

# ゴム・プラスチックの横ひずみの測定

塚脇 聡

## The measurement of transverse strain with rubbers and plastics

TSUKAWAKI Satoshi

ゴムやプラスチックは金属材料の場合と異なり変化量が大きいことからひずみゲージなどでひずみ測定が困難であるものが多い。そのため、試験片表面にマーキングを行い、画像解析を用いてひずみを測定する方法が提案されている。本研究では、引張試験で伸びを測定するシステムで得られた動画を用いて、2D-DIC (2 Dimensional Digital Image Correlation : 2次元デジタル画像相関法) 手法により縦ひずみ、横ひずみを算出した。この手法により、ゴム試験片の幅を変更して、どの程度の幅の試験片であれば十分な測定ができるかの確認を行った。プラスチックについて JIS 試験片を用いてひずみ量の変化を測定できたことも報告する。また、丸穴を開けたゴム試験片でひずみの集中の状況が確認できる事例についても示す。

キーワード：ゴム、プラスチック、引張試験、画像解析、DIC

### 1. 緒言

ゴムやプラスチック製品の変形をシミュレートする際に有限要素法で解析を行うことが多い。その際には、縦弾性率（ヤング率）と縦ひずみと横ひずみの比で表せるポアソン比がパラメータとして重要である。ひずみの小さな素材では、縦弾性率を測定する場合は引張試験でロードセルの荷重と伸び計を用いて測定される。横弾性率は試験片の横方向にひずみゲージを貼りつけてひずみを測定する。ゴムやプラスチックは比較の変形量が大きいため、伸び計やひずみゲージが使用できない場合が多い。そのため画像解析を用いて縦ひずみ、横ひずみの測定を行い、荷重との比を取ることによって縦弾性率、横弾性率を算出する方法が提案されている<sup>1)</sup>。本研究では、非接触伸び計の測定システムで得られた動画を用いて、2D-DIC (2 Dimensional Digital Image Correlation : 2次元デジタル画像相関法) 手法により横ひずみを算出した事例について報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試験片作製

2 mm厚さの市販のNBR板を打ち抜き、①～③、⑤の4種類の試験片を作製した。また、市販のポリプロピレン（色なし）を射出成形して④の試験片を作製した。

- ① 50mm×150mm
- ② JIS 1号試験片 (JIS K 6251 : 2017 「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張特性の求め方」)
- ③ JIS 5号試験片 (JIS K 6251 : 2017 「加硫ゴム及び

熱可塑性ゴム-引張特性の求め方」)

- ④ JIS 1A形試験片 (JIS K 7161-1:2014 「プラスチック-引張特性の求め方-第2部」)
- ⑤ 50mm×150mm (40mmφ丸穴)

①の試験片は引張試験機付属の非接触伸び計での角角で最大の値となるように幅を決定した。②、③はゴムの引張試験でよく使われるものであり、②が測定部分の幅が10mm、③が6mmである。④は測定幅が10mmである。また、ひずみ分布を示すために50mm×150mmの試験片に40mmφの穴をプレスであけた試験片を用意した。

#### 2.2 引張試験

引張試験機は島津製作所のAG-Xplus 10kNを用い、ロードセルは1kNのものを用いた。本装置には、非接触の伸びを測定するためのビデオカメラが付属しており、伸びを測定する場合に同時に動画を取得できる機構となっている。画素数は1540×878の16bitの白黒画像で取得できる構成となっている。①～③、⑤のゴムの引張試験の試験速度は500mm/分で実施した。④のプラスチックの引張試験は10mm/分で実施した。

#### 2.3 2D-DIC

2D-DICの測定原理<sup>2)</sup>は次のようになっている。図1に示すように、試験片にランダムのパターンをつけ、試験片を画面上下へ引張試験を行う場合、試験片の画像を時間経過とともにどの位置に移動するかを追っていくことで紙面縦方向と横方向の変位を測定することができる。この時間変化が縦ひずみ（画面縦方向）・横ひずみ（画面横方向）となる。解析手法としては、まずスケールを使って標準長さを決定する。次に、変形前から変形後まで領域外にならない測定データの範囲を決定し、解析領域

を指定する。図2に試験片の一例と解析範囲設定について示す。図1に示す変形前・変形後の四角で示した部分がセグメントである。図2の測定領域を最適のセグメントに分割（重なりも含める）して縦方向の変形量と横方向の変形量の測定を行うことになる。

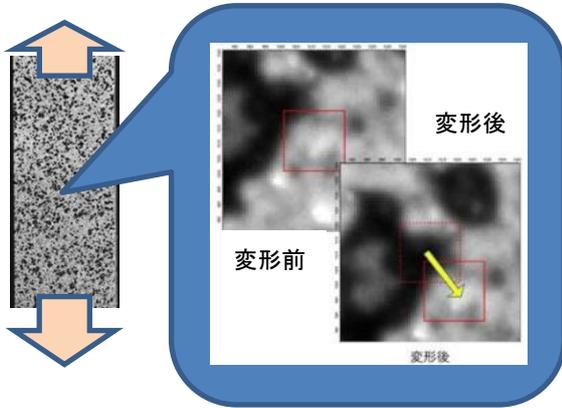


図1 2D-DICについて

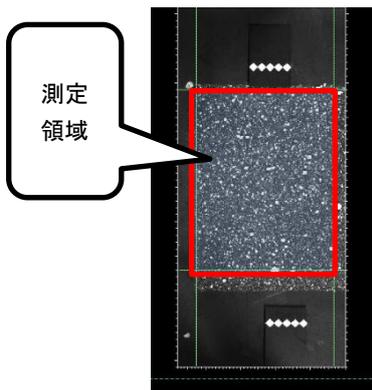


図2 動画の処理（計算領域の設定）

### 3. 結果と考察

#### 3.1 市販ゴム材料の応力歪み曲線とポアソン比

①50mm×150mm のゴム板の引張試験を行った時のひずみ量について初期状態とひずみが0.04のときの縦ひずみの変化を図3に横ひずみの変化を図4に示す。図3に示した縦ひずみの分布は均等には変化していないが全体として一定量の歪み変化として観察された。また、図4の横ひずみは上下の10%程度の部分でひずみが小さく観測されており、境界領域での解析で誤差が出ていると思われる。そのため、ひずみ量を算出するには中央部分のみをサンプリングして図5に応力歪み曲線とポアソン比を示した。応力歪み曲線はゴムでよく見られる形状をし

ていることがわかる。また、ポアソン比は通常ゴムは0.45～0.49とされているが、低ひずみ領域ではそこまで大きくないことがわかった。

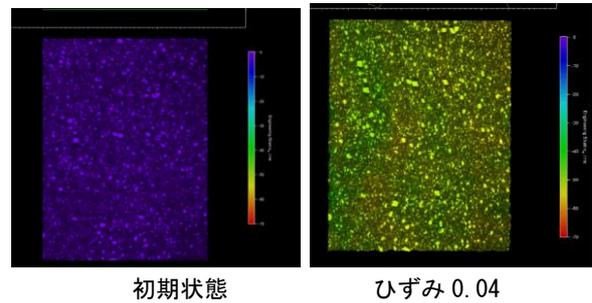


図3 50mm幅試験片の縦ひずみ分布の比較

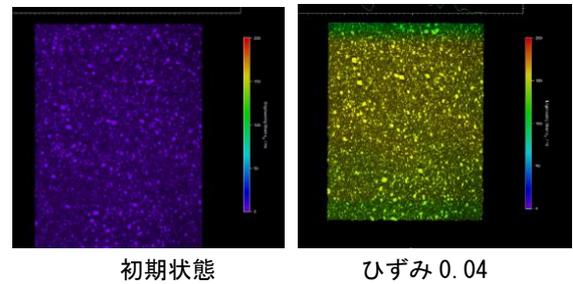


図4 50mm幅試験片の横ひずみ分布の比較

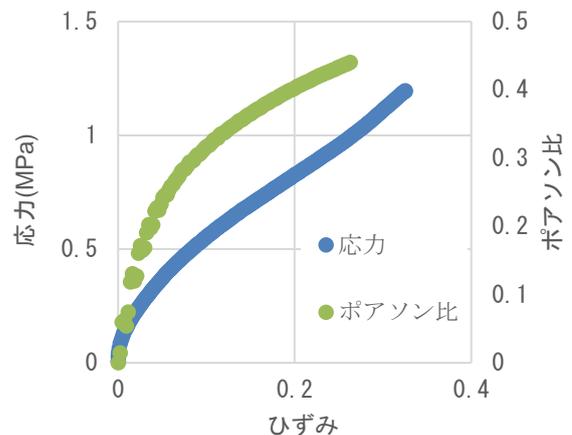


図5 50mm幅試験片の応力ひずみ曲線とポアソン比

#### 3.2 試験片幅と横ひずみの分布

①50mm幅の試験片ではポアソン比が測定できた。JISの試験片②10mm幅と③6mm幅で同様の分布となるかどうかを調査した。図6に②10mm幅の試験片での横ひずみについて示す。②10mm幅の試験片では①50mm幅の試験片と同様のひずみが観察された。次に図7に③6mm幅の試験片での横ひずみについて示す。③6mm幅の試験片では②

10mm幅の試験片と異なり横ひずみが縦方向にまだらになっており、解析が正確に行われていないことがわかる。そのため、③6mm幅では正確な測定は難しいと考えられる。これらのことから本システムのビデオカメラでは最低10mm幅の試験片であればポアソン比の測定は可能であることがわかった。

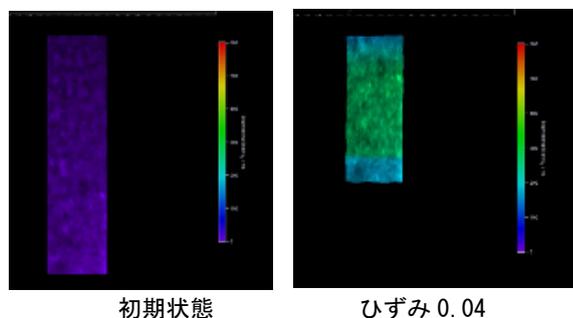


図 6 10mm 幅試験片の横ひずみ分布の比較

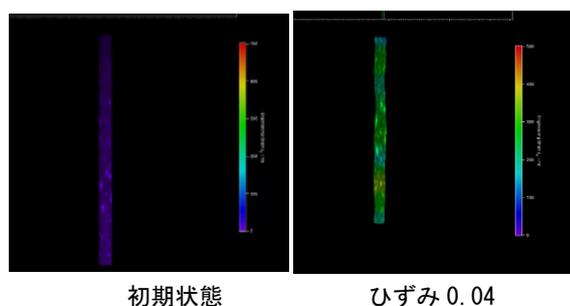


図 7 6mm 幅試験片の横ひずみ分布の比較

### 3.3 プラスチック試験片の横ひずみの分布

プラスチックの場合にゴムと横ひずみの分布について違いがあるかどうかを調査した。図 8 に④10mm のプラスチック (ポリプロピレン) の 0.01 のひずみのときの横ひずみの変化を示す。ゴムとは異なり引張速度も小さいことからひずみ変化量が小さく、解析の設定はゴムとは大

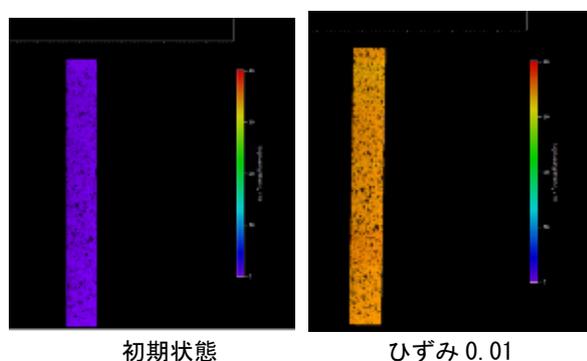


図 8 10mm 幅プラスチック試験片の横ひずみ分布の比較

きく異なっていた。また、図に見られるように分布はほとんどなく均一に横ひずみが発生していることがわかった。

### 3.4 穴あきゴム試験片のひずみ分布

⑤50mm幅の試験片に40mmφの穴をあけた試験片について試験を行った。図 9 に穴あき試験片の横ひずみについて示す。図に見られるように穴の側面に応力が集中し集中的に伸びることが見られた。

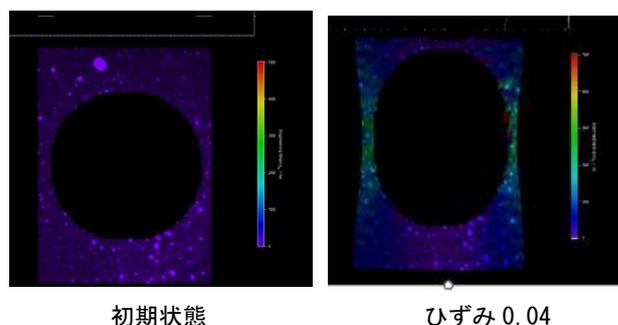


図 9 穴あきゴム試験片の横ひずみ分布の比較

## 4. まとめ

- 2D-DIC の測定・解析の最適化を行い、ゴムやプラスチックでの横ひずみの測定が可能となった。
- 2D-DIC を用いて応力歪み曲線とポアソン比の測定を行ない、十分な精度の SS 曲線を得ることができた。
- 最低でも 10mm 幅があれば測定が可能であることを実証した。
- プラスチックでもゴムと同様の測定が可能であるが、破断ひずみが小さく、ひずみ変化量が小さいため動画の間引きがゴムと大きく異なることがわかった。
- 穴あき平板の試験により、ひずみの分布を測定することが可能であることを確認した。

## 文 献

- 1) デジタル画像相関法 非接触歪み・変位計測：DIC システム | 西華デジタルイメージ株式会社  
<https://www.seika-di.com/measurement/material/dic.html>
- 2) デジタル画像相関法 (DIC) とは? 新しい画像計測技術の原理や応用分野について解説  
<https://www.marubeni-idigio.com/insight-hub/about-dic/>