

# JPEG 圧縮が画像計測に及ぼす影響について

山本 允彦\* 藤原 遊\* 服部 進\*\*

## Effect of JPEG Compression of Images on Measurement Precision

Masahiko YAMAMOTO\* Yu FUJIWARA\* Susumu HATTORI\*\*

### ABSTRACT

This paper reports an experimental result of the effect of JPEG compression of images on the precision of industrial vision metrology. TIFF format has been used in precision measurement. But since the file size is big and inconvenient to handle, JPEG format is preferred. Digital mages taken for deformation detection of a slope were JPEG-compressed to images on three levels of quality. Then the precisions of target coordinates obtained by bundle adjustment were compared. It was shown that high-quality compression (corresponding to about 1/4 compression) did not hurt the precision.

キーワード：画像計測, JPEG, 画質, 計測精度

Keywords: Vision Metrology, JPEG, Quality, Precision

### 1. まえがき

デジタルカメラを使った工業計測では1画素1バイトのモノクローム画像を扱うのが標準である。著者らは従来画質の劣化を防ぐため TIFF 形式を使ってきた、しかしデジタルカメラの素子が 2K\*3K 画素になると、画像1枚あたりのサイズが 6MB になる。複雑な計測対象であると 50・100 枚の撮影が珍しくないためデータ量が大きくなり、撮影時や保存、解析に余分な手間がかかる。これを回避するため静止画像の標準フォーマットである JPEG 形式を TIFF 形式に代わって採用できれば都合がいい。そこで TIFF 形式の画像と、これをいくつかの段階の画質で圧縮した JPEG 画像で計測を行ない、画質の劣化がどの程度計測精度に影響するかを調べた。

JPEG の高い圧縮率は Cosine 変換で高周波を除去することによって得られているため、工業計測に使えるか疑問が生じる。工業計測では対象に光を反射して返すターゲット(レトロタ

ーゲット)を貼り、絞りを絞りストロボをたいて撮影する。暗い背景に明るいドット(理想的には 5・10 画素の楕円)が浮かび上がる画像ができ、このドットの中心点の計測精度がターゲットの 3 次元座標の計測精度を決める。そのため画像の劣化は計測の精度に大きく影響する可能性がある。JPEG 形式では画像のエッジが劣化し、その周辺の画素値に雑音が入るからである。

その一方で画像座標の計測はドットの楕円形状を追って行なうのではなく、楕円を囲む窓で画素値の平均をとるため画質の劣化は計測にたいして影響しない可能性もある。

実験は斜面の変位を検知するための実験データを用い、3 段階の劣化程度と得られる精度との関連を調べた。

### 2. JPEG 形式の画像データ

劣化のないモノクロームデジタル画像を  $f(x, y)$  ( $0 \leq f \leq 255$ ) とする。  $x, y$  は画像の行、列番

号である。JPEG 形式への変換は参考文献[1]のプログラムを一部書き換えて行なった。

(1)  $f(x, y)$  から 125 を引いて 0 回りの画素値に変換する。

(2)  $f(x, y)$  を 8x8 画素のブロックに分ける。

(3)  $f(x, y)$  を DCT (digital cosine transformation) する。

$$F(u, v) = 1/4 C(u) C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos((2x+1)u\pi/16) \cos((2y+1)v\pi/16) \quad (1)$$

逆変換は次式になる。

$$f(x, y) = 1/4 \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u) C(v) F(u, v) \cos((2x+1)u\pi/16) \cos((2y+1)v\pi/16) \quad (2)$$

ここで

$$C(z) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & \text{if } z = 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(4) 標準量子化表を

$$Q_{LUM} = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

とする。画像の品質値(quality value)を表わすパラメータを Quality とする。Quality=100 が最高, Quality=0 が最低である。

Quality <= 1 のとき  $s = 1/50$

Quality <= 50 のとき  $s = \text{Quality}/50$

Quality >= 50 のとき  $s = 50/(100 - \text{Quality})$

として

$$Q = 1/s * Q_{LUM}$$

を計算し整数値に丸める。ただし Q の任意の成分を代表して

$q$  で表わして,  $q \leq 1$  のときは  $q = 1$ ,  $q \geq 255$

のときは  $q = 255$  とする。

最後に  $F(u, v) ./ Q$  を計算して近い整数値に丸める。./ は各対応要素での割り算を意味する。

(5) JPEG ではこうして得られた DC 成分を Huffman 符号化でさらに圧縮するが[2], Huffman 符号化のテーブルは画像ごとに異なる。この論文では画像の品質と計測精度の関係を論じるので, Huffman 符号化は行わない。したがって下記の議論には圧縮率を使わず, 上記の品質値 Quality をパラメータとする。

(6) 図 1 (a),(b),(c)(d) に元画像と JPEG 変換した画像を示す。元画像に比べると Quality 0 の画像はがさがさした感じを与える。



(a) 元の画像  
(a) Original image



(b) Quality 100 の画像  
(b) Image of Quality 100



(c) Quality 50 の画像  
(c) Image of Quality 50



(d) Quality 0 の画像  
(d) Image of Quality 0

図1 Lena 画像の JPEG 圧縮

Fig.1 JPEG compression of image 'Lena'

### 3. ターゲットの撮影

#### 3. 1 実験環境

図2のように、幅8m、高さ5mの斜面に30個のターゲットを設置した。斜面勾配は3/5である。図2の右に見える板は自動標定のためのデバイスである[3]。実験環境を表1に示す。



図2 ターゲットの設置

Fig.2 Target set-up at a slope

#### 3. 2 撮影

斜面から12mの位置から右40度、25度、正面、左25度、40度の5ヶ所からカメラを時計回りに90度ずつ回転させながら4枚ずつ、計4枚×5ヶ所=20枚を撮影した。対象空間が画面の中央2/3に収まるように、またもっとも遠い画像点がおおよそ9画素から10画素の大きさに写るように撮影した。経験上これは十分よい撮影形態である。画像はすべてTIFF形式で保存した。図3に調整計算後得られた撮影位置、光線、ターゲットの位置を示した。

表1 実験環境

Table1 Data about the experiment

実験日時：	平成16年9月9日
場所：	福山大学
天候：	晴天
カメラ：	Nikon D100 (2K*3K画素)
レンズ：	28mm (NDフィルタ4D使用)
絞り：	22
シャッター速度：	250
ストロボ：	SUNPAK G4500 (最強に設定)
レトロターゲット：	反射面の直径50mm (30個)

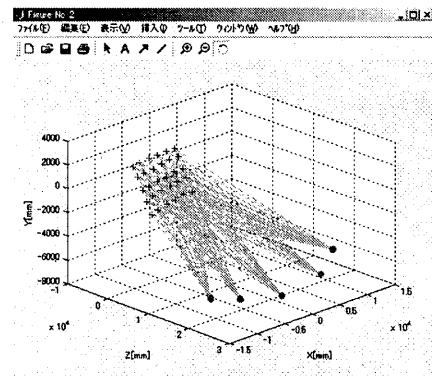


図3 撮影場所とカメラの3次元表示

Fig.3 D display of target field and camera positions

図4は撮影した画像の1枚(正面)である。また図5(a),(b),(c),(d)にターゲット部分の拡大図を載せる。



図4 撮影画像の例

Fig. One of images in use for the experiment

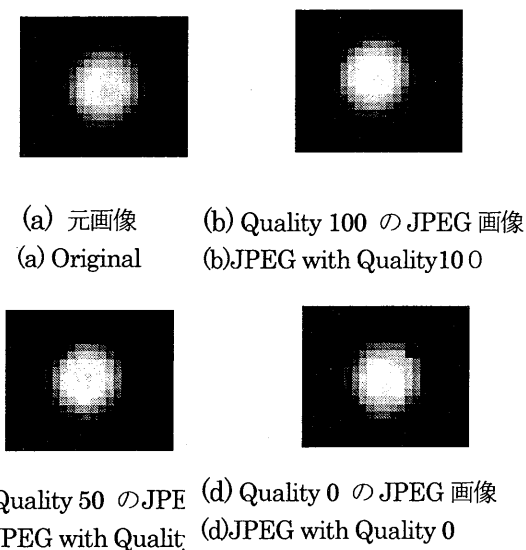


図5 拡大したターゲット  
Fig.5 Enlarged Target Image

JPEG 圧縮した画像の質の低下に対してターゲット画像の画質は、多少ターゲットの内部に雑音が見られるが、大きく変わったようには見えない。これは元画像がモノクロームであるために変化に対するわれわれの知覚が敏感でないからであろう。

#### 4. 計測精度

画像座標の計測と調整計算は、著者らが開発した画像計測システム[3]で行なった。カメラ方向から向かって右手方向に X 軸、上方向に Y 軸、手前方向に Z 軸を取る。全 20 枚の調整計算後の内的精度は表 2 のようである。またこの 20 枚の画像を Quality 0, 50, 100 の 3 種類の JPEG 画像に変換して、調整を行った。その結果を表 2 に記した。

表 2. 計測精度の変化に対する JPEG 圧縮の質の影響  
Fig.2 Effect of quality of JPEG compression on measurement precision

		ターゲット空間座標の内的精度 (mm)			
Quality	$\sigma_0$	X	Y	Z	平均
元画像	0.000197	0.4852	0.4000	0.4161	0.4353
100	0.000221	0.5400	0.4455	0.4637	0.4848
50	0.000279	0.6816	0.5625	0.5860	0.6122
0	0.000367	0.8975	0.7407	0.7717	0.8061

$\sigma_0$  : ターゲット画像座標の計測値の事後標準偏差(mm)

JPEG 圧縮した各画像での調整計算で得られたターゲット座標の内的精度は Quality が大きい場合 (Quality 100)

には劣化は少ない。しかし Quality が小さくなっていくと、精度は悪くなる。Quality 100 の画像で約 10% 精度が低下する。

参考に Photoshop で高画質 JPEG 圧縮した場合の精度を表 2 に示す。元画像での計測精度と変わらない。また表 3 に圧縮率の比較を示す。この論文では Huffman 符号化を行っていないので、圧縮率は正しく出ないが、Cosine 変換した後に Tiff 画像に変換したファイルの大きさと元画像の大きさを比較したものである。Photoshop とは Cosine 変換するブロックの大きさが違うであろうと思われる。

表 2. Photoshop で高画質 JPEG 圧縮した場合の計測精度  
Fig.2 Measurement precision with high quality JPEG compressed images by Photoshop

		ターゲット空間座標の内的精度 (mm)			
Quality	$\sigma_0$	X	Y	Z	平均
100	0.000198	0.4833	0.3987	0.4151	0.4340

$\sigma_0$  : ターゲット画像座標の計測値の事後標準偏差(mm)

表 3. 圧縮率の比較

Fig3 Comparison of compression ratios

Quality	圧縮率 (%)
100	12
50	6
0	5
Photoshop 使用 jpeg	25

#### 4. まとめ

この論文は JPEG 圧縮の画像の質が工業計測の精度にどの程度影響を与えるかを実験的に調べたものである。斜面変位の検知の実験の一環として行い、3 段階の質と調整計算で得られたターゲットの空間座標の内的精度 (調整計算で得られた標準偏差) を比較した。その結果高画質圧縮であれば計測精度は大きく損なわれず、元画像の 10% 程度の精度低下があるだけであった。

#### 参考文献

- [1] Scott Teresi: Matlab JPEG data compression, <http://teresi.us/html/main/programming.html>, (1997)
- [2] 南 敏, 中村 納: 画像工学 -画像の電子工学-, テレビジョン学会教科書シリーズ 1, コロナ社, pp. 162-163, (1989)
- [3] 服部 進, 秋本圭一, 井本治孝: コードつきターゲットを使った工業画像計測の自動化, 電子情報通信学会論文誌, J84-D-II, 9, pp. 2012-2019, (2001)