

## ステレオグラフィーを用いた腐食鋼板の三次元形状計測とその精度の検証

名古屋大学 学生員 ○黒田 紗代  
 名古屋大学 正会員 舘石 和雄

## 1. 背景と目的

本研究室ではこれまでにステレオグラフィーによる腐食鋼板の表面形状計測手法について検討している。これにより、腐食面のようなコントラストの低い画像でも、また、カメラどうしに角度をつけても、画像計測で表面形状を測ることが可能であることが分かっている。これまでは、キャリブレーションブロックを用いてカメラの位置・角度を求めていたが、本研究ではブロックを使わず相互標定を用いる方法について検討する。相互標定を用いることにより、ブロックを用意する必要がないこと、カメラを固定した状態でブロックと被写体の両者を撮影する必要がないことなど、計測の作業が格段に簡素化でき、現場での適用性が飛躍的に高まる。

## 2. 計測理論

ステレオグラフィーとは、異なる角度から2枚以上の写真を撮り、対象点の画像上の座標と全体座標の幾何学的関係からその三次元座標を求める手法である。本研究では、共面条件を用いた相互標定により、カメラの位置・角度を求める。共面条件とは、図-1のように、二つの撮影中心およびその像が同一平面内に含まれるという条件である。予め両画像中から特徴のある点をパスポイントとして数点手作業で探して座標を与え、共面条件よりカメラの位置・角度を求める。対応付けについては、両画像上に小領域を設定し、この小領域間のカラーデータの相関が最も高いところを対応領域とみなす。この際設定する小領域は、パスポイントの座標を用いて得られた2次射影変換の係数を用いて、図-2に示すように形状を変形させた。

## 3. 測定方法

使用したのは市販のデジタルカメラであり、その仕様を表-1に示す。図-3に示すように複数の位置から対象物を撮影する。試験体は実橋から切り出した腐食面であり、計測領域は、図-4中に示した100mm×100mmの領域である。この2枚の画像から、計測理論に沿って処理を行い、試験体表面の三次元座標を求めた。相互標定を用いたため、得られた座標は相対的な値であるので、絶対標定として、図-4の計測領域の外側に書かれている目盛を基準にして実寸法に直した。画像処理は本研究室で独自に開発されたプログラムを用いて行った。また、カメラ位置の距離 $a$ や撮影距離

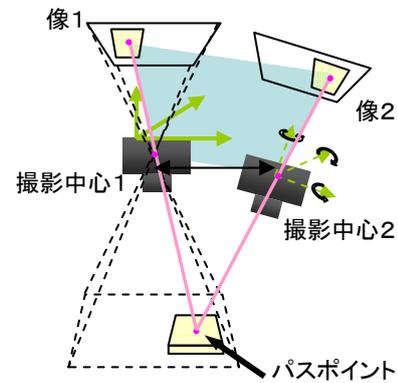


図-1 相互標定の考え方

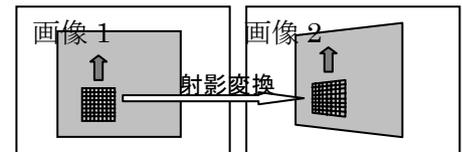


図-2 小領域の設定

表1-使用したデジタルカメラ

機種	CANON EOS kiss digital
画像解像度	3072pixel×2048pixel
画素数	約 630 万画素
レンズ	SIGMA 50mm F2.8 EX DG MACRO

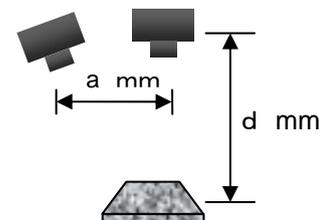


図-3 カメラの位置

キーワード ステレオグラフィー 腐食 鋼板 画像計測

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 TEL052-789-4620

d (図-3 参照) の影響をみるため、これらを変化させて計測を行った。画像の情報量を増やすため、画像の枚数を3枚にしての計測も行った。

#### 4. 計測結果

計測によって得られた三次元形状の一例と、その計測領域を図-5 に示す。また、歯科用印象材を腐食面に押し当てて作った型(レプリカと呼ぶ)によって図中の点線での表面形状を計測したものと、画像計測による計測結果との比較を図-6 に示す。非常に細かい凹凸は表現できていないものの、相互標定によるキャリブレーションによっても、ほぼ正確に腐食表面の形状が計測できていることがわかる。

画像計測の精度は、標定計算の精度、撮影位置、カメラの分解能、対応付けの精度など複数の要因によって決定されるため、一義的に決めることは難しい。そこでz座標の差の二乗平均を標準誤差として計算し、それと画像分解能との関係を求め、図-7 に示した。ここで画像分解能とは、画像上の1画素の大きさに相当する実空間上の寸法である。また、図中の実線は、キャリブレーションブロックを用いて標定を行った場合の計測結果を示している。相互標定を用いた画像計測によって得られる結果の標準誤差は0.1~0.3mm程度であり、キャリブレーションブロックを用いた場合に比べて2~3倍の値となる。相互標定を用いることで作業性は格段に向上するものの、ここに示す程度の精度の低下は覚悟する必要があるといえる。また、一般には $a/d$ が大きいほど奥行き方向の精度は高くなるが、今回は逆の結果となった。これは、 $a$ を大きくする際、計測可能領域(両画像に共通に含まれる領域)を確保するためには必然的にカメラを傾けざるを得ず、カメラの傾きが大きくなったことによって対応付けの精度などが低下したためであると考えられる。

ある撮影条件において画像を一枚追加し、異なる3箇所から撮影した画像を用いて表面形状を求めた場合についても標準誤差を計算した。図-8 にその結果を示す。3枚で計測を行った結果は、2枚での結果に比べると誤差が小さくなっている。よって画像の枚数を増やすことにより、精度を補うことができる可能性があるといえる。

#### 参考文献

1) 館石和雄・柴田憲吾・判治剛 (2005) : デジタルステレオグラフィによる腐食鋼材表面形状の簡易計測手法, 鋼構造論文集, No.12 (46), pp.27-33.

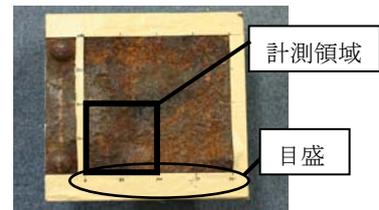


図-4 試験体

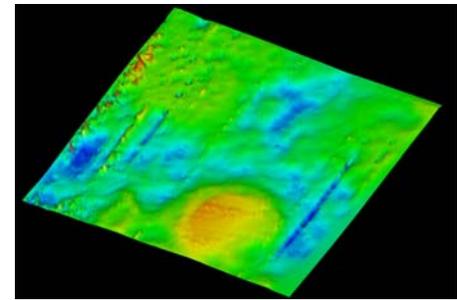
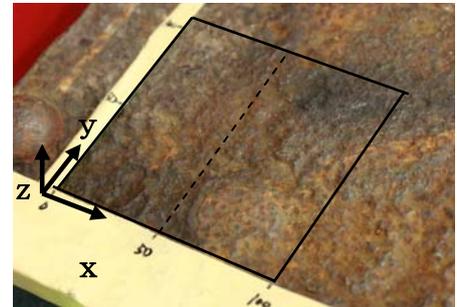


図-5 計測結果

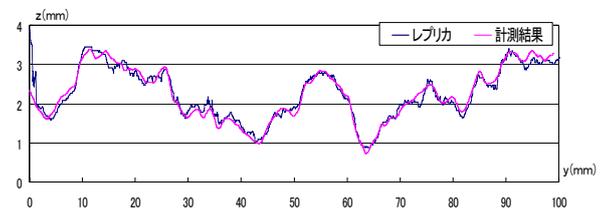


図-6 ある断面でのレプリカとの比較

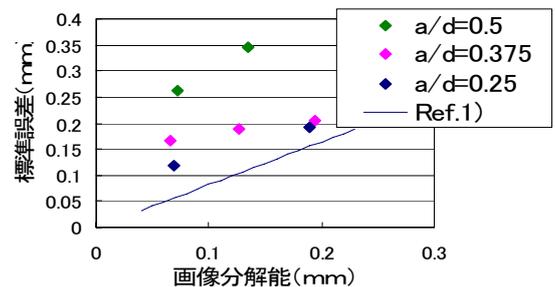


図-7 画像分解能・基線比による比較

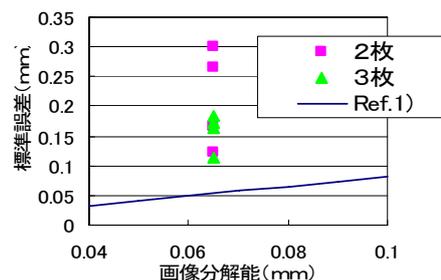


図-8 画像枚数による比較