

超音波を用いたフレネル領域でのバビネの原理の検証

高知大医

月出 章*, 高田 萌々

Study of Babinet's principle in the Fresnel region using ultrasound

Kochi Medical School

Akira Hitachi and Momo Takata

波の回折におけるバビネの原理によると、互いに相補的な開口 U_a と遮蔽 U_d による波動の和は何も置かないときの波動 U_0 に等しい [1, 2].

$$U_0 = U_a + U_d \quad (1)$$

一般にその検証はフラウンホーファー領域では回折強度 $I = UU^*$ の模様を比較するが、フレネル領域においては、回折模様だけでは判断できない。各々の回折模様を理論的な計算を通して (1) 式を検証することになる [2]。超音波を用いると振幅 A と位相 θ を同時に測定できるため直接検証が可能になる。複素平面上でベクトル和が (1) 式を満足するか確かめればよい。さらに、中心軸上ではフレネルの振動曲線を用いると複雑な計算なしに定量的な解析ができ、回折現象の理解に有効である。

図 1 のように送信器 T (T4016) と受信器 R (R4010A1) を 86cm (100λ) の距離で対向させ、その間に直径 8.6cm (10λ) の円形回折物を置き、周波数 40kHz の超音波の振幅と位相を測定した。中心軸上で得られた結果を図 2 に示す。 U_a と $U_0 - U_d$ の測定点がほぼ一致し、(1) 式が確かめられた。また、遮蔽ではポアソンの輝点 [2] が観測された。その振幅 A_d は何も置かない時の振幅 A_0 にほぼ等しい。また、開口による振幅 A_a は 0 と $2A_0$ の間の値 (強度では 0 と $4I_0$ の間) を取ることも確認された。

円周上の原点に接する点からの角度 φ は、中心軸上を通った経路 z_0+z と円の縁を通った経路 Z_0+Z の差 Δ を使って、

$$\varphi = 2\pi\Delta/\lambda \quad (2)$$

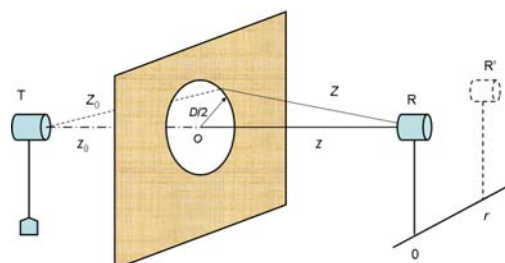


図 1. 実験装置

で与えられる。回折物の位置を変えることにより、振動曲線上の位置を選ぶことができる。円周上の線で (2) 式による角度を示す。

さらに、受信器を半径方向に移動しながら、振幅と位相の変化を測定した。振幅のパターンだけでは分からないが、位相を考慮すると中心軸上以外でも (1) 式が成り立つことが確かめられた。

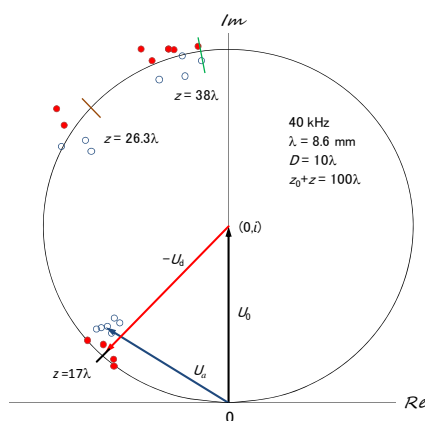


図 2. 中心軸上における U_0 , U_a , U_d の関係

*jm-hitachia@kochi-u.ac.jp

[1] 坪内順平, 光学概論 II, 理工学基礎講座 11, 朝倉書店 1989.

[2] J. R. Jiménez and E. Hita, Opt. Rev. 8, 495-497 (2001).