

(19)日本国特許庁 ( J P )

# (12) 公開特許公報 ( A )

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 220059

(P2003 - 220059A)

(43)公開日 平成15年8月5日(2003.8.5)

(51) Int.Cl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-コード <sup>*</sup> (参考)
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 3 0 1
G 0 1 S 15/89		G 0 1 S 15/89	A 4 C 6 0 1
H 0 4 R 17/00	330	H 0 4 R 17/00	330 K 5 D 0 1 9
			5 J 0 8 3

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 11数)

(21)出願番号 特願2002 - 18397(P2002 - 18397)

(22)出願日 平成14年1月28日(2002.1.28)

特許法第30条第1項適用申請有り

(71)出願人 597096909

株式会社 メディソン

株式会社 MEDISON

大韓民国 250 - 870 江原道 洪川郡 南  
面陽 徳 院里 114

(72)発明者 ジャン ジン ホ

大韓民国 キョンキド プチョンシオジョ  
ンクコカンボンドン411 - 7

(74)代理人 100082175

弁理士 高田 守 (外2名)

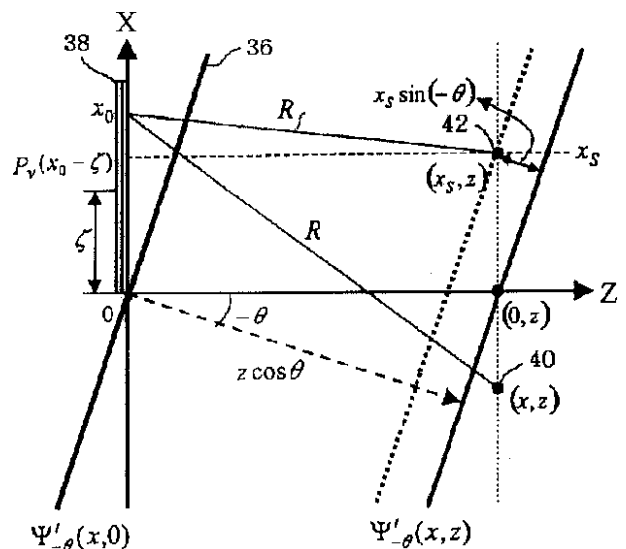
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波撮像システムでの合成開口集束方法

(57)【要約】

【課題】 診断対象に対する撮像深さの増加に伴い超音波の回折特性によるビーム広がり現象を減少させるべく、受信副開口の中心位置に対応する伝播角度で平面波を診断対象に向けて送信し、その後診断対象から反射された信号を受信副開口によって受信して組合せることによって両方向の動的集束ができ、横方向の解像度を向上させ得る。

【解決手段】 平面波を生成し、各トランスデューサによって平面波を診断対象に向けて送信し、各トランスデューサによって診断対象から反射される各エコー信号を受信し、これらの受信エコー信号を動的集束し、受信した各エコー信号を受信パターン・メモリに格納し、動的集束した各エコー信号を組合せてビームを形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のトランスデューサを有する超音波撮像システムでの合成開口集束方法において、平面波を生成する第1段階と、前記複数のトランスデューサによって前記平面波を診断対象に向けて送信する第2段階と、前記複数のトランスデューサによって前記診断対象から反射される各エコー信号を受信する第3段階と、前記受信した各エコー信号を動的集束する第4段階とを含むことを特徴とする合成開口集束方法。

【請求項2】 前記受信した各エコー信号を受信パターン・メモリに格納する第5段階を、さらに含むことを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項3】 前記動的集束した各エコー信号を組合せてビームを形成する第6段階を、さらに含むことを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項4】 前記平面波が、受信副開口の中心位置に対応する伝播角度で前記診断対象に向けて送信されることを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項5】 前記平面波が、相異なるステアリング時間遅延を有する前記複数のトランスデューサによって生成されることを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項6】 前記平面波が、パルス送信方式及びコード化送信方式の中のいずれかによって生成することを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項7】 前記第3受信段階が、前記受信副開口の位置を移動させることによって前記各エコー信号を受信することを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項8】 前記複数のトランスデューサが、線形アレイ・プローブ及びフェーズド・アレイ・プローブの中のいずれかであることを特徴とする請求項1に記載の合成開口集束方法。

【請求項9】 前記格納された各エコー信号を相関器で圧縮する第7段階を、さらに含むことを特徴とする請求項2に記載の合成開口集束方法。

【請求項10】 前記第6段階が、合成送信時間遅延と受信動的集束のための時間遅延とを用いることを特徴とする請求項3に記載の合成開口集束方法。

【請求項11】 前記平面波が、直交特性を有するグレーコードと周波数分割した重みチャープ信号とを用いることを特徴とする請求項6に記載の合成開口集束方法。

【請求項12】 前記受信副開口の位置が、前記伝播角度に対応して決定されることを特徴とする請求項7に記載の合成開口集束方法。

【請求項13】 前記受信副開口の中心位置である を選択して実像の深さを増加させることを特徴とする請求項7に記載の合成開口集束方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波撮像システムの合成開口集束方法に関し、特に、超音波の回折特性によるビーム広がり現象を減少させるために平面波を用いる合成開口集束方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】医療用超音波撮像システムは、トランスデューサを通じて人体内に超音波を送信して反射されて帰ってきた受信信号を多様な信号処理方法を適用することによって、リアルタイムにて2次元断面映像を与える。図1に示した通り、超音波映像の解像度はトランスデューサを基準として送信ビームの進行方向として定義される軸方向2、トランスデューサの幅方向として定義される横方向4、トランスデューサの高さ方向として定義される高さ方向6の解像度によって決定される。軸方向の解像度は、他の2つの解像度より3～5倍程度高いために、超音波映像の解像度を決定する重要な要素ではない。しかし、横方向の解像度と高さ方向の解像度とは軸方向の解像度とは異なり、送受信ビームの集束方法によって変わる。

【0003】横方向の解像度は、トランスデューサ列によって診断対象から反射されるエコー信号を受信する時、全像点においてリアルタイムにて動的集束を行うことによって急速に向上した。図2に示した超音波撮像システムを参照して、受信動的集束方法に対して略記する。

【0004】超音波撮像システムの送信信号（図示せず）は、送信集束遅延部8によって各々のトランスデューサ9の集束深さに該当する時間だけ遅れる。時間遅延された送信信号は、送信パターン・メモリ10に格納されて送信部11及び送受切換え用スイッチ12を通じてトランスデューサ列13から診断対象に向けて送信集束される。このような過程を通じて送信された全ての送信ビームは集束点14において集束され、該集束点14から反射されたエコー信号はトランスデューサ列13の各トランスデューサ9によって電気信号に変わり、送受切換え用スイッチ12及び受信部15を介して受信パターン・メモリ16に格納される。受信パターン・メモリ16に格納されたエコー信号はトランスデューサ9間の集束深さによって位相が異なるため、受信集束遅延部17によって可変時間遅延を加えてエコー信号を同相とする。同相の各エコー信号はビーム形成部18によって組合せられて、信号処理部19によって多様な信号処理方式が適用された後、スキャン変換部20を通じてディスプレイ21上に表示される。

【0005】但し、ここでは一つの集束点14だけに対して説明したが、受信動的集束方法は一回の送信で得られた受信エコー信号をもって一つの走査線をなす全像点に対して受信集束を行うことができる。

【0006】しかし、図2と関連して説明した受信動的

集束方法は、固定送信集束を行うために固定送信集束点でのみ両方向集束ができる。その理由は、求めようとする全像点に対して送信集束を行うためには、像点の数分のビームを送信しなければならないので、超音波撮像システムの長所であるリアルタイム映像を得ることができない。また、集束点14から遠いほど、超音波の回折特性のため、ビームが急速に広がるために横方向の解像度が低下する欠点がある。

【0007】図3を参照して超音波撮像システムで用いられる超音波の回折特性によって横方向の解像度が深さによって低くなる現象を説明する。受信動的集束方法はトランスデューサ26間の距離差を補償することによって行われるが、これは全像点に送信集束してビームを送信することと同じ結果が得られる。受信集束のための時間補償を行った場合、各々のトランスデューサ $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ において受信したエコー信号は同相を意味する $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 曲面上の反射体から反射された信号が組合せられる。 $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ 曲率は各トランスデューサから深さ $Z_1$ までの距離を半径とする円の曲率と同一である。もし、深さ $Z_1$ 上に2つの反射体22a、22bが存在し、各々のトランスデューサ26が受信した各エコー信号を組合せる場合、L0線上に位置した反射体22aから反射されたエコー信号の大きさだけ大きくなる。しかし、深さがさらに深い $Z_2$ 上の反射体に対して各々のトランスデューサが受信した各エコー信号を組合せる場合、L0線上に位置した反射体24aによるエコー信号の大きさだけでなく、L1線上に位置した反射体24bによるエコー信号の大きさもともに大きくなる。このような現象は、 $Z_1$ では3個の曲線がL0線上の反射体22aだけに対して重畳されるが、 $Z_2$ ではL0線上の反射体24aだけでなく、L1線上の反射体24bに対しても、重畳効果を有するために横方向の解像度が深さによって低くなる。

【0008】以上のような横方向の解像度の限界を改善するために、最近には、合成開口集束方法を適用して全像点に対して両方向動的集束が行われ、受信動的集束方法に比べて向上した横方向の解像度を得ることができた。しかし、合成開口集束方法も映像の深さが増加することに伴い、超音波の回折特性によってビーム幅が線形的に増加するために横方向の解像度が低下する問題点が生じる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の主な目的は、診断対象に対する撮像深さの増加に伴い超音波の回折特性によるビーム広がり現象を減少させるために、受信副開口の中心位置に対応する伝播角度で平面波を診断対象に向けて送信し、その後診断対象から反射された信号を受信副開口によって受信して組合せることによって両方向動的集束ができ、横方向の解像度を向上させ得る合成開口集束方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、本発明の好適実施例によれば、複数のトランスデューサを有する超音波撮像システムでの合成開口集束方法において、平面波を生成する第1段階と、前記複数のトランスデューサによって前記平面波を診断対象に向けて送信する第2段階と、前記複数のトランスデューサによって前記診断対象から反射される各エコー信号を受信する第3段階と、前記受信した各エコー信号を動的集束する第4段階と、前記受信した各エコー信号を受信パターン・メモリに格納する第5段階と、前記動的集束した各エコー信号を組合せてビームを形成する第6段階とを含む。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適実施例について、図4～図14を参照しながらより詳しく説明する。

【0012】図4は、撮像深さの増加に応じて低くなる横方向の解像度を平面波を用いて改善できることを説明するための図面である。複数のトランスデューサを含む非常に大きい送信開口30を用いて送信されたビームが全像点で重畳になるように相異なる角度で平面波を送信すれば、各々の平面波に対する同相は $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$ で表現される。この場合、 $Z_2$ 深さでは、図3を参照して説明した球面波の場合のようにL0上の反射体32だけに対して重畳になるため、エコー信号の大きさが大きくなるようになる。また、平面波の重なった形態は深さによって変わらないために、 $Z_2$ 深さでもL0上の反射体34だけに対して各平面波が重なる。このような事実は平面波を用いる場合、深さ増加に応じる横方向の解像度の限界を改善できることを示す。

【0013】以下、図5を参照して平面波を用いる合成開口集束方法によって両方向動的集束が可能であり、従来の合成開口集束方法に比べて横方向の解像度が優れることを説明する。

【0014】図5は、平面波36を送信して獲得したエコー信号を用いて、最小回折特性を有するビームパターンを得るための合成開口集束方法の送受信モデルを示す。詳記すると、平面波36をZ軸に対して $\theta$ の角度で送信し、その中心が $(x_0, z_0)$ に位置した有限な大きさの受信副開口38によってエコー信号を受信する送受信モデルである。ここで、Rは受信副開口上の一点から任意の着目点40 $(x, z)$ までの距離、 $R_f$ は受信副開口上の一点と像点42 $(x_s, z_s)$ までの距離を示す。平面波を用いる合成開口集束方法では、送信平面波の伝播角度 $\theta$ を受信副開口の中心位置 $(x_c, z_c)$ によって下記式のように変更する。

【0015】

【数1】

(4)  
6

$$\theta = \frac{\zeta}{\eta}$$

式(1)

ここで、 $\eta$  は任意の定数で、毎度送信する度に送信平面波の伝播角度の変化量と最大伝播角度 ( $\theta_{max} = \zeta_{max} / \eta$ ) を決定する。また、 $\zeta$  が  $\eta$  以下であれば、下記式の\*

\*ように近似的に表現できる。

【0016】

【数2】

$$\sin(-\theta) = \sin\left(-\frac{\zeta}{\eta}\right) \approx -\frac{\zeta}{\eta}$$

式(2)

【0017】平面波を用いる合成開口集束方法では、異なる角度で送信平面波を伝送し、診断対象から反射されたエコー信号をその角度に対応する位置にある受信副開口を用いて受信した後、それを受信パターン・メモリに格納する。次に、多様な各受信副開口によって受信されて受信パターン・メモリに格納されたエコー信号を動か

\*的に集束してビームを形成する。以上のようなビーム形成過程を経て集束された超音波ビームパターンは上記式(2)を適用して下記式(3)のように表現できる。

【0018】

【数3】

$$\psi(x, z) = c_o P_r \left( \frac{x - x_s}{\lambda z} \right) \int_{-\infty}^{\infty} p_s(\zeta - \gamma) t(\zeta) e^{-jk \frac{(x-x_s)\zeta}{z}} e^{-jk \frac{\zeta}{\eta} z} e^{jk \sqrt{1-(\zeta/\eta)^2} z} d\zeta$$

式(3)

ここで、 $p_s(\zeta)$  は一つの走査線を合成するために用いられる受信副開口の範囲を示す合成ウィンドウ関数、 $t(\zeta)$  は動的集束された各受信副開口信号を組合せる時に用いる合成送信遅延、 $\gamma$  は各々の走査線を合成する時に用いられる合成ウィンドウ関数の中心位置を示す。平

\*面波を用いる合成開口集束方法によるビームパターンは、下記式(4)のような合成送信遅延を適用して下記式(5)のように表現できる。

【0019】

【数4】

$$t(\zeta) = e^{jk \frac{\zeta}{\eta} z} e^{-jk \sqrt{1-(\zeta/\eta)^2} z}$$

式(4)

【0020】

【数5】

$$\begin{aligned} \psi(x, z) &= c_o P_r \left( \frac{x - x_s}{\lambda z} \right) \int_{-\infty}^{\infty} p_s(\zeta - \gamma) e^{-jk \left( \frac{1}{z} + \frac{1}{\eta} \right) (x - x_s) \zeta} d\zeta \\ &= c_o e^{-jk \left( \frac{x - x_s}{z_{eq}} \right) \gamma} P_r \left( \frac{x - x_s}{\lambda z} \right) P_s \left( \frac{x - x_s}{\lambda z_{eq}} \right) \end{aligned}$$

式(5)

【0021】上記式(5)は全像点に対して成立して受信副開口関数  $p_r(\zeta)$  のフーリエ変換と合成ウィンドウ関数  $p(\zeta)$  のフーリエ変換との積として示され、 $\eta$  は  $\theta_{max} = \zeta_{max} / \eta \leq 0.4$  (rad.)

るため、両方向動的集束ができることが分かる。しかし、このような結果を得るため

【外1】

を満足することができるように選択されなければならない。一方、 $z_{eq}$  は  $z$  と  $\eta$  との関数として、等価深さ (equivalent distance) として定義され、下式(6)のように表現される。

【0022】

40 【数6】

$$z_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{z} + \frac{1}{\eta}} = z // \eta$$

式(6)

$z_{eq}$  は  $z$  と  $\eta$  の中の小さな値より常に小さな値を有し、 $z = \eta$  の場合、 $z_{eq} = z / 2 = \eta / 2$ 、 $z \gg \eta$  の場合は、 $z_{eq} \approx \eta$  として与えられる。このような等価深さ  $z_{eq}$  の各特性は、平面波を用いる合成開口集束方法による横方向のビームパターンのメインローブが従来集束方法による横方向のビームパターンより全像点においてさらに狭いということを意味する。

【0023】以上のように、本発明による合成開口集束方法は、パルス送信方式を用いた場合だけに対して簡単に説明したが、図6に示したように相関器50を付加して受信した信号を圧縮すれば、コード化送信方式によっても行われる。

【0024】一般に、超音波撮像システムは短い送信信号を用いて映像を構成する方法を用いるが、超音波が媒質を進行する時は減衰現象によって受信信号の電力が減少する。従って、遠く離れた所にある反射体から受信される信号から映像を構成するための情報を得ることは非常にむずかしい。これは、信号対雑音の比が制限されるからである。本発明による合成開口集束方法は、映像の深い所で超音波の回折特性を抑制して横方向の解像度を高めるためのことで、映像の深い所でも充分のSNRを得ることができる必要がある。このような理由で、重みチャープ、ゴレーコードのような長周期を有するコードを送信する時、ステアリング時間遅延を与えて平面波を作り、受信信号を相関器50によって圧縮してビームを形成することによって、本発明による合成開口集束方法の長所を最大限に生かすことができる。

【0025】また、全ての合成開口集束方法は、速やかに動く反射体による動き問題が存在する。このような問題を解決できる一つの方法は、映像のフレーム率を増加させることであるが、このフレーム率はデータ獲得方式によって大きく左右される。本発明による合成開口集束方法では、フレーム率を増加させるために自己相関は大きくて、相互相関は小さい直交特性を有するコードを用いてもよい。直交特性を有するコードを用いて色々な角度の平面波を同時に送信して受信し、相関器50によって各受信コードを取り出し圧縮した後、短いパルスのビーム形成のようにビームを形成する。このような場合、同時に送信した直交コードの数分に対応してフレーム率が增加するようになる。例えば、ゴレーコードのように互いに直交特性を有するコードを送信する

$$z_m(x_s) = \frac{D_t / 2 - x_s}{\tan(\theta_{max})} \approx \eta \frac{D_t / 2 - x_s}{\zeta_{max}}$$

式(7)

【0030】上記式(7)には表現されていないが、各走査線別の最大撮像深さは走査線を構成するのに用いられ

\*ドを分割し、分割した各々の周波数領域に重みチャープ信号や他のコードを送信することができる。特に重みチャープ信号の場合、相互相関を減らすため、一方の周波数領域において周波数の増加する重みチャープ信号を送信すれば、隣接する周波数領域においては周波数の減少する重みチャープ信号を送信する。

【0026】本発明による合成開口集束方法は、複数のトランスデューサから構成されている線形アレイ・プローブ及びフェーズド・アレイ・プローブを用いて具現できる。以下、簡単な説明のために、線形アレイ・プローブを用いる場合だけに対して説明する。

【0027】線形アレイ・プローブを構成する全てのトランスデューサにステアリング時間遅延を加えて平面波を送信することができ、送信毎に送信角度に対応して受信副開口を移動するとともに受信したエコー信号を受信パターン・メモリに格納する。このような過程を通じて格納された各エコー信号を合成送信時間遅延と受信動的集束のための時間遅延を考慮して組合せることによって、各々の走査線を構成する。しかし、送信開口の大きさ  $D (= D_t)$  が減少することによって最大撮像深さ (imaging depth) が減少する問題点が発生する。このような問題点に対して図7を参照しながら詳記する。

【0028】図7は、本発明による合成開口集束方法の走査線別の最大撮像深さを示し、 $x = x_s = 0$  と  $x = x_s > 0$  に位置した二つの走査線56a、56bの最大撮像深さがどうして決定されるのかを説明する。 $z_m(0)$  と  $z_m(x_s)$  は、送信平面波の最大伝播角度が  $\theta_{max}$  である時、二つの走査線の最大撮像深さを示す。この時、各走査線別の最大撮像深さは下記式(7)のように表現される。

【0029】

【数7】

る合成ウィンドウ関数の幅  $D_s$  とその位置を決定することによっても決定される。これは、最大撮像深さを示す

式(7)を $D_s$ と(図7における符号52)とに対する式に直せば確認することができる。即ち、各々の走査線を構成するのに実際に用いられる送信平面波の量の最大伝播角度を計算すれば、 $\theta_{max}$ でなく $(\gamma + D_s/2)/D_s$ になる。従って、任意の走査線に対する実像深

$$z_a(x_s) = \frac{D_s/2 - x_s}{\tan[(\gamma + D_s/2)/\eta]} \approx \eta \frac{D_s/2 - x_s}{\gamma + D_s/2}$$

【0032】また、上記式(8)で表現される任意の走査線に対する実像深さ $z_a$ は、有限送信開口による後方拡散領域(以下、RSRと称す)が始まる個所として定義することができる。即ち、有限送信開口の使用によって送信平面波が伝えられる深さが制限されるが、その深さを超過した領域では、式(5)のように表現するビームパターンが得られず、メインローブが深さによって再度増加する。しかし、式(8)によれば、実像深さ $z_a(x_s)$ は各走査線の位置 $x_s$ によって異なり、送信トランスデューサの大きさ $D_s$ と $\eta$ に比例して増加する。従って、合成ウィンドウ関数の幅を小さくするか、その位置を適当に移動することによって、即ち、 $\eta$ を調節して $z_a(x_s)$ を増加させることができる。特に、図7の場合、 $\eta$ を $-D_s/2$ に近く定められれば、 $z_a(x_s)$ を大きく増加させることができる。これは、走査線が正の $x$ 軸位置にある時、正の伝播角度で送信された平面波は $z_m(x_s)$ 以後の像点には寄与しないが、負の伝播角度で送信された平面波は $z_m(x_s)$ 以後の像点に寄与するからである。即ち、このように与えられた像点に寄与する各平面波に対する各信号だけを用いて組合せれば最大撮像深さが増加される。この時、横方向の解像度は $\eta$ と $D_s$ によって決定されるため、 $\eta$ 及び $D_s$ を適宜選択して所望の横方向の解像度と実像深さを得ることができる。

【0033】本発明に対する望ましい実施例のために、3.5MHzの線形アレイ・プローブを用いてコンピュータ・シミュレーションを施した。別途に明らかにした場合でなければ合成送信ウィンドウ関数の幅 $D_s$ と受信副開口の大きさは全て64dであり、送信開口は全体トランスデューサを用いたため128dとして決定した。(図1参照)。

【0034】図8は、最大伝播角度 $\theta_{max}$ が0.2ラジアン( $\theta_{max} = 19.2\text{mm}$ 、 $\eta = 9.6\text{mm}$ )の場合、無限送信開口(点線)で平面波を送信した時の送信ビームパターンが有限送信開口(実線)ではどのように変わるのかを示す。図8で有限送信開口の場合、小さな深さでは無限送信開口の場合と殆ど同じ送信ビームパターンを見せて、深さが増加することによってサイドローブの各値が変わり、200mmではメインローブが微細であっても差異が生ずることを確認することができる。従って、この深さ以後からは有限送信開口のメインローブがますます増加するようになる。このような結果は、有限送信

さ $z_a(x_s)$ は下記式(8)のように計算される。

【0031】

【数8】

式(8)

開口を用いて、平面波を用いる合成開口集束方法を近似的に具現できることを示す。

【0035】図9は、 $x_s = 0$ の有限送信開口の場合、 $\eta$ 値が合成開口集束されたビームパターンに及ぼす影響を示す。図9(a)は $\eta = 9.6\text{mm}$ 、図9(b)は $\eta = 4.8\text{mm}$ である時、音場の等高線を示す。図9(a)は前方拡散領域(以下、FSRと称す)が $\eta$ 値と同じ9.6mm、図9(b)はFSRが4.8mmであることを確認することができる。また、図9(a)の4.8mm、9.6mmにおける-6dBのビーム幅は各々0.74mm、1.22mmで、図9(b)の4.8mm、9.6mmにおける-6dBのビーム幅は各々0.62mm、0.89mmであり、 $\eta$ 値が減少するほどそのビーム幅がさらに小さくなるのが分かる。これは有限送信開口の場合でも、 $\eta$ がビーム幅とFSRとを決定づける要素として作用することを示したものである。FSRでは、横方向のビーム幅が線形的に増加するが、非拡散領域では、近似的に均一の横方向のビームパターンを維持する。

【0036】また、上記式(8)で定義したRSRもによって決定されるが、 $x_s = 0$ の時、式(8)によってRSRは $z = z_a(0) = 2$ の深さから始まる。即ち、図9(a)はRSRが19.2mmから始まり、図9(b)はRSRが9.6mmから始まることを示す。このようなRSRの各開始値は式(7)によって計算される最大伝播角度による最大撮像深さ $z_m(0)$ より2倍増加したものである。前述のように、実像深さは合成ウィンドウ関数の幅 $D_s$ だけでなく、その中心位置 $\eta$ を調整することによって更に増加させることができるが、図10~図13を参照して、そのような各要素が実像深さに及ぼす影響に対してより詳記する。

【0037】図10と図11とは、合成ウィンドウ関数の幅 $D_s$ が実像深さに及ぼす影響に対して詳察するためのコンピュータ・シミュレーションの結果である。図10において $D_s = 32\text{d}$ 、 $\eta = 0$ の時、図10(a)は $x = x_s = 0$ に位置した走査線の送受信音場の等高線、図10(b)は $x = x_s = 10\text{mm}$ に位置した走査線の送受信音場の等高線を示す。一方、コンピュータ・シミュレーションの他の各条件は同一にし、合成ウィンドウ関数の幅だけ $D_s = 64\text{d}$ に変更した時、二つの走査線の実像深さは式(8)によって各々 $z_a(0) = 19.2\text{mm}$ 、 $z_a(10) = 9.2\text{mm}$ となる。しかし、 $D_s = 32\text{d}$ にした場合、式(8)と図10とで確認できるよう

に、 $z_a(0)$  (図示せず) 及び  $z_a(10)$  は各々 384mm、184mm であるため、 $D_s = 64d$  である時に更に実像深さが2倍増加する。また、 $D_s = 64d$  である場合、 $z = z_m(0) = 96\text{mm}$  の  $-6\text{dB}$  のビーム幅は1.2mmと測定したとことと比較する時、 $D_s = 32d$  である図10(a)は2.364mmと測定されることによって、 $D_s$  が1/2に減少することに伴いビーム幅は約2倍増加することが分かる。従って、合成ウィンドウ関数の幅  $D_s$  が増加することに伴いビーム幅は半比例して減少し、実像深さ  $z_a(x_s)$  は比例して増加するようになるが、このようなコンピュータ・シミュレーションの結果は合成ウィンドウ関数の幅  $D_s$  がビームパターンに及ぼす影響を定量的に説明する。

【0038】図11は、 $z = z_m(10) = 45\text{mm}$  (図11(a))、 $z = z_m(0) = 96\text{mm}$  (図11(b))、 $z = z_a(10) = 184\text{mm}$  (図11(c))、 $z = 250\text{mm}$  (図11(d)) の深さであり、 $D_s = 32d$ 、 $\theta = 0$  である時、 $x = x_s = 0$  の有限送信開口 (実線)、 $x = x_s = 10\text{mm}$  の有限送信開口 (点線)、 $x = x_s = 0$  の無限送信開口 (一点鎖線) で20の両方向ビームパターンを示す。 $x = x_s = 0$  である時、有限送信開口のメインローブは  $z = 250\text{mm}$  でも無限送信開口のメインローブと同一である。しかし、 $x = x_s = 10\text{mm}$  である時、有限送信開口のメインローブは、 $z = 184\text{mm}$  では無限送信開口のメインローブと同一であるが、 $z = 250\text{mm}$  では無限送信開口のメインローブよりさらに広がっていることが確認できる。

【0039】図12と図13とを参照して、合成ウィンドウ関数の中心位置を示す  $\theta$  が実像深さに及ぼす影響に対して説明する。図12は  $D_s = 64d$ 、 $x_s = 10\text{mm}$  30に対して、 $\theta = 0$  の場合における送受信音場の等高線 (図12(a)) と、 $\theta = -15d$  の場合における送受信音場の等高線 (図12(b)) を示したものであって、図13は走査線が  $x = x_s = 0$  に位置する時、無限送信開口 (一点鎖線) の横方向ビームパターンと、走査線が  $x = x_s = 10\text{mm}$  に位置して  $\theta = 0$  (点線)、 $\theta = -15d$  (実線) である時の有限送信開口の横方向ビームパターンを  $z = z_m(10) = 45\text{mm}$  (図13(a))、 $z = z_m(0) = 96\text{mm}$  (図13(b))、 $z = z_a(10) = 173\text{mm}$  (図13(c))、 $z = 250\text{mm}$  (図13(d)) の深さについて示す。

【0040】図12(a)と図13とで分かるように  $\theta = 0$  の場合、 $z = z_m(0) = 96\text{mm}$  以後からはメインローブ幅は増加する。その反面、図12(b)と図13とで分かるように、 $\theta = -15d$  の場合には  $z = z_a(10) = 173\text{mm}$  までは無限送信開口と同じメインローブ幅を示す。また、180mm、190mm、200mm の深さにおける  $-6\text{dB}$  のビーム幅が、図12(b) の場合には各々 1.705mm、1.7801mm、1.861mmと測定され、無限送信開口の場合には  $-6\text{dB}$  のビ\*50

\*一ム幅が各々 1.634mm、1.669mm、1.702mmと測定された。図12と図13とのコンピュータ・シミュレーションの結果は、 $\theta$  を適宜選択することによって映像の有効深さを増加させ得ることを定量的に説明する。

【0041】図14を参照して、本発明による合成開口集束方法が従来の集束方法に比べて横方向の解像度がどのくらい向上しているのかを説明する。

【0042】0.3mmの幅を有する192個のトランスデューサで構成された3.5MHz線形アレイ・プローブで  $-6\text{dB}$  のビーム幅が3MHzになる短いパルスを送信した。送受信開口と合成ウィンドウ関数との大きさは64dとし、受信動的集束方法は60mmで固定送信集束を行い、本発明による合成開口集束方法で最大伝播角度は0.35ラジアンとした。反射体は、総13個であって一番上の反射体は  $x = 0$ 、 $z = 60\text{mm}$  に位置し、一番深い所の反射体は  $x = 0$ 、 $z = 195\text{mm}$  に位置する。また、最外角反射体は  $x = 15\text{mm}$ 、 $z = 139\text{mm}$  に位置する。図14(a)のコンピュータ・シミュレーションの結果は、受信動的集束方法による横方向の解像度、図14(b)のコンピュータ・シミュレーションの結果は本発明による合成開口集束方法による横方向の解像度を示す。コンピュータ・シミュレーションの結果本発明による合成開口集束方法の解像度が全像点に対して遥かに優れていることを確認することができる。

【0043】上記において、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明の請求範囲を逸脱することなく、当業者は種々の改変をなし得る。

【0044】

【発明の効果】従って、本発明によれば、両方向動的集束を可能にして優れた横方向の解像度を提供し、パルス送信方式だけでなくコード化送信方式によっても行うことができる。また、合成ウィンドウ関数の大きさとその中心位置とを適宜選択することによって、映像の有効深さを増加させることができ、従来の集束方法が適用される応用分野に用いられて映像の横方向の解像度を改善するのに有用に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】トランスデューサの座標を示す模式図である。

【図2】受信動的集束方法を用いる超音波撮像システムを示すブロック図である。

【図3】球面波の回折現象によるビーム広がり現象を示す模式図である。

【図4】本発明によって平面波を用いて横方向の解像度の改善のための模式図である。

【図5】本発明による合成開口集束方法の送受信モデルを示す模式図である。

【図6】本発明による合成開口集束方法を用いる超音波撮像システムを示すブロック図である。

【図7】本発明による超音波撮像システムにおいて走査

線別撮像深さを示す模式図である。

【図8】無限送信開口と有限送信開口との送信ビームパターンを示す模式図である。

【図9】本発明による合成開口集束方法の拡散領域を示す模式図である。

【図10】 $\theta = 0$ であり、有限送信開口を用いた時、二つの走査線に対する本発明による合成開口集束方法の送受信音場の等高線を比較した模式図である。

【図11】本発明による合成開口集束方法の横方向のビームパターンを比較した模式図である。

【図12】有限送信開口を用いた時、 $x_s = 10\text{mm}$ の走査線

\*査線に対する本発明による合成開口集束方法の送受信音場の等高線を比較した模式図である。

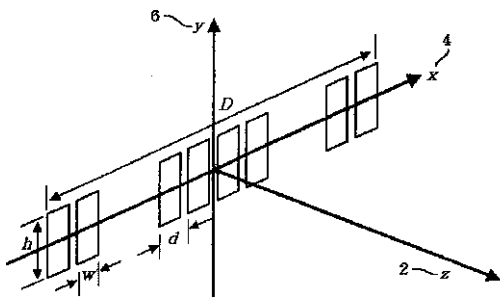
【図13】本発明による合成開口集束方法の両方向のビームパターンを比較した模式図である。

【図14】本発明による合成開口集束方法を従来の受動的集束方法と比較する図面である。

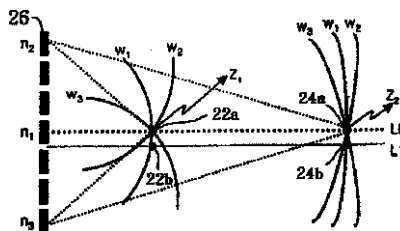
【符号の説明】

- 36 平面波
- 38 受信副開口
- 40 着目点
- 42 像点

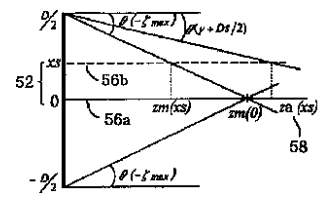
【図1】



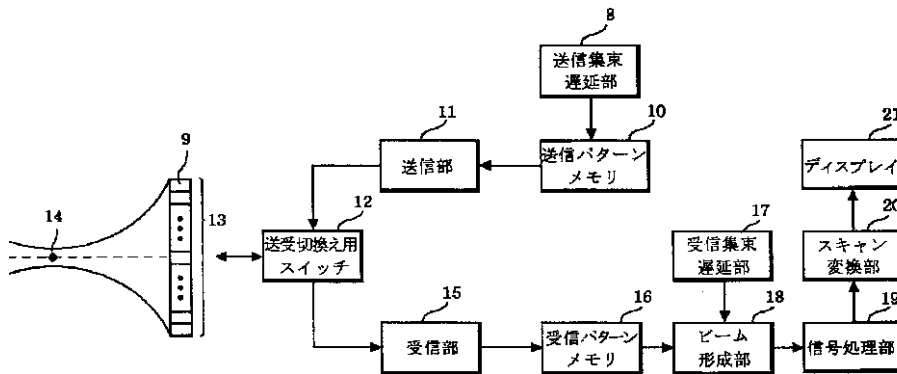
【図3】



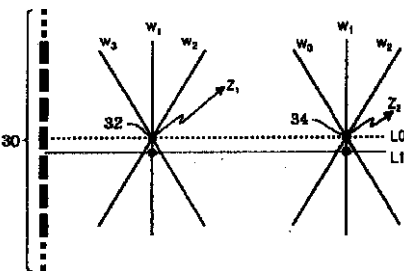
【図7】



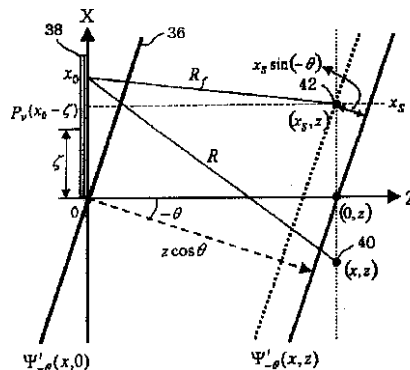
【図2】



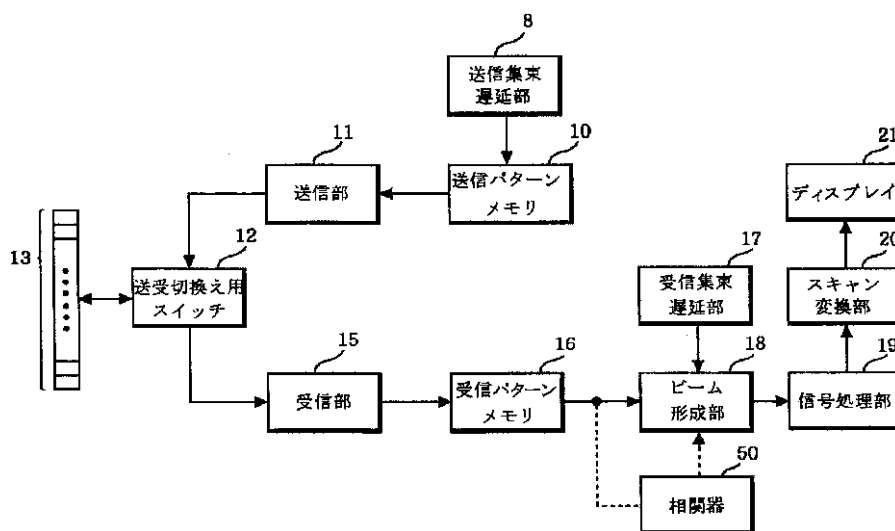
【図4】



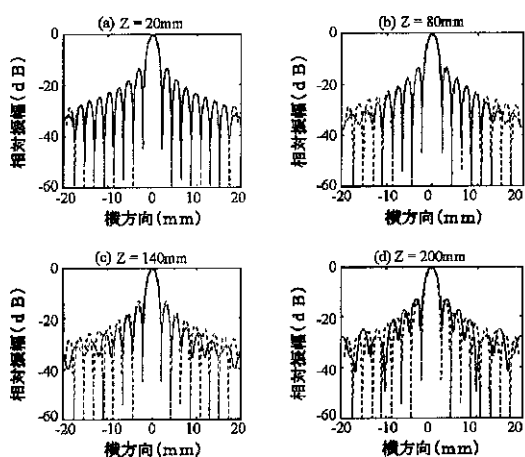
【図5】



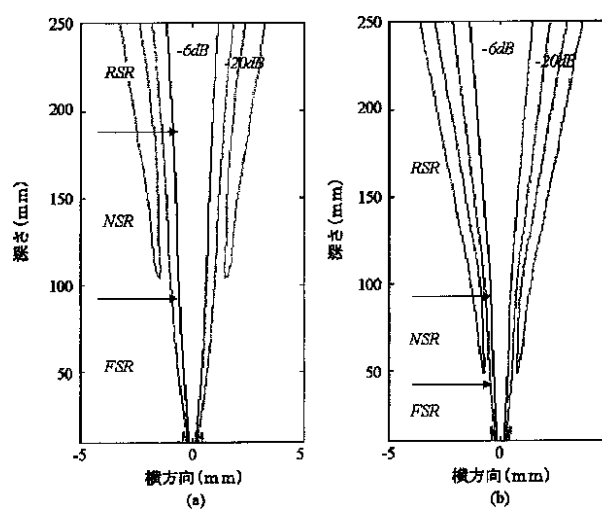
【図6】



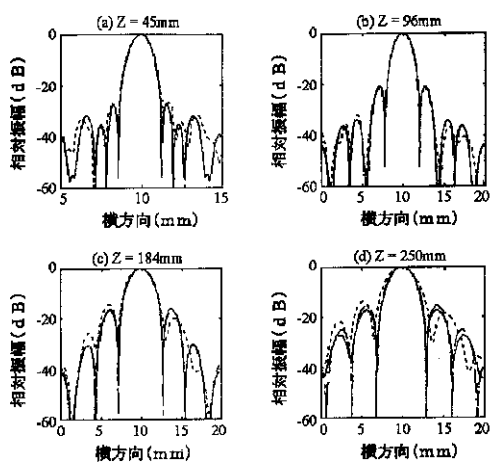
【図8】



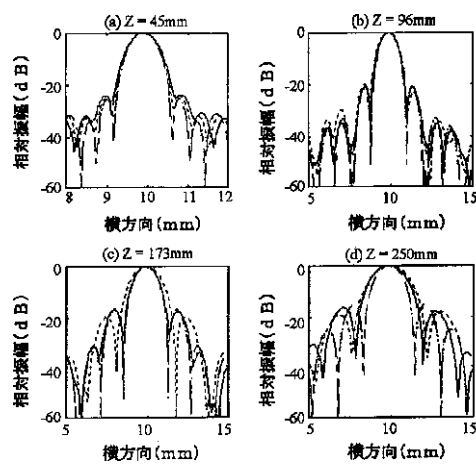
【図9】



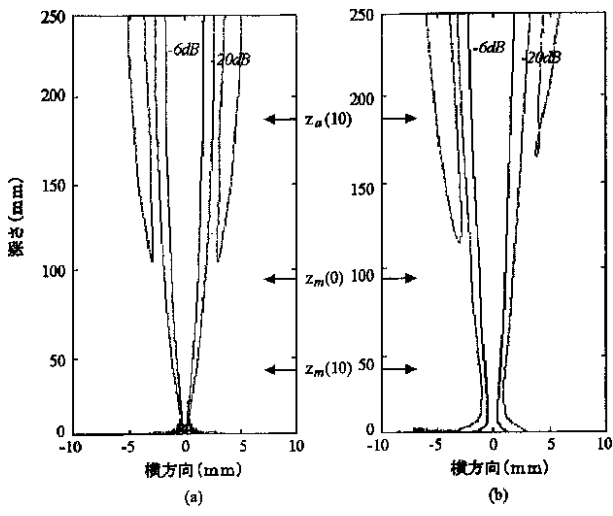
【図11】



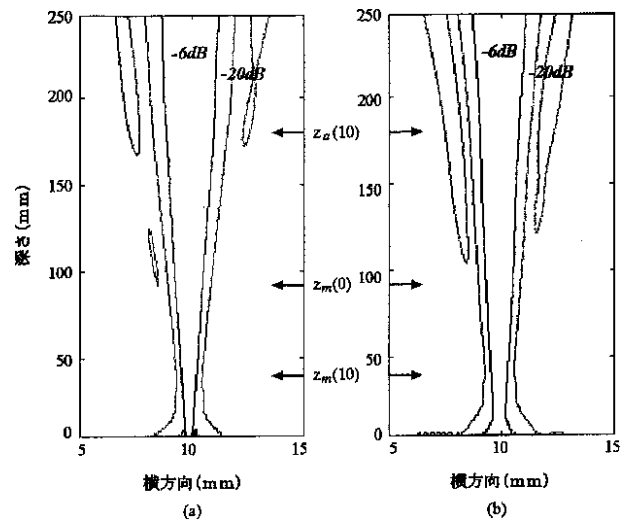
【図13】



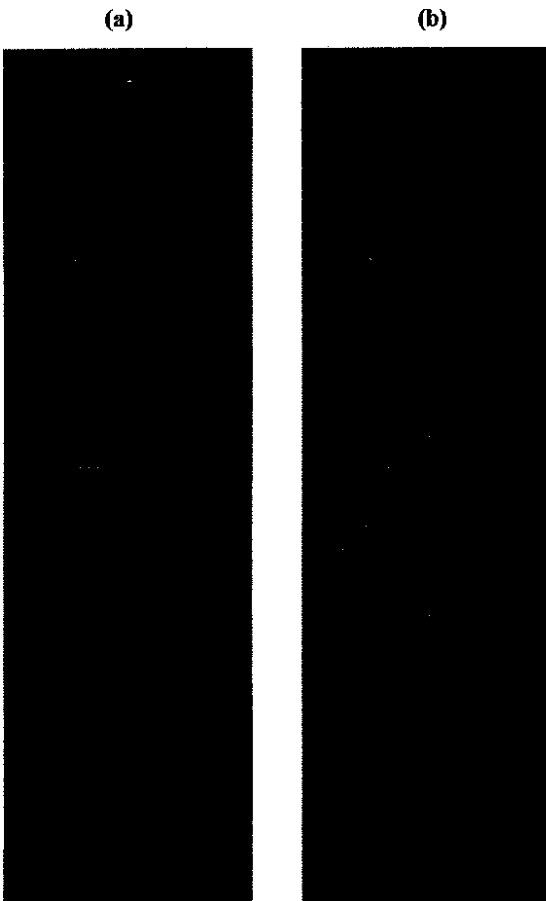
【図10】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ソン テ キョン  
大韓民国 ソウル トクビョルシソチョク  
ザンウォンドン ドンアアパート105ドン  
1403ホ

Fターム(参考) 4C301 AA02 BB23 EE02 GB03 GB04  
HH01 HH24 HH37 HH38 JB28  
JB50 JC05 LL04 LL05  
4C601 BB05 BB06 BB07 EE01 GB01  
GB03 GB04 HH04 HH31 HH38  
JB01 JB34 JB41 JB55 JB60  
LL01 LL02 LL05  
5D019 AA08 FF04  
5J083 AA02 AB17 AC28 AC29 AD13  
AE10 BA01 BB15 BC01 BE08  
BE57 CA12 DC02 EA14 EB02

专利名称(译)	超声成像系统中的合成孔径聚焦方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2003220059A</a>	公开(公告)日	2003-08-05
申请号	JP2002018397	申请日	2002-01-28
[标]申请(专利权)人(译)	三星麦迪森株式会社 株式会社MEDISON		
申请(专利权)人(译)	株式会社 メディソン 株式会社MEDISON		
[标]发明人	ジャンジンホ ソンテキョン		
发明人	ジャン ジン ホ ソン テ キョン		
IPC分类号	A61B8/00 G01S15/89 H04R17/00		
FI分类号	A61B8/00 G01S15/89.A H04R17/00.330.K		
F-TERM分类号	4C301/AA02 4C301/BB23 4C301/EE02 4C301/GB03 4C301/GB04 4C301/HH01 4C301/HH24 4C301/HH37 4C301/HH38 4C301/JB28 4C301/JB50 4C301/JC05 4C301/LL04 4C301/LL05 4C601/BB05 4C601/BB06 4C601/BB07 4C601/EE01 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/HH04 4C601/HH31 4C601/HH38 4C601/JB01 4C601/JB34 4C601/JB41 4C601/JB55 4C601/JB60 4C601/LL01 4C601/LL02 4C601/LL05 5D019/AA08 5D019/FF04 5J083/AA02 5J083/AB17 5J083/AC28 5J083/AC29 5J083/AD13 5J083/AE10 5J083/BA01 5J083/BB15 5J083/BC01 5J083/BE08 5J083/BE57 5J083/CA12 5J083/DC02 5J083/EA14 5J083/EB02 4C601/HH10 4C601/LL31 4C601/LL32		
其他公开文献	JP3740066B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：通过以响应接收子开口的中心位置的传播角度向患者发射平面波并且在接收由接收从患者反射的信号之后，通过使平面波向患者发射来改善横向方向分辨率。通过组合它们以通过超声波束的衍射特性减少光束发散现象，同时增加对患者的照相深度。ŽSOLUTION：生成平面波。平面波通过换能器传递给患者。从患者反射的回波信号由换能器接收，动态地聚焦这些接收的回波信号，并将接收的回波信号存储在接收模式存储器中。然后组合动态聚焦的回波信号。Ž

