

室蘭工業大学 ○渡辺 満 横内 弘宇

既に開発された CCD水平設置型センサ¹⁾は、光軸上に CCDピクセルラインが設置され、物体距離の高頻度測定 (355times/sec)が可能であり、距離更正における直線性に優れる、面の傾斜の影響を受けない等の特徴を持つ。しかしながら、物体表面上のレーザ光スポットの CCD面実像は、スペckルノイズを含み、ピーク位置判定の精度は阻害される。スペckルノイズ抑制の為に、光弾性材料を応用した方法を試験し、その効果を報告する。

1. 緒言

このセンサは二枚のレンズを天体望遠鏡型に固定したレンズ系 (ケプラー型アフォカル光学系) を持ち、レンズ系前方の対象物空間の点群はレンズ系後方の実像空間の点群へ線形写像される。従って光軸に置いたレーザ・ビームによる物体表面上の光スポットの実像は、光軸に合わせて水平に設置された1D-CCD面に結像し、CCD出力のピーク位置検出値は直接光軸上の定点からスポットまでの距離値となる。

本機の第1, 第2レンズの焦点距離はそれぞれ $f_1 = 240.7\text{mm}$, $f_2 = 35.7\text{mm}$, 軸方向倍率は $(f_1/f_2)^2 = 45.45$ である。また、CCDのピクセルのピッチおよび総数は $11\mu\text{m}$, 2592pixelである。分解能は 0.5mm/pixel として設計されているが調整後は 0.518mm/pixel となっている。測定範囲 L は $0 \sim 1296\text{mm}$ である。静止物体表面に対する個々の500値ヒストグラムの範囲は $\pm(1 \sim 2)\text{pixel}$ あるいは $\pm(0.5 \sim 1)\text{mm}$ 程度になることもあるが、距離を変えずに物体表面の測定部位を光軸に垂直に移動させた場合、測定中の距離の大きさにあまり依存せず、ヒストグラムごと $E = \pm(4 \sim 5)\text{mm}$ の範囲でバラつくことが知られている。

2. スペckルノイズ

図3に示すように、CCD出力には(a)のようなスペckルノイズが(b)の幾何学光学成分 (点線) に重なって太線のようになり、中央部のスペckルピークのうちどれかが卓越して来ることによって、(b)のピーク位置は跳躍的に遷移することがある。

CCD面上のスポット実像の赤外顕微鏡写真観察によれば²⁾、スペckルサイズは二つある。即ち、約 $5\mu\text{m}$ と約 $90 \sim 110\mu\text{m}$ のものである。後者はスペckルクラスターで明暗のパターンを生ずるという状況を呈している。 $11 \times 11\mu\text{m}$ のピクセルサイズの故に小さい方は検出されないが、大きい方は、図3の複峰サイズに対応する。

3. 試験方法

単純に CCDの一掃引時間内に、数サイクルの頻度でスペckルに full-boilingが生じれば、CCD出力におけるスペckルの影響は平均化されてしまい、現れない

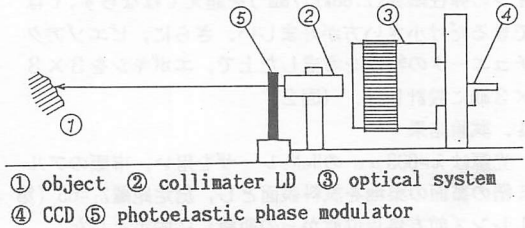


図1 実験装置の概要

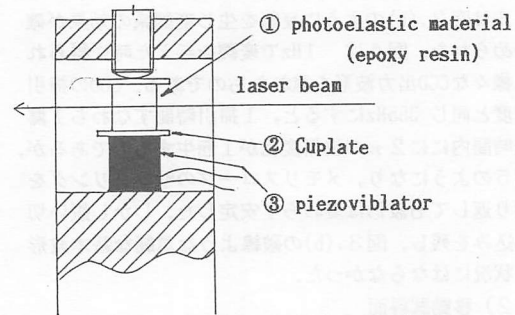


図2 光弾性による位相変調装置

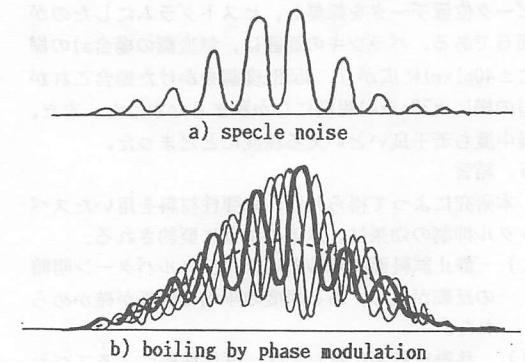


図3 CCD出力波形に生ずる付随峰 a) スペckルクラスターに対応する波形 b) 基本出力と変調によるボイリング

であろうと考えられるが、これまでに試験されたいろいろな対策は、どれも十分な効果を得ていない²⁾

この報告では、図1のような実験装置において、光弾性材料(エポキシ樹脂)にピエゾアクチュエータを用いて変形を与え、光弾性効果による位相変調をレーザビームに与えることを試みた。1サイクルの変形で 2π の位相変調を得るには、エポキシの光弾性感度 α ($=0.94f \cdot o \cdot mm/kgf$)、厚さ t 、エポキシにかかる応力 σ の関係が、 $\alpha \cdot \sigma \cdot t = 1$ となる必要がある。また σ はエポキシの弾性限界($2.88kgf/mm^2$)を超えてはならず、 t はできるだけ小さい方が好ましい。さらに、ピエゾアクチュエータの特性を考慮した上で、エポキシを $3 \times 3 \times 3mm$ に設計した。(図2)

4. 試験結果

光源は $\lambda=633\mu m$ のHeNeレーザを用い、市販のアルミ箔の裏面の梨地を試料表面とし、測定距離 $Z_1=65$ (第1レンズ前方焦点位置からの距離)に固定とした。

1) 静止試料面

1Hz程度の 2π 位相変調速度で観察すると、スペckルは図3.(b)のように反転を生じ変調系の効果が確かめられた。図4は1Hzで変調を与えた時に得られる様々なCCD出力波形を重ねたものである。CCDの掃引速度と同じ355Hzにすると、1掃引時間すなわち1露光時間内に 2π の位相変化が1回生ずるのであるが、図5のようになり、メモリスコープのサンプリングを繰り返しても波形は変わらず安定した。しかし鋭い切れ込みを残し、図3.(b)の破線のような単純な基本波形の状況にはならなかった。

2) 移動試料面

治具を用いて試料面を光軸方向に垂直に手で移動(約30mm/sec)させている間に500値(約1.4sec)のピーク位置データを採集し、ヒストグラムにしたのが図6である。バラツキの範囲は、無変調の場合a)の様に $\pm 40pixel$ に広がり、355Hz変調をかけた場合これがb)の様に $\pm 30pixel$ 程度にしか狭まらなかった。また、集中度も若干良いといえる程度にとどまった。

5. 結言

本研究によって得られた、光弾性材料を用いたスペckル抑制の効果は、以下のように要約される。

- 1) 静止試料面に対してはスペckルパターン明暗の反転が生じ、ある程度の平均化効果が確かめられた。
- 2) 移動試料面に対しては、試料移動によるスペckルの変化のコントラストの規模は、変調のそれに比べて圧倒的に大きく、光弾性による位相変調による平均化効果は顕著には現れなかった。

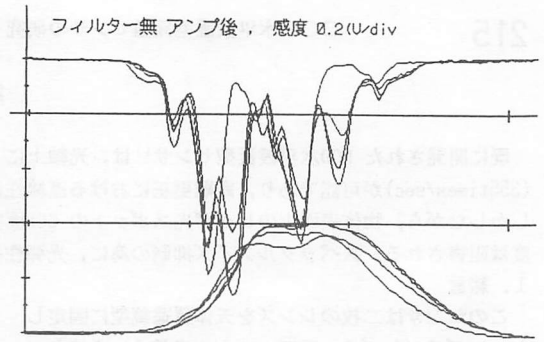


図4 1Hz変調時に生ずる様々なCCD出力波形

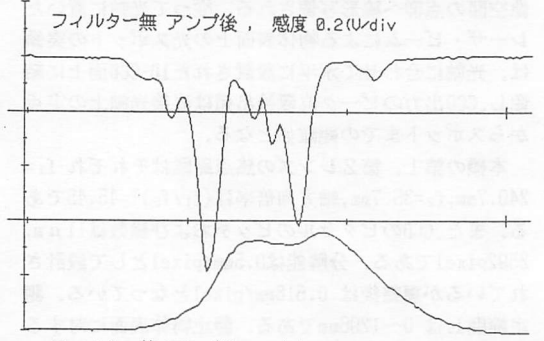


図5 355Hz変調時のCCD出力波形

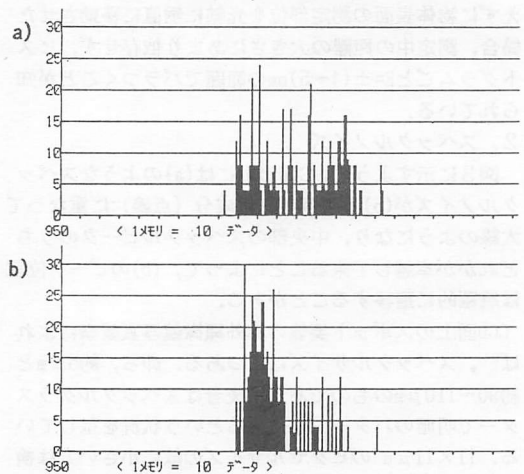


図6 移動試料面距離測定ヒストグラム
(a) 変調なし (b) 355Hz変調

文献 1) 横内弘宇, 藤岡誠他: CCD水平設置型非接触距離センサの研究—物体表面傾斜の影響, 1989年度精密工学会春期大会, E20
2) 横内弘宇, 藤岡誠, 岸浪建史: CCD水平設置型非接触距離センサにおけるスペckル対策について, 1990年度精密工学会秋期大会学術講演会論文集, A36