標点投影による画像計測法とその維持管理への適用性検討

広島大学　学生員　○浅海　敬次
広島大学大学院　学生員　松下　陽三
広島大学大学院　ﾌｪﾛｰ会員　中村　秀治
広島大学大学院　正会員　藤井　堅

１．背景と目的

鋼構造物の経年劣化要因で最も重要なものが腐食であり，鋼構造物の維持管理のため，腐食の実態を的確に数値化する必要がある．本研究では，簡便に計測でき，計測データをディジタル化したデータファイルで保存する方法の一つとして新たな画像計測法を検討した．本方法は市販のディジタルカメラとプロジェクターによる画像データを用いて，腐食形状の数値化，再現を行うものである．維持管理への適用性を向上させるため，プロジェクターで投影した標点の自動認識の高速化と，レンズの収差の補正方法を明らかにした．

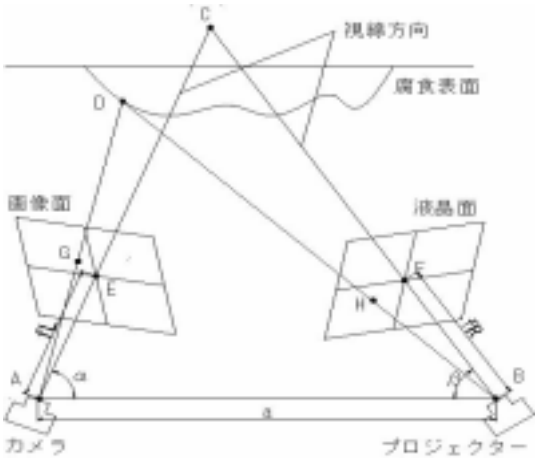

図-1　プロジェクターを用いた画像計測

２．標点の自動認識の高速化

本画像計測法は，**図-1** に示すようにカメラとプロジェクターを用いた方法である．プロジェクターを用いることで，容易に計測対象に多数の標点を投影でき，プロジェクター液晶面上の標点座標はパソコン上で自由に設定でき既知であるため，カメラ画像面上の標点座標を決定してやることで腐食表面形状の再現ができる．

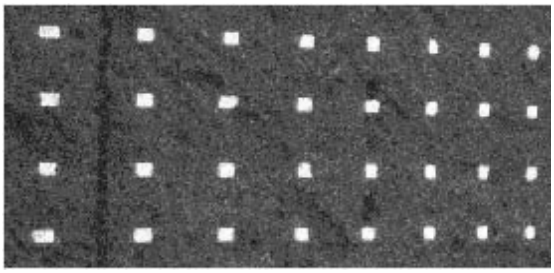

図-2　腐食鋼管に投影された標点

そこで，標点の自動認識方法について，**図-2** を例に説明する．**図-3** の標点の大きさは約 20×20 ピクセルであり，標点と標点との距離は約 100 ピクセル離れている．はじめに，撮影画像の全ピクセルの濃淡値（色彩情報を白黒の明度で表したもので，黒＝0，白＝255）を，テキスト化し，その値を GS(L,M)とする．

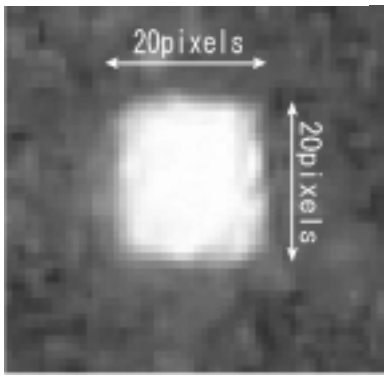

図-3　拡大した標点

$$TGS(I,J)=\sum_{L=I-15}^{I+15}\sum_{M=J-15}^{J+15}k\times GS(L,M) \qquad (1)$$

次に，式(1)で表現された TGS(I, J)を全ピクセルについて計算する．この場合，TGS(I, J)は，撮影画像上の点（I, J）を中心とする上下左右 31×31 ピクセルの濃淡値の総和である．k は点（L, M）が点（I, J）に近づくほど大きな値をとるように設定した重み付け係数である．つまり，(I, J)が標点の中心に近づくほど TGS(I, J)の値は大きくなる．計算に用いるピクセルは 31×31 ピクセルで標点の 20×20 ピクセルより多くなっているが，これは，撮影画像に写った標点の大きさのばらつきを考慮するためである．次に，全ピクセルの TGS(I, J)の値を大きい順に並べ替え，標点はあるピクセル以上離れていけないという条件を与えておく．この標点のピクセル間隔はプログラム上で自由に設定できるものとし，この場合では隣の標点にかからない程度で 80 ピクセルの条件で計算を行った．そして，その条件下で標点の数だけ値の大きい順に TGS(I, J)を取り出す．そのよう

キーワード　画像計測，腐食，維持管理，収差補正
連絡先　〒739-8527　東広島市鏡山 1-4-1　広島大学工学部　ＴＥＬ0824-24-7791

にして得られた TGS(I, J)に対応するピクセルの座標が標点のピクセル座標となる．

３．レンズの収差の補正方法

３．１　ディジタルカメラのレンズの収差補正

本画像計測に用いられるディジタルカメラやプロジェクターには，レンズによる歪み(収差)が発生する．本研究では，計測物の形状を歪める歪曲収差の影響を考慮し補正を行う．歪曲収差を数値的に表すため，式(2)で表される D を用いる．h は歪みを受けた像高で，h_0 は理想像高である．

$$D = \frac{h - h_0}{h_0} \times 100 \quad (\%) \tag{2}$$

撮影した画像について，式(2)を用いて各標点の理想像高を求めることで，歪曲収差の補正が行われることになる．

３．２　プロジェクターのレンズの収差補正

プロジェクターのレンズの収差を補正するため，照射した標点をディジタルカメラで撮影した．撮影画像は，ディジタルカメラとプロジェクターの両方のレンズの収差の影響を受けているはずである．そこで，撮影画像の標点について，ディジタルカメラのレンズの収差補正を行うと，標点はプロジェクターのレンズの収差の影響だけを受けていることになる．この標点から得られる D を基に収差補正を行う．

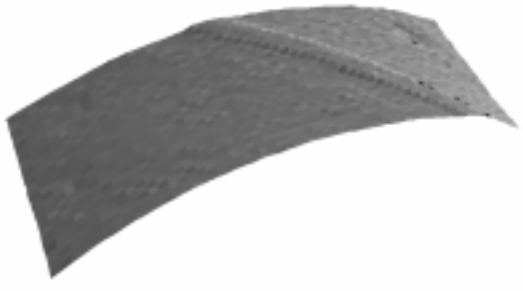

図-4　画像計測結果

図-5　レーザー計測結果

4．画像計測結果

実際に，腐食鋼管を画像計測し，収差の補正を行った．**図-4** は画像計測結果であり，**図-5** はレーザー計測結果である．本画像計測では腐食鋼管のような曲面についても腐食による孔食や溶接線がはっきり再現されていることがわかる．次に、収差の補正を行った断面について考察する．レーザー計測と収差補正前後の腐食鋼管の形状比較を**図-6** に示す．収差の補正前後では，端部の方で断面に違いが見られ，補正前に比べレーザー計測の値に近づいており，レンズの収差の補正が行われていることがわかる．しかし，その差 0.3mm 程度であり，本研究における画像計測の範囲においては，収差の影響は小さいと言える．

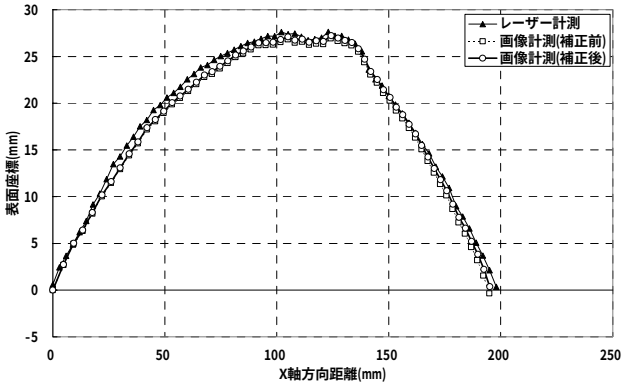

図-6 腐食鋼管の断面形状の比較　　断面

5．結論

以上，提案する画像計測法で腐食面の再現が可能であり，かつ，維持管理への適用性を向上させるための検討を行い，次の結論を得た．

(1) プロジェクターで標点を投影するとき，標点と腐食面の色の明度差を大きくすることで，自動認識作業の段階で明度の低いピクセルは除外でき，高速かつ正確な標点位置の決定が行える．

(2) ディジタルカメラ，プロジェクターのレンズの歪曲収差を求めることで画像計測における再現時の収差の影響を補正することができる．

参考文献

(1)松下陽三，中村秀治，藤井堅：画像計測による腐食面の再現と維持・管理への適用について，土木学会第59回年次学術講演会，I-127，2004.

(2)高橋友刀：レンズ設計　収差係数から自動設計まで，東海大学出版会，1994.3