

# 引張り試験片の変形の動画像データ解析に関する研究

Image analysis for the deformation of a specimen with tensile loading

東京大学	桂 也真人	Yamato Katsura	
東京大学	出町 和之	Kazuyuki Demachi	Member
東京大学	堀籠 達也	Tatsuya Horigome	
東京大学	上赤 一馬	Kazuma Kamiaka	
東京大学	笠原 直人	Naoto Kasahara	Member

After Fukushima accident in 2011, demand in a design and management to predict severe accidents like Fukushima accident have been realized. To realize them, we must clarify fracture event of reactor pressure vessels or containment vessels. However, the mechanism of failure of structure under severe condition like overpressure or hyperthermia is not clear completely. If we can to predict damage or failure causing severe accidents in advance by some method, we can take some measures retaining soundness of plant. In my research, as a first step, I will develop the method of measuring the deformation until damage or failure. I will perform a tensile test of metallic plate simulating a structure under ultimate load, film it with high speed camera and calculate deformation volume of plate by image analysis, i.e. template matching.

**Keywords:** image analysis, template matching, deformation, failure, reactor pressure vessel

## 1. 研究背景

福島第一原子力発電所の事故教訓として、「事故が起こらないように設計する」から「事故が起こることを前提とした設計と対策」への意識の変換が必要となった。事故を想定した設計とマネジメントの実現には、事故時の原子炉圧力容器や格納容器の破壊現象の解明と、それに基づく最適評価が求められるが、原子炉構造物の設計は安全側に裕度を持たせた保守的評価となっているため、過酷事故が起きた時の極限状態における破壊メカニズムは十分には解明されていない。このような過酷事故を招く破壊、損傷を他のアプローチで事前に検知できれば、極限荷重下のプラント健全性を維持するために必要な対策を講じることができる。

## 2. 研究目的

本研究では、画像計測を用いた破壊、損傷の検知を目指し、まずは前段階として、破壊、損傷に至るまで

の変形の追跡を行う手法を開発する。極限荷重下の構造物を模擬した金属平板の引張り試験を高速カメラで撮影し、動画像データ解析を用いて定量的変形量を求める。

## 3. 研究手法

### 3.1 テンプレートマッチング

パターン認識手法のひとつとしてテンプレートマッチング[1]がある。これはテンプレートと呼ばれる小さな一部の画像領域と同じパターンが画像全体の中に存在するかどうかを調べる手法であり、画像内にある対象物体の位置検出、物体数のカウント、物体移動の検出などに使われる。テンプレートを画像の中で順番に移動させながら、テンプレートとテンプレートに重なる部分の画像の類似度を計算していく。類似度は探索対象となる画像の輝度値 $I(x, y)$ 、テンプレート画像の輝度値 $T(x, y)$ を用いて以下のSSD式やSAD式[1]のように表される。

$$SSD = \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y (I(x, y) - T(x, y))^2 \quad (1)$$

桂 也真人:〒113-8656 文京区本郷 7-3-1  
東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻  
E-mail: p0cky@hotmail.co.jp

$$SAD = \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y |I(x,y) - T(x,y)| \quad (2)$$

値が小さい程、テンプレートとテンプレートに重なる部分の画像が似ていることを示し、完全に一致している場合には値は0になる。

### 3.2 引張り試験動画像への適用

SHIMADZU AG-XDplus という引張り試験機 (図1) を用いて試験を行った。上下のつかみ歯で試験片をはさみ、下部のつかみ歯が固定されたまま上部のつかみ歯が一定の速度で上方へ移動し、試験片を引張る。試験機の最大負荷容量は50kNで、負荷方式は高精度定速ひずみ制御方式である。試験片は図2のように表面に規則的に黒点を描いた銅版試験片 (60mm×50mm×1mm) を用いた。黒点の間隔は上下左右に約3mmである。この試験における試験片の変形を高速カメラ (Photron社 FASTCAM SA3LCB) で撮影した。得られた動画像データをMATLABに取り込みテンプレートマッチングを行うことで試験片の変位量を求めた。

引張り試験においては極端な大変形が生じないことから、マッチングを行う探索領域は追跡点周りの微小領域に限定することで他の追跡点とマッチングが行われることを防いでいる。また、格子点自体も変形が進み、完全に一致するマッチングを行うことはできないが、高速カメラで撮影した動画像を用いることで、タイムステップ間の時間刻み幅が小さくなり、実際にマッチングを行う画像での追跡点の変形は微小なものとしてみなすことができる。さらにタイムステップごとにテンプレートを再構築することで追跡点の変形に対応している。

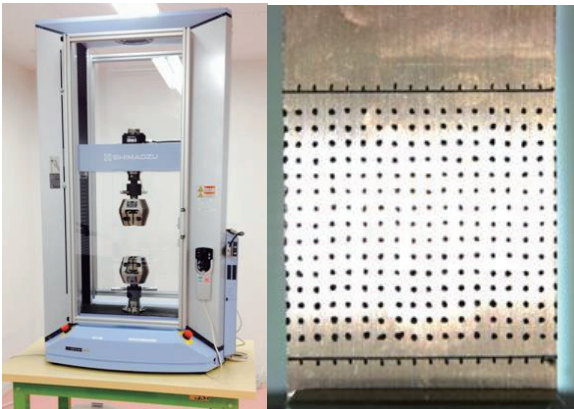


図1 引張り試験機

図2 試験片

## 4. 結果

格子点を追跡点とし、各ステップにおける追跡点の位置を赤点で描画した (図3)。赤点は銅板上の黒点に重なっていることから追跡が良好であると言える。この結果から各追跡点の移動量をピクセル単位で計算することが可能となり、銅板の変位量を求められる。

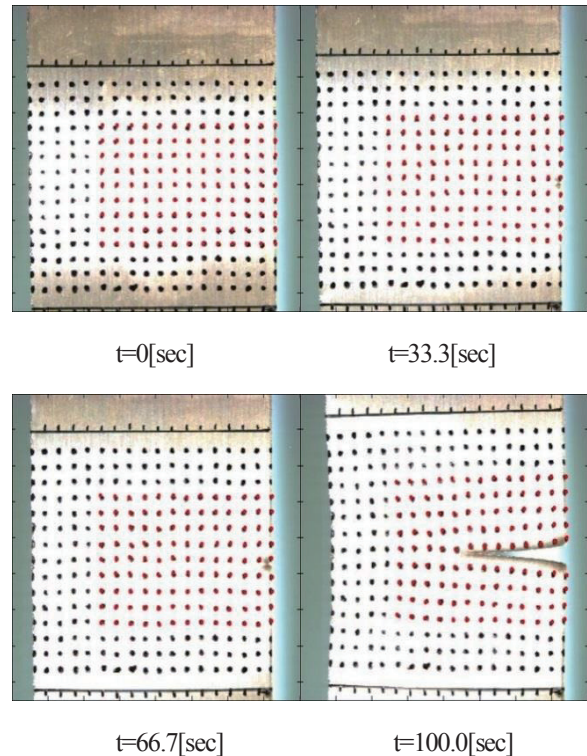


図3 各ステップにおける追跡点

## 5. 結論と今後の課題

引張り試験における試験片の変位量計算に適用できるテンプレートマッチングを開発した。この手法から得られた変位量から、損傷、破壊により寄与する因子となるひずみを計算する必要がある。変形が進行する試験片に対してひずみの分布を求めることで損傷、破壊の検知を可能にする。

### 参考文献

- [1] 新編画像解析ハンドブック (東京大学出版会), 機能編第II部3章 (2004)