

## 連続取込スペックル干渉画像を用いた アルミ薄板の引っ張り変形測定

金沢大学工学部 安達正明, 高山 稔  
兵庫県立工業技術センター 松本哲也, 北川洋一

### 1. 研究の目的

スペックル干渉計を用いるとマイクロオーダーの静的変形量について2次元的な分布を調べることができる。我々はこれまで動変形も測定できるように、干渉像をカメラで連続的に取り込み、その光強度変化から変形の時間変化を求める方法を研究して来た<sup>1)~4)</sup>。今回は、これまで開発してきた方法を用いてアルミの薄板を一定の速度で引っ張った時の変形現象の測定を試みた。アルミの薄板は引っ張りに対して特殊な変形現象が見られることで現在注目されている物であり<sup>5)</sup>、その現象の解明が求められている。

### 2. 実験装置, 測定原理, 測定結果

測定光学系を図1に示す。CCDカメラが捉える物体表面の点は、上のミラーで反射されて来たレーザー光と、下のビームスプリッターを直進して来たレーザー光を、カメラの方向に反射している。反射点のマイクロ凹凸構造は両反射光の強度を決め、両者が干渉して反射点の光強度としてCCDの画素で観察される。引っ張り試験器が物体を上へ引っ張ると、凹凸も移動し、上下2つの光路の差が変化する。この移動は画素の光強度変化として図2のように測定される。強度変化の最大値  $I_{max}(r)$ 、最小値  $I_{min}(r)$ 、さらに光強度  $I(r, t)$  から、この時、式(1)を用いて干渉位相  $\phi(r, t)$  に関する絶対値が分かる。そこで測定初期  $t_0$  の位相<sup>3)</sup>が分かっている時、 $\pm \phi$  を  $r$  の位相の候補として取り上げ、測定点の局所域内の画素で2つの候補から計算した位相変化を図3の複素平面でプロットする<sup>2), 3)</sup>。変形による位相変化は域内でほぼ同じになることを利用し、図の白丸は位相が不揃いなので間違った候補から計算された点、黒丸は正しい候補から計算された点と考え、 $\phi$  を位相の正しい変化量と見なす。引っ張りによる大変形では反射点のマイクロ凹凸構造も変化し、スペックルの波面位相が変化して干渉信号変化のモジュレーションも大きく変化する。そこで、変化する  $I_{max}$  と  $I_{min}$  を更新しながら、また中途の位相を、それまでに求めた位相変化を用いて再抽出しながら図3の抽出を繰り返した。得られた結果から引っ張りに伴う変形の時間変化を抽出した。その結果から変形速度の大きな部分の移動を抽出した画像を、図4と5に示す。図4では伸びが周囲に比べて大きい部分が白く描き出されているが、その領域が0.1秒後に約1cmほど右の方に移動していることが図5で確認できる。ただし、まだ不明点が多い。

### 3. 結論

アルミ板の引っ張りにおける変形現象の解明のために、高精度に変形位相の評価できる方法を131Hzのカメラと組み合わせて、変形現象を調べた。その結果、10cm/秒程度の速度で横に移動する大変形部分らしいものを観測し得た。

#### 参考文献

- 1) M.Adachi, et al. : Optical Review, 4, 3 (1997) 429.
- 2) 安達正明他, : 精密工学会誌, 65, 8, (1999) 1121.
- 3) 安達正明, 稲部勝幸: 精密工学会誌, 66, 9, (2000) 1419.
- 4) M.Adachi, et al. : Appl.Opt., 40,34 (2001) 6187.
- 5) S.Toyooka, et al.,: J.,J.,Appl.Phys, part1, 40, 2A.(2001) 873

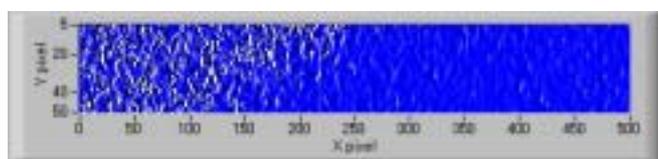


図4. 引っ張り始めてから1286枚目の干渉画像から抽出した変形強度のマップ。画像取込速度は135枚/秒、横方向のサイズは約18mm、縦方向は約2mm。白くなっている部分の変形強度は約40rad/s

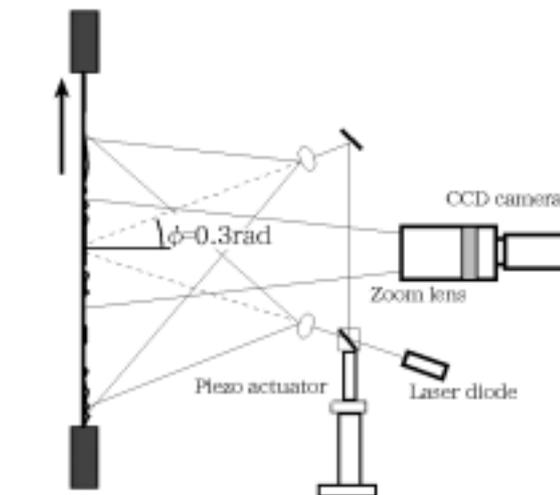


図1. 測定光学系

左は引っ張り試験器でアルミ薄板を引っ張っている。下のピエゾ素子は初期位相測定<sup>3)</sup>に使用。カメラは12bit, 131Hz/sで約8000枚の画像取込が可能。

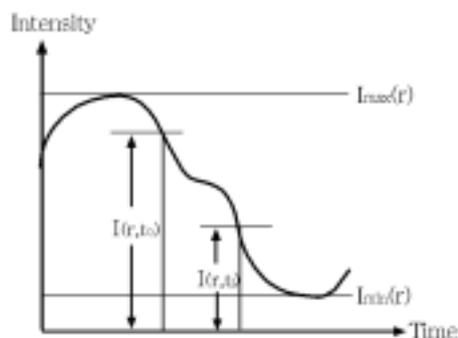


図2. 変形に伴うある画素での光強度変化、この変化から、式(1)を用いて位相を抽出する

$$|\phi(r, t_0)| = \cos^{-1} \left[ \frac{I(r, t_0) - \{I_{max}(r) + I_{min}(r)\}/2}{\{I_{max}(r) - I_{min}(r)\}/2} \right] \quad (1)$$

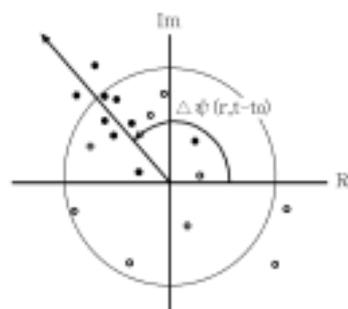


図3. ある画素近傍での光強度変化から位相変化の候補を求め、候補から計算した複素平面での位相変化プロット。  $\phi$  が位相変化量

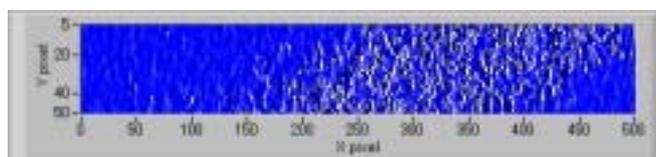


図5. 図4と同じ部分を観測している。ただし、図4から約0.1秒後の変形強度マップ。変形の大きい部分が横方向に移動している。移動速度は約10cm/秒程度