

室蘭工業大学 ○横内弘宇, 三井金属鉱業 (株) 井上信次,  
PT. LEN INDUSTRI (Indonesia) Nefli Yusuf

要旨

三次元形状測定のためのCCD水平設置型非接触距離センサの光源として、半導体レーザを棄て、SLD(Super Luminescent Diode)を用いることによって、これまで悩まされてきたスペックルによる精度障害をある程度抑えることが出来た。その結果、測定中に物体移動によって生ずるスペックルボイリングによって、ある距離測定の標準偏差値は大きくなるが、その平均値の、較正直線上の定位は極めて良いことが認められた。一点の測定に対して、適当個数の平均処理を行えば質の良い測定が得られることを報告する。

1. 緒言

既に開発された非接触距離センサは、物体表面上の光スポットの実像を、光軸を含む水平面に設置された1-D CCDに得て、センサの定点からスポットまでの光軸上距離を検出するものである。ある測定範囲、感度に設計されたセンサは、迅速性、傾斜非感受性、小型軽量堅牢性(ソリッド構成)、直線較正性に関して優れている。しかしながら粗さ非感受性、及び精度に関しては、共に光源に起因するスペックルの故に十分とはいえなかった。

ソリッド性を損なわないという拘束の中で解決することを重視して、多くのスペックル対策が講じられたが<sup>1)</sup> 満足しなかった。SLDを用いること、アルミ粉末スプレによる表面処理をすることによって、現在の処、この問題は最少限に抑えられた。

2. センサ仕様について

このセンサはFig.1に示すように、2枚の凸レンズを天体望遠鏡型に固定した光学系であり、レンズ前方の対象物空間の点群は、レンズ後方の実像空間の点群へ線形写像される。主な仕様は、

- 測定範囲:  $L=0\sim 1296\text{mm}$
- 測定分解能:  $0.5\text{mm/pixel}$
- 目標測定精度: 誤差  $\pm (2.5+0.025L)\text{mm}$ 以下
- 測定表面傾斜:  $\pm 75\text{degree}$  まで

よってCCD掃引頻度は、 $355/\text{sec}$ である。

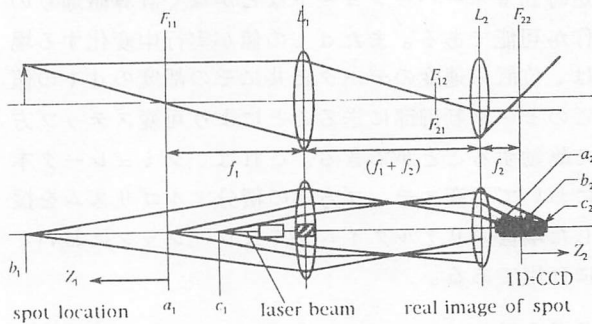


Fig 1 Principle of the distance measuring device

3. SLDについて

光源として用いたSLD(浜松フォトニクス社製, L3302)は、光出力 $2.0\text{mw}$ 、ピーク発光波長 $850\text{nm}$ (赤

外光)、スペクトル半値幅 $10\text{nm}$ 、コヒーレント長 $40\sim 50\mu\text{m}$ の定格をもつ。

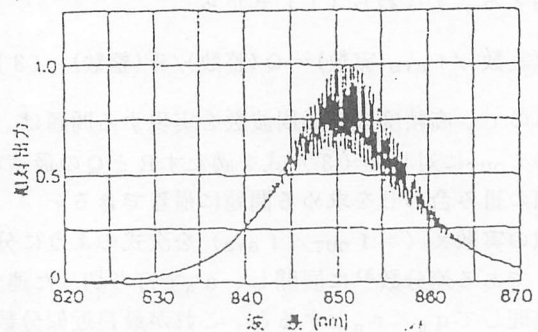


Fig.2 SLDの発光スペクトル

Fig.2のような発光スペクトルを有している。 $\phi 5\text{mm}$ のアイリスを付した顕微鏡用対物レンズによってコリメートして用いた。測定対象物は様々の試験の結果、市販のアルミ粉入りスプレラッカを吹付塗装した。

4. 移動表面測定

通常静止表面に対して、500値の測定値をとると、全測定範囲にわたって、ヒストグラムの幅は、 $\pm 2\sim 3\text{pixel}$ 内に納まる急峻な分布が得られることが知られていた。しかしながら、この分布が示す平均値や最頻度値はかならずしも、測定範囲全体で得られる較正直線(最小自乗法により決定)上に乗っているとは限らない。CCDの出力において幾何光学ピークに付随するスペックル峰に依存して、ヒストグラムごと $10\sim 20\text{pixel}$ も移動する。実際測定中はセンサは掃引されるから、検定測定は移動表面に対しておこなわれる。約 $30\text{mm/sec}$ で、 $500\text{値}/1.4\text{sec}$ である。光軸に対してヨウ角 $\phi$ 、ピッチ角 $\theta$ が $\pm 75^\circ$ 内で傾斜させた面に対して、距離を一定に保つように表面内移動させて行った。

5. 精度検定

距離 $L=-100, 0, 200, 400, 600, 800, 1000\text{mm}$   
 ヨウ角 $\phi=0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 75^\circ$   
 ピッチ角 $\theta=0, \pm 20, \pm 40^\circ, \pm 60^\circ, \pm 75^\circ$   
 の組み合わせ( $7 \times 5 \times 9$ )に関して、移動表面の距離測定ヒストグラム(500値)を得た。Lに対して検出されるCCD番地を確率変数Xとする。

Xの分布幅は $L = [100 \sim 800]$  mmの区間内では一定 ( $\pm 15$  pixel,  $\sigma(X) = 6$  pixel) であり, この測定範囲では, 面の傾斜に対しても不感応である.  $L = [-100 \sim 100]$ ,  $[800 \sim 1000]$  の両端区間では, 分布の標準偏差 $\sigma(X)$ は増加する (Fig.5). 光ビーム径が両端に行くほど太くなるためである.

以下に2例を示す. Fig.3は,  $(\theta, \phi) = (0, 40)$  のヒストグラムを距離 $Z_1$  ( $F_{11}$ からの距離) に対して配置したものであり, Fig.4は,  $(\theta, \phi) = (0, 60)$  の最頻度番地 $X_p$ をプロットしたもので, 同条件の三測定例が示されている.

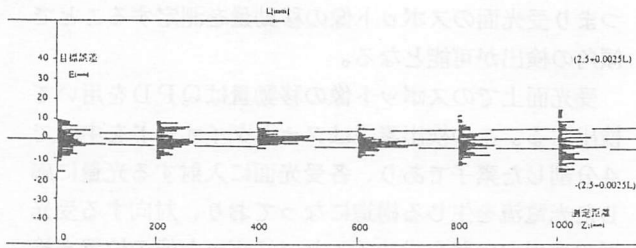


Fig.3 距離に対するヒストグラム  $(\theta, \phi) = (0, 40)$

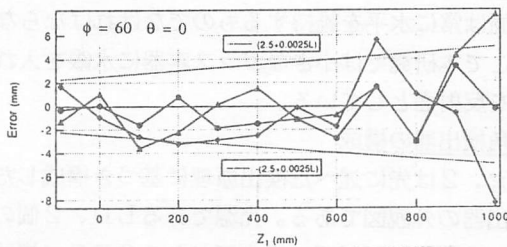


Fig.4  $\bar{X} - X_{LS}$

又, Fig.5, Fig.6は $(\theta, \phi) = (0, 0), (20, 20), (40, 40), (60, 60), (75, 75)$  について, それぞれ標準偏差 $\sigma(X)$ , 較正直線からの偏差 $\bar{X} - X_{LS}$ を示す.  $X_{LS}$ は最小二乗法によって定められた較正直線 $X(L)$ 上の値である. 光ビームが十分細いと考えられる範囲では,  $\sigma(X)$ は6 pixelと大きいにも関わらず,  $\bar{X} - X_{LS}$ は0~10 pixel内に納まっていることが見られる. 従って, 1距離測定に対して, 適当な個数の測定値を平均処理すればある程度の精度で, 形状測定が可能であろう. Fig.6において, これ等は100mm毎の測定であるが, 特に $(0, 0)$ については $\bar{X} - X_{LS}$ は奇妙なことに周期的に増減している. これは, 現在説明できていない.

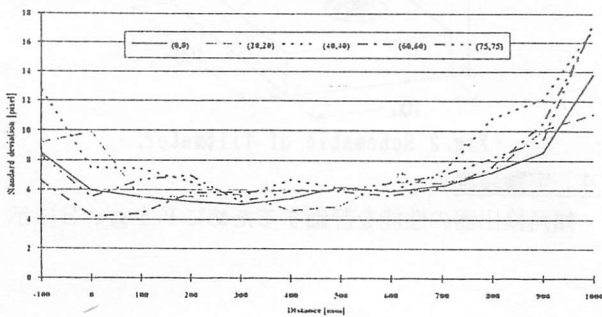


Fig.5 距離に対する $\sigma(X)$

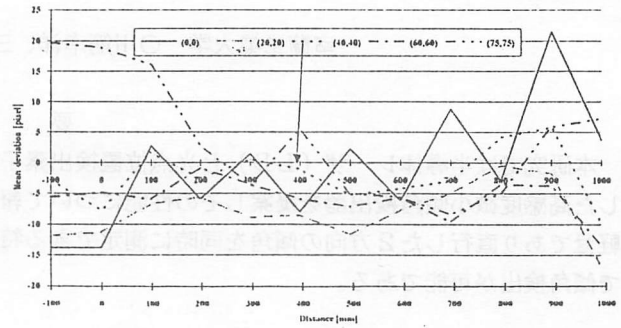
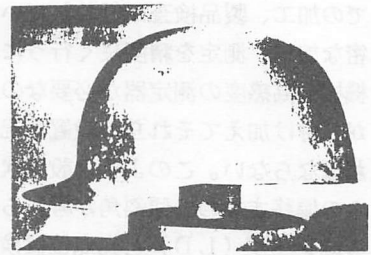


Fig.6 距離に対する $\bar{X} - X_{LS}$

## 6. 形状測定例

三次元形状測定機 (CMM, ミットヨ製 マイクロコードB-706) のプローブの代わりに本センサを取り付け, 様々な形状のものを試験した.



Phot.1 ヘルメット

CMM付属のコンピュータ (MAG-3) からセンサ光軸上の定点の位置を, センサからは光軸上距離情報を, GP-IBを介してパソコンに送った. 5mmピッチで13~0.3mm/secの掃引速度 (手動) で4面測定し, 合成した. 一例としてヘルメット (Phot.1) の測定をFig.7に示す. 上から一点当たりの測定数は500, 250, 5である.

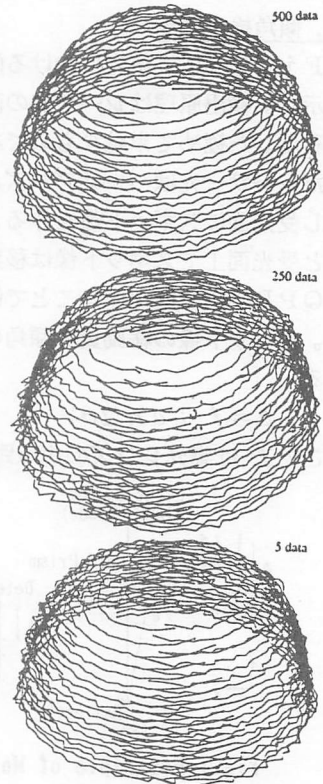


Fig.7 ヘルメットの測定結果

## 8. 謝辞

ワイヤフレーム構成データ処理は奥村優君 (室工大機械システム工学専攻) に負う. 感謝する.

1) 渡辺, 横内: 1992年北海道支部学術講演論文集