

第12回光学シンポジウム

半導体レーザーを用いた ホログラフィー干渉形状計測

岡田勝行・佐々木憲一・小瀬輝次

千葉大学工学部画像工学科
〒260 千葉市弥生町 1-33

ホログラフィー干渉において二つの異なる波長を用いると、被写体の形状に対応した干渉縞が生じる。この方法により物体の形状計測を高精度で行なうため、レーザー光源として半導体レーザーを用いた、実時間干渉計測法とフリンジスキャン法を併用する方法を考案し、そのデータ処理法として新たに逐次近似法を考案した。

実時間ホログラフィー干渉では被写体をホログラムに記録し、再生された波面と物体から直接反射される波面とを干渉させる。ホログラムの再生時に記録波長と異なる波長を用いると、その波長差に応じた等価波長の間隔でホログラム撮影時の参照光と物体光の光路差に応じた干渉縞が得られる。いま、被写体照明光源から被写体を経て観察点至る光路長を l_1 、ホログラム参照光源からホログラムを経て観察点至る光路長を l_2 として、ホログラム撮影時のレーザー光の波長を λ_1 、再生時の波長を λ_2 とすると、干渉する光の強度は不用な項を無視すると

$$I = I_0 + I_1 \cdot \cos \{2\pi(l_1 - l_2) / \lambda_{eq}\}$$
$$\lambda_{eq} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1) \quad (1)$$

となる。余弦の項の中の位相を精密に測定するためフリンジスキャンを行なう。位相をシフトするために再生波長を $(\lambda_2 - \lambda_1)$ に比べ微小な波長 $\Delta\lambda$ だけ変化するとすると、(1)式は

$$I = I_0 + I_1 \cdot \cos \{2\pi(l_1 - l_2) / \lambda_{eq} + \Delta\phi'\}$$
$$\Delta\phi' = 2\pi(l_1 - l_2) \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \Delta\lambda / (\lambda_2 - \lambda_1)$$

となり、 $\Delta\phi'$ だけ位相変化を与えることができる。しかしながら、この位相変化量は被写体の形状 $(l_1 - l_2)$ に依存する。そのため、通常の解析法は適用できない。そこで逐次近似的な方法を考案した¹⁾。まず、被写体上のある1点の光路長はあらかじめわかっているものとする。像全体の位相シフト量をこの値から求めた一定値として、数十枚の干渉縞の測定値から、最小二乗法により位相を求める。この値は最初に想定した位相シフト量に誤差をもつため精度は悪いがほぼ実際の形状を反映したものととなる。そこで、次にこの1回目の形状データを用い

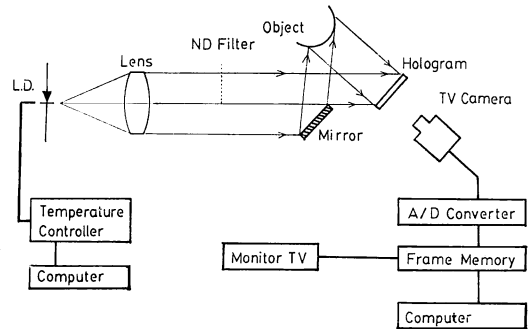


図1 光学系と処理系

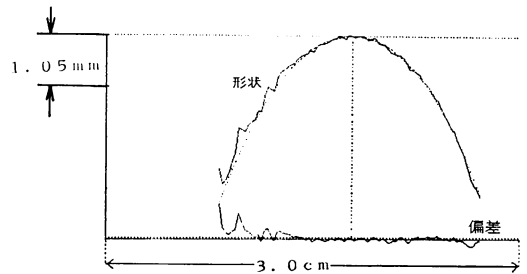


図2 球面の測定結果と誤差

て像上の各点における位相シフト量 $\Delta\phi'$ を求め、ふたたび測定データから最小二乗法により位相および形状を求める。この操作を繰り返して行えば、計算される形状は正しい値に収束する。なお、シミュレーションにより数回の繰返しで収束することを確かめた。

実験に使用した光学系、および測定系を図1に示す。半導体レーザーの波長は 795 nm、出力は 3 mW で、光量を有効に使用するため、図1に示すような単純な光学系を使用した。また、この波長ではホログラム用の乾板は感度が低いため、Agfa 10 E 75 乾板に対して色素による赤外分光増感を行ない使用した。半導体レーザーの波長の変化法は、必要となる波長の変化量が大きいため、すべて素子の温度の制御により行なった。

図2に直径 3 cm の球状の被写体を測定した結果を示す。波長の変化量 $\lambda_2 - \lambda_1$ は半導体レーザーの縦モード一つ変化させたため、約 0.3 nm であり、 λ_{eq} は約 2.1 mm である。また、フリンジスキャンを行ない 32 枚の干渉縞の強度から求めた被写体形状との差を図2下部に示す。被写体中央部では RMS 誤差で 1/30 λ_{eq} 程度が得られた。

文 献

1) 佐々木憲一、岡田勝行、青木法彦、小瀬輝次：第33回応用物理学関連連合講演会予稿集，3p-G-11 (1986) p. 94.