

ホログラフィック変位パターンの3Dリアルタイム表示

3-D Real Time Graphic Imaging of Holographic Displacement Pattern

久保田 啓義、谷口正成、鈴木祥介、高木 相

Hiromichi KUBOTA, Masanari TANIGUCHI, Shosuke SUZUKI, Tasuku TAKAGI

東北文化学園大学

Tohoku Bunka Gakuen University

キーワード：ホログラフィ干渉計測法 (Holographic interferometry)、振動パターン(Vibration pattern)、変位計測 (Displacement measurement)、3-D表示 (3-D graphic image)

連絡先 〒981-8551 仙台市青葉区国見 6-45-1 東北文化学園大学大学院 谷口正成

Tel : 022-233-3797, Fax : 022-233-3797, E-mail : taniguti@ait.tbgu.ac.jp

1. はじめに

ホログラフィ干渉計測法は被測定物体の形状、表面状態の影響を受けないで、微小な変位を非接触で直接パターン計測が可能である。とくに、光学系の精度、ならびに、環境に対して厳しい条件が要求されるが、他の光学式パターン計測法と比較して空間的分解能は高く、時分割計測が可能等といくつかの特徴を有している。一方、従来の手法のみでは、被測定物体の変位分布の定量化計測には、多大な労力と時間を要する。また、その3-D可視化計測は困難であった。

筆者等は、ホログラフィ干渉計測法で得た干渉縞の情報から被測定物体の振動変位の定量化計測、ならびに、3-D可視化計測を目的として図形処理を応用した新しい計測システム(ホログラフィックパターン計測システム:HPMS)を独自に開発した。^[1]

さらに、本研究では、振動変位の3-Dのダイナミック表示について検討を試みた。今般、その概要について報告する。

2. ホログラフィによる振動変位パターン計測

図1に本研究で用いたホログラフィ干渉計測装置の概略構成を示す。本装置を振動計測に応用する場合、最も簡便な手法である時間平均法を応用した。時間平均法は被測定物体の振動周期より十分長い時間露光する手法である。

被測定物体の点 r が振幅 $a(r)$ 、周波数 f の正弦波で振動していると想定し、また、露光時間 $T > 1$

λ/f とすると、再生される点 r の光強度 I(r) は

$$I(r) = kJ_0^2 \left[(4\pi \cdot \lambda) a(r) \right] \quad (1)$$

と表される。

したがって、正弦波で振動している被測定物体を時間平均法でホログラム乾板に記録し、これを再生すると振動の各時間に対応する位相が全て重なりあって干渉し、λ/4 ほどの振動変位に対応して光の明暗の縞(干渉縞)が観測される。

図2に、被測定円形金属板の裏面に取り付けられた駆動コイルに正弦波交流信号を印加して、その振動面を時間平均法で記録、再生したホログラム再生像の一例を示す。

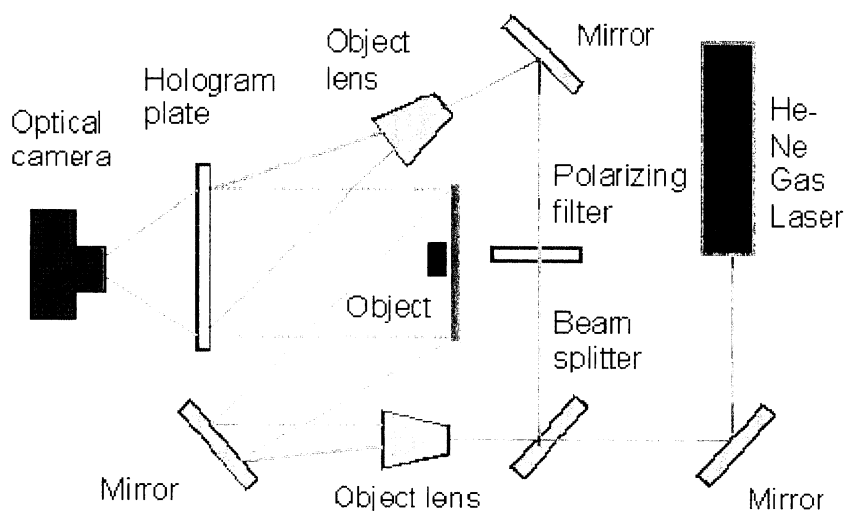
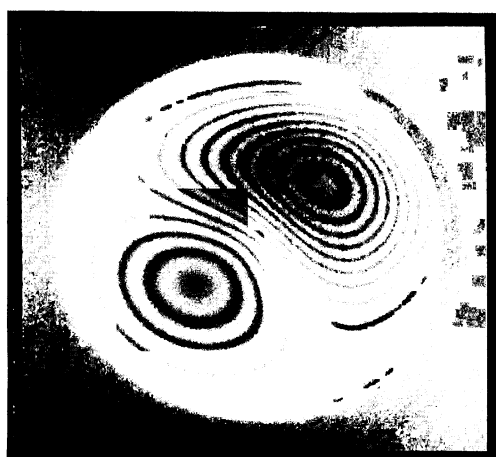
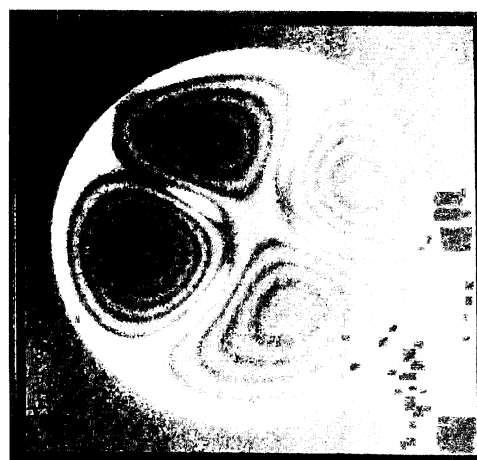


図1 ホログラフィ干渉計測装置概略構成図



(a) 駆動周波数 970Hz



(b) 駆動周波数 1800Hz

図2 被測定振動板表面のホログラム再生像

3. 干渉縞の抽出とスプライン補間

図2で示したホログラム再生像から、被測定振動変位を算出するには、干渉縞の情報の抽出が必要である。本研究では、取り敢えず、ホログラム再生像をスキャナで取り込み、その像をCRTディスプレイに表示し、干渉縞の情報をマウスでサンプルした。

サンプルしたデータはスプライン関数で補間処理し、干渉縞の情報として補間曲線を算出した。スプライン関数を用いることにより、少ないサンプルデータ点から補間曲線を容易に得ることができ、労力、および時間の短縮は可能となる。次式にスプライン関数の基本式を示す。

$$S(x) = P(x) + \sum_{i=1}^n \alpha_i (x - q_i)_+^m \quad (2)$$

ただし、 $P(x)$: m 次の多項式、 α_i :定数、 $x - q_i$:節点

また、本研究では干渉縞のパターンの性質を考慮してパラメトリックスプライン関数を応用した。パラメトリックスプライン関数は x 座標、 y 座標との間の関係が具体的な関数で表されない場合でもサンプル点間を容易に補間することができる。^[2] スプライン関数の曲線座標 (x, y) は、区間 $[0, n-1]$ のパラメータ t におけるB-スプラインの値を $B_{i,k}(t)$ とすると x 座標、 y 座標は次式で表される。^[2]

$$\begin{aligned} x &= \sum_{i=1}^n \alpha_i B_{i,k}(t) = \sum_{i=j-k+1}^j \alpha_i B_{i,k}(t) \\ Y &= \sum_{i=1}^n \beta_i B_{i,k}(t) = \sum_{i=j-k+1}^j \beta_i B_{i,k}(t) \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 α_i, β_i :定数、 $B_{i,k}(t)$:ドブア・コックスより算出

マウスでサンプルしたデータから、パラメトリック関数で補間した干渉縞のパターンの一例を図3に示す。

4. 平行投影法による3-D図形表示

被測定物体全体の変位分布の3-D図形表示では、平行投影法を利用してその変位分布をワイヤーフレームモデル図法で表示することとした。この場合、投影座標軸 (X', Y', Z') は実座標軸を X, Y, Z 、方位角を α 、俯角を β とすると次式で算出できる。

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

図3の干渉の情報から被測定振動版の振動変位を算出し、3-D図形表示した一例を図4に示す。

とくに、本研究では、3-D表示の方位角と俯角を任意、あるいは、連続的に変化する機能を追加した。また、振動変位を相対的に連続的に変化させることによって、図5と図6に示すように、被測定振動板の変位分布の3-Dダイナミック表示が可能となった。

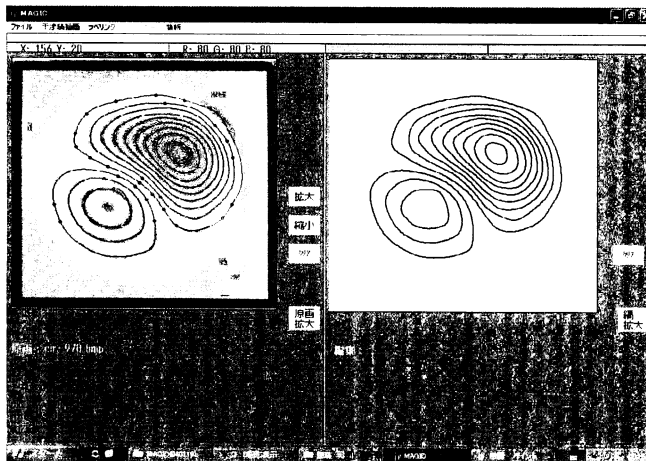


図3 サンプル点を補完した干渉縞

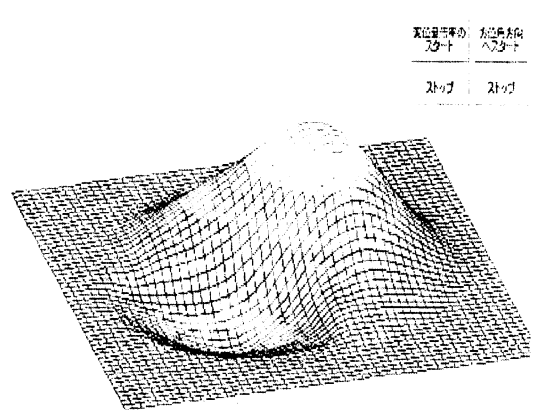


図4 振動変位の3-D図形表示

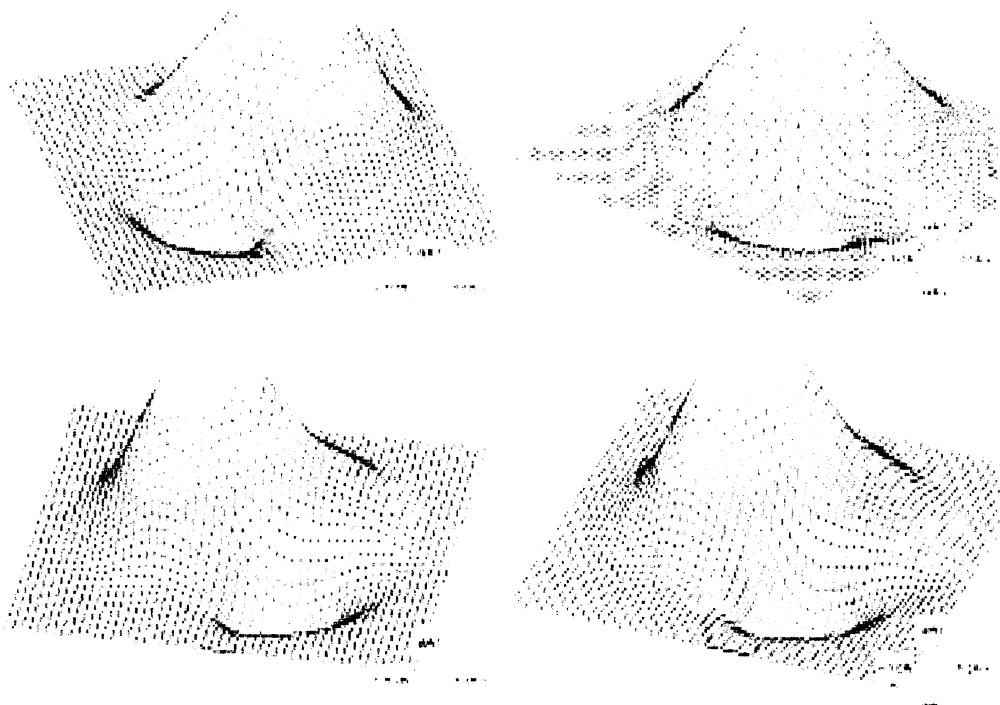


図5 振動変位を変化した場合の3-D図形

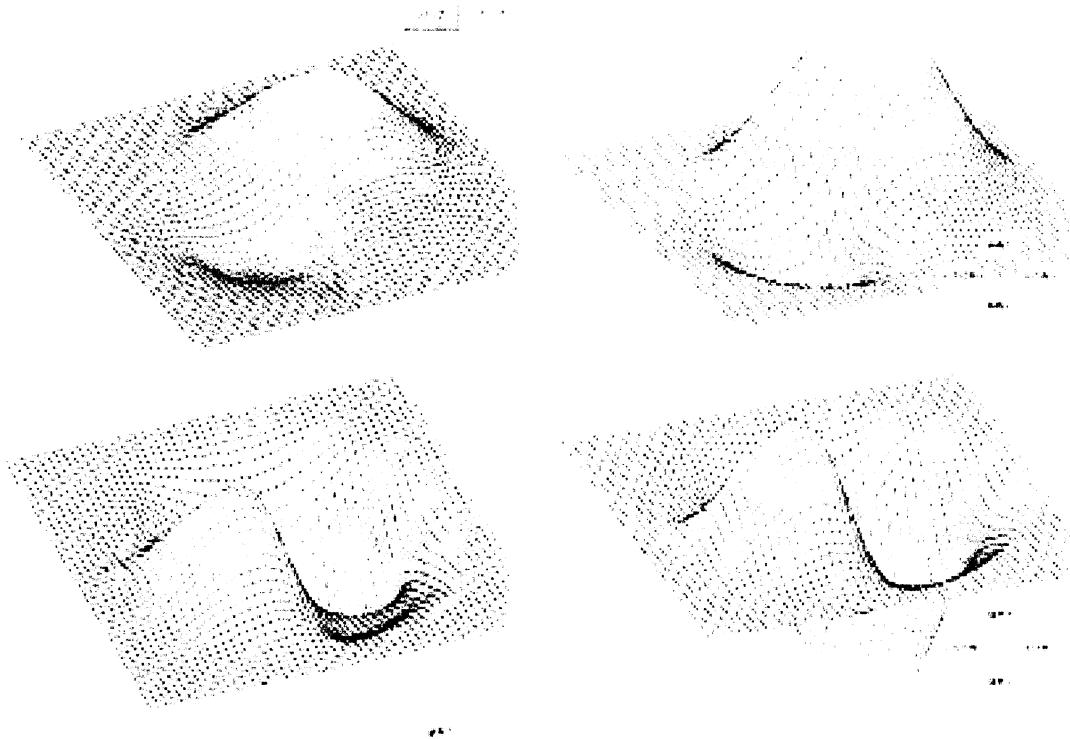


図6 俯角、方位角を変化した場合の3-D図形

5. おわりに

今回、ホログラフィック変位パターンから干渉縞の情報をサンプルし、そのサンプルデータからパラメトリックスプライン関数を応用して縞情報の抽出が可能となった。さらに、振動変位の3-Dでダイナミックに表示が可能となった。

さらに、今後の課題としてホログラム再生像より直接干渉縞のパターンを抽出する手法について調査、検討を進める計画である。

- 文献 [1] T.Taniguchi and T.Takagi:"Holographic Pattern Measuring System and Its Application to Thermal Deformation Analysis of Printed Circuit Board Due to Thermal Stress of Heat Mounted Parts", IEEE Transactions on IM,43(2), pp.326-331, (Apr.1994)
- [2] C.de Boor:"A Practical Guide to Spline",Berline,Germany: Springer Verlag, (1981)