



音響レンズによる 平行超音波ビームの形成

裏垣 博*, 丸尾 大**

Formation of Focused Beam with Constant Diameter Using Acoustical Lens

Key Words : Ultrasonic Wave, Focused Beam, Acoustical Lens

1. はじめに

ファインセラミクスや複合材料並びにこれらの接合部の健全性を確認するための非破壊検査の一つとして、超音波探傷による映像化が検討あるいは実用されている。これらの材料では微細な欠陥の検出・評価を要求されることが多く、測定精度や画質の向上を目的として集束形探触子が利用されている。

通常集束ビームは、音源（振動子）の中心を頂点とする円錐状に拡がるため、欠陥に当たるビームの寸法が欠陥までの距離によって変化する。超音波ビームの寸法による画像の変化を示したのが図1¹⁾である。試料は厚さ8mmのアルミナ板で、中に複雑な形状をした面状の欠陥を有している。ビーム寸法による画質の違いが明らかである。

ビーム寸法の一定な平行超音波ビームを形成することができれば、距離による画質の変化を少なくすることが可能となる。

2. 平行超音波ビーム

水中における超音波ビームをシュリーレン法により観察した例を図2に示す²⁾。(a)は通常集束ビームで、薄いレンズを振動子に密着させたものである。白く見える所が音圧の高い部

*Hiroshi URAGAKI

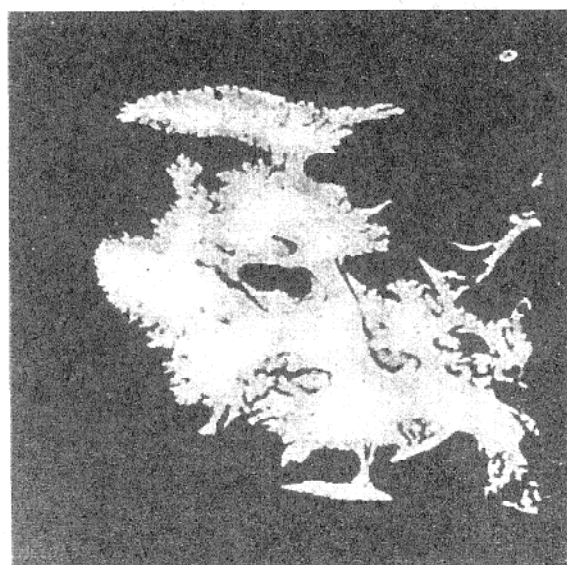
1952年2月5日生

大阪大学工学部生産加工工学科, 助手, 工学修士,
信頼性評価学, TEL 06-877-5111

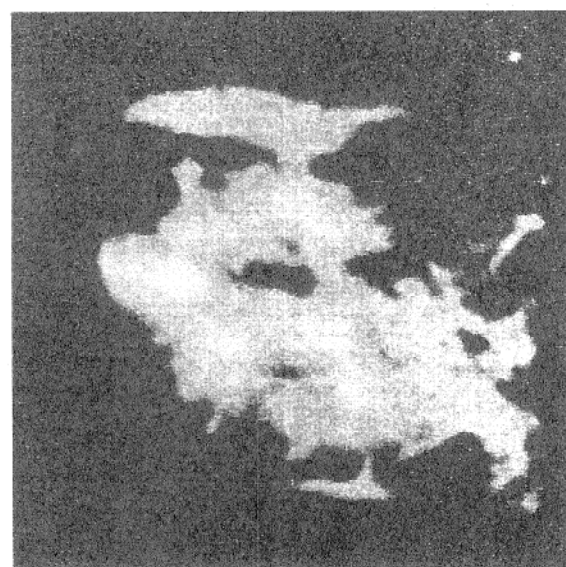
**Hiroshi MARUO

1930年10月27日生

大阪大学工学部生産加工工学科, 教授, 工学博士,
加工基礎学, TEL 06-877-5111



(a) 焦点径: $428 \mu\text{m}$ 10mm



(b) 焦点径: $649 \mu\text{m}$ 10mm

図1 ビーム寸法による超音波画像の変化

分で、レンズの焦点（焦点距離 $r' = 109\text{mm}$ ）

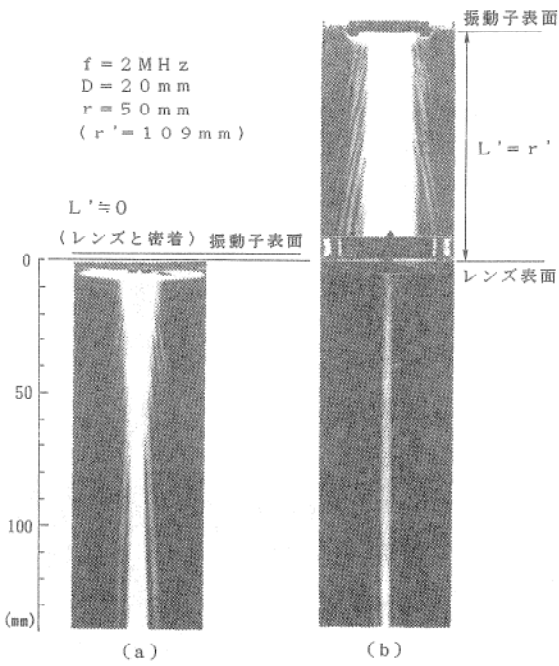


図2 通常の集束ビームと平行ビーム

近傍にとくに明るい集束ビームが見られる。(b)は本稿の目的とする平行超音波ビームで、寸法が一定な超音波ビームが形成されている。これは、凸レンズの焦点に置いた点光源からの光は平行光線になるという単純な発想のもとに、音響レンズの焦点距離 r' だけ振動子を離して設置したものである。なお、水とレンズの音速比を $n(=C_w/C_L)$ とすると、 $n < 1$ であるので、凹レンズを用いて集束させている。

レンズの焦点距離 r' は、レンズ表面の曲率半径 r と音速比 n により、次のように表される。

$$r' = r / (1 - n)$$

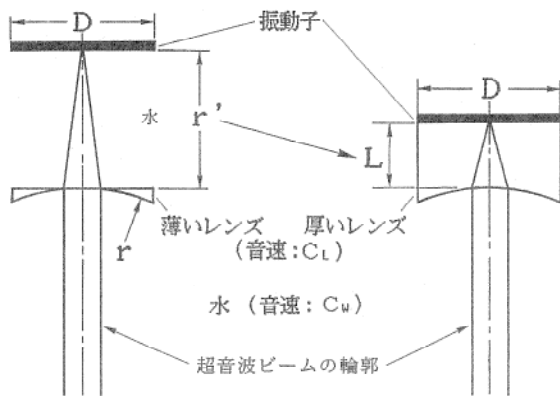


図3 レンズの厚さ

実際に適用する場合、振動子から r' だけ離してレンズを固定するのは困難であるので、図3に示すように、レンズを厚くすることによって同じ効果が得られるようにした。レンズの厚さ L は次式で表される。

$$L = nr' = nr / (1 - n)$$

3. 集束範囲とビーム寸法

図4に示すようなモデルにより微小反射源

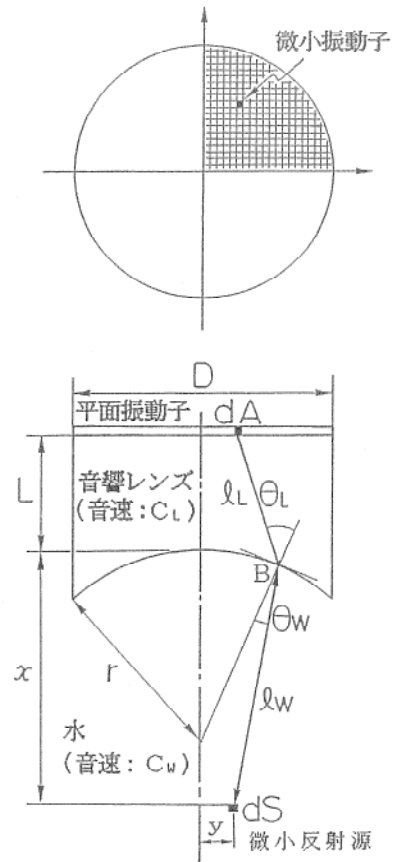


図4 エコー高さの計算モデル

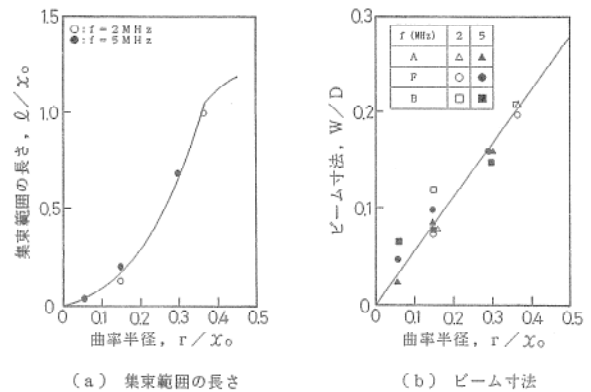


図5 平行ビームの集束範囲とビーム寸法

dSからのエコー高さを計算し、平行ビームの集束範囲の長さ l 及びビーム寸法 W を求めた。結果を整理したのが図5である。(a)は集束範囲の長さ、(b)はビーム寸法であり、レンズ表面の曲率半径 r による変化を表している。曲率半径及び集束範囲の長さは、使用する平面振動子(直径: D 、波長: λ)の近距離音場限界距離 $x_0(=D^2/4\lambda)$ により、ビーム寸法は振動子の直径 D により規準化して表している。なお、ビーム寸法は、エコー高さに有効に寄与する範囲として、半値幅を採用した³⁾。実線は計算値であり、プロット点は周波数2MHz及び5MHz、直径20mmの振動子による測定値である。集束範囲の長さ及びビーム寸法は、振動子の直径及び超音波の波長によらず、それぞれ一本の曲線又は直線で表すことができる。

図5を用いて、振動子の直径 $D=10, 20\text{mm}$

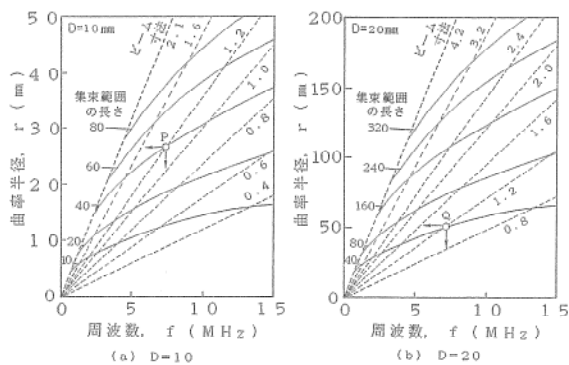


図6 平行ビーム形成に必要な振動子とレンズ

の場合について、周波数 f 、曲率半径 r と集束範囲の長さ l 及びビーム寸法 W の関係を整理したのが図6である。横軸は周波数、縦軸はレンズの曲率半径であり、実線で集束範囲の長さを、破線でビーム寸法を表している。これにより、必要とする集束範囲及びビーム寸法の平行ビームを形成するための振動子及びレンズの選定が可能となる。

4. おわりに

以上、平行ビームの形成方法を中心に紹介した。厚い音響レンズを使用するとレンズ内の多重反射が妨害エコー(ノイズ)となる心配があるが、信号処理により改善できることを確認している²⁾。今後、図1のような適用事例を収集したいと考えている。

参考文献

- 1) (財)ファインセラミックスセンター; ファインセラミックス非破壊検査システムの開発に関するフェージビリティスタディ報告書。(1991.3) 218.
- 2) 丸尾, 裏垣, 藤本, 佐々木; 音響レンズによる平行ビームの形成とその実用化, (社)日本非破壊検査協会第2分科会資料21314, (1991.3) 72.
- 3) 仙田, 廣瀬, 裏垣; 垂直探傷の定量的取扱いに有効な探触子の選定, 非破壊検査, 34-2, (1985) 116.

1991年秋号(Vol.43, No.4)の巻頭言の執筆者紹介覧で、執筆者の職名が「総長」となっておりますが、正しくは「総長(原稿受理時、理学部長)」と記載すべきでした。ご執筆頂きました時点では理学部長をなさっておられ、大阪大学総長として巻頭言をお書き頂いたものではありませんので、ここに訂正させていただきます。編集部の手不届で誤解を招くことになり、ご迷惑をお掛けしましたこととお詫びします。