ホログラフィー干渉法を用いた 水中超音波の強度分布測定について

Measurement of intensity distribution of underwater ultrasonic wave by holographic ineterferometry

学 ○西澤 正祥 (関西大)

正 久田 重善 (関西大)

正 中原 住雄 (関西大)

正 藤田 武良 (関西大)

新宮原 正三 (関西大)

Masayoshi NISHIZAWA, Kansai University, 3-3-35, Yamatetyo, Suita, Osaka

Shigeyoshi HISADA, Sumio NAKAHARA, Takeyoshi FUJITA, Shoso SHINGUBARA, Kansai University

1 緒 言

現在、医学や工業分野などにおいて、広く使用されている超音波機器の開発や試験には、超音波の可視化や超音波強度の測定が重要な手がかりになる。水中超音波の測定には、ハイドロフォンや熱電対を用いる方法があるが、点測定である。今回、空間強度分布測定を可能にする方法として、ホログラフィー干渉法による音圧分布測定に基づいた手法を提案する。

2 原 理

超音波の進行方向を z 軸、レーザ照射方向を y 軸とし、超音波音場内の点における圧力を $\Delta p(x, y, z, t)$ とすると、レーザが透過する水中の光路長変化は次式で表される。

$$\int_0^L \left(\frac{dn}{dp} \right) \Delta p(x, y, z, t) dy = \frac{\lambda_L \Delta \phi(x, z, t)}{2\pi} \quad (1)$$

$\Delta \phi(x, z, t)$ は時刻 t における位相変化量、 L はレーザが超音波を横切る距離、 λ_L はレーザ波長、 dn/dp は圧力に対する水の屈折率変化の割合を表す。(1)式において y 軸方向の分布が台形状に変化すると仮定すると $\Delta p(x, z, t)$ は次式で表される。

$$\Delta p(x, z, t) = \frac{\lambda_L \Delta \phi(x, z, t)}{2\pi L} \left(\frac{dp}{dn} \right) \quad (2)$$

得られるレーザ干渉パターンをフーリエ解析する事により、位相変化量の分布 $\Delta \phi(x, z, t)$ を求め、(2)式により x - z 平面の局所音圧分布 $\Delta p(x, z, t)$ を求めることができる¹⁾。そして求めた音圧分布を x - z 平面での分布として考えると次式で表される。

$$p(x, z) = p_0(x, z) + A(x, z) \cos(\phi(x, z) + \delta) \quad (3)$$

p_0 は音圧の空間周波数の直流成分、 A は音圧の振幅、 δ は位相変調成分である。(3)式をフーリエ変換し、振幅 A を取り出す。そして媒質である水の音響インピーダンスを $\rho c (=1.48 \times 10^6 [\text{Pa} \cdot \text{s/m}])$ とすれば超音波強度 I は次式で表される²⁾。

$$I(x, z) = \frac{A^2(x, z)}{2\rho c} \quad (4)$$

Fig.1 Experimental setup

3 実 験 装 置

Fig.1 に実験光学系を示す。光源には高出力の Nd:YVO₄ レーザを使用し、ホログラム記録材料として Bi₂SiO₂₀ 単結晶を用いた。超音波に同期した信号を AOM に送り、100nsec のレーザパルス光を発生させ超音波音場を透過したレーザ光により発生する干渉パターンを CCD カメラで撮影し、パソコンで記録した。

4 結 果

Fig.2 に実験結果を示す。(a)に(2)式で与えられる超音波の x - z 平面の音圧分布を示す。(b)に(a)の音圧分布画像をフーリエ変換し、(4)式を用いて求めた強度分布を示す。(c)に水中平面波の理論強度分布を示す。(d)は超音波音場の中心軸上における超音波強度の計算値と理論値を比較したグラフである。計算した強度分布は理論強度分布とよく似た分布形状を示した。

Fig.2 Experimental result

5 結 言

ホログラフィー干渉法を用いて、水中超音波の音圧分布を測定し、その空間分布にフーリエ解析を行って強度分布を算出した。得られた値は理論分布値と良い一致を示した。

6 参 考 文 献

- 1) HISADA et al Jpn.J.Appl.Phys.vol.41,part 1 No.5B,p3316 (2002)
- 2) 安田仁彦 機械音響光学 コロナ社 p31-34 (2004)