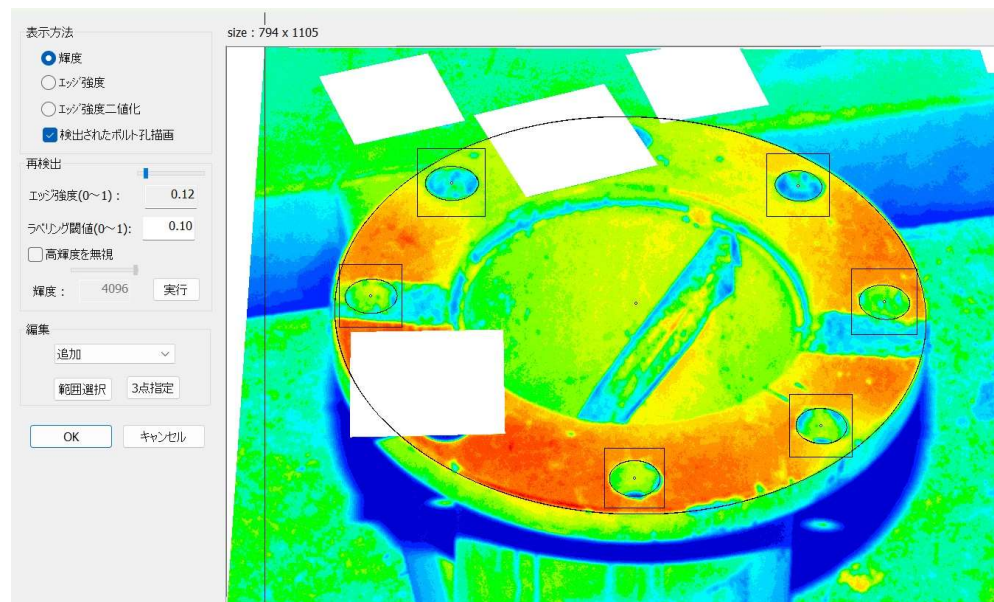


FIXIS 2

デジタルカメラ三次元計測システム



2022年10月8日



SoftBridge株式会社



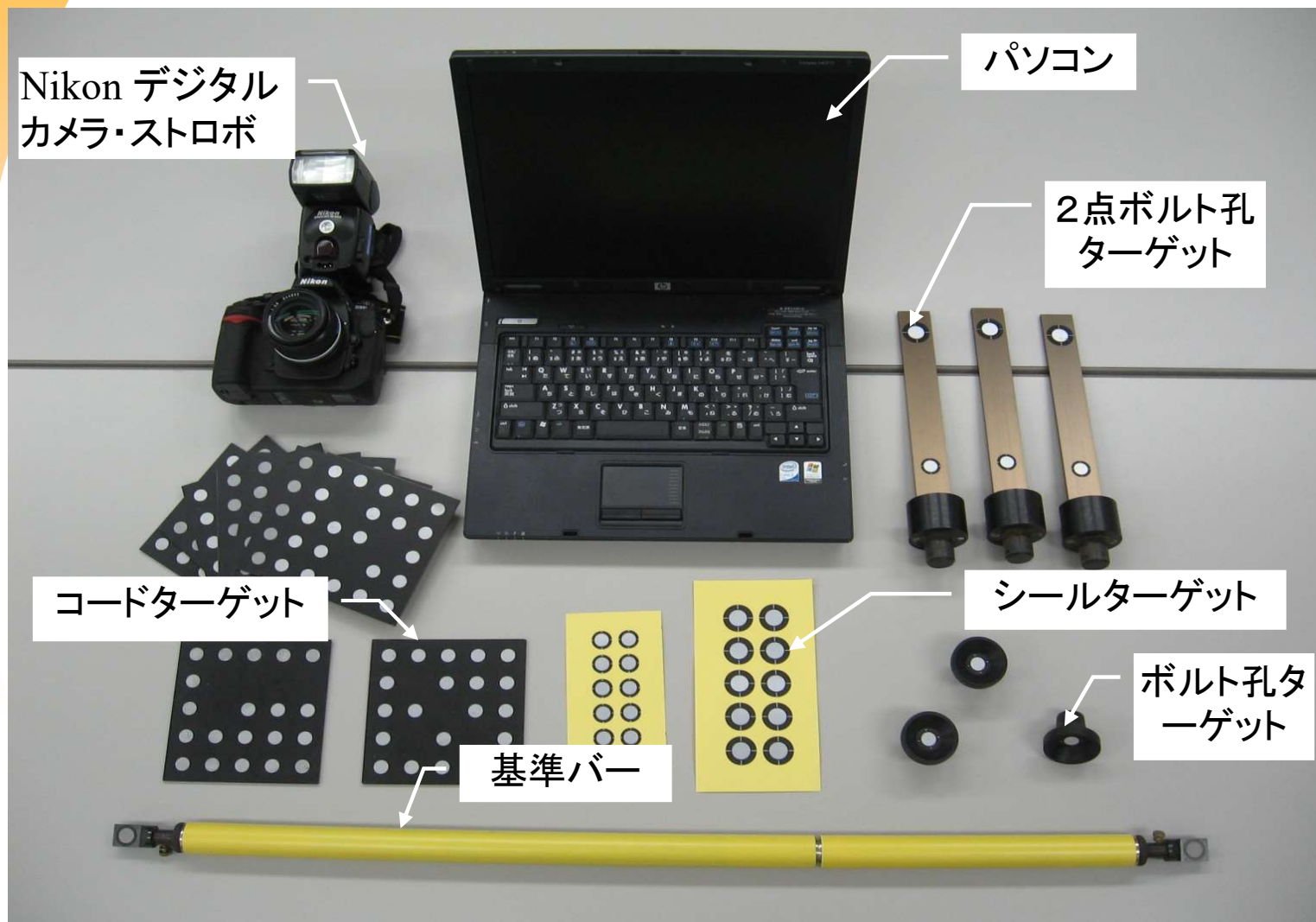
MHIパワーエンジニアリング株式会社

デジタルカメラ計測とは

- **複数の角度から撮影した写真から三次元座標を求める**
 - 二次元データから三次元データを復元する技術
 - エピポーラ幾何と呼ばれる数学技法の応用
- **計測位置の自動認識**
 - 計測位置にマーク(ターゲット)を設置すると複数写真上の同一点をコンピュータが自動認識する
- **計測位置を写真で確認**
 - 計測位置を写真上のマークで確認する
- **トータルステーションと同程度の計測精度**
 - 1秒読みトータルステーションと同程度の計測精度

使用機材

- カメラ・パソコン・ターゲット・基準バー



デジカメ計測の原理(1)

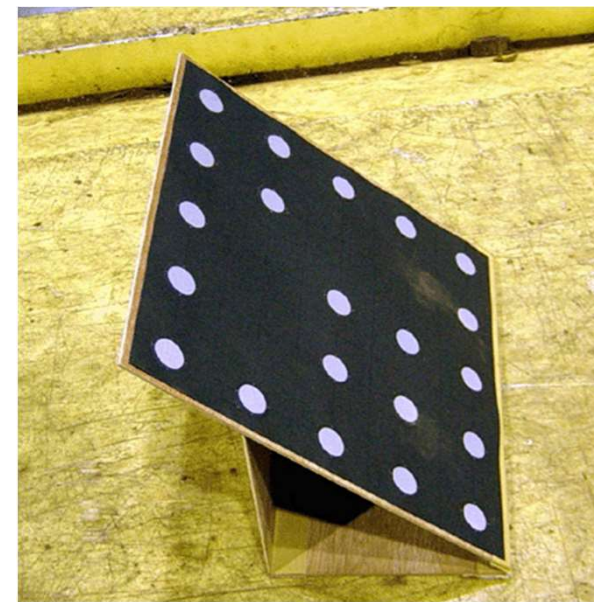
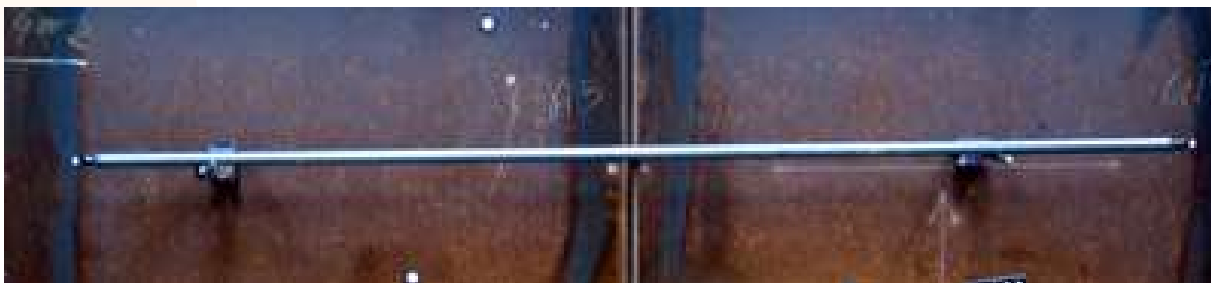
コードターゲットによる写真の繋ぎ合せ

- 写真同士を繋ぎ合わせるためコードターゲットを使用
- コードターゲットは5x5の配列で1枚1枚配置が異なる
- 複数の写真から同一のコードターゲットを見つけ立体形状を再現

■ 大きさを認識する基準バー

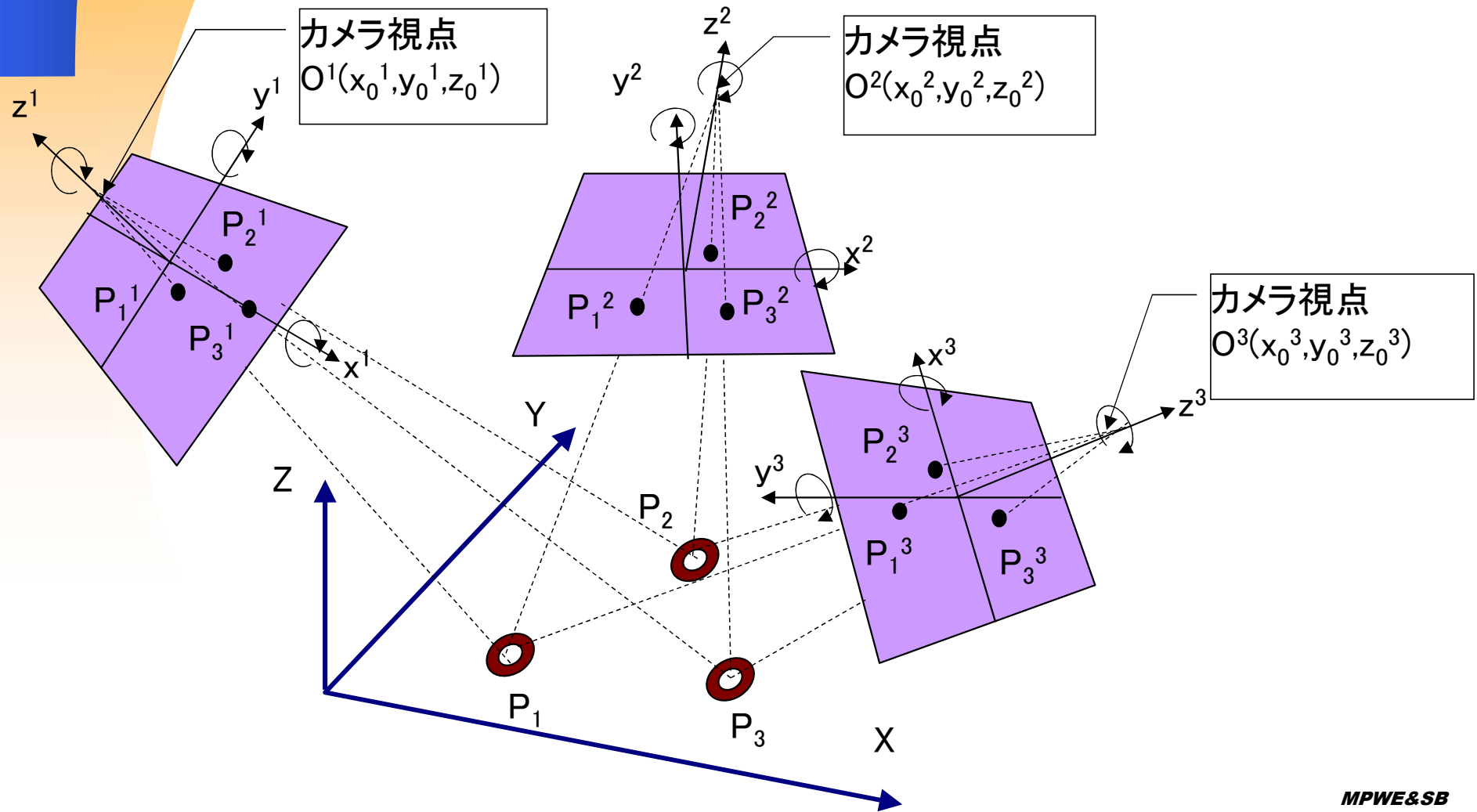
写真上の長さを認識

- 撮影範囲内の任意の場所に配置



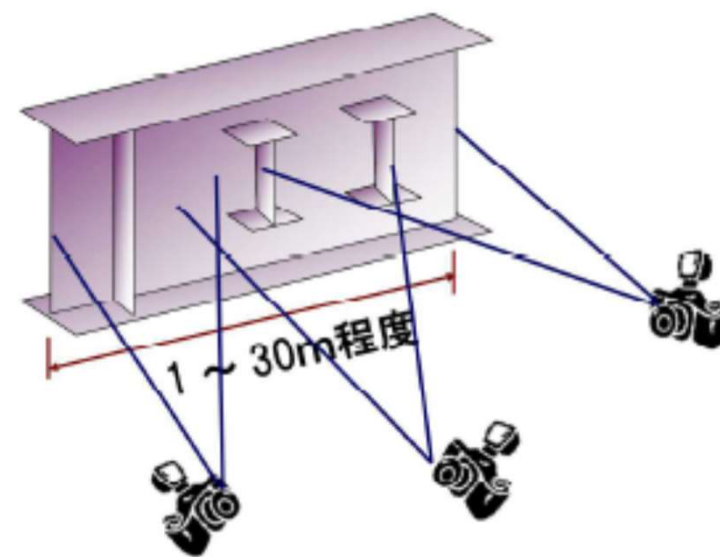
デジカメ計測の原理(2)

- 写真上の位置とカメラ視点から方程式を作成
 - 詳細はエピポラ方程式(幾何)で検索



PIXISの特徴(1)

- デジタルカメラ計測機器としては大型構造物に対応
 - 計測対象構造物サイズ～30m程度まで
 - コードターゲットの大型化と長尺基準バーで対応



PIXISの特徴(2)

- 手軽に計測

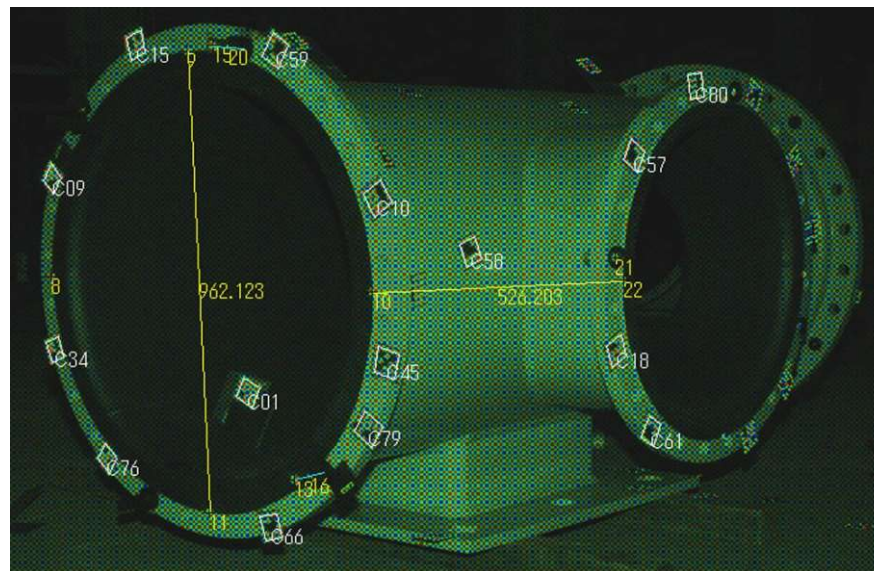
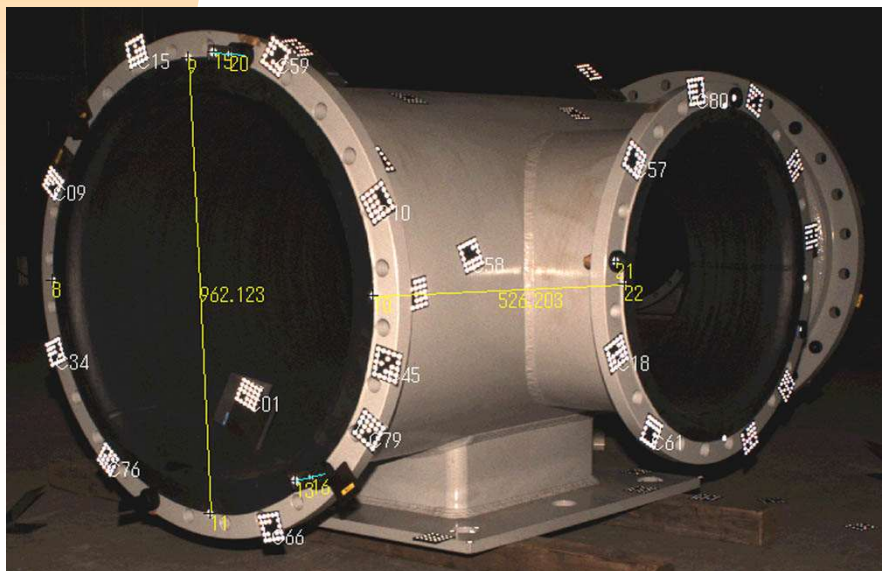
- 光波系測距器に比べ取扱いが簡単
- 屋内・屋外いずれでも使用可能



PIXISの特徴(3)

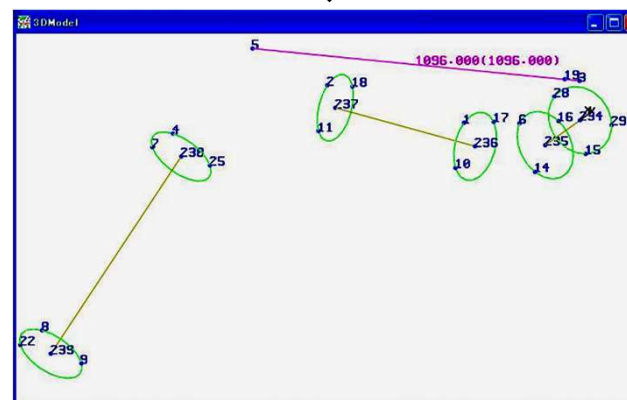
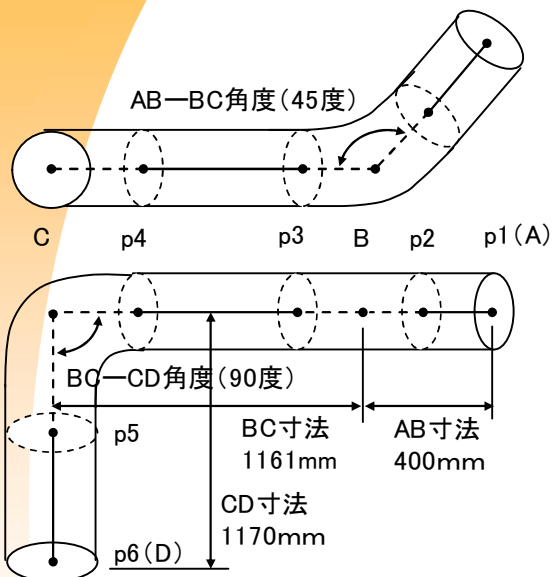
- 状況写真と計測データが連動
 - 撮影写真上で寸法を確認
 - 工事看板なども一緒に写し込み

左図JPG画像、右図RAW画像

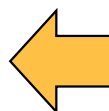


PIXISの特徴(4)

- テープでは求めにくい三次元角度や長さを簡単に計算

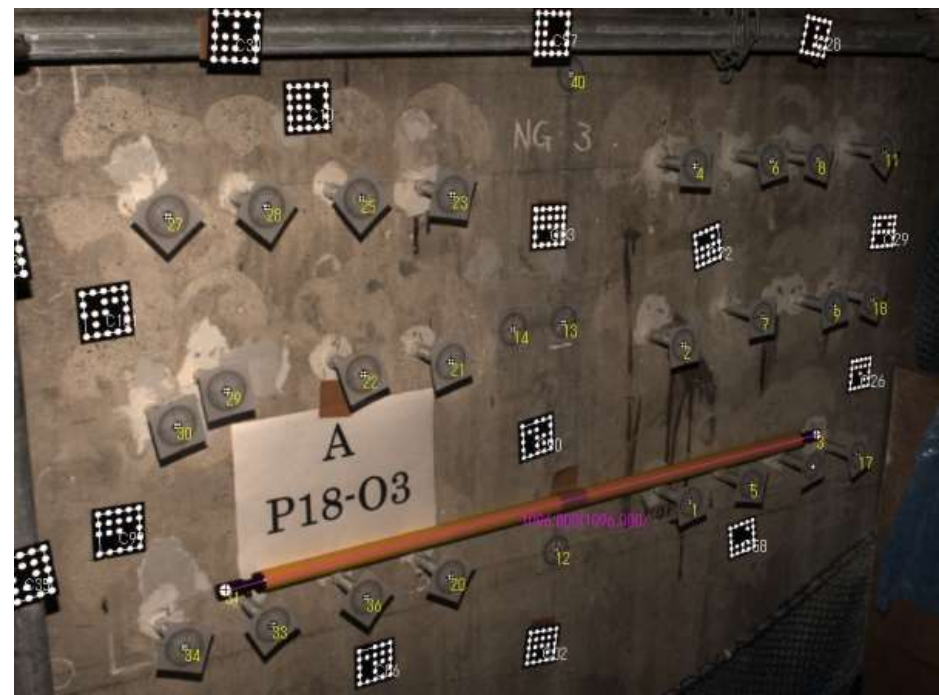


	テープ計測	カメラ計測	誤差
AB寸法	400	396.07	-3.93
BC寸法	1061	1063.85	2.85
CD寸法	1170	1171.49	1.49
AB-BC角度	45	46.04	1.04
BC-CD角度	90	90.05	0.05



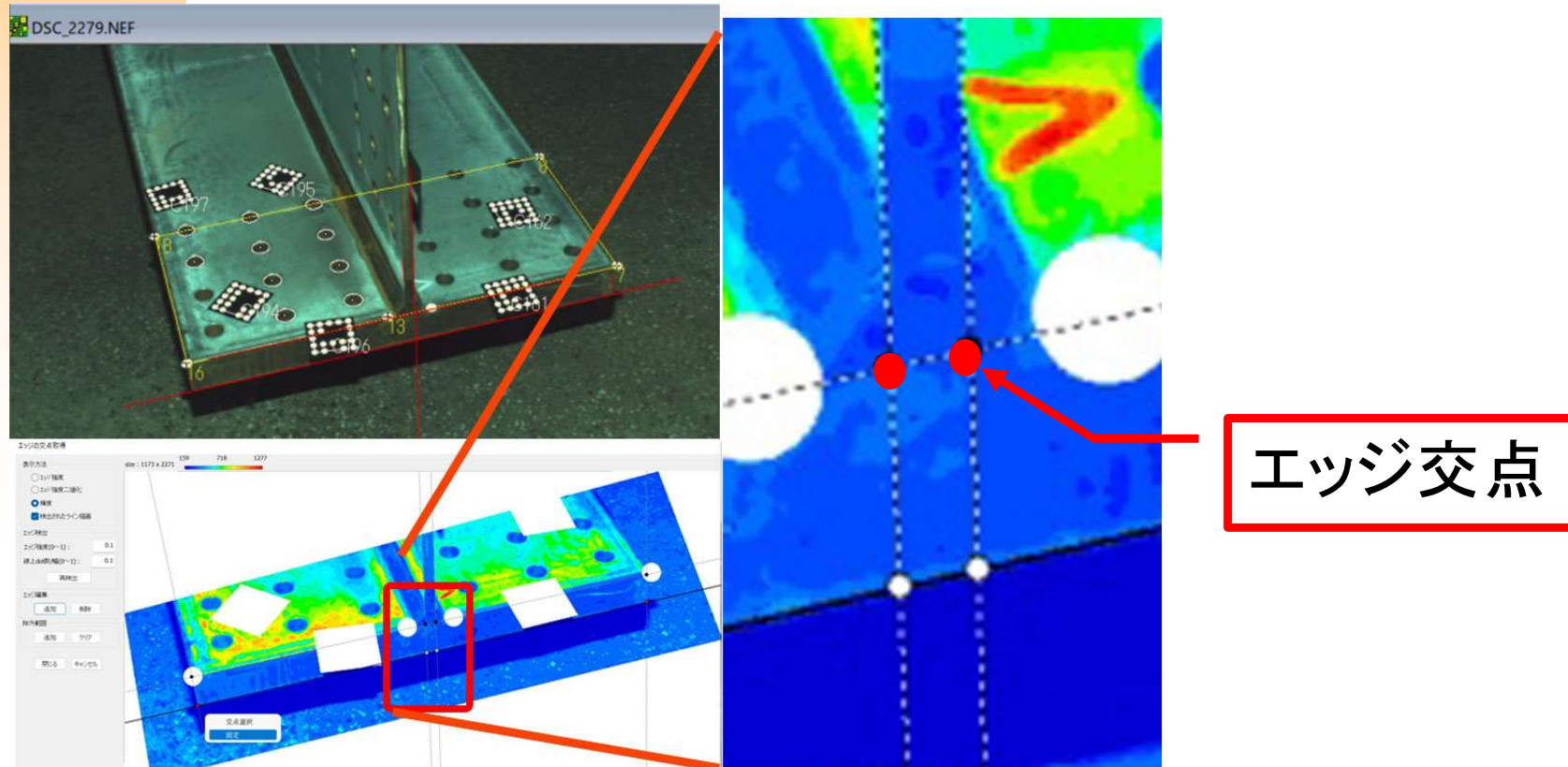
PIXISの特徴(5)

- データ取り間違えミスの防止
 - 類似形状が多い場合部材位置を記載した用紙を一緒に撮影
 - 計測データの天地左右向きも写真を見ればわかる

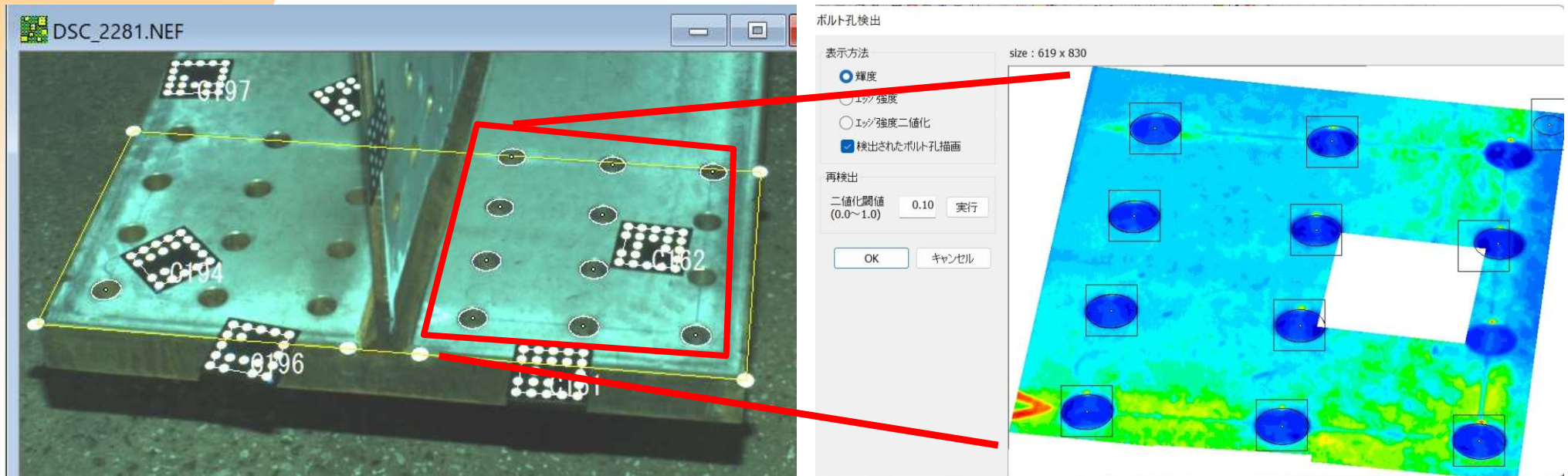


■ エッジ交点認識機能

- 写真上のエッジ交点を抽出し三次元座標を求められることができる
- 計測位置へのシールターゲット貼り付けが不要
- 撮影現場に戻らなくても、写真上で計測点を追加できる



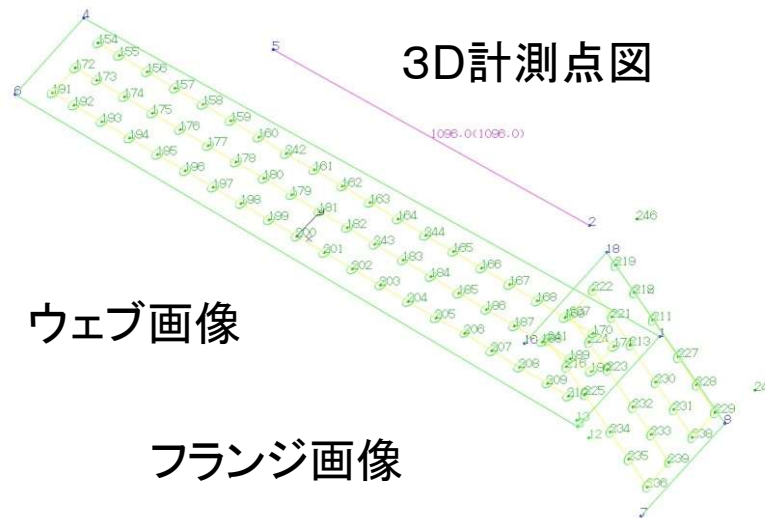
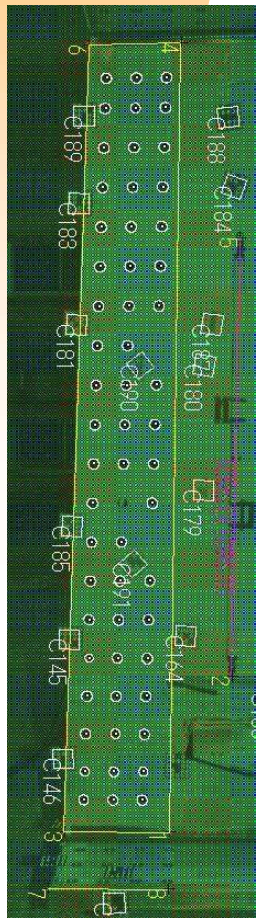
- 円のエッジ認識機能
 - ボルト孔等の円のエッジを認識し中心座標を求める



PIXISの特徴(8)

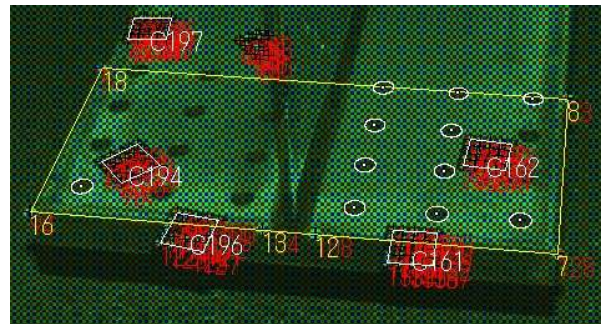
■ 写真上で図化作業

- 写真上の計測点を指定して多角形等作図できる
- 写真上で板厚方向を確認してCADデータを作成
- AutoCADスクリプト形式の図形データを出力

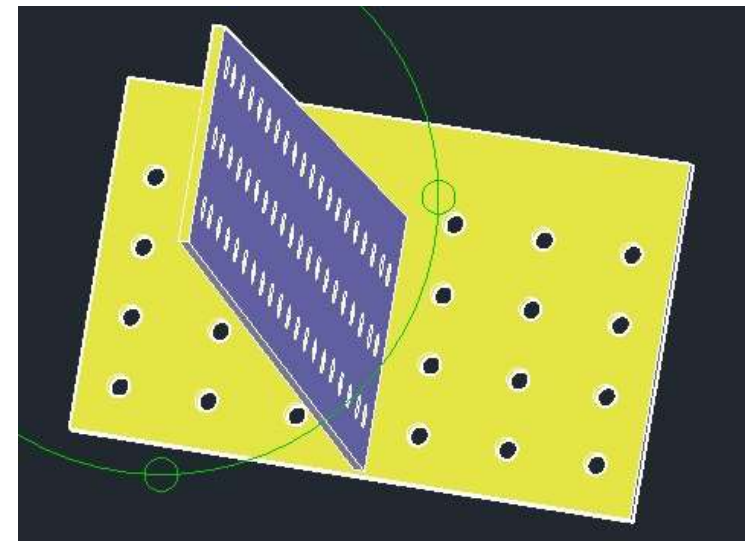


ウェブ画像

フランジ画像



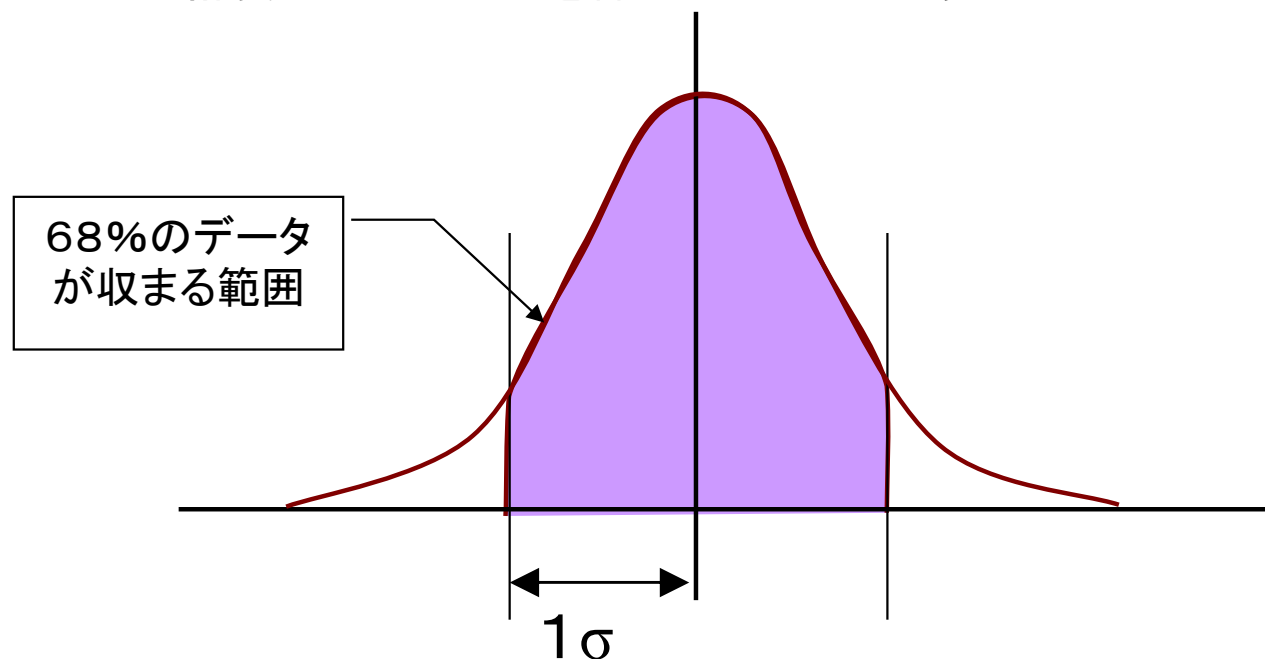
AutoCAD出力図



PIXIS基本計測精度

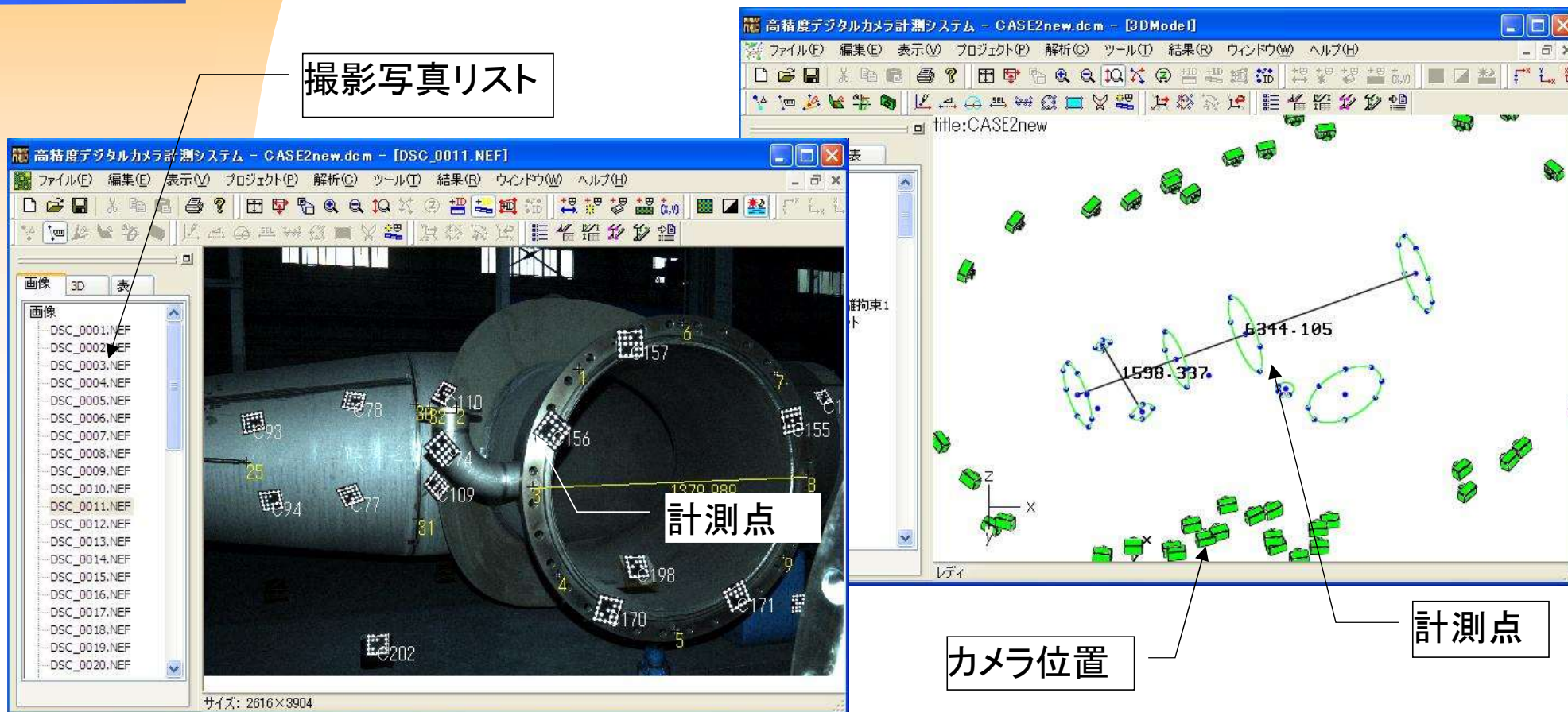
■ 三次元高精度計測

- 計測精度に影響する要因
 - カメラ素子画素数、レンズ焦点距離、被写体平均撮影距離
- 1500万画素、24mm広角レンズ、被写体平均撮影距離3mの場合
- $1\sigma = 0.165\text{mm}$ (三次元上の誤差)
 - 1σ : 標準偏差と言われ、約68%の確率で入る誤差
 - 計測精度は同じ計測点を繰り返し計測した場合の値のばらつき度合い



PIXIS画面

- 写真上に計測点を表示
- 三次元モデル画面に対応する計測点を表示
- 写真と三次元モデルを使用して作図処理



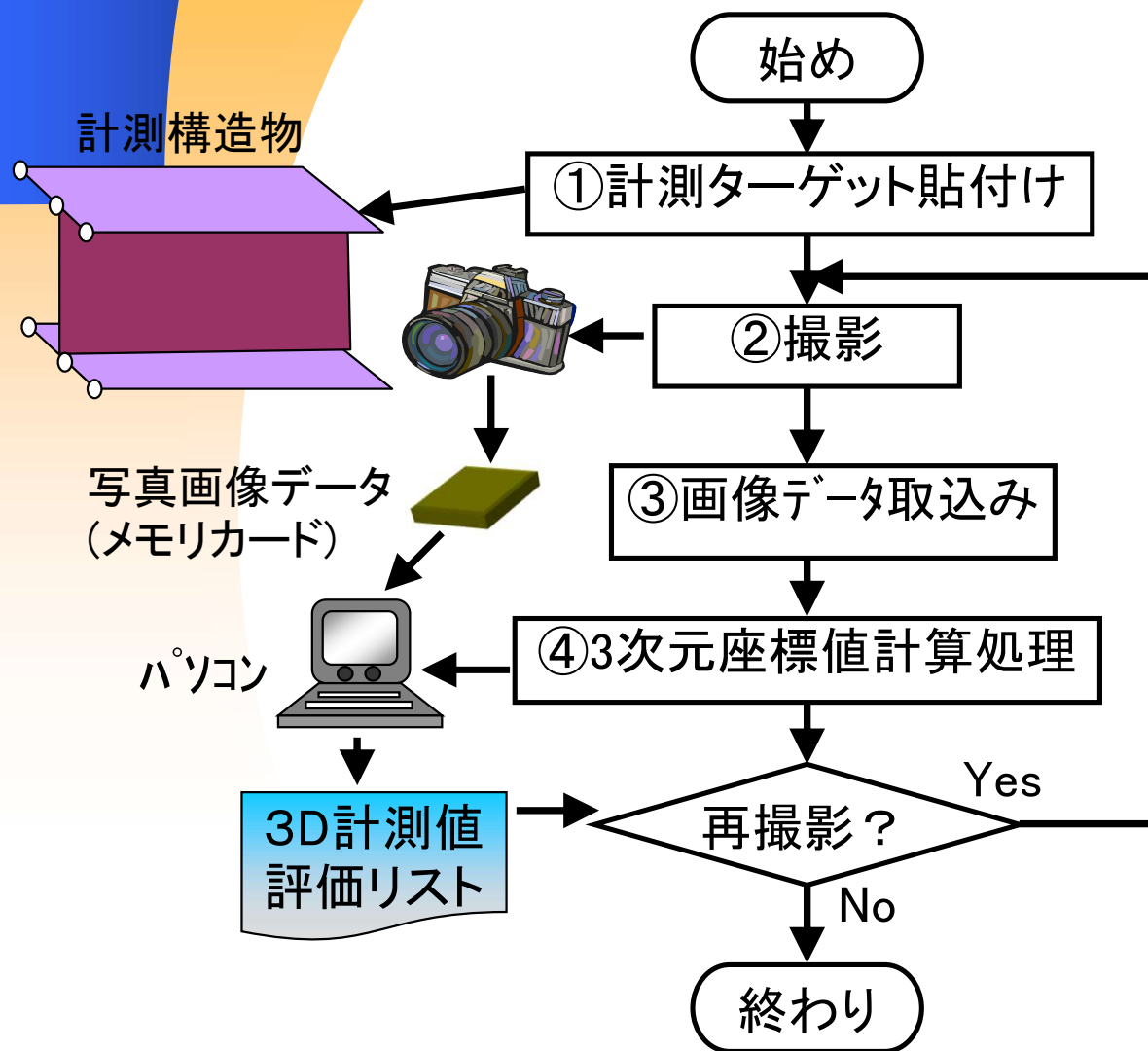
既存計測器との比較

- 光学系三次元計測器との計測精度比較

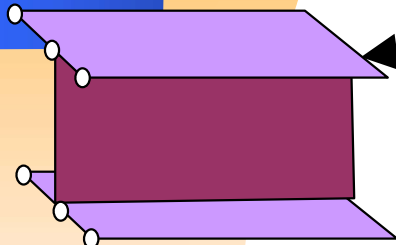


10m長さ比較(単位mm)	計測平均値	標準偏差	計測精度
トータルステーション(MONMOS)	10000.049	0.047	1/212,767
PIXXIS(平均78枚撮影)	10000.255	0.157	1/63,696
PIXXIS(平均54枚撮影)	10000.401	0.260	1/38,463

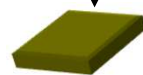
作業手順



計測構造物



写真画像データ
(メモ리카ード)



パソコン



3D計測値
評価リスト

始め

①計測ターゲット貼付け

②撮影

③画像データ取込み

④3次元座標値計算処理

再撮影?

Yes

No

終わり

シールターゲット、コードターゲットを計測位置に貼付

デジタルカメラで撮影

メモリーカードの画像をPCに
取込み

PIXISでの計算処理

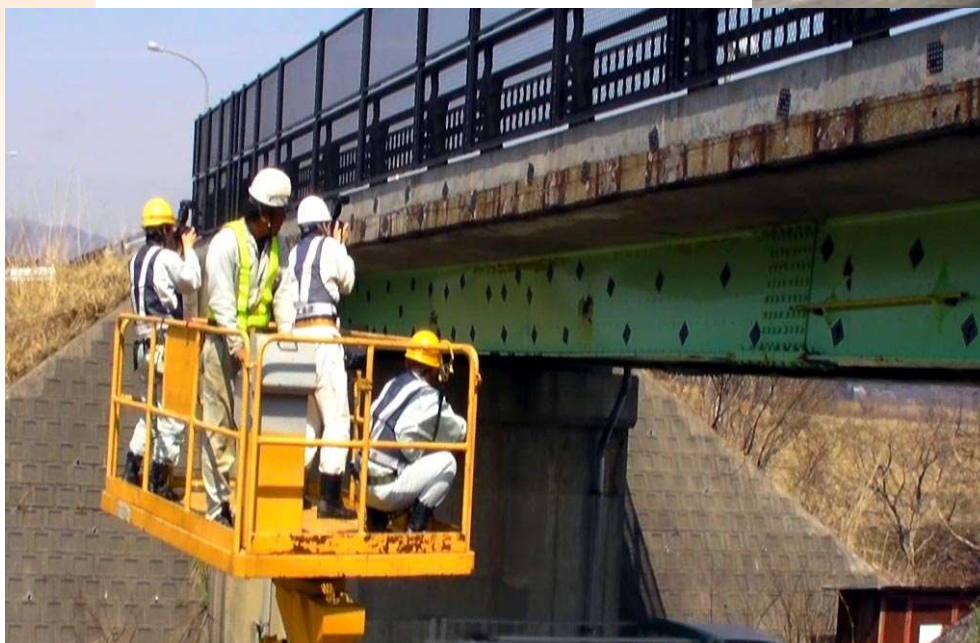
ターゲット類貼付け

- 計測位置にシールターゲットを貼付け
- 任意位置にコードターゲットを貼付け



カメラで撮影

- デジタルカメラで複数の方向から撮影



パソコン操作

- 撮影画像をパソコンに取り込み三次元座標を求める



3DModel

DSC_6040.NEF

5	8557.212	-412.194	-8.524	0.023	0.022	0.059
6	8257.704	-411.310	-17.853	0.021	0.020	0.056
7	8707.145	-412.572	-4.168	0.023	0.022	0.058
8	7808.195	-30.973	-1.129	0.021	0.020	0.053
9	7807.830	-408.973	-30.662	0.021	0.020	0.052
10	9007.339	-412.840	4.147	0.023	0.022	0.076
11	8107.612	-220.942	-10.791	0.022	0.021	0.058
12	7356.136	-218.759	-26.141	0.021	0.020	0.049
13	8407.171	-601.421	-21.436	0.022	0.021	0.055
14	8107.212	-410.662	-22.023	0.022	0.021	0.056
15	8707.630	-222.228	-1.417	0.023	0.022	0.060
16	7957.278	-409.983	-26.195	0.022	0.021	0.059

作業状況ビデオ



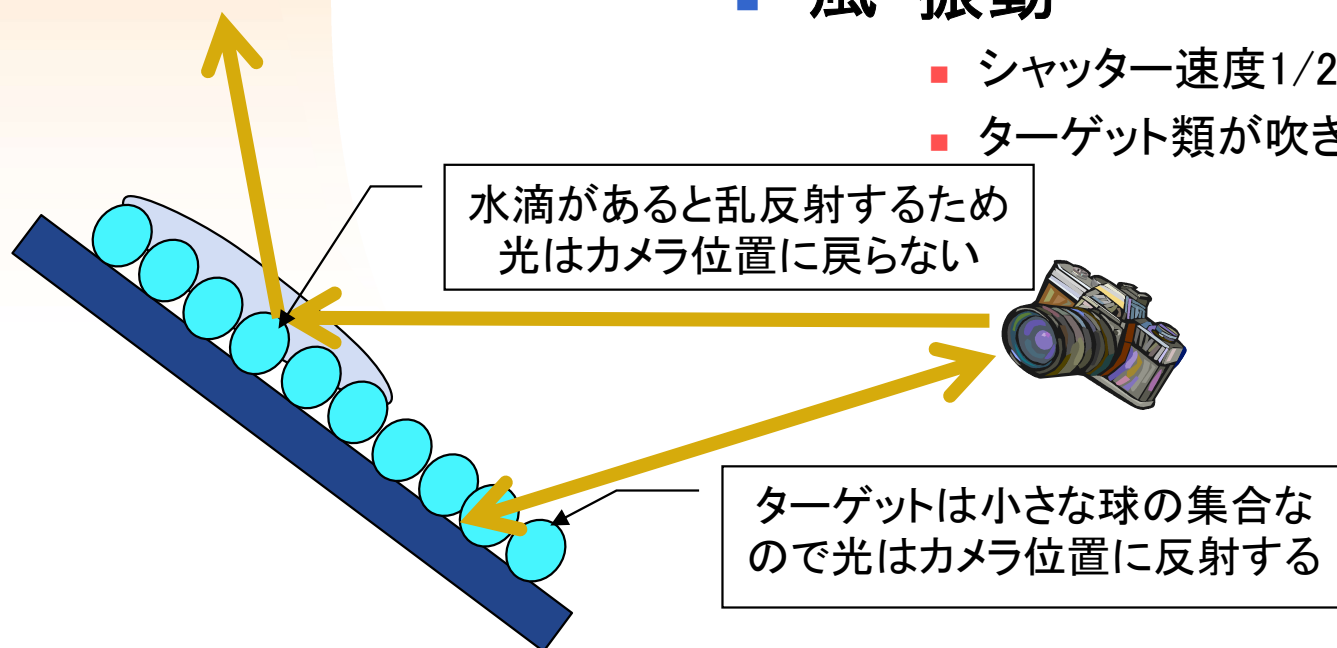
作業時間

- 鋼構造物(7m×1m×2m程度の全周計測)
 - ターゲット貼付け、撮影、ターゲット撤去で1時間程度
 - ターゲット貼付け作業で脚立などの足場有無により変わる
- 既存補修現場(2m×2m程度の面)
 - ターゲット貼付け、撮影、撤去で1か所20~30分程度
 - 現場条件により変わる



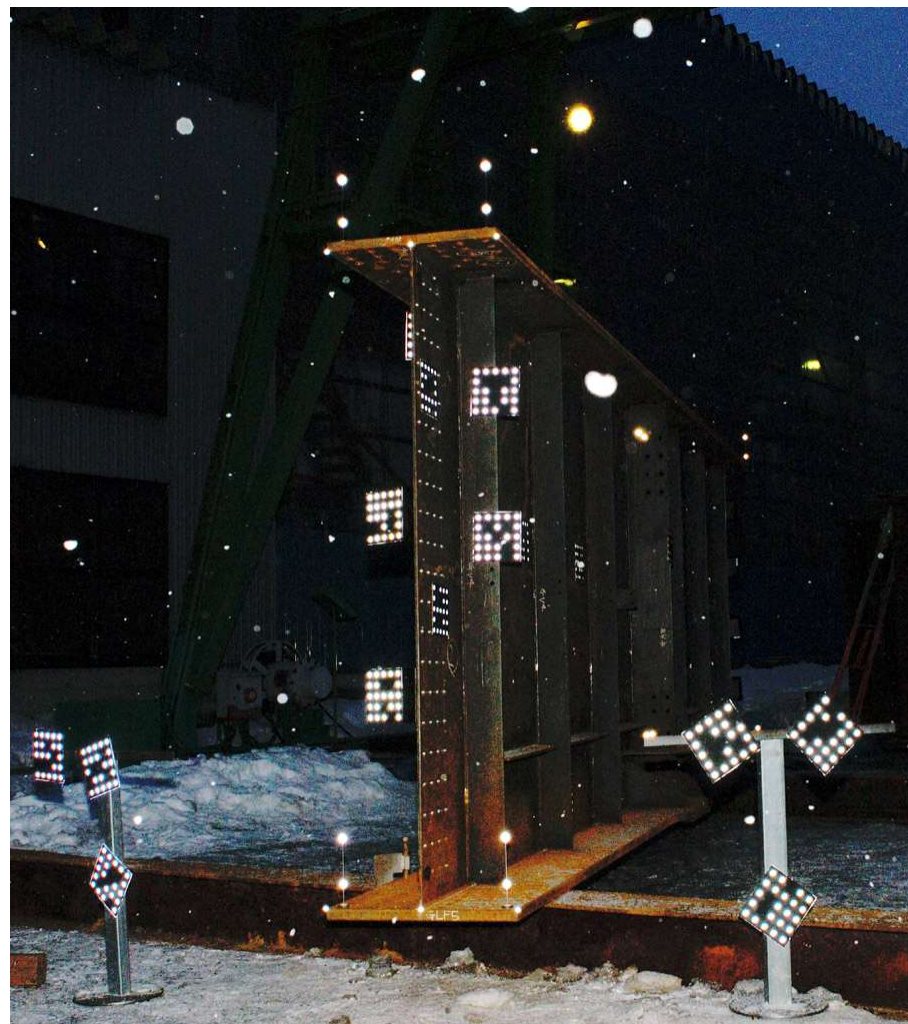
制限事項

- 撮影距離 1m～15m程度
 - ストロボの光が届く範囲
- ターゲット類に水滴を付けない
 - ストロボ反射光がカメラ方向に戻らない
- 温度
 - 氷点下の気温でも計測可能であるがカメラ内部温度が0～40度程度の範囲内となる時間内
- 風・振動
 - シャッター速度1/250でぶれない程度
 - ターゲット類が吹き飛ばされない程度



厳しい環境下での計測

- 寒冷地屋外夜間計測を実施
- 計測精度など問題なし



計測処理後に行う作業

- **エッジ抽出機能を使用した座標計算**
 - 板の角などエッジ交点の三次元座標計算
 - ボルト孔・リベット中心などの円中心座標と半径の計算
- **写真上の任意位置を指定した座標計算**
 - 3枚以上の写真上の同一点をマウスで指定する
- **計測標系の座標変換**
 - トータルステーション計測座標系への変換
 - 設計3次元座標系への計測座標変換
- **PIXXIS計測データからCADデータを作成**
 - 写真上の計測点を見ながら多角形。線分等の図形を作成
 - 作成した図形に色やレイヤ等の属性を付けてAutoCADデータ出力

エッジ抽出の仕組み

- SobelFilter技術 画像からエッジを検出する技術
- Hough変換 エッジの直線部分を検出する技術



図-1 橋梁断面写真(オリジナル)

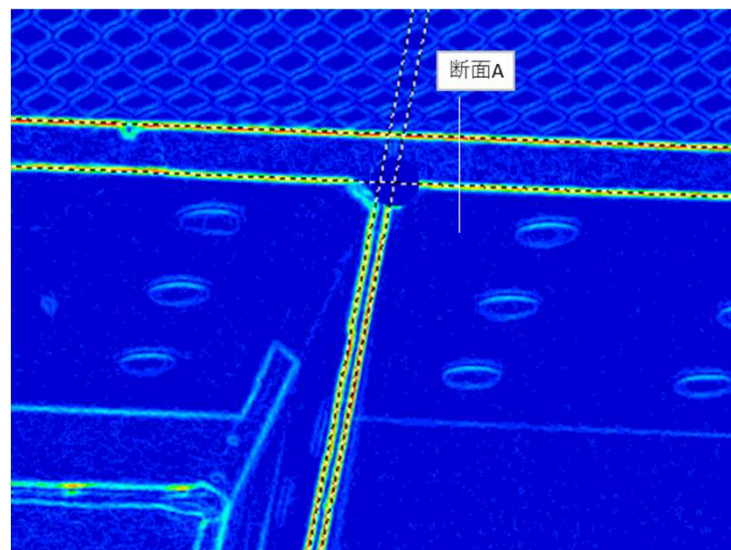


図- エッジ検出画像(Sobel Filter Hough変換)

断面Aエッジ強度

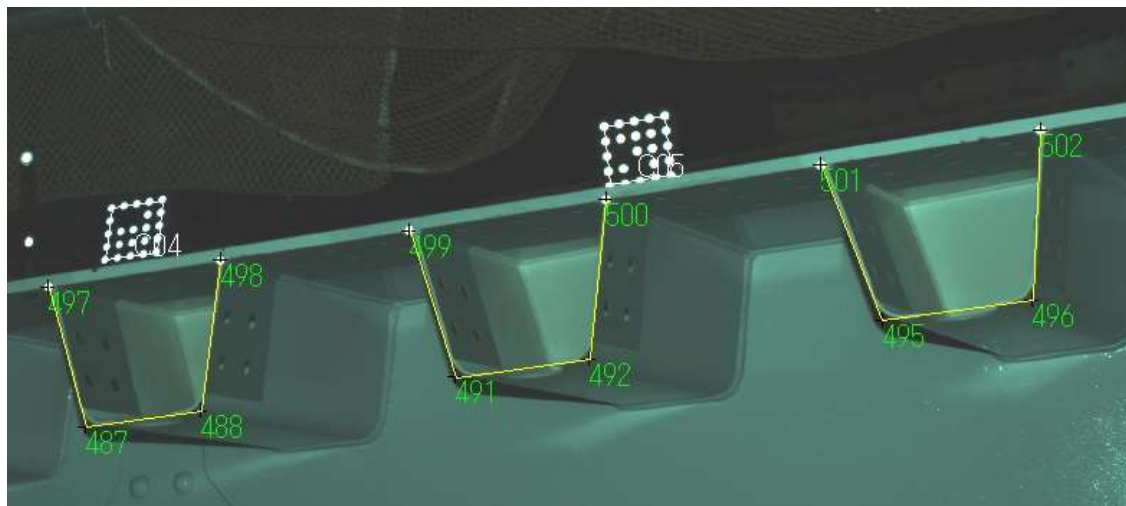


0.0 0.5 1.0

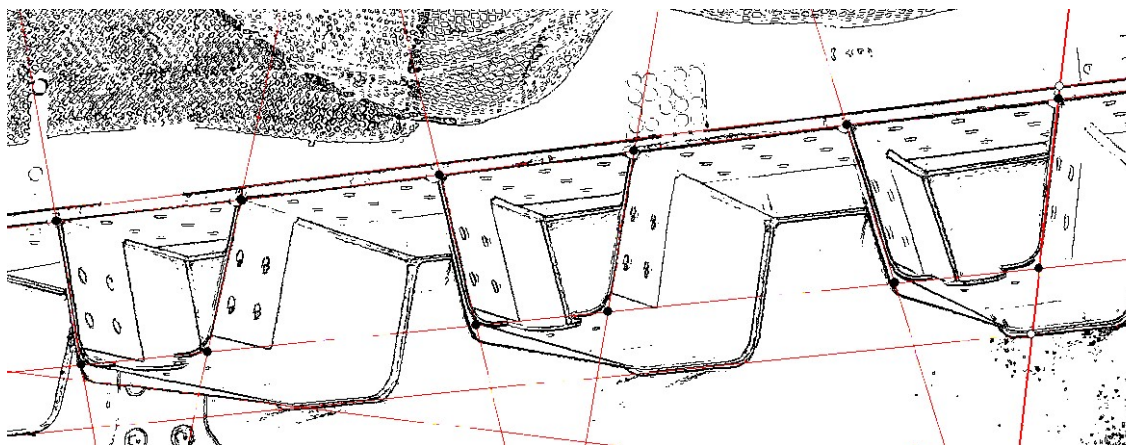
エッジ交点認識手順1

- 画像からエッジを抽出する

撮影画像



画像から抽出したエッジ



エッジ交点認識手順2

- 抽出したエッジ交点から三次元座標を計算
 - ー エッジ交点位置は利用者側で指定する

エッジの交点取得

表示方法

- エッジ強度
- エッジ強度二値化
- 輝度
- 検出されたライン描画

エッジ検出パラメータ

エッジ強度(0~1): 0.02/1

エッジ強度(0~1): 0.03

同一線上ドット数: 101

指定値以上の輝度を無視

除外する輝度:(右以上の点は除外) 1000

エッジ再検出

編集

エッジ追加 エッジ削除

除外範囲指定 除外範囲クリア

交点指定 ラベル追加

閉じる キャンセル

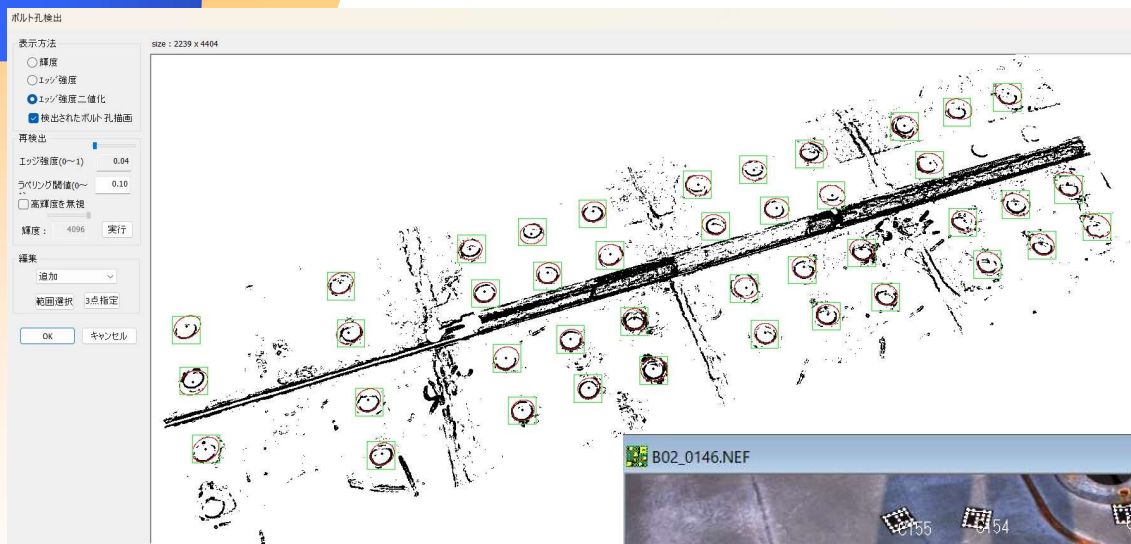
size : 1065 x 10: 156 1874 3592

交点位置

PIXISのエッジ操作

円エッジ認識手順

- 円のエッジを認識し中心座標を求める
 - ボルト孔円のエッジを認識し円中心点を求める



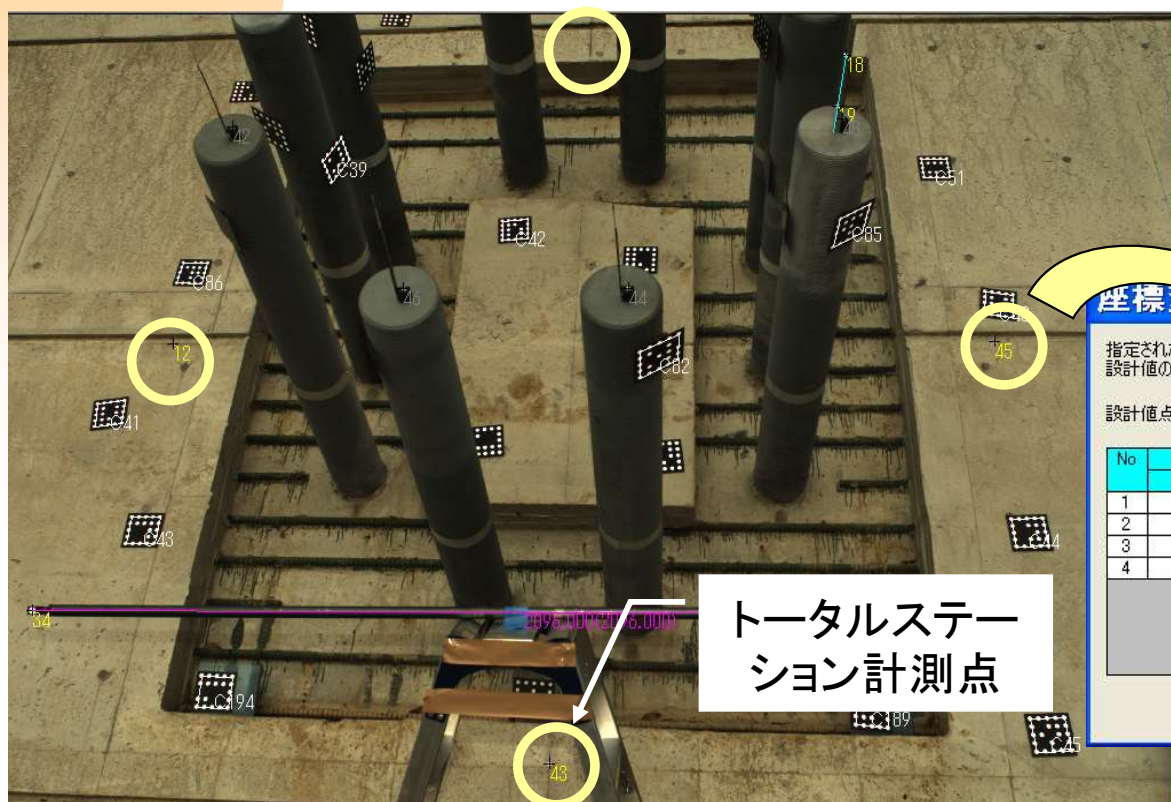
マウスを使用した計測点の追加

- 計測忘れ点を写真上で追加設定
 - 写真に計測点を追加することができる
 - 3枚以上の異なる角度から撮影した写真上で同一点を指定



他の三次元計測器との連携

- トータルステーション計測座標系にPIXIS計測座標を変換
 - 工事全体の主要点はレーザを使用したトータルステーションで計測
 - 主要点内の細かい計測点はPIXISで計測
 - PIXISの計測座標系合わせ機能により全体座標系に変換



基準4点のトータルステーション座標を入力

座標変換 設計値へすりつけ

指定されたポイントの座標値と入力された設計値と最も近づく様座標変換されます。
設計値の点数・座標値、及び座標変換方法を指定して下さい。

設計値点数:

No	設計値			点ID	適合誤差		
	X	Y	Z		dX	dY	Z
1	32699.000	4348.000	345751.000	45	1.487	0.093	0.145
2	31583.000	2849.000	347352.000	36	-1.458	-0.649	0.079
3	32701.000	1349.000	345742.000	12	1.060	0.653	0.759
4	33594.000	2849.000	344487.000	43	-1.090	-0.097	-0.983

計測座標を設計座標系に変換

- 三次元設計座標に対応する計測点を指定して変換
 - 設計値に対応する3点以上の計測点を指定して全ての座標を変換
 - トータルステーション座標系変換と同じ機能

3DModel
title: case2-1

PIXIS3次元画面上の点を指定する

座標変換 - 設計値へすりつけ

指定されたポイントの座標値が、入力された設計値と最も近づく様に座標変換されます。設計値の点数・座標値、及びポイントを選択して下さい。

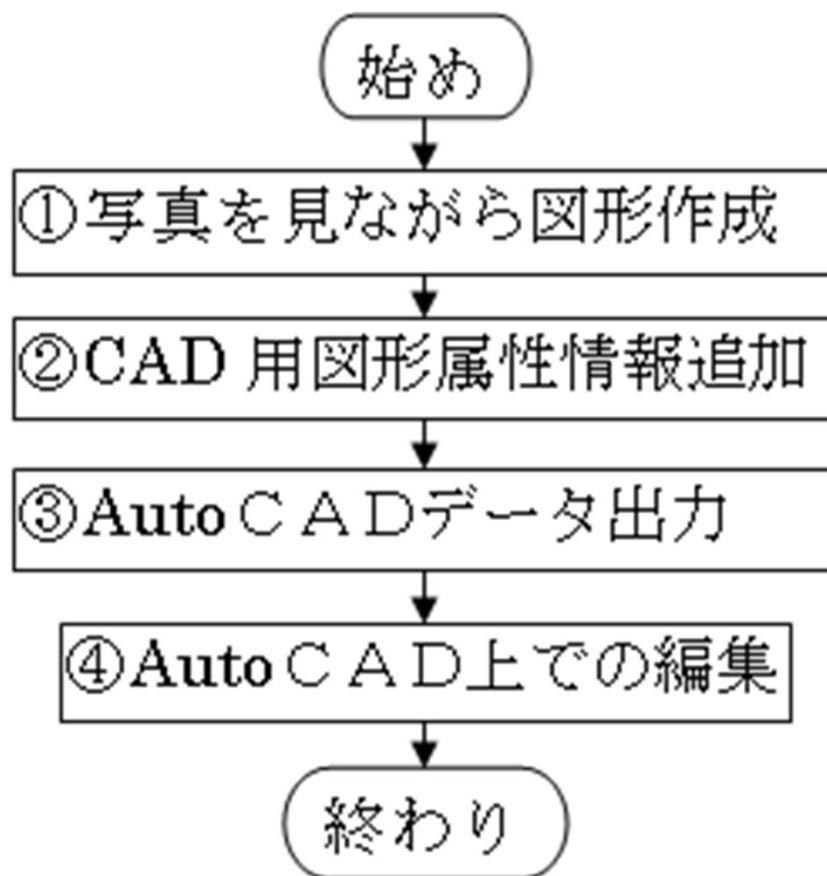
設計値点数: 8

No	Designed Value			No	Diff		
	X	Y	Z		dX	dY	dZ
1	-1500	12052	282	89			
2	1500	12052	282	84			
3	-1500	12243		88			
4	1500	12243		83			
5	-1500	-4503	327	64			
6	1500	-4503	327	65			
7	-1500	-4294		49			
8	1500	-4294		788			

設計三次元座標

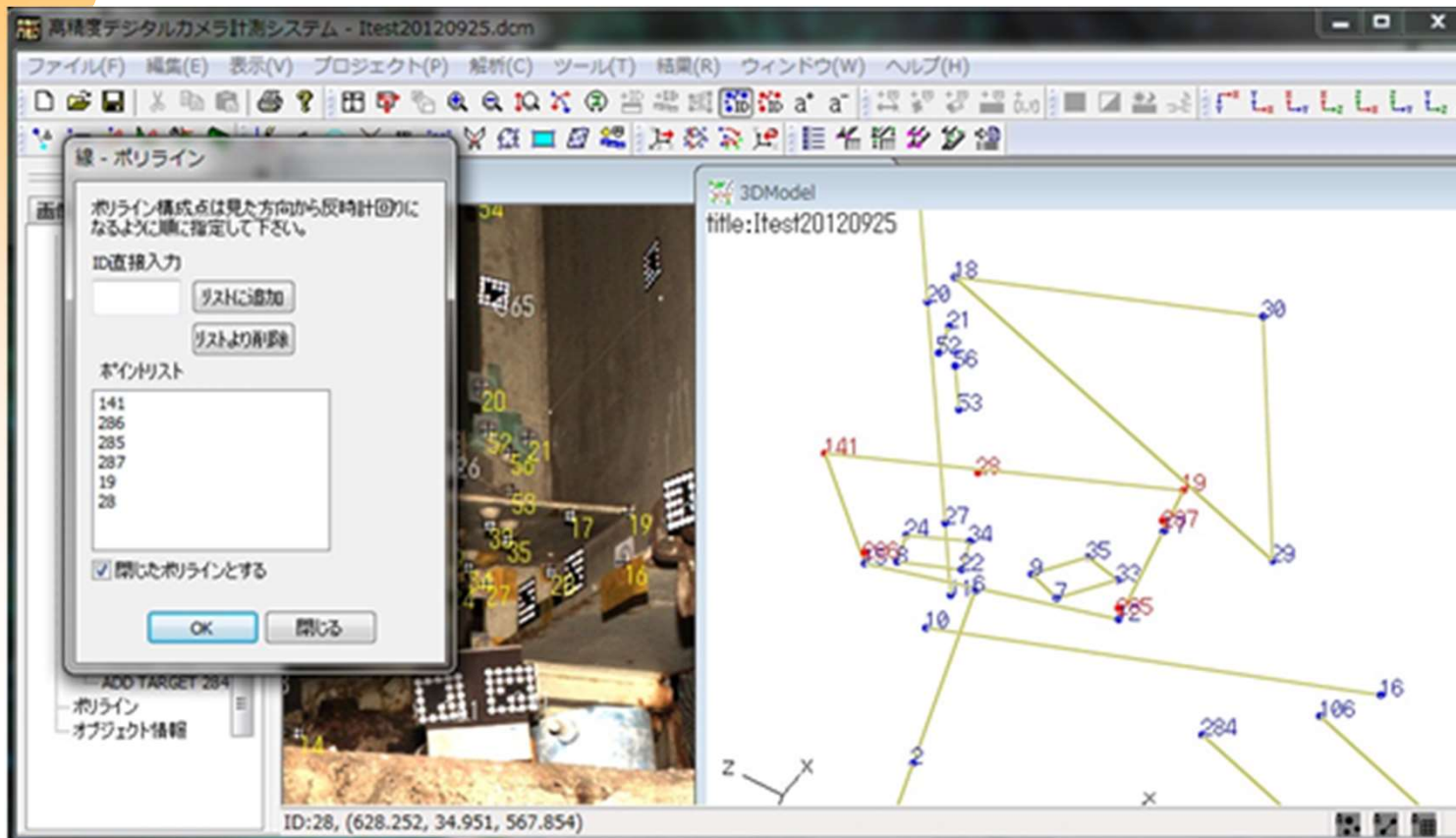
CADデータ作成(1)

- 手順は次の通り

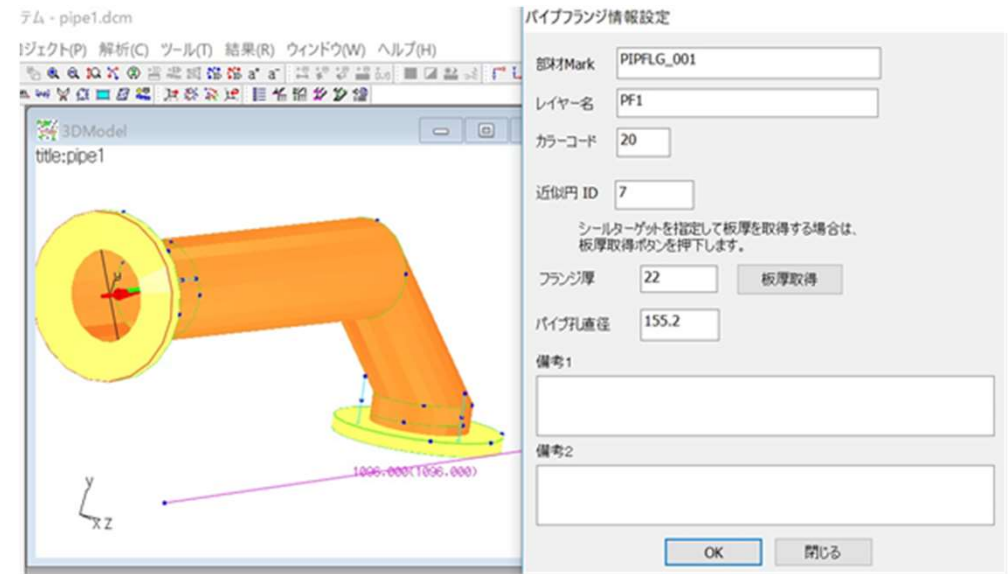
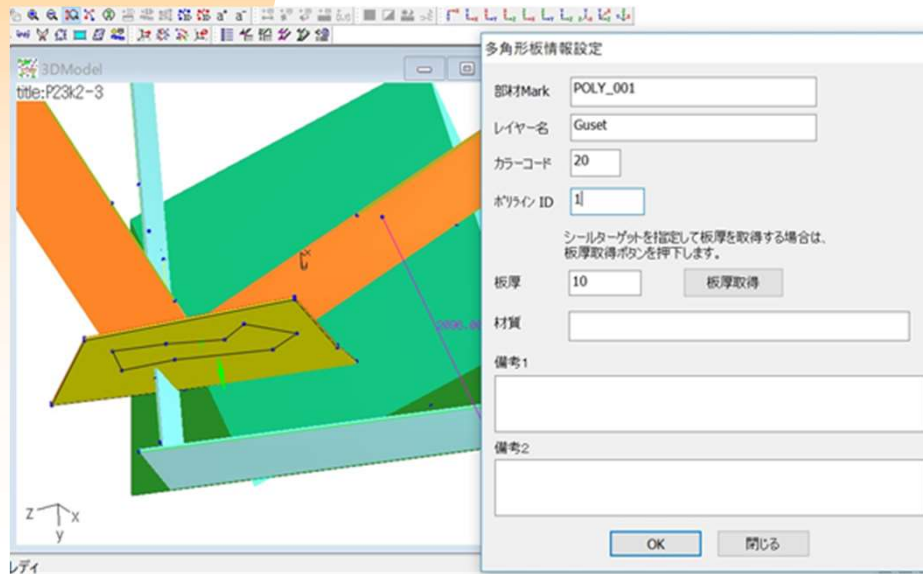


CADデータ作成(2)

- 写真や3Dモデル上の図形を見ながら作成
 - 下図は多角形指定画面の例

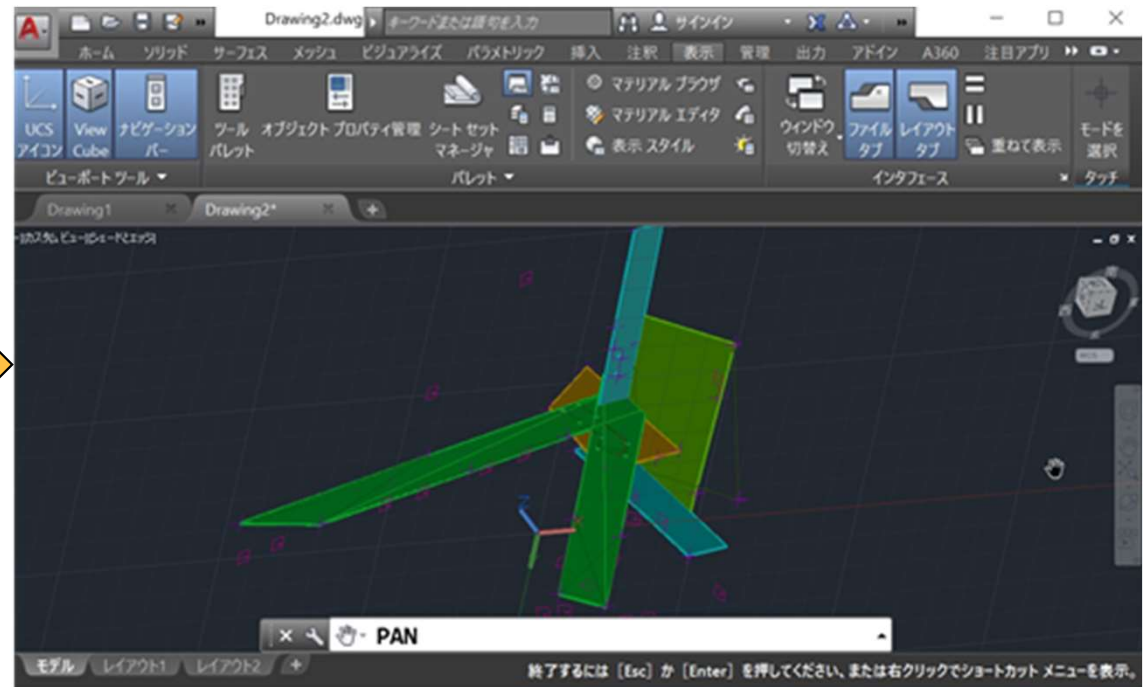
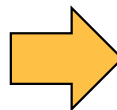


- CAD図形属性の追加
 - 色・レイヤ名等の指定
 - 板厚・管径等の指定
 - ボルト孔・隣接面等の指定



AutoCADデータ出力

- AutoCADスクリプト形式データを出力
 - AutoCADに読み込み編集
 - AutoCADはAutoCAD2019以降を推奨
 - AutoCAD LTは3Dデータのスクリプト実行できないため作図不可



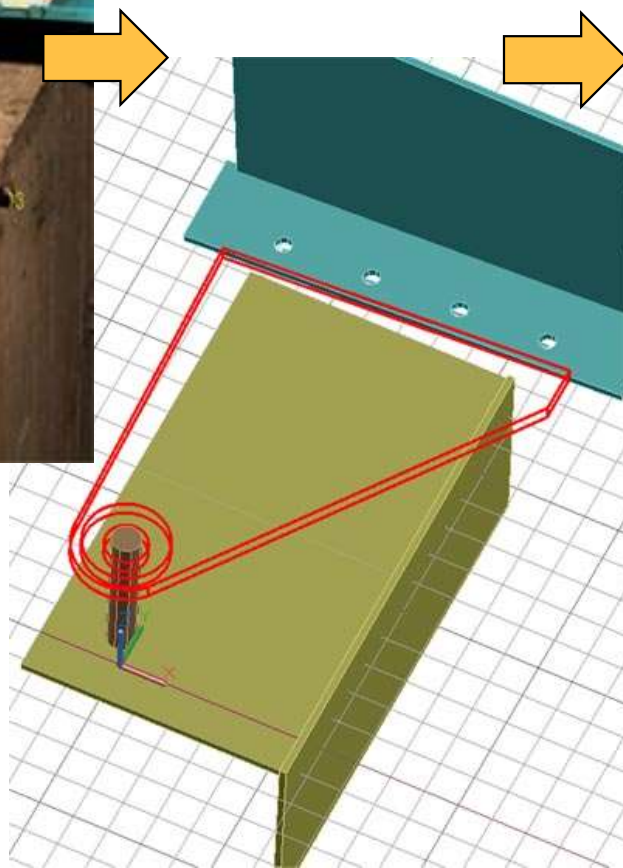
三次元CAD利用例1

- 三次元空間上の部材形状を簡単に作成



ボルト孔位置関係を計測

三次元CADに計測データを出力し部材形状を作成



製作した部材を取付

三次元CAD利用例2

- 既設構造物三次元形状CAD出力



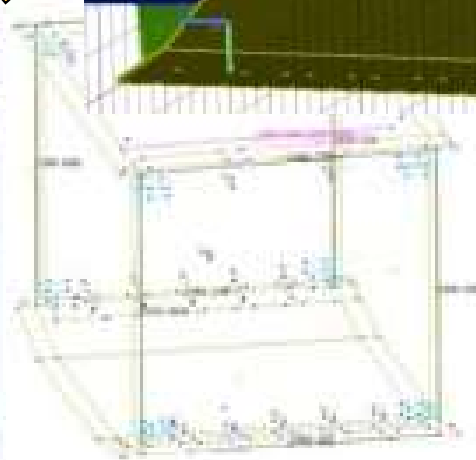
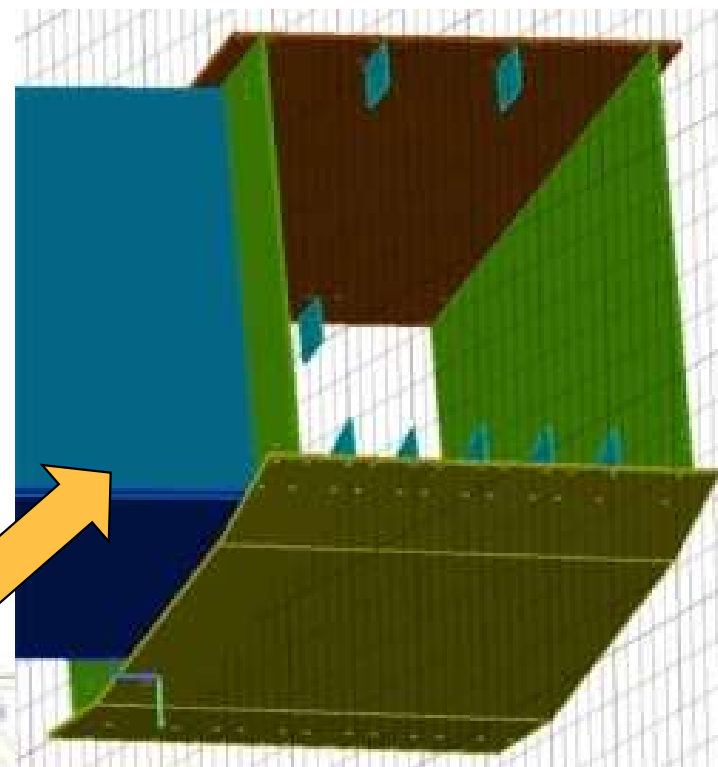
撮影作業



PIXIS画面



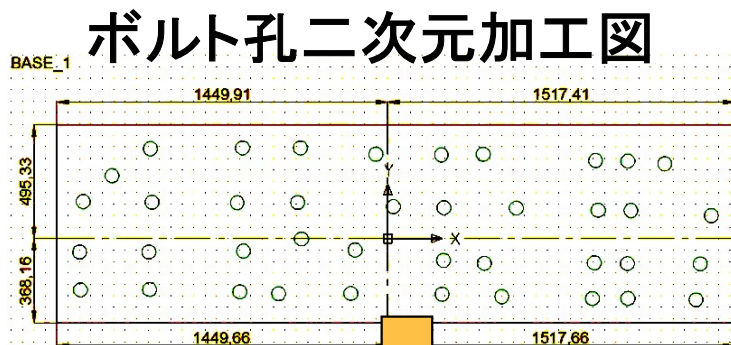
AutoCAD三次元形状出力



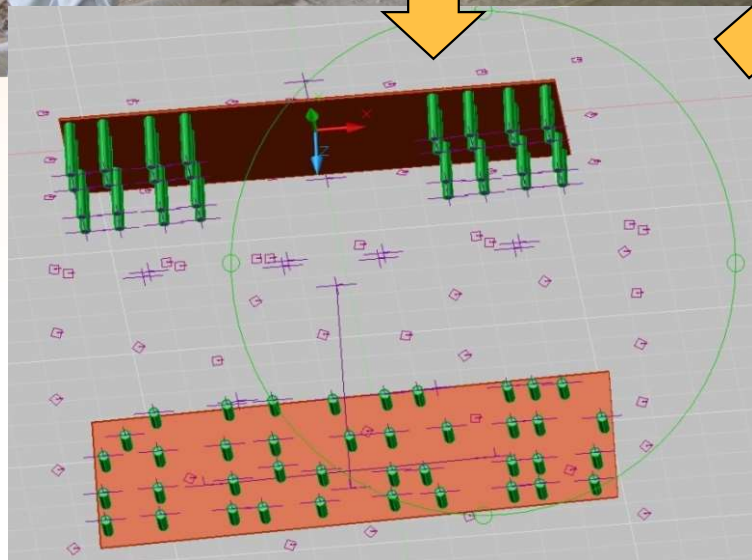
立体面の二次元投影図を作成

- 側面・上面の位置関係を持つ投影図を作成

撮影



3D位置
関係図



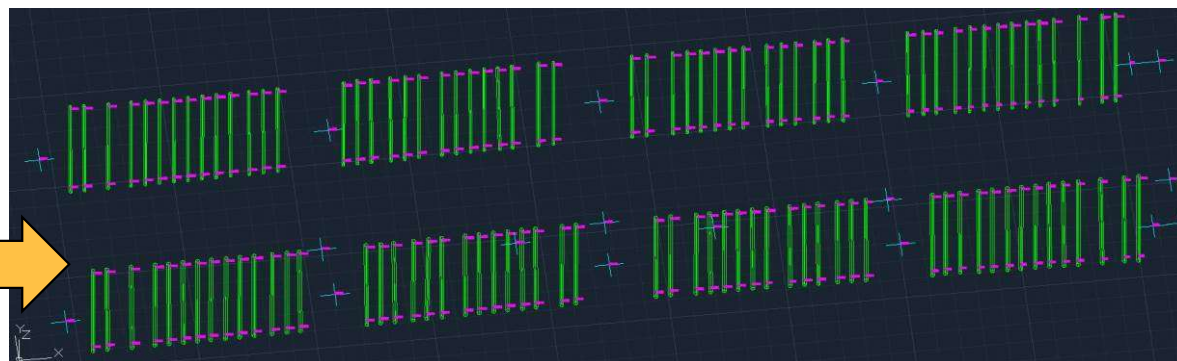
完成



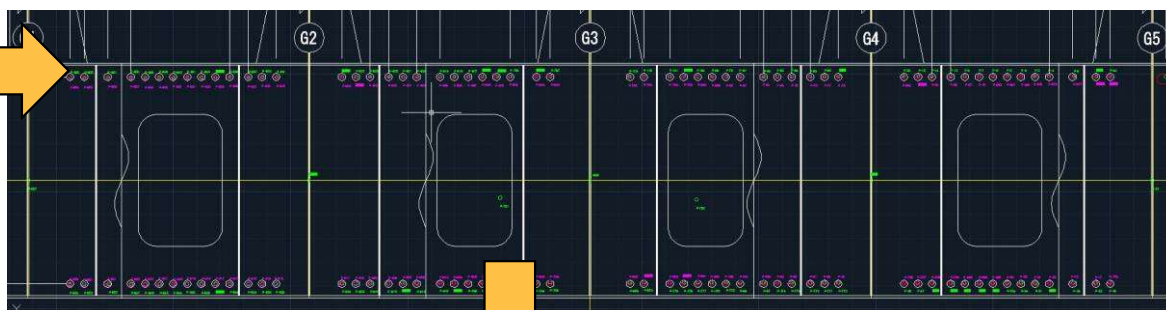
ボルト上下端二次元投影図を作成

- 橋梁下部工鉄筋を計測し橋梁上部工製作図面に反映
計測結果三次元CAD図

撮影状況



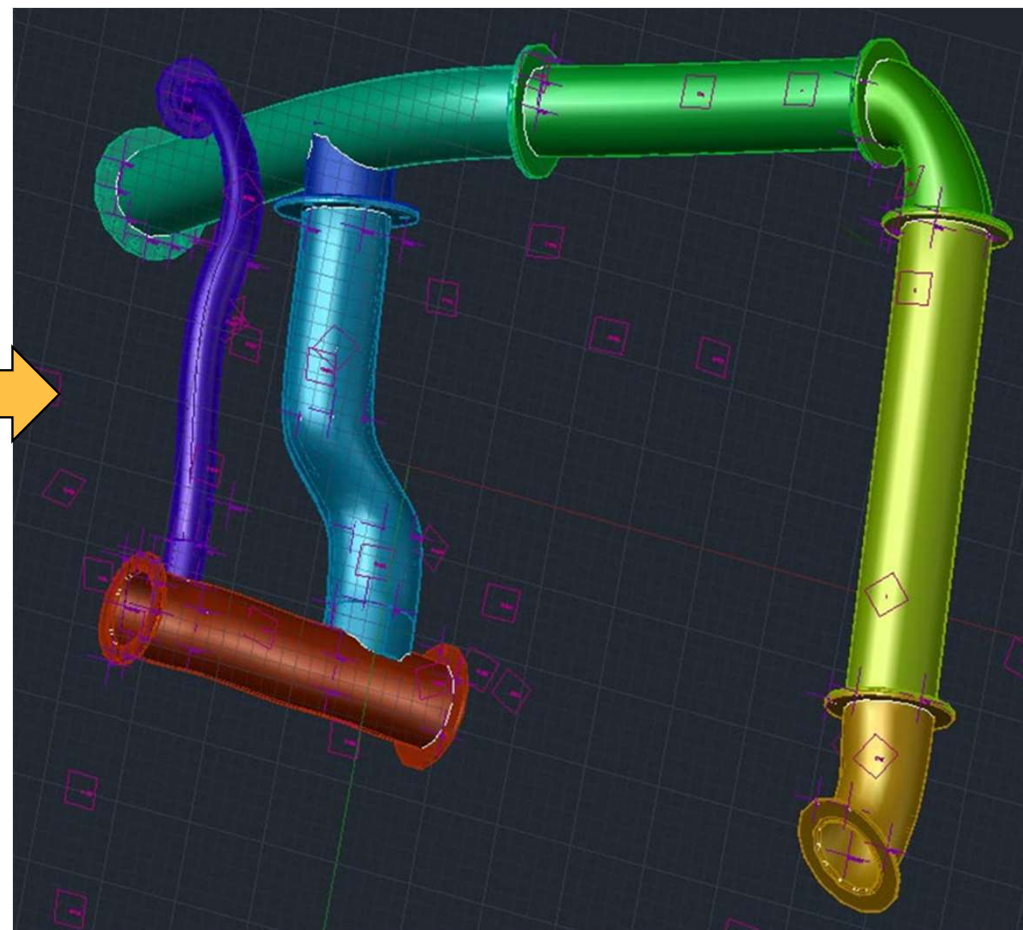
上部工製作図に計測ボルト位置を重ね合わせ



拡大図

配管三次元形状計測

- 既存管を計測し三次元CADデータを作成



コンクリート構造物計測事例

- シールドトンネルセグメント計測



PC橋形状計測



高精度な変位量計測

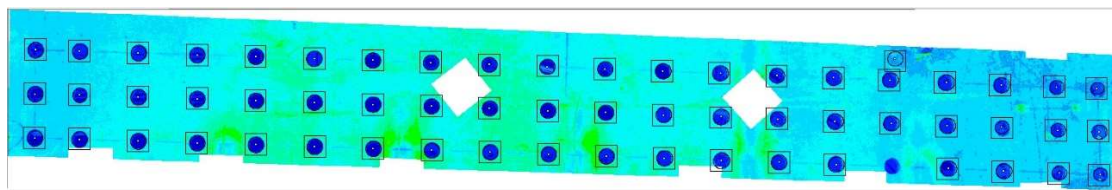
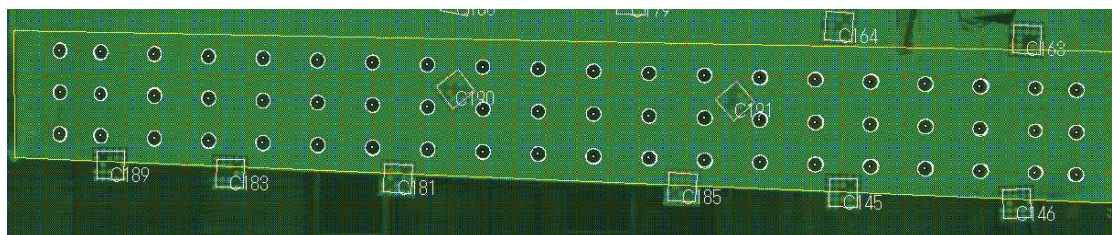
■ コンクリート構造物変位量計測

- 計測対象物とカメラ間距離が1m程度の場合±0.05mm程度の精度
 - 下記写真は「PC道路橋の健全度評価の高度化に関する共同研究」
 - 社)プレストレスト・コンクリート 建設業協会, 国土技術政策総合研究所 提供



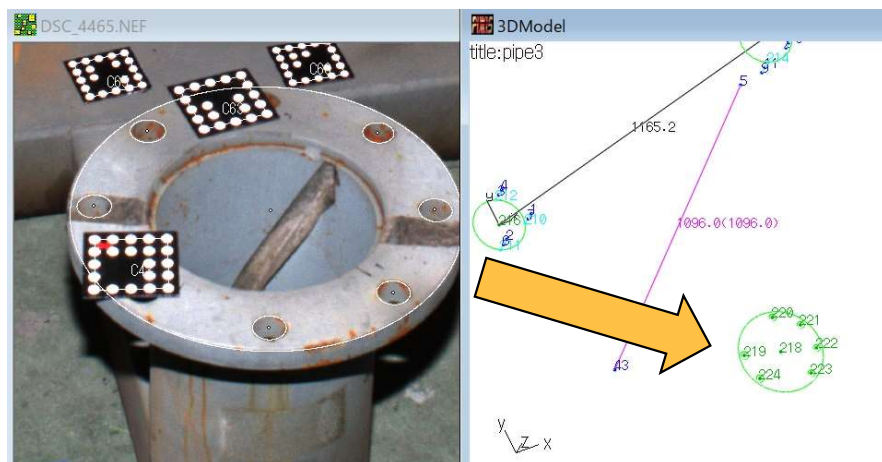
技術論文雑誌運用報告

- 雑誌「橋梁と基礎」2008年5月号
 - － デジタルカメラ計測を使用した数値仮組立てと架設計測との比較
- 雑誌「配管技術」2011年9月号
 - － デジタルカメラを使用した三次元計測技術
- 雑誌「橋梁と基礎」2014年1月号
 - － デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用
- 雑誌「検査技術」2022年9月号
 - － 近距離写真計測技術と画像認識によるターゲット省略技術



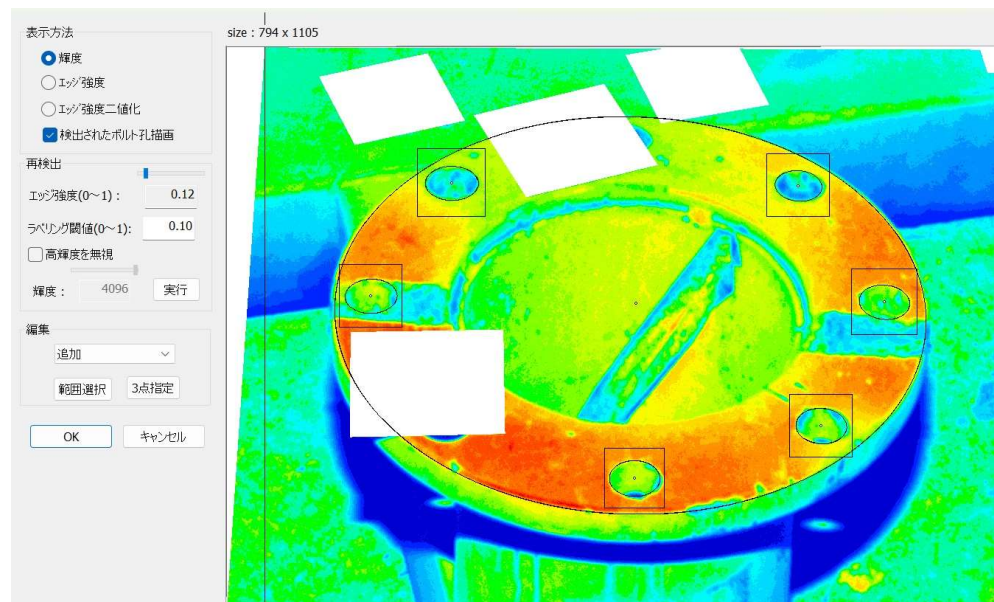
NETIS登録技術

- NETIS登録番号 KT-210092-A
- 技術名称 デジタルカメラ三次元計測システム
PIXXIS2
- 副題 CADと連携する土木・鋼構造物向け高精度三次元デジタルカメラ計測システム
- 登録年月 2021年12月



FIXIS 2

デジタルカメラ三次元計測システム



2022年10月8日



SoftBridge株式会社



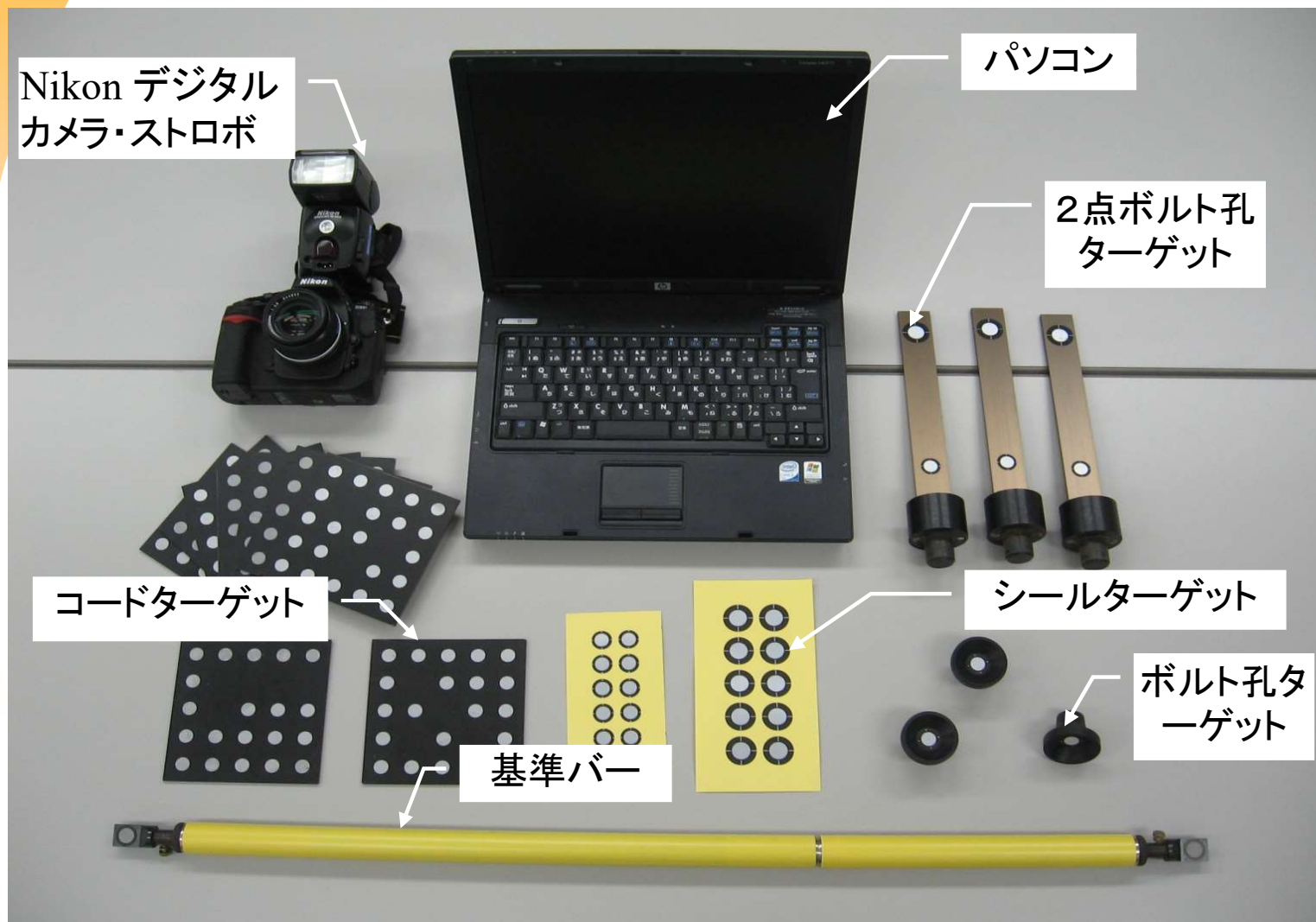
MHIパワーエンジニアリング株式会社

デジタルカメラ計測とは

- **複数の角度から撮影した写真から三次元座標を求める**
 - 二次元データから三次元データを復元する技術
 - エピポーラ幾何と呼ばれる数学技法の応用
- **計測位置の自動認識**
 - 計測位置にマーク(ターゲット)を設置すると複数写真上の同一点をコンピュータが自動認識する
- **計測位置を写真で確認**
 - 計測位置を写真上のマークで確認する
- **トータルステーションと同程度の計測精度**
 - 1秒読みトータルステーションと同程度の計測精度

使用機材

- カメラ・パソコン・ターゲット・基準バー



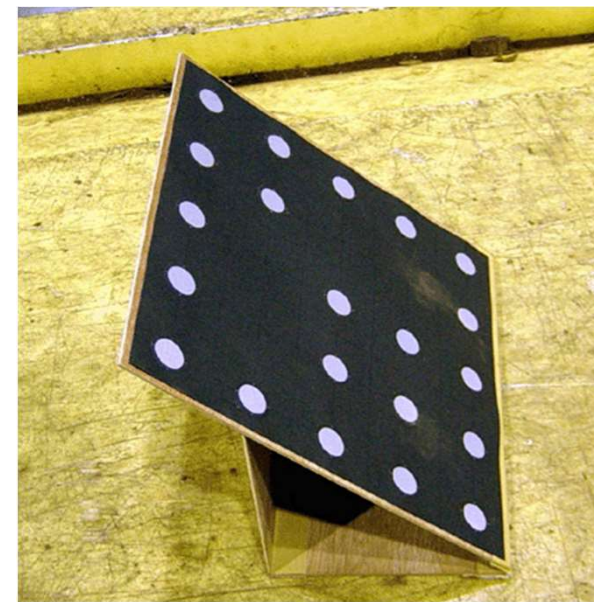
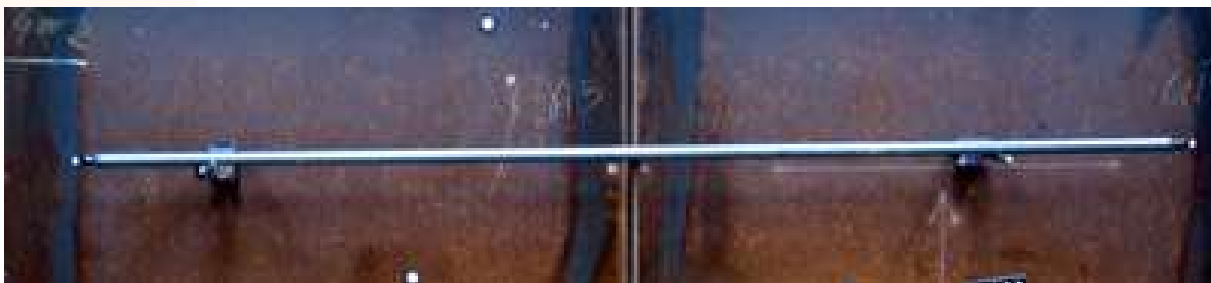
デジカメ計測の原理(1)

コードターゲットによる写真の繋ぎ合せ

- 写真同士を繋ぎ合わせるためコードターゲットを使用
- コードターゲットは5x5の配列で1枚1枚配置が異なる
- 複数の写真から同一のコードターゲットを見つけ立体形状を再現

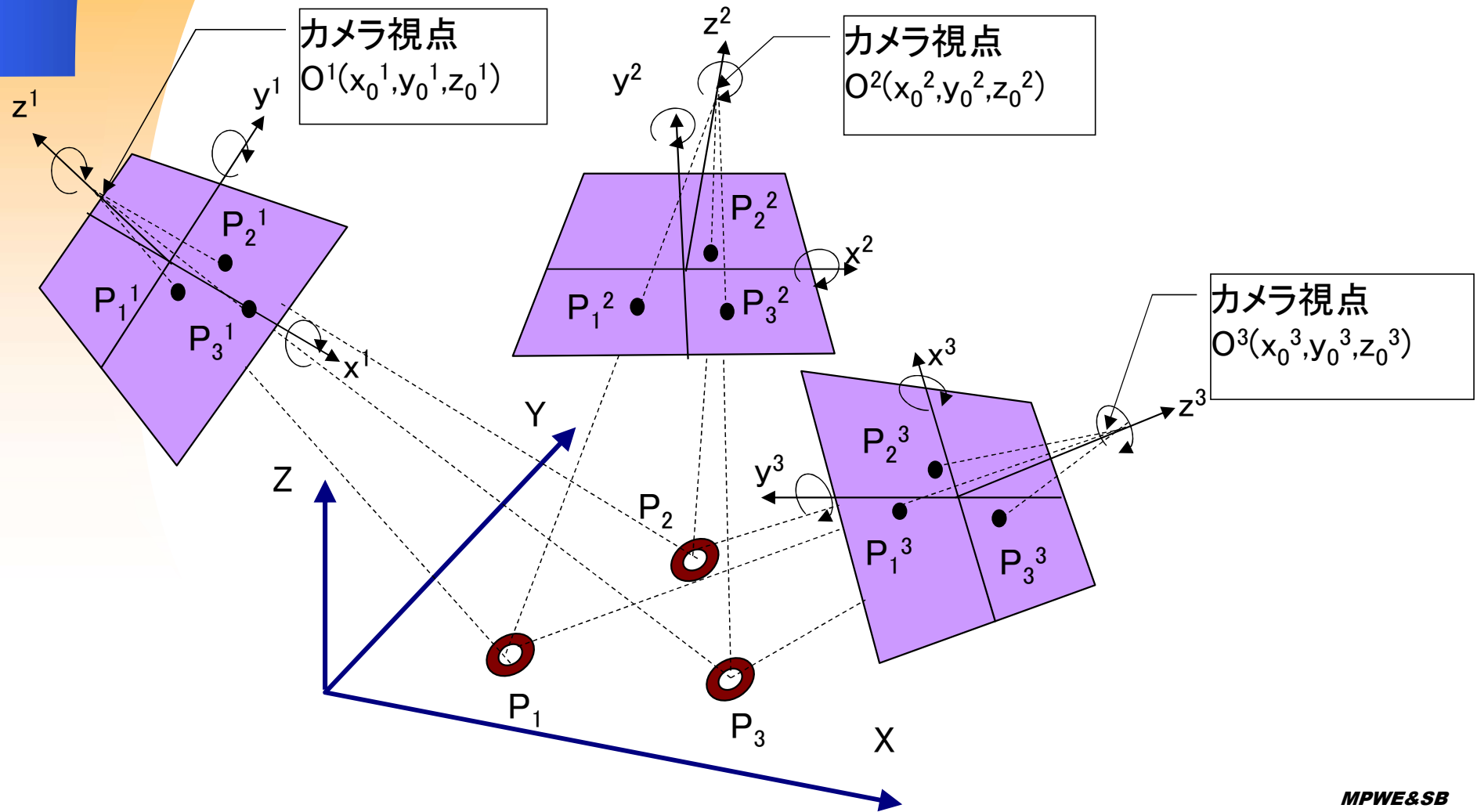
■ 大きさを認識する基準バー

- 写真上の長さを認識
 - 撮影範囲内の任意の場所に配置



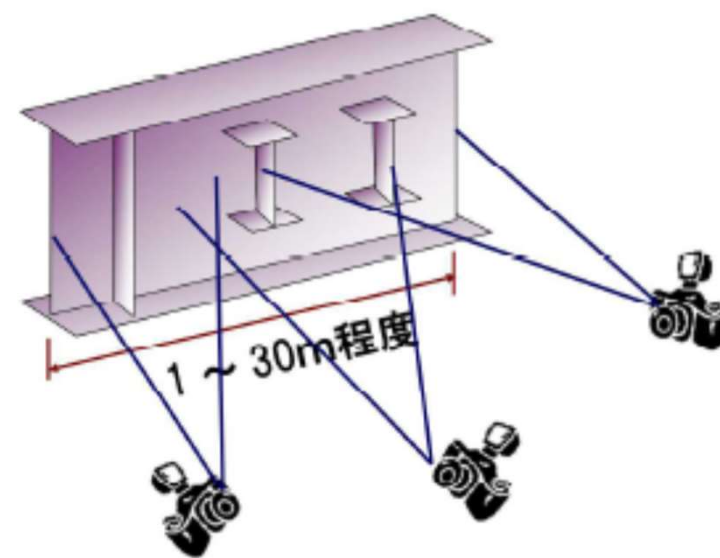
デジカメ計測の原理(2)

- 写真上の位置とカメラ視点から方程式を作成
 - 詳細はエピポラ方程式(幾何)で検索



PIXISの特徴(1)

- デジタルカメラ計測機器としては大型構造物に対応
 - 計測対象構造物サイズ～30m程度まで
 - コードターゲットの大型化と長尺基準バーで対応



PIXISの特徴(2)

- 手軽に計測

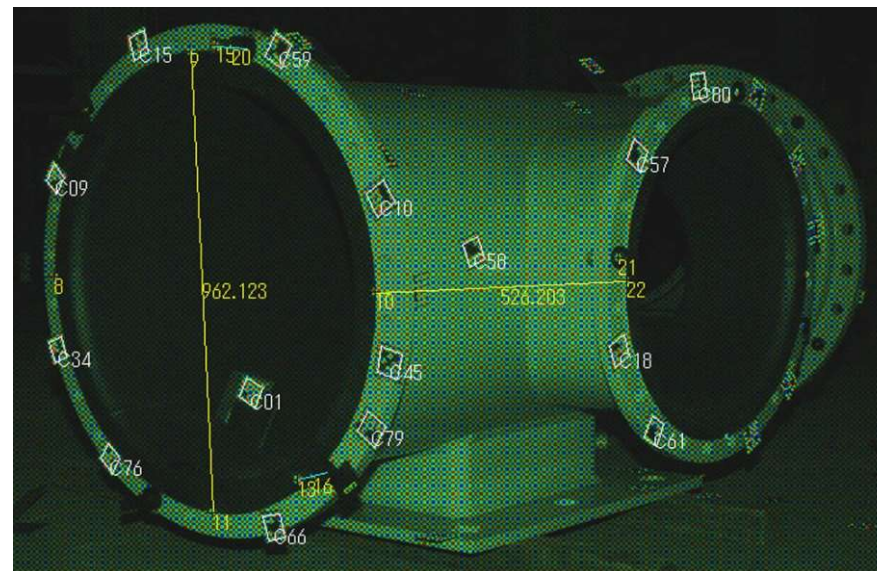
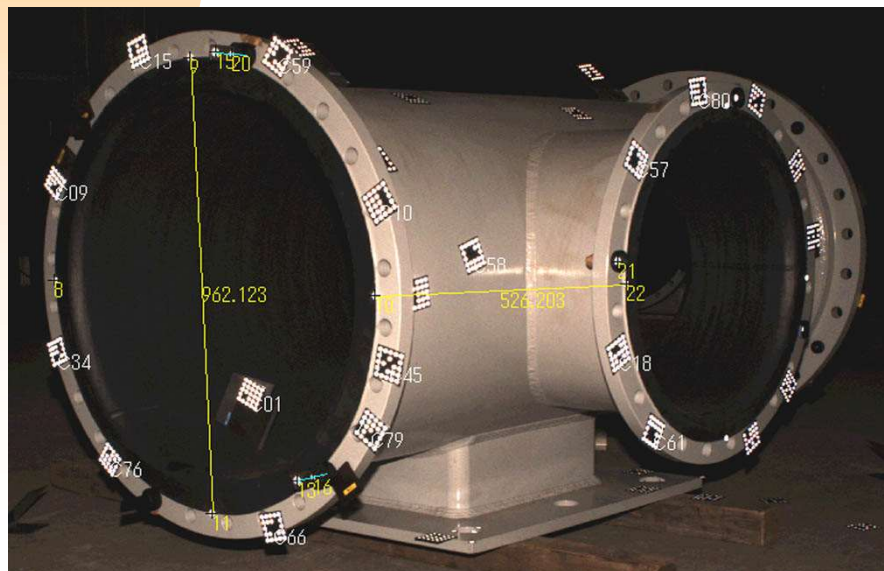
- 光波系測距器に比べ取扱いが簡単
- 屋内・屋外いずれでも使用可能



PIXISの特徴(3)

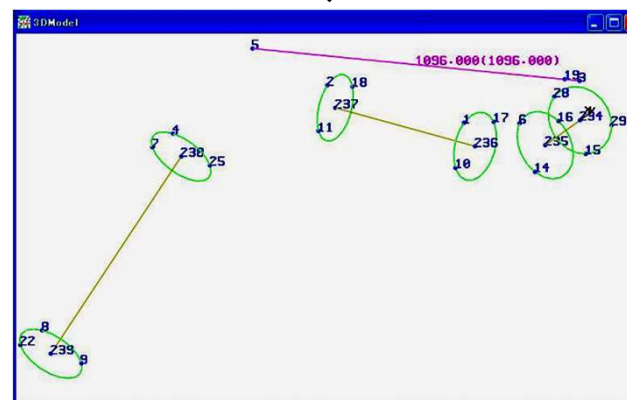
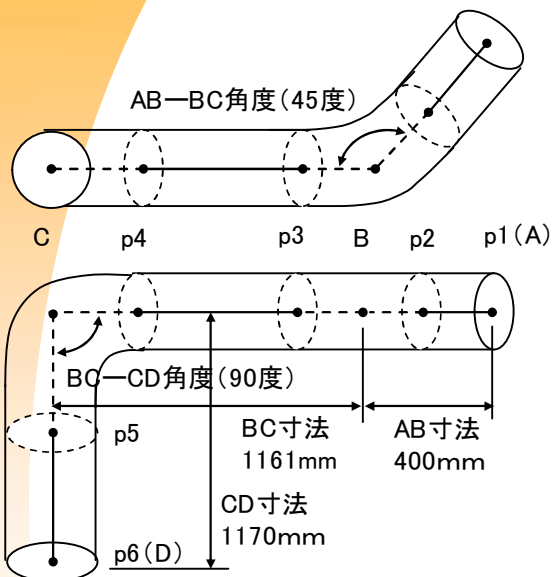
- 状況写真と計測データが連動
 - 撮影写真上で寸法を確認
 - 工事看板なども一緒に写し込み

左図JPG画像、右図RAW画像

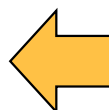


PIXISの特徴(4)

- テープでは求めにくい三次元角度や長さを簡単に計算

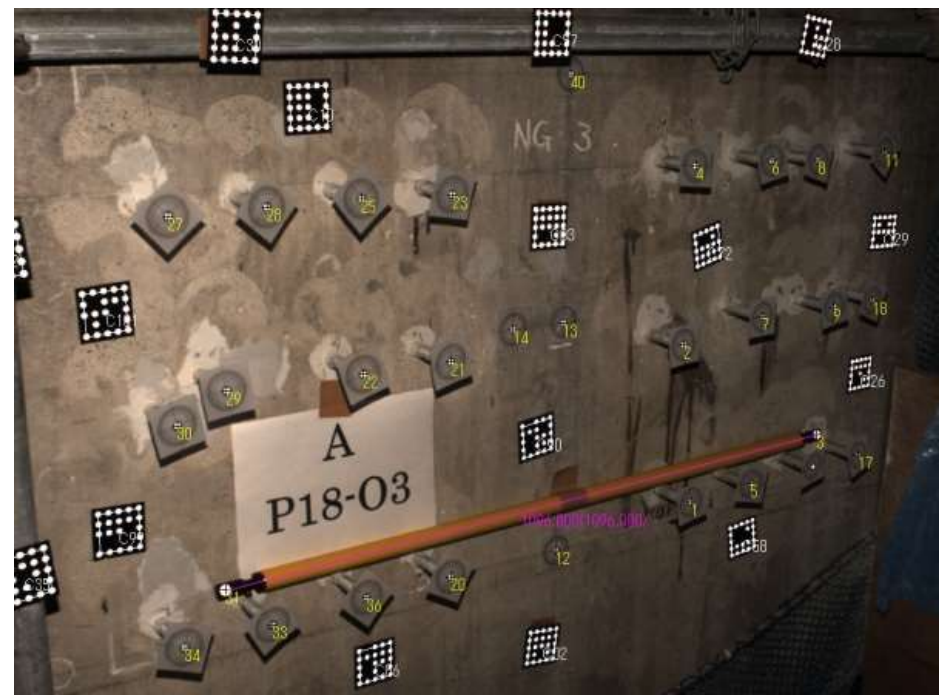


	テープ計測	カメラ計測	誤差
AB寸法	400	396.07	-3.93
BC寸法	1061	1063.85	2.85
CD寸法	1170	1171.49	1.49
AB-BC角度	45	46.04	1.04
BC-CD角度	90	90.05	0.05



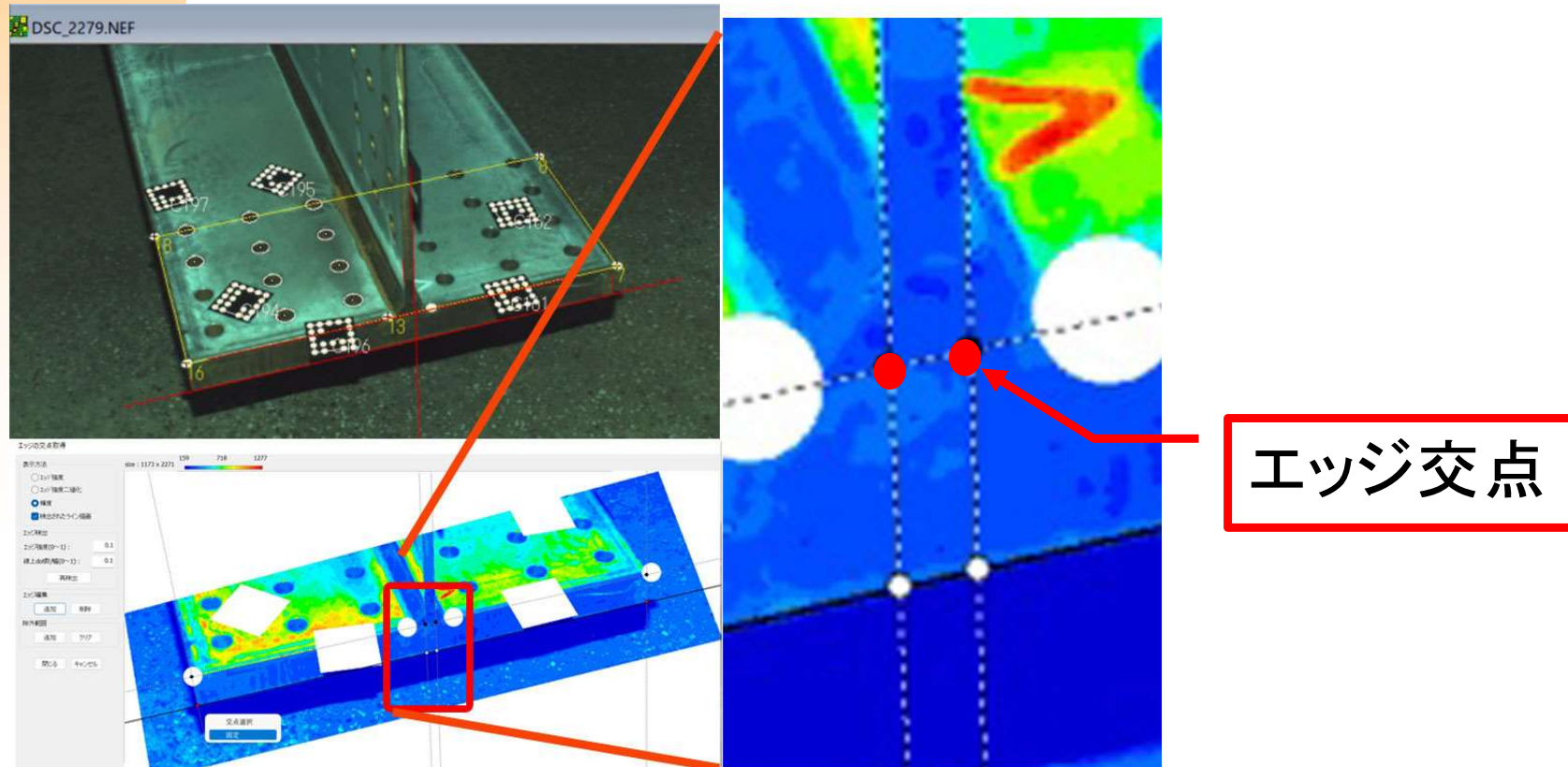
PIXISの特徴(5)

- データ取り間違えミスの防止
 - 類似形状が多い場合部材位置を記載した用紙を一緒に撮影
 - 計測データの天地左右向きも写真を見ればわかる

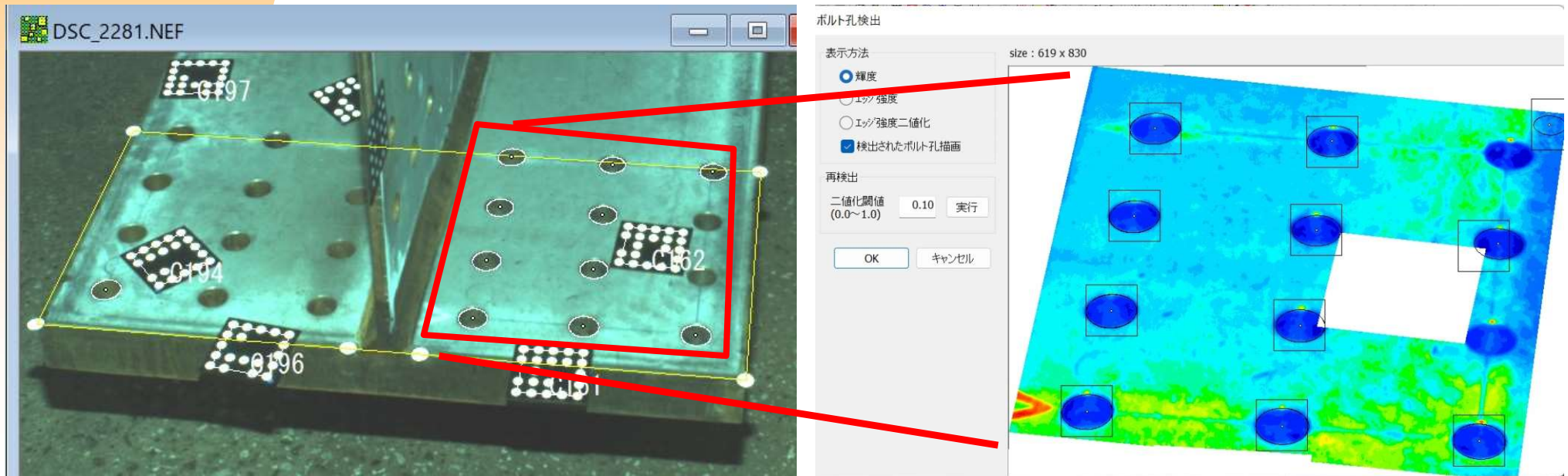


■ エッジ交点認識機能

- 写真上のエッジ交点を抽出し三次元座標を求めることができる
- 計測位置へのシールターゲット貼り付けが不要
- 撮影現場に戻らなくても、写真上で計測点を追加できる



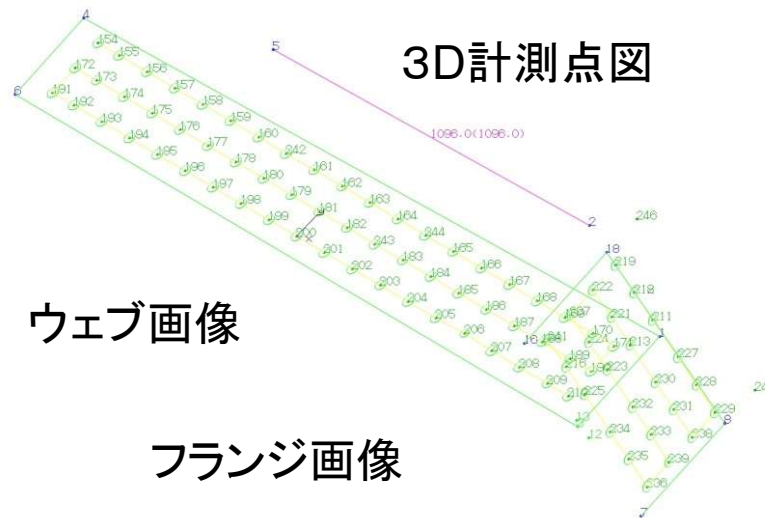
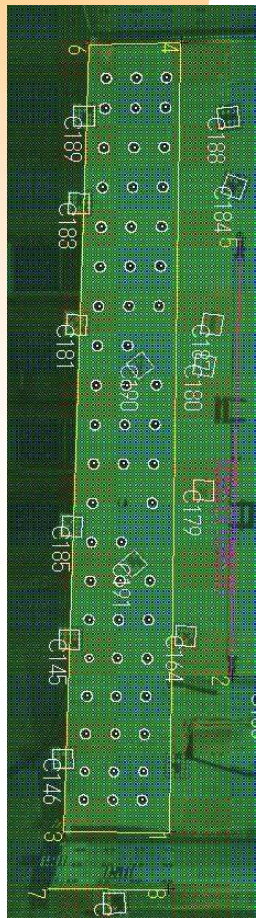
- 円のエッジ認識機能
 - ボルト孔等の円のエッジを認識し中心座標を求める



PIXISの特徴(8)

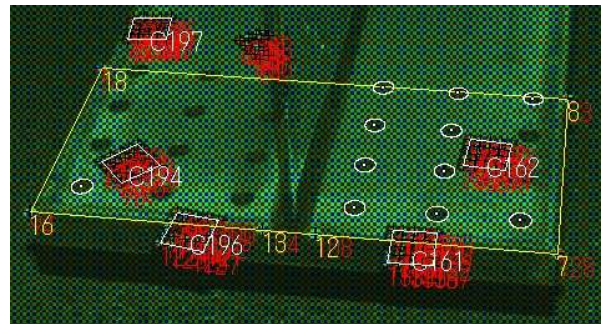
■ 写真上で図化作業

- 写真上の計測点を指定して多角形等作図できる
- 写真上で板厚方向を確認してCADデータを作成
- AutoCADスクリプト形式の図形データを出力

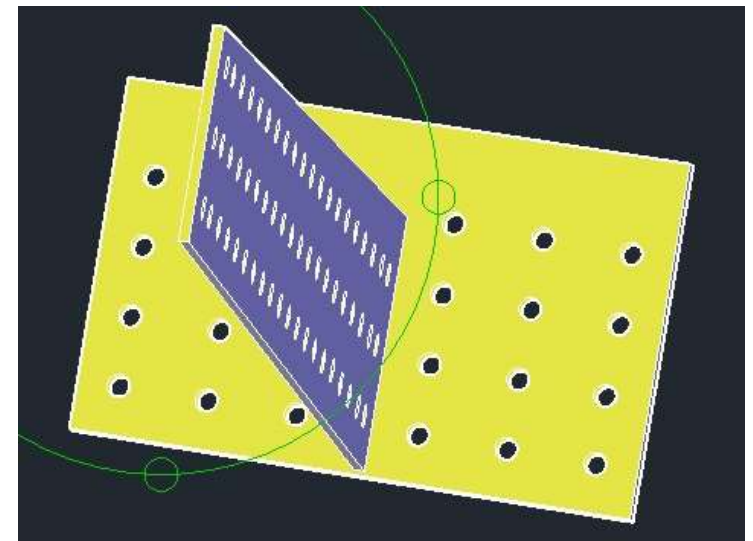


ウェブ画像

フランジ画像



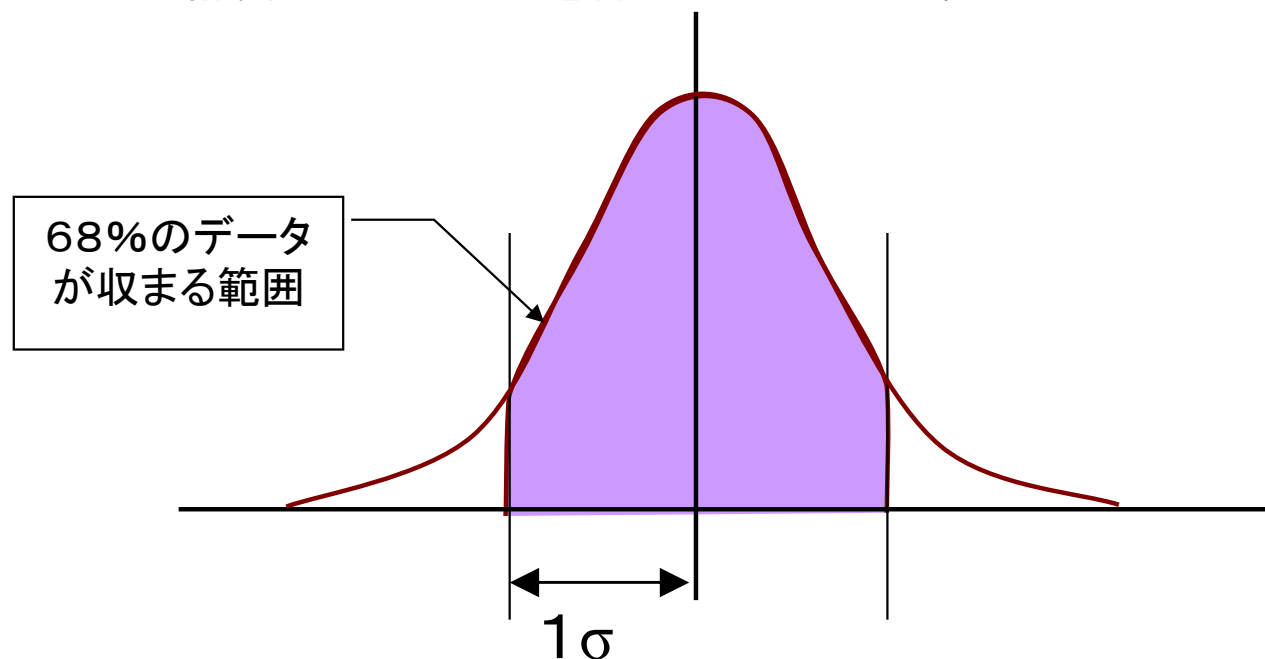
AutoCAD出力図



PIXIS基本計測精度

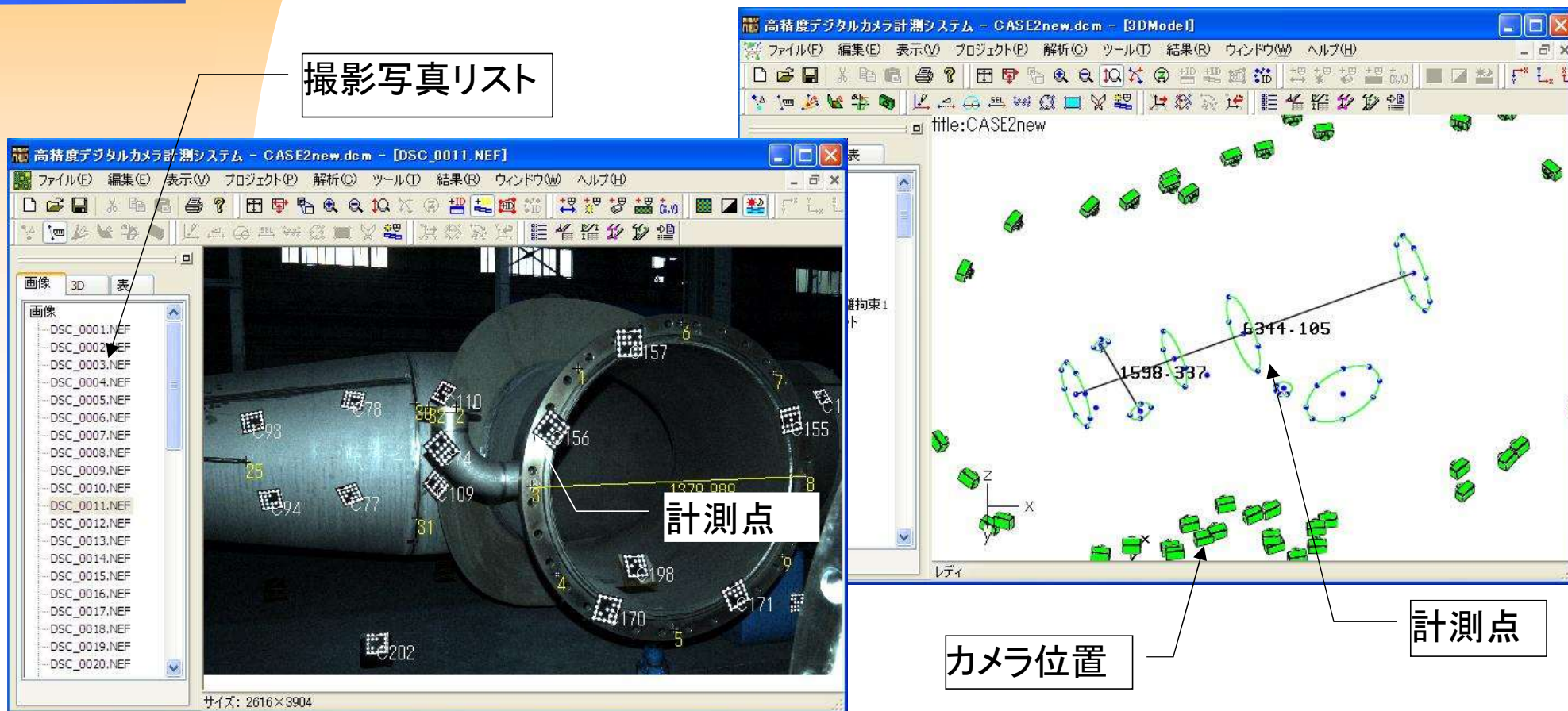
■ 三次元高精度計測

- 計測精度に影響する要因
 - カメラ素子画素数、レンズ焦点距離、被写体平均撮影距離
- 1500万画素、24mm広角レンズ、被写体平均撮影距離3mの場合
- $1\sigma = 0.165\text{mm}$ (三次元上の誤差)
 - 1σ : 標準偏差と言われ、約68%の確率で入る誤差
 - 計測精度は同じ計測点を繰り返し計測した場合の値のばらつき度合い



PIXIS画面

- 写真上に計測点を表示
- 三次元モデル画面に対応する計測点を表示
- 写真と三次元モデルを使用して作図処理



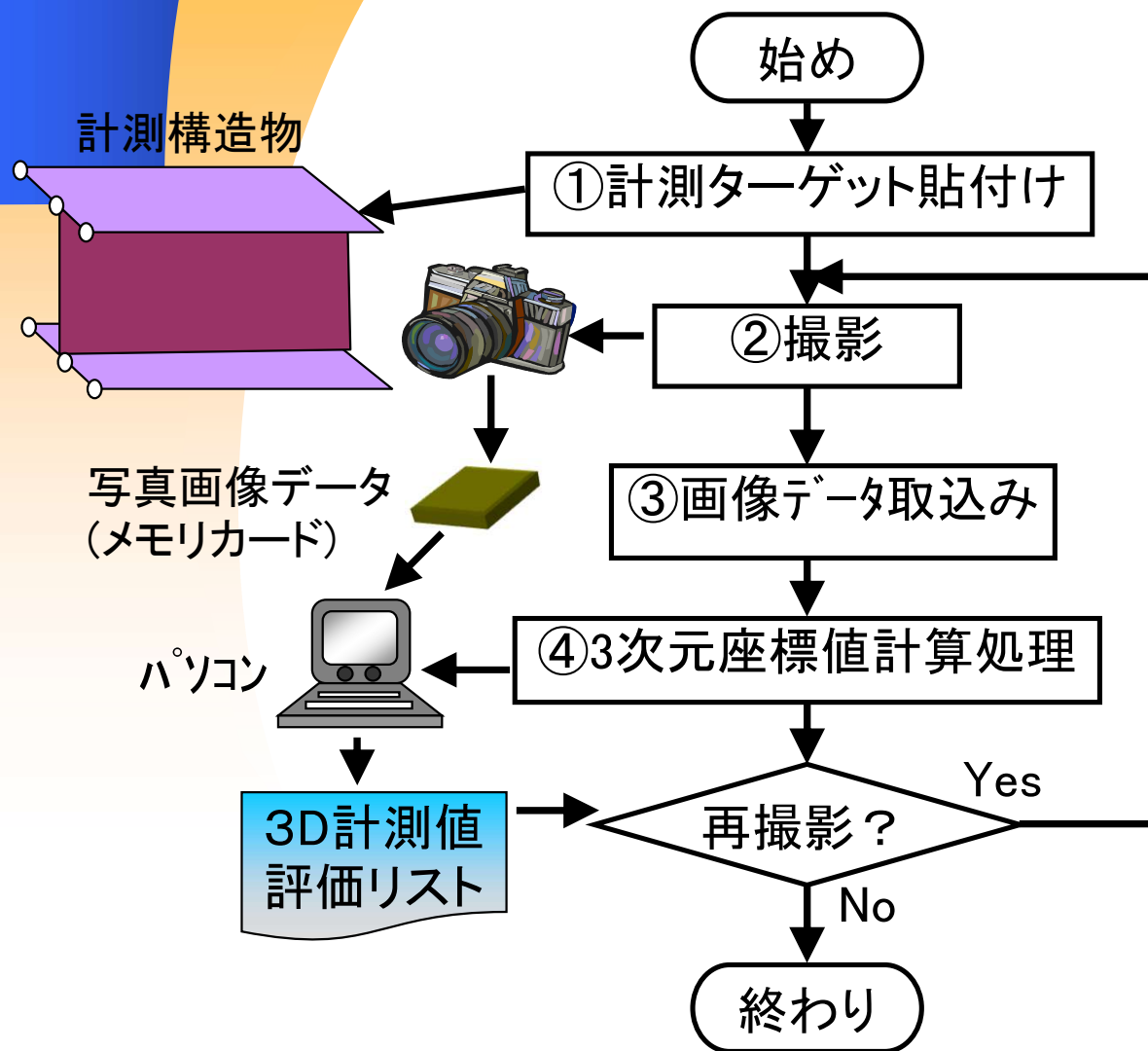
既存計測器との比較

- 光学系三次元計測器との計測精度比較

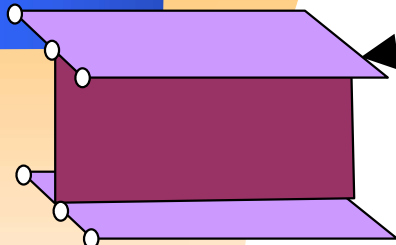


10m長さ比較(単位mm)	計測平均値	標準偏差	計測精度
トータルステーション(MONMOS)	10000.049	0.047	1/212,767
PIXXIS(平均78枚撮影)	10000.255	0.157	1/63,696
PIXXIS(平均54枚撮影)	10000.401	0.260	1/38,463

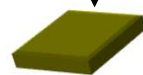
作業手順



計測構造物



写真画像データ
(メモ리카ード)



パソコン



3D計測値
評価リスト

始め

①計測ターゲット貼付け

②撮影

③画像データ取込み

④3次元座標値計算処理

再撮影?

Yes

No

終わり

シールターゲット、コードターゲットを計測位置に貼付

デジタルカメラで撮影

メモリーカードの画像をPCに
取込み

PIXISでの計算処理

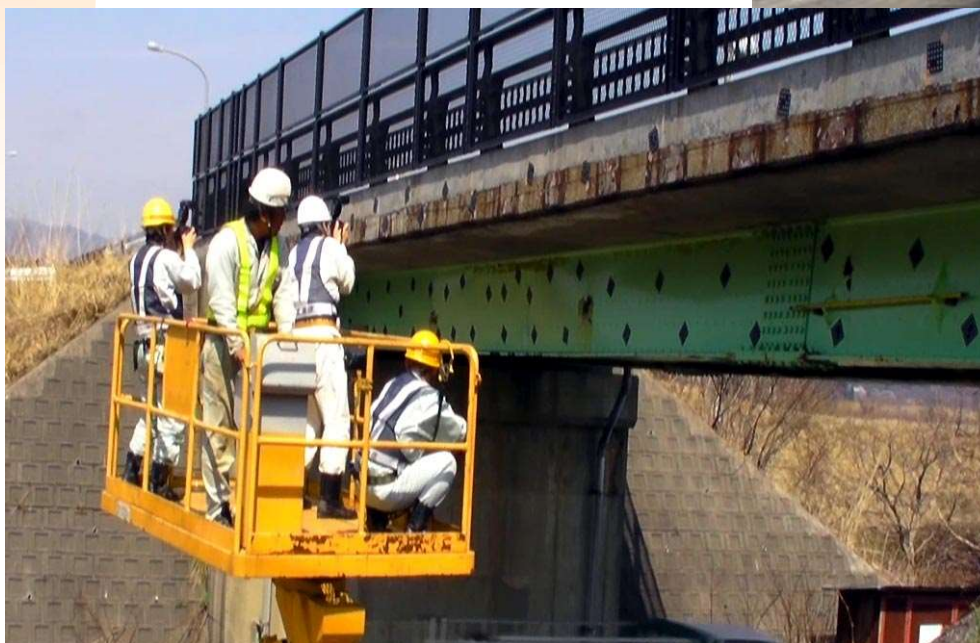
ターゲット類貼付け

- 計測位置にシールターゲットを貼付け
- 任意位置にコードターゲットを貼付け



カメラで撮影

- デジタルカメラで複数の方向から撮影



パソコン操作

- 撮影画像をパソコンに取り込み三次元座標を求める



3DModel

DSC_6040.NEF

LINE	X	Y	Z	DEPTH	ANGLE	STATUS
5	8557.212	-412.194	-8.524	0.023	0.022	0.058
6	8257.704	-411.310	-17.853	0.021	0.020	0.056
7	8707.145	-412.572	-4.168	0.023	0.022	0.058
8	7808.195	-30.973	-1.129	0.021	0.020	0.053
9	7807.830	-408.973	-30.662	0.021	0.020	0.052
10	9007.339	-412.840	4.147	0.023	0.022	0.076
11	8107.612	-220.942	-10.791	0.022	0.021	0.058
12	7356.136	-218.759	-26.141	0.021	0.020	0.049
13	8407.171	-601.421	-21.436	0.022	0.021	0.055
14	8107.212	-410.662	-22.023	0.022	0.021	0.056
15	8707.630	-222.228	-1.417	0.023	0.022	0.060
16	7957.278	-409.983	-26.195	0.022	0.021	0.059

作業状況ビデオ



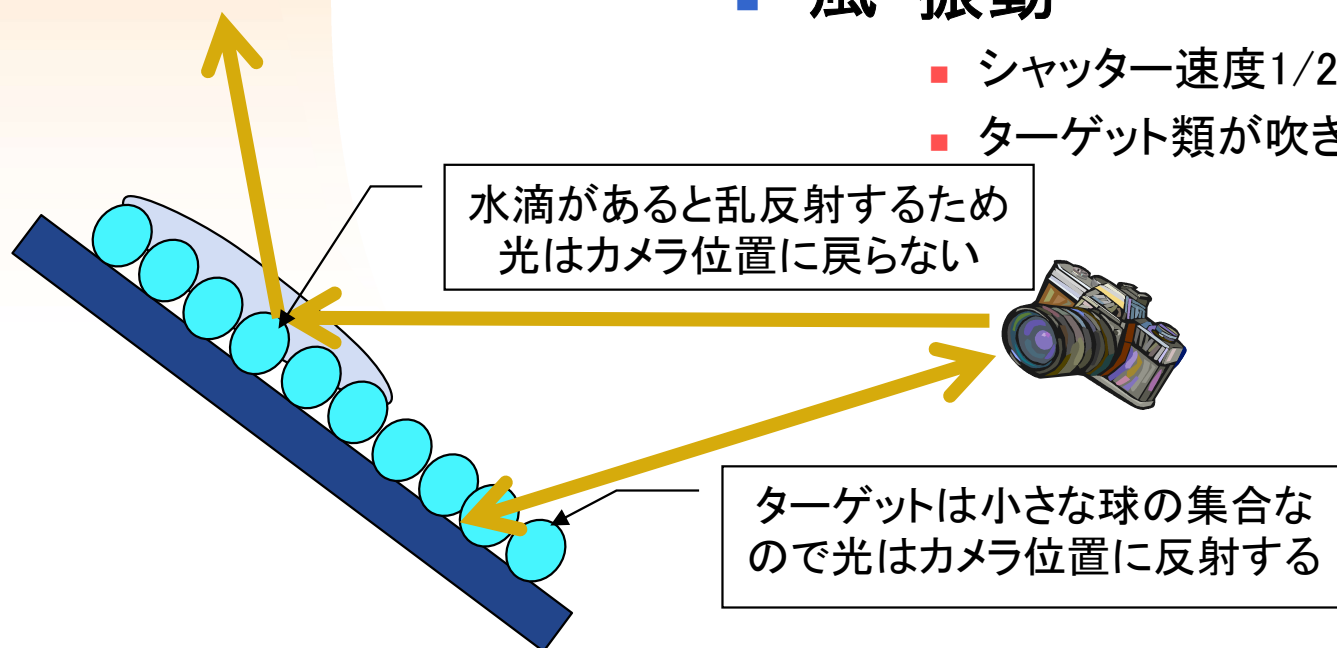
作業時間

- 鋼構造物(7m×1m×2m程度の全周計測)
 - ターゲット貼付け、撮影、ターゲット撤去で1時間程度
 - ターゲット貼付け作業で脚立などの足場有無により変わる
- 既存補修現場(2m×2m程度の面)
 - ターゲット貼付け、撮影、撤去で1か所20~30分程度
 - 現場条件により変わる



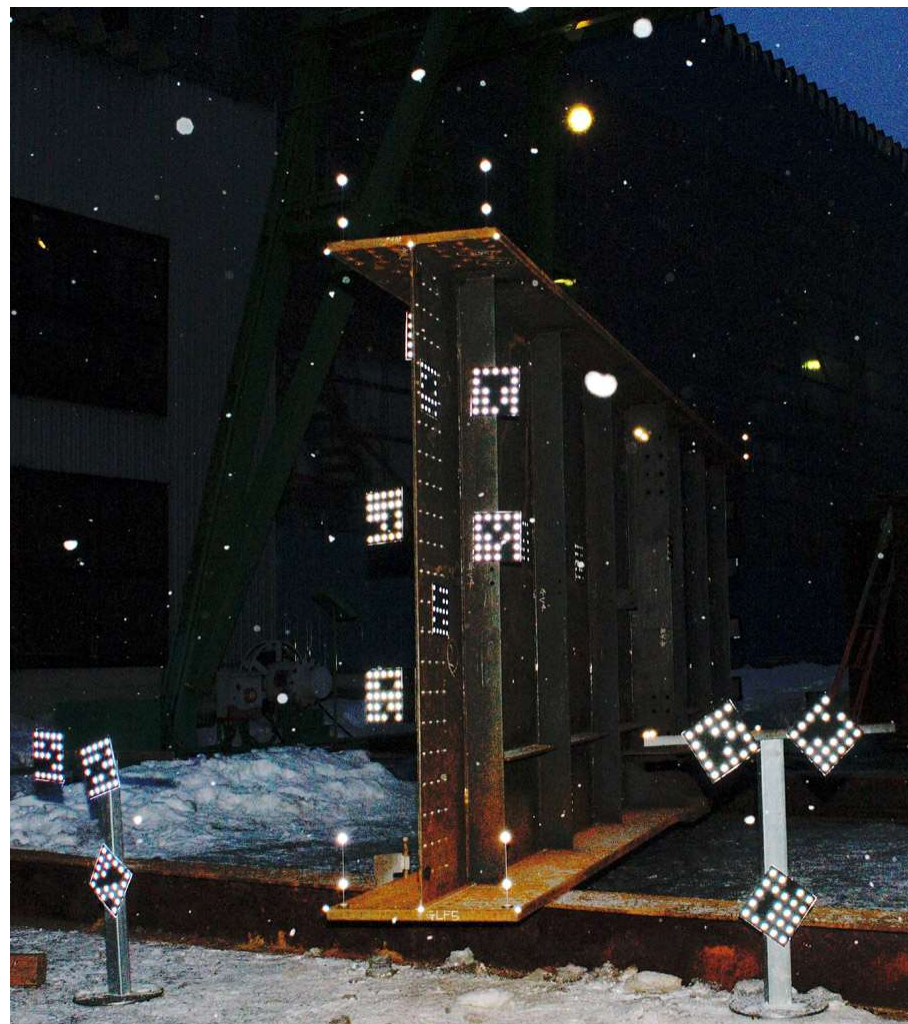
制限事項

- 撮影距離 1m～15m程度
 - ストロボの光が届く範囲
- ターゲット類に水滴を付けない
 - ストロボ反射光がカメラ方向に戻らない
- 温度
 - 氷点下の気温でも計測可能であるがカメラ内部温度が0～40度程度の範囲内となる時間内
- 風・振動
 - シャッター速度1/250でぶれない程度
 - ターゲット類が吹き飛ばされない程度



厳しい環境下での計測

- 寒冷地屋外夜間計測を実施
- 計測精度など問題なし



計測処理後に行う作業

- **エッジ抽出機能を使用した座標計算**
 - 板の角などエッジ交点の三次元座標計算
 - ボルト孔・リベット中心などの円中心座標と半径の計算
- **写真上の任意位置を指定した座標計算**
 - 3枚以上の写真上の同一点をマウスで指定する
- **計測標系の座標変換**
 - トータルステーション計測座標系への変換
 - 設計3次元座標系への計測座標変換
- **PIXXIS計測データからCADデータを作成**
 - 写真上の計測点を見ながら多角形。線分等の図形を作成
 - 作成した図形に色やレイヤ等の属性を付けてAutoCADデータ出力

エッジ抽出の仕組み

- SobelFilter技術 画像からエッジを検出する技術
- Hough変換 エッジの直線部分を検出する技術



図-1 橋梁断面写真(オリジナル)

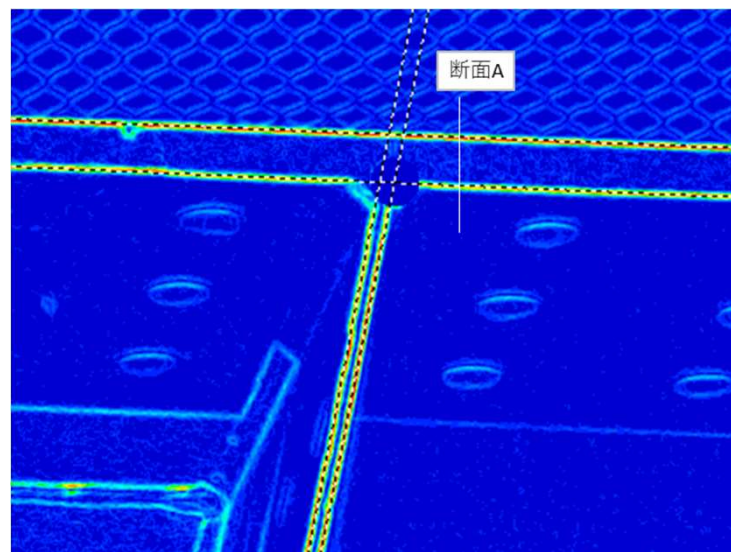


図- エッジ検出画像(Sobel Filter Hough変換)

断面Aエッジ強度

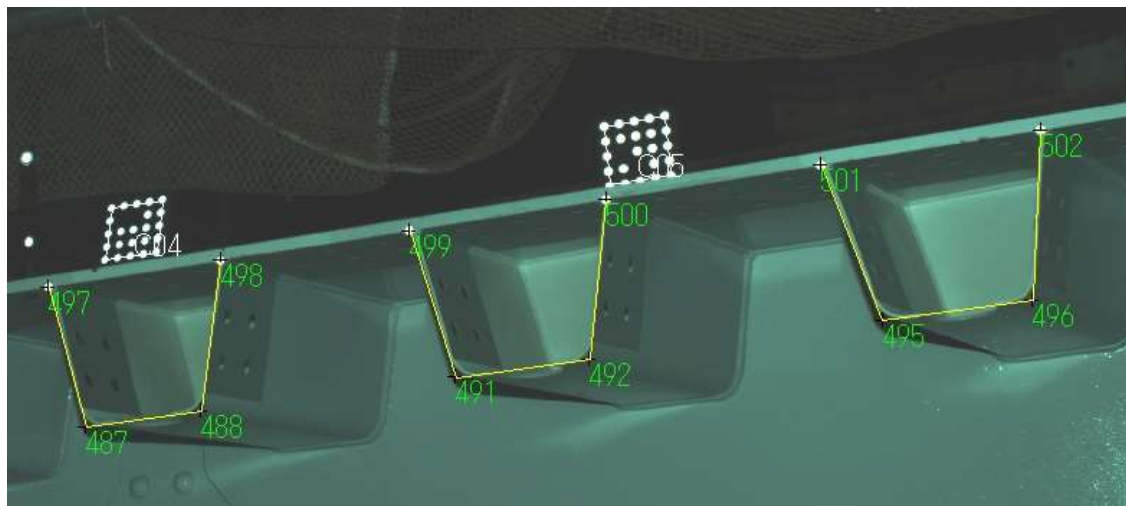


0.0 0.5 1.0

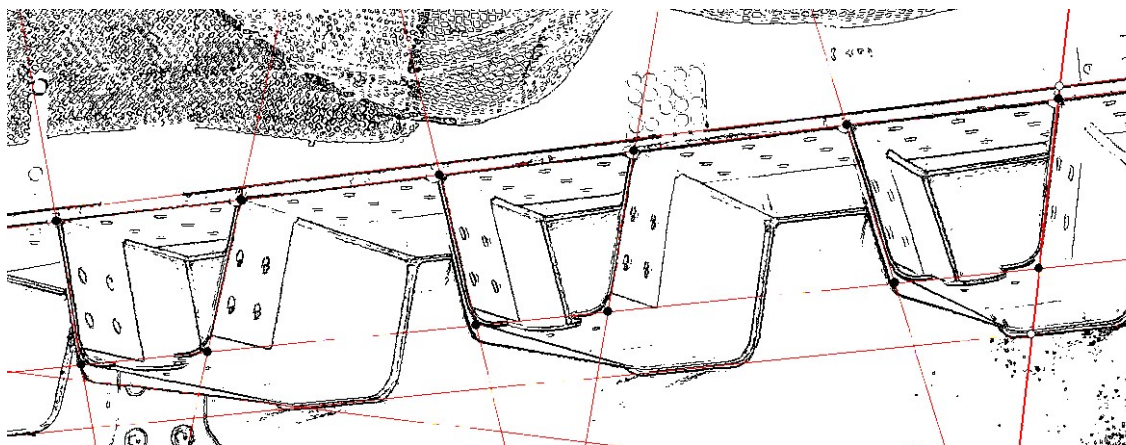
エッジ交点認識手順1

- 画像からエッジを抽出する

撮影画像

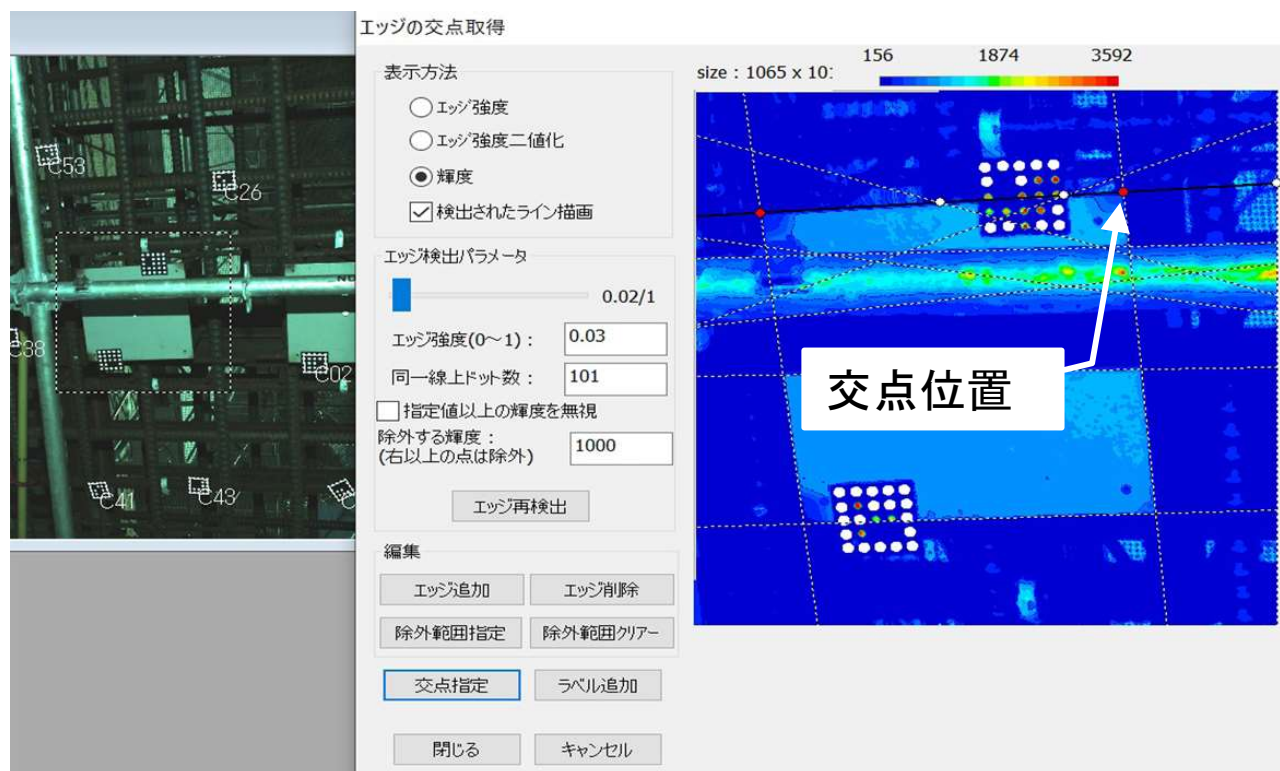


画像から抽出したエッジ



エッジ交点認識手順2

- 抽出したエッジ交点から三次元座標を計算
 - ー エッジ交点位置は利用者側で指定する



PIXISのエッジ操作

円エッジ認識手順

- 円のエッジを認識し中心座標を求める
 - ボルト孔円のエッジを認識し円中心点を求める



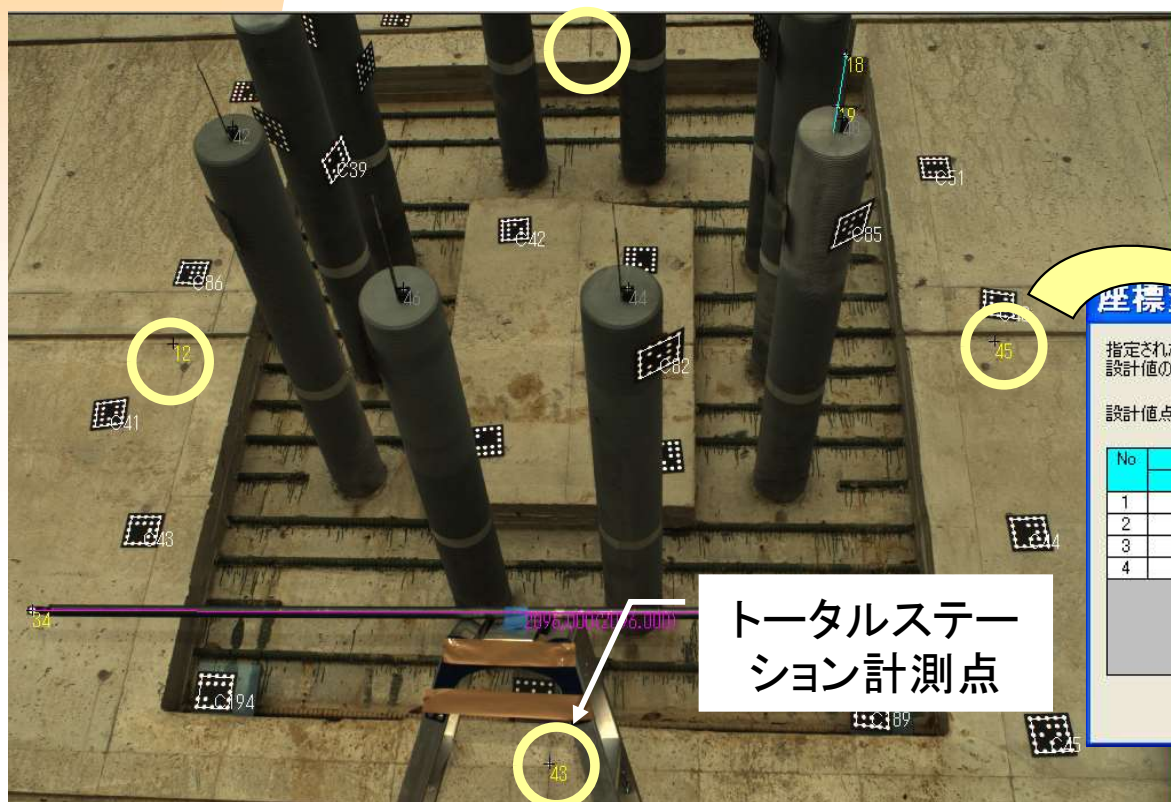
マウスを使用した計測点の追加

- 計測忘れ点を写真上で追加設定
 - 写真に計測点を追加することができる
 - 3枚以上の異なる角度から撮影した写真上で同一点を指定



他の三次元計測器との連携

- トータルステーション計測座標系にPIXIS計測座標を変換
 - 工事全体の主要点はレーザを使用したトータルステーションで計測
 - 主要点内の細かい計測点はPIXISで計測
 - PIXISの計測座標系合わせ機能により全体座標系に変換



基準4点のトータルステーション座標を入力

座標変換 設計値へすりつけ

指定されたポイントの座標値と入力された設計値と最も近づく様座標変換されます。
設計値の点数・座標値、及び座標変換方法を指定して下さい。

設計値点数:

No	設計値			点ID	適合誤差		
	X	Y	Z		dX	dY	Z
1	32699.000	4348.000	345751.000	45	1.487	0.093	0.145
2	31583.000	2849.000	347352.000	36	-1.458	-0.649	0.079
3	32701.000	1349.000	345742.000	12	1.060	0.653	0.759
4	33594.000	2849.000	344487.000	43	-1.090	-0.097	-0.983

計測座標を設計座標系に変換

- 三次元設計座標に対応する計測点を指定して変換
 - 設計値に対応する3点以上の計測点を指定して全ての座標を変換
 - トータルステーション座標系変換と同じ機能

3DModel
title: case2-1

PIXIS3次元画面上の点を指定する

座標変換 - 設計値へすりつけ

指定されたポイントの座標値が、入力された設計値と最も近づく様に座標変換されます。設計値の点数・座標値、及びポイントを選択して下さい。

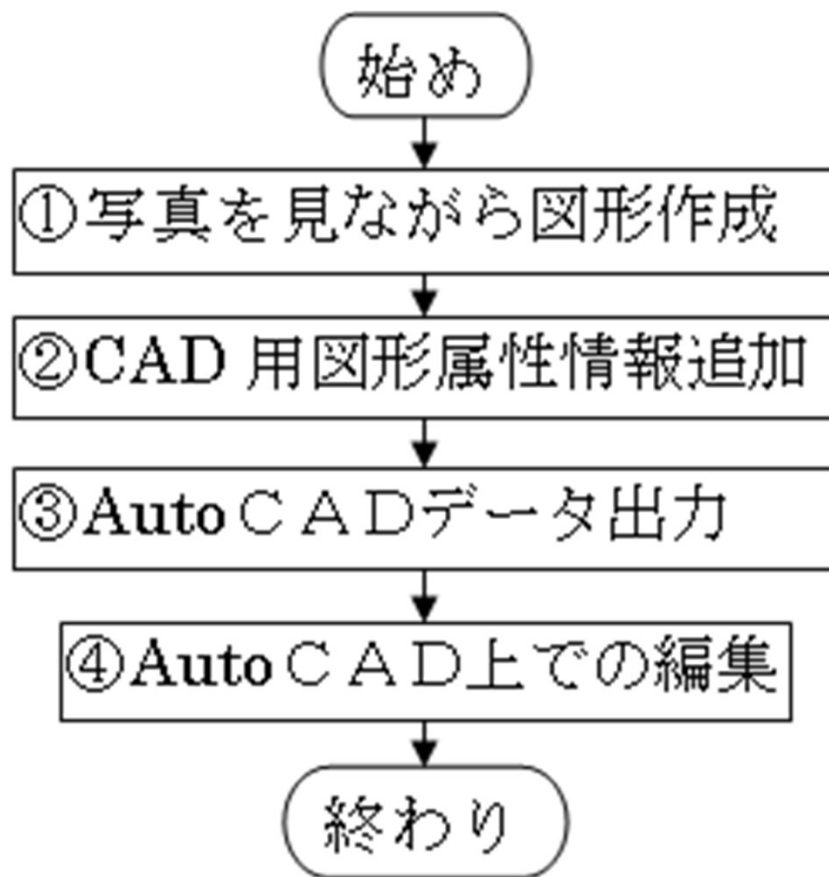
設計値点数: 8

No	Designed Value			No	Diff		
	X	Y	Z		dX	dY	dZ
1	-1500	12052	282	89			
2	1500	12052	282	84			
3	-1500	12243		88			
4	1500	12243		83			
5	-1500	-4503	327	64			
6	1500	-4503	327	65			
7	-1500	-4294		49			
8	1500	-4294		788			

設計三次元座標

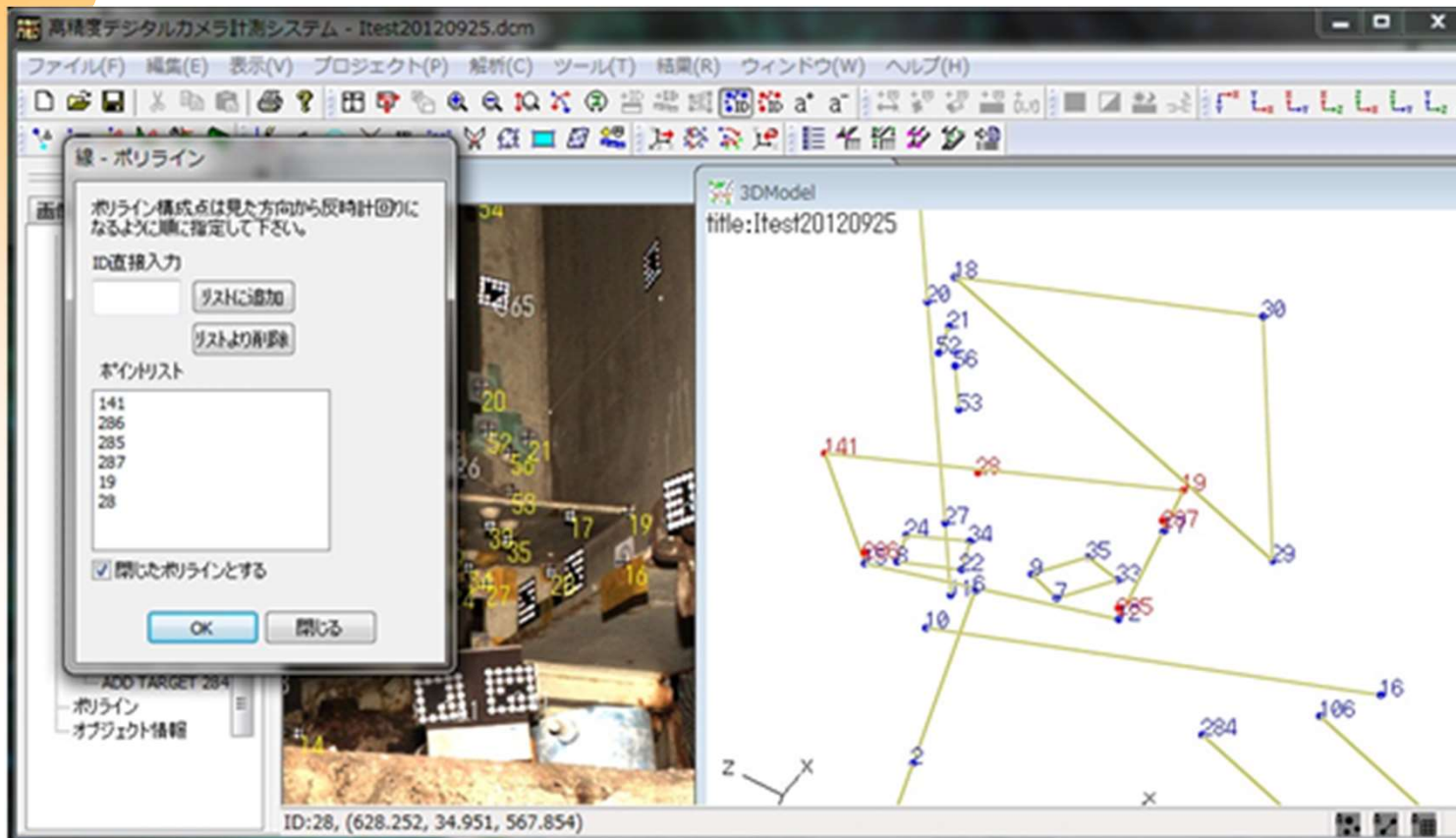
CADデータ作成(1)

- 手順は次の通り



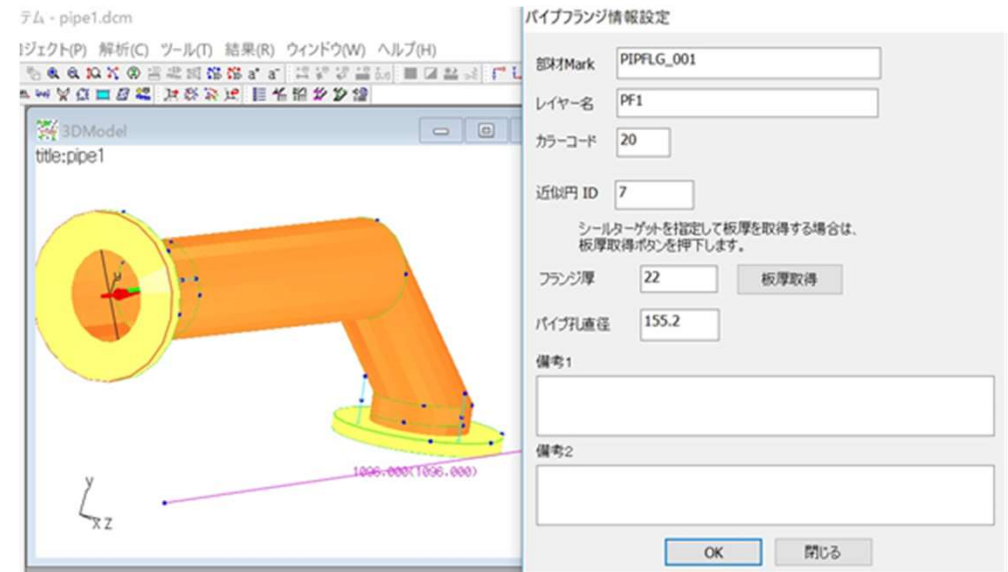
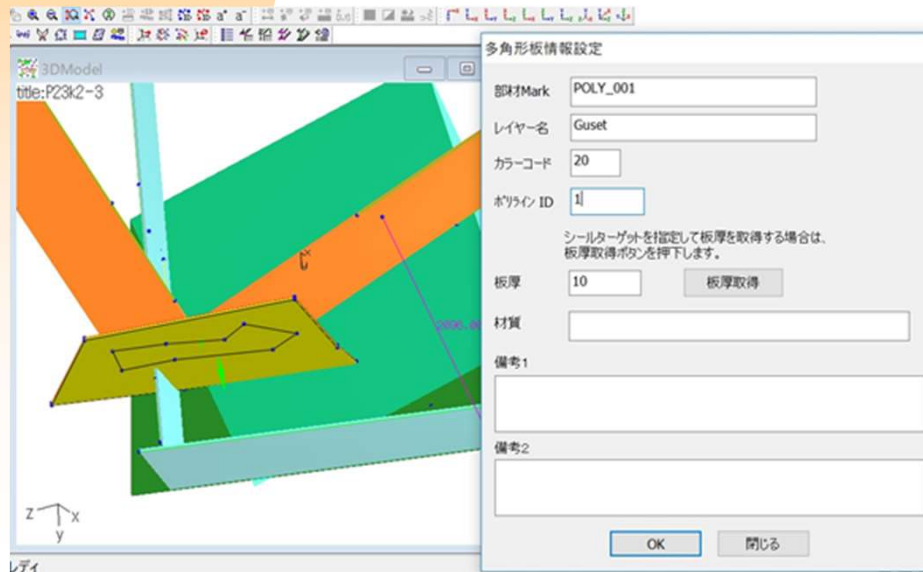
CADデータ作成(2)

- 写真や3Dモデル上の図形を見ながら作成
 - 下図は多角形指定画面の例



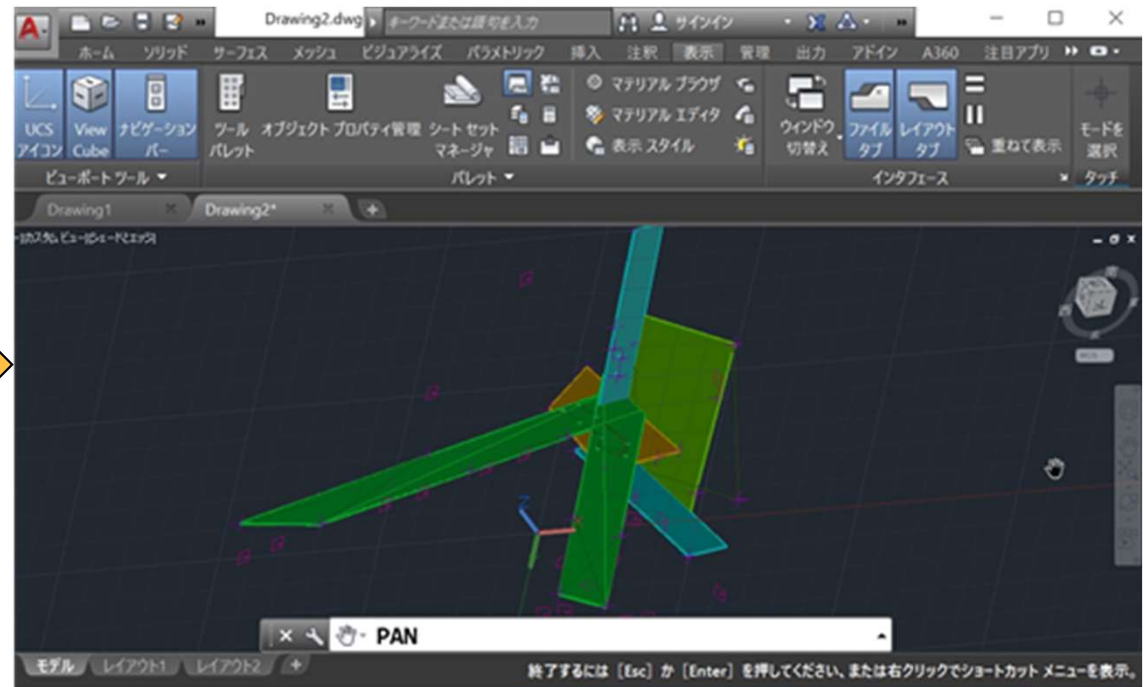
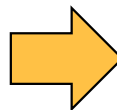
CADデータ作成(3)

- CAD図形属性の追加
 - 色・レイヤ名等の指定
 - 板厚・管径等の指定
 - ボルト孔・隣接面等の指定



AutoCADデータ出力

- AutoCADスクリプト形式データを出力
 - AutoCADに読み込み編集
 - AutoCADはAutoCAD2019以降を推奨
 - AutoCAD LTは3Dデータのスクリプト実行できないため作図不可



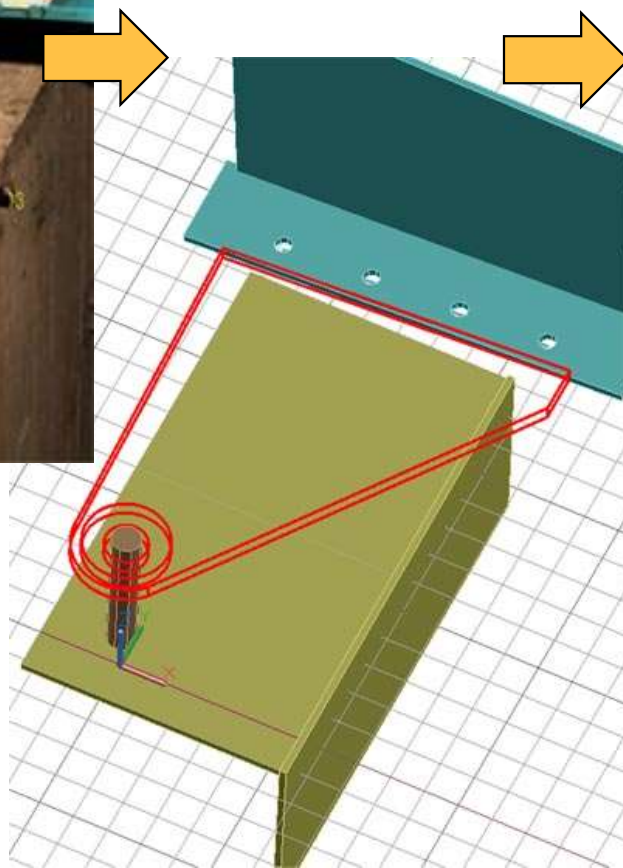
三次元CAD利用例1

- 三次元空間上の部材形状を簡単に作成



ボルト孔位置関係を計測

三次元CADに計測データを出力し部材形状を作成



製作した部材を取付

三次元CAD利用例2

- 既設構造物三次元形状CAD出力



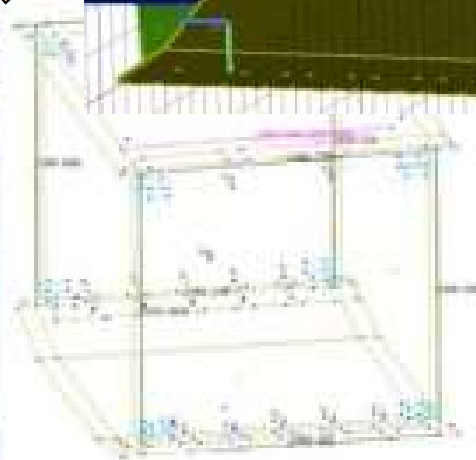
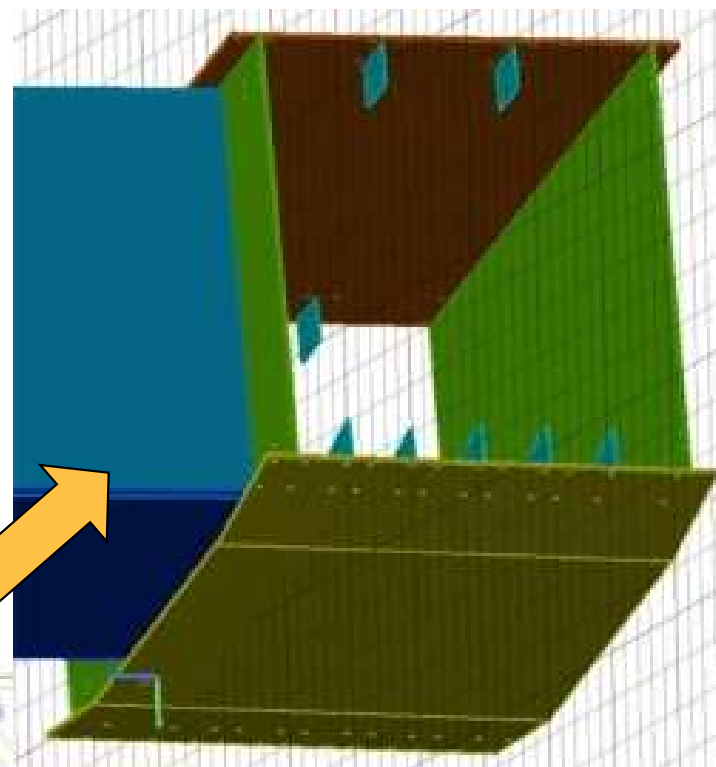
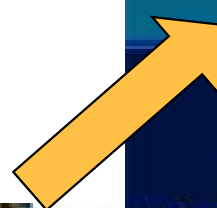
撮影作業



PIXIS画面



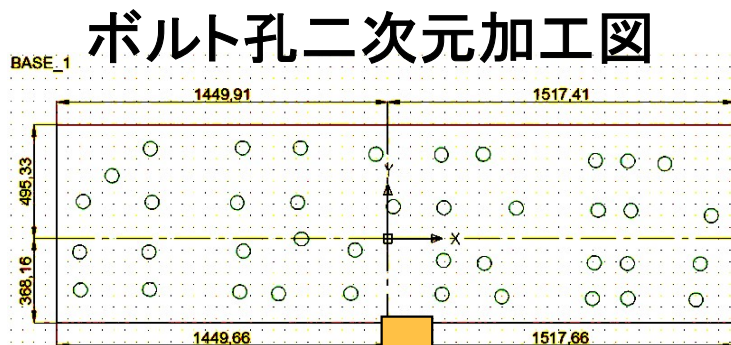
AutoCAD三次元形状出力



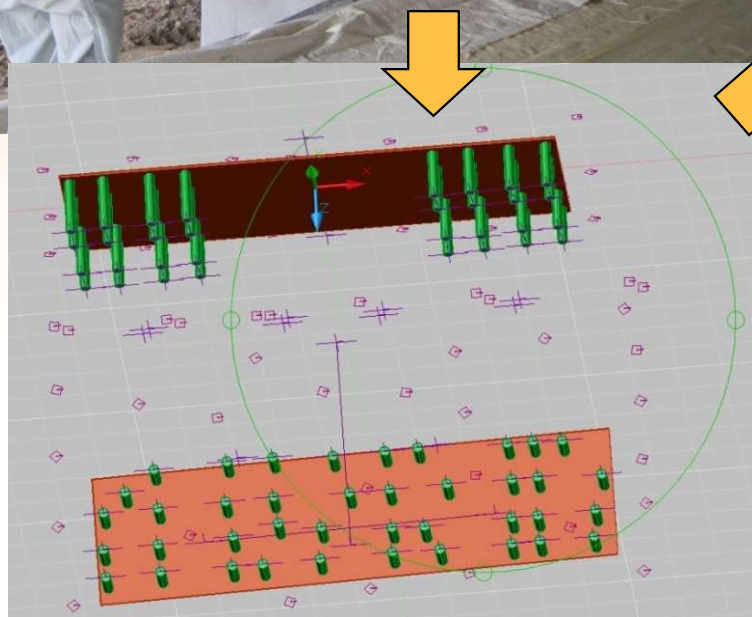
立体面の二次元投影図を作成

- 側面・上面の位置関係を持つ投影図を作成

撮影



3D位置
関係図



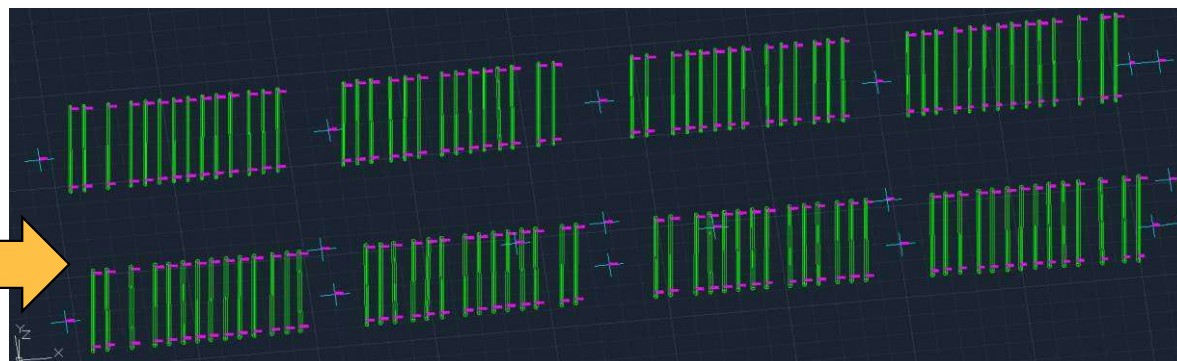
完成



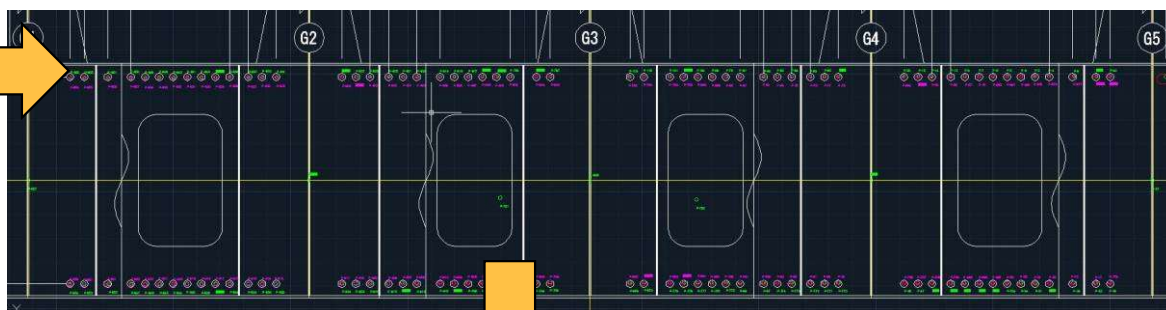
ボルト上下端二次元投影図を作成

- 橋梁下部工鉄筋を計測し橋梁上部工製作図面に反映
計測結果三次元CAD図

撮影状況



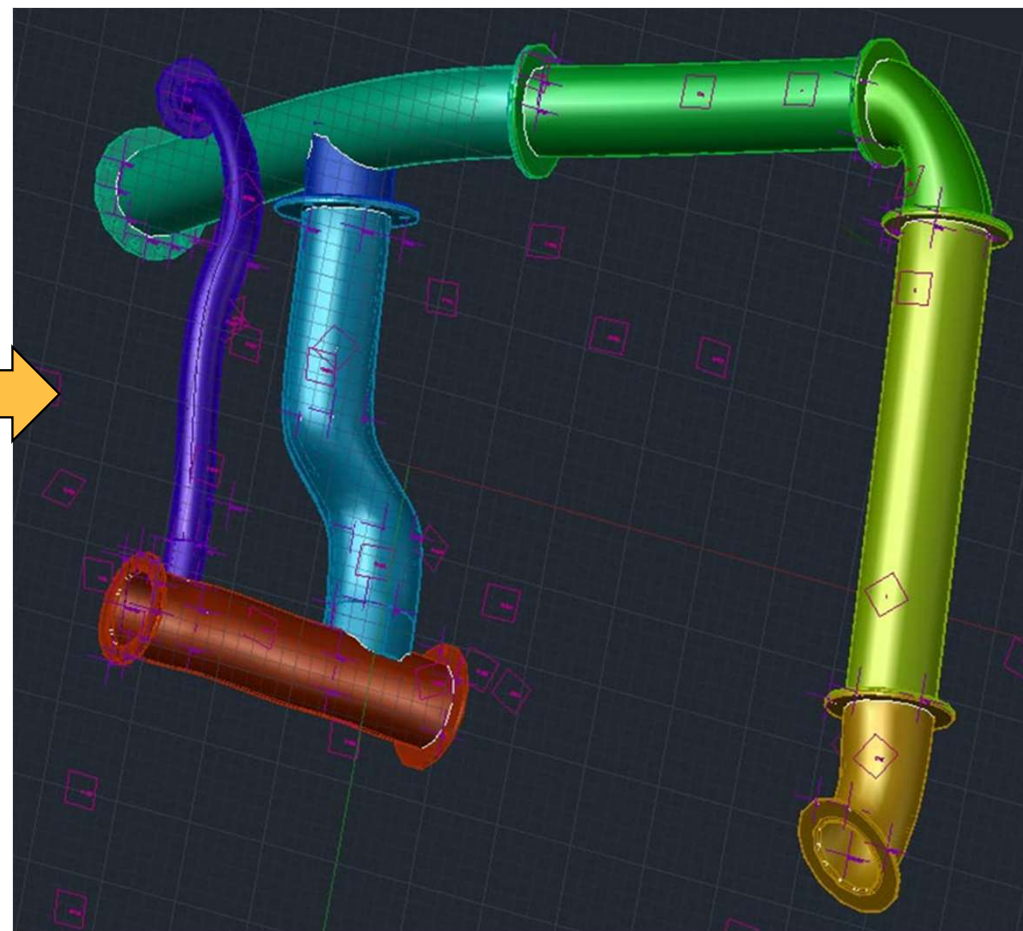
上部工製作図に計測ボルト位置を重ね合わせ



拡大図

配管三次元形状計測

- 既存管を計測し三次元CADデータを作成



コンクリート構造物計測事例

- シールドトンネルセグメント計測



PC橋形状計測



高精度な変位量計測

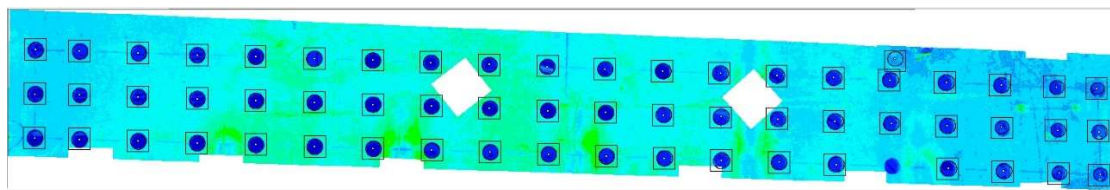
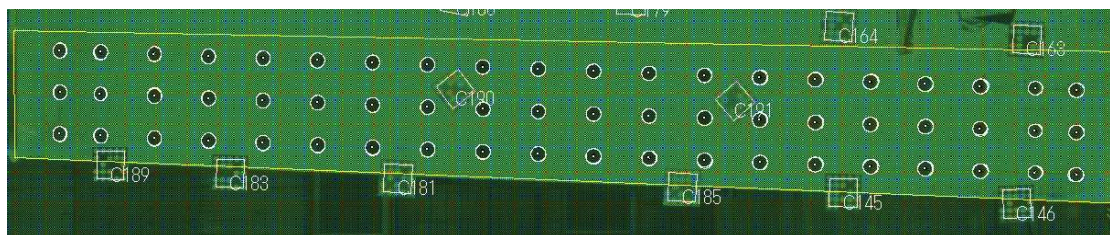
■ コンクリート構造物変位量計測

- 計測対象物とカメラ間距離が1m程度の場合±0.05mm程度の精度
 - 下記写真は「PC道路橋の健全度評価の高度化に関する共同研究」
 - 社)プレストレスト・コンクリート 建設業協会, 国土技術政策総合研究所 提供



技術論文雑誌運用報告

- 雑誌「橋梁と基礎」2008年5月号
 - － デジタルカメラ計測を使用した数値仮組立てと架設計測との比較
- 雑誌「配管技術」2011年9月号
 - － デジタルカメラを使用した三次元計測技術
- 雑誌「橋梁と基礎」2014年1月号
 - － デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用
- 雑誌「検査技術」2022年9月号
 - － 近距離写真計測技術と画像認識によるターゲット省略技術



NETIS登録技術

- NETIS登録番号 KT-210092-A
- 技術名称 デジタルカメラ三次元計測システム
PIXIS2
- 副題 CADと連携する土木・鋼構造物向け高精度三次元デジタルカメラ計測システム
- 登録年月 2021年12月

