

室蘭工大 ○横内 弘宇
住友金属工業(株) 渡辺 満

要旨

大型部品の三次元形状測定に為に、CCD水平設置型非接触距離センサが既に開発されているのであるが、用いられるレーザービーム光源に起因するスペックルが、このセンサの精度を阻害するという難問を抱えていた。これまでになされた多くのスペックル対策は十分な効果を得ていない。レーザービームを棄て、SLD(Super Luminescent Diode)を用いて、このセンサに潜在する精度をひきだすことが出来た。

1. 緒言

既に考案され試験中のCCD水平設置型非接触距離センサは、光軸上にCCDピクセルラインが設置されている。物体距離の高頻度測定が可能であり、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などの特徴を持っており、実用に向けて有効であることが確認された¹⁾。しかし、レーザー光をあてた粗面物体からの散乱光にてスペックルを生じ、CCD出力の波形に付随峰を伴う。この結果、ピーク位置判定の精度は阻害される。このスペックルの抑制のために、センサ前方の空気を擾乱させる方法やレーザーガンに振動を与える方法²⁾、レーザー光に変調を与える光弾性を利用する方法及び液晶を利用する方法等がこれまでに試験されたが、十分な効果を得ていない。本報告では、光源に赤外発光素子を用いた場合の実験及び検討を報告する。

2. センサの仕様

本センサは図1のように、 L_1, L_2 の2枚のレンズを天体望遠鏡型に固定したレンズ系を持っている。 L_1 の前方にレーザーガンが設置されており、この光軸上 L_2 の後方には1D-CCDが設置されている。レンズ系前方の点はCCDラインセンサ上の点に線形性を保ったまま結像する。またセンサの仕様は表1に示す。

表1

第1レンズ焦点距離	: 240.7mm	測定範囲	: $L=0\sim 1296\text{mm}$
第2レンズ焦点距離	: 35.7mm	測定分解能	: 0.5mm/pixel
CCDピクセルピッチ	: 11 μm	目標測定精度	: 誤差 $\pm(2.5+0.025L)\text{mm}$ 以下
ピクセル総数	: 2592pixel	測定表面傾斜角	: $\pm 75\text{degree}$
軸方向倍率	: 1/45.45	画素読出し速度	: 355times/sec(771 μs / 35MHz)

3. これまでになされたスペックル抑制法

図2に示すように、CCD出力は図2の点線の様な幾何光学成分とスペックルによる波形と重なって、太線の様に主ピークに対して幾つもの付随峰が見られる。精度向上のためにはスペックルの抑制によってこの付随峰の影響を無くすことが出来ればよい。単純に、CCDの1掃引時間内(355Hz)に数サイクルの頻度でスペックルに、(b)図細線の様なボイリングが生じれば、付随峰を平均化すこ

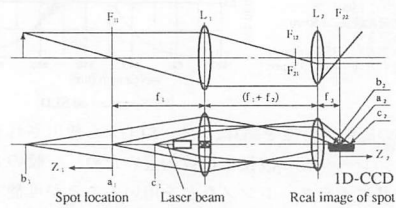


図1 Principle of the distance measuring device

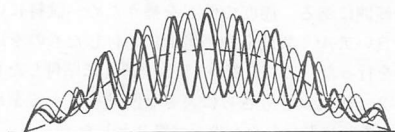


図2 Multi peaks of CCD out put

とができると考えられる。そこで、レーザー光に位相の変調を与えるために、光弾性を利用する方法と液晶を利用する方法を提案し、前者については実験検討し、後者については可能性について検討した。

光弾性を応用する方法：レーザーガン前面に光弾性材料を置きレーザー光に複屈折を与え、CCD 1掃引時間内に 2π 以上の位相変化を起こさせる。

波形の平均化が可能であることが確認され、測定距離が短い位置ではスペックル抑制の効果が確認された。試料反射面の粗さや凹凸の変化に伴って生ずるレーザー光の散乱は、残念ながら、レーザー光の変調によるそれをはるかに凌駕する。従って期待に沿う十分な効果は得られなかった。しかし、移動試料試験(試料面を光軸と垂直方向に移動(約30mm/sec)させている間に500値(約1.4sec)の距離測定)の測定値ヒストグラムのmax.countは変調を与えた場合僅かであるが高くなっており、集中度に関してはある程度の効果が見られる。

液晶を応用する方法：例えば、動的散乱モード状態で液晶による変調³⁾を行えば、光弾性材料を応用する方法に比べて、はるかに強いスペックルボイリングを期待でき

る。しかしながら、動的散乱形の液晶セルは現在生産が無い。また、一般に液晶セルの変調周波数は100Hz以下であり、355Hzの高頻度測定を犠牲にしなければならない。

4. 赤外発光素子を用いる方法

4.1 実験方法

レーザー光以外の高輝度光源で、低コヒーレンス性を特徴とする赤外発光素子SLD(Super Luminescent Diode)を用いて、CCD出力の観察を行った。SLDの主な仕様は表2のとおりである。

表2

動作電流	104.0mA
動作電圧	1.96V
ピーク発光波長	850nm
発光部開き角	
: 水平方向	35.2 degree
: 垂直方向	49.4 degree

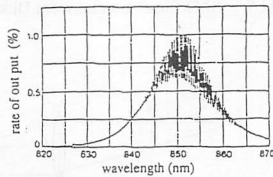


図3 Spectrum of SLD

SLDの周波数特性を図3に示す。SLDから放出される赤外光は、レーザー光の波長に比較的近いため、一般の光学機器、特にガラス、レンズなどを用いることが可能であり、またこの赤外光の波長はCCDラインセンサの読み取り可能範囲にある。感度の低下を補うため、試料には反射率の良いアルミ梨地を銅平坦面に貼付したものをを用いて実験を行った。これを資料1とし、鋳肌に貼付したものを試料2、鋳肌よりもさらに大きな凹凸をアルミ梨地に付け適当な板に貼付したものを試料3とした。

4.2 実験結果及び考察

図4は試料面を光軸と垂直な方向に移動させ、数個の静止波形を重ねたものである。粗さが大きくなるに従い波形は乱れる傾向にある。

図5は測定距離に対する移動試料面ピーク位置ヒストグラムである。横軸は測定距離、縦軸はばらつきの範囲で、単位はmmに直してある。静止試料に対しては±10pixel(±5mm)程度のばらつきに収まっているが移動試料に対しては±20pixel(±10mm)程度である。また直線は、目標測定精度の誤差の範囲 $\pm(2.5+0.025L)$ mmを表している。粗さが大きいほど、測定距離の増加に伴ってばらつきの広がりが大きくなる傾向が見られるが、目標誤差内に収まっている。また、試料1,2に関してはばらつきの範囲の大きさは測定距離に依存しない。これらの結果から、SLDを光源とした場合、僅かに粗さの影響を受けるが、このセンサに潜在する精度を十分引き出すことが出来たとと言える。

5. 結言

- (1) レーザ光に変調を与える場合、CCDの掃引時間の整数倍の周期にすると、CCD出力波形を平均化出来る。
- (2) 本センサの光源として、SLDは有効である。

参考文献

- 1) 横内弘字、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年度精密工学会春季大会学術講演会論文集
- 2) 横内弘字、藤岡誠他：CCD水平設置型非接触距離センサにおけるスペックル対策について、1990年度精密工学会秋季大会学術講演会論文集
- 3) 日本学術振興会液晶部会

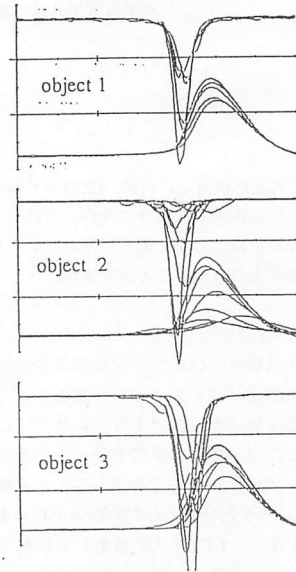


図4 CCD output when object is moved

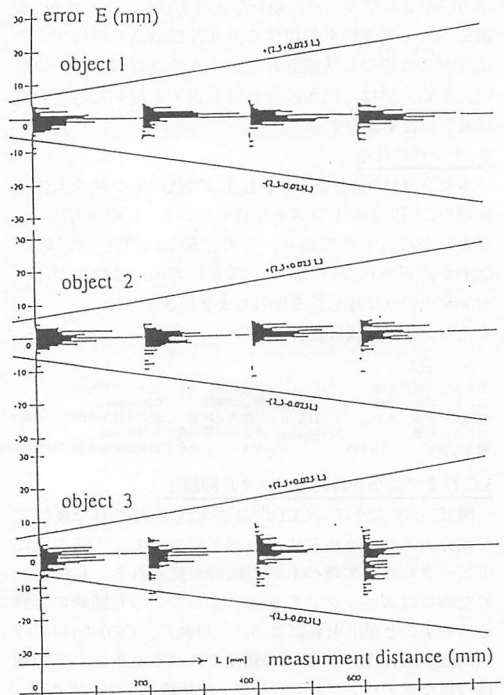


図5 Histograms of local error located on general error-distance graph for moving object