

# 超音波パルス法の胎児・母体生理に及ぼす影響に関する研究

—電子スキャン装置の音場の拡がりの抑制について—

都立大塚病院産婦人科

穂垣正暢

東芝玉川工場

円城寺進

斎藤興治

## 1. 研究目的

最近の電子走査型の超音波診断装置の登場とともに、妊娠初期を含めた胎児へのパルス診断技術の応用が急速に進められている。

しかし、これらの装置はまず、“超音波パルス”を生体内に照射し、その反射波をとらえることをくり返すもので、“パルス、エコーシステム”と呼ばれている。これらの装置ではまず、バースト状の超音波パルスが発生するものであるが、この超音波の振巾が大きく、しかもその持続時間が短いものほどすぐれた装置である。しかし、生体用の医用機器については、超音波エネルギー密度を出来るだけ低くすることが望まれる。

その意味で、われわれは生体に対する照射エネルギーを出来るだけ低値にとるための基礎実験として、各種探触子の出力特性について検討をすすめて来たが、今回は主として、電子走査型の診断装置についての音場の拡がりについて検討することとした。とくに、音場の拡がりによって、目標とする以外の所からのエコーは画質の劣化を招くと考えられるので、不要な方向への超音波の照射を最小限にとどめる必要がある。今回は特に、プローブを基準として、走査方向( $x$ 方向)と直角なプローブの巾方向への音の広がり( $y$ 方向音場)の影響を調べることにした。

## 2. 研究方法

### (1) $y$ 方向音場の測定

超音波測定用に、内面にシリコンゴムを吸音材として接着した水槽を用意した。この水槽内に、標準鋼球(4400)をおき、これをコリメーターに固定した。コリメーターは任意の位置に移動することが可能である。つぎに、電子走査型の探触子を鋼球から70mm離れた位

置に固定した。この状態で、鋼球を $y$ 方向に移動させ、その点での探触子から得られる出力を中央の最大出力との差で読みとる。

測定中画面の輝度と濃淡は一定とし、鋼球からのエコーが画面上に見え始める時のゲイン目盛の値として示した。

使用したプローブの周波数は水中で3.5 MHzのもので、 $y$ 方向の振動子の長さ15mmのものでプローブを変えて測定を行った。

### (2) $y$ 方向の音場の広がりによる画像への影響

$y$ 方向の音の拡がりを実際の画像にどのように反映されるかを検討するために、長さの異なる同一の太さの鋼製丸棒を水中で探触子から60mm離して置いた。この丸棒の長さを250mm、50mm、10mmとしたときの画像の比較を行った。

## 3. 研究成績

### (1) $y$ 方向音場の測定

横方向に探触子の中心軸からの距離をとり、縦軸に中央の最大ゲインを基準として対数表示で示した。

(図1) この図にまわし電極側と表示されているのは、図2に示すごとく、圧電素子の製造に際して、配線の作業性を保つために、素子の片側の電極が、照射方向の内側に廻してむ形となっている。この廻し込んだ側を図1の右側に示したものである。

圧電素子の分極は、図2に示したように、まわし電極側では厚み方向の分極はないと考えられる。これに対してその逆側では $y$ 方向からの不要なエコーを拾い易いものと考えられる。

図1は、黒丸で示した計算値に対して、 $y$ 方向のエコーの量に差があり、まわし電極側では少なく、その逆側では大きい。このように、中央ビームに対して非

対称になるのは、圧電素子の形状が大きく関係しているものと考えられる。

#### (2) $y$ 方向の音場の拡がりによる画像での観察

$y$  方向に長さのことなる金属丸棒の像を描かせてみると、ゲインを低くして観察すると、図3の右に示した如く、メインビームによるエコーのみ観察され、金属丸棒の長さは画像に影響しない。しかし、ゲインを高くすると、 $y$  方向に長い丸棒ほど不要応答の増加がみられる。音場の拡がりによって、画質を悪化させていることが推測される。

### 4. 考 察

超音波の広がり、遠距離の指向特性によって示すことが出来る。電子スキャン装置の振動子を長方形の面音源と考えれば、 $x$  方向は走査によって一定の音場が得られると考えられる。このとき

$$R = \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin\alpha\right)}{\frac{\pi a}{\lambda} \sin\alpha} \right|$$

が  $y$  方向の音場を示すことが出来る。ここで

$2a$  :  $y$  方向の振動子の長さ

$\lambda$  : 波長

$\alpha$  : メインビームからの角度

この式にもとづいて、送受波を考慮して2乗し、対数表示し、それぞれのピークを包絡線で結ぶことによって、図4の如く  $y$  方向の音場を計算値として算出することが出来るので縦軸にとり、横軸には中心から70mmの距離に、中心軸からの角度を変換して表示したものである。このようにして得られた計算値は、まわし電極側については、実測と非常によく一致している。これに対して、まわし電極の反対側では、不要応答の大きさは理論値よりも大きいことは図1からも明らかである。

このように考えるならば、振動子から離れるに従い、音場の拡がりが大きくなるのは避けられないが、圧電素子の形状に工夫をこらし、或いは、発音源にレンズを付加することによって、不要応答を抑制することが可能であるといえよう。

さらに、これらの知見は電子スキャン装置の探触子に“まわし電極”などを積極的にとり入れることによって、 $y$  方向への音場の拡がりを抑制することが示唆されている。特にこれらの探触子では  $y$  方向の端末の

分極状態は、音場の拡がりに対して大きな影響をもつことが明らかとなった。更にこの部分の圧電素子にいくつかの切込みを入れることによって指向性を制御できることが予想される。

しかも、このような  $y$  方向の音場の拡がり、臨床用の電子スキャン装置の画像にも大きな影響を示すことが示唆され、 $y$  方向に長さの異なる丸棒を用いた実験によって、確かめることが出来た。また一方で、臨床診断の目的で使用されるこれらの装置は、非常に広いダイナミックレンジ (40 dB 前後) で使用されている。このような使用条件では、ゲインの低い所ではメインビームによるエコーのみの観察は可能であるが、ゲインを高くすると、 $y$  方向の不要応答の影響が増加することは明らかで、超音波診断装置の画質を阻害する大きな原因であると考えられる。

このように考えるならば、電子スキャン装置に代表される超音波探触子の改良の一つの方向として、不要応答の除去による  $S/N$  の改善の可能性が大きいことが示唆されたといっても過言ではない。今後は、圧電素子の電極の形状、レンズ象の特性について検討するとともに、 $S/N$  の改善による超音波のピークパワーの減少についても検討を進める予定である。

### 5. ま と め

電子スキャン用の探触子の基本的な問題点の一つがプローブの走査方向に直角な成分 ( $y$  方向成分) による音場の拡がりであることに着目して、探触子の指向特性を改善させる基本的な技術について検討した。その結果、従来は圧電素子の配線上の必要から無意識に採用されていた、いわゆる“まわし電極”の存在が、不要応答の除去に大きな役割を果していることが明らかになった。さらにこれらの知見をもとに、 $y$  方向への音場の拡がりを考慮して圧電素子の形状に工夫をこらすことによって、指向性の向上、超音波出力の減少など可能になるとと思われる。

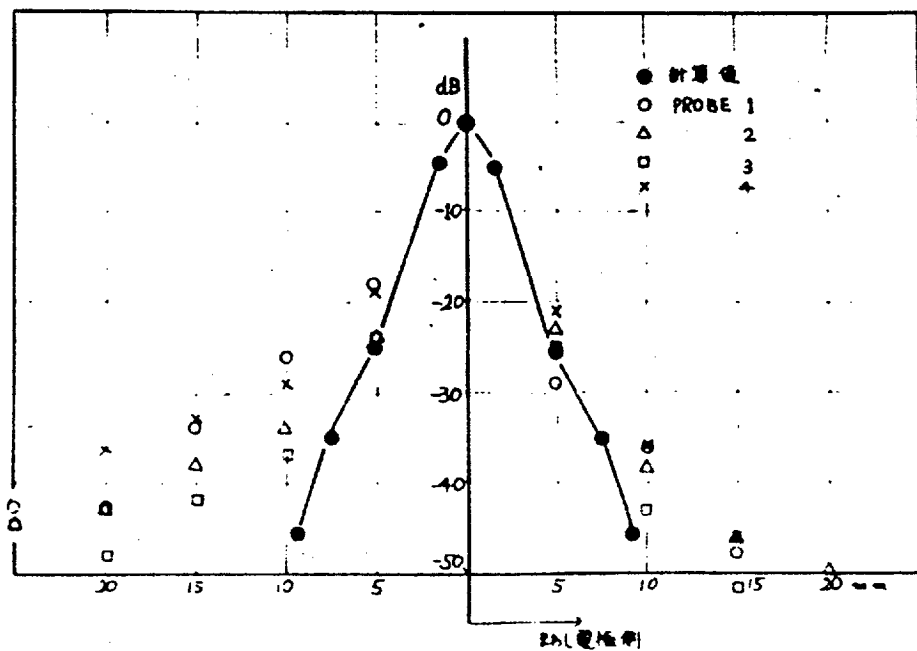


図1 定量的実験による  $y$  方向の音場

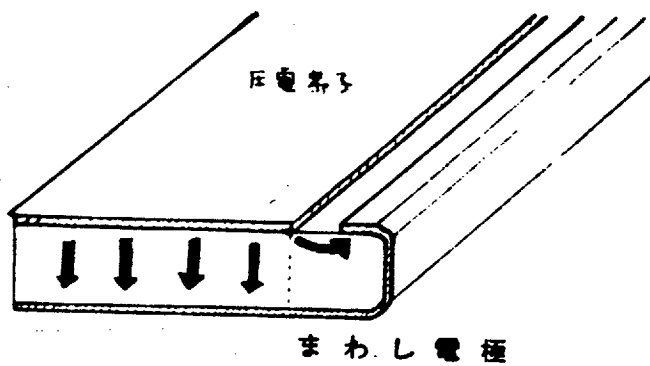
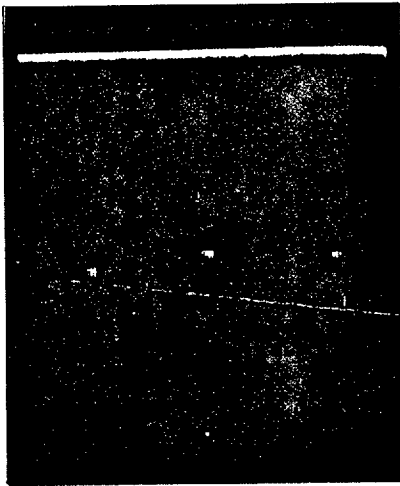
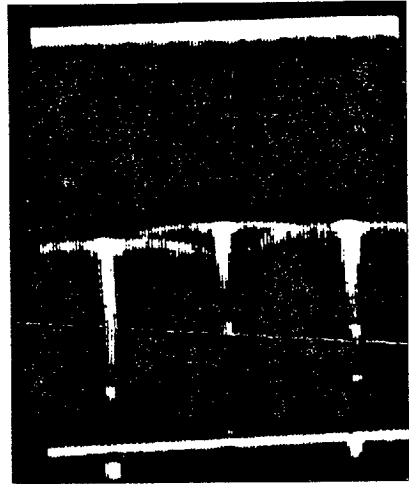


図2 まわし電極



45 dB



75 dB

図3  $y$  方向音場の画像に及ぼす影響。  
左から 250 mm, 10mm, 50mm の  $y$  方向の長さの小棒による画像。

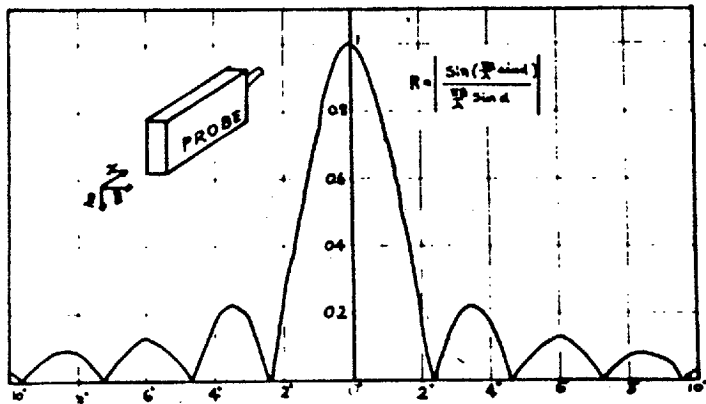
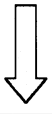


図4  $y$  方向の音場(計算値)



## 検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



### 1. 研究目的

最近の電子走査型の超音波診断装置の登場とともに、妊娠初期を含めた胎児へのパルス診断技術の応用が急速に進められている。