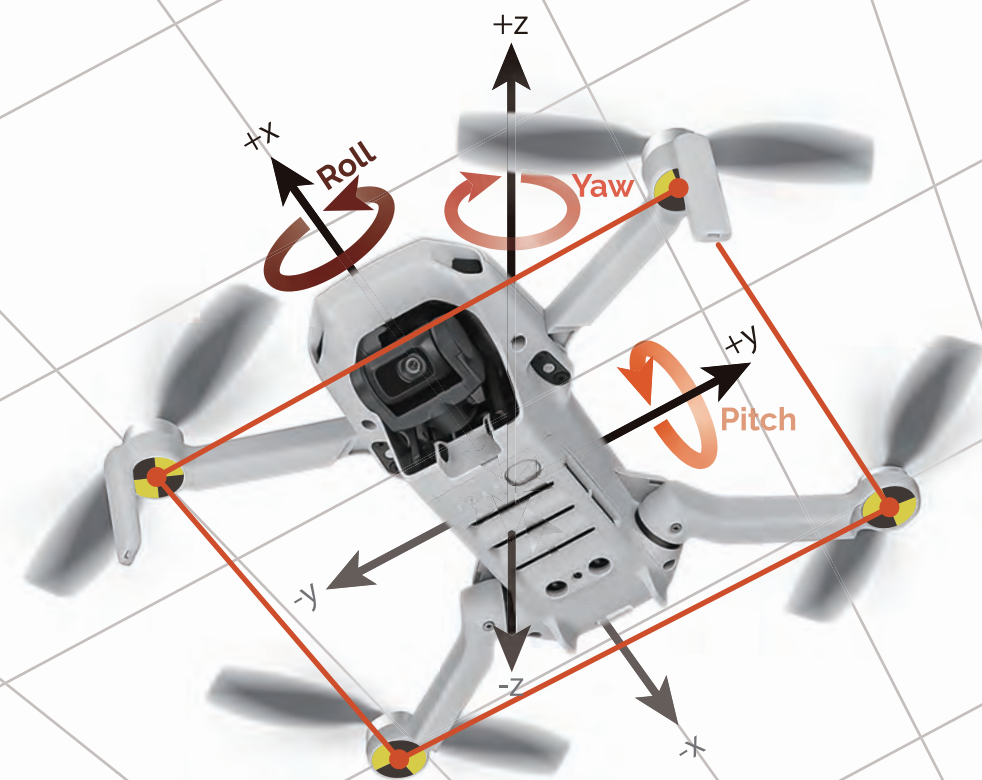
相対的な座標系

- マスターカメラ位置基準の 3D 座標系となり、ポイントを使った任意な座標系も構築できます。
- キャリブレーションツールを必要とせず、より簡単に 3D 計測ができます。
- 計算はカメラ 2 台ペアにのみ対応し、それ以上にカメラを用意する場合は 2 台ペアで計算します。



3D Wand (Optional)

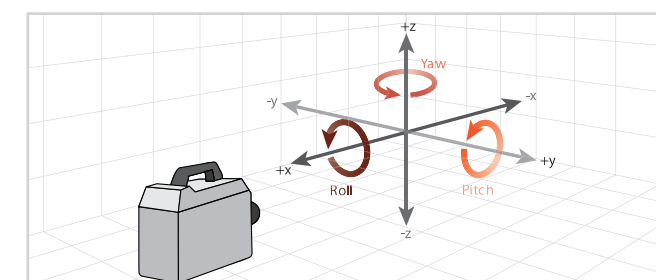
- 専用ワンド、または 2 点間の分かっている剛体を撮影してキャリブレーションします。
- 画像読み込み後は自動キャリブレーションできます。
- カメラ台数や機種に制限はありません。
- 全カメラの姿勢だけではなく、レンズ歪み / 焦点距離を同時に補正できます。



6DoF(6 自由度トラッキング)は、剛体を対象として3次元座標が分かっている複数点をトラッキングすることで、3次元位置(x, y, z)と姿勢(roll, pitch, yaw)を計算します。

オプションにより複数の剛体や、1つの剛体の姿勢に対する別の剛体の相対的な姿勢も算出できます。

また、3D スキャナーのモデルデータを読み込むことでポイントを貼り付けていない部分のデータも出力できます。



Result Presentations

- 位置と姿勢のデータを含むタイムテーブル
- 位置と姿勢のカーブを示したダイアグラム
- 追跡対象物の軌跡とスティックフィギュアの3Dダイアグラム

TEMA Classic 6DoF

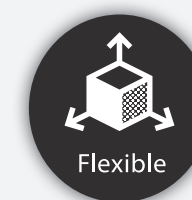
強風下で飛行するドローンのホバリングテスト。TEMAでドローンの剛体を6DoFトラッキングすることで、正確な測定とドローンの挙動の完全な理解が可能になります。TEMA Classic 6DoFは柔軟でコストパフォーマンスの高いソリューションを提供します。ドローンの3D軌道、速度、加速度、3D姿勢(roll, pitch, yaw)は、1つのカメラビューを使用して計算されます。



Robust

- シングルカメラで姿勢が算出できます。
- 剛体上で3次元座標の分かっている4点(推奨10点)以上のポイントが追跡できていれば計算できます。
- 6D Onboard オプションでは複数カメラを利用でき、1つの剛体を基準とした相対的な解析ができます。

これにより例えば車載カメラが揺れてしまった時にフレーム部分を基準にダミーの姿勢算出といった使い方ができます。

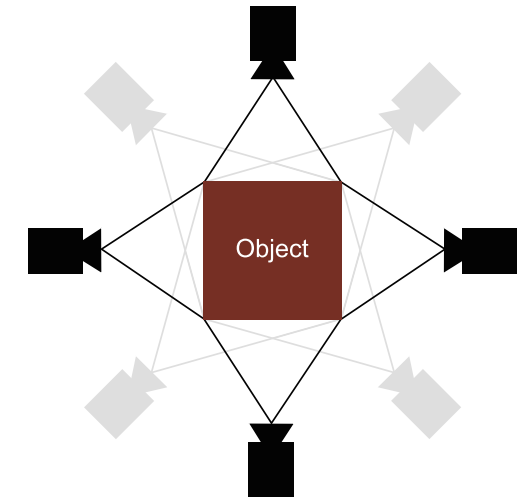


Flexible

TEMA 6DoFで使う座標系は、複数の方法で指定できます。

- 時刻0秒時点の剛体座標
0時刻からの姿勢変化が出力できます。
- カメラ姿勢
カメラを基準とした姿勢変化が出力できます。
- 外部座標系(6D Onboard)
キャリブレーションツールを含めた、他の剛体からの相対的な姿勢変化が出力できます。

Static 3D は静止画像を用いて、静止した物体や環境から 3D モデルや計測データを生成することができる強力なソフトウェアツールです。計測ポイントは画像中から手動で選択するか、マーカーを使って自動的に特定することができます。画像内のポイントを手動で選択すると、マーカーが配置されていなくても画像から遡って計測データを導き出すことができます。



Key Features

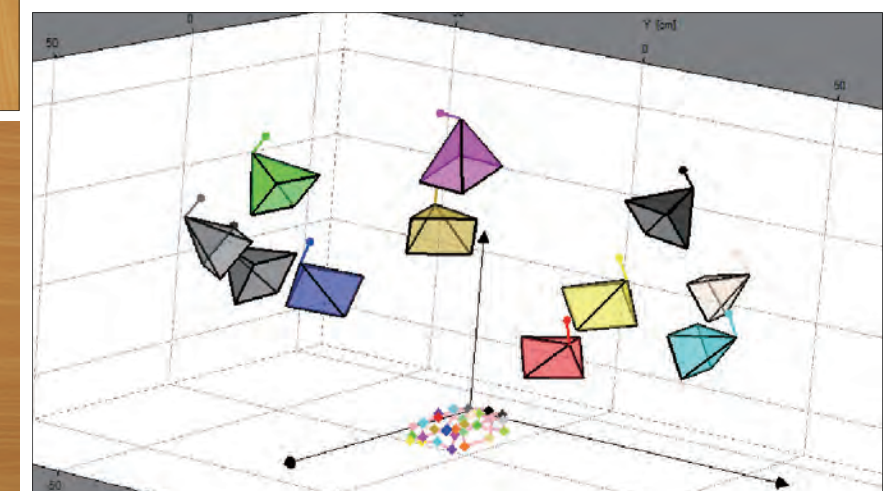
- 高精度な 3D モデリング
- 大規模な物体の計測にも柔軟に対応
- デジタル一眼レフカメラと主要なレンズの組み合わせによるコストパフォーマンスの高さ
- 遡っての測定が可能
- 様々なエクスポートフォーマット（DDXF、ASCII、CSV ファイル、CAD ソフトへのエクスポートなど）

校正されたカメラを使用してオペレーターは測定対象物の一連の画像を撮影します。一連の画像には少なくとも 6 つの共通点が写っている必要があります。計測対象ポイントは、Quadrant マーカー、手書きのマーカー、または対象物の形状 / 輪郭のいずれかです。最後に、2 つのポイント間の物理的な距離がわかればプロセスは完了します。

その後、ソフトウェアウィザードにより、マーカーおよび／または手動で選択した点の X、Y、Z データが生成され、3D ターゲットモデルが作成されます。ターゲットモデルのデータは、ポイントテーブル（X、Y、Z）や、検証用の 3D ダイアグラムで可視化することができます。



Point	Status	Views	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	parallel (cm)	h	From	To	Distance (cm)
1	Adjusted	5	17,267	-3,285	-3,459	0,00113		24	25	9,662
2	Adjusted	5	18,382	-0,017	-3,820	0,00972		32	33	9,727
3	Adjusted	6	17,352	3,354	-3,432	0,00732				
4	Adjusted	5	13,689	5,317	-2,008	0,00159				
5	Adjusted	7	13,287	2,834	-1,706	0,00327				
6	Adjusted	6	13,829	0,000	-1,516	0,00339				
7	Adjusted	6	13,808	-2,798	-1,826	0,00197				
8	Adjusted	8	13,892	-9,478	-2,288	0,00182				
9	Adjusted	6	11,174	-1,144	-1,002	0,00462				
10	Adjusted	8	7,872	-1,235	-0,187	0,00442				
11	Adjusted	9	7,429	2,975	-0,108	0,00383				
12	Adjusted	7	11,880	3,974	-1,459	0,00468				
13	Adjusted	10	0,000	0,000	0,000	0,00446				
14	Adjusted	7	1,341	3,138	0,111	0,00483				
15	Adjusted	6	-2,055	-5,238	-1,201	0,00446				
16	Adjusted	7	-0,943	5,105	-0,901	0,00395				



TEMA Static 3D

人工波の中に浮かぶ物体の 6DoF 研究は、海洋工学の典型的なアプリケーションです。TEMA 6DoF で対象物を解析するには測量点を含む 3D ターゲットが必要です。TEMA Static 3D は船の複数の画像をキャプチャし、フォトグラメトリーに基づいて計測点の 3D 位置を計算する高速な計測ツールキットです。