

RANSAC によるボルト孔の楕円検出

MHI パワーエンジニアリング株式会社 正会員 ○森 直樹
 東北大学 伊藤 康一
 エム・エムブリッジ株式会社 正会員 本山 潤一郎
 日本ファブテック株式会社 正会員 田中 伸也

1. はじめに

高精度の写真計測では測定位置にターゲットを貼付けることが多いが、鋼板のボルト孔計測では孔数が多くターゲットの貼り付けに労力を要している。そこで写真よりボルト孔を検出しターゲットを貼付け不要で且つ高精度に計測できる手法を実現したので報告する。

2. 課題

ボルト孔など真円は写真に投影されると楕円となるが、画像処理での楕円検出問題は今まで多数の手法提案されているものの万能な手法が無い状況にある。一方、鋼板のボルト孔写真は板裏面の孔影が映り込みやボルト孔の加工痕が画像ノイズとなり安定した楕円検出の妨げとなっている。たとえば図-1 はボルト孔裏面の孔影が映り込んだ例である。この場合は表裏それぞれエッジが合成されて誤った楕円を検出する。また、図-2 はボルト孔の周囲に加工痕があり全く異なった位置に楕円を検出してしまった例である。これら検出の脆弱性を解決する方法としてここでは RANSAC による楕円検出を試行した。

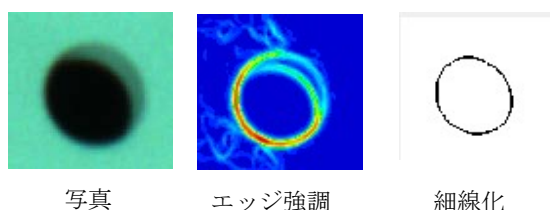


図-1 ボルト裏面の孔影の影響

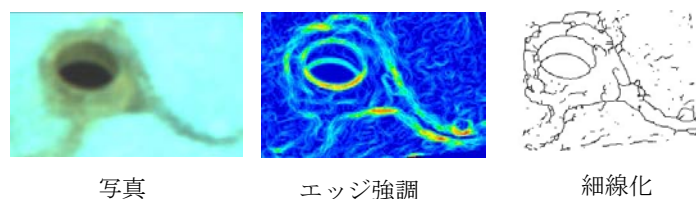


図-2 加工痕の影響

3. RANSAC によるボルト孔検出

RANSAC(Random Sample Consensus)は、ランダムサンプリングを繰り返しノイズの中から正解を引き当てる方法である。楕円方程式は5個の未知数で表現され、画像の中からランダムに5画素を選定し楕円定義、適合画素の選定を繰り返し最終的に一致する楕円を引き当てるものである。この方法は画素にボルト孔以外の構造やノイズが介在されることが前提であるのでロバスト性の高い検出が可能となる。ただし、画像検索範囲を広げすぎると楕円を引き当てるまでの試行の繰り返しが増えるため前処理により検索範囲を極力小さく抑える必要がある。図-3 は画像中のノイズ比と正解を引き当てるまでの検索の繰り返数を表している。実用的な範囲で RANSAC を適用するためにはノイズの比を0.7 以下に抑えることが肝要になる。

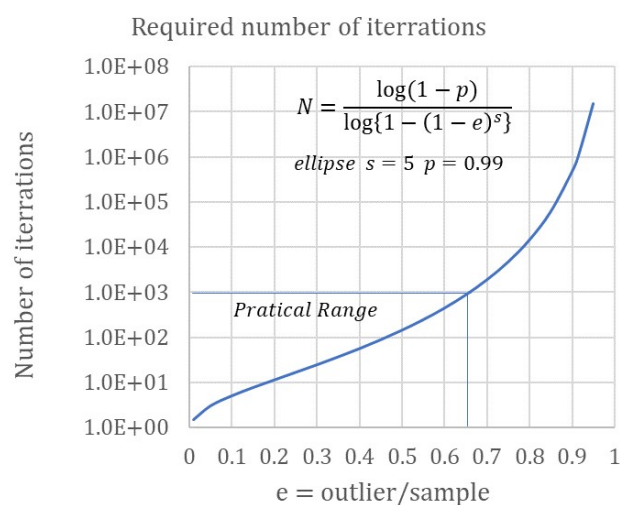


図-3 ノイズ混入比と引き当て回数

$$Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + 2Dx + 2Ey + F = 0 \quad (\text{楕円方程式})$$

4. 計測結果

図-4 は工場内の製作直後の鋼桁腹板ボルト孔でボルト孔裏の影が多数映り込んだ事例である。また図-5 は屋外モックアップ時の鋼床版接合部のボルト孔で裏面ボルト孔と同時に表面のプライマーに加工痕がある場合の例となる。一方、図-6 に従来のターゲットをボルト孔に設置した状態も示した。



図-4 鋼桁腹板ボルト孔

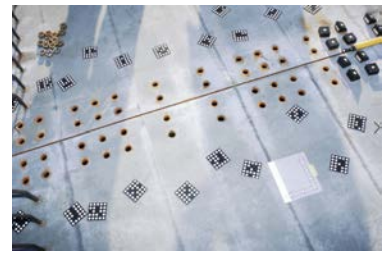


図-5 鋼床版ボルト孔



図-6 従来計測ターゲット設置状況

(1) 工場組製作中部材

工場製作直後の鋼桁腹板のボルト孔検出はボルト裏面の影の影響はほぼ 100%裏面の影響を排除し正しく楕円検出が計測できた。ボルト孔径については加工 $\Phi 26.5\text{mm}$ に対して測定値は $\Phi 27.5\text{mm}$ 前後となっているが、バリ除去により板表面が 1mm 程度削れるため実際施工径より画像で捉えられるエッジはバリ加工端であるため測定結果は正しいと判断している。

(2) 工場仮置き部材

鋼床版ボルト孔では加工痕がノイズとなり正解の引き当てまでの検索回数が多くなったが、ノイズ比を 0.7 以下まで前処理にて削除することにより良好な結果が得られた。一方、計測精度は本法とターゲットを使用した場合の差は $\pm 0.5\text{mm}$ 程度であったが、楕円検出精度、ターゲット設置精度の両者に起因すると考えられるものの実用的には十分な精度であった。またボルト孔加工径 $\Phi 24.5\text{mm}$ に対して計測値 $\Phi 25.0\text{mm}$ 程度でありバリ取りの影響が確認できた。

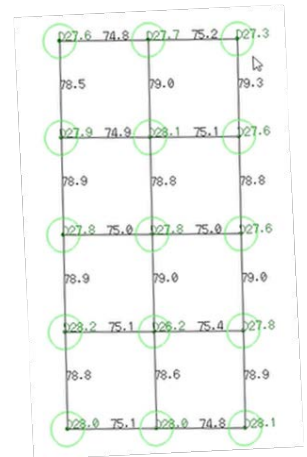
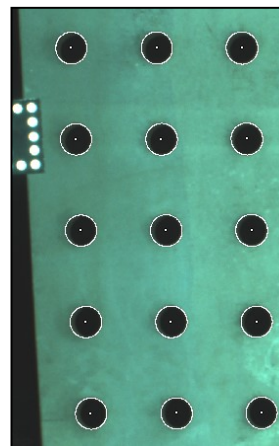


図-7 鋼桁腹板ボルト孔計測例

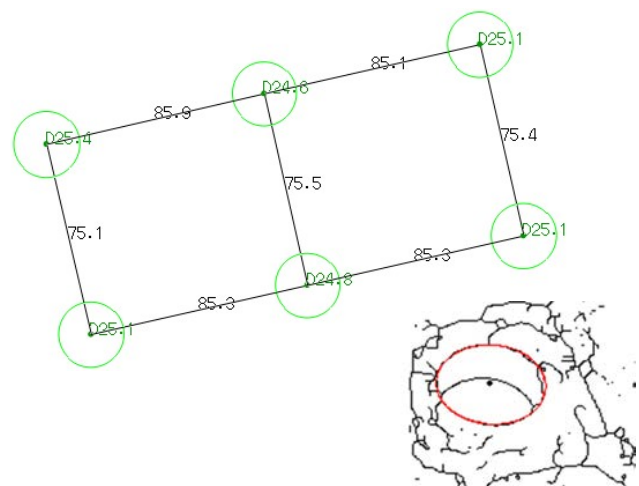


図-8 鋼桁腹板ボルト孔計測例

5. まとめ

写真計測におけるボルト孔検出において RANSAC による楕円検出の有効性が確認できた。今後は処理の安定性を図り実用に向けて試験を繰り返して行きたい。

参考文献

- ・和田かず美 多変量外れ値の検出 統計研究彙報 第 69 号 2012 年 3 月
- ・中川 徹, 小柳義夫 最小二乗法による実験データ解析 東京大学出版
- ・参考書庫ホームページ: <http://www.sanko-shoko.net/>