

# ひずみを考慮した画像計測法によるゴム材料の全視野変位・ひずみ計測の高精度化

大阪府立大学大学院 工学研究科 航空宇宙海洋系専攻 正岡研究室 M1 大平紘敬

## 研究背景・目的

### 背景

#### ゴム材料の変位・ひずみ計測の現状

- ・ゴム材料への金属ひずみゲージの適用は困難なので、試験片の標線間の変位差<sup>1)</sup>、すなわち平均的なひずみを計測するのが一般的
- ・応力・ひずみ集中部等の変形ひずみ挙動を把握するために、**多点計測**、**精細計測**を行うことは非常に重要

全視野計測が可能な**画像処理による変形計測法**<sup>2)</sup>を適用すれば多点計測、精細計測が可能になると考えられる

### 問題点

大変形時における**計測精度に問題**があり、**ひずみ分布に振動**が見られる

参考文献: 1) 加硫ゴムの引張り試験法 (JIS K-6251) (ISO 37) 他  
2) 山口晃司, 藤原正和, 画像処理による非接触変形・応力法の開発, 溶接シンポジウム (2006) 他

### 本研究の流れ

#### 本研究の目的

#### ひずみを考慮した画像照合法の開発

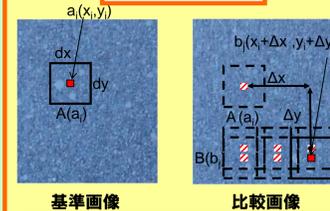
- ・大変形時における**変位・ひずみ計測の高精度化**
- ・**変形前後2枚の画像**で照合可能

従来手法との比較・検討することにより上記手法の妥当性の検証

ひずみ集中問題への適用

## サブピクセル画像照合法

### 画像照合法



比較する画像領域 A (a), B (b) を同サイズ  $dx \times dy$  で設定 ( $dx, dy$  は 10 ~ 100 程度)

比較画像の画像領域 B (b) をずらしながら順次設定

各々の領域の輝度相関値  $R_{ij}(a_i, b_j)$  を残差自乗和と相関により求める。

輝度相関値  $R_{ij}$  が最大時における B (b) の中心位置  $b_j(x_i + \Delta x, y_i + \Delta y)$  が**対応点**(ピクセル単位)となる。

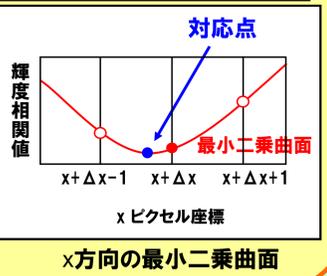
全画像について繰り返し適用

### サブピクセル処理

ピクセル単位での**対応点**  $b_j$  を基準にそれと隣接する点 (x方向3×y方向3) の輝度相関値から**最小二乗曲面**を作成

最小二乗曲面が最小値をとる時の座標 (x, y)

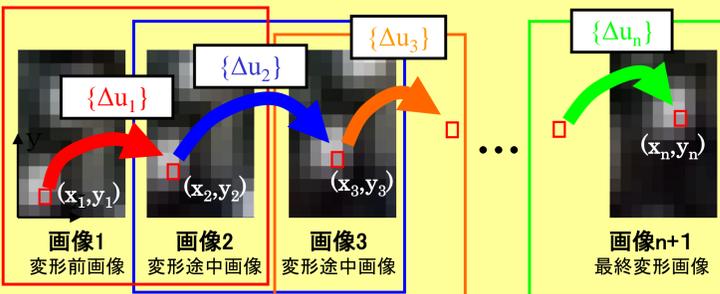
**対応点** (サブピクセル単位)



更に高精度化するために

## 増分加算型変形計測法(従来手法)

サブピクセル処理を施した**画像照合法**を連続的に適用することにより、変位  $\{\Delta u_1\}$ 、 $\{\Delta u_2\}$ 、 $\{\Delta u_3\}$ ...  $\{\Delta u_n\}$  を計測



対応点を追跡

変形前画像と最終変形画像での変位量  $\{\Delta U\} = \{\Delta u_1\} + \{\Delta u_2\} + \{\Delta u_3\} + \dots + \{\Delta u_n\}$

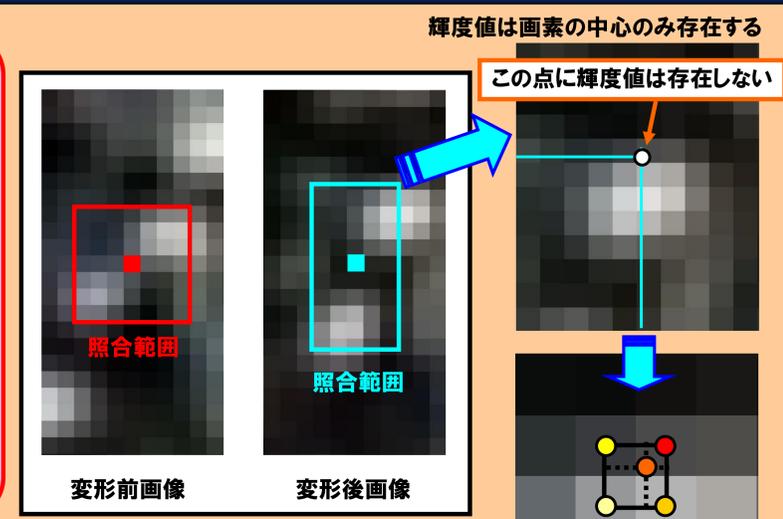
### 従来システムの流れ

- 変形中の**連続画像**を撮影
- 連続する2枚の画像毎に**画像照合**
- 変位増分を加算し**変位量  $\{\Delta u\}$  を算出**
- $\{\Delta \epsilon\} = [B]\{\Delta u\}$   
 $\{\epsilon\}_n = \{\epsilon\}_{n-1} + \{\Delta \epsilon\}_n$ より**ひずみを算出**

## ひずみを考慮した画像照合法(提案手法)

### 提案システムの流れ

- 変形前後**2枚の画像**を撮影
- 照合範囲を**変化させ**画像照合
- 変位量 (u) を算出 + 相関性の最も高い**照合範囲の変化率**をひずみ  $\{\epsilon\}$  として算出

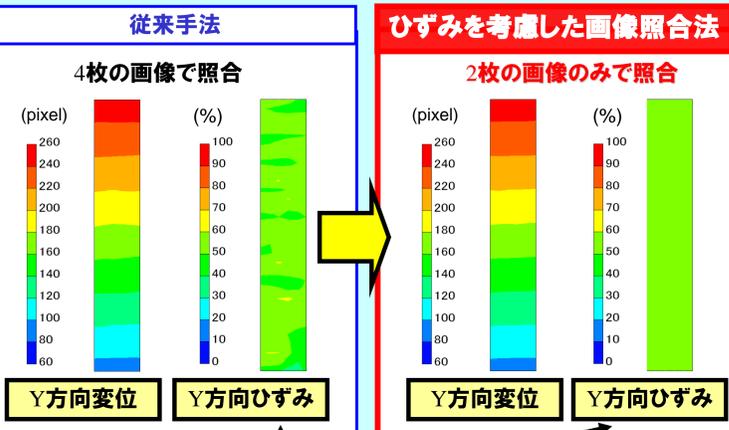
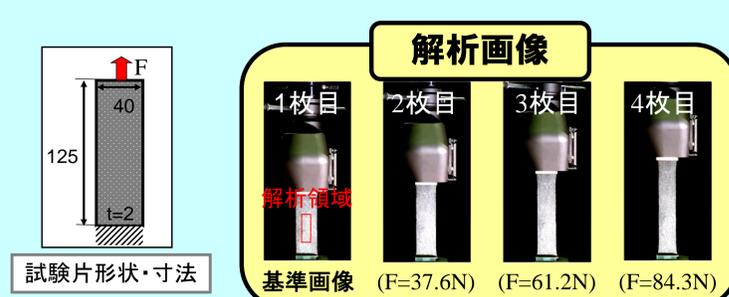


空間的な微分を行わないため**ノイズが小さく高精度**

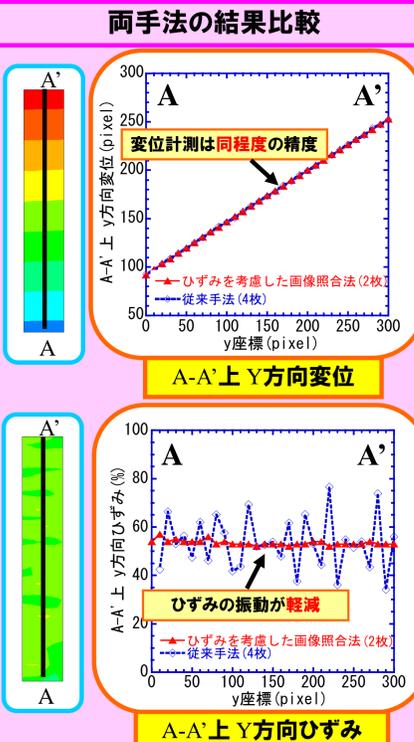
変形後画像の**照合範囲**を変化させ、変形前画像の**照合範囲**と相関をとる

周囲4点の輝度値を用いて**線形補間**を行うことで輝度値を算出

## ゴム材料矩形試験片の引張り試験

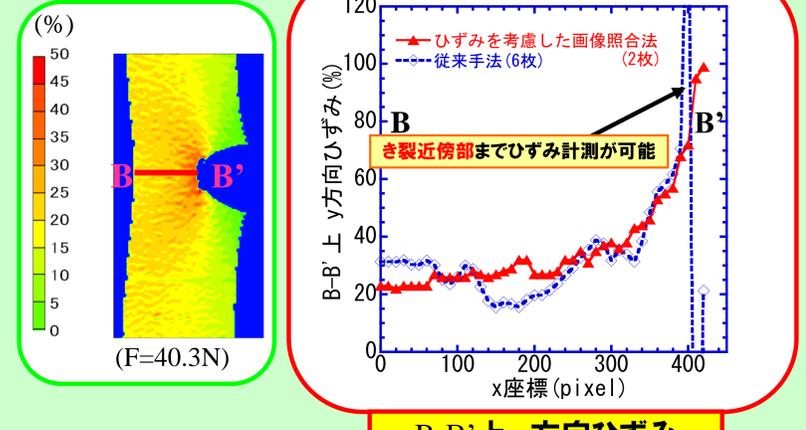
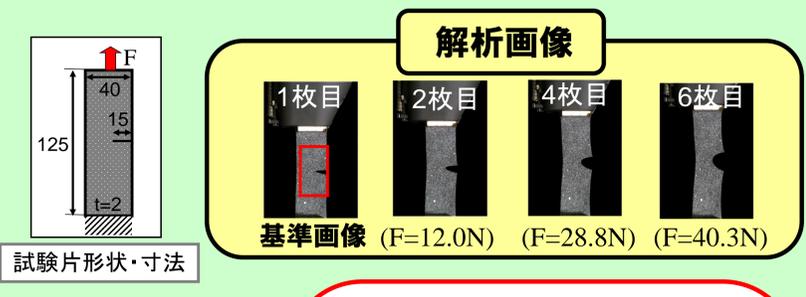


ばらつきのあった**ひずみ分布が滑らか**になった



計測誤差による**ひずみ分布の振動を抑えることができた**

## き裂を有するゴム材料の引張り試験



き裂近傍部まで**ひずみ計測が可能**

## 結言

- ・**画像処理による変形計測法**に対し、新たに**ひずみを考慮した画像照合法**を導入することにより、高精度な**変位・ひずみ計測**が可能になった。
- ・大変形時においても**変形前後2枚の画像のみ**で**変位・ひずみ計測**が可能になった。

## 今後の展望

- ・顕微鏡画像を用いることで、微視的な**応力・ひずみ集中部**の**き裂進展挙動**を計測し、**き裂進展メカニズム**について巨視的および微視的の双方から検討を行う。