

## デジタル画像相関法によるひずみ場計測と精度の検討

Measurement of strain field and accuracy of digital image correlation

北海道大学大学院工学研究科  
北海道大学工学部土木工学科  
北海道大学大学院工学研究科  
北海道大学大学院工学研究科

正会員 松本 高志 (Takashi Matsumoto)  
○学生員 真砂 純一 (Junichi Masago)  
学生員 峯村 貴江 (Takae Minemura)  
F 会員 林川 俊郎 (Toshiro Hayashikawa)

## 1.はじめに

多くの複合材料は、一方向プレプレグや、平織/朱子織等のプレプレグを、角度を変えて積層形成して使用される。個々の単層板(ラミナ、lamina)を積層した複合材料を積層板(ラミネート、laminated)という。複合材料の力学における最大の特徴は、弾性的性質が方向により異なることであり、これを異方性弾性、略して単に異方性と呼ぶ<sup>1)</sup>。このような異方性材料は変形・破壊過程が等方性材料に比べると複雑で変位計やひずみゲージによる把握が困難である。本研究ではデジタル画像相関法によって異方性材料の変形・破壊過程を把握することを対象とし、今回はその予備的研究としてゴムを供試体とした実験でひずみ場を計測し、デジタル画像相関法の基礎を構築するものである。

## 2.画像解析方法

本研究ではマッチング法を用いて画像解析を行う。マッチング法とは画像解析の手法であるパターンマッチングを用いて、二次元変位場を計測する方法で、非接触で変位場を計測できる。この手法は画像解析手法の一つであるテンプレートマッチングを拡張した、非接触の二次元変位場解析手法である。デジタルカメラやデジタルビデオを用いて供試体表面の画像を撮影するだけで変位を計測でき変位場よりひずみ場を求めることができるため適用範囲が広い<sup>2)</sup>。本研究では、供試体にインクでランダム模様に模様をうち、変位前後をデジタルカメラで撮影し、その後ランダム模様に関してパターンマッチング法を用いて、供試体複数の点についての移動量を算出し、その求めた移動量からひずみを求める。

## 3.実験概要

実験ではゴムを供試体とし縦、横、幅が5cmの立方体にインクでランダム模様をつけ図-1のようにして、万力を使い圧縮力かける。その際ダイヤルゲージを使い変位を調べてひずみをもとめる。また変位前後で撮影を行いその後、画像解析を行う。

## 4.実験結果

## 4.1 ダイヤルゲージの変位量の測定

ダイヤルゲージで測定した数値は表-1のようになり、自由端、固定端共に圧縮されていた。この値からひずみを計算すると

$$\varepsilon = \frac{-0.29 + -1.17}{50} = -0.0292$$

となった。

## 4.2 ひずみ分布の作成

画像解析で得られた結果を用いて、変形後のx軸ひずみ分布とy軸ひずみ分布を作成した。(供試体において横方向をx軸、縦方向をy軸とする。)図-2がx軸ひずみ分布で図-3がy軸ひずみ分布である。図-2、3は図-1と同じように右が自由端、左が固定端となっている。

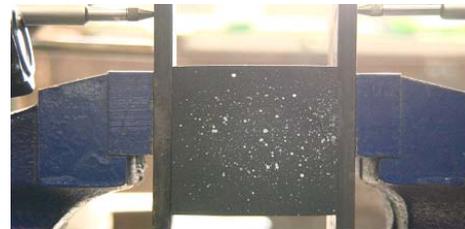


図-1 実験状況

表-1 ダイヤルゲージの値(mm)

	固定端	自由端
変形前	6.75	8.12
変形後	6.46	6.95
差	0.29	1.17

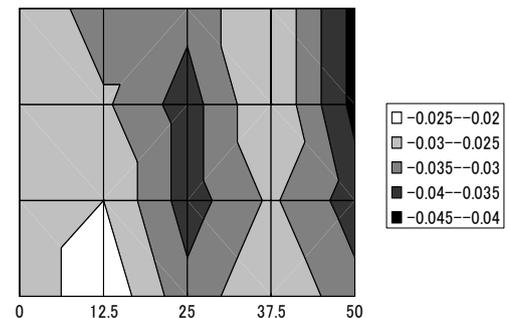


図-2 x軸ひずみ分布図

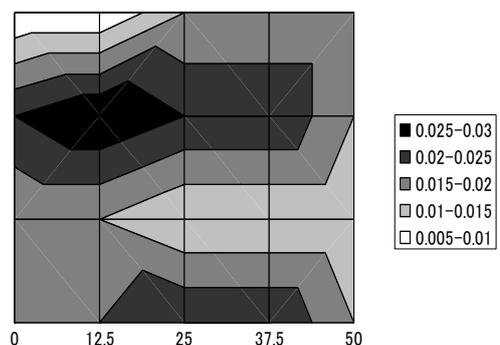


図-3 y軸ひずみ分布図

5.考察

5.1x 軸ひずみ分布図、y 軸ひずみ分布図

図-2の x 軸ひずみ分布図では自由端(図-2の右上)で大きなひずみが計測され、固定端では小さなひずみが計測されるという予想通りの結果が得られた。自由端に近い方で起きている-0.03~-0.04の圧縮ひずみが供試体中央から左においても計測された。y 軸ひずみ分布では固定端の近く(図-3の左上)で y 軸ひずみが最も小さかった。実験を行った際に供試体の上部で膨らみが見られ、大きな y 軸ひずみが起きていると考えられたが、図-3で見られないのは解析を行う際にマッチングを行う領域が画像をはみ出さないように設定しているため供試体の上部が含まれない事が原因と考えられる。

5.2 解析精度

図-2、3の x 軸ひずみ分布図、y 軸ひずみ分布図では x 軸は 5 分割で区間長が 120 ピクセル、y 軸は 4 分割で区間長が 100 ピクセルで作成したが、さらに分割数を上げたひずみ分布を作成した。図-4 は y 軸を供試体中央で固定し、x 軸ひずみを作成する分割数を 2、7、8、30 としてひずみを出し、y 軸については一様であると仮定してひずみ分布図を作成したものである。それぞれの区間長は 300、85.7、75、20 ピクセルである。分割数が 2 の場合、ひずみは一様になりひずみは-0.03 である。そして分割数を上げていくと区間ごとにひずみの差が見られるようになる。しかし、8 分割辺りから区間によってひずみが 0 になる。さらに分割数を上げていくと 0 になる区間が増えていき、30 分割ではほとんどの区間で 0 に近い値で一様になってしまう。これは計測できる最小ひずみより小さいひずみが起きていると、変位量が 0 と解析されひずみが 0 になってしまうからである。

表-2 に解析できる最小変位が 1 ピクセルとして、1 ピクセル変位した時に計測できる最小ひずみを各分割数において求めた。8 分割の固定端近くでひずみが 0 になっているのは-0.013 以下のひずみが起きていると考えられる。8 分割以上で解析するとひずみが小さい固定端の方から 0 になる区間が増えていき 30 分割でほとんどの 0 になってしまう。これらの事から 740×705 ピクセルの画像で、今回の実験で得られた 3%のひずみでは、8 分割以上、区間長さ 75 ピクセル以下で解析する、つまり細かく解析する事は適当でない。また、これ以下のひずみが起きている場合は分割数を少なくしなければならない。5 分割以下で解析を行い、ひずみ分布図を作成しても供試体のひずみ場を把握できるとは言えないので解析精度そのものをあげる必要がある。

6.あとがき

今回の実験でゴムを供試体としたひずみ場は計測できた。しかし、異方性材料の CFRP のひずみが 0.3%程度しかない事を考えると異方性材料の破壊・損傷を把握するには解析精度を検討する必要がある。

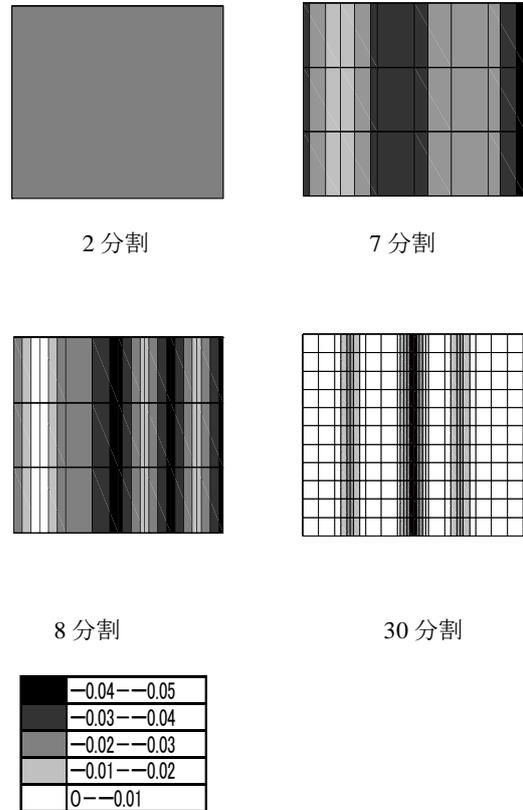


図-4 分割数ごとの x 軸ひずみ分布図

表-2 分割数と計測できる最小ひずみ

分割数	区間長(ピクセル)	計測できる最小ひずみ
1	600	-0.0017
2	300	-0.0033
3	200	-0.005
4	150	-0.0067
5	120	-0.0083
6	100	-0.01
7	85.7	-0.012
8	75	-0.013
9	66.7	-0.015
10	60	-0.017
30	20	-0.05

参考文献

- 1) 邊吾一, 石川隆司: 先進材料工学, 培風館, pp25, 2005
- 2) 山崎卓哉: 岩盤と透水性性能の変化に関する実験的研究, pp8-11, 香川大学修士論文, 2007